



GUIDA ALLA LETTURA DEL BOLLETTINO IDROLOGICO PER LA REGIONE PIEMONTE

PREMESSA

Arpa Piemonte ha predisposto un 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 e sui dati forniti dai gestori dei principali invasi artificiali.

Il documento, che riguarda tutto il territorio regionale:

I contenuti

- 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;
- riassume lo stato delle principali dighe e del Lago Maggiore;
- riporta i dati relativi alle portate e ai deflussi dei più importanti corsi d'acqua
- riporta l'indice SRI (standard runoff index) utile alla definizione del deficit di portata mensile

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. *I dati raccolti ed elaborati, in forma tabellare o grafica, permettono così un'analisi delle risorse idriche sul territorio regionale.*

SEZIONE 1 - PRECIPITAZIONE

Prima pagina parte superiore:

Sono riportate le informazioni in formato tabellare riguardo la **precipitazione del mese precedente**, calcolate per ogni singolo bacino e una mappa della precipitazione del mese.

Prima pagina parte centrale:

Viene riportato l'indice di siccità meteorologica **SPI (Standardized Precipitation Index)** per ogni 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 (figura 1). 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 micro-climatiche differenti.

Indice SPI:
che cosa è
a cosa serve

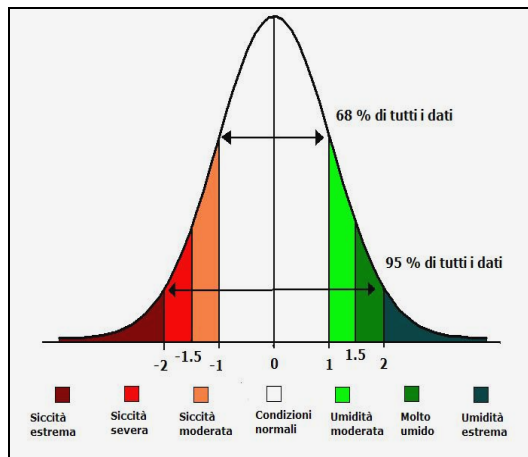


Figura 1 – Suddivisione teorica dei valori possibili dell'indice SPI e relativa probabilità di accadimento.

A ciascun intervallo viene associata una classe di severità.

Le precipitazioni cumulate su 3 mesi (SPI 3 mesi) hanno un impatto essenzialmente sulle condizioni agro-ecologiche, mentre quelle cumulate sui 12 mesi (SPI 12 mesi) sono meglio relazionate ad un contesto idrologico.

Utilizzando le statistiche storiche di ogni singolo bacino, l'indice SPI evidenzia quanto le condizioni osservate si discostano dalla norma (SPI = 0) e quindi ne definisce una severità negativa (siccità estrema, severa, moderata) o positiva (piovosità moderata, severa, estrema), strettamente legata alla loro frequenza di accadimento.

Prima pagina parte inferiore:

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.

Indice SPI:
descrizione
degli scenari
possibili

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.

Verifica previsioni di scenario atteso

Al fine di dare consistenza alle previsioni deterministiche di SPI 3M che si esplicano attraverso **lo scenario più probabile atteso**, è stata realizzata una verifica delle previsioni fornite sul bollettino idrologico mensile, in un arco temporale che va dal febbraio 2010 al dicembre 2015.

I valori di SPI 3m previsti, ottenuti alimentando la catena previsionale con le previsioni deterministiche (ensemble mean) della suite numerica mensile di ECMWF, opportunamente tratta con tecnica di downscaling a livello di bacino, sono stati quindi confrontati con la semplice informazione climatica. In termini pratici, le 1491 previsioni di SPI 3m (71 mesi per 21 bacini) così ottenute, sono state messe a confronto con il clima, ovvero le altrettante previsioni derivanti dallo **scenario normale**, ovvero quello in cui la miglior stima per la precipitazione nel mese successivo è data da 50° percentile della distribuzione delle piogge sui vari bacini.

