

GUIDA ALLA LETTURA DEL BOLLETTINO IDROLOGICO MENSILE PER LA REGIONE PIEMONTE

PREMESSA

Arpa Piemonte ha predisposto un aggiornamento del suo servizio di informazione sulle risorse idriche.

L'obiettivo

L'obiettivo è quello di mantenere aggiornata la conoscenza della disponibilità idrica totale e di evidenziare il possibile instaurarsi di condizioni di siccità e di scarsa disponibilità idrica, fornendo il maggior numero di indicazioni utili per le autorità incaricate della gestione delle risorse idriche. A tal fine vengono fornite alcune indicazioni utili nell'immediato futuro, grazie all'utilizzo di previsioni a scenario per la stima delle precipitazioni attese.

Tale servizio prevede la pubblicazione di un **Bollettino Idrologico** a cadenza mensile, che riassume in modo sintetico elaborazioni statistiche e modellistiche, basate sui dati della rete di monitoraggio meteo-idrografica regionale, sulla rete piezometrica e sui dati forniti dai gestori dei principali invasi artificiali.

I contenuti

Il documento, che riguarda tutto il territorio regionale:

- riporta i risultati delle analisi svolte alla scala dei principali bacini idrografici, relativamente alle precipitazioni, alle temperature, alla copertura nevosa e ai principali indicatori di siccità da esse derivati quali SPI, SPEI, SSPI;
- riassume lo stato delle riserve idriche a scala regionale comprensivo di SWE (snow water equivalent), invasi e lago Maggiore;
- riporta i dati relativi alle portate fluviali e ai deflussi dei più importanti corsi d'acqua e l'indice SRI (standard runoff index) utile alla definizione del deficit di portata mensile;
- riporta i risultati delle analisi svolte su alcuni piezometri rappresentativi dei principali corpi idrici sotterranei relativamente alla soggiacenza della falda superficiale.

Per la realizzazione del bollettino vengono utilizzati i dati forniti dalle oltre 400 stazioni della rete meteo-idrografica regionale che forniscono, in tempo reale, i dati di precipitazione, temperatura, umidità, radiazione solare, livelli idrometrici e altezza del manto nevoso.

SEZIONE 1 – INDICE SINTETICO, PRECIPITAZIONE E SPI

Prima pagina parte superiore:

Contiene l'**indice sintetico** della siccità su 5 macroaree in cui è stato suddiviso il bacino del Po, chiuso alla confluenza con il Ticino; l'indice rappresenta la combinazione di più indicatori che considerano differenti aspetti del ciclo idrologico: precipitazioni, evapotraspirazione, portate fluviali e l'accumulo di riserva idrica contenuta nel manto nevoso.

L'indice sintetico di siccità è calcolato sui macrobacini e rappresenta una combinazione pesata degli indici Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index (**SPEI**) sulle scale di 1,3,6, 12 mesi, lo Standard Runoff Index (**SRI**) a scala mensile e lo Standardized Snowpack Index (**SSPI**) sempre sulla scala temporale mensile. L'indice sintetico è standardizzato a media 0 e deviazione standard 1. A questo viene aggiunta una valutazione delle risorse idriche sotterranee immagazzinate, per arrivare alla definizione della classe di siccità per ciascun macrobacino.

I valori di SSPI nei mesi di luglio, agosto, settembre ed ottobre, non vengono inseriti nel computo dell'indice.

Prima pagina parte centrale:

Viene riportato un **commento sintetico** riassuntivo che descrive la situazione corrente e la inquadra dal punto di vista climatico, realizzato per agevolare l'interpretazione di tutti i dati e i contenuti più specialistici forniti nelle 10 pagine del rinnovato bollettino.

Prima pagina parte inferiore:

Viene riportata la **mappa di precipitazione mensile** ottenuta dall'interpolazione spaziale dei dati pluviometrici puntuali, misurati dalla rete meteorologica automatica. In tabella si leggono i valori mediati sui principali bacini idrografici e sui macrobacini in cui è suddiviso l'intero bacino del Po, chiuso alla confluenza con il Ticino; sono altresì riportate le statistiche mensili e quelle relative all'anno idrologico.

