



PARCHIVERBANOTICINO - IL LAGO MAGGIORE, IL FIUME TICINO SUBLACUALE E LE AREE NATURALI PROTETTE. VERIFICA E SPERIMENTAZIONE DI SCENARI DI GESTIONE SOSTENIBILI E CONDIVISI.

ID 481668 CUP G19C18000070007

WP3 - Valutazione degli effetti delle variazioni dei livelli attraverso indicatori disponibili

Attività WP3_01 - Raccolta ed elaborazione di dati idrologici



REPORT CONCLUSIVO 2019-2022
GENNAIO 2023

DOTT. ING. BENIAMINO BARENGHI

Via Bramante, 10 - 21049 Tradate (VA)

beniaminobarenghi@yahoo.it

SOMMARIO

1 IL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO	3
2 DATI UTILIZZATI, IPOTESI E METODI	4
2.1 LIVELLI DI MASSIMA REGOLAZIONE DEL LAGO MAGGIORE.....	4
2.2 CURVA DI INVASO	6
2.3 SCALE DI DEFLUSSO	8
2.4 CALCOLO DEGLI AFFLUSSI.....	9
2.5 ANALISI COMPARATIVA CON DATI STORICI	10
2.5.1 <i>Serie storiche di dati utilizzate</i>	10
2.5.2 <i>Confronto tra serie storiche aggregate per "periodi storici omogenei"</i>	11
2.5.3 <i>Confronto con stagioni particolarmente piovose o siccitose</i>	11
3 ANDAMENTO DELLE GRANDEZZE IDROMETRICHE NEI QUATTRO ANNI DI INTERESSE PER IL PROGETTO	13
3.1 ANNO 2019	14
3.2 ANNO 2020	16
3.3 ANNO 2021	18
3.4 ANNO 2022	20
4 SINTESI RIEPILOGATIVA E ANALISI COMPARATIVA CON VALORI MEDI STORICI	22
4.1 AFFLUSSI A LAGO – PERIODO 1943 - 2022.....	22
4.2 PORTATE EROGATE– PERIODO 1943 - 2022.....	25
4.3 PORTATE DERIVATE– PERIODO 1943 - 2022	28
4.4 LIVELLI IDROMETRICI– PERIODO 1943 - 2022.....	31
4.5 LIVELLI IDROMETRICI – PERIODO 1868 – 2022	33
5 CONCLUSIONI.....	36

1 IL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

La presente introduzione è stata redatta dal Consorzio del Ticino come presentazione del progetto Interreg in modo tale da uniformare le relazioni prodotte dal singolo professionista e che saranno poi presentate in un unico documento finale.

“Il Progetto Interreg ParchiVerbanoTicino (ID 481668) è stato ammesso a finanziamento così come stabilito nel D.d.s. n. 18691 del 12/12/2018, pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n. 51 del 17/12/2018, di cui il Consorzio del Ticino è partner.

Il Progetto nasce dall’esigenza, espressa da numerosi soggetti del territorio, di cooperare ai fini di definire un sistema di regolazione del Lago Maggiore e del fiume Ticino efficiente e sostenibile anche in termini ambientali, con particolare riferimento alle aree di maggiore rilevanza naturalistica.

Il progetto è promosso da un partenariato composto da due capifila, uno italiano, l’Ente gestore delle aree protette del Ticino e del Lago Maggiore, uno svizzero, la Fondazione Bolle di Magadino e dai seguenti partner: Parco lombardo della Valle del Ticino, Università degli Studi dell’Insubria, Consorzio del Ticino, CNR e Riserva Naturale Pian di Spagna e Lago di Mezzola.

Il progetto ParchiVerbanoTicino è articolato in 8 Work package (WP). Le attività di interesse per il Lago Maggiore e per il Consorzio del Ticino sono contenute nel WP3 “Valutazione degli effetti della variazione dei livelli attraverso indicatori disponibili” e WP4 “Valutazione degli effetti dei livelli sul sistema lago attraverso nuovi indicatori”.

Il sottoscritto Beniamino Barengi, nell’ambito del Work package 3, “Valutazione degli effetti della variazione dei livelli attraverso indicatori disponibili”, è stato incaricato dal Consorzio come **Ingegnere con esperienze consolidate nell’ambito dell’idrologia e dei modelli idraulici e nel rilevamento morfologico delle coste lacustri – ATTIVITÀ WP3_01 Raccolta ed elaborazione di dati idrologici.**

Scopo dell’attività è la raccolta e l’elaborazione di dati idrologici connessi con la gestione della risorsa idrica, quali: il livello dell’acqua del lago, la portata in ingresso al lago e quella rilasciata nel Ticino a valle della Miorina.

Il presente documento costituisce il rapporto finale dell’attività WP3_01, nel quale viene presentata una descrizione generale dell’andamento delle grandezze idrometriche nei 4 anni di interesse per il progetto *ParchiVerbanoTicino* ed un confronto tra i vari anni osservati e tra il periodo interessato dal progetto *ParchiVerbanoTicino* ed i periodi precedenti.

Per una descrizione di dettaglio relativa all’andamento delle grandezze idrometriche negli anni solari 2019, 2020, 2021 e 2022 e si rimanda alle specifiche relazioni di avanzamento prodotte al termine di ciascuno dei 4 anni.

2 DATI UTILIZZATI, IPOTESI E METODI

I dati, le elaborazioni e i grafici presentati nel presente rapporto derivano dai dati diretti rilevati dai sensori di proprietà del Consorzio del Ticino e dai dati forniti al consorzio dai suoi utenti.

I dati prodotti dalla presente attività, così come previsto dal **Progetto Interreg ParchiVerbanoTicino**, sono utilizzati per la descrizione degli effetti della gestione dello sbarramento della Miorina sul regime idrometrico del lago e sono poi messi a disposizione delle altre attività di progetto per mettere in relazione lo stato delle componenti ecosistemiche studiate con le condizioni idrologiche.

Nei paragrafi che seguono è presentata una descrizione sintetica delle funzioni di calcolo adottate per l'elaborazione dei dati idrometrici. Le funzioni utilizzate sono state messe a punto dal Consorzio del Ticino nell'ambito del primo quinquennio di *Sperimentazione dei nuovi livelli di esercizio del Lago Maggiore*, attività coordinata dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, avviato nel 2015 e terminato a fine 2020. La descrizione delle funzioni di calcolo proposta è in linea di massima limitata alle ipotesi di base a alla struttura delle stesse; si rimanda ai rapporti tecnici specifici prodotti nell'ambito della *Sperimentazione dei nuovi livelli di esercizio del Lago Maggiore* per una trattazione dettagliata delle stesse.

2.1 LIVELLI DI MASSIMA REGOLAZIONE DEL LAGO MAGGIORE

Il presente lavoro, come già anticipato, utilizza le funzioni e gli schemi di calcolo adottati nell'ambito della *Sperimentazione dei nuovi livelli di esercizio del Lago Maggiore*.

Al di là dell'approccio teorico, richiamato in forma sintetica nelle pagine che seguono, è opportuno premettere come la sperimentazione, il cui primo quinquennio è terminato ufficialmente nel settembre 2020, abbia modificato i criteri di regolazione del lago. Senza entrare nel merito della sperimentazione, in questa sede si richiama la Deliberazione n° 7/2017 della Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, che fissa in via permanente il limite di massima regolazione estiva del Lago Maggiore in +1,25 m sullo zero Idrometrico di Sesto Calende, con la possibilità di innalzarlo fino a +1,35 m sullo zero Idrometrico di Sesto Calende in caso di crisi idrica severa e prolungata. **All'inizio del 2022 è stato avviato il secondo quinquennio di sperimentazione, che terminerà nel 2026.**

Nel luglio 2021, inoltre, allo sbarramento della Miorina sono iniziati i *Lavori di manutenzione straordinaria per il ripristino della capacità d'invaso di ritenuta*, che prevedevano la sostituzione delle portine delle due campate di sinistra durante l'inverno 2021-2022 e la sostituzione delle portine delle due campate di destra nell'inverno 2022-2023. I lavori sono tuttora in corso e la fine è prevista per l'inizio di marzo 2023, prima dell'inizio della stagione irrigua e delle morbide primaverili.

In presenza dei cantieri di cui sopra, e in particolar modo nel periodo autunnale, sono stati adottati dei limiti di massima regolazione cautelativi con lo scopo di compensare la perdita di capacità di scarico dello

sbarramento dovuto alla chiusura temporanea di una o più campate. In Tabella 1 sono riportati i limiti di massima regolazione effettivamente adottati nel 2021 e nel 2022, confrontati con i limiti storici e con i limiti adottati invece durante i due quinquenni di sperimentazione (2015-2020 e 2022-2026).

PERIODO	LIMITI STORICI	LIMITI PERIODO DI SPERIMENTAZIONE [2015-2020]	LIMITI PERIODO CANTIERE MIORINA [2021 e 2022]
<i>1 gennaio → 15 marzo</i>	+150 cm	+150 cm	+150 cm
<i>15 marzo → 20 agosto</i>	+100 cm	+125 / +135 cm	+125 cm
<i>21 agosto → 15 settembre</i>	+100 cm	+125 / +135 cm	+100 cm
<i>16 settembre → 15 novembre</i>	+100 cm	+100 cm	+50 cm
<i>16 novembre → 31 dicembre</i>	+150 cm	+150 cm	+50 cm

TABELLA 1: LIMITI DI MASSIMA REGOLAZIONE DEL LAGO MAGGIORE ADOTTATI NELLE VARIE FASI DEL PROGETTO INTERREG

Questa premessa è importante per due motivi:

1. I limiti di massima regolazione adottati negli ultimi due anni solari (2021 e 2022), in particolare nei mesi autunnali, sono differenti da quelli negli anni 2019 e 2020, durante i quali sono stati adottati i limiti definiti dalla sperimentazione; diversi limiti di massima regolazione hanno comportato che cambiassero anche le regole a cui deve attenersi il regolatore nella gestione del lago e, di conseguenza, gli andamenti delle grandezze idrometriche;
2. come conseguenza del punto precedente, il confronto tra l'andamento delle grandezze idrometriche tra i primi due anni del progetto *ParchiVerbanoTicino*, gli ultimi 2 anni, e gli anni precedenti al 2019 (Paragrafo 2.5.2), risente inevitabilmente di questa variazione.

2.2 CURVA DI INVASO

La curva di invaso del lago è la funzione che mette in relazione il livello idrometrico del lago in un punto specifico, che nel caso specifico coincide con l'idrometro di Sesto Calende, con il volume d'acqua invasato nel bacino. La curva proposta tiene conto della **non orizzontalità** del pelo libero del lago, fenomeno che risulta trascurabile in normali condizioni di regolazione del lago, ma che diventa rilevante in occasione di fenomeni di morbida o di piena.

Essa combina quindi la curva ipsografica del lago, ossia la curva ottenuta interpolando le curve di livello della conca lacustre nell'intervallo di escursione del livello del lago, con i risultati di elaborazioni statistiche sull'inclinazione del profilo del lago basate sulle serie storiche dei livelli idrometrici rilevati in diversi punti della sponda lacustre.

Per affinare la curva ipsografica del lago sono stati acquisiti i **DTM (Digital Terrain Models)** di interesse per l'area in studio ed intraprese le elaborazioni necessarie a tracciare le **curve di livello aggiornate** della fascia perilacuale. Elaborando assieme la curva ipsografia del lago con la deformazione verticale del pelo libero, è stato possibile suddividere il lago in poliedri, il volume di ciascuno dei quali varia in funzione delle quote idrometriche nei vari punti del lago, le quali sono però tutte riconducibili al livello idrometrico a Sesto Calende e alla portata erogata. La relazione tra volume invasato e livello idrometrico a Sesto Calende costituisce la curva di invaso aggiornata del lago.

La curva di invaso aggiornata, che tiene conto della non orizzontalità del profilo del lago, è stata interpolata con una funzione polinomiale di II grado, che assume quindi la seguente forma:

$$V = 5.566800 \times H_{Sc}^2 + 214.477671 \times H_{Sc} + 112.292208$$

dove:

V = volume d'acqua invasato nel lago, espresso in milioni di metri cubi, al di sopra dell'altezza idrometrica di -0,5 m rispetto allo zero di Sesto Calende, che corrisponde a una quota assoluta di 192,516 m s.l.m.)

H_{Sc} = altezza idrometrica a Sesto Calende, espressa in metri.

Nelle figure di seguito riportate è rappresentato graficamente l'andamento delle curve ottenute (superfici e volumi di invaso) ed un confronto tra le curve di invaso proposte in passato e quella ricavata nell'ambito della *Sperimentazione dei nuovi livelli di esercizio del Lago Maggiore*, adottate nelle elaborazioni presentate in questo documento.

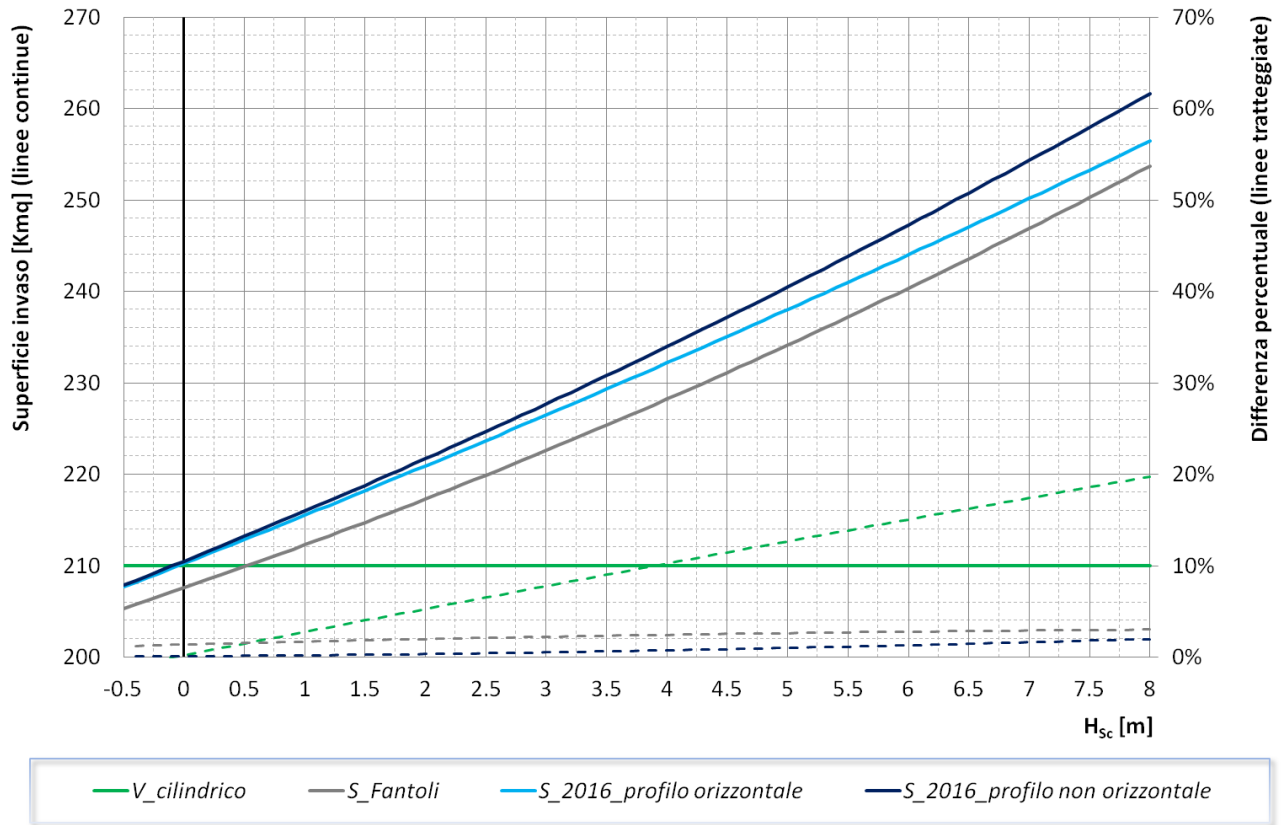


FIGURA 1: ELABORAZIONE DELLA CURVA DI INVASO CON PROFILO DEL LAGO NON ORIZZONTALE - CONFRONTO SUPERFICI DI INVASO

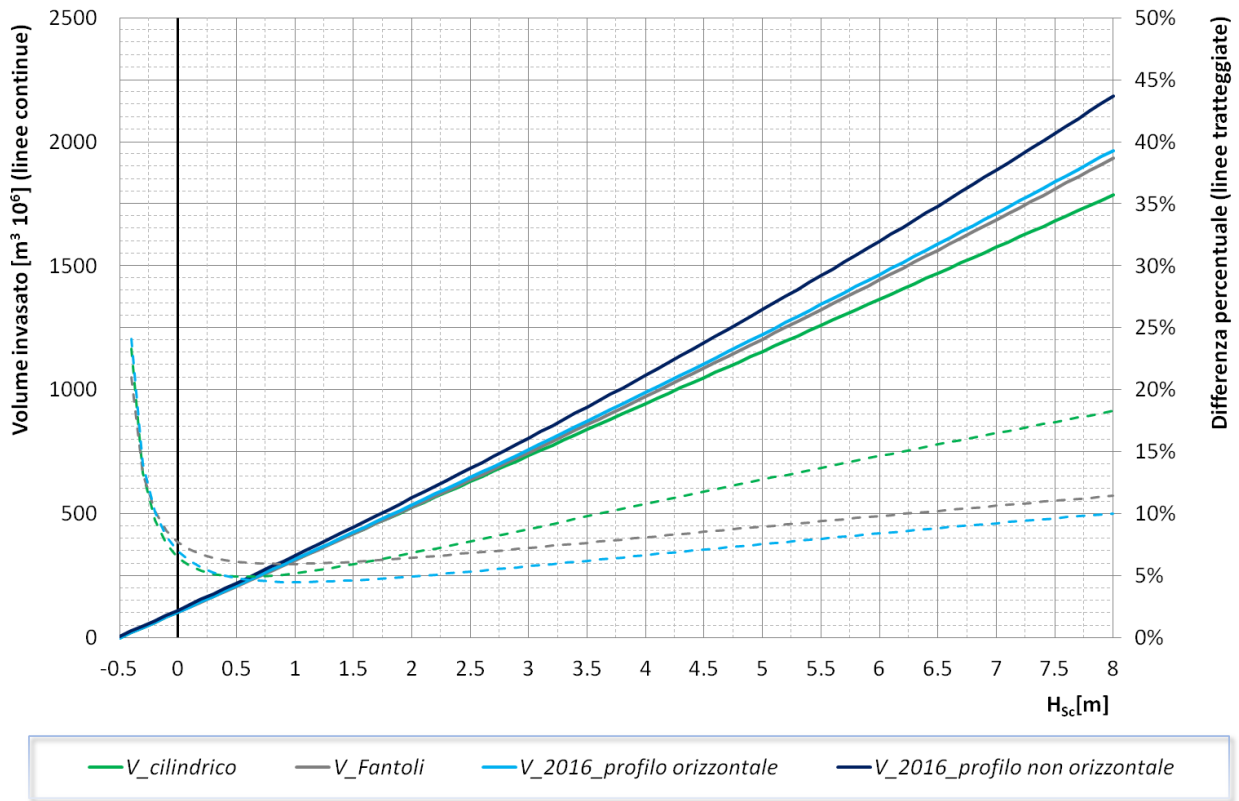


FIGURA 2: ELABORAZIONE DELLA CURVA DI INVASO CON PROFILO DEL LAGO NON ORIZZONTALE - CONFRONTO VOLUMI DI INVASO

2.3 SCALE DI DEFLUSSO

Le scale di deflusso sono le funzioni che mettono in relazione il livello del lago con la portata erogata dal lago. Si parla di scala di deflusso in **regime libero** quando lo sbarramento della Miorina è in configurazione di abbattimento totale e la portata in uscita dal lago può essere considerata funzione del solo livello idrometrico del lago. La scala di deflusso in **regime regolato** si riferisce invece all'assetto di lago regolato e dipende chiaramente anche dalla configurazione dello sbarramento della Miorina.