I risultati mostrano che l'introduzione di previsioni deterministiche con downscaling di pioggia migliora sensibilmente la previsione mensile di SPI3 (valore effettivo) rispetto al semplice clima: la correlazione con l'osservato passa da **0.60** (clima) a **0.82** (previsione con downscaling modello), in un range, a seconda del bacino, compreso tra **0.73** e **0.88**.

Un miglioramento altrettanto significativo, si ottiene confrontando le categorie di SPI e non semplicemente il valore: in questa configurazione la correlazione con l'osservato passa da 0.49 (clima) a 0.78 (previsione con downscaling modello). Nel dettaglio, su 21 bacini nell'arco di 71 mesi (1491 previsioni), nel **78.8%** (clima: 64.5%) dei casi la classe viene prevista correttamente e nel **97.8%** (clima: 90.3%) dei casi l'errore massimo è di 1 classe (indipendentemente dal valore di SPI3 previsto). Sui singoli bacini, le previsioni errate sono comprese tra il 12.3% di Agogna - Terdoppio al 38% del bacino del Toce. Non si notano particolari dipendenze dalla dimensione del bacino o dalla sua collocazione geografica all'interno della regione. Nel **90%** dei casi totali (71 mesi), l'errore che viene commesso coinvolge **meno della metà dei bacini**.

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.
Volume	Volume totale di pioggia affluito nel bacino, espresso in milioni di metri cubi. Si ottiene dal prodotto della precipitazione totale per la superficie del bacino
Scarto	Differenza tra il totale misurato ed il riferimento storico (1961-1990), rapportata alla superficie del bacino. E' 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 (1961-90) diviso il valore medio storico.

SEZIONE 2 – TEMPERATURA E NEVE

Si riportano informazioni riguardanti la temperatura massima e minima registrate nel mese.

Seconda pagina parte superiore:

Le due immagini riportate sul bollettino mensile, mostrano lo scostamento dei valori di temperatura massima e minima del mese monitorato, rispetto ai valori climatici di riferimento relativi al periodo 1961-1990, calcolati **nell'analisi**.

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.

Seconda pagina parte centrale:

Si mostrano i valori di due indici calcolati su 1 mese: **l'indice di SPI** che utilizza solo i dati di precipitazione e **l'indice di Palmer**.

Indice di Palmer:
definizione

L'indice di Palmer è una misura di quanto un suolo si discosti dalle sue disponibilità idriche. E' un indice basato sul concetto di domanda-offerta nell'equazione del bilancio idrico, che tiene in considerazione non solo la carenza di precipitazione in una certa regione, ma anche le condizioni d'umidità della regione stessa. Il valore dell'indice viene ottenuto a partire dai valori di temperatura e precipitazione, nonché dalla capacità idrica del suolo.

Indice di Palmer:
come si calcola

L'indice di Palmer (PDSI) viene calcolato a partire dal deficit (o surplus) di umidità. Tale deficit è dato dalla differenza tra la precipitazione media del mese e l'intero *ciclo idrologico*. Il ciclo idrologico è rappresentato dalla somma pesata di *evapotraspirazione*, *immagazzinamento dell'acqua nel suolo* e *runoff*, calcolati in maniera sintetica attraverso delle formule empiriche a partire dai dati di input.

(E' importante, al fine del calcolo di tali componenti, una buona rappresentazione climatologica delle micro regioni considerate, al fine di calcolare in modo opportuno i pesi che intervengono nel calcolo del ciclo idrologico.)

Valori positivi dell'indice si riferiscono ad una situazione di ricchezza idrica del suolo, mentre valori negativi si riferiscono a carenza idrica.

L'indice di Palmer permette di definire una severità oggettiva del fenomeno, confrontando anche bacini con caratteristiche micro-climatiche differenti dal punto di vista di ricchezza/carenza idrica del suolo.

Seconda pagina parte inferiore:

Vengono evidenziati:

- **distribuzione spaziale del manto nevoso:** valori di altezza del manto nevoso, espressi in centimetri, in alcune località con un confronto storico;

- **SWE (snow water equivalent)** sui bacini montani con un riferimento storico.

MODELLO IDROLOGICO UTILIZZATO:

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.

