

Tavola 2.6 Altezze medie annuali di precipitazione nella regione alpina europea 1971–1990

Introduzione

Le notevoli oscillazioni spaziali che interessano le precipitazioni vanno ricondotte a processi atmosferici variamente condizionati dai rilievi montani. Questo spiega perché le differenze dell'altezza di precipitazione media annuale nella sola regione alpina, anche entro distanze di meno di 100 km, siano equiparabili, ad esempio, a quelle che intercorrono tra Creta e la costa occidentale della Scozia. L'andamento delle precipitazioni è complesso e, a differenza di quello della temperatura, risulta legato alla quota solo in via approssimativa. Le precipitazioni caratterizzano il paesaggio e gli ecosistemi; è doveroso tenerle in considerazione nella pianificazione delle infrastrutture civili, nell'economia idrica e nello sfruttamento agricolo del suolo.

In nessun altro territorio montano del globo sussiste oggi una densità di rilevamento delle precipitazioni confrontabile con quella della regione alpina. Le reti di rilevamento meteorologiche e idrologiche delle nazioni alpine comprendono nel loro insieme svariate migliaia di stazioni pluviometriche, per una distanza reciproca media di 10–15 km (cfr. tavola 2.1). I dati di queste reti ad alta risoluzione sono già stati impiegati per redigere tutta una serie di carte nazionali delle precipitazioni (cfr. ad es. tavola 2.2). Per quanto riguarda l'analisi su scala alpina globale (ad es. [1,3]), finora si è potuto fare affidamento su poche reti ad ampia copertura. Per il confezionamento delle relative carte si è pertanto dovuto procedere a una laboriosa combinazione di rilevamenti nazionali.

Le tavole 2.6 e 2.7 restituiscono i risultati dello studio climatologico sulle precipitazioni condotto per l'intera regione alpina (2°–17°E, 43°–49°N) in base alle osservazioni compiute dalle reti pluviometriche nazionali e regionali dei paesi alpini. Le carte delle precipitazioni sono state elaborate con una metodologia appositamente sviluppata per topografie complesse. Esse illustrano la distribuzione della precipitazione media annuale non corretta (tavola 2.6) e delle precipitazioni stagionali non corrette (tavola 2.7). Tale analisi alpina complessiva si affianca alla carta delle precipitazioni della Svizzera riportata nella tavola 2.2, consentendo confronti tra nazioni e mostrando le variazioni pluviometriche sia su ampia scala sia nell'ambito di singoli complessi montagnosi e vallivi.

Dati

Le carte delle precipitazioni delle tavole 2.6 e 2.7 sono supportate da un vasto archivio di osservazioni provenienti da 5831 stazioni pluviometriche convenzionali e da 259 totalizzatori (considerati ai fini di una migliore descrizione pluviometrica nei territori d'alta quota). La densità delle stazioni è relativamente omogenea, con eccezione del Norditalia che lamenta in parte una certa carenza di rilevazioni. La tabella 1 riassume le fonti dei dati, mentre per una descrizione dettagliata dell'archivio si rimanda a [4]. I dati pluviometrici di ampia portata sono stati gentilmente concessi dalle istituzioni elencate in tabella 1.

Alcune serie storiche non coprono integralmente il periodo di riferimento (1971–1990). Nel presente studio si è quindi ricorso a un aggiustamento delle precipitazioni medie annuali relative alle serie manchevoli mediante un'integrazione con i valori delle stazioni vicine [9]; l'errore atteso delle medie in tal modo valutate è di circa il 2 % [6].

Le altezze di precipitazioni misurate non sono state corrette tenendo conto dell'errore sistematico pluviometrico, com'era il caso in tavola 2.2, in quanto non sono disponibili le informazioni necessarie per la rettifica (vento, esposizione della stazione).

