

Idraulica e idrologia: Lezione 9

Agenda del giorno

- **Relazioni per la stima della portata al colmo;**
- **Tempo di corrivazione di un bacino;**
- **Metodo razionale.**

LINEA SEGNALATRICE DI PROBABILITA' PLUVIOMETRICA

La linea segnalatrice di probabilità pluviometrica fornisce una relazione fra

- altezze di pioggia

e

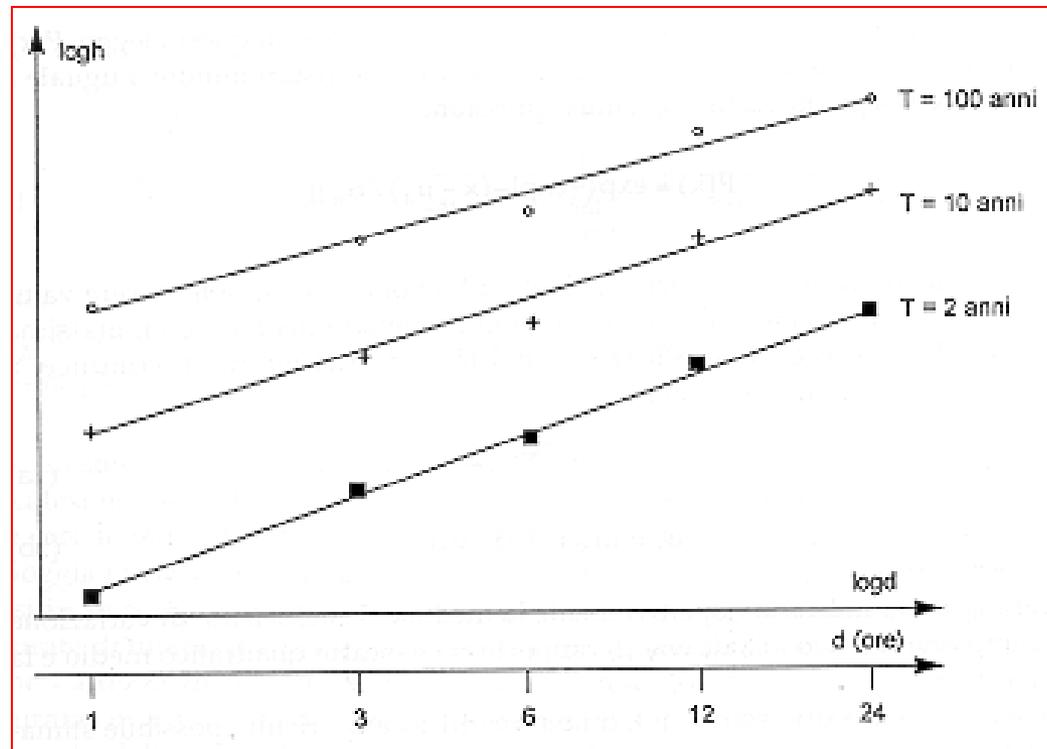
- durata di pioggia

per un assegnato tempo di ritorno

La forma normalmente accettata in Italia è:

$$h = at^n$$

dove a ed n variano con il tempo di ritorno



Relazioni per la stima della portata al colmo - 1

Poiché le osservazioni dell'altezza di pioggia sono generalmente di gran lunga più numerose di quelle di portata, sono state proposte diverse procedure per ricavare la stima della portata di piena con tempo di ritorno T dall'altezza di pioggia (ragguagliata) che corrisponde, nella curva segnalatrice di probabilità di pioggia, ad una durata t opportunamente scelta.

Queste procedure utilizzano la relazione

$$Q(T) = C \frac{A \cdot h_r(t, T)}{t}$$

dove:

$Q(T)$ = portata al colmo con tempo di ritorno T ,

A = area del bacino

$h_r(t, T)$ = altezza di pioggia ragguagliata con tempo di ritorno T corrispondente a durata t opportunamente fissata (*durata critica*)

C = coefficiente di deflusso.

