

5. TRASFORMAZIONE AFFLUSSI –DEFLUSSI

5.1. Il metodo razionale

Il metodo razionale è un procedimento particolarmente semplice ed efficace per calcolare la portata al colmo di piena Q con un tempo di ritorno T assegnato alla sezione di chiusura di un bacino.

Il metodo si fonda sull'utilizzo della curva di possibilità climatica della pioggia ragguagliata e sulle seguenti ipotesi:

- la portata al colmo di piena Q con assegnato tempo di ritorno è la maggiore, tra le portate al colmo di tutti gli eventi di piena a intensità costante ricavati dalla curva di possibilità climatica con tempo di ritorno T ;
- a parità di tempo di ritorno, la portata al colmo maggiore è prodotta dall'evento la cui durata è identica al tempo di corrivazione;
- la portata al colmo dell'evento di piena causato da una precipitazione ragguagliata rappresentata da uno ietogramma a intensità costante di durata t_c è proporzionale al prodotto fra l'intensità di pioggia ragguagliata i_r e l'area del bacino A .

La prima ipotesi risulta abbastanza aderente alla realtà, mentre la seconda e la terza assunzione possono giustificarsi schematizzando opportunamente il fenomeno della trasformazione afflussi – deflussi assumendo che le perdite siano proporzionali all'intensità di pioggia e che il tempo impiegato dall'acqua a raggiungere la sezione di chiusura dipenda soltanto dalla lunghezza del percorso compiuto.

La portata Q con tempo di ritorno T è quindi espressa con la relazione

$$Q = C i_r(t_c, t)A \quad (5.1)$$

nella quale C è il coefficiente di proporzionalità, i_c è l'intensità media di pioggia ricavata dalla curva di possibilità climatica con tempo di ritorno T per una durata uguale al tempo di corrivazione t_c , e A è l'area del bacino.

Il coefficiente di proporzionalità C tiene conto in primo luogo delle perdite, che, a differenza dell'assunzione precedentemente esposta, non manifestano una proporzionalità lineare con l'intensità di pioggia. Oltre a tener conto delle perdite, però, C svolge anche il ruolo di "coefficiente empirico correttivo".

In alcuni casi il coefficiente C tiene conto dell'effetto della precipitazione attraverso il suo tempo di ritorno T.

La copertura del bacino del Torrente Cenischia comprende zone in asfalto, zone in calcestruzzo o in laterizio oltre che aree coltivate, aree a pascolo e boschive con pendenza superiore al 7%.

Tab. 5.1. Valori del coefficiente C del metodo razionale per diversi tipi di superficie

Tipo di Superficie	Tempo di ritorno					
	10	20	50	100	200	500
Asfalto	0.81	0.855	0.9	0.95	0.975	1
Calcestruzzo, tetti	0.83	0.875	0.92	0.97	0.985	1
Coltivazioni	0.36	0.395	0.43	0.47	0.52	0.57
Pascoli (i>7%)	0.42	0.455	0.49	0.53	0.565	0.6
Boschi (i>7%)	0.41	0.445	0.48	0.52	0.55	0.58

5.2. Il modello cinematico o modello della corrivazione

E' un modello concettualmente semplice che descrive il deflusso di pioggia, e per la sua funzionalità risulta largamente utilizzato.

Il modello è stato introdotto formulando una serie di ipotesi sulle quali si basa:

- si ipotizza che la formazione della piena sia dovuta esclusivamente a un trasferimento di massa liquida;
- ogni goccia d'acqua si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso che dipende esclusivamente dal luogo in cui è caduta;
- la velocità delle gocce non è influenzata da altre gocce (in realtà, invece, il tempo di corrivazione dipende dalla profondità d'acqua e dal grado di saturazione del terreno, per cui varia a seconda dell'intensità dell'evento e della stagione);

- la portata alla sezione di chiusura è ottenuta sommando tra loro le portate elementari, provenienti dalle diverse parti del bacino, che si presentano allo stesso istante alla sezione di chiusura.

La prima ipotesi implica che all'interno del bacino siano esclusi fenomeni di invaso, mentre la seconda ipotesi equivale ad assumere che il tempo di corrivazione di un qualsiasi punto del bacino sia una costante. L'ultima ipotesi, unita alle due precedenti, equivale ad assumere che il modello sia lineare e stazionario [1].

Immaginiamo ora di essere a conoscenza del tempo di corrivazione di ogni punto del bacino, che assumiamo costante durante tutto l'evolversi del fenomeno indipendentemente dalle portate defluenti.

I punti del bacino aventi egual tempo di corrivazione individuano una linea isocorriva; fissando un intervallo di tempo elementare Δt , si prendono in considerazione le linee isocorrive aventi tempo di corrivazione uguale a un multiplo di Δt e si indicano con A_1, A_2, \dots, A_N le aree delle porzioni di bacino comprese, rispettivamente, tra le isocorrive con tempo di corrivazione zero e $\Delta t, \Delta t$ e $2 \Delta t$ e così via fino all'area compresa tra le isocorrive $(N-1) \Delta t$ e $N \Delta t$.

Si rappresenta inoltre l'intensità di precipitazione, che si suppone uniformemente distribuita sull'intera superficie del bacino, discretizzandola secondo intervalli di tempo Δt , immaginando cioè che in ogni intervallo di ampiezza Δt la precipitazione presenti un valore costante i_1, i_2, \dots, i_N [1].

Si prenda come punto di partenza la precipitazione (si intenda la pioggia netta) che ha luogo nel primo intervallo di tempo e si consideri il solo contributo dell'area A_1 . Si osserva che il deflusso alla sezione di chiusura del bacino si manifesta al primo istante dell'evento di pioggia ed è dovuto alla pioggia caduta immediatamente a monte della sezione. Si ha quindi che la portata alla sezione di chiusura cresce gradualmente fino all'istante Δt , in cui la totalità dell'area A_1 fornisce un contributo; trascorso l'istante Δt la portata della sezione di chiusura è destinata a decrescere per annullarsi del tutto all'istante $2 \Delta t$. L'idrogramma che rappresenta l'andamento nel tempo della portata parziale corrispondente alla sola pioggia caduta nell'intervallo di tempo $(0, \Delta t)$ viene tradizionalmente rappresentato come un triangolo isoscele di base $2 \Delta t$ e altezza Q_{\max} .

Gli idrogrammi parziali generati dalla precipitazione relativa al primo intervallo di tempo ma corrispondenti alle diverse aree A_2, A_3, \dots, A_N , hanno ancora la forma di triangolo isoscele ma risultano ritardati di $(i-1) \Delta t$ se i è l'indice relativo all'area considerata [1].

Le deduzioni fin qui elaborate possono essere ragionevolmente estese agli intervalli di tempo successivi.

L'idrogramma parziale generato dalla precipitazione di intensità i_1 , che nell'intervallo di tempo con inizio all'istante $(i-1) \Delta t$ e fine all'istante $i \Delta t$ cade sull'area A_j delimitata dalle isocorriva con tempo di corrivazione $(j-1) \Delta t$ e $j \Delta t$, è costituito da un triangolo isoscele, con base lunga $2 \Delta t$ [1].

L'idrogramma parziale inizia all'istante $(i+j-2) \Delta t$ e ha termine all'istante $(i+j) \Delta t$. Il volume d'acqua caduto sulla superficie di area A_j nell'intervallo di tempo Δt è uguale a $i_1 \Delta t A_j$. Il volume defluito nella sezione di chiusura nell'intervallo compreso tra l'istante $(i+j-2) \Delta t$ e l'istante $(i+j) \Delta t$ equivale, data la forma triangolare dell'idrogramma, a $q_{ij} \Delta t$. Applicando l'equazione di continuità, e quindi eguagliando i due volumi, si ottiene

$$q_{ij} = i_1 A_j. \quad (5.1)$$

L'idrogramma complessivo è ottenuto applicando il principio della “sovrapposizione degli effetti”, cioè sommando tutti gli idrogrammi parziali corrispondenti alle precipitazioni che nei diversi intervalli di tempo cadono sulle diverse aree in cui si è suddivisa l'area totale del bacino. In Tab. 5.3. è riportato lo schema tradizionale di calcolo per il modello della corrivazione nel caso di una precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione; la portata totale alla sezione di chiusura per un dato istante si ottiene come sommatoria delle portate parziali di ciascuna riga.

Tab. 5.2. Schema di calcolo per il modello di corrivazione

Tempi Aree	A₁	A₂	A₃	A₄	A₅
Δt	A₁i₁	-	-	-	-
2Δt	A₁ i₂	A₂ i₁	-	-	-
3Δt	A₁ i₃	A₂ i₂	A₃ i₁	-	-
4Δt	A₁ i₄	A₂ i₃	A₃ i₂	A₄ i₁	-
5Δt	A₁ i₅	A₂ i₄	A₃ i₃	A₄ i₂	A₅ i₁
6Δt	-	A₂ i₅	A₃ i₄	A₄ i₃	A₅ i₂
7Δt	-	-	A₃ i₅	A₄ i₄	A₅ i₃
8Δt	-	-	-	A₄ i₅	A₅ i₄
9Δt	-	-	-	-	A₅ i₅
10Δt	-	-	-	-	-

La determinazione dell'idrogramma di piena non richiede il tracciamento delle curve isocorrive per i vari tempi di corrivazione, dal momento che risulta sufficiente la conoscenza della curva ipsografica, definita per il Torrente Cenischia nel capitolo precedente. I valori delle aree parziali vengono da essa ricavati secondo il criterio per il quale le isocorrive possono confondersi con le isoipse, ovvero suddividendo il dislivello totale del bacino per il tempo di corrivazione.