Seconda pagina parte superiore

Sono mostrati due grafici relativi alle precipitazioni giornaliere dell'anno e le precipitazioni mensili degli ultimi 12 mesi; nei grafici sono disponibili i riferimenti storici per un confronto qualitativo dei dati misurati.

Seconda pagina parte centrale

Viene riportato l'indice di siccità meteorologica **SPI (Standardized Precipitation Index)** sul bacino idrografico su diverse scale temporali: 3, 6 e 12 mesi.

L'indice SPI esprime l'anomalia di precipitazione dalla media, normalizzata rispetto alla deviazione standard. Valori positivi dell'indice si riferiscono ad una situazione di

piovosità con entità maggiore della media climatologica di riferimento, mentre valori negativi si riferiscono ai casi più siccitosi. In questo modo è possibile definire una severità oggettiva del fenomeno e confrontare bacini con caratteristiche microclimatiche differenti.

Seconda pagina parte inferiore

Indice SPI:
scenari
possibili

Viene visualizzata la **previsione dell'indice di siccità SPI a 3 mesi** per il mese successivo. Tale previsione è ottenuta costruendo, sia statisticamente sia attraverso una previsione deterministica, differenti scenari di evoluzione.

I primi tre scenari (statistici) sono ottenuti considerando le condizioni in cui si verrebbero a trovare i bacini se nel mese successivo la precipitazione attesa fosse rispettivamente eguale in tutti i bacini al 5° percentile (scenario poco piovoso), al 50° percentile (scenario normale) e al 90° percentile della norma climatica riferita al periodo 1961-1990.

Il quarto scenario (deterministico) corrisponde alle condizioni attese più probabili: quelle ottenute attraverso un opportuno adattamento alla scala regionale della precipitazione media mensile stimata a partire dalla previsione fornita dal modello meteorologico numerico ECMWF Monthly Forecast.

Il valore aggiunto nell'utilizzo di prodotti di modellistica numerica per la previsione a lungo termine è sostanzialmente quello di tenere conto delle situazioni sinottiche medie che sono effettivamente attese nelle 4 settimane successive all'emissione del bollettino. In questo modo **il calcolo dell'SPI fornisce lo scenario più probabile atteso con una incertezza legata principalmente all'affidabilità della previsione numerica**, compiendo quindi un passo avanti rispetto a mere considerazioni di natura statistica.

LA METODOLOGIA elaborata da ARPA Piemonte per determinare lo scenario più probabile di siccità meteorologica del mese successivo a quello corrente attraverso l'utilizzo dell'indice SPI a 3 mesi, **si articola nelle seguenti fasi:**

- **costruzione delle serie storica di precipitazioni cumulate mensili a livello di un singolo bacino idrografico.**
Tali serie derivano sia da dati stimati dal modello numerico previsionale fornito da ECMWF, sia dal ragguaglio delle piogge registrate dalle stazioni meteorologiche presenti sul territorio, in un periodo comune più lungo possibile (48 mesi, dal dicembre 2005 al novembre 2009);
- **Valutazione dei parametri di forma e scala delle distribuzioni statistiche** che rappresentano le intensità delle due serie storiche di piogge su ciascun bacino (pioggia reale e derivata da modello) nel periodo di calibrazione;
- **Estrazione dal modello numerico Monthly Forecast** della precipitazione prevista nel mese successivo a quello corrente;
- **Stima della precipitazione reale** derivante dal ragguaglio tra le stazioni della rete in telemisura equiprobabile a quella prevista da modello;
- **Calcolo dell'indice SPI a tre mesi per il mese successivo** per ogni singolo bacino utilizzando la precipitazione stimata.

Il risultato finale è lo scenario atteso (più probabile) della siccità meteorologica nel mese successivo a quello in esame, svincolato da considerazioni puramente di natura statistica.