La **scala di deflusso relativa alle condizioni di regime libero** è funzione del solo livello idrometrico rilevato (o previsto) dall'idrometro di Sesto Calende ed è definita dalla seguente equazione:

$$Q = 72.02 (H_{Sc} + 1.92)^{1.98}$$

dove:

Q portata erogata allo sbarramento della Miorina (sbarramento completamente abbattuto) [m³/s]

H_{Sc} livello idrometrico a Sesto Calende [m]

In Figura 3 è rappresentato graficamente l'andamento della funzione ottenuta, confrontata con la scala ufficiale adottata dal Consorzio del Ticino elaborata dal Servizio Idrografico nel 1968.

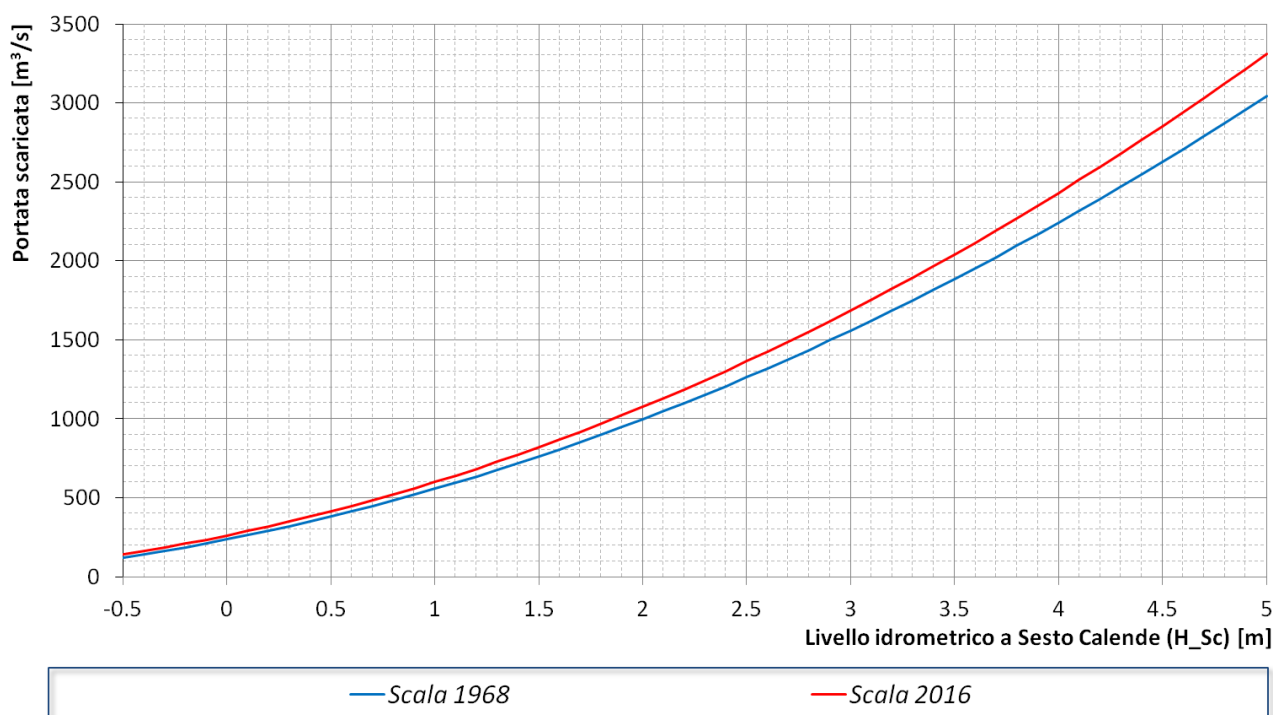


FIGURA 3: SCALA DI DEFLUSSO IN REGIME LIBERO E CONFRONTO CON LA SCALA ELABORATA DAL SERVIZIO IDROGRAFICO NEL 1968

La **scala di deflusso relativa alle condizioni di regime regolato** non è stata utilizzata nelle elaborazioni presentate nel presente rapporto. Le portate erogate dal lago in condizioni di regime regolato, così come avviene storicamente al Consorzio del Ticino, sono state ricavate sulla base dei valori di portata derivata e rilasciata forniti dagli utenti del Consorzio del Ticino.

2.4 CALCOLO DEGLI AFFLUSSI

Il calcolo degli afflussi netti al lago per la stagione 2022 è stato effettuato utilizzando l'equazione di continuità che si riporta di seguito:

$$Q_{in} = Q_{out} + dV / dt$$

Dove, con il noto significato dei simboli:

Q_{in}	portata entrante nel lago al tempo t	[m ³ /s]
Q_{out}	portata uscente dal lago al tempo t	[m ³ /s]
dV/dt	derivata rispetto al tempo del volume invasato nel lago al tempo t	[m ³ /s]

L'equazione è stata risolta rispetto a Q_{in} con metodo alle differenze finite in avanti. Il passo temporale adottato è quello triorario (con corrispondenti valori alle 00:00, 03:00, 06:00, e così via).

L'equazione di continuità si basa sull'ipotesi che il volume invasato nel lago sia funzione univoca del livello misurato a Sesto Calende tramite la curva d'invaso aggiornata di cui al precedente paragrafo 0.

Quanto alla Q_{out} , essa è stata calcolata in modo diverso in funzione di come era regolato lo sbarramento. In particolare:

- ✓ In condizioni di sbarramento completamente abbattuto, il valore di Q_{out} è stato ricavato applicando la scala di deflusso aggiornata riportata nel paragrafo 2.3.
- ✓ Se il lago è in regolazione e non vengono effettuate manovre sullo sbarramento, è stato utilizzato il valore giornaliero di portata erogata, registrato dal Consorzio del Ticino. Poiché tale dato viene registrato alle 8.00 di mattina e si riferisce alle 24 ore precedenti, ciascun dato viene utilizzato per questo lasso di tempo. La stessa linea è stata seguita anche per le manovre di gestione ordinaria dello sbarramento, effettuate al di fuori dei periodi di inizio e fine evento: nella maggior parte di questi casi si tratta di manovre di aumento o riduzione della portata erogata, le quali sono tendenzialmente effettuate la mattina, tra le 8.00 e le 11.00; anche in questi casi la variazione di portata conseguente alla manovra è stata posizionata in corrispondenza delle 9.00 di mattina.
- ✓ Nelle giornate in cui sono state effettuate le manovre di abbattimento parziale, di abbattimento totale o di chiusura dello sbarramento, sono stati utilizzati i valori di portata riportati nei registri tenuti dal Consorzio del Ticino; nei registri sono infatti indicati gli orari delle manovre e le variazioni di portata conseguenti a ciascuna manovra.

2.5 ANALISI COMPARATIVA CON DATI STORICI

La metodologia di seguito proposta per il confronto dei dati idrometrici relativi alla stagione in esame con le serie storiche di dati è già stata proposta al Tavolo Tecnico che segue la *sperimentazione dei nuovi livelli di esercizio del Lago Maggiore* per valutare i benefici della sperimentazione. In questo frangente essa viene invece utilizzata per confrontare l'anno trascorso con andamenti medi e con serie di riferimento ricavate sulla base dei dati storici.

2.5.1 Serie storiche di dati utilizzate

Le analisi proposte in questa parte de lavoro si basano sui dati idrometrici storici giornalieri rilevati e calcolati da parte del Consorzio del Ticino dall'inizio della regolazione (1943) alla fine del 2022. Tutti i dati si riferiscono al valore rilevato alle ore 8:00. Le serie utilizzate sono:

- **Livello idrometrico - dato giornaliero (ore 8:00):** dato rilevato quotidianamente dal Consorzio del Ticino dall'inizio della regolazione del lago.
- **Portate erogate - dato giornaliero (ore 8:00):** dato calcolato giornalmente dal Consorzio del Ticino; in condizioni di deflusso in regime libero il dato è ricavato dalla relativa scala di deflusso (scala 1968 e precedenti), in condizioni di regime regolato il dato è ricavato dalla somma tra portate destinate agli utenti, DMV e portate in eccesso scaricate nel Ticino dalla diga del Panperduto.
- **Afflussi a lago - dato giornaliero (ore 8:00):** il dato è calcolato giornalmente dal Consorzio del Ticino mediante "equazione di continuità" sulla base delle variazioni di livello e dei volumi d'acqua erogati nelle 24 ore precedenti.

I dati utilizzati per le analisi provengono dalla banca dati storici del Consorzio del Ticino. Il calcolo delle portate erogate (scale di deflusso) e delle variazioni del volume d'acqua invasato (curva di invaso) è fatto per tutta la serie storica utilizzata con le funzioni "storiche" (scala di deflusso e curva di invaso) e non con quelle messe a punto durante la sperimentazione. Questo per poter trattare dati omogenei.

Gli andamenti delle grandezze idrometriche proposti nel presente rapporto sono stati organizzati e rappresentati rispetto ai periodi di seguito illustrati:

- intero anno solare (01-01 -> 31-12),
- periodo estivo (01-06 -> 15-09).

Questo tipo di analisi è stato svolto per le seguenti grandezze idrometriche:

1. livelli idrometrici a Sesto Calende,
2. afflussi a lago,
3. deflussi (portate erogate).

2.5.2 Confronto tra serie storiche aggregate per "periodi storici omogenei"

In fase di organizzazione dei dati e nell'effettuare le prime elaborazioni statistiche, sono stati definiti 9 periodi omogenei, poi ridotti a 5 e a 4, aggregando di volta in volta i gruppi relativi agli anni più vecchi. Nel presente rapporto si riportano solo i risultati dell'ultima aggregazione, quella in cui sono stati definiti i quattro gruppi omogenei di seguito elencati:

- [1] **1943 → 2006**: primi 64 anni di regolazione del lago
- [2] **2007 → 2018**: 12 anni, somma tra un periodo di 8 anni di deroga sul massimo livello di regolazione estiva e dei primi 4 anni di *sperimentazione di nuovi livelli di esercizio del Lago Maggiore*
- [3] **2019 → 2022**: 4 anni coperti dal progetto *ParchiVerbanoTicino*, periodo in cui il lago è stato regolato secondo i criteri definiti nell'ambito della *sperimentazione di nuovi livelli di esercizio del Lago Maggiore*, ad eccezione del 2021 e del 2022 in cui, per via dei lavori di manutenzione straordinaria presso la diga della Miorina, sono stati adottati dei limiti più restrittivi (Paragrafo 2.1).

2.5.3 Confronto con stagioni particolarmente piovose o siccitose

La selezione delle stagioni particolarmente piovose e siccitose è stata operata in base all'osservazione di livelli e afflussi nel periodo estivo, con particolare attenzione ai mesi di luglio e agosto.

Confrontando i dati storici sono stati definiti i seguenti gruppi di anni "critici":

- **Anni piovosi: 1951, 1954, 1956, 1960, 1963, 1977, 1978, 2014**
- **Anni siccitosi: 1943, 1949, 1976, 1990, 2003, 2005, 2006**

Dopo aver individuato le annate estreme e definito i due gruppi omogenei "*anni piovosi*" e "*anni siccitosi*", sono state elaborate due serie medie denominate "*media piovosi*" e "*media siccitosi*" che dovrebbero rappresentare rispettivamente l'anno piovoso medio e l'anno siccitoso medio. Nei grafici riportati in Figura 4 sono rappresentate alcune fasi rappresentative della selezione operata.

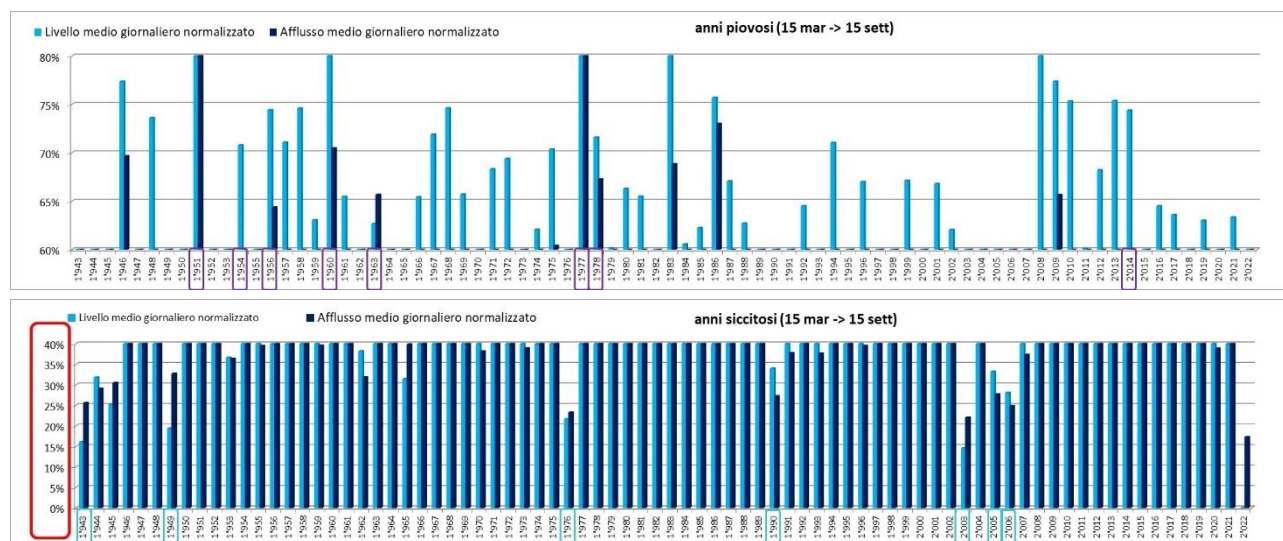


FIGURA 4: LIVELLI E AFLUSSI MEDI NORMALIZZATI E SELEZIONE DELLE STAGIONI PIOVOSE E SICCILOSE

Nei grafici di confronto tra le serie storiche relative al periodo del progetto *ParchiVerbanoTicino* e quelle relative alle annate piovose e siccitose, presentati nel Capitolo 4, sono state inserite anche delle altre serie

di confronto, ricavate da un'elaborazione statistica delle serie storiche di cui al precedente paragrafo. Esse si riferiscono tutte al periodo 1943 → 2006 e sono costituite dalle mediane (50° percentile), dal 10° e dal 90° percentile, calcolati per ciascun giorno dell'anno solare.

Afflussi medi giornalieri a lago - Periodo 1 giugno -> 15 settembre

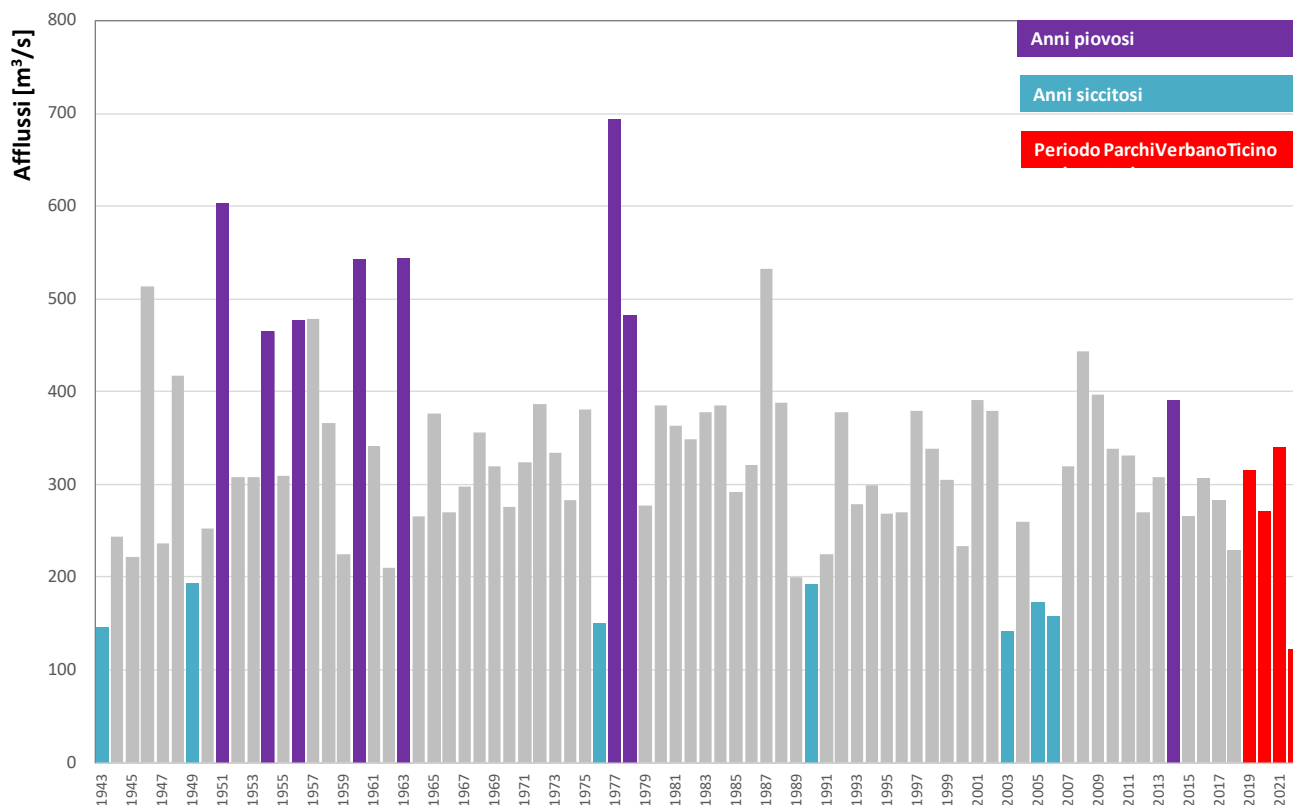


FIGURA 5: AFFLUSSI MEDI GIORNALIERI A LAGO – PERIODO 1 GIUGNO → 15 SETTEMBRE

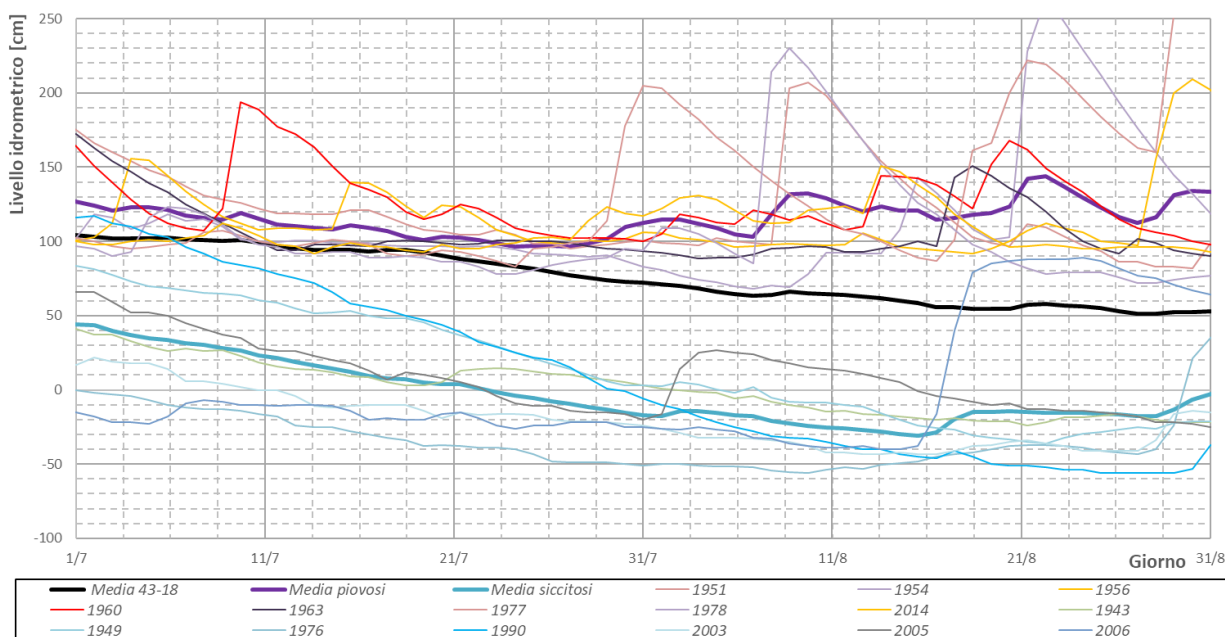


FIGURA 6: ELABORAZIONE DELLE SERIE "MEDIA PIOVOSI" E "MEDIA SICCIOSI"

3 ANDAMENTO DELLE GRANDEZZE IDROMETRICHE NEI QUATTRO ANNI DI INTERESSE PER IL PROGETTO

Nel presente capitolo si riportano degli estratti delle varie relazioni tecniche prodotte nell'ambito dell'attività WP3_01 al termine dei 4 anni di osservazione coperti dal progetto *ParchiVerbanoTicino*.