E' semplice verificare che il massimo di portata totale alla sezione di chiusura dovuta a una precipitazione uniformemente distribuita su tutto il bacino e di intensità costante nel tempo cresce al crescere della durata di precipitazione, raggiungendo il massimo quando la precipitazione ha durata uguale al tempo di corrivazione del bacino.

Il modello cinematico, nella forma sinora esposta, può essere efficacemente utilizzato per determinare l'idrogramma di piena per eventi di precipitazione non solo difforni nel tempo, ma anche nello spazio, purché uniformemente distribuiti nell'area compresa tra due isocorrive.

5.3. Caratteristiche del modello utilizzato

Il modello realizzato con il *software Matlab* sfrutta la capacità di realizzare elaborazioni di immagini estraendo da esse valori numerici o variabili statistiche. Il punto di partenza che ha permesso di sviluppare il modello è la creazione di una matrice che, per ogni punto (corrispondente a una certa superficie di bacino e dotato di coordinate cartesiane), contenga il valore della quota topografica. Ciò è stato possibile mediante la seguente sequenza di operazioni:

1. Digitalizzazione di una carta topografica del bacino (non troppo dettagliata, è sufficiente la cartografia in scala 1:25000);
2. Attribuzione, mediante un *software* di grafica, a ogni area compresa tra due isoipse di un valore riconoscibile dal *software Matlab* (nel caso in questione gli è stato attribuito un colore, per l'esattezza un tono di grigio, con valore di saturazione proporzionale al valore di quota rappresentato);
3. Lettura da parte del *software* dell'immagine così ottenuta (una serie di gradini di diverso tono); si ottiene una matrice con un valore del tono di grigio per ogni elemento della matrice;
4. Filtraggio della matrice così ottenuta in modo da mediarne i valori, così da eliminare i gradini di grigio ottenendo una distribuzione più omogenea e realistica.
5. Utilizzare la correlazione esistente tra tono di grigio e quota topografica per ottenere una matrice che contiene, per ogni elemento della matrice, la quota topografica.

La matrice così ottenuta è visualizzabile in 3 dimensioni, rendendo l'idea della forma del bacino del Torrente Cenischia (Fig. 5.1).

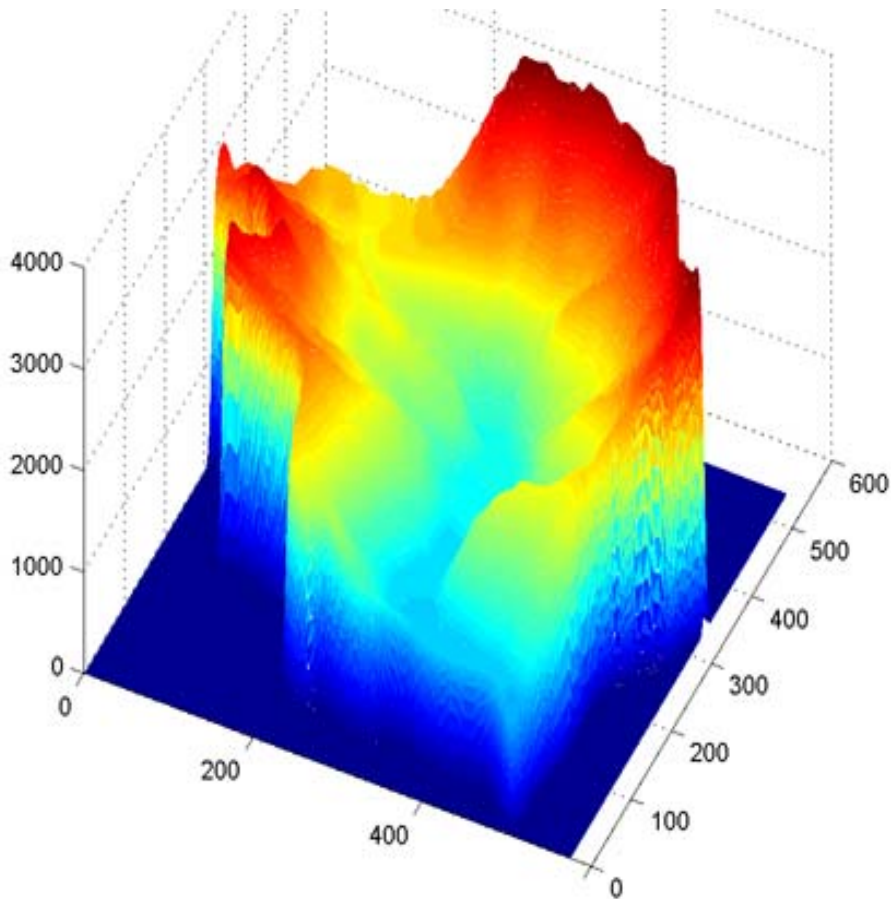


Fig. 5.1. Modello in 3D del bacino del Torrente Cenischia

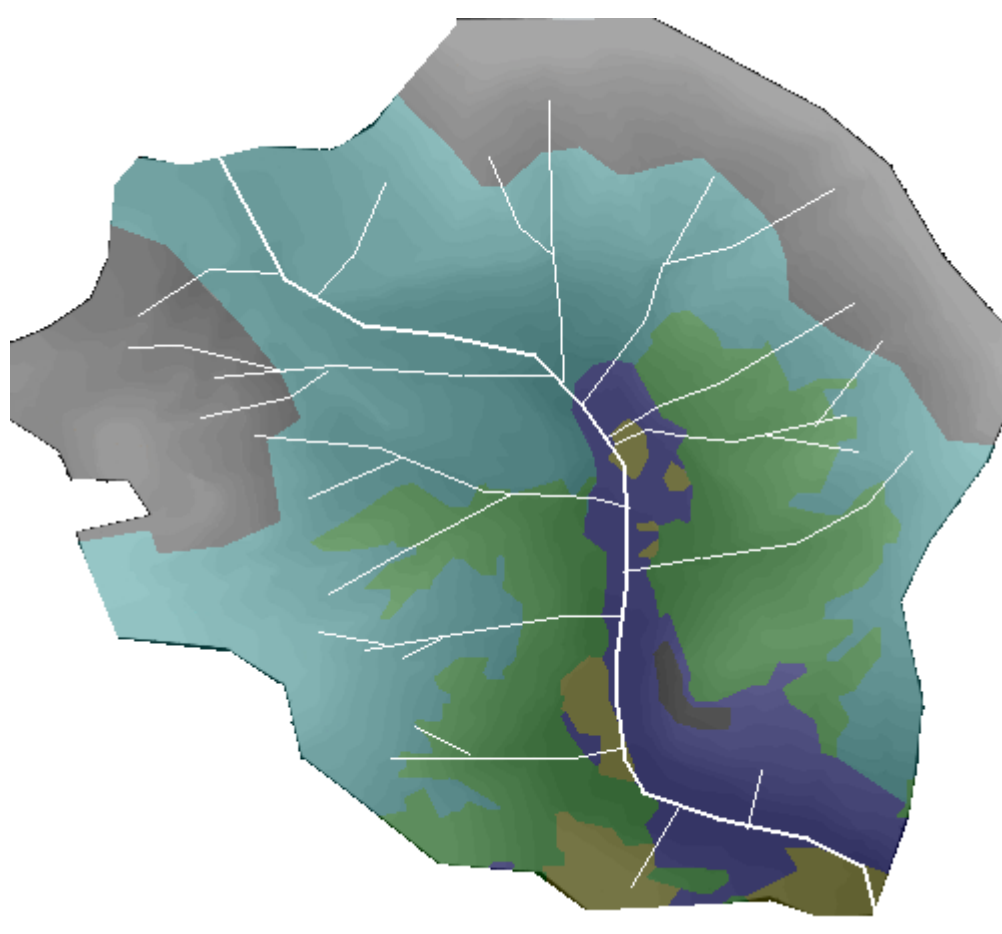
Dividendo l'area totale del bacino, il cui valore stimato è di 89 km², per il numero delle celle non vuote della matrice sopra rappresentata, si ottiene la superficie che ogni elemento della matrice rappresenta.

$$A_{\text{elemento}} = \frac{A_{\text{tot, bacino}}}{N^{\circ} \text{celle} \neq 0} \quad (5.2)$$

Il tempo di corrivazione del bacino del Torrente Cenischia è ottenuto dalla media pesata dei tempi di corrivazione, attribuendo un peso del 25 % alla formula di Giandotti e pesi equivalenti per le restanti formulazioni; il suo valore stimato risulta di 2.53 h pari a 152 minuti primi.

Ora è noto, per ogni punto del bacino, il relativo tempo di corrivazione, per cui è possibile attribuire a ciascun elemento della matrice un qualsivoglia valore di precipitazione.

Il secondo problema consiste nell'attribuire, a ciascun elemento della matrice, un valore del coefficiente di proporzionalità C, che dipende dall'uso del suolo e, in misura minore, dalla pendenza del versante in quel punto e dal tempo di ritorno. Tale coefficiente esprime la quota parte di precipitazione che non si perde in evapotraspirazione e non si infiltra nel terreno. Nel caso in questione il problema è abbastanza semplice, perché nel bacino sono prevalenti cinque categorie di suolo (urbano, coltivi pianeggianti, pascoli con pendenza >7% e roccia con alte pendenze). E' stato quindi sufficiente, per avere una idea del coefficiente di proporzionalità C, esaminare una foto aerea e delimitare le aree relative a ciascun uso del suolo.