GLOSSARIO delle grandezze riportate nella sezione 1 del bollettino

Totale	Precipitazione media mensile sul bacino, espressa in mm. Viene calcolata attraverso procedure di interpolazione spaziale dei dati puntuali delle stazioni pluviometriche della rete regionale.
Scarto	Differenza tra il totale misurato ed il riferimento storico (1991-2020), rapportata alla superficie del bacino. È espresso in milioni di metri cubi. Lo scarto in percentuale è dato dallo scarto diviso il volume storico.
Anno Idrologico	Precipitazione media totale, espressa in mm, a partire dal mese di ottobre.
Scarto anno Idrologico	Differenza, espressa in percentuale, tra l'anno idrologico in corso e quello medio storico (1991-2020) diviso il valore medio storico.

SEZIONE 2 – TEMPERATURA E NEVE

Terza pagina parte superiore e centrale:

Viene riportata una tabella contenente le informazioni circa la **temperatura** media sui macrobacini e alcuni valori di riferimento storici. Inoltre, sono mostrate una mappa delle anomalie di temperature medie sull'intero bacino e due grafici contenenti le serie numeriche dei valori medi giornalieri e mensili con il confronto storico.

I dati interpolati di temperatura derivano dalla applicazione della metodologia di "Optimal Interpolation".

TECNICA DI ANALISI UTILIZZATA: "Optimal Interpolation"

Questa tecnica, che utilizza un metodo statistico per interpolare i dati delle stazioni meteorologiche, dislocate arbitrariamente in una griglia regolare predefinita tridimensionale, **permette di raccordare fra loro le differenti serie storiche a disposizione**.

L'omogeneità temporale del segnale è stata ottenuta attraverso una opportuna definizione variabile dei coefficienti tridimensionali di interpolazione. Tali coefficienti vanno a compensare la densità variabile di stazioni presenti sul territorio nell'arco dei 50 anni in esame. Mascherando o amplificando opportunamente il contributo totale delle stazioni presenti sul territorio, in base ad un parametro oggettivo fissato e costante nell'arco di tempo su cui si è effettuata l'integrazione dei dati di temperatura o precipitazione, si ottiene una stima migliore del valore di temperatura o di precipitazione in quelle porzioni di territorio in cui non sono presenti sensori di rilevazione. In questa maniera si evita anche di sommare arbitrariamente un falso segnale, laddove la densità di stazioni aumenta esponenzialmente nel tempo.

Terza pagina parte inferiore:

Indice SPEI

Vengono riportate le mappe relative all'indice **SPEI** (Standard Precipitation Evatranspiration Index) calcolato per il mese di analisi, su diverse scale temporali: 1,3,6,12 mesi. L'indice SPEI nasce come estensione del più diffuso indice SPI: oltre alle precipitazioni, si considera anche l'evapotraspirazione potenziale di riferimento (ET0) come secondo elemento del bilancio idroclimatico; nell'applicazione di Arpa Piemonte il contributo ET0 viene calcolato con la formula di Hargreaves. Valori positivi dell'indice si riferiscono ad una situazione di surplus idrico mentre valori negativi si riferiscono ai casi di deficit idrico.

Quarta pagina parte superiore:

In tabella vengono pubblicati i valori di **SWE (snow water equivalent)** sui bacini montani con evidenziato lo scarto percentuale, rispetto al riferimento storico.

Indice SSPI

A destra viene mostrata la mappa dell'indice **SSPI** (Standardized Snow Pack Index) analogo all'SPI, calcolato a partire dai dati di SWE. Valori positivi dell'indice si riferiscono ad una situazione in cui il contenuto idrico presente nel manto nevoso supera i valori storici mentre valori negativi si riferiscono ai casi più siccitosi.

MODELLO IDROLOGICO UTILIZZATO PER LA STIMA DELL'SWE:

*Arpa Piemonte ha contribuito all'implementazione di un **modello idrologico fisico spazialmente distribuito**, sviluppato dal Politecnico di Milano, chiamato **FEST**. La dinamica della componente nivale viene simulata al fine di poter **stimare i volumi idrici effettivamente immagazzinati sottoforma di neve**. Viene considerato l'accumulo della neve al suolo, la fase di fusione e la propagazione dell'acqua generata all'interno del manto nevoso.*

La quantificazione della risorsa idrica immagazzinata nel manto nevoso è di fondamentale importanza per la corretta definizione dei processi di formazione delle portate idriche nei corsi d'acqua di origine alpina.

