

Tavola 2.4 Piogge puntuali estreme di durate e tempi di ritorno diversi

Introduzione

Le piogge intense provocano le maggiori piene soprattutto nei piccoli bacini imbriferi, comportano problemi di erosione del terreno e ne inducono movimenti franosi e striscianti. L'entità e la ricorrenza di tali fenomeni può apprezzarsi con l'ausilio di appositi modelli, posto che sia nota la frequenza delle piogge di forte intensità. D'altro canto, la previsione congiunta di luogo, momento ed entità delle piene o dei moti del terreno è possibile solo in casi isolati.

Nelle presenti quattro carte è indicata per tempi di ritorno pari a 2.33 e 100 anni l'altezza delle precipitazioni puntuali d'intensità estrema della durata di 1 h e 24 h. Sulla base di questi quattro valori si possono stimare le piogge puntuali di varie durate e tempi di ritorno in corrispondenza di qualsiasi località o sito del terreno. A tale scopo la carta suppletiva fornisce ulteriori ragguagli riguardanti il tipo di funzione di distribuzione cui riferirsi e l'intervallo temporale d'interpolazione e d'estrapolazione.

Piogge puntuali e tempo di ritorno

Le altezze pluviometriche estreme sono state determinate mediante un'analisi di frequenza dei valori rilevati localmente da appositi strumenti raccoglitori [5]. Si tratta di stazioni che vanno a costituire la base per un'interpolazione spaziale dei dati secondo il criterio di Kriging. La rappresentazione isoietografica dei valori si riferisce solo alle precipitazioni piovose; nel caso di precipitazioni miste piovose e nevose, si è detratta la componente nevosa che non si è sciolta durante il periodo di misura. In mancanza di simili controlli si è stimata l'aliquota di neve impiegando apposite regressioni in dipendenza della quota e della regione [2,5]. Si presume in questo contesto che non si verifichino precipitazioni liquide al di sopra dei 3500 m s.l.m., ove non si è dunque effettuata alcuna interpolazione spaziale.

Il tempo di ritorno (ricorrenza) indica dopo quanti anni mediamente si ripresenta o viene superata una prefissata altezza di pioggia. Esso dipende dalla funzione di distribuzione e dalla stima dei relativi parametri.

L'altezza associata a una determinata durata di pioggia corrisponde al quantitativo complessivamente raccolto in quell'intervallo di tempo, indipendentemente da eventuali pause durante la precipitazione.

Procedure

Alla base dati relativa alle piogge di 24 ore concorrono 503 stazioni dell'Istituto svizzero di meteorologia, nonché altre reti nazionali ed estere munite di raccoglitori quotidiani (cfr. tavola 2.1). Dato che la registrazione avviene a scadenze quotidiane precise, per ottenere il valore di punta effettivo sull'arco delle 24 ore occorre incrementare i dati di un fattore pari 1.143, in conformità a [4].

Presso 63 stazioni equipaggiate con pluviografi è risultato possibile accertare direttamente i valori orari. La loro ubicazione coincide, a meno di poche eccezioni, con quella dei raccoglitori quotidiani. Presso punti di rilevamento privi di pluviografi si sono estrapolati i valori orari mediante una regressione grafica a partire dai dati dei raccoglitori quotidiani.

Per circa 200 stazioni si sono potute valutare le serie storiche degli anni 1901 fino 1970; delle stazioni rimanenti si sono considerate le serie che al momento dell'elaborazione (1976–1983) erano disponibili in lunghezze di almeno 30 anni. I massimi annuali sono stati interpretati statisticamente alla stregua di limiti campionari. Si è optato in questo senso per la legge di distribuzione del valore estremo di Gumbel (tipo I: distribuzione normale; tipo II: distribuzione logaritmica). Gli esiti delle indagini condotte per singole stazioni sono pubblicati in [5].

Approfondite analisi statistiche multivariate non hanno evidenziato alcuna significativa dipendenza delle altezze di pioggia intensa da fattori fisiografici. Per questo motivo si è interpolata l'intensità delle piogge estreme senza considerare il rilievo orografico. Tuttavia, da un punto di vista fisico, quest'apparente indipendenza dell'intensità della pioggia non è plausibile.

Il metodo d'interpolazione adottato è quello di Kriging per punti. Motivi di praticità hanno indotto a utilizzare nella regione indagata un unico variogramma, senza effetto pepita, per ogni accoppiamento di durata e tempo di ritorno. Si assume che le registrazioni delle varie stazioni stiano sul medesimo piano qualitativo e possano trattarsi come rappresentative per un ampio dintorno. Per il tracciamento delle isoiete si sono interpolati i valori registrati da dieci stazioni adiacenti in un reticolo con maglie di un chilometro, dove il valore reticolare è stato poi calcolato come media ponderata. I pesi da attribuire alle stazioni adiacenti in dipendenza della loro ubicazione sono stati accertati con l'impiego del variogramma. Sono seguiti infine il tracciamento CAD delle isoiete e, ove richiesto, la regolarizzazione grafica delle curve. L'algoritmo ricorsivo d'interpolazione conduce a una riproduzione dei valori di supporto presso i punti stessi dove sono stati rilevati. Ciò comporta di norma che i massimi e i minimi compaiano in prossimità dei punti di rilevamento. Solo una rete di rilevamento più fitta potrebbe fornire indicazioni più precise sull'ubicazione degli estremi. Per via dei limiti imposti alla risoluzione grafica, in alcuni punti le isoiete sono state regolarizzate [1].