Analisi spaziale

I dati delle stazioni sono stati interpolati su un reticolo regolare teso su meridiani e paralleli e dotato di una risoluzione di 1.25 minuti. Si è ricorso all'uopo al modello di regressione PRISM

(Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model [2,8]) che, in base a un modello altimetrico digitale e ai dati delle stazioni, fornisce una relazione statistica tra le precipitazioni e la topografia. Il procedimento serve per rendere conto della grande variazione interregionale che nella realtà può interessare la suddetta relazione. Per ogni nodo del reticolo si calcola una regressione tra le precipitazioni e la quota, assegnando ai dati delle stazioni un peso in funzione della loro rappresentatività per le condizioni vigenti presso il nodo stesso. L'assegnazione del peso considera fattori quali la distanza e la differenza di quota rispetto al nodo, ma anche differenze d'esposizione [2,6].

La figura 1 mostra l'assegnazione dei pesi ai dati mediante PRISM per due nodi prescelti nel Vallese e nell'Oberland bernese. La prossimità dei nodi fa sì che per entrambi gli esempi si siano considerate ai fini interpolativi in buona sostanza le medesime 17 stazioni. Per altri versi, la ponderazione delle stazioni secondo la loro rappresentatività nei corrispondenti nodi incide in modo determinante sull'interpolazione.

Si è stimato l'errore d'interpolazione di PRISM per mezzo di un controllo incrociato. A quote tra i 500 e 1500 m s.l.m. esso ammonta al 20 % circa, mentre vale circa 25 % tra i 1500 e i 2500 m. Un confronto con altri procedimenti d'interpolazione ha mostrato che PRISM si contraddistingue alle alte quote per scarti interpolativi sistematici di lieve entità [6].

Distribuzione delle precipitazioni nella regione alpina

La distribuzione delle precipitazioni su larga scala si contraddistingue per due marcate fasce ad elevato apporto che si sviluppano rispettivamente lungo il bordo settentrionale e, scomponendosi in due aree principali, lungo quello meridionale dell'arco alpino. Esse s'incontrano in prossimità del passo del Gottardo, essendo altrimenti separate da una zona secca intermedia, particolarmente estesa in corrispondenza del Tirolo. La sezione nord-sud riportata in figura 2 illustra la situazione. Le zone ad alta precipitazione sono centrate attorno a una quota di 1000 m s.l.m. e si estendono per 80 km verso la pianura. La precipitazione media annuale diminuisce procedendo verso la dorsale alpina principale, nonostante l'innalzamento del territorio. Capita così persino che stazioni montane intralpine misurino quantità precipitate minori rispetto a quelle caratteristiche ai bordi alpini.

Nei massicci perialpini le precipitazioni risultano sostenute, sebbene la quota non superi qui i 1500 m s.l.m. (ad es. Foresta Nera). Contrariamente a quanto accade nelle Alpi, i massimi di precipitazione si hanno in corrispondenza dei rilievi più alti.

Presso alcuni massicci le precipitazioni s'incrementano con la quota, ma l'entità del gradiente muta notevolmente da caso a caso. Valori fino a 2 mm per metro di quota si riscontrano in prossimità del piede settentrionale delle Alpi e in parte anche di quello meridionale, nonché sui massicci perialpini. All'interno e a sud delle Alpi il gradiente si muove tra 0 e 0.6 mm/m, ma possono manifestarsi persino lievi gradienti negativi. La variabilità spaziale del gradiente è evidenziata nella carta dove si nota come la relazione tra precipitazioni e topografia si diversifichi territorialmente.

Le quantità precipitate possono oscillare notevolmente negli anni, tuttavia si osserva una chiara conservazione del modello generale descritto. La figura 3 illustra gli scarti relativi della precipitazione media annuale per quinquenni tratti dal periodo di riferimento 1971-1990. Si tratta di valori attorno ai $\pm 15\%$ che, tra l'altro, riflettono frequenti diversità tra i territori a nord e a sud della dorsale alpina principale. I quattro quinquenni rappresentati non lasciano intravedere alcuna tendenza significativa verso aumenti o diminuzioni generali delle precipitazioni. Contemplando però l'intero XX° secolo, si è individuato per alcuni territori alpini un incremento statisticamente significativo delle precipitazioni invernali [5,10].