Per una descrizione di maggior dettaglio sull'andamento delle principali grandezze idrometriche e sulle scelte fatte dal regolatore nelle varie fasi in cui sono stati suddivisi gli anni di osservazione, si rimanda alle relazioni specifiche prodotta nell'ambito dell'attività WP3_01 al termine di ciascun anno.

Per ognuno dei quattro anni di interesse si presenta una descrizione generale dall'andamento delle grandezze idrometriche durante l'anno, dei momenti più significativi dell'anno e dei livelli massimi e minimi toccati dal lago. Non viene invece ripresa la suddivisione in fasi omogenee che è stata invece eseguita nei vari rapporti annuali.

Per ogni anno vengono infine riportati due grafici riepilogativi:

- Un primo grafico che rappresenta l'andamento di tutte le principali grandezze idrometriche nel corso dell'anno, attraverso il quale è possibile confrontare in modo immediato il livello del lago con il limite di massima regolazione definito per i vari momenti dell'anno e la portata erogata con la portata in ingresso.
- Un secondo grafico che rappresenta, in forma cumulata, l'andamento delle portate erogate dallo sbarramento della Miorina, suddivise tra portate destinate agli utenti di valle, DMV e portata in eccesso scaricata nel Fiume Ticino. L'area verde rappresenta il volume d'acqua derivato nel corso dell'anno, mentre il suo limite superiore indica l'andamento temporale della portata derivata. Analogamente l'area blu rappresenta il volume destinato al DMV e l'altezza della fascia blu, che cambia durante l'anno, rappresenta il DMV in termini di portata. Infine l'area azzurra rappresenta il volume in eccesso scaricato nel Ticino, la distanza verticale tra il suo limite inferiore e quello superiore rappresenta la portata media scaricata giorno per giorno. Nel grafico è infine rappresentata la massima portata di competenza degli utenti di valle, pari a 160 m³/s nella stagione invernale (01.10 -> 31.03) e a 255 m³/s nella stagione estiva (01.04 -> 30.09); **il confronto tra il limite superiore dell'area verde e la linea arancione permette di effettuare una valutazione immediata della differenza tra massima competenza delle utenze e portata effettivamente derivata.**

3.1 ANNO 2019

Il 2019 è stato un anno caratterizzato da una buona disponibilità di risorsa idrica, nel corso del quale si è verificato un unico evento di piena del lago e quattro eventi di morbida.

I primi tre mesi dell'anno sono stati caratterizzati da afflussi particolarmente ridotti, il cui effetto è stato un progressivo abbassamento del livello del lago.

Tra aprile e maggio si sono verificati due eventi di morbida (eventi che non comportano il superamento di +200 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende), grazie ai quali è stato possibile ripristinare la massima riserva idrica nel lago. Fino al 9 luglio il Lago Maggiore è rimasto completamente invaso, gli utenti del Consorzio del Ticino hanno avuto tutta l'acqua di loro competenza e nel Fiume Ticino è stata rilasciata una portata sempre superiore al DMV.

Nel periodo estivo, grazie alle piogge di agosto, è stato ancora possibile garantire l'acqua richiesta agli utenti e il livello del lago, a differenza di quanto accaduto negli ultimi anni, non è sceso sotto lo zero idrometrico.

Il prolungarsi del clima estivo fin all'inizio di ottobre ha causato un breve periodo di carenza idrica nella prima metà di ottobre, periodo in cui il lago ha toccato il livello minimo annuale (-16 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende) e il Consorzio del Ticino ha dovuto ridurre la portata di acqua destinata ai suoi utenti.

Tale periodo è stato immediatamente seguito dall'unico evento di piena dell'anno, avvenuto a metà di ottobre. Durante la piena il livello del lago ha superato di pochi centimetri e per poco più di due giorni il limite di +200 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende, raggiungendo un livello massimo di +213,5 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende. La piena di ottobre è stata poi seguita da due eventi di morbida, durante i quali non è più stato superato il livello soglia di +200 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende.

Dalla piena di metà ottobre alla fine dell'anno le portate rilasciate dallo sbarramento della Miorina sono sempre state superiori alla somma tra DMV e domanda idrica degli utenti del Consorzio del Ticino.

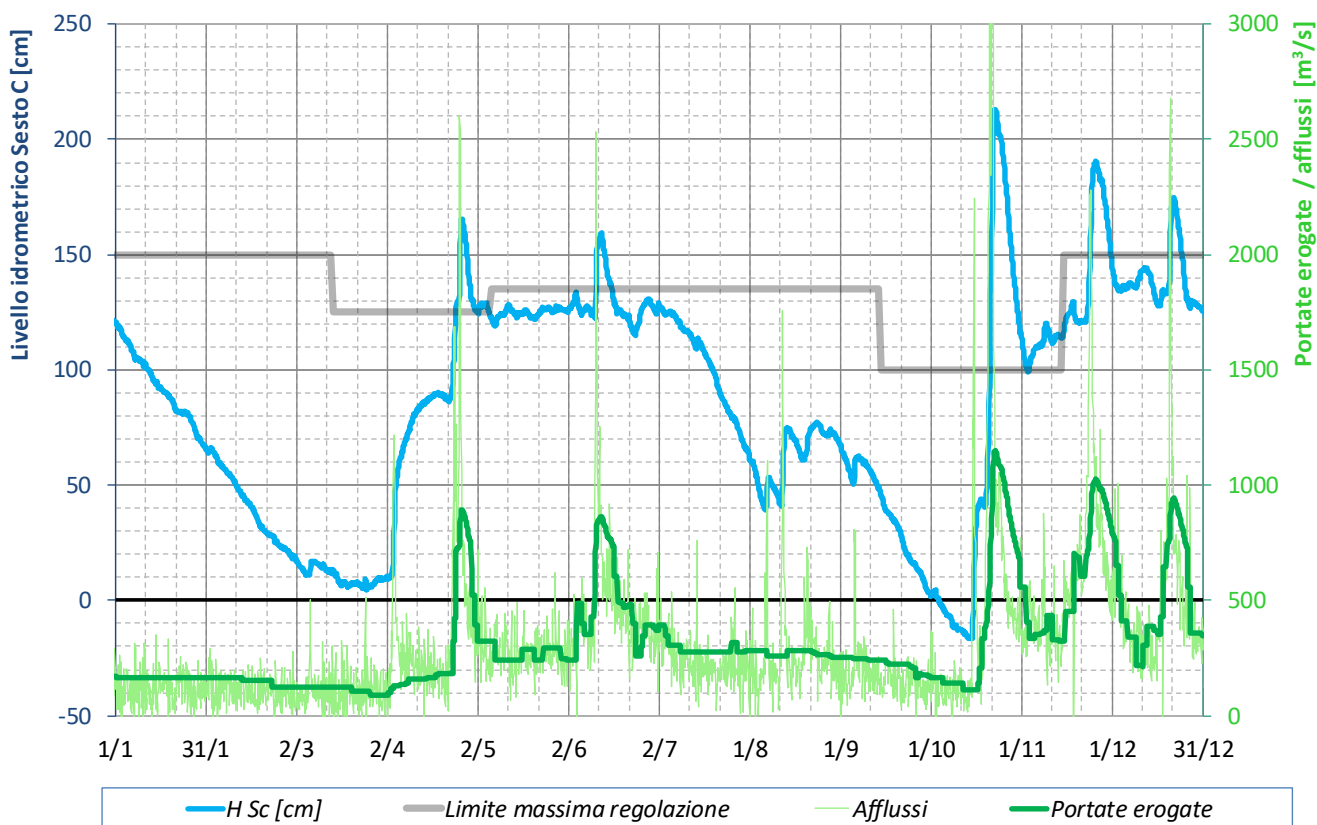


FIGURA 7: ANDAMENTO DELLE PRINCIPALI GRANDEZZE IDROMETRICHE NEL CORSO DEL 2019

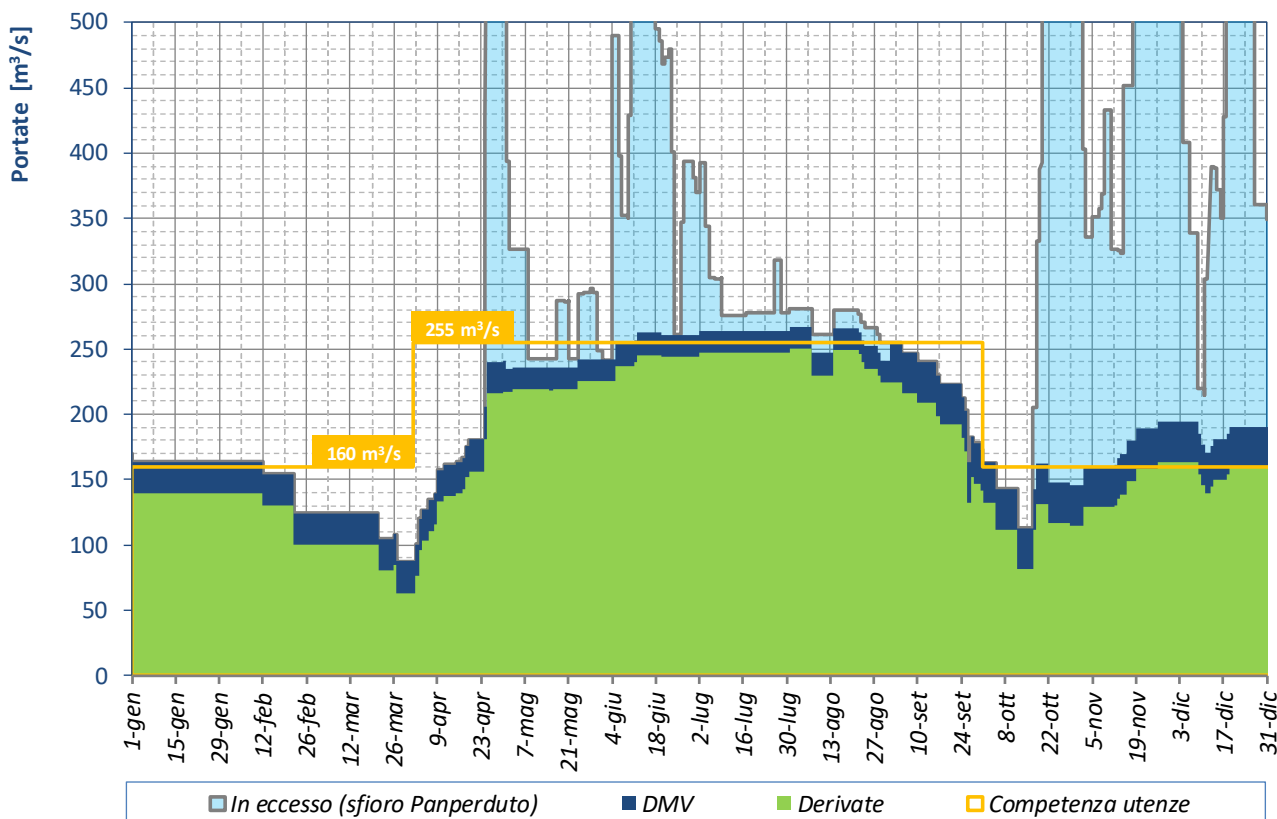


FIGURA 8: DEFLUSSI DAL LAGO SUDDIVISI TRA PORTATE DERIVATE, DMV E PORTATE IN ECCESSO NEL CORSO DEL 2019

3.2 ANNO 2020

Il 2020 è stato un anno che dal punto di vista dell'andamento delle grandezze idrometriche è stato molto simile alla maggior parte delle annate del decennio precedente: modesti eventi di morbida nel periodo primaverile, un periodo di crisi idrica che ha interessato quasi completamente il mese di agosto e un evento di piena non eccezionale all'inizio di ottobre. All'interno del presente capitolo è riportata una descrizione per fasi omogenee dell'andamento delle grandezze idrometriche e delle principali scelte eseguite dal gestore dello sbarramento nei veri momenti strategici che si sono presentati durante il 2020.

Durante i primi quattro mesi dell'anno, gli afflussi a lago sono stati tali da poter quasi sempre garantire agli utenti del Consorzio del Ticino la dotazione idrica richiesta, alternando momenti in cui gli afflussi a lago erano superiori alla domanda (prime settimane di gennaio) a momenti in cui la riserva d'acqua invasata nel lago ha comunque permesso di compensare gli afflussi ridotti (tra metà febbraio e metà maggio).

Tra maggio e giugno si sono verificati due modesti eventi di morbida (eventi che non comportano il superamento di +200 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende), che hanno più che altro consentito di ripristinare la riserva idrica accumulata nel lago. Durante questo periodo la portata erogata dallo sbarramento è stata quasi sempre superiore alla somma tra domanda delle utenze di valle e DMV.

Nel periodo estivo si è assistito ad una progressiva riduzione del livello del lago, che nel mese di agosto ha penalizzato sia gli utenti del Consorzio del Ticino, sia i fruitori di lago e fiume a causa di livelli e portate assai ridotti.

Le piogge di fine agosto hanno consentito di ripristinare, almeno in parte, la riserva idrica del lago e di aumentare le portate destinate agli utenti del consorzio.

A inizio ottobre si è verificato l'unico evento di piena dell'anno. Durante la piena il livello del lago ha raggiunto il livello massimo di +267 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende e si è mantenuto al di sopra del livello soglia di +200 cm per 6 giorni.

Terminato l'evento di piena, per oltre un mese sono state rilasciate nel Fiume Ticino portate superiori alla somma tra domanda delle utenze di valle e DMV. Nelle ultime settimane dell'anno il livello del lago è stato sempre mantenuto prossimo +100 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende ed è stato possibile destinare agli utenti del consorzio le portate di loro competenza.

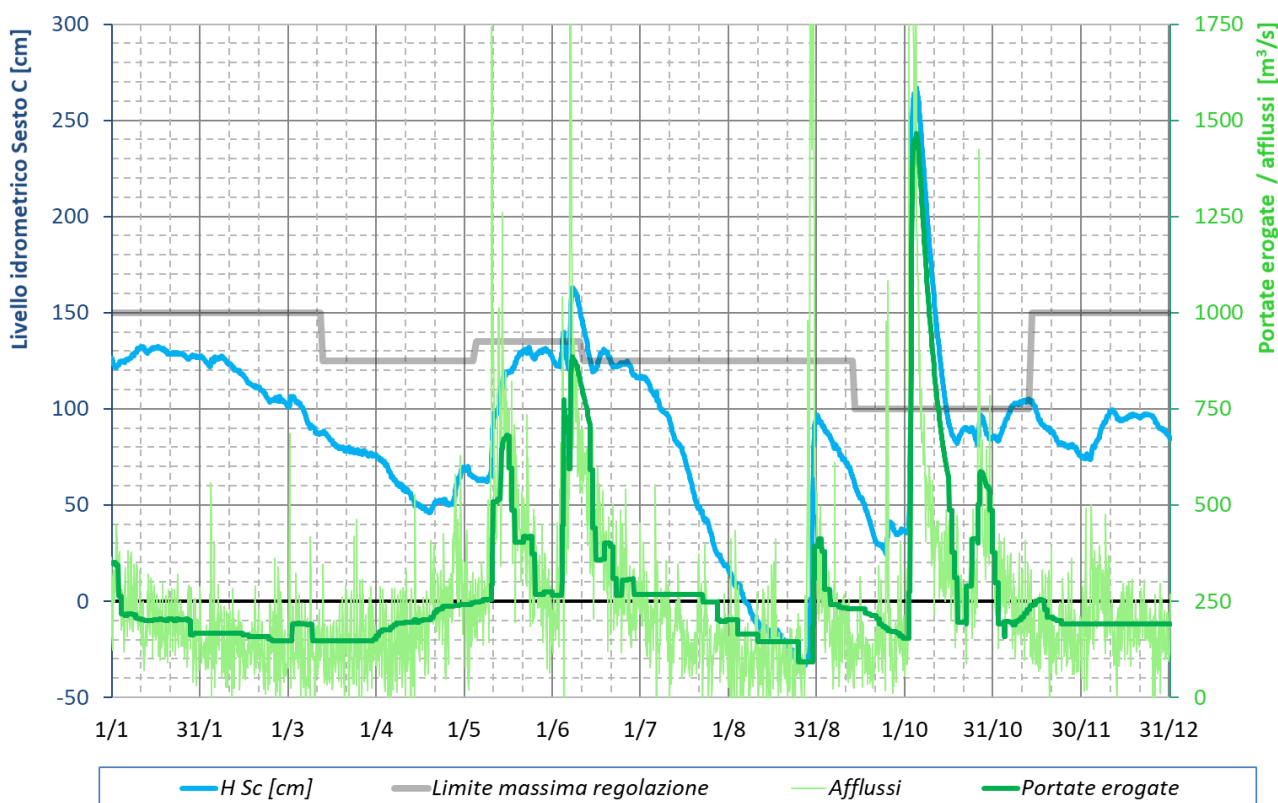


FIGURA 9: ANDAMENTO DELLE PRINCIPALI GRANDEZZE IDROMETRICHE NEL CORSO DEL 2020

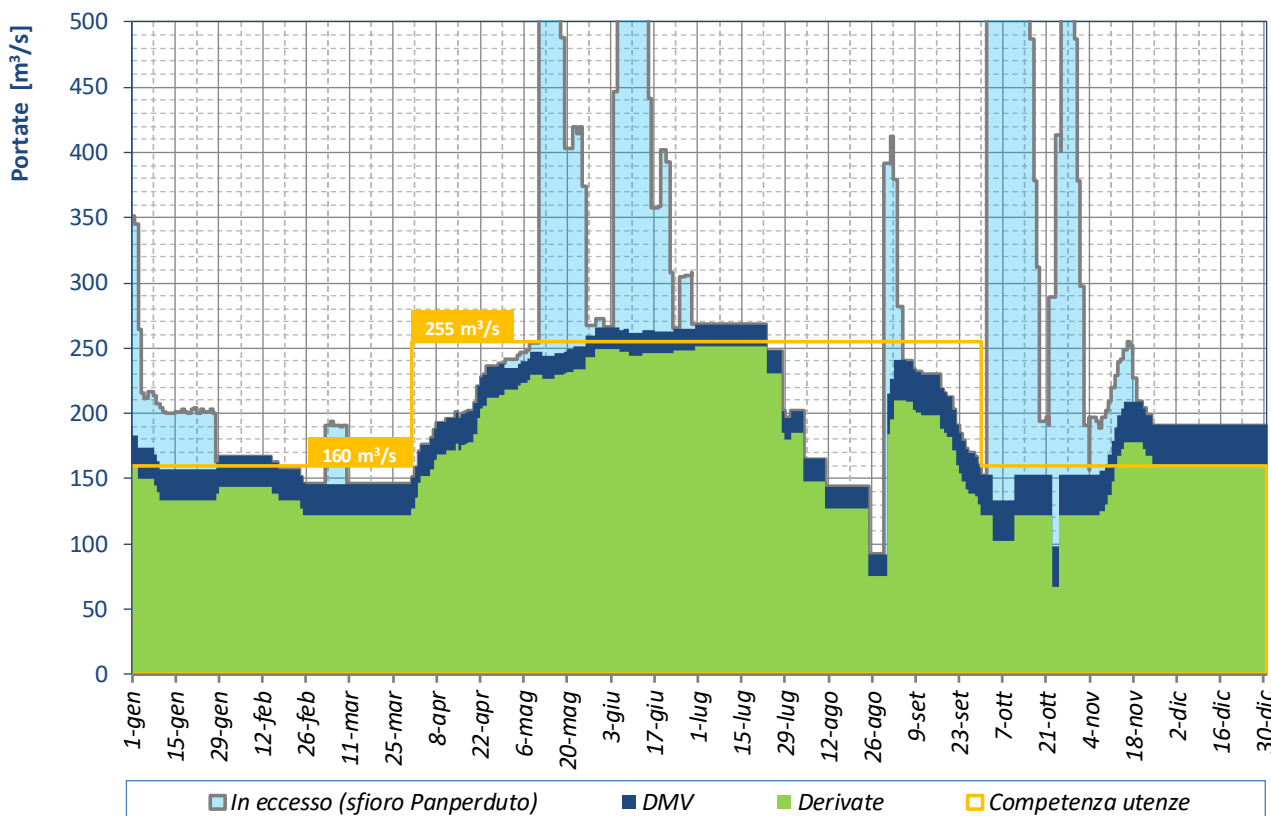


FIGURA 10: DEFLUSSI DAL LAGO SUDDIVISI TRA PORTATE DERIVATE, DMV E PORTATE IN ECCESSO NEL CORSO DEL 2020

3.3 ANNO 2021

Il 2021 è stato un anno particolare rispetto alle precedenti annate, in quanto caratterizzato da un'estate piovosa, che per la prima volta dopo diversi anni non ha presentato momenti di crisi idrica significativa.

