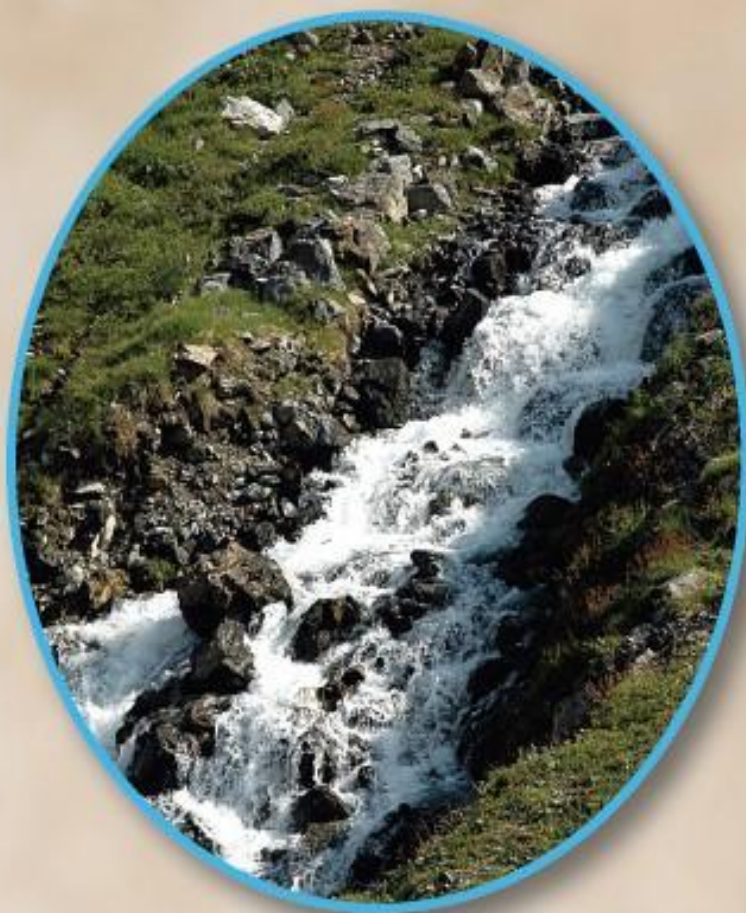


Giornate Bormiesi di Cardiologia



Le acque dell'Alta Valtellina

Edizione a cura di
Livio Dei Cas e Leo Schena

Le acque dell'Alta Valtellina

a cura di

Livio Dei Cas e Leo Schena

***Analisi dei dati di pioggia,
del periodo 1987-2012,
rilevati nel territorio dell'Alta Valtellina***

Luca Dei Cas*

Premessa

I ben noti eventi di dissesto idrogeologico, che nell'estate 1987 hanno colpito la regione alpina della Lombardia, hanno contribuito ad imprimere una forte accelerazione nella realizzazione di reti di monitoraggio diffuse sul territorio. Per questi motivi Regione Lombardia, a partire da quell'anno, iniziò a sviluppare un presidio territoriale atto al controllo dei fenomeni naturali che ben presto si strutturò in Centro di Monitoraggio Geologico (CMG). Al fine di monitorare i dissesti sulle differenti aree di frana vennero pertanto posizionati numerosi sensori geotecnici ed idrometeorologici. In particolare strumentazione dedicata allo studio delle precipitazioni liquide (pluviometri) venne installata, a partire dal novembre 1987, nel territorio dell'Alta Valtellina. Ancorché lo scopo primario di detti sensori fosse quello di permettere una valutazione corretta e tempestiva di eventuali situazioni di criticità, al fine di promuovere azioni di protezione civile, l'acquisizione di oltre 20 anni di dati permette ora di effettuare anche alcune considerazioni sulle situazioni pluviometriche registrate.

Inquadramento geografico ed arco temporale

Il bacino dell'Alta Valtellina ha una superficie di 584 Km² e presenta vaste estensioni di territori glaciali e di aree in condizioni di completa naturalità.

* Dirigente U.O. Centro di Monitoraggio Geologico - Arpa Lombardia.