Confronto

In termini qualitativi la presente carta delle precipitazioni corrisponde bene alle carte locali o nazionali e ciò vale particolarmente per la carta svizzera delle precipitazioni della tavola 2.2. Sussistono nondimeno degli scarti quantitativi degni di nota, così che l'altezza di precipitazione

media annuale della Svizzera vale 1380 mm secondo l'analisi qui presentata e 1686 mm secondo quanto riportato in tavola 2.2. Le possibili ragioni delle discrepanze sono qui appresso elencate:

- I dati relativi alla tavola 2.2 sono stati corretti tenendo conto dell'errore sistematico pluviometrico, mentre nella presente tavola si sono impiegate misurazioni non corrette, giungendo così ad altezze globali inferiori. Per quanto riguarda la precipitazione media annuale si è stimato un errore sistematico pluviometrico del 5–10 % per i livelli inferiori e del 15–30 % per quote sopra i 1500 m s.l.m. [7].
- I periodi di riferimento delle due carte sono diversi. Al periodo 1971–1990 relativo alla presente tavola competono precipitazioni che sulla Svizzera sono superiori del 2.5 % in media rispetto al periodo 1951–1980 (tavola 2.2). Per la maggior parte delle stazioni le differenze oscillano tipicamente tra -1 % e +5 %.
- Le due carte delle precipitazioni sono supportate da una base dati eterogenea. La tavola 2.2 si riferisce infatti a 340 stazioni svizzere, mentre la tavola 2.6 poggia su 693 stazioni, laddove per i territori confinanti si è ricorso su più ampia scala anche alle osservazioni degli stati vicini.
- Per la tavola 2.2 si è eseguita l'interpolazione di Kriging con un gradiente fisso pari a 0.8 mm/m, mentre il metodo qui utilizzato implica un gradiente variabile il cui valore medio per la Svizzera è di 0.5 mm/m. Se alla base dati della presente tavola si applica l'approccio della tavola 2.2, in luogo di PRISM, si ottiene una media per il territorio svizzero maggiore di 80 mm. Le differenze metodologiche comportano anche che nella tavola 2.6 la relazione tra precipitazioni e topografia risulti per taluni territori meno marcata.
- I procedimenti analitici si fondano su concetti stocastici; ogni interpolazione riflette quindi una stima che si porta appresso incertezze statistiche. I valori interpolati nel reticolo con PRISM possono risultare errati del $\pm 10\%$ in corrispondenza delle depressioni e del $\pm 20\%$ a quote alpine elevate. Differenze locali tra le carte possono dunque ascriversi agli errori statistici impliciti nelle stime.

Bibliografia

- [1] **Baumgartner, A., Reichel, E., Weber, G. (1983):** Der Wasserhaushalt der Alpen. München und Wien.
- [2] **Daly, C., Neilson, R.P., Phillips, D.L. (1994):** A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. In: Journal of Applied Meteorology 33:140–158, Boston.
- [3] **Fliri, F. (1974):** Niederschlag und Lufttemperatur im Alpenraum. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte Nr. 24, Innsbruck.
- [4] **Frei, C., Schär, C. (1998):** A Precipitation Climatology of the Alps from High-Resolution Rain-Gauge Observations. In: International Journal of Climatology 18:873–900, Chichester.
- [5] **Schönwiese, C.-D. et al. (1994):** Observed climate trends in Europe 1891–1990. In: Meteorologische Zeitschrift, Neue Folge Heft 3:22–28, Berlin.
- [6] **Schwarb, M. (2000):** The Alpine Precipitation Climate. Evaluation of a high-resolution analysis scheme using comprehensive rain-gauge data. Dissertation Nr. 13911 der ETHZ, Zürich.
- [7] **Sevruk, B. (1985):** Systematischer Niederschlagsmessfehler in der Schweiz. In: Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr. 31:65–75, Bern.
- [8] **Spatial Climate Analysis Service (Ed.) (1999):** Climate mapping with PRISM. Internal report at Oregon State University, 326 Strand Agricultural Hall, Corvallis OR 97331-2204, USA.
- [9] **Vogel, R.M., Stedinger, J.R. (1985):** Minimum Variance Streamflow Record Augmentation Procedures. In: Water Resources Research 21:715–723, Baltimore.
- [10] **Widmann, M., Schär, C. (1997):** A principal component and long-term trend analysis of daily precipitation in Switzerland. In: International Journal of Climatology 17:1333–1356, Chichester.