LEGENDA

Yellow	Urbano
Grey	Roccia
Blue	Coltivi
Green	Boschi
Cyan	Pascoli

Fig. 5.2. Carta dell'uso del suolo nel bacino del T. Cenischia

A questo punto è possibile, per un certo tempo di ritorno, attribuire un valore del coefficiente di proporzionalità C a ciascuna tipologia di suolo, di modo da avere tutti i dati necessari per la determinazione dell'idrogramma di piena.

Ora si è a conoscenza delle intensità di pioggia ragguagliate per i vari tempi di ritorno, del coefficiente di proporzionalità C per ogni punto del bacino; inoltre si conosce il tempo di corrivazione del bacino e la superficie che compete a ciascun elemento della matrice, per cui si hanno a disposizione tutti i dati che consentono di valutare gli idrogrammi di piena.

5.4. Determinazione degli idrogrammi di piena

L'obiettivo del programma che ho sviluppato utilizzando il *software Matlab* è quello di associare, a ogni punto del bacino, un valore di intensità di precipitazione. Conoscendo di tale punto sia la quota (e quindi il tempo di corrivazione) sia il coefficiente che trasforma le piogge lorde in piogge nette, è possibile determinare un valore di portata che giunge alla sezione di chiusura. Se l'evento di precipitazione coinvolge contemporaneamente tutta l'area del bacino oltre centocinquantamila punti forniscono il loro contributo. La somma degli effetti dell'evento pluviometrico su ciascun punto concorre a definire l'idrogramma di piena simile in tutto e per tutto a quelli ricavati dalla curva tempi - aree, ma con il vantaggio di poter simulare l'evento di precipitazione in funzione del tempo e dello spazio.

Gli idrogrammi di piena presentati nelle figure seguenti si riferiscono a una precipitazione costante nel tempo, di durata pari al tempo di corrivazione, con intensità determinata dalle curve di possibilità pluviometrica relative ai tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100, 200 e 500 anni.

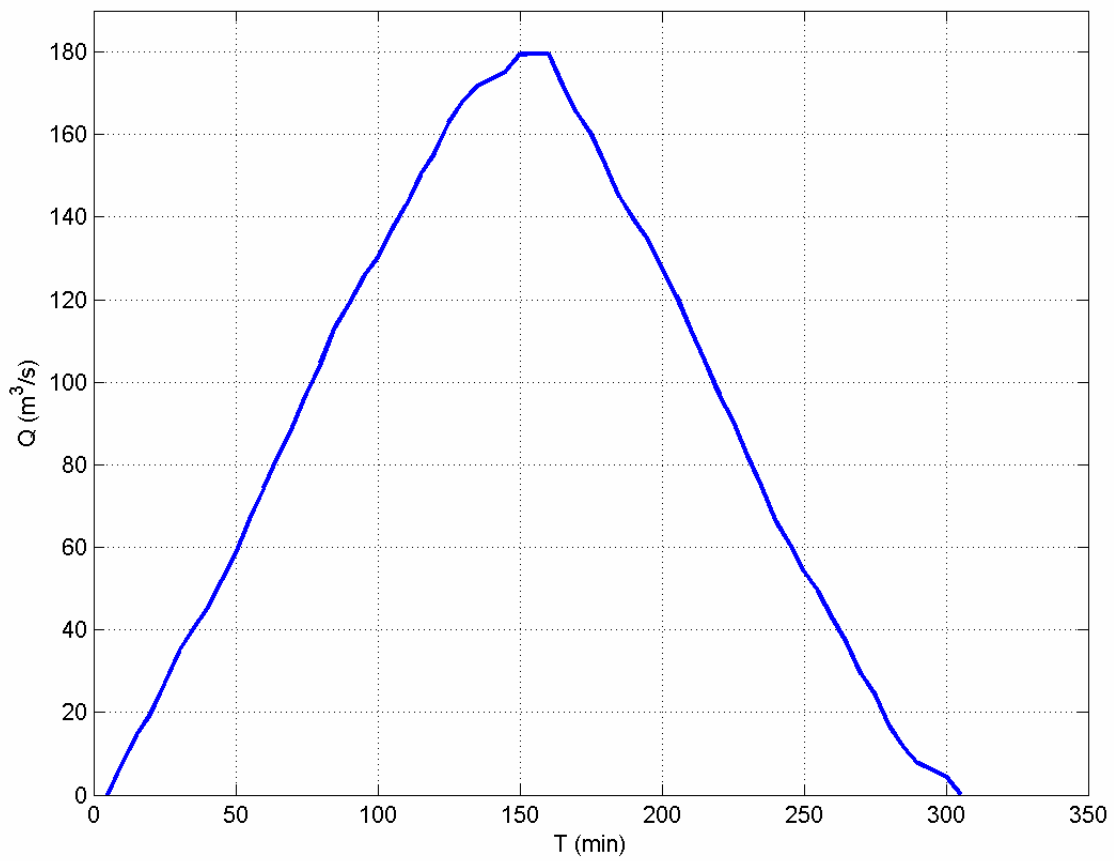


Fig. 5.3. Idrogramma di piena alla sezione di chiusura del Torrente Cenischia per un tempo di ritorno di 10 anni

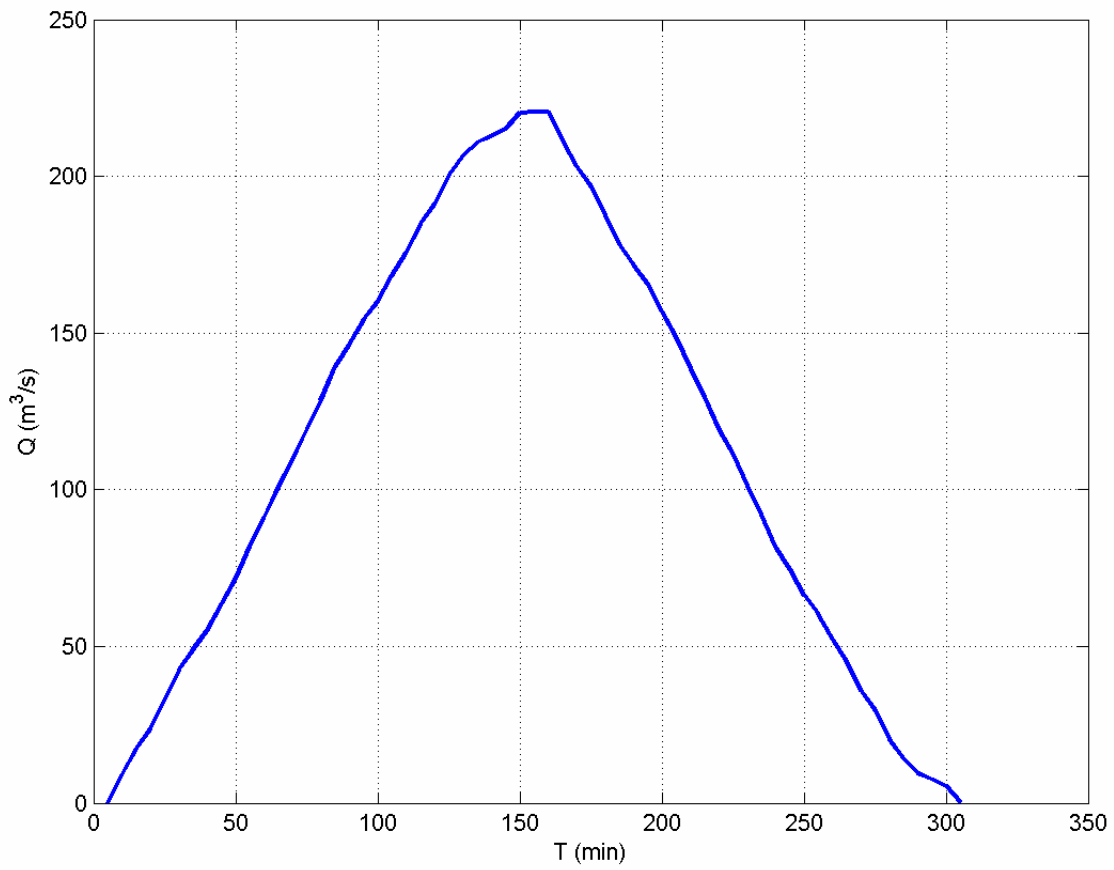


Fig. 5.4. Idrogramma di piena alla sezione di chiusura del Torrente Cenischia per un tempo di ritorno di 20 anni