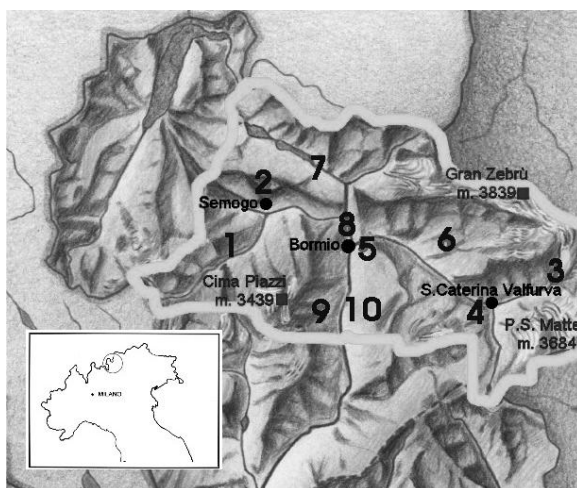
I sensori utilizzati per l'analisi dei dati di piovosità si trovano fra una quota minima di 1080 m.slm. ed una massima di 2320 m.slm.

Il periodo su cui si basa il presente lavoro è relativo ai dati degli ultimi 24 anni e più precisamente ha inizio alla fine di novembre 1987.

PLUVIOMETRI

Nome Stazione	Comune	m.slm.	Inizio attività	N°
Arnoga *	Valdidentro	1880	1988	1
Semogo *	Valdidentro	1600	1996	2
Forni	Valfurva	2180	1988	3
S. Caterina	Valfurva	1730	1988	4
Prese Frodolfo	Valfurva/ Bormio	1250	1987	5
Ruinon	Valfurva	2140	1999	6
Cancano	Valdidentro	1930	1988	7
Prese Adda	Valdidentro	1245	1987	8
Cam Boer	Valdisotto	2114	1988	9
Aquilone*	Valdisotto	1082	1987	10

* Bocca pluviometro 200 cmq (tutti gli altri 1000 cmq)



Criteria di validazione dei dati

Come tutte le serie storiche, utilizzate per studi climatologici, anche per quelle qui considerate è stato necessario effettuare un ponderoso lavoro di validazione dei dati. Per quanto riguarda lo studio delle precipitazioni, va detto che la precisione della strumentazione, oltre ovviamente all'uniformità nel trattamento dei dati, in questa ricerca è determinante per la significatività di un'analisi il cui arco temporale sia limitato ad una ventina d'anni.

In periodi così ristretti solo l'acquisizione dei dati ogni trenta minuti, unitamente ad una costante manutenzione delle stazioni e ad un'organizzazione interna del lavoro (schede giornaliere dei malfunzionamenti raccolte in un dossier storico per ogni stazione), ha permesso una tracciabilità del dato che garantisce la buona qualità dello stesso.

Per quanto riguarda la definizione delle serie storiche di piovosità va esplicitato che ove in alcune stazioni si sia registrata (per guasti, mancate trasmissioni del sistema radio o manutenzioni in corso) la mancanza di dati per limitati¹ ma significativi periodi dell'anno, si è proceduto ad un confronto con le stazioni vicine. Laddove vi fossero stazioni limitrofe nelle quali, in pari periodo si siano registrate precipitazioni, il dato è stato corretto mediandolo in funzione di quota e posizione. In alternativa ove vi fosse coincidenza con le stazioni censite nell'annuale idrologico della Regione Lombardia, edito da ARPA U.O. Idrografia, è stato inserito detto dato (ciò è stato possibile solo per le stazioni di Cancano, Arnoga, S. Caterina e Forni).

Si deve infine specificare che tutti i pluviometri presi in considerazione non sono riscaldati per cui il dato registrato rappresenta omogeneamente la pioggia al suolo più una minima percentuale (non significativa su analisi annuali con registrazione di centinaia di mm) dovuta allo scioglimento della neve eventualmente accumulatasi nel pluviometro.