Inoltre, né in primavera, né in estate si sono verificati eventi di piena o di morbida del lago tali da costituire un problema per il Lago Maggiore e per il Fiume Ticino postlacuale.

L'unico evento di morbida degno di nota si è verificato nel cuore della stagione estiva, a metà luglio, quando il lago ha raggiunto il livello massimo dell'anno (+173 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende) e la portata scaricata nel Fiume Ticino era di circa 930 m³/s.

All'interno del presente capitolo è riportata una descrizione per fasi omogenee dell'andamento delle grandezze idrometriche e delle principali scelte eseguite dal gestore dello sbarramento nei veri momenti strategici che si sono presentati durante il 2021.

Fino all'inizio della stagione irrigua (1 aprile), il regolatore ha potuto garantire agli utenti la dotazione idrica richiesta, senza intaccare la riserva accumulata nel lago (che in questi primi tre mesi dell'anno non è mai sceso al di sotto di +80 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende) e mantenendo sempre il livello del lago ben al di sotto del limite di massima regolazione.

Nel mese di aprile, con l'avvio della stagione irrigua, si è assistito ad un progressivo esaurimento della riserva idrica accumulata nel lago, il quale ha raggiunto il livello minimo di tutto il 2021 alla fine di aprile, quando è rimasto per un paio di giorni al di sotto dello zero idrometrico.

All'inizio di maggio è stato possibile ripristinare un livello del lago prossimo al limite di massima regolazione estiva, che è stato di fatto mantenuto fino alla fine del mese di agosto. In questo periodo si è manifestato anche l'unico evento di morbida dell'anno 2021 già citato a inizio paragrafo.

Il mese di settembre è stato caratterizzato dalla chiusura delle prime due campate dello sbarramento, chiusura necessaria per poter effettuare gli interventi di manutenzione straordinaria e sostituzione delle portine. Tra settembre e metà novembre ci sono stati tre momenti in cui l'afflusso al lago è cresciuto e si è reso necessario aprire completamente le due campate di destra dello sbarramento, ma si è trattato di eventi modesti che non hanno compromesso le attività del cantiere e non hanno portato a registrare livello del lago particolarmente alti.

A partire dalla metà di novembre, infine, gli afflussi a lago si sono progressivamente ridotti e il regolatore ha garantito la dotazione idrica invernale ai propri utenti, con una conseguente riduzione progressiva del livello del lago.

Per una descrizione di maggior dettaglio sull'andamento delle principali grandezze idrometriche e sulle scelte fatte dal regolatore nelle varie fasi in cui è stato suddiviso l'anno, si rimanda alla relazione specifica prodotta nell'ambito dell'attività WP3_01 relativa all'anno solare 2021.

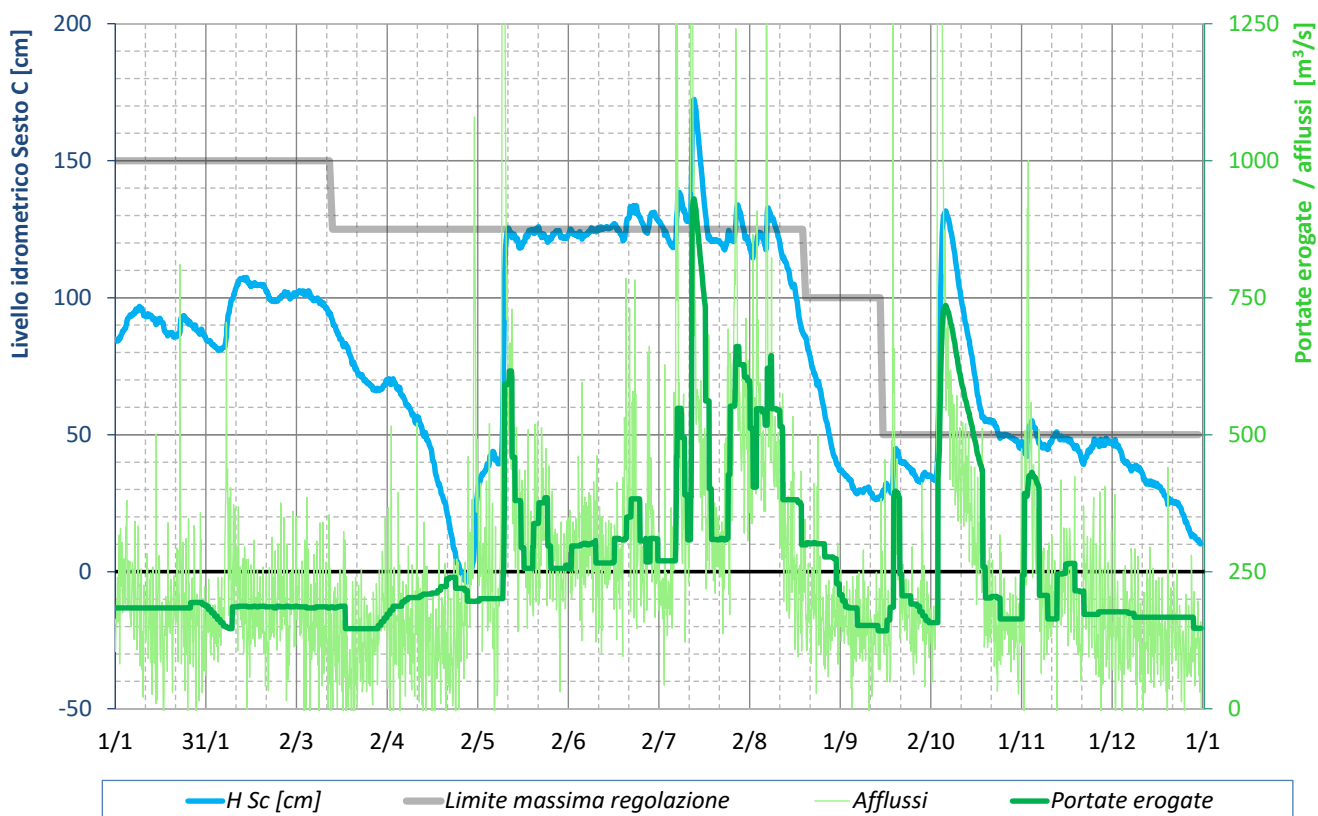


FIGURA 11: ANDAMENTO DELLE PRINCIPALI GRANDEZZE IDROMETRICHE NEL CORSO DEL 2021

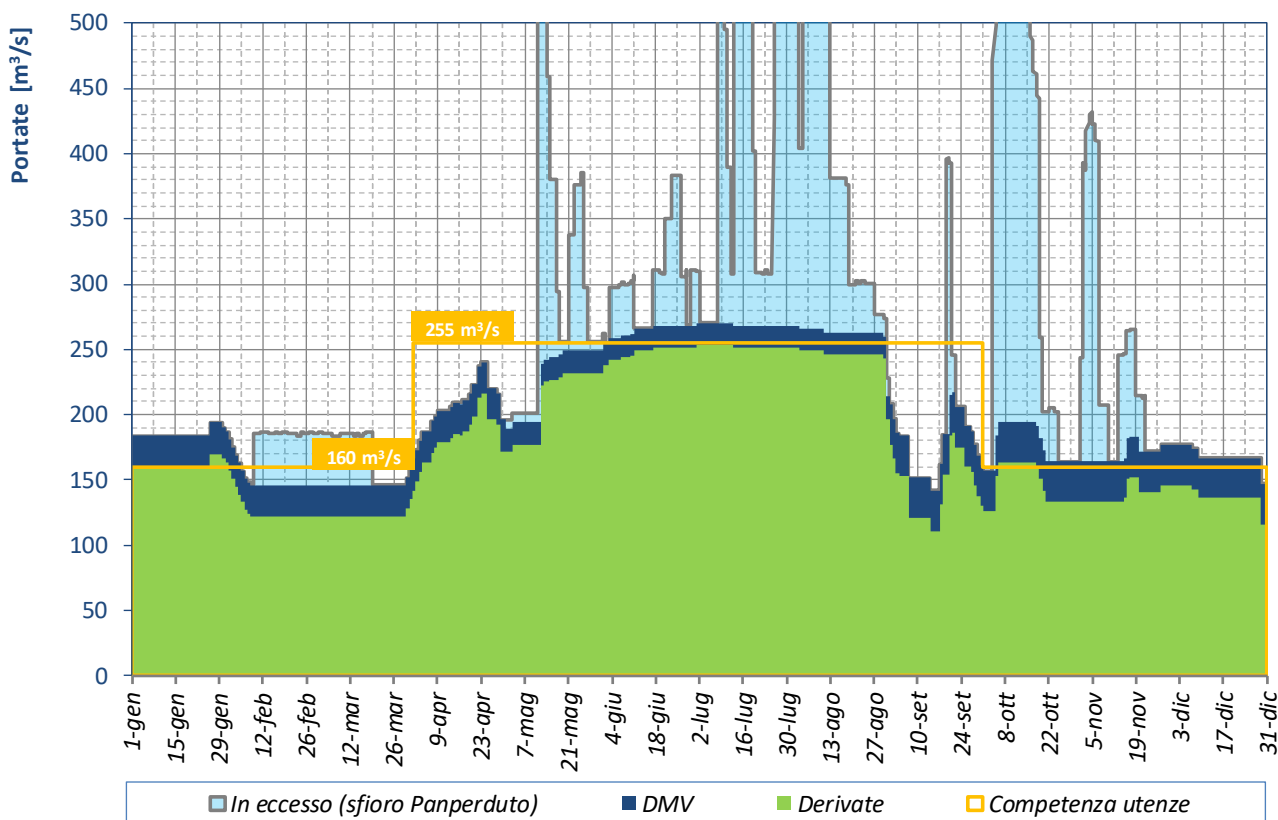


FIGURA 12: DEFLUSSI DAL LAGO SUDDIVISI TRA PORTATE DERIVATE, DMV E PORTATE IN ECCESSO NEL CORSO DEL 2021

3.4 ANNO 2022

Il 2022 è stato un anno caratterizzato da una siccità importante che ha creato seri problemi agli utilizzatori delle acque che normalmente transitano e vengono temporaneamente immagazzinate nel Lago Maggiore. La siccità del 2022 non ha interessato solo il Lago Maggiore e il Fiume Ticino, ma ha investito l'intero bacino padano e tutto il nord Italia. Come già in parte traspare dai grafici riportati in Figura 4 e in Figura 5, si è trattato di un'annata che rientra a tutti gli effetti tra quelle più siccitose a partire dall'inizio della regolazione del Lago Maggiore nel 1943. Oltre ad un afflusso medio particolarmente ridotto, che è la principale causa della siccità che ha caratterizzato il 2022, nel corso dell'anno non si è verificato nessun evento meteorologico di rilievo, in grado di ripristinare, almeno in parte, la riserva idrica del lago. Durante l'anno il livello del lago non ha mai raggiunto o superato il limite di massima regolazione e non si è mai reso necessario manovrare lo sbarramento della Miorina per scaricare la massima portata che poteva essere erogata dal lago nei vari momenti dell'anno, portata già limitata a priori a causa della presenza del cantiere per la manutenzione straordinaria dello sbarramento con la sostituzione delle "portine". La presenza del cantiere, infatti, ha sempre richiesto di mantenere chiusa almeno una delle quattro campate che costituiscono lo sbarramento, motivo per cui non sarebbe stato comunque possibile instaurare le condizioni di "regime libero" (Paragrafo 2.3). Nel momento di massima apertura dello sbarramento, tra il 26 e il 28 ottobre 2022, la I e la III campata erano completamente aperte, la IV campata era completamente chiusa a causa del cantiere, la II campata era parzialmente aperta.

Il periodo compresa tra il 22 ottobre e il 7 novembre è stato l'unico momento dell'anno in cui la portata erogata dal lago è stata superiore alla somma tra DMV e portata destinata agli utenti del Consorzio del Ticino (Figura 14). In questo periodo, in particolare nella notte tra il 4 e il 5 novembre, il lago ha raggiunto il livello massimo annuale di +44 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende.

La massima portata erogata dallo sbarramento della Miorina nel 2022 è stata di 326 m³/s ed è stata rilasciata dallo sbarramento della Miorina tra la mattina del 25 ottobre e la mattina del 27 dello stesso mese. Per contro, il livello del lago rilevato a Sesto Calende è stato inferiore o uguale allo zero idrometrico per 167 giorni e il livello medio del lago nel 2022 (livelli giornalieri rilevati alle ore 8:00) è stato, per la prima volta dall'inizio della regolazione nel 1943, minore di zero.

Per quasi tutto l'anno, quantomeno fino al 22 ottobre e quindi per un periodo che copre interamente la stagione irrigua, le portate erogate dal lago, al netto del DMV, sono sempre state ben al di sotto delle portate di competenza dei vari utenti del Consorzio del Ticino. Nell stesso periodo, il livello massimo raggiunto dal lago è stato di +26 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende.

Nel grafico di Figura 14 sono evidenziati i due periodi (dal 28 luglio al 10 agosto e dal 1 al 15 settembre) in cui è stata concessa da Regione Lombardia (d.d.g. n° 11150 del 27.07.2022) e da Regione Piemonte (D.D. n° 385 del 27.07.2022) la deroga al rilascio del Deflusso Minimo Vitale. Dal grafico si vede con chiarezza come per quasi tutto l'anno solare 2022, tanto nella stagione irrigua, quanto nel periodo invernale, la portata derivata dal Lago Maggiore sia stata consistentemente inferiore alla competenza degli utenti del Consorzio del Ticino e che il rilascio nel Fiume Ticino di portate superiori alla somma tra derivazioni e DMV, che normalmente avviene per diverse decine di giorni nel corso dell'anno, nel 2022 si è verificato per soli otto giorni tra la fine di ottobre e l'inizio di novembre.