Applicazione

Si ribadisce che le rappresentazioni isoietografiche in questione servono per la valutazione delle piogge puntuali. Non è per esempio ammissibile tentare di evincere da tali carte le piogge estreme regionali. Per riportare i valori puntuali su bacini idrografici occorre tenere conto di curve di riduzione, come, ad esempio, quelle sviluppate da [3].

Nei seguenti due esempi viene illustrato l'utilizzo pratico delle carte. Per maggiori dettagli si rimanda a [5]. Valgono le seguenti notazioni (cfr. figg. 1–3):

- A: pioggia 100-ennale oraria (mm) o (mm/h)
- B': pioggia 100-ennale per 24 h (mm)
- B: intensità di pioggia 100-ennale per 24 h (mm/h); $B = B'/24$
- C: pioggia 2.33-ennale oraria (mm) o (mm/h)
- D': pioggia 2.33-ennale per 24 h (mm)
- D: intensità di pioggia 2.33-ennale per 24 h (mm/h); $D = D'/24$
- t: intervallo di rilevamento
- T: tempo di ritorno (anni)
- $x_{t,T}$: altezza di pioggia T-ennale per t ore (mm)
- $i_{t,T}$: intensità di pioggia T-ennale per t ore (mm/h)
- $\ln(x)$: logaritmo naturale
- $\exp(x)$: e^x

Primo esempio

Per la posizione individuata dalle coordinate nazionali 700/200 (a sud-est di Schwyz) si ricercano le altezze pluviometriche puntuali di durata pari a 1 ora e 24 ore aventi un tempo di ritorno di 50 anni.

Svolgimento: per il sito prescelto si rilevano dalle corrispondenti carte i valori A, B', C e D'. Nella carta suppletiva si constata che per il luogo in questione occorre adottare la legge di distribuzione

logaritmica del valore estremo (distribuzione II). A scopo didattico si riportano comunque le soluzioni anche per la funzione di distribuzione I.

Per la funzione di distribuzione I si ha:

$$x_{1,T} = 1.14 \cdot C - 0.14 \cdot A + \frac{A - C}{4.02} \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right]$$

$$x_{24,T} = 1.14 \cdot D' - 0.14 \cdot B' + \frac{B' - D'}{4.02} \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right]$$

Dai valori letti $A = 80$ mm, $B' = 175$ mm, $C = 25$ mm e $D' = 77$ mm si ricava per il valore 50-ennale orario $x_{1,50} = 70$ mm e per il valore 50-ennale per 24 ore $x_{24,50} = 158$ mm (fig. 1).

Per la funzione di distribuzione II si ha:

$$x_{1,T} = \exp \left\{ 1.14 \cdot \ln C - 0.14 \cdot \ln A + \frac{\ln \frac{A}{C}}{4.02} \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right] \right\}$$

$$x_{24,T} = \exp \left\{ 1.14 \cdot \ln D' - 0.14 \cdot \ln B' + \frac{\ln \frac{B'}{D'}}{4.02} \left[-\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right] \right\}$$

Con la medesima base di valori A , B' , C , e D' si ottiene $x_{1,50} = 66$ mm e $x_{24,50} = 152$ mm (fig. 2).

Secondo esempio

Per il sito in questione si vogliono ora derivare le cosiddette curve di possibilità pluviometrica.

Si richiede nuovamente la conoscenza di A , B' , C e D' , come pure del tipo di funzione di distribuzione.

Si calcolano poi le seguenti grandezze ausiliarie:

$$B = B'/24$$

$$D = D'/24$$

$$a = 0.315 \cdot \ln(B/A)$$

$$b = 0.315 \cdot \ln(D/C)$$

Da $y(T) = -\ln(-\ln(1-1/T))$, assumendo come valida la legge di distribuzione I:

$$i_{t,T} = C \cdot t^b + 0.248 (A \cdot t^a - C \cdot t^b) (y(T) - 0.577)$$

Adottando la legge di distribuzione II vale la formula:

$$i_{t,T} = C \cdot t^b \cdot \exp\left(0.248 \left(\ln \frac{A \cdot t^a}{C \cdot t^b}\right) (y(T) - 0.577)\right)$$

Così, in questo esempio si ottiene per l'intensità 50-ennale di durata pari a 24 ore il valore $i_{24,50} = 6.6$ mm/h (distribuzione I; cfr. fig. 3). Il dominio d'interpolazione e d'estrapolazione, definibile con l'ausilio della carta suppletiva, indica tra quali durate del diagramma di possibilità pluviometrica è ammissibile collegare linearmente i punti con pari tempo di ritorno. Nel caso sottoposto si può procedere all'interpolazione lineare già a partire da durate nell'ordine dei 10 minuti fino a giungere alle 24 ore.

Bibliografia

- [1] **Geiger, H. (1988):** Starkniederschlagskarten und -ganglinien als Dimensionierungsgrundlage für den Hochwasserschutz in der Schweiz. In: Intraprävent 1988, Band 4:7–28, Graz.
- [2] **Geiger, H., Stehli, A., Castellazzi, U. (1986):** Regionalisierung der Starkniederschläge und Ermittlung typischer Niederschlagsganglinien. In: Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr. 33:141–193, Bern.
- [3] **Grebner, D., Richter, K.G. (1990):** Gebietsniederschlag – Flächen-Mengen-Dauer-Beziehungen für Starkniederschläge. Geographisches Institut der ETH, Zürich.
- [4] **Weiss, L. (1964):** Ratio of true to fixed-interval maximum rainfall. Journal of the Hydraulics Division, HY 1, New York.
- [5] **Zeller, J., Geiger, H., Röthlisberger, G. (1976–1992):** Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Band 1–7, Birmensdorf.