Relazioni per la stima della portata al colmo - 2

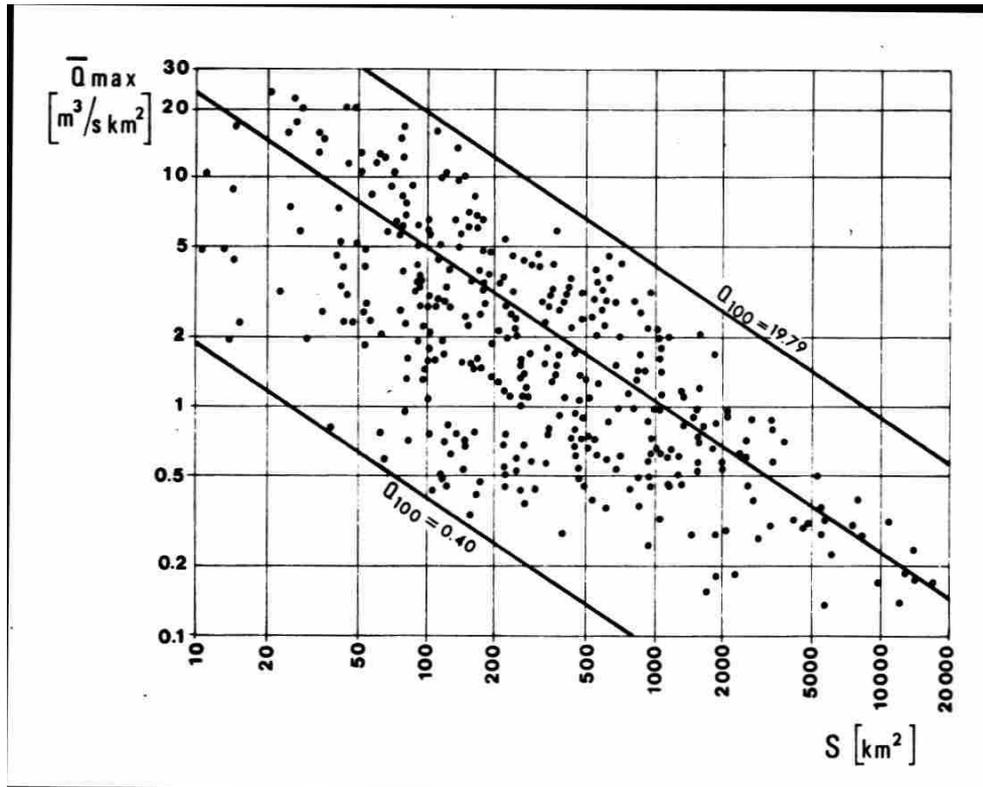
Si osservi che la relazione utilizzata per la stima della portata al colmo può anche essere riscritta nel modo seguente:

$$Q(T) = C \frac{A \cdot h_r(t, T)}{t}$$
$$\Rightarrow \frac{Q(T)}{A} = C \cdot i_r(t, T)$$

dove il rapporto $Q(T)/A$ indica la portata specifica di picco, e la funzione $i(t, T)$ indica l'intensità di pioggia dedotta dalla curva segnalatrice (si tratta di una funzione decrescente del tempo). Si evince quindi che la funzione $Q(T)/A$ decresce con il tempo t . Poiché, come si vedrà, il tempo t (detto di corrivazione) è funzione dell'area di bacino, è evidente che la portata specifica al picco, a parità di rarità (tempo di ritorno) decresce con l'area del bacino.

Relazioni per la stima della portata al colmo - 3

Il grafico riportato in figura conferma l'assunto dell'espressione utilizzata per la stima della portata al picco (la figura raccoglie i valori di portate massime specifiche, osservate sui corsi d'acqua italiani, ed espresse in funzione dell'area contribuyente).



La durata critica ed il tempo di corrivazione - 1

Numerose procedure, utilizzate per ricavare la stima della portata di piena con tempo di ritorno T dall'altezza di pioggia (ragguagliata), fanno uso del concetto di tempo critico e di **tempo di corrivazione**.