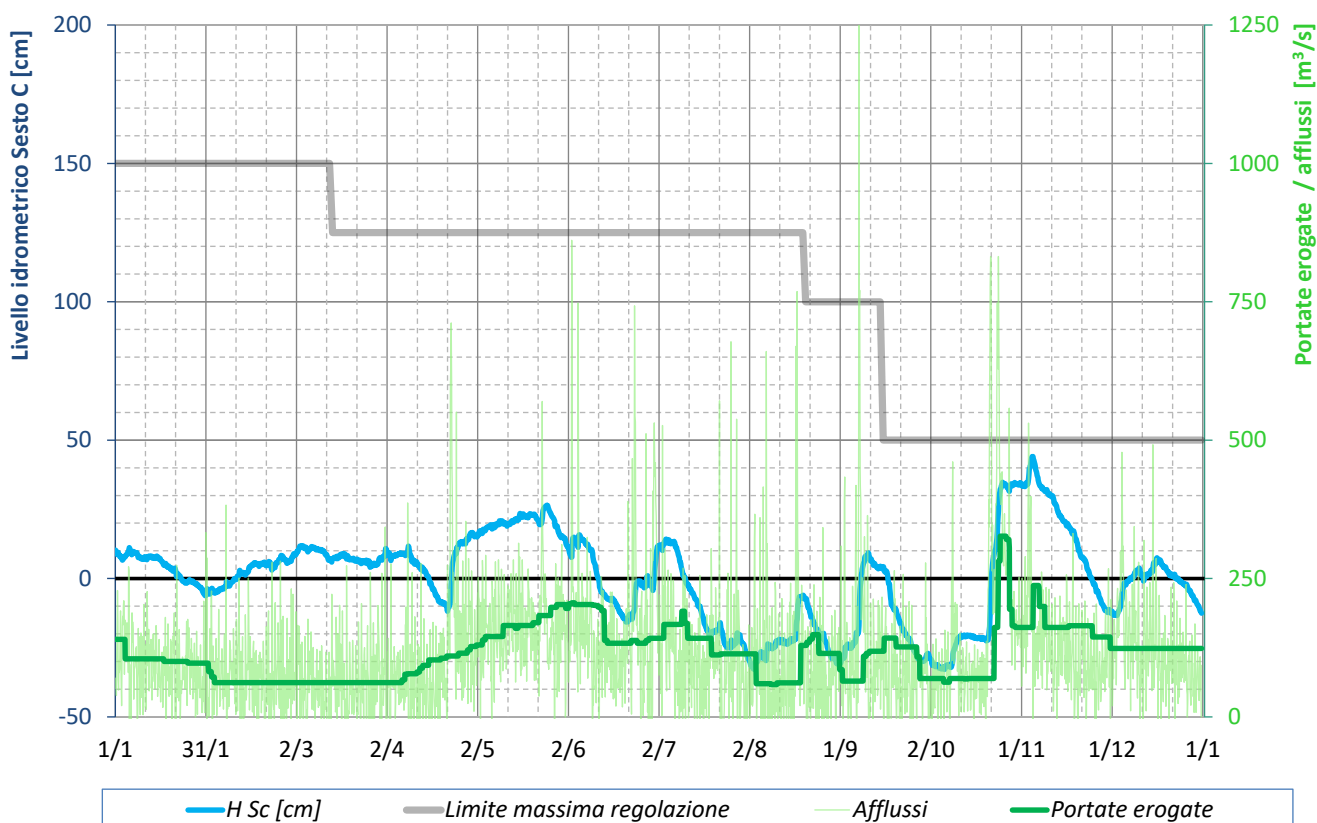


FIGURA 13: ANDAMENTO DELLE PRINCIPALI GRANDEZZE IDROMETRICHE NEL CORSO DEL 2022

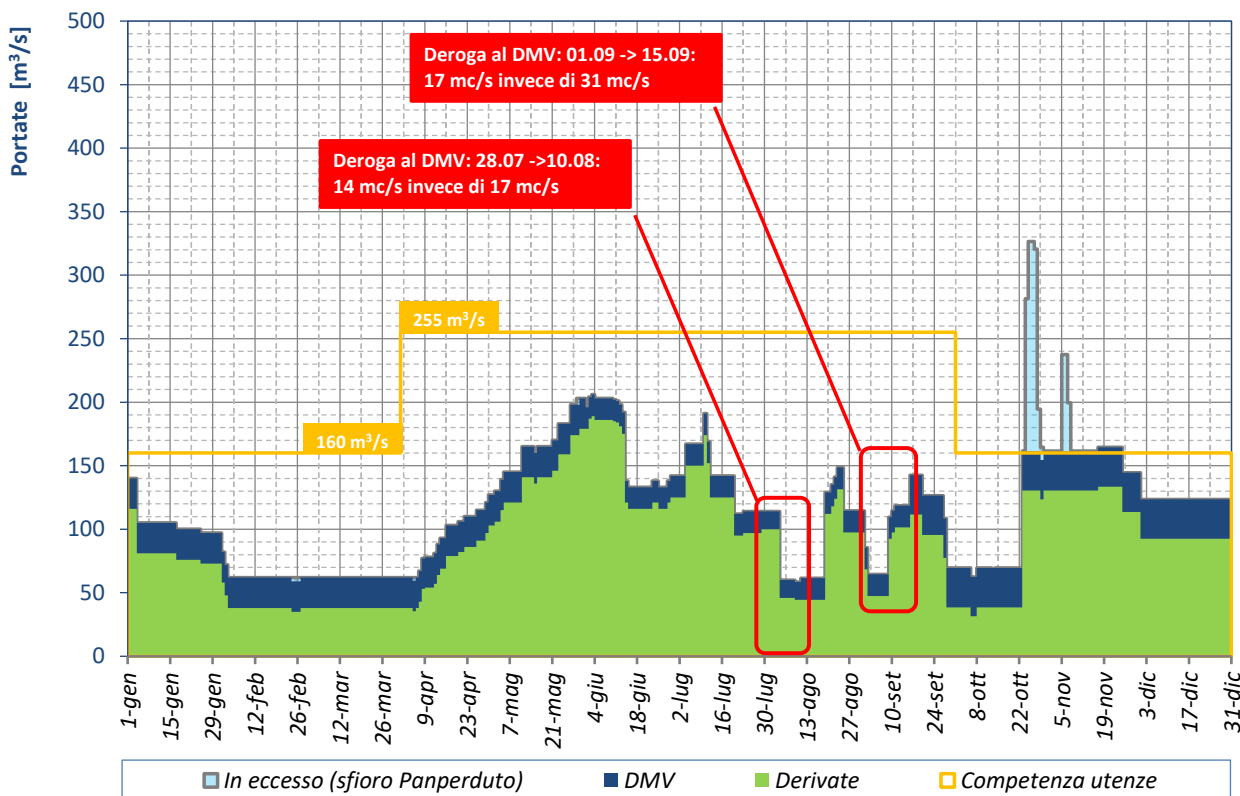


FIGURA 14: DEFLUSSI DAL LAGO SUDDIVISI TRA PORTATE DERIVATE, DMV E PORTATE IN ECCESSO NEL CORSO DEL 2022

4 SINTESI RIEPILOGATIVA E ANALISI COMPARATIVA CON VALORI MEDI STORICI

In questo capitolo conclusivo sono riportati i risultati di alcune analisi comparative svolte utilizzando i dati idrometrici rilevati e calcolati relativi all'intera storia della regolazione del Lago Maggiore. Per quanto riguarda metodologie di analisi, serie di dati utilizzate, ipotesi adottate, limiti delle analisi e scelte operate, si rimanda al Paragrafo 2.5. L'analisi proposta comincia con gli afflussi a lago, variabile indipendente dalle scelte del regolatore che però influenza l'andamento di livelli e portate, per poi proseguire con l'analisi dell'andamento delle portate erogate, delle portate derivate e concludere con quella dei livelli idrometrici. Nel paragrafo 4.5 viene infine riportato un confronto sull'andamento dei livelli del lago esteso però al periodo precedente alla regolazione del lago.

4.1 AFFLUSSI A LAGO – PERIODO 1943 - 2022

Prima di procedere a commento dei grafici riportati nel presente paragrafo, si premette che, solo per gli afflussi a lago (caratterizzati per loro natura da un andamento discontinuo e con brusche e frequenti variazioni), per ottenere curve più regolari -e quindi confrontabili- invece dei valori medi giornalieri, i grafici proposti rappresentano medie mobili calcolate su un periodo di dieci giorni. Osservando i grafici di confronto di seguito riportati si osserva quanto segue:

- Nella stagione invernale (da gennaio a marzo), ad eccezione del 2021 che è stato un anno caratterizzato da afflussi invernali relativamente alti, negli altri tre anni di interesse gli afflussi a lago sono stati modesti, compresi tra il 10° e il 50° percentile degli anni passati. Nelle prime settimane del 2020 si osserva una coda degli afflussi dovuti alle precipitazioni autunnali dell'anno precedente, mentre per il resto, a parte il 2021, gli afflussi sono sempre stati inferiori a 150 mc/s. Nel 2022, già nei mesi invernali, gli afflussi medi a lago non superavano la soglia dei 100 mc/s.
- Nei mesi primaverili (da aprile a giugno), mesi normalmente caratterizzati da afflussi medi a lago importanti e da picchi dovuti alle precipitazioni primaverili, si osservano valori poco inferiori ai valori medi dei periodi precedenti per gli anni 2019, 2020 e 2021, mentre spicca il permanere di afflussi straordinariamente bassi per il 2022: in tutto il periodo delle "morbide primaverili", nel 2022 gli afflussi a lago non hanno mai superato la soglia dei 200 mc/s.
- Passando al periodo estivo (da luglio a metà settembre), si osservano afflussi relativamente alti nel 2021 (quasi sempre superiori a 300 mc/s) e afflussi particolarmente ridotti nel 2022, con valori medi nel periodo che si aggiravano attorno ai 100 mc/s. Anche nel 2019 e nel 2020 gli afflussi a lago nel periodo estivo sono stati comparabili a quelli tipici delle annate più siccitose.
- Analizzando infine il periodo autunnale (da metà settembre a fine dicembre) si osserva un andamento degli afflussi a lago in linea con quelli dei periodi precedenti per gli anni 2019, 2020 e 2021, mentre continuavano ad essere inferiori alla media per l'anno 2022.
- Il grafico relativo ai volumi complessivamente entrati nel lago nei vari anni mostra come solo nel 2019 gli afflussi complessivi siano stati (poco) al di sopra della media del periodo 1943 -2022, mentre il 2022 è stato l'anno caratterizzato dal valore in assoluto più basso di afflussi a lago dall'inizio della regolazione: nel 2022 l'afflusso totale è stato di 3'618 Mm³, a fronte di un valore medio tra il 1943 e il 2022 di 8'731 Mm³. A titolo di confronto, gli altri anni caratterizzati da afflussi bassi sono stati il 2005 con 4'764 Mm³, il 2003 con 4'976 Mm³ e il 1943 con 5'324 Mm³.

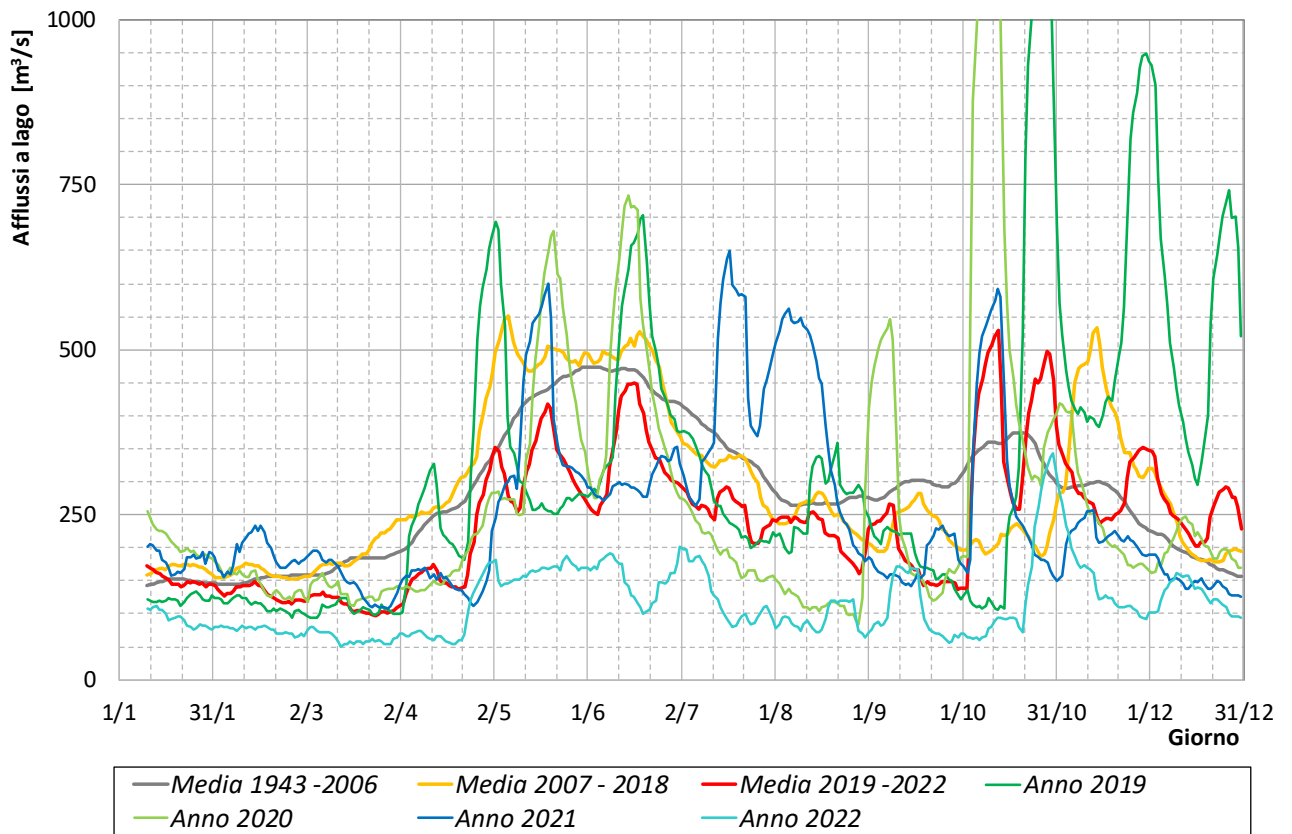


FIGURA 15: AFFLUSSI A LAGO – PERIODI OMOGENEI A (MEDIE MOBILI) – E ANNI INTERESSATI DAL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

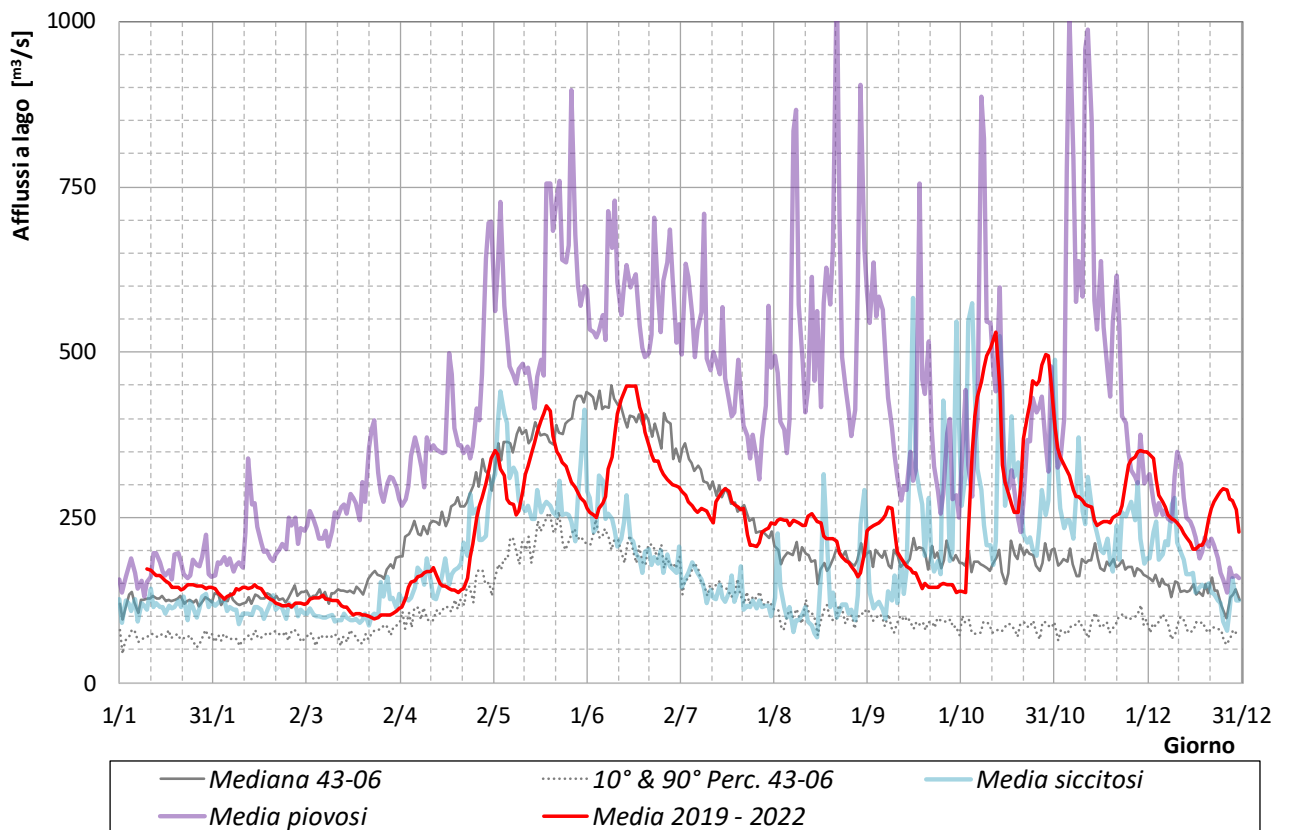


FIGURA 16: AFFLUSSI A LAGO - STAGIONI PIOVOSE E SICCILOSE, PERCENTILI E MEDIA DEL PERIODO DEL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

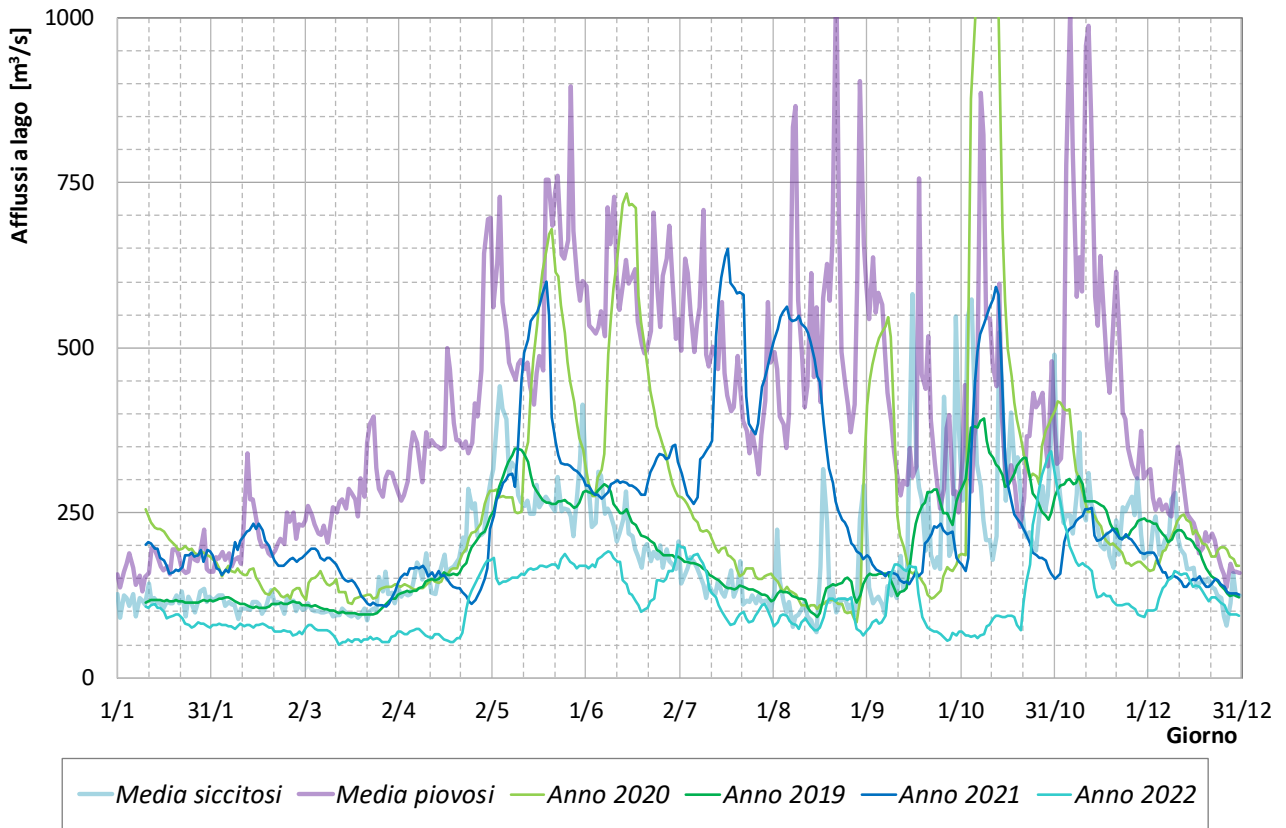


FIGURA 17: AFFLUSSI A LAGO – STAGIONI PIOVOSE E SICCILOSE E ANNI INTERESSATI DAL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

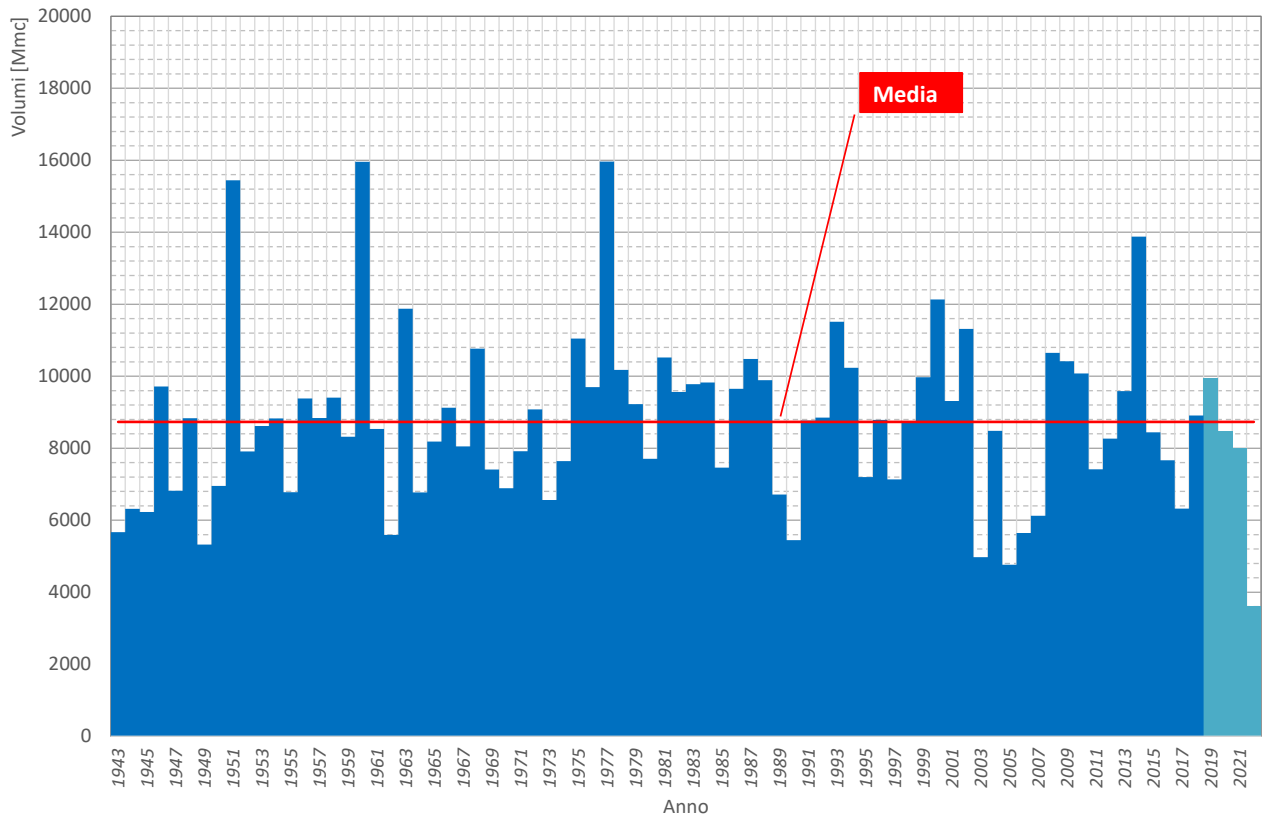


FIGURA 18: AFFLUSSI A LAGO – VOLUMI ANNUI IN INGRESSO AL LAGO

4.2 PORTATE EROGATE– PERIODO 1943 - 2022

L'andamento delle portate erogate è inevitabilmente conseguenza degli afflussi a lago. Osservando pertanto l'andamento delle portate erogate nel corso dei quattro anni di interesse per il progetto *ParchiVerbanoTicino*, si ritrova un andamento simile a quello rilevato per gli afflussi.