Quarta pagina parte inferiore:

Sono riportati i grafici di **altezza del manto nevoso** e cumulata di **neve fresca** per tre stazioni nivometriche automatiche, rappresentative dei settori alpini settentrionali, occidentali e meridionali della regione. In ogni grafico sono visibili dei riferimenti storici per un confronto qualitativo delle misure.

GLOSSARIO delle grandezze riportate nella sezione 2 del bollettino

Hs	Altezza del manto nevoso espresso in cm in alcune località rappresentative dell'arco alpino piemontese
Hn	Altezza di neve fresca giornaliera misurata in alcune località rappresentative dell'arco alpino piemontese
SWE	Stima, espressa in milioni di metri cubi, del volume di acqua immagazzinata nel bacino sottoforma di neve.
Scarto SWE	È calcolato a partire da dati storici di SWE sui bacini montani, per il periodo 1999-2022.

SEZIONE 3 – INVASI E DEFLUSSI

Quinta pagina parte superiore:

La conoscenza dei **volumi idrici disponibili** negli invasi e della riserva nevosa presente in quota, costituisce un elemento di grande rilevanza ai fini dell’attivazione di eventuali misure di prevenzione, laddove si manifestino andamenti climatici anomali tali da fare presumere la possibilità dell’insorgere di gravi *crisi idriche estive*.

Per ognuno dei macrobacini in cui è suddiviso il territorio regionale, vengono riportati in tabella i valori, in milioni di metri cubi, di invasi artificiali, invasi naturali (Lago Maggiore) ed SWE, con lo scarto calcolato sul periodo 2007-2022.

IL LAGO MAGGIORE ha un’estensione pari a circa **210 km²**, è regolato dal Consorzio del Ticino tramite la traversa della Miorina posta pochi km a sud di Sesto Calende (VA). Manovrando opportunamente le portine costituenti lo sbarramento, entro dei limiti ben definiti dalla Concessione al Consorzio, è possibile regolare le portate defluenti dal lago Maggiore, erogando quanto necessario e trattenendo nel lago stesso - che funziona così da serbatoio - le acque sovrabbondanti.
Le acque immagazzinate nel lago costituiscono così una riserva che viene poi utilizzata per integrare le portate naturali, nei periodi in cui esse sono insufficienti a soddisfare le richieste delle utenze. In generale, la possibilità di invaso risulta pari a 315 milioni di m³, che salgono a 420 milioni nel periodo invernale.

Quinta pagina parte centrale e inferiore:

A completamento dei dati numerici, sono mostrati i grafici relativi alle risorse idriche disponibili sul bacino complessivo e nei quattro macrobacini piemontesi, riportanti anche il confronto storico per ogni singola componente.

GLOSSARIO delle grandezze riportate nella sezione 3 - INVASI

Volume invasato	Stima del volume complessivamente invasato nell’ultimo giorno del mese considerato, nei bacini artificiali di capacità massima di invaso superiore a 1 milione di metri cubi ubicati sul territorio di Piemonte e Valle d’Aosta
Lago Maggiore	Volume immagazzinato nel Lago Maggiore e disponibile come risorsa idrica
Scarto [%]	Differenza tra il “ <i>volume complessivo (SWE + Invasi + Lago)</i> ” e il “ <i>volume complessivo medio</i> ” rapportato al volume complessivo medio, alla fine del mese considerato. Valori positivi dello “scarto” indicano che si è in presenza di un surplus, cioè alla fine del mese di riferimento è disponibile un volume superiore a quello che mediamente è disponibile durante il periodo storico assunto a riferimento. Valori negativi dello “scarto” indicano che si è in presenza di un deficit, cioè al termine del mese considerato è disponibile un volume inferiore a quello disponibile alla medesima data durante il periodo di riferimento. Lo scarto è espresso in termini percentuali.