Metodo di studio

Al fine di evidenziare eventuali "andamenti o linee di tendenza" i dati a disposizione sono stati trattati (standardizzati) secondo il metodo delle anomalie SAI (Standardized Anomaly Index). Nel dettaglio si può

¹ Ove la mancanza fosse di 1 mese, l'intera annualità non è stata considerata.

sintetizzare che le due misure che concorrono a definire un'anomalia sono:

- la media dei dati di una distribuzione
- la deviazione standard

La formula che ci permette di standardizzare un valore (sia esso di temperatura o di precipitazione) e quindi di confrontarlo con valori analoghi, ma di altre stazioni, è la seguente:

$$I = (X_i - \text{Media}) / (\text{Deviazione Standard})$$

Dove:

X_i = il valore, relativo all'annualità i , che si vuole standardizzare;

i = uno degli n anni presi in considerazione dalla distribuzione;

Media = la media aritmetica, relativa ad n anni, della distribuzione;

Deviazione Standard = la deviazione standard, o scarto quadratico medio, degli n anni considerati ed è pari alla radice quadrata della varianza;

È noto che solo standardizzando i valori è possibile procedere ad un confronto fra medesimi parametri meteorologici ma raccolti in stazioni differenti (seppur all'interno di zone omogenee come in questo caso).

Nel dettaglio, per l'analisi delle variazioni di pioggia, è stato utilizzato questo indice standardizzato di anomalia (**I**) così da poter valutare lo scostamento dei valori dell'anno i dalla media degli ultimi vent'anni. È del tutto evidente che, utilizzando come valore medio di pioggia quello del medesimo periodo n su cui si propone il confronto, gli andamenti saranno assai meno netti che utilizzando un valore di pioggia media relativa ad un periodo del passato.

I dati così ottenuti, aventi come unità di misura l'anomalia dell'indice standardizzato, potranno essere facilmente confrontati con valori provenienti da differenti stazioni meteo caratterizzate da diversi andamenti di pioggia/temperatura. È bene ricordare che, essendo la deviazione standard l'unità di misura utilizzata per identificare l'intensità dell'anomalia, per valori dell'indice standardizzato (**I**) compresi fra -1 ed 1 si è soliti assumere la convenzione statistica di rientrare nella cosiddetta normalità climatica.²

Dati di piovosità

Le serie storiche hanno permesso di effettuare alcune analisi che, è bene ricordarlo, si basano su pluviometri non riscaldati.³ Una prima e speditiva

² M. ACETI et al., 2006.

³ Va detto che i pluviometri ubicati in aree ad altimetria elevata (> 1.500 m. slm.) fanno registrare spesso sottostime delle precipitazioni invernali. In particolare in occasione di

modalità di comparazione è stata realizzata mettendo in rapporto il dato annuale della singole stazioni (10 in Alta Valtellina) con la piovosità media annuale della medesima località. Per tale comparazione sono quindi risultati di fondamentale importanza i dati presenti nella pubblicazione *Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo registrate dal 1891 al 1990* edita dalla Regione Lombardia – Direzione Generale Territorio ed edilizia Residenziale nel dicembre 1999. Come si può vedere dalla tabella sotto riportata emergono immediatamente alcuni elementi di criticità, che non possono che confermare la preliminarità dell'analisi, così sintetizzabili:

Per l'Alta Valtellina l'approssimazione fra le stazioni poste a confronto è buona in nove dei dieci casi. I periodi di osservazione utilizzati dalla Regione Lombardia sono lunghi (da 29 a 78 anni) ma non omogenei. Si va da osservazioni concentrate nella prima metà del novecento (1922-1947) ad altre della seconda metà (1951-1990).

Stazione CMG e quota (m.slm.)	Stazione di riferimento RL e quota (m.slm.)	Periodo osservazione RL Inizio/Fine	Precipitazione media (mm)
Arnoga (1880)	Arnoga (1870)	1971/1990	1102,7
Semogo (1600)	Semogo (1500)	1916/1947	867,7
Forni (2180)	Forni Prese (2165)	1927/1990	810,8
S. Caterina (1730)	S. Caterina (1740)	1921/1990	865,7
Prese Frodolfo (1250)	S. Antonio Valfurva (1339)	1925/1957	649,2
Ruinon (2140)	S. Caterina (1740)	1921/1990	865,7
Cancano (1930)	Lago di Cancano (1948)	1951/1990	846,5
Prese Adda (1245)	Premadio (1275)	1971/1990	745,9
Cam Boer (2114)	Morignone (1071)	1922/1986	821,7
Aquilone (1082)	Morignone (1071)	1922/1986	821,7

forti nevicate (> 40 cm) si possono verificare problemi nella conversione della neve in equivalente idrico. Tale situazione può portare a sottostime annue del 5-10%.

I grafici così realizzati mostrano lo scostamento percentuale rispetto alla media annua.