Dai grafici riportati si vedono chiaramente i pochi eventi di morbida che hanno richiesto la completa apertura dello sbarramento della Miorina (aprile 2019, giugno 2019, ottobre 2019, novembre 2019, dicembre 2019, maggio 2020, giugno 2020, ottobre 2020, luglio 2021) che per loro natura presentano valori superiori all'andamento dei valori medi calcolati su più anni. Ad eccezione del 2022, nei periodi in cui il lago è stato regolato, le portate erogate sono state prossime ai valori medi dei periodi precedenti o poco inferiori ad essi.

Così come l'andamento stagionale delle portate erogate ha un andamento molto simile a quello degli afflussi a lago, anche i volumi erogati dal lago sono sostanzialmente analoghi ai volumi in ingresso. Anche per i volumi erogati, dunque, solo nel 2019 si osserva un valore leggermente al di sopra della media del periodo 1943 -2022, mentre il 2022 è stato l'anno caratterizzato dal valore in assoluto più basso dall'inizio della regolazione del Lago Maggiore.

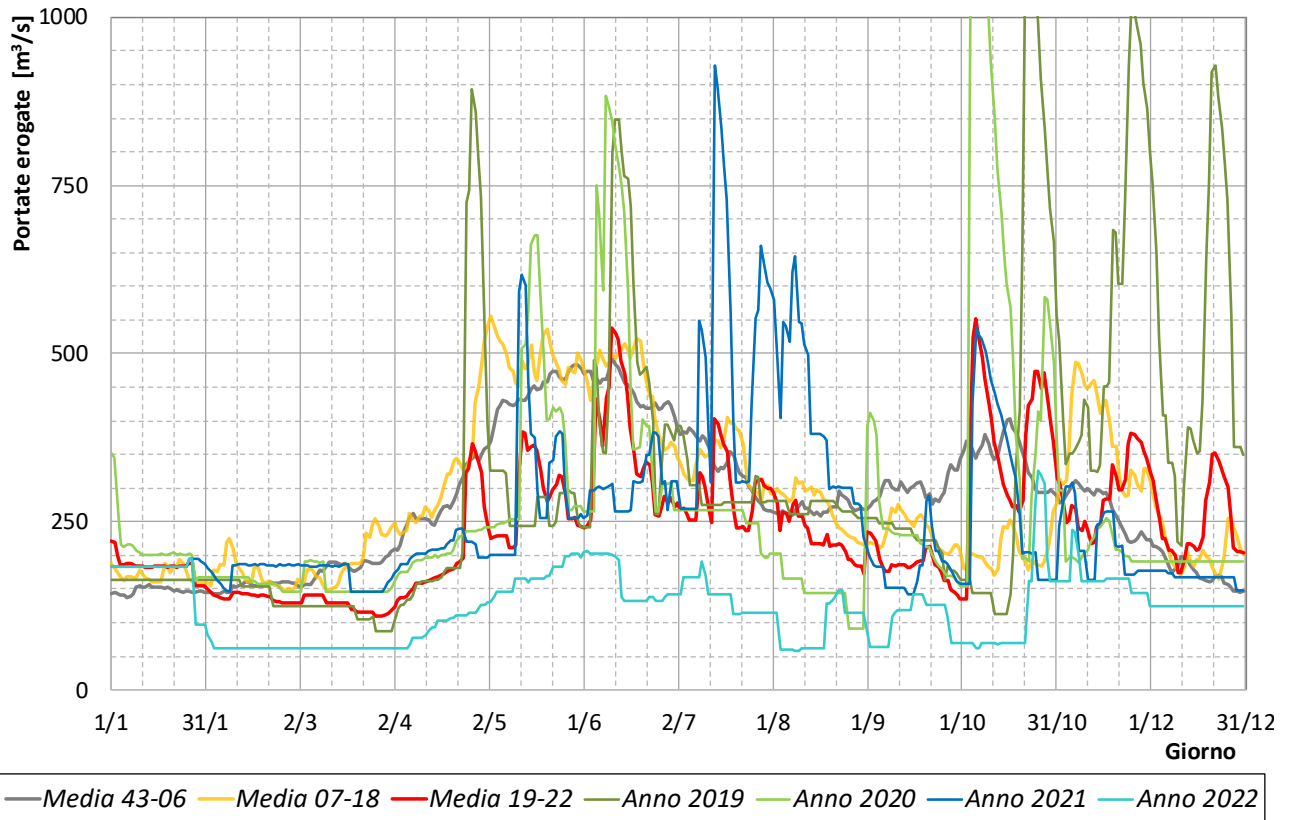


FIGURA 19: PORTATE EROGATE – PERIODI OMOGENEI E ANNI INTERESSATI DAL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

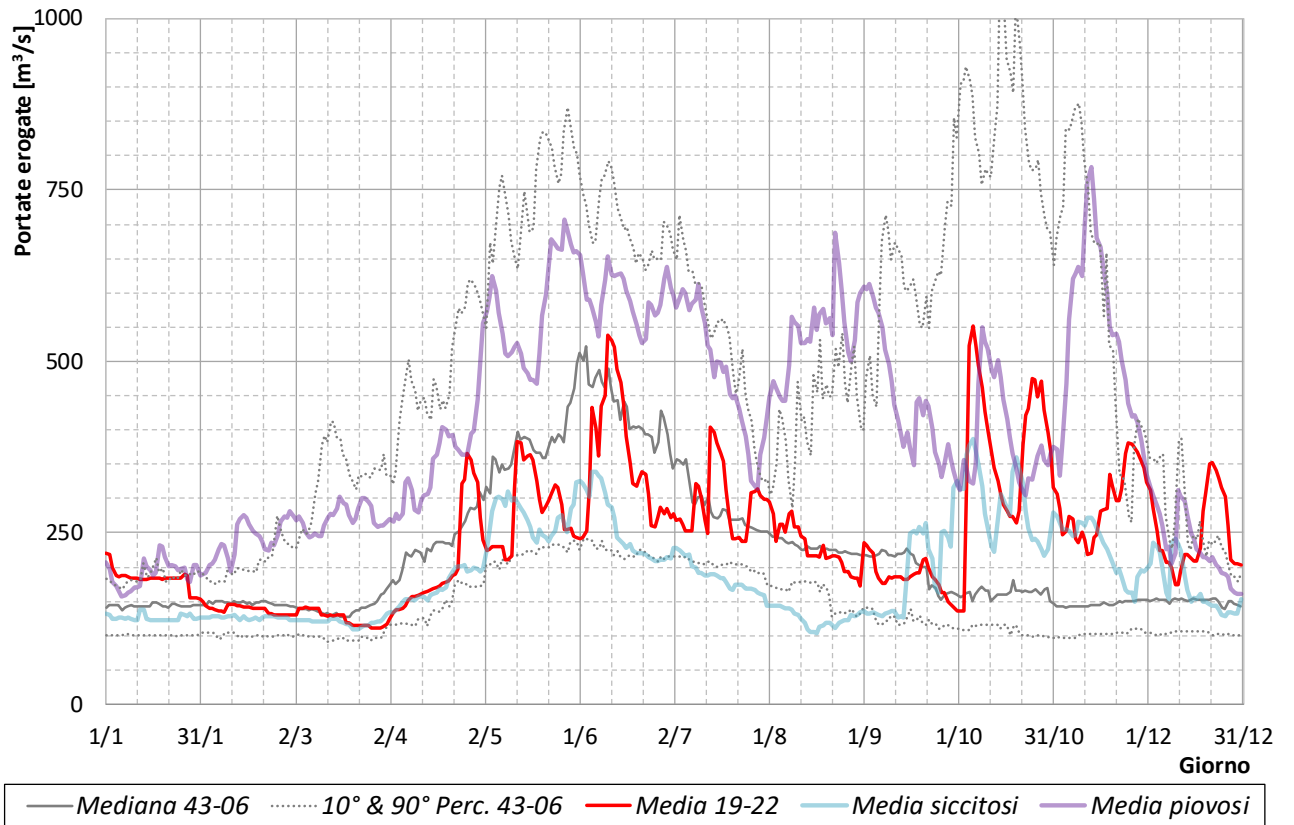


FIGURA 20: PORTATE EROGATE – STAGIONI PIOVOSE E SICCILOSE, PERCENTILI E MEDIA DEL PERIODO DEL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

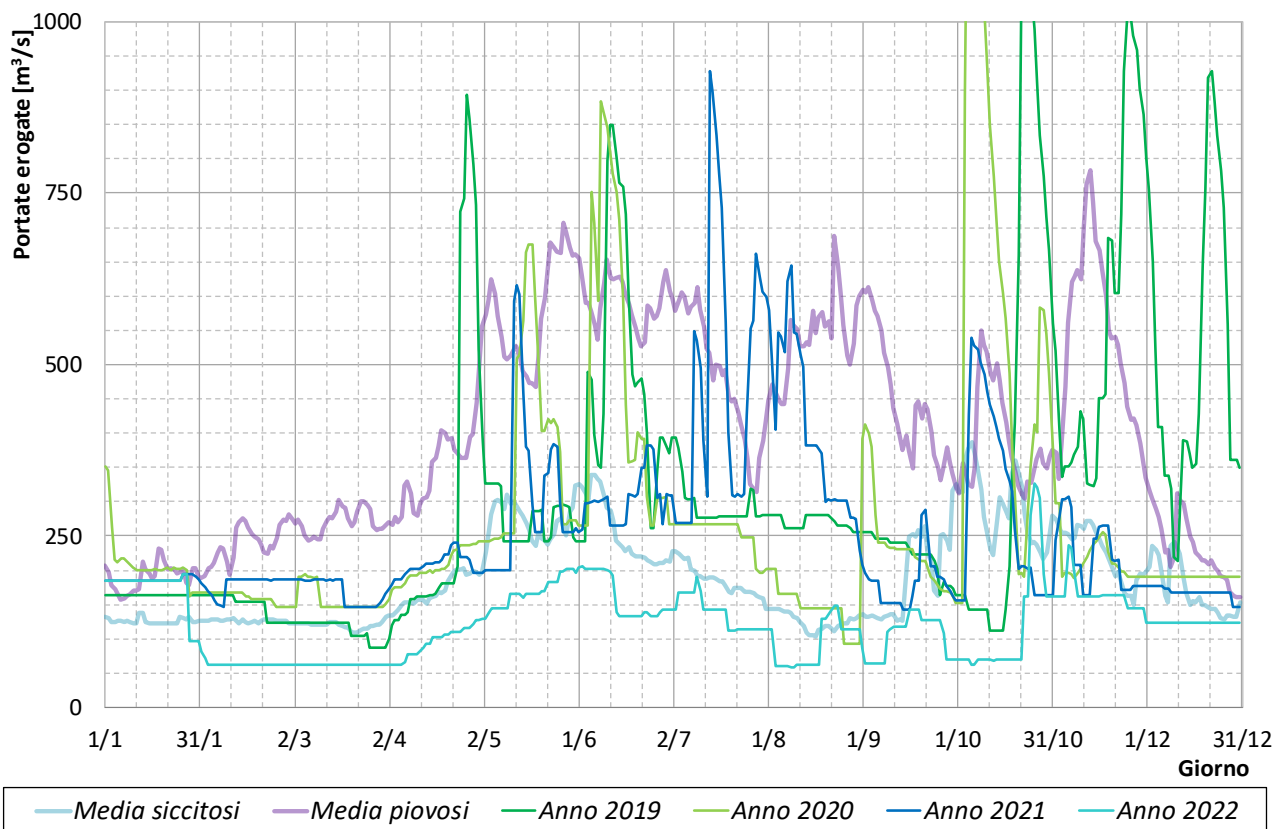


FIGURA 21: PORTATE EROGATE – STAGIONI PIOVOSE E SICCILOSE E ANNI INTERESSATI DAL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

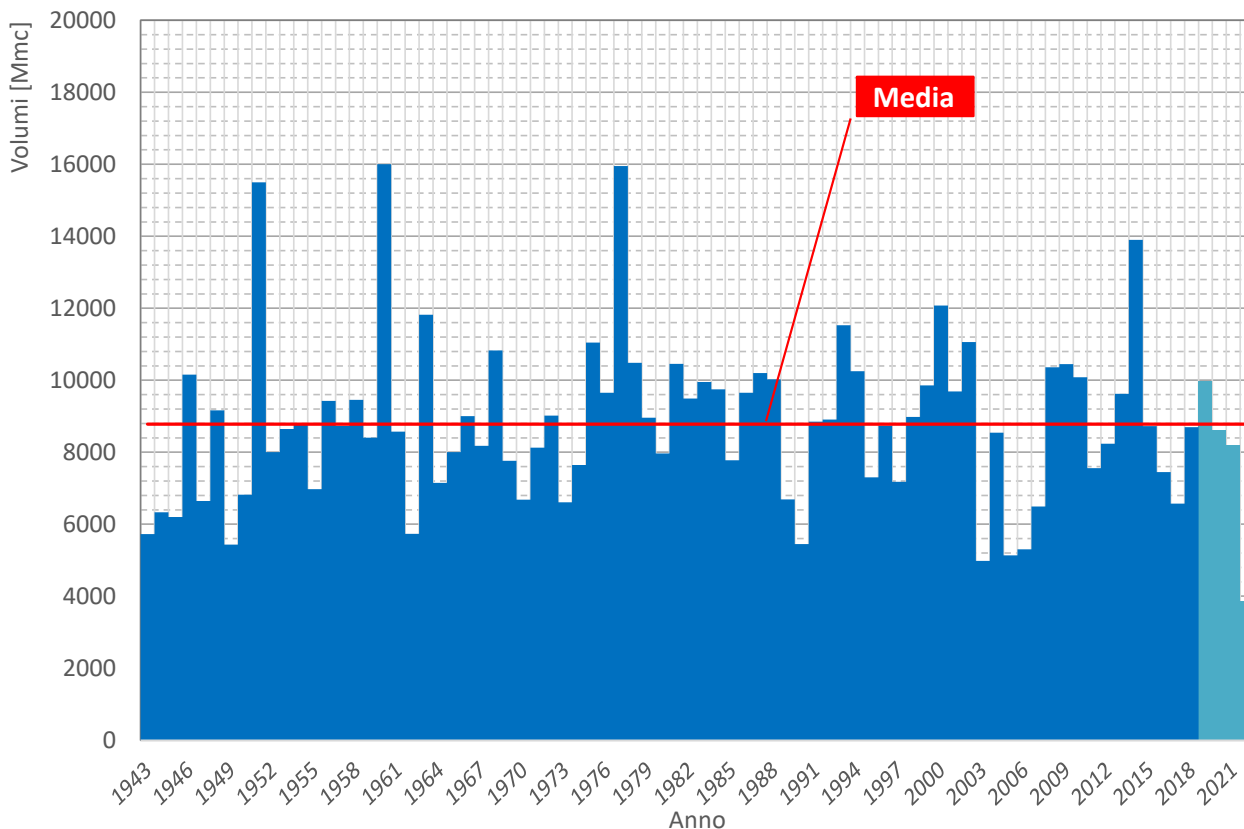


FIGURA 22: PORTATE EROGATE – VOLUMI ANNUI IN USCITA DAL LAGO

4.3 PORTATE DERIVATE – PERIODO 1943 - 2022

I grafici che rappresentano l'andamento delle portate derivate nei quattro anni di interesse per il progetto *ParchiVerbanoTicino* mostrano come queste seguano l'andamento della domanda degli utenti del Consorzio del Ticino, più bassa nel periodo invernale e maggiore nella stagione estiva, quando la domanda delle utenze irrigue cresce, così come cresce la portata massima derivabile concessa ai suddetti utenti da parte delle autorità competenti in materia (Regione Lombardia e Regione Piemonte).

Anche dai grafici relativi alle portate derivate emerge chiaramente in che misura il 2022 si stato un anno anomalo, durante il quale le portate d'acqua destinate agli utenti sono state ben al di sotto sia delle massime portate ad essi concesse, sia delle portate derivate normalmente negli altri anni.

Per quanto riguarda i volumi derivati complessivamente nel corso dell'anno, essi sono stati in linea con i valori relativi agli anni precedenti al progetto *ParchiVerbanoTicino*, ad eccezione del 2022, quando il volume complessivamente derivato dal Fiume Ticino è stato di 2'839 Mm³, a fronte di un valore medio tra il 1943 e il 2022 di 5'152 Mm³. Valori più bassi sono stati riscontrati solo nel 1944 (1'318Mm³) e nel 1968 (2'266 Mm³), probabilmente però in questi casi la minor portata derivata è stata necessaria a causa di interventi sulle opere idrauliche e non l'effetto inevitabile della siccità.