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
Riferimento storico Hs	E' dato dal 1° e 9° decile della distribuzione dei valori storici di altezza di neve al suolo considerando i dati degli ultimi 10 giorni del mese.
SWE	Stima, espressa in milioni di metri cubi, del volume di acqua immagazzinata nel bacino sottoforma di neve.
Heq	Altezza media di precipitazione equivalente, espresse in mm. Si ottiene dividendo il valore di SWE per l'area del bacino.
Storico SWE	E' calcolato a partire da dati decennali di SWE sui bacini. Viene evidenziato il 1° e 9° decile della distribuzione dei valori storici

SEZIONE 3 – INVASI E DEFLUSSI

La conoscenza dei *volumi idrici accumulati* 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*.

Terza pagina parte superiore:

Il **primo grafico** riportato nella parte superiore di pagina 3 **evidenzia** il volume invasato nel lago Maggiore confrontato con i valori medi mensili storici (periodo a partire dal 2000).

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.

Il **secondo grafico** riportato nella parte superiore di pagina 3 è relativo ai volumi invasati complessivamente nei 31 bacini artificiali presenti sul territorio regionale espressi in milioni di metri cubi.

Il **terzo grafico** è relativo alla somma dei volumi invasati nel mese di riferimento per aree geografiche espresso in percentuale rispetto ai volumi invasati totali.

Si riportano inoltre, informazioni relative ai volumi invasati medi mensili ed i relativi scarti.

GLOSSARIO delle grandezze riportate nella sezione 3 - INVASI

Capacità di invaso	Volume di acqua potenzialmente invasabile dai 31 bacini artificiali sul territorio regionale di capacità massima di invaso superiore a 1 milione di metri cubi ubicati.
Volume invasato	Stima del volume complessivamente invasato nell’ultimo giorno del mese considerato, nei 31 bacini artificiali di capacità massima di invaso superiore a 1 milione di metri cubi.
Volume invasato medio	Volume mediamente disponibile alla fine del mese di riferimento. Si ottiene facendo la media dei volumi invasati alla medesima scadenza negli anni indicati in tabella.
Scarto [%]	Differenza tra il “ <i>volume invasato</i> ” e il “ <i>volume invasato medio</i> ” 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 stato invasato nel mese in questione 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.

Terza pagina parte inferiore:

Si riportano informazioni relative alle **portate** ed ai **deflussi** in alcune sezioni significative dell'intera **rete regionale** per il mese considerato.

La rete di monitoraggio

La rete, realizzata a partire dal 1990 e completata nel corso del 2001, copre l'intero territorio regionale con **104 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).

Alla **gestione unitaria della rete di monitoraggio idrometrico** provvede un Gruppo di coordinamento istituito con delibera della Giunta Regionale n. 93-22110 del 01/09/1997, composto dalla **Direzione regionale "Ambiente"** e dall'**A.R.P.A. Piemonte – Dipartimento Sistemi previsionali** (ai sensi della L.R. 28/2002).

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.
Deflusso mensile	Volume defluito nella sezione considerata durante il mese di riferimento. Si calcola moltiplicando la "portata media mensile" per il numero di secondi del 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.
Deflusso mensile storico	Volume medio defluito nella sezione considerata durante il mese di riferimento. Viene calcolato moltiplicando la "portata media mensile storica" per il numero di secondi del mese di riferimento.
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.

Quarta pagina:

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	$-1.65 \geq SRI$

Bibliografia

McKee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist, 1993. *The relationship of drought frequency and duration of time scales*. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan 17-23, 1993, Anaheim CA, pp. 179-186.

Palmer, W.C., 1965. *Meteorological drought*. Research Paper No. 45. U.S. Weather Bureau. [NOAA Library and Information Services Division, Washington, D.C. 20852]

http://www.ecmwf.int/products/forecasts/guide/Why_seasonal_and_monthly_forecasts.html

D. Rabuffetti, A. Salandin and R. Cremonini. *Hydrological modelling of snow cover in the large upper Po river basin: winter 2004 results and validation with snow cover estimation from satellite*, Geo-Environment and Landscape Evolution II, ISBN: 1-84564-168-X.