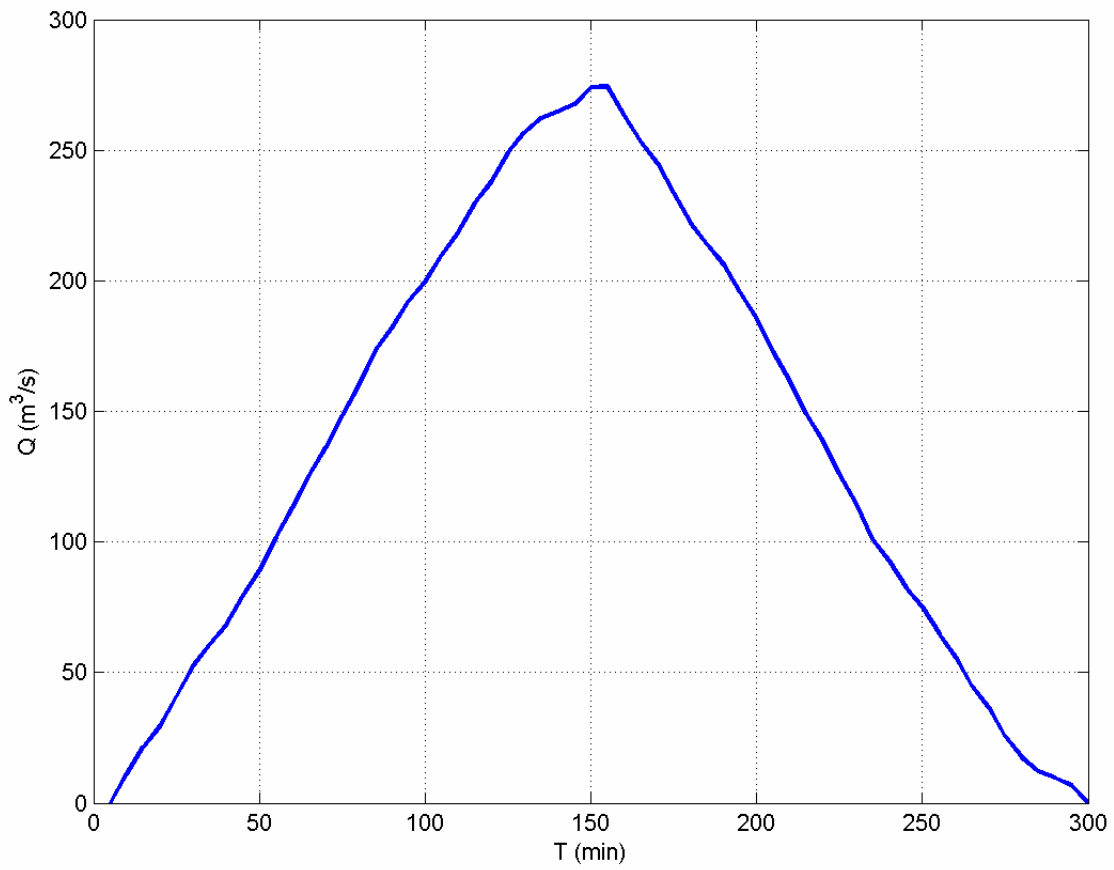


Fig. 5.5. Idrogramma di piena alla sezione di chiusura del Torrente Cenischia per un tempo di ritorno di 50 anni

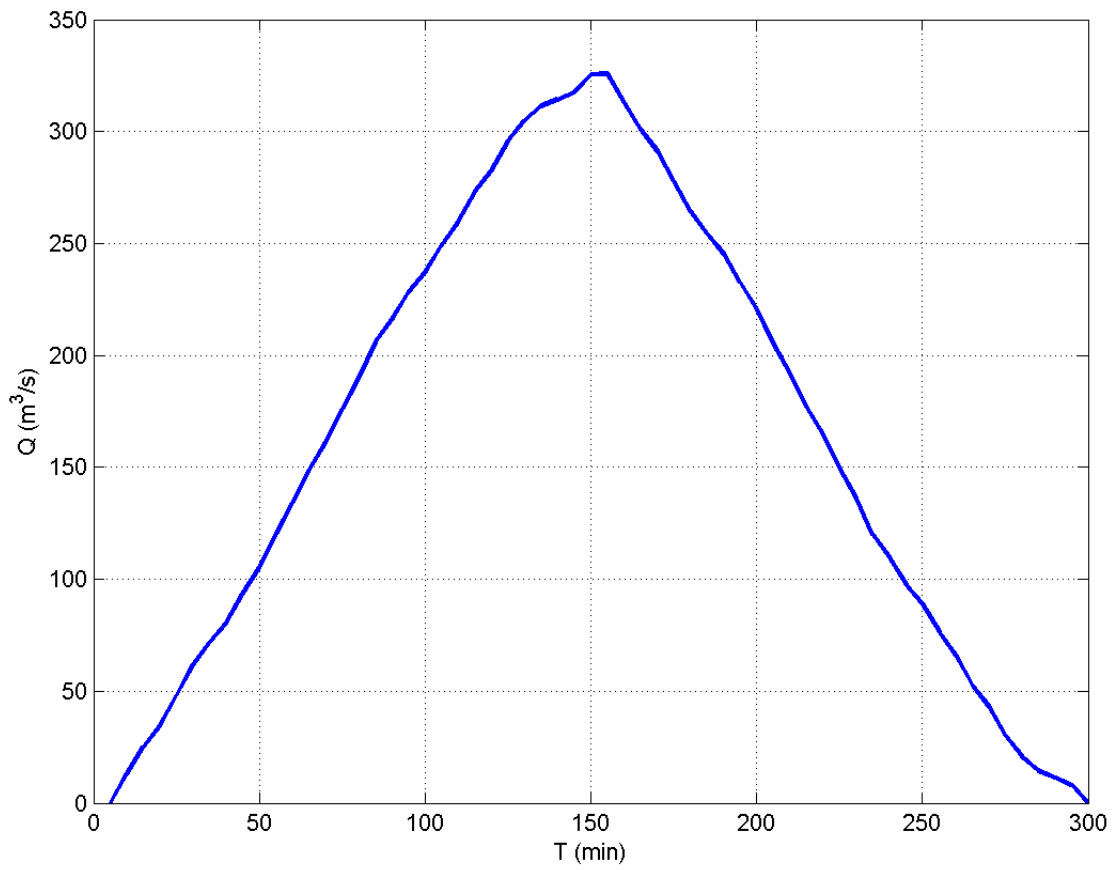


Fig. 5.6. Idrogramma di piena alla sezione di chiusura del Torrente Cenischia per un tempo di ritorno di 100 anni

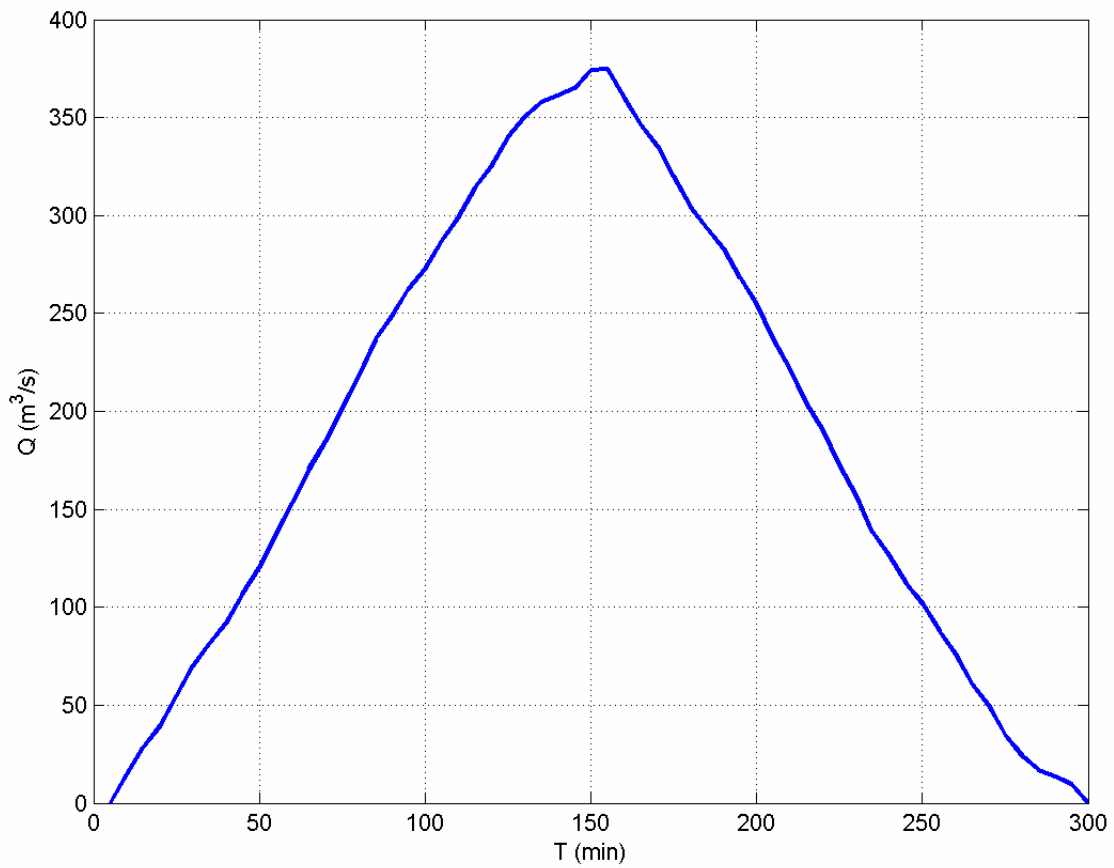


Fig. 5.7. Idrogramma di piena alla sezione di chiusura del Torrente Cenischia per un tempo di ritorno di 200 anni