Riserve idriche disponibili negli invasi piemontesi

*Gli **invasi alpini** di capacità massima superiore a 1 milione di metri cubi, **gravitanti sul territorio piemontese**, consentono di accumulare circa **626 milioni di m³ massimi**. Le riserve idriche sono così suddivise:*

- *442 milioni di m³ circa, mediante 44 invasi, tutti destinati alla produzione di energia (fanno eccezione gli invasi della Baraggia Vercellese utilizzati per usi potabili e agricoli). La distribuzione territoriale di questi volumi invasati è molto disomogenea: 180 milioni circa di m³, pari al 43 % del totale, sono ubicati nell'Ossola; 104 milioni circa di m³ nel Torinese (a cui aggiungere 60 milioni di m³ dell'invaso del Moncenisio di spettanza dell'Italia); 57 milioni di m³ circa nel Cuneese; 21 milioni circa di m³ nel Vercellese- Biellese e infine 20 milioni di m³ circa nell'Alessandrino.*
- *176 milioni di m³, tramite gli invasi ubicati in Valle D'Aosta, ma gravitanti sul bacino del Po Piemontese, destinati prevalentemente alla produzione di energia.*
- *12,5 milioni di m³ circa, tramite gli invasi ubicati in Liguria, destinati prevalentemente all'utilizzo idropotabile della città di Genova.*

I volumi effettivamente utilizzabili sono inferiori al valore massimo invasato sia per vincoli ambientali che funzionali, questi ultimi legati principalmente al grado di interrimento dell'invaso.

L'eventuale impiego di parte di tali riserve per fronteggiare situazioni di emergenza idrica ai sensi dell'art. 168 del D.Lgs. 152/2006 richiede in ogni caso una previa valutazione della capacità e localizzazione di detti invasi rispetto agli areali critici a valle nonché alla morfologia dei corsi d'acqua che dovrebbero fungere da vettori. È evidente che in presenza di tratti di corsi d'acqua fortemente disperdenti l'eventuale utilizzo di tali riserve non è ipotizzabile in assenza di adeguate infrastrutture di trasporto della risorsa verso gli areali critici.

Sesta pagina

Si riportano informazioni relative alle **portate** ed ai **deflussi** in alcune sezioni significative dell'intera **rete regionale** per il mese considerato e una specifica analisi sulla stazione di Isola S. Antonio (PV), sezione di chiusura del bacino del Po nella sua parte piemontese.

I valori di portata, i riferimenti storici e il calcolo dello scarto, derivano da procedure di acquisizione e calcolo sulla base dei dati della rete idrometrica automatica gestita da Arpa Piemonte.

La rete
di
monitoraggio

La rete, realizzata a partire dal 1990 e completata nel corso del 2001, copre l'intero territorio regionale con 110 stazioni strumentate per la registrazione in continuo delle grandezze idrometriche collocate sui principali corsi d'acqua. La tipologia e localizzazione delle stazioni di misura è funzionale alle esigenze di protezione civile, alla conoscenza dell'idrologia e della qualità delle acque delle principali componenti del reticolo idrografico superficiale naturale.

**Le finalità
della rete**

La rete automatica di **monitoraggio idrometrico** è finalizzata:

- all'aggiornamento sistematico delle conoscenze sulle disponibilità idriche nell'ambito del territorio regionale;
- alla raccolta di dati necessari alla redazione del bilancio idrico;
- alle valutazioni previsionali a breve e medio termine per la prevenzione di situazioni di rischio dovute a stati idrologici estremi di magra e di piena;
- alla gestione dinamica dei prelievi idrici in condizioni di scarsità di risorsa;
- alla verifica del grado d'efficacia e congruità delle linee di pianificazione (Piano di Tutela delle acque in attuazione del D.Lgs. 152/06)

Le informazioni registrate dalla rete di monitoraggio consentono di valutare lo stato quantitativo dei sottobacini sottesi dalle stazioni idrometriche attraverso la descrizione del volume defluito a diverse scale temporali (giorno, decade, mese, ecc).