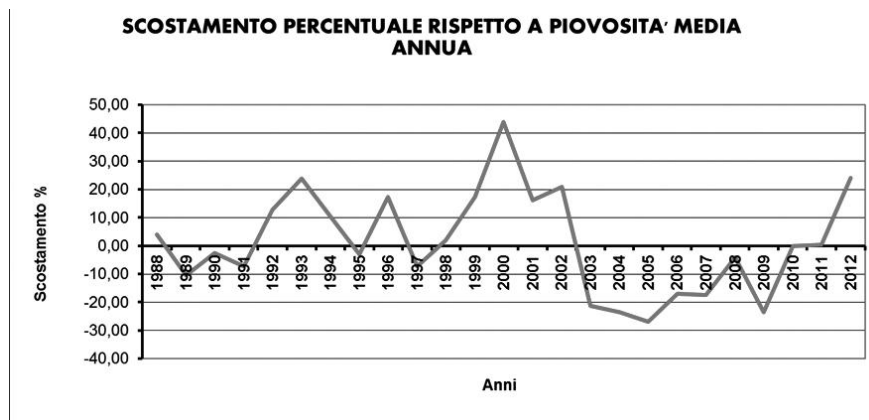


Fig. 1. Per ogni annualità il grafico esprime la media ottenuta dagli scostamenti di ogni singola stazione. Per scostamento si intende il raffronto, espresso in percentuale, fra la piovosità annua registrata nella singola stazione e la piovosità media della località di riferimento.

Il dato, espresso in percentuale, evidenzia un segno positivo ove la pioggia registrata nell'anno risulti superiore alla pioggia media annuale, viceversa segno negativo ove quanto registrato risulti inferiore alla piovosità media annuale.

Ancorché il puro dato statistico abbia poco significato (i confronti vengono effettuati tra il dato registrato puntualmente da un pluviometro e la piovosità media della località) è importante evidenziare che la distribuzione di numerose stazioni di misura su un territorio non certo vasto può ben approssimare le tendenze.

Quanto sopra riportato permette di osservare una tendenza che fino ai primi anni del nuovo millennio ha visto annualità particolarmente piovose, mentre a partire dal 2003 e sino a tutto il 2009 le annualità sono state particolarmente scarse di precipitazioni.

Maggiormente significativo è il dato dell'indice di anomalia standardizzato (SIA) con il quale si sono posti a confronto solo i dati delle stazioni con serie storiche più significative (4 per l'Alta Valle). In questo caso per il calcolo dell'anomalia (**I**) è stata utilizzata la media aritmetica della distribuzione.

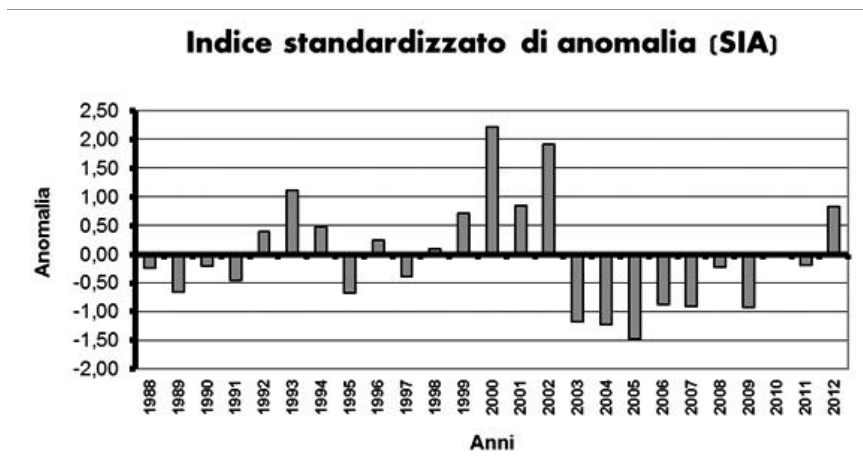


Fig 2: *Indice standardizzato di anomalia relativo alla piovosità annuale in Alta Valtellina.*

Il dato che emerge con chiarezza è che i primi anni del millennio considerati evidenziano precipitazioni che hanno un indice di anomalia al di fuori della normalità climatica ($>$ o $<$ di 1) sia in termini di eccesso di precipitazione (2000 e 2002) che in termini di carenza (2003, 2004, 2005). L'anno 2000 evidenzia un'anomalia (>2) pari ad "una probabilità statistica del 5%".⁴ In Alta Valtellina di questo andamento, via via verso eventi quantitativamente anomali (estremi), si può trovare riscontro anche dal confronto fra le piogge registrate e la piovosità massima e minima della località di riferimento.