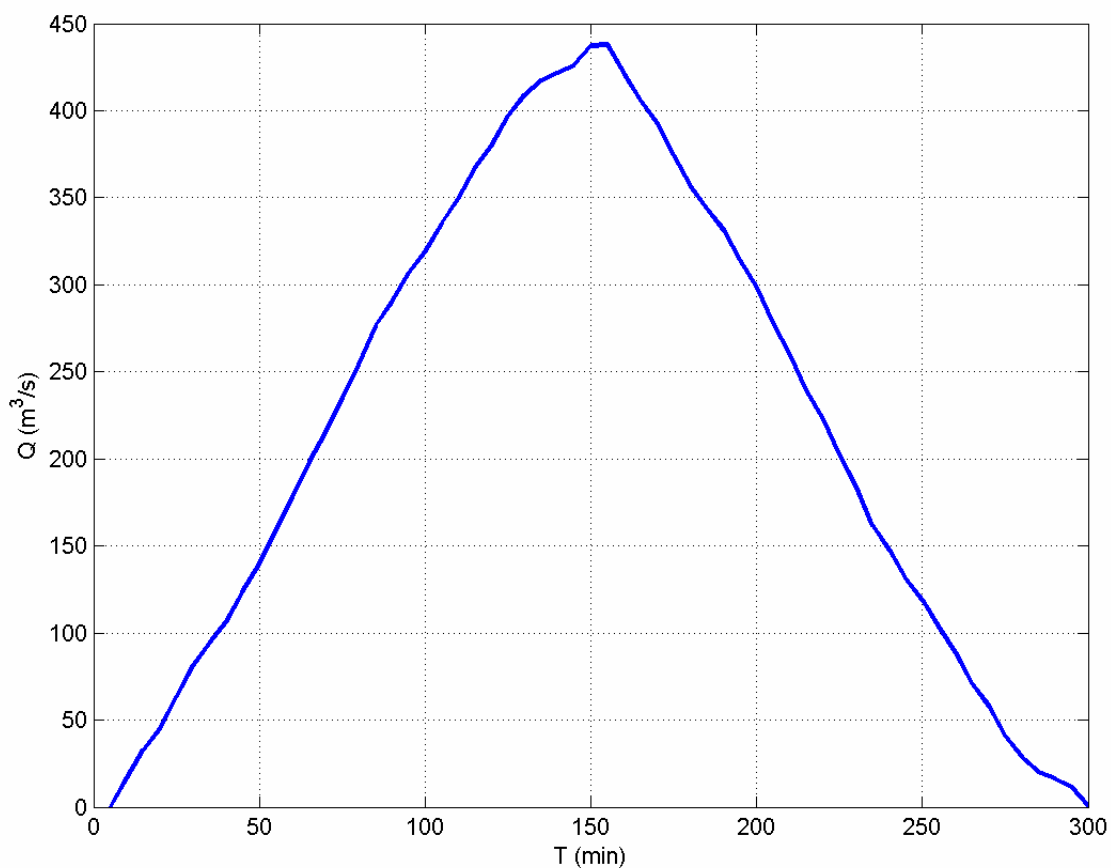


Fig. 5.8. Idrogramma di piena alla sezione di chiusura del Torrente Cenischia per un tempo di ritorno di 500 anni

Si riporta in Tab 5.4. il valore di portata massima transitante per la sezione di chiusura posta all'immissione del Cenischia nella Dora Riparia, per i diversi tempi di ritorno.

Tab. 5.3. Portata massima del Torrente Cenischia alla sezione di chiusura in funzione del tempo di ritorno

Tempo di ritorno (anni)	Portata massima defluita per la sezione di chiusura (m ³ /s)
10	180
20	220
50	275
100	330
200	375
500	440

Viene riportato inoltre, in Tab 5.4, il volume totale che defluisce attraverso la sezione di chiusura in funzione del tempo di ritorno.

Tab. 5.4. Volume totale defluito dalla sezione di chiusura all'immissione del Torrente Cenischia in Dora Riparia

Tempo di ritorno (anni)	Volume defluito per la sezione di chiusura (m ³)
10	1 450 000
20	1 659 000
50	2 065 000
100	2 455 000
200	2 825 000
500	3 304 000

5.5. Idrogrammi di piena dei sottobacini

Utilizzando il programma elaborato con il *software Matlab* è stato possibile, con l'ausilio di fotografie aeree, delimitare le aree che competono ai diversi sottobacini. Una volta separate le suddette aree è quindi possibile valutare singolarmente il comportamento di ogni singolo sottobacino. Nel capitolo precedente, relativo allo studio delle caratteristiche del bacino idrologico e dei sottobacini che lo compongono, è stata riportata per ogni sottobacino l'area e il tempo di corrivazione. Conoscendo le quote dei punti facenti parte dei sottobacini, utilizzando la stessa matrice descritta nel par. 5.4., e i coefficienti che esprimono le perdite del bacino, già definiti, è quindi possibile definire l'idrogramma di piena del singolo sottobacino seguendo un procedimento analogo a quello svolto per l'idrogramma di piena complessivo.

Gli idrogrammi di piena parziali, sommati, danno luogo all'idrogramma di piena della sezione di chiusura.

In questa sezione viene presentato un esempio degli idrogrammi di piena per tempo di pioggia uguale al tempo di corrivazione (per un tempo di ritorno di 10 anni); si è preferito non mostrare tutti gli idrogrammi parziali in quanto poco significativi per durate di pioggia così elevate; essi risulteranno più utili nei prossimi paragrafi per valutare il comportamento dei singoli bacini nei confronti di eventi di pioggia particolarmente concentrati nel tempo.

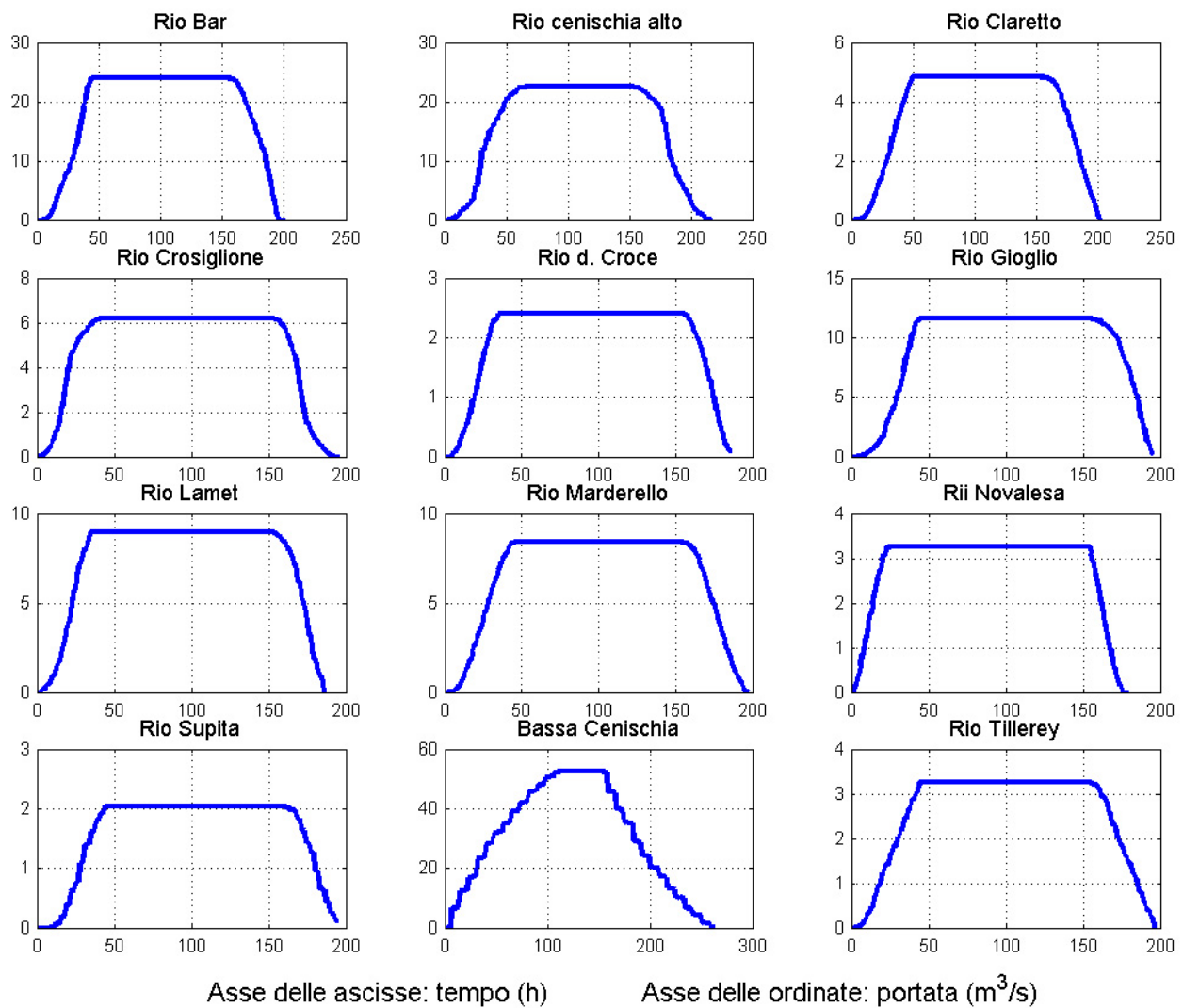


Fig. 5.9. Idrogrammi di piena relativi ai sottobacini del T. Cenischia per $T_r=10$ anni

Come è possibile notare dal diagramma in Fig. 5.9, tutti i bacini hanno un tempo di corrvazione minore del tempo di pioggia, perciò il massimo di portata permane per diversi minuti in ogni bacino. I diagrammi mantengono lo stesso andamento per i restanti tempi di ritorno, per questo motivo riportarli è risultato superfluo.

5.6. Idrogrammi di piena del T. Cenischia per precipitazioni variabili nel tempo

In questa breve sezione viene testato il comportamento del T. Cenischia nel caso in cui esso sia sottoposto a una precipitazione unimodale, con il massimo posto in corrispondenza della metà del tempo di corrivazione e durata pari al tempo di corrivazione; l'altezza di precipitazione finale si mantiene equivalente a quella che si avrebbe in caso di precipitazione costante, nel rispetto del tempo di ritorno.