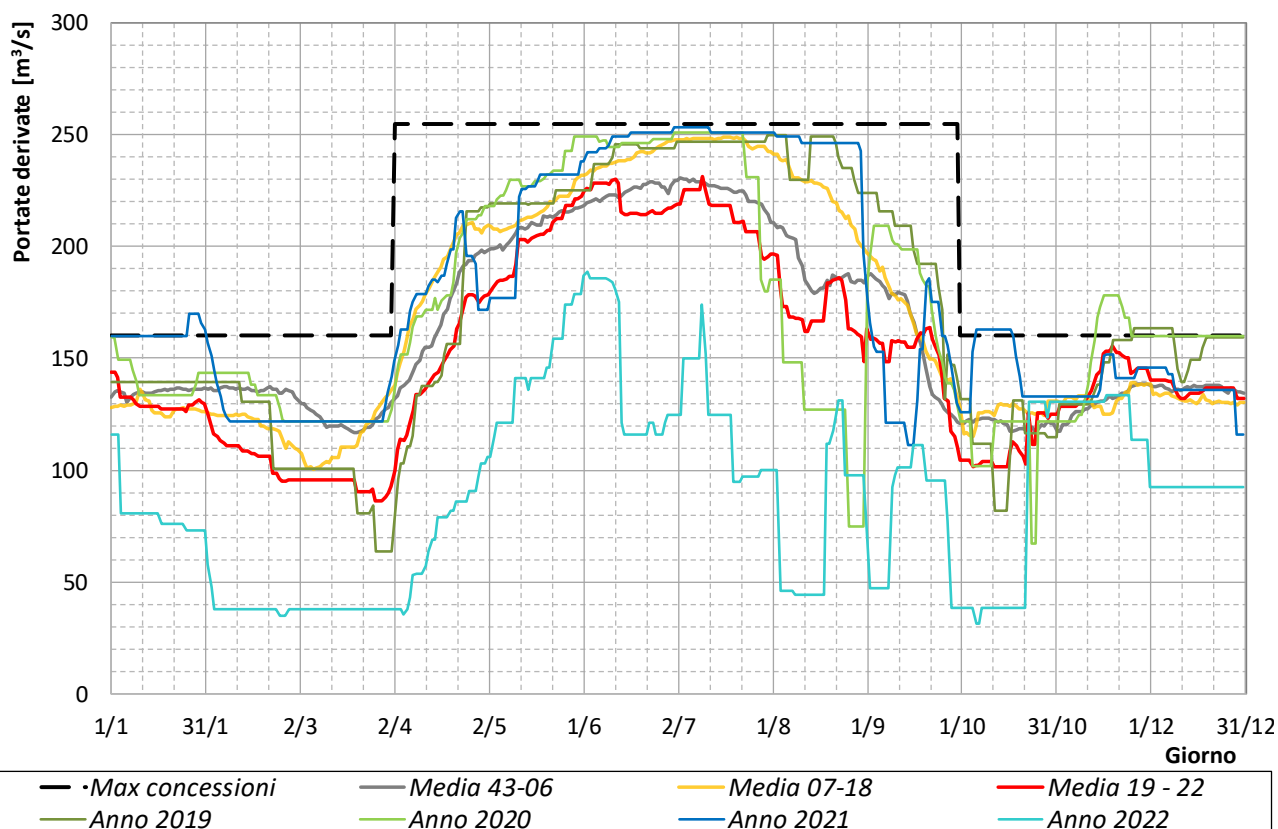


FIGURA 23: PORTATE DERIVATE – PERIODI OMOGENEI E ANNI INTERESSATI DAL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

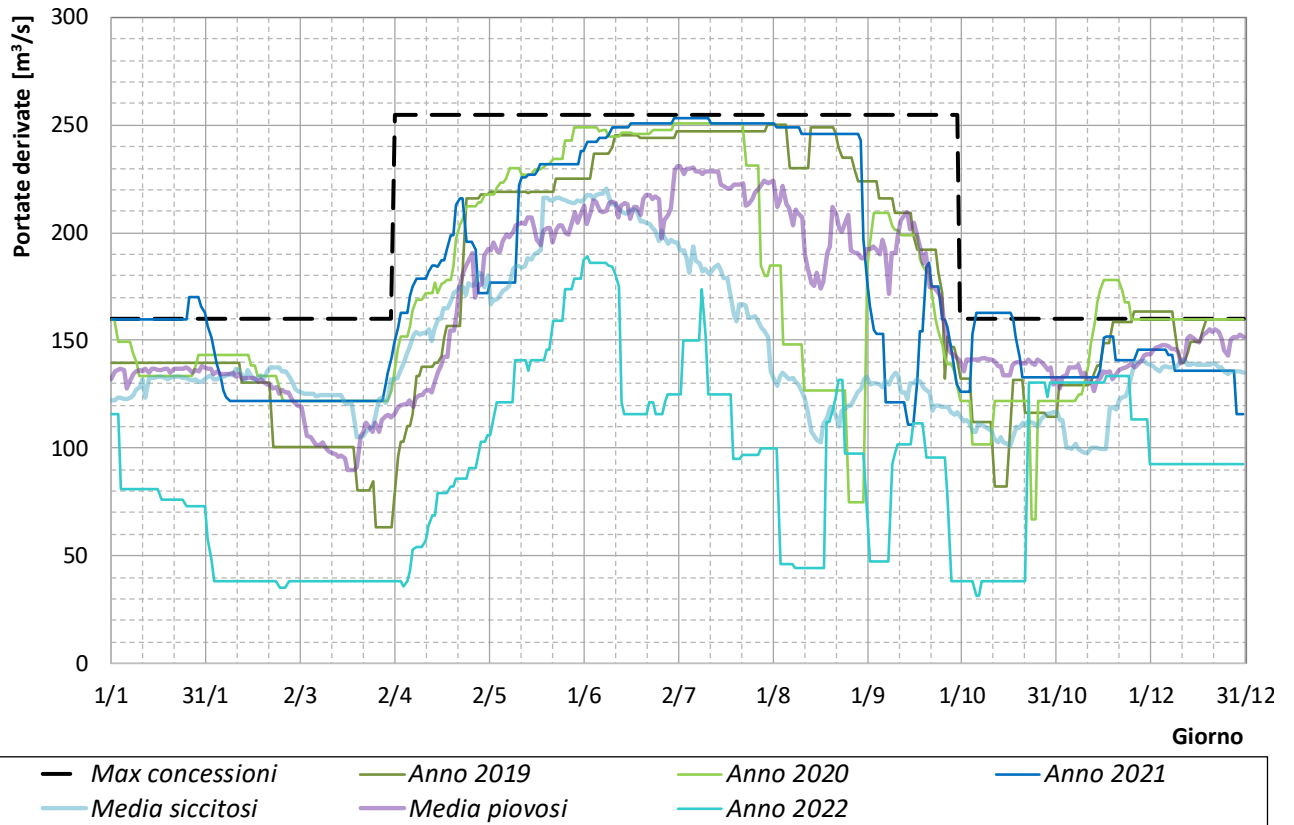


FIGURA 24: PORTATE DERIVATE – STAGIONI PIOVOSE E SICCILOSE, PERCENTILI E MEDIA DEL PERIODO DEL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

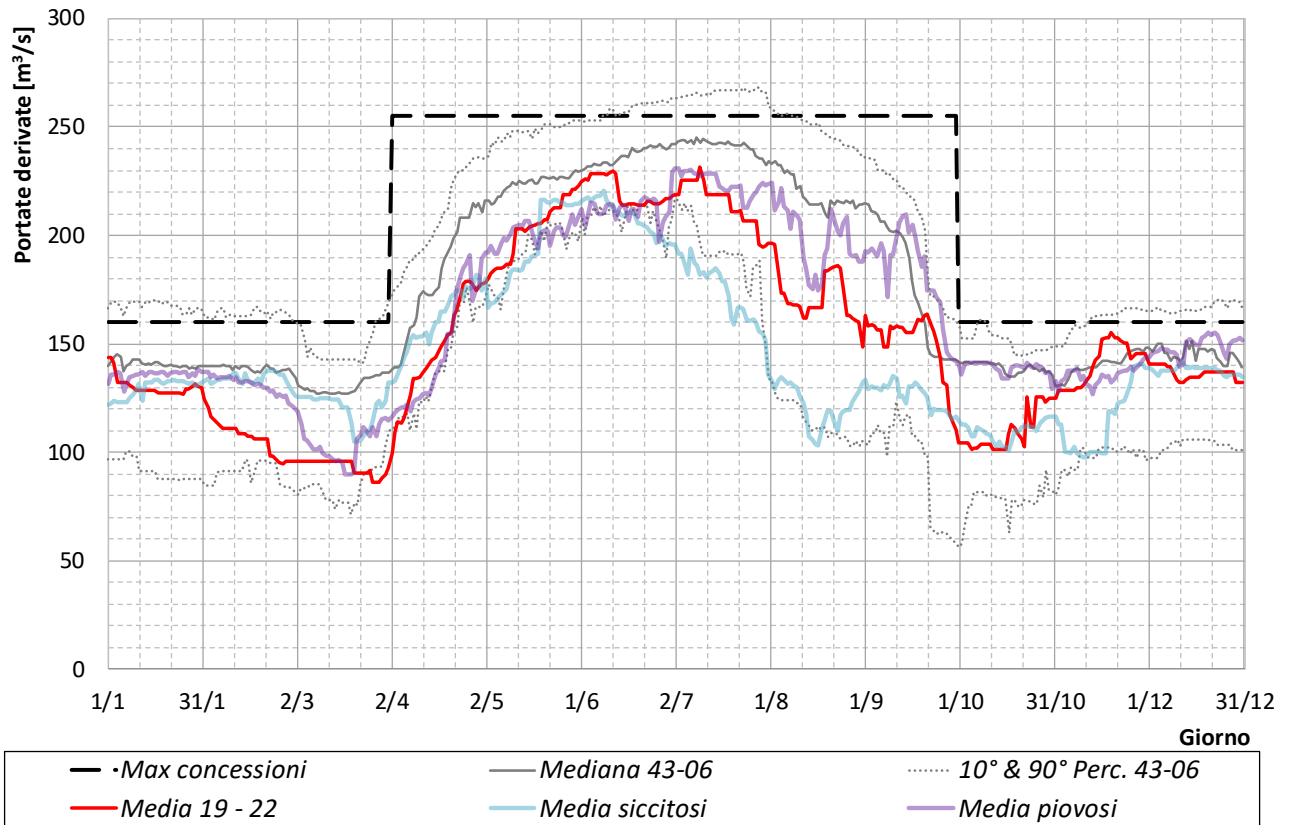


FIGURA 25: PORTATE DERIVATE – STAGIONI PIOVOSE E SICCILOSE E ANNI INTERESSATI DAL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

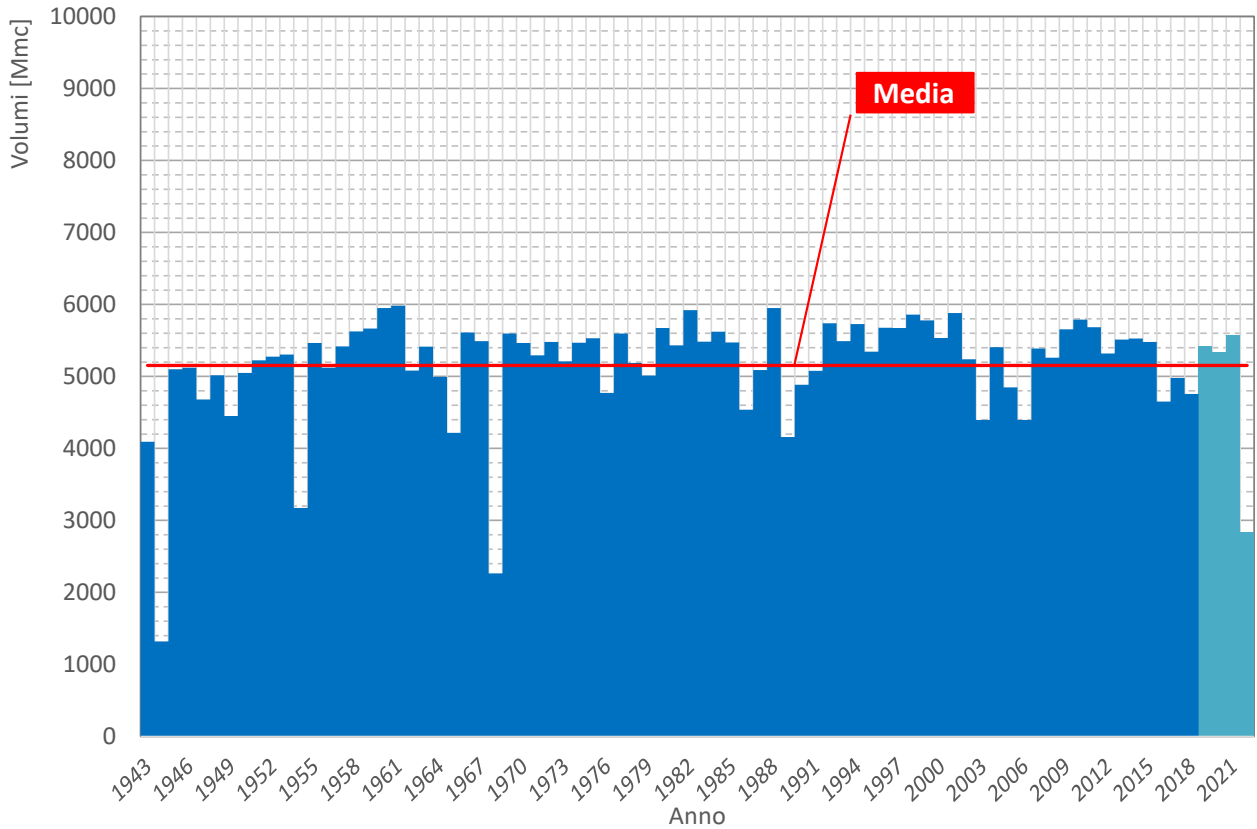


FIGURA 26: PORTATE DERIVATE – VOLUMI ANNUI DERIVATI DAL FIUME TICINO

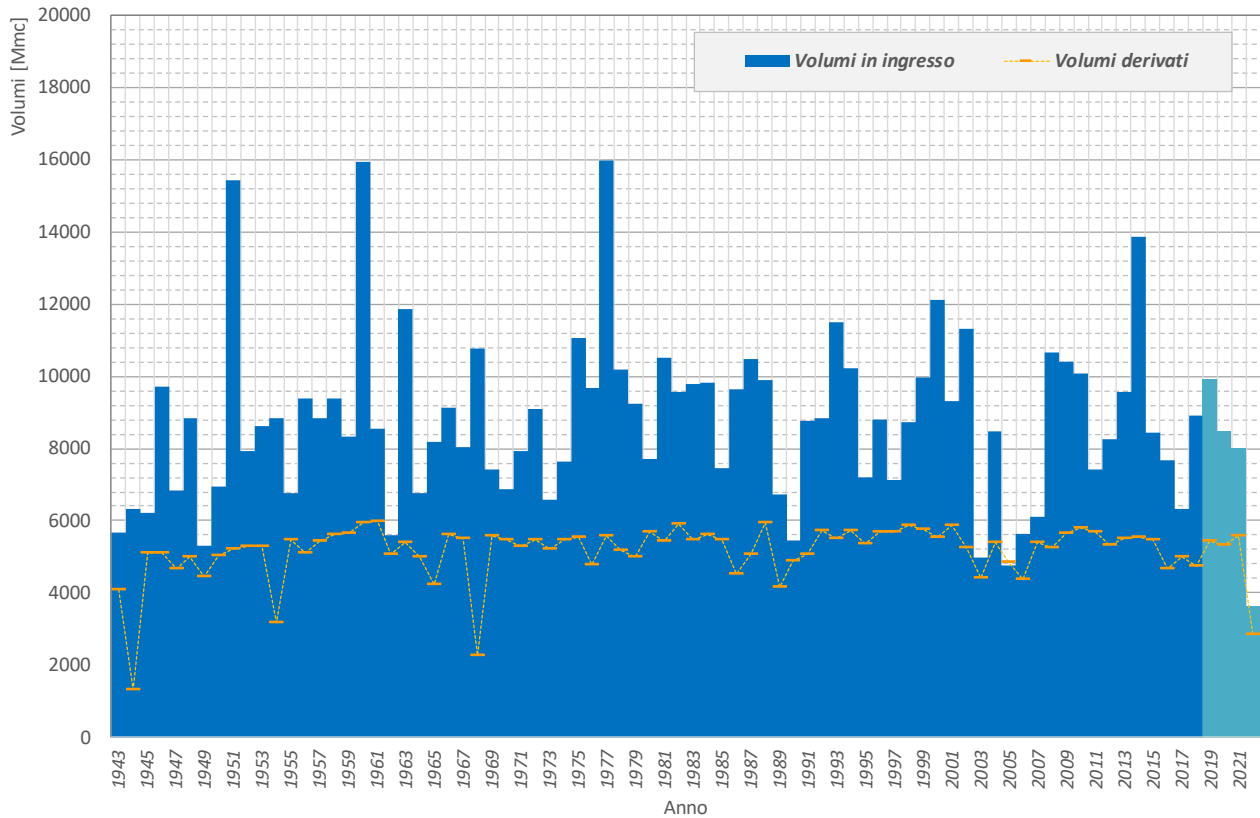


FIGURA 27: PORTATE DERIVATE – VOLUMI ANNUI IN INGRESSO AL LAGO E VOLUMI ANNUI DERIVATI DAL FIUME TICINO

4.4 LIVELLI IDROMETRICI– PERIODO 1943 - 2022

Esaminando infine i grafici relativi all’andamento del livello idrometrico del lago nel corso dei quattro anni coperti dal progetto *ParchiVerbanoTicino*

Come per le altre grandezze idrometriche prese in esame nei precedenti paragrafi, per l’anno 2022 anche il livello idrometrico presenta un andamento anomalo, effetto della siccità che ha caratterizzato l’anno appena trascorso. La curva relativa all’andamento del livello idrometrico nel 2022 presenta livelli significativamente più bassi di tutti le curve di confronto utilizzate nel presente capitolo, compresa quella rappresentativa degli anni più siccitosi.

Negli altri tre anni di interesse si osservano invece andamenti molto simili ai livelli medi del periodo 2007 – 2018, periodo in cui è stato adottato un limite di massima regolazione estiva maggiore del limite storico di +100 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende. Per la stessa ragione, nel periodo estivo, l’altezza idrometrica del lago negli anni 201, 2020 e 2021 è mediamente più alta della curva relativa all’andamento medio nel periodo 1943-2006.