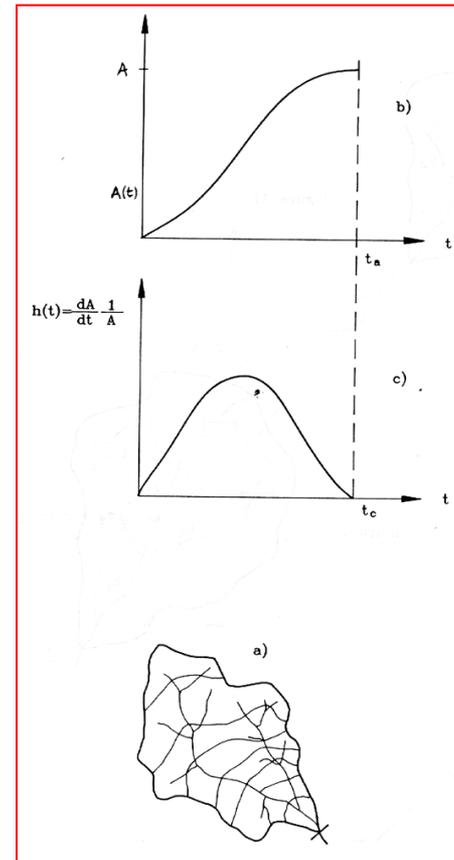
Il **tempo di corrivazione**, relativo ad un punto assegnato del bacino, è il tempo che impiega una goccia d'acqua che parte da quel punto per raggiungere la sezione di chiusura del bacino. Ad ogni punto del bacino corrisponde un particolare valore del tempo di corrivazione. Un punto particolare è quello idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, cioè il punto dello spartiacque da cui ha origine l'asta principale della rete idrografica. **Il tempo corrispondente a tale punto è il tempo di corrivazione più lungo, e prende nome di tempo di corrivazione del bacino.**

La durata critica ed il tempo di corrivazione - 2

Le linee che uniscono i punti del bacino con uguale tempo di corrivazione sono dette **linee isocorrive (vedi figura)**.



La conoscenza delle linee isocorrive consente di costruire la curva area-tempi del bacino, che è la curva che fa corrispondere ad un dato valore del tempo di corrivazione l'area totale di tutte le parti di bacino caratterizzate da tempi di corrivazione inferiori (figura, b e c).



Calcolo del tempo di corrivazione di bacino tramite formula di Giandotti - 1

Molto utilizzata in Italia per il calcolo del tempo di corrivazione di bacino è la formula di Giandotti (1934):

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{z}}$$

dove:

A= area del bacino (**km²**);

L= lunghezza dell'asta principale (**km**);

z= altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura (**m**).

L'espressione restituisce il valore del tempo di corrivazione di bacino in **ore**.

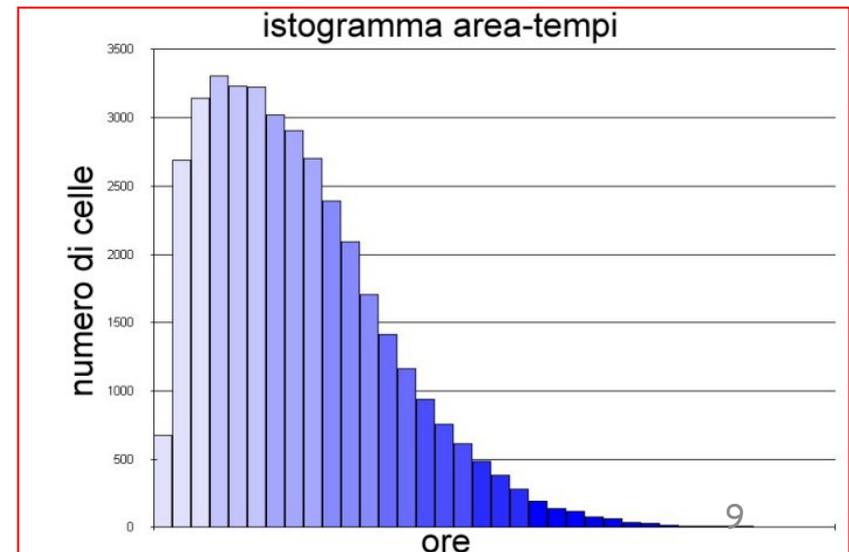
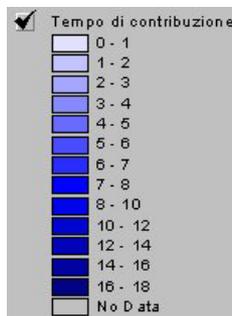
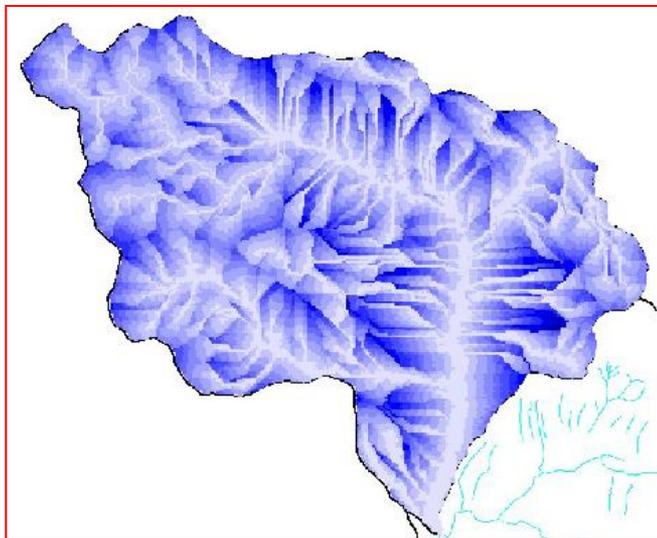
La formula di Giandotti è stata ricavata operando su bacini di notevole estensione. Non dovrebbe essere utilizzata per piccoli bacini (minori di 50 km²).