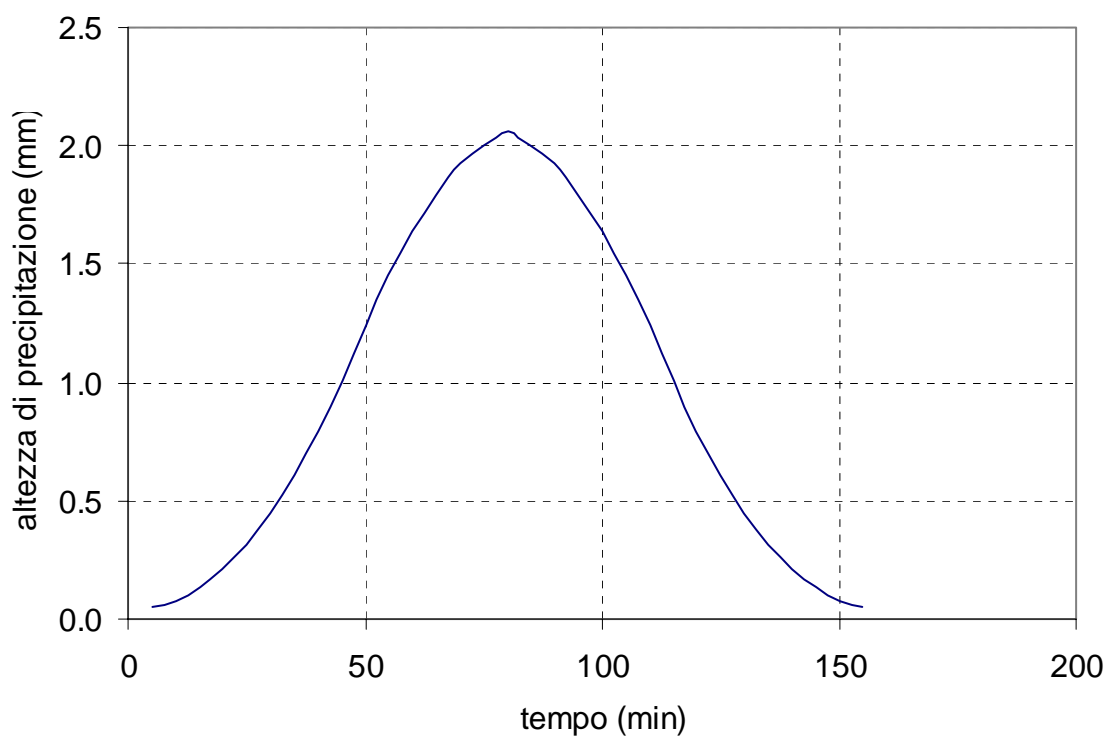


Fig. 5.10. Esempio di precipitazione ad andamento unimodale per tempo di ritorno di 10 anni

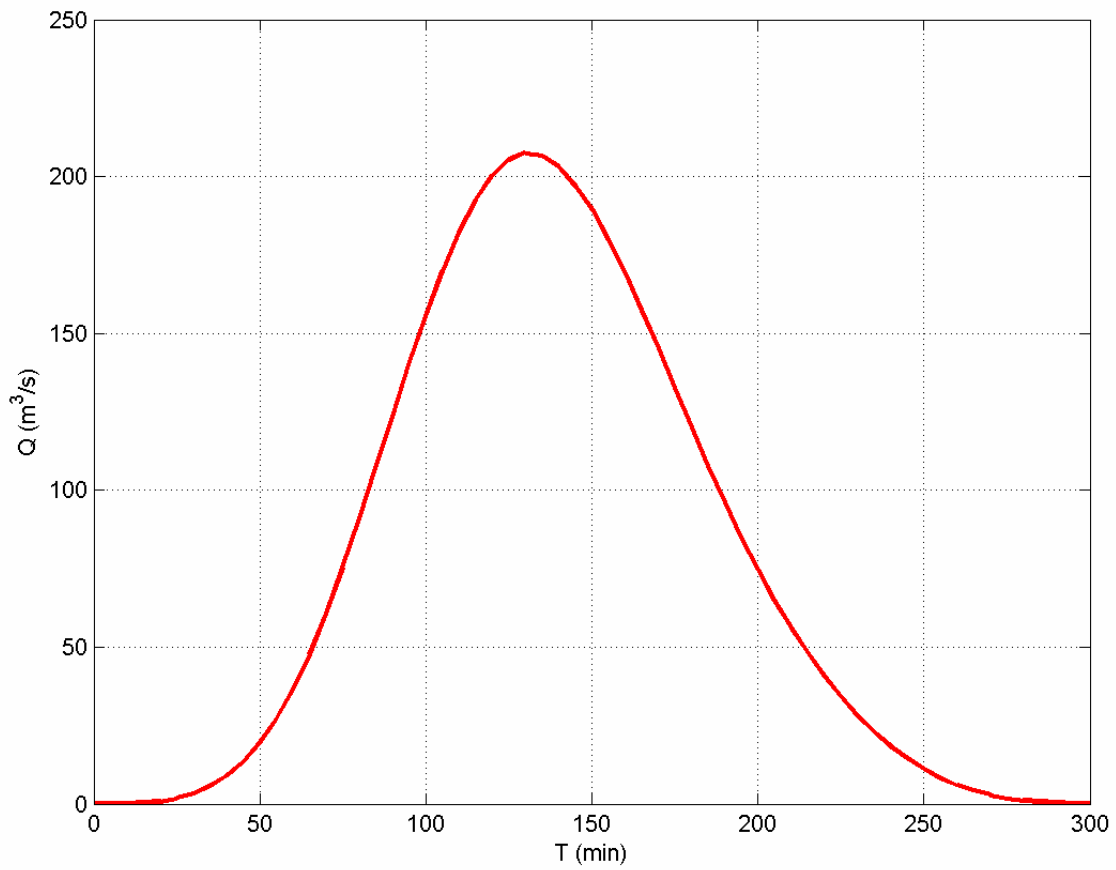


Fig. 5.11. Idrogramma di piena del T. Cenischia nel caso di precipitazione unimodale con tempo di ritorno di 10 anni

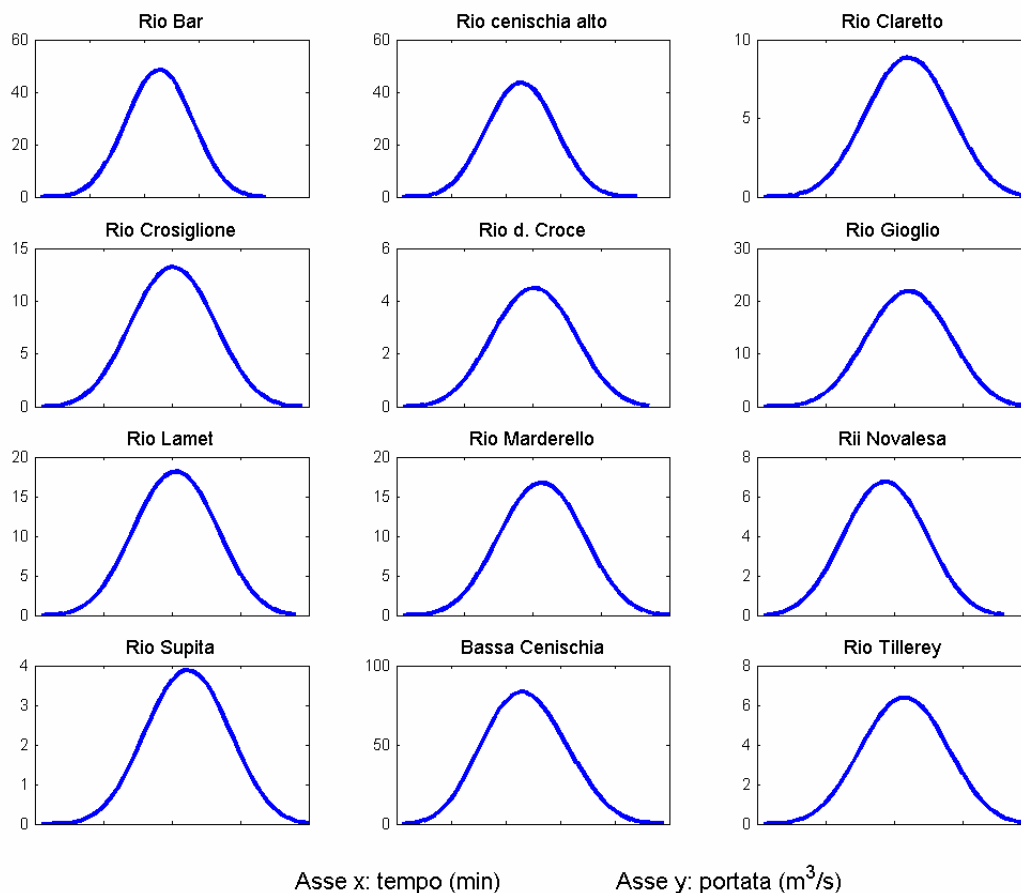


Fig. 5.12. Idrogrammi di piena dei sottobacini del T. Cenischia per una precipitazione ad andamento unimodale con tempo di ritorno di 10 anni

Per completezza, viene riportato l'andamento delle portate nel tempo per una precipitazione analoga ma con un tempo di ritorno di 100 anni; ciò può risultare utile come idrogramma di progetto nel caso si abbia l'intenzione di valutare il funzionamento di un'opera di mitigazione delle piene, come ad esempio una serie di vasche di laminazione.