GLOSSARIO delle grandezze riportate nella sezione 3 – DEFLUSSI

Q (portata) media mensile	Media delle portate medie giornaliere transitate nella sezione considerata durante il mese di riferimento.
Q (portata) media mensile storica	Media delle portate medie mensili transitate nella sezione considerata nel mese di riferimento, durante gli anni utilizzati come periodo storico di riferimento. Tale periodo è variabile da sezione a sezione in base all'anno di avvio dell'esercizio della stazione idrometrica.
Scarto	Differenza fra il “deflusso mensile” e il “deflusso mensile storico”. I valori positivi dello “scarto” indicano di quanto il volume defluito nel mese superi quello mediamente defluito nel medesimo intervallo di tempo durante il periodo assunto come riferimento. I valori negativi dello “scarto” indicano il deficit di deflusso mensile rispetto al valore medio del periodo di riferimento.
Scarto [%]	“Scarto” in termini percentuali: i valori positivi indicano un'eccedenza rispetto alla media di lungo periodo, quelli negativi un deficit.

Settima e ottava pagina:

Sulla colonna di sinistra si vedono i grafici degli andamenti delle **portate** medie giornaliere sui 12 mesi precedenti e il confronto con i decili 1° e 9° della distribuzione dei valori storici, per alcune sezioni rappresentative dei principali corsi d'acqua della regione.

Sulla colonna di destra si riportano i grafici relativi all'indice **SRI** (Standard Runoff Index) che si basa sulle portate medie mensili in alcune sezioni significative.

Utilizzando le serie storiche di ogni singola stazione idrometrica, l'indice SRI evidenzia quanto le condizioni osservate si discostano dalla norma ($SRI = 0$) e quindi ne definisce una situazione negativa (estremamente secca, molto secca, moderatamente secca) o positiva (estremamente umida, molto umida o moderatamente umida), legata alla loro frequenza di accadimento.

Nei grafici viene riportato il valore mensile dell'indice SRI degli ultimi 12 mesi confrontato con delle soglie standard.

Legenda SRI		
-----	Estremamente umido	$SRI > 1.65$
-----	Molto umido	$1.65 \geq SRI \geq 1.28$
-----	Moderatamente umido	$1.28 \geq SRI \geq 0.84$
-----	Normale	$0.84 \geq SRI \geq -0.84$
-----	Moderatamente secco	$-0.84 \geq SRI \geq -1.28$
-----	Molto secco	$-1.28 \geq SRI \geq -1.65$
-----	Estremamente secco	$-1.65 \geq SRI$

SEZIONE 4 – SOGGIACENZA ACQUE SOTTERRANEE

Si riportano informazioni riguardanti la soggiacenza media registrata nel mese dai piezometri della rete di monitoraggio delle acque sotterranee dotati di dispositivi per la teletrasmissione.

Nona pagina parte superiore:

I valori di soggiacenza medi del mese dei piezometri rappresentati nella mappa vengono confrontati con i valori medio, massimo e minimo storici delle relative serie di riferimento. Inoltre, il valore medio del mese in corso è confrontato con quello del mese precedente per dare un'indicazione della tendenza del livello della falda a scendere o risalire.

Tendenza ultimo mese	
↑	In salita
↓	In discesa
→	Stazionario

Nona pagina parte inferiore:

Si riportano i livelli di criticità rispetto ai valori tipici della serie storica per gli ultimi 12 mesi.

**Fluttuazione
annua media
dell'acquifero**

Per ciascun piezometro si esprime il valore medio del mese in rapporto al valore minimo, 25° percentile, mediana, 75° percentile e massimo della relativa serie storica. A partire dall'analisi statistica della serie di ciascun piezometro, la visualizzazione dei grafici a box plot consente di definire l'intervallo dei valori per ogni mese - compreso tra il 25° e il 75° percentile - che definisce la fluttuazione annua media dell'acquifero (calcolata negli ultimi 15/20 anni).

Decima pagina

Per alcuni piezometri significativi si riportano i boxplot che rappresentano dall'alto al basso i valori minimi, il 25° percentile, il 75° percentile e il massimo dei dati mensili di soggiacenza di tutta la serie storica del piezometro. In verde la soggiacenza media mensile registrata negli ultimi 12 mesi.

GLOSSARIO delle grandezze riportate nella sezione 4 del bollettino

Soggiacenza	Distanza tra il piano campagna e il livello dell'acqua di falda; la misura in continuo di tale parametro fornisce quindi un'informazione diretta dell'oscillazione del livello della stessa
GWB	Acronimo usato nella normativa europea delle Acque per Corpo Idrico Sotterraneo