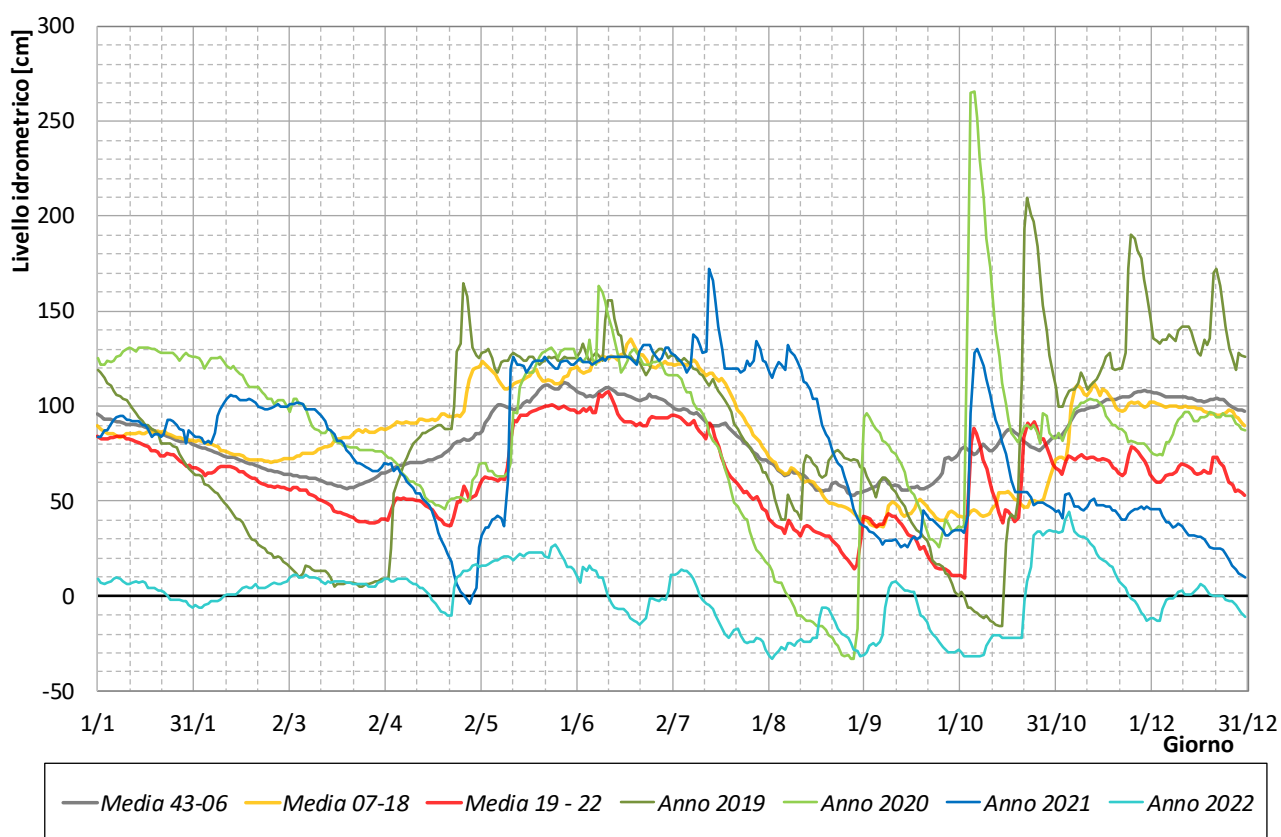


FIGURA 28: LIVELLI IDROMETRICI – PERIODI OMOGENEI E ANNI INTERESSATI DAL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

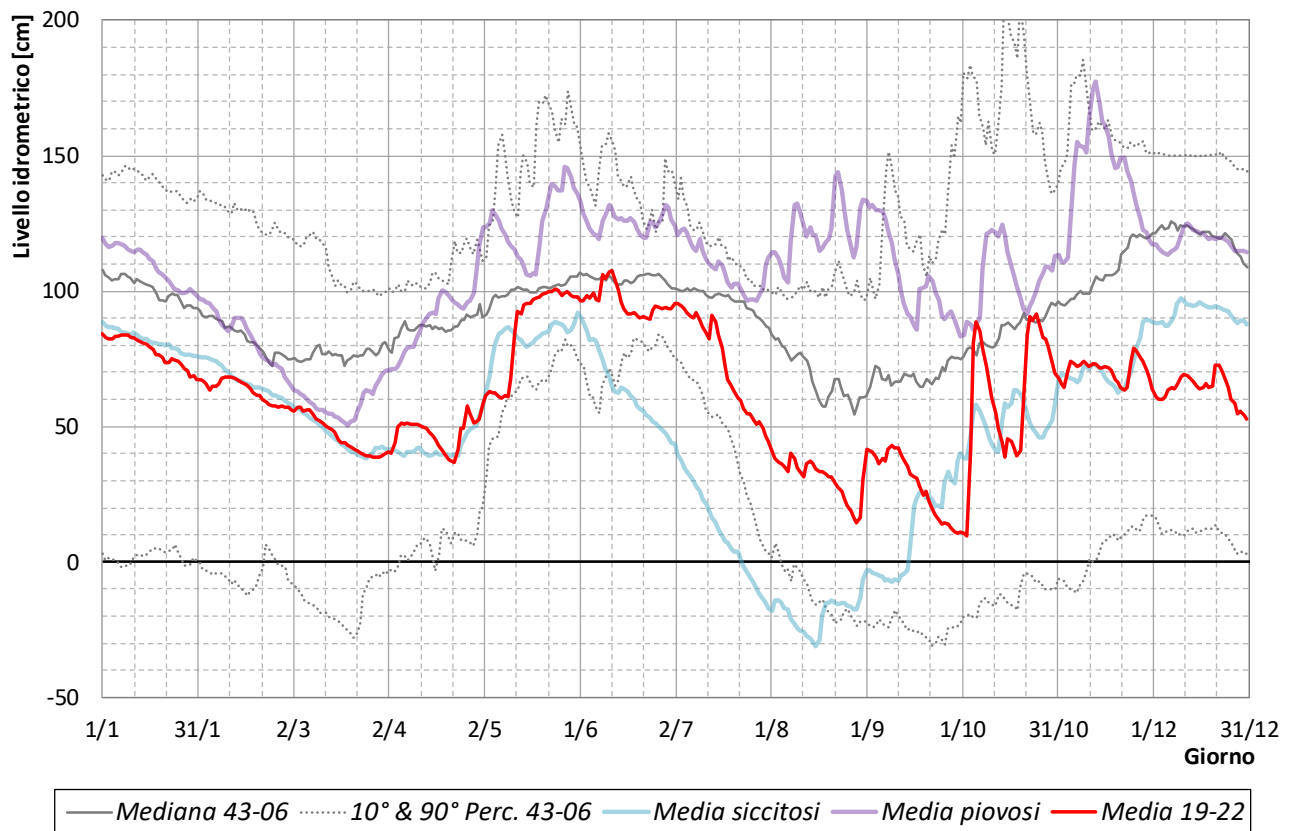


FIGURA 29: LIVELLI IDROMETRICI – STAGIONI PIOVOSE E SICCITOSE, PERCENTILI E MEDIA DEL PERIODO DEL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

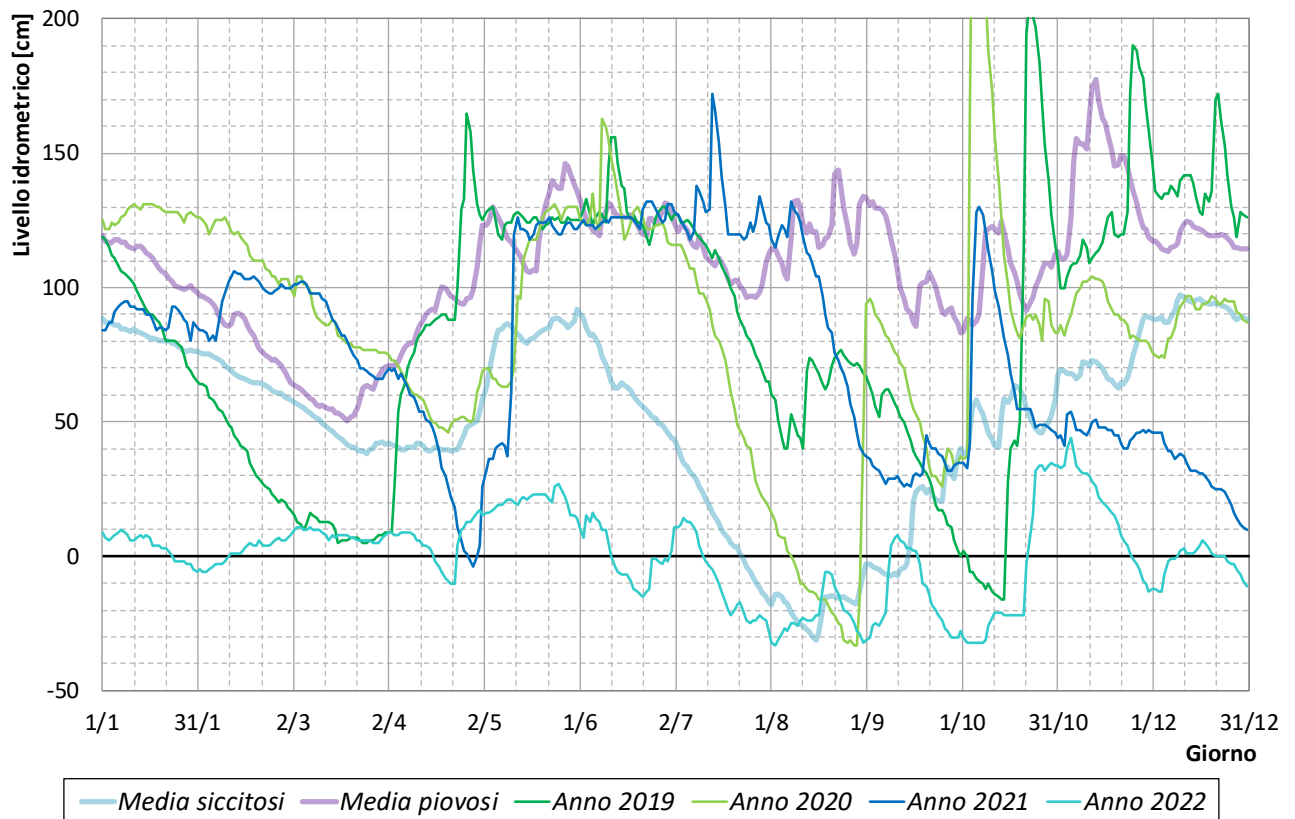


FIGURA 30: LIVELLI IDROMETRICI – STAGIONI PIOVOSE E SICCITOSE E ANNI INTERESSATI DAL PROGETTO PARCHIVERBANOTICINO

4.5 LIVELLI IDROMETRICI – PERIODO 1868 – 2022

Nel presente paragrafo si riporta un'analisi comparativa degli andamenti annuali dei livelli idrometrici del Lago Maggiore estesa però al periodo precedente alla regolazione del Lago, andando a coprire complessivamente un periodo di 155 anni, di cui 80 di regolazione del lago (1943 – 2022), e 75 di regime naturale (1868 – 1943). In particolare il confronto proposto riguarda i tre periodi di seguito elencati:

- [1] 1868 → 1942: lago non regolato, deflusso in regime libero
- [2] 1943 → 2006: lago regolato, limiti di massima regolazione storici
- [3] 2007 → 2022: lago regolato, deroga dei massimi livelli di regolazione estiva e sperimentazione di nuovi livelli di esercizio del Lago Maggiore

A queste tre serie è stata aggiunta la serie che rappresenta il periodo di quattro anni di interesse per il progetto *ParchiVerbanoTicino*.

Nel grafico di seguito riportato sono rappresentati gli andamenti medi giornalieri dei quattro periodi sopra indicati.

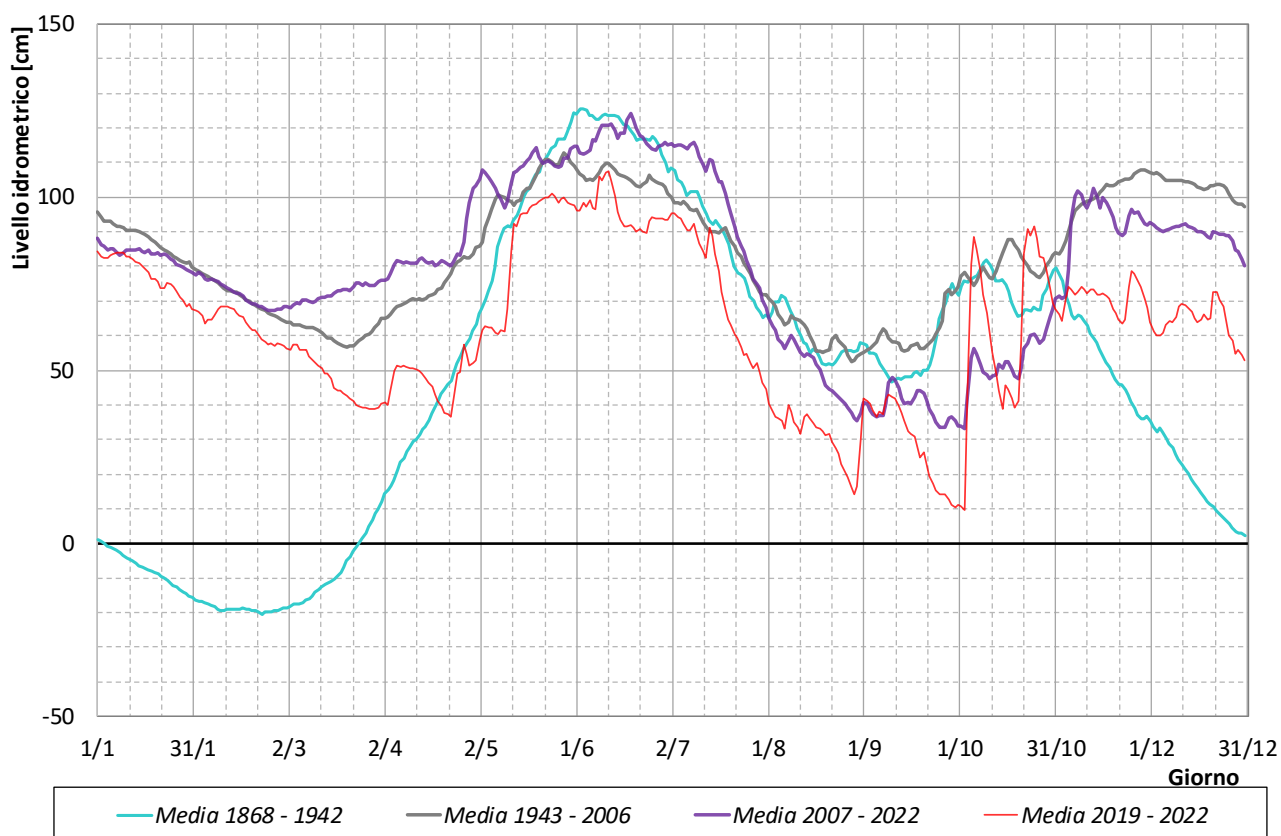


FIGURA 31: LIVELLI IDROMETRICI – CONFRONTO TRA I LIVELLI MEDI GIORNALIERI DI DIFFERENTI PERIODI STORICI DI REGOLAZIONE DEL LAGO MAGGIORE TRA IL 1868 E IL 2022

In Tabella 2 e nei due grafici riportati nella pagina seguente sono stati messi a confronto i valori medi mensili e valori mediani relativi a 3 periodi precedentemente descritti. Nei grafici, oltre ai valori mensili, sono rappresentati i valori relativi all'intero anno (medie e mediane) e al periodo compreso tra l'inizio di aprile e la fine giugno.

Confrontando i valori riportati in Tabella 2 e nei grafici si osserva come la regolazione del lago abbia modificato in modo sostanziale l'andamento dei livelli del lago nel periodo invernale, tra novembre e aprile, dove si riscontra un aumento dei valori medi che nei mesi centrali dell'inverno supera i 75 cm. Osservando i valori mediani, tali differenze diventano dell'ordine di 100 cm.

Nel periodo estivo le differenze tra il periodo precedente la regolazione del lago e quello in cui il lago è stato regolato sono dell'ordine di pochi cm se si osservano i valori medi, mentre diventano più consistenti confrontando le mediane. Solo per il mese di giugno. La regolazione ha indotto una riduzione dei valori medi e mediani.

Dal confronto tra il periodo di regolazione seguendo i limiti storici di massima regolazione (1943 – 2006) e quello in cui è stato aumentato il limite di massima regolazione estiva (2007 – 2022), si assiste ad un aumento dei valori medi che, tra aprile e luglio è dello stesso ordine di grandezza della differenza tra i diversi limiti di massima regolazione, mentre si inverte nei mesi di agosto e settembre.

Osservando infine i valori relativi al periodo tardo primaverile, compreso tra aprile e giugno, si osserva una differenza positiva di circa 10 cm tra prima e dopo l'inizio della regolazione ed una differenza dello stesso ordine di grandezza dovuta all'incremento del massimo livello di regolazione estiva.

PERIODO	1868-1942		1943-2006		2007-2022	
	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA	MEDIA	MEDIANA
<i>gennaio</i>	192.94	192.92	193.89	194.03	193.84	194.05
<i>febbraio</i>	192.82	192.80	193.73	193.85	193.73	193.84
<i>marzo</i>	192.93	192.87	193.62	193.78	193.73	193.79
<i>aprile</i>	193.37	193.31	193.74	193.87	193.84	193.94
<i>maggio</i>	193.98	193.93	194.03	194.01	194.08	194.21
<i>giugno</i>	194.21	194.20	194.07	194.05	194.18	194.26
<i>luglio</i>	193.91	193.83	193.90	193.98	194.02	194.10
<i>agosto</i>	193.60	193.51	193.62	193.71	193.52	193.58
<i>settembre</i>	193.56	193.41	193.61	193.66	193.41	193.37
<i>ottobre</i>	193.75	193.49	193.81	193.85	193.53	193.65
<i>novembre</i>	193.56	193.40	194.01	194.06	193.93	193.96
<i>dicembre</i>	193.13	193.09	194.03	194.24	193.90	194.22
Anno completo	193.49	193.36	193.84	193.93	193.81	193.93
Periodo aprile - giugno	193.86	193.85	193.95	193.99	194.03	194.16

TABELLA 2: LIVELLI IDROMETRICI – VALORI MEDI MENSILI E VALORI MEDIANI DI DIFFERENTI PERIODI STORICI DI REGOLAZIONE DEL LAGO MAGGIORE TRA IL 1868 E IL 2022

Mesi e periodi aggregati - VALORI MEDI



FIGURA 32: LIVELLI IDROMETRICI – CONFRONTO TRA I LIVELLI MEDI MENSILI DI DIFFERENTI PERIODI STORICI DI REGOLAZIONE DEL LAGO MAGGIORE TRA IL 1868 E IL 2022

Mesi e periodi aggregati - MEDIANE



FIGURA 33: LIVELLI IDROMETRICI – CONFRONTO TRA I LIVELLI MEDI MEDIANI DI DIFFERENTI PERIODI STORICI DI REGOLAZIONE DEL LAGO MAGGIORE TRA IL 1868 E IL 2022

5 CONCLUSIONI

Il presente documento costituisce il rapporto finale dell'attività WP3_01 del Progetto Interreg *ParchiVerbanoTicino* (ID 481668). Si tratta di un Progetto Interreg promosso da un partenariato composto da due capifila, uno italiano, l'Ente gestore delle aree protette del Ticino e del Lago Maggiore, uno svizzero, la Fondazione Bolle di Magadino e dai seguenti partner: Parco lombardo della Valle del Ticino, Università degli Studi dell'Insubria, Consorzio del Ticino, CNR e Riserva Naturale Pian di Spagna e Lago di Mezzola.

Il progetto *ParchiVerbanoTicino* è articolato in 8 Work package (WP), tra cui la Work Package 3, che ricomprende l'Attività WP3_1, trattata nel presente rapporto tecnico.

Oltre al presente rapporto finale, redatto dal sottoscritto al termine del quadriennio di studio del progetto *ParchiVerbanoTicino*, al termine di ciascuno dei quattro anni di progetto sono stati redatti e condivisi dei rapporti tecnici specifici che contengono una descrizione di dettaglio relativa all'andamento delle grandezze idrometriche negli anni solari 2019, 2020, 2021 e 2022. Si rimanda pertanto ai suddetti documenti per un'esposizione più specifica di quello che è successo in ciascuno dei quattro anni di progetto.

Dall'analisi dei dati idrometrici riportata nei vari rapporti tecnici risulta che, nei quattro anni considerati nel progetto, il Lago Maggiore è stato interessato da due soli eventi di piena, con il superamento del livello di +200 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende:

- il primo nella seconda metà dell'ottobre del 2019, quando il lago ha raggiunto il livello massimo di +213 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende (nella notte del 23 ottobre) e si è mantenuto al di sopra del livello soglia di +200 cm per 3 giorni;
- il secondo all'inizio dell'ottobre del 2020, quando il lago ha raggiunto il livello massimo di +267 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende (nella notte del 5 ottobre) e si è mantenuto al di sopra del livello soglia di +200 cm per 6 giorni.

Al di là degli eventi di piena, nel 2019 e nel 2020 si è assistito ad un regime idrologico in linea con quelli degli anni passati, con abbondanti apporti d'acqua in primavera e in autunno e regime di magra nei mesi invernali ed estivi.

Nel 2021 non si sono verificati eventi di piena, ma si è assistito ad un'estate particolarmente piovosa, che dopo tanti anni di siccità più o meno marcata ha consentito al Consorzio del Ticino di soddisfare a pieno le domande degli utenti irrigui per tutta la stagione estiva.

Nel 2022, infine, si è assistito a quello che probabilmente è stato l'anno più siccitoso per il bacino del Lago Maggiore a partire dal 1943, quando è iniziata la regolazione del lago. Fino al 30 settembre, termine della stagione estiva, il livello del lago non ha mai superato il valore di + 50 cm sullo zero idrometrico di Sesto Calende; gli afflussi a lago sono stati inferiori al 50% dell'afflusso medio storico e le portate derivate dagli utenti del Consorzio del Ticino sono state sempre inferiori alle loro competenze.

Tradate, 22 Gennaio 2023

Ing. Beniamino Barenghi