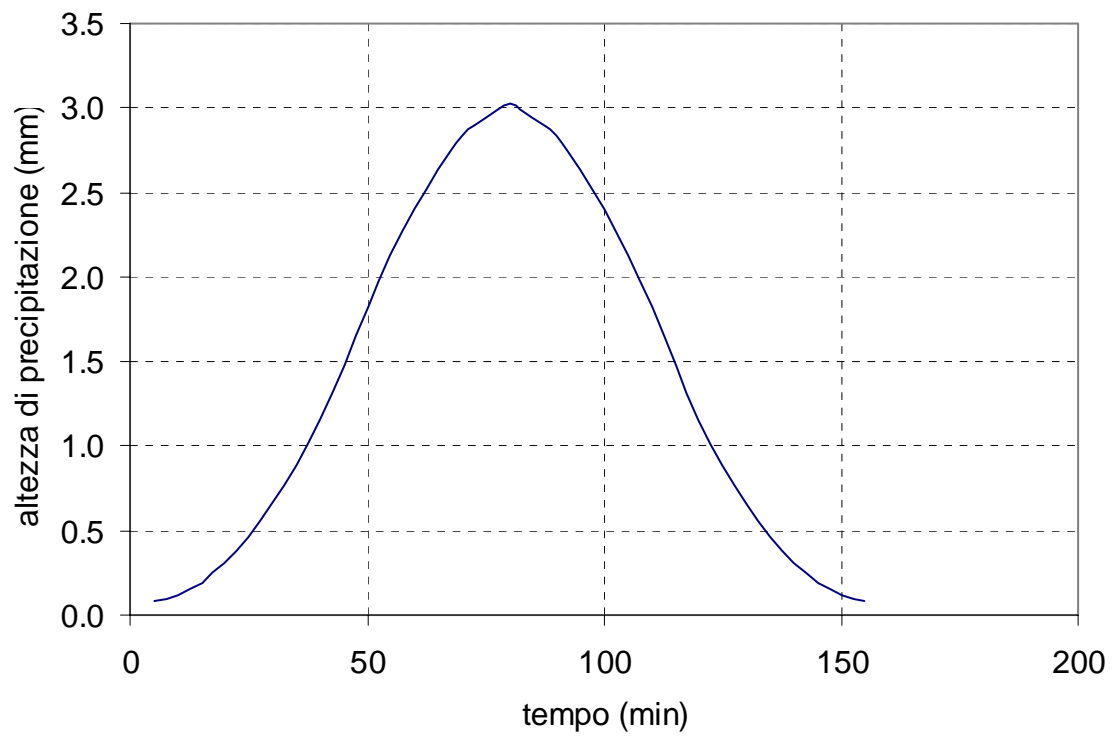


Fig. 5.13. Ietogramma relativo a un evento di precipitazione con picco centrale con tempo di ritorno di 100 anni

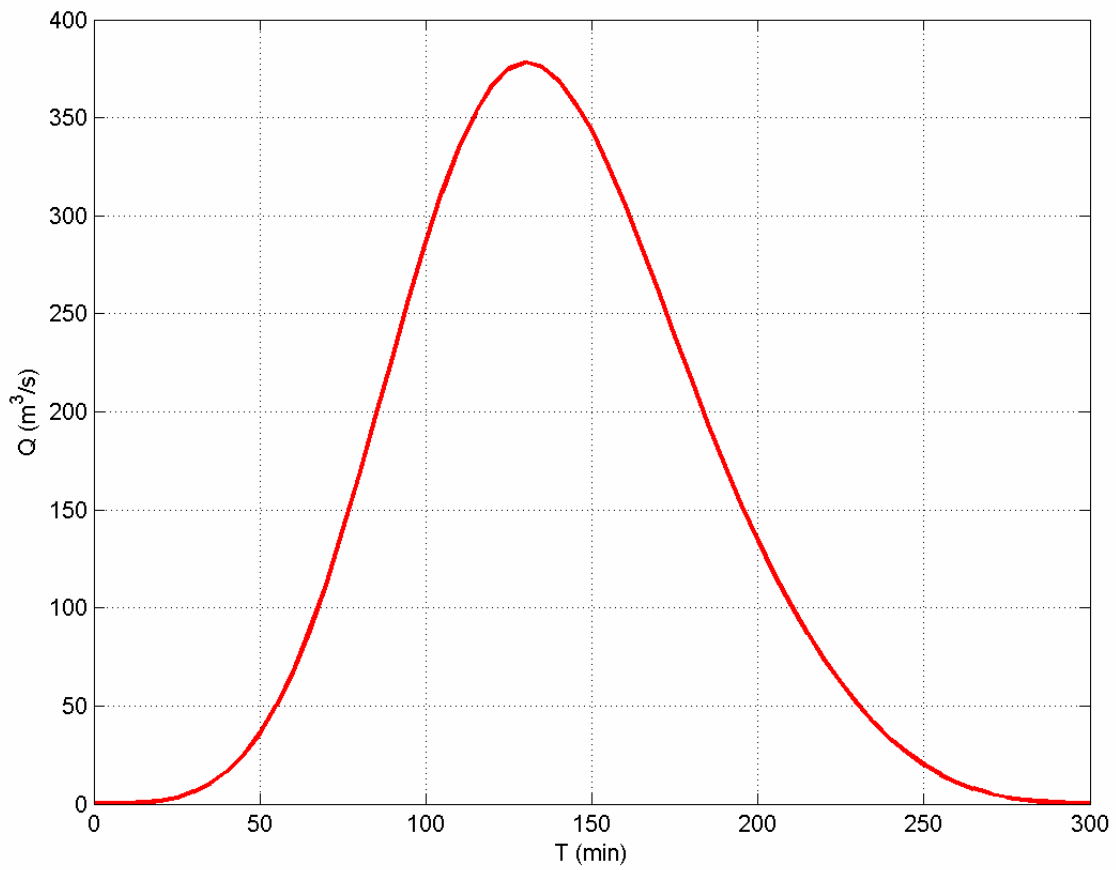


Fig. 5.14. Idrogramma di piena del T. Cenischia alla sezione di chiusura per una precipitazione unimodale con tempo di ritorno di 100 anni

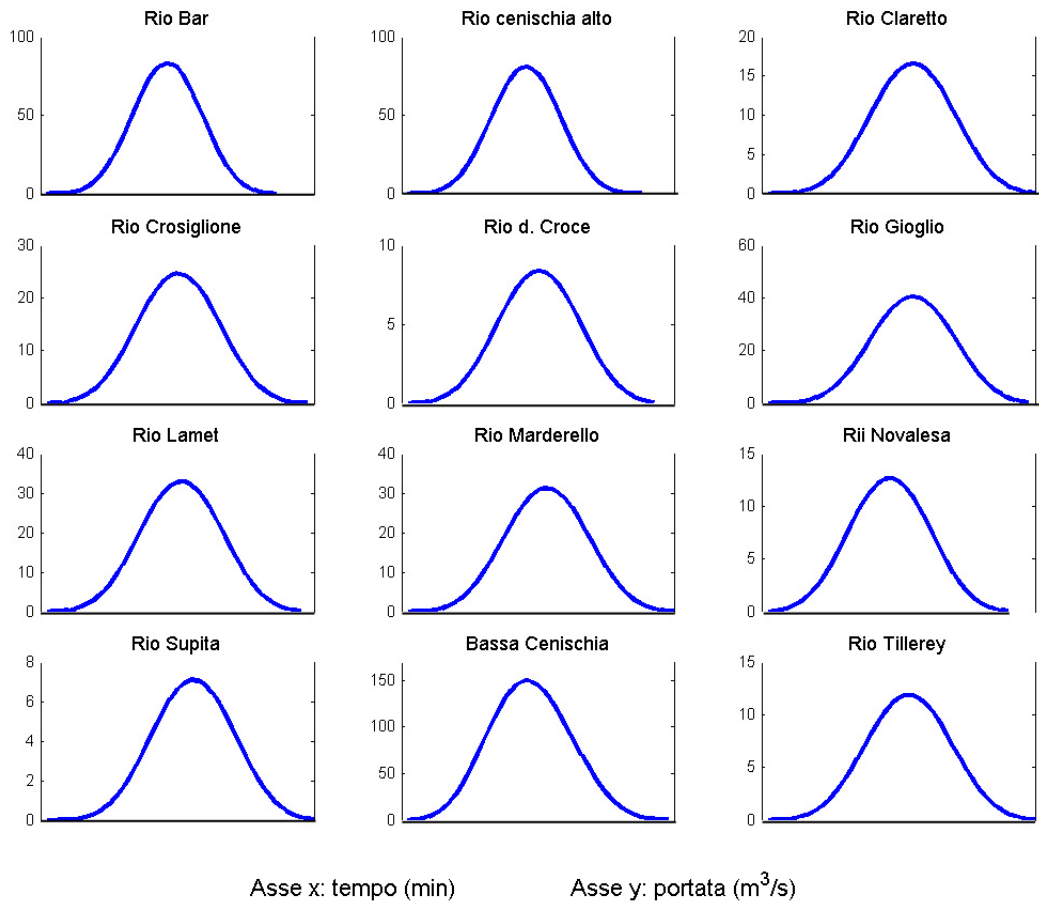


Fig. 5.15. Idrogrammi di piena dei sottobacini del T. Cenischia nel caso di precipitazione unimodale con tempo di ritorno di 100 anni

Ipotizzando una distribuzione unimodale del tipo appena illustrato si è notato come il massimo di portata sia sensibilmente maggiore rispetto al caso della precipitazione costante per tutta la durata della precipitazione; in particolare, per un tempo di ritorno di dieci anni si registra un aumento di portata di oltre il 30 %, da 160 a 210 m³/s; per un tempo di ritorno di cento anni l'aumento è di quasi il 40 %, da 270 a 378 m³.

5.7. Precipitazioni difformi nel tempo e nello spazio

L'utilizzo del *software Matlab* ha consentito una estensione del modello cinematico, permettendo di associare ad ogni punto del bacino un valore di intensità di precipitazione, anche variabile nel tempo.