Nel 2000 la stazione di Semogo ha registrato una precipitazione annua di 1459 mm che rappresenta un netto incremento rispetto alla piovosità massima (1216 mm) calcolata dalla Regione Lombardia sulla serie storica 1916-1947.

Nel territorio comunale di Valdidentro, nel 2005, la stazione di Arnoga ha fatto registrare 767 mm, dato leggermente inferiore alla piovosità minima (787 mm) calcolata sulla serie storica 1971-1990.

Nel medesimo anno anche le stazioni di Cancano (481 mm) e Prese Adda (528 mm) hanno fatto registrare dati leggermente inferiori (-73 mm e -17 mm) al minimo di dette località (rispettivamente su serie storiche 1951-1990 e 1971-1990).

⁴ M. ACETI et al., 2006.

Conclusioni

La realizzazione di uno studio sui parametri meteorologici, tanto più se si impone di investigare un ristretto periodo temporale, è massimamente influenzata dall'affidabilità ed omogeneità delle serie storiche dei dati utilizzati. Il presente lavoro si è basato esclusivamente sui dati raccolti, negli ultimi 24 anni, da ARPA Centro di Monitoraggio Geologico. Tali caratteristiche permettono di evidenziare numerose condizioni favorevoli che di seguito verranno esplicitate:

- La ridondanza del numero dei punti di rilievo distribuiti in una area, relativamente poco estesa rendono particolarmente significativo lo studio delle variazioni;
- I sensori sono posti in aree non antropizzate (prevalentemente sui versanti interessati da dissesti o lungo i fiumi) e pertanto risultano particolarmente significativi per l'analisi di una condizione di "naturalità";
- I sensori utilizzati per la raccolta dei dati, così come il sistema di acquisizione e di archiviazione, sono i medesimi garantendo così l'omogeneità e la tracciabilità del dato;
- Le caratteristiche dei sensori utilizzati da ARPA CMG presentano alto grado di affidabilità ed elevata precisione;
- Tutti i dati utilizzati per lo studio fanno parte delle serie storiche presenti presso la banca dati di ARPA CMG. È stato quindi possibile, per tutti i sensori, rinvenire documentazione riguardante i malfunzionamenti, le manutenzioni e le tarature/calibrazioni. Tale tracciabilità del dato ha permesso di valutare l'affidabilità dello stesso.

Se quanto sopra permette di guardare con interesse ai risultati di questo studio, va però ricordato che la ristrettezza temporale (24 anni) delle serie storiche utilizzate fa sì che il presente lavoro non potrà che delineare degli andamenti statistici che andranno affinati con serie di dati relativi ad un maggior numero di decenni. In conclusione è possibile evidenziare che situazioni con Standardized Anomaly Index minore o maggiore di 1 indichino situazioni di anomalia climatiche che devono essere attentamente considerate. In particolare in un territorio di alta montagna come quello considerato le annualità con abbondanti precipitazioni liquide possono creare serie ripercussioni sulla stabilità idrogeologica dei versanti. L'osservazione sopra enunciata, seppur sia necessario un più ampio spettro temporale che ne definisca meglio i termini, andrà attentamente considerata in relazione ai dissesti superficiali e non (l'abbondanza delle piogge e l'innalzamento dello zero termico sono state le due cause principali dell'alluvione valtellinese del 1987).



Bibliografia

M. ACETI-L. SMERALDI, *Cambiamenti climatici nelle stazioni d'alta quota del sistema alpino*, 2006

ARPA LOMBARDIA: CENTRO DI MONITORAGGIO GEOLOGICO, *Dati idrometeorologici 1987-2003*

L. DEI CAS, *Analisi dei dati meteorologici del periodo 1987-2007 rilevati in territori di alta montagna della Provincia di Sondrio*, "Terra Glacialis" - anno XI/2008, pp. 53-70

REGIONE LOMBARDIA – Direzione Generale Territorio ed edilizia Residenziale, *Carta delle precipitazioni medie, minime e massime annue del territorio alpino lombardo registrate dal 1891 al 1990*, dicembre 1999