Tracciamento delle linee isocorrive tramite GIS

I moderni Sistemi Informativi Territoriali (SIT o GIS) consentono di calcolare automaticamente le linee isocorrive, e quindi anche il tempo di corrivazione di un bacino, a partire dalla morfologia definita in modo numerico (raster).

La procedura normalmente seguita si articola nei passi seguenti:

- Individuazione automatica del reticolo idrografico;
- Assegnazione di valori di velocità di propagazione in rete e sul versante;
- Calcolo dei tempi di corrivazione per ciascun elemento del bacino (vedi figura, dove i tempi di *contribuzione* - ovvero di *corrivazione* - sono in ore).



Metodo razionale - 1

Il metodo razionale è un procedimento particolarmente semplice ed efficace per il calcolo della portata di picco con assegnato tempo di ritorno, valido per bacini di piccola estensione (< 100-200 km²).

Il metodo razionale si fonda sull'uso della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica, e sulle seguenti ipotesi:

Ipotesi di base:

1. **Isofrequenza: piogge di tempo di ritorno T generano portate al picco di identico tempo di ritorno T;**
2. **A parità di tempo di ritorno T, la portata al colmo maggiore è quella determinata dall'evento di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione (che diventa quindi tempo critico);**
3. **La portata al colmo Q determinata da una pioggia di intensità costante e durata t_c è proporzionale al prodotto dell'intensità di pioggia raggugliata all'area e dell'area del bacino A, attraverso un coefficiente C che comprende l'effetto delle perdite per infiltrazione.**

La formula del metodo razionale è quella già vista in precedenza, e quindi con identico significato delle variabili.

$$Q(T) = C \frac{A \cdot h_r(t, T)}{t}$$

Metodo razionale: esempio di calcolo - 1

Le ipotesi su cui si fonda il metodo razionale approssimano solo grossolanamente la realtà, e per questo il metodo è accettabile solo per bacini di limitata estensione.

Il coefficiente C di deflusso può essere anche derivato sulla base del metodo CN-SCS.

Nell'applicazione del metodo si deve tener conto dei coefficienti dimensionali.

Esempio:

Determinare la portata al picco con tempo di ritorno pari a 20 anni per un bacino di area pari a 10 km², CN pari a 80 e tempo di corrivazione pari a 2 ore. Si consideri un valore di perdite iniziali pari a 0.1S.

La curva segnalatrice di probabilità pluviometrica, per tempo di ritorno pari a 20 anni, è la seguente:

$$h_{20} = 25 \cdot t^{0.4}$$

Metodo razionale: esempio di calcolo - 2

Sviluppo:

1. Calcolo della altezza di precipitazione,

$$h=25 \cdot 2^{0.4}=33.0 \text{ mm}$$

2. Calcolo del valore di coefficiente di deflusso c tramite il metodo dell'SCS.

$$S=254 \left(\frac{100}{80} - 1 \right) = 63.5 \text{ mm}$$

$$\text{perdite iniziali } I_a = 0.1 \cdot S = 6.3 \text{ mm}$$

$$\text{deflusso } P_e = 7.9 \text{ mm}$$

$$\text{coef di deflusso } c = P_e / h = 0.23$$

3. Calcolo della portata al picco tramite il metodo razionale

$$A = 10 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

$$t = 2 \text{ ore} = 2 \cdot 3600 \text{ sec}$$

$$h = 29.7 \text{ mm} = 29.7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$c = 0.2$$

$$Q = 0.23 \frac{10^4 \cdot 33.0}{2 \cdot 3.6 \cdot 10^3} = 10.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$