Con questa estensione risulta quindi possibile simulare eventi di precipitazione variabili sia nel tempo che nello spazio, avvicinandosi a quelle che sono le caratteristiche dell'evento che può mettere in crisi il sistema di drenaggio.

E' risaputo che le precipitazioni di lunga durata sono determinate dall'alternanza di fronti d'aria calda e fredda e presentano una lenta evoluzione e una grande estensione areale; al contrario le precipitazioni di tipo temporalesco sono caratterizzate da estensioni areali limitate e da rapidi spostamenti che, a parità di intensità di pioggia riversata, possono causare effetti molto diversi sulla portata alla sezione di chiusura. Una precipitazione, infatti, che si sposta sul bacino in verso concorde con quello del torrente, può causare un notevole aumento della portata alla sezione di chiusura.

Può risultare quindi interessante simulare una condizione di precipitazione realistica, che tenga conto di una intensità di precipitazione prestabilita, ma che consideri anche una possibile traslazione del fronte nuvoloso.

Si prenda come esempio l'intensità di precipitazione con tempo di ritorno di 100 anni. Si ipotizzi che, a differenza di quanto eseguito nell'analisi di una precipitazione di intensità costante e estensione illimitata, l'evento piovoso avvenga spostandosi in direzione S-E a una velocità di 5 km/h e che la massa d'aria umida sia concentrata in un diametro di 10 km. Si ipotizzi, inoltre, che la nube che genera il fenomeno dia luogo a una precipitazione di intensità decrescente man mano che ci si allontana dal centro della stessa fino a presentare intensità nulla sul limite esterno.

Il risultato della simulazione, a parità di intensità di pioggia e di durata della stessa, non può certamente essere un aumento di portata: nel calcolo dell'idrogramma di piena con intensità di pioggia costante si raggiunge la portata massima all'istante t_c .

In Fig. 5.16. è riportato l'idrogramma di piena che risulta dalla simulazione effettuata rispettando le ipotesi appena esposte.

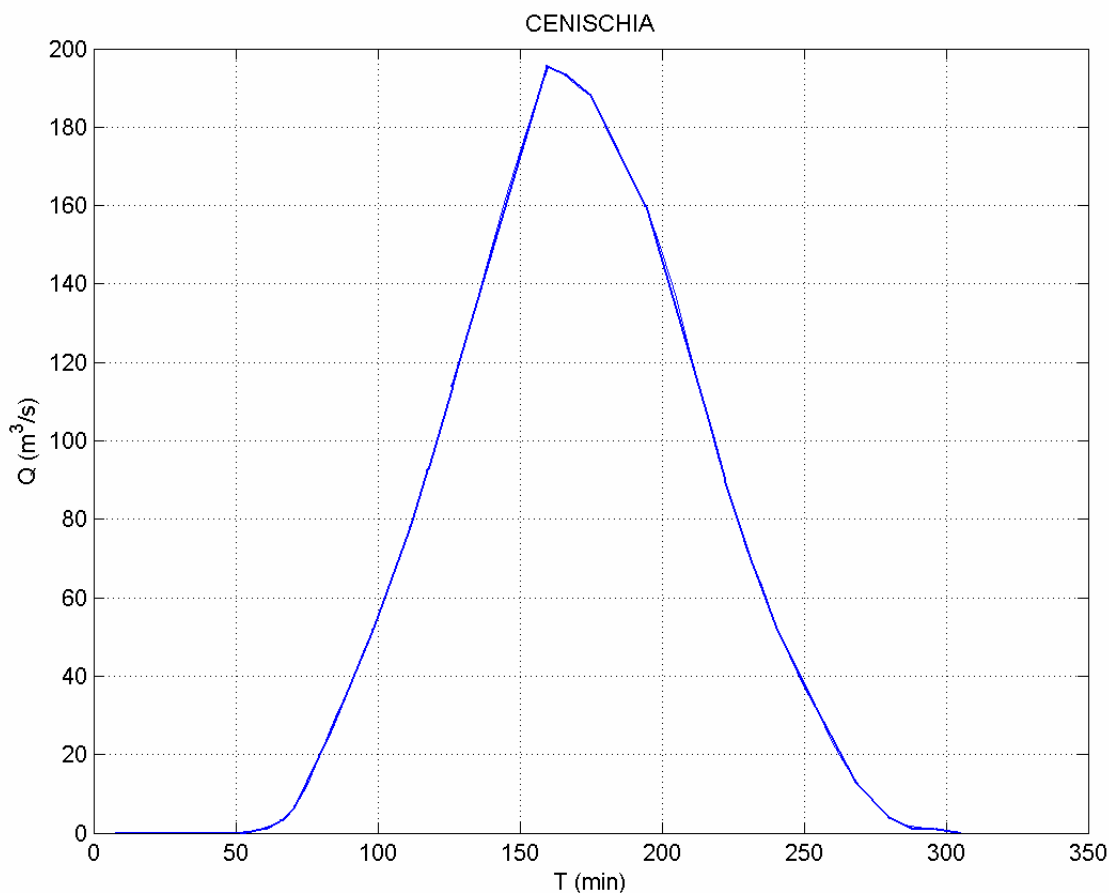


Fig. 5.16. Idrogramma di piena per precipitazione in traslazione con velocità di 5 km/h in direzione S-E

Si osserva che la portata massima è nettamente minore di quella ottenuta ipotizzando intensità costante ed estensione illimitata del fenomeno, ma tale risultato è solo la logica conseguenza del fatto di avere limitato il fenomeno: i volumi d'acqua in gioco risultano molto minori.

Ciò che riveste importanza non è tanto il confronto con l'idrogramma di piena a intensità costante ed illimitatezza areale, quanto quello con una perturbazione ad essa simmetrica. Se nel caso appena esposto le correnti permettevano una traslazione della perturbazione in direzione della sezione di chiusura, la situazione opposta vede la perturbazione allontanarsi da essa.

Si ipotizzi pertanto l'insorgere di una perturbazione equivalente a quella appena simulata, ma che sia diretta a N-W, con una velocità di 5 km/h.

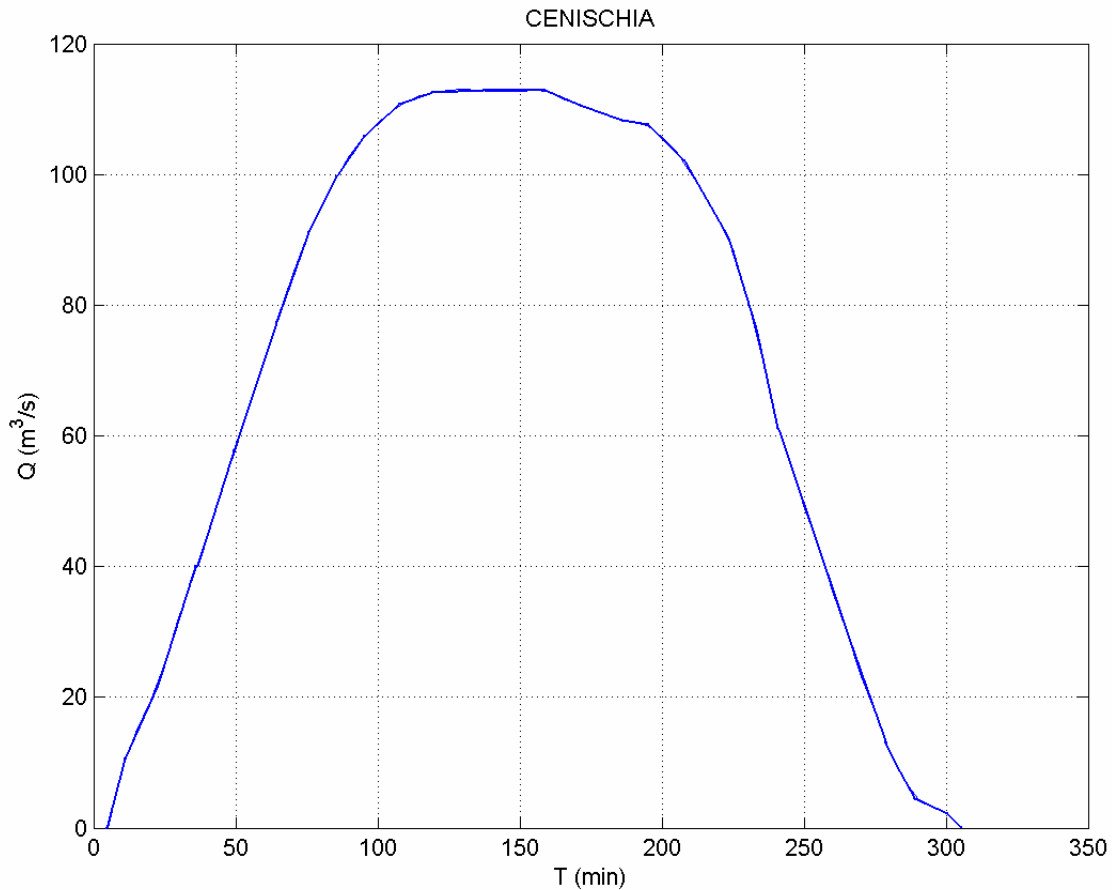


Fig. 5.17. Idrogramma di piena per precipitazione in traslazione con velocità di 5 km/h in direzione N-W

Dal confronto tra i due idrogrammi si osserva che la portata massima, nel secondo caso, è nettamente minore, a parità di volumi defluiti. Si nota però che i valori maggiori di portata si mantengono per un tempo maggiore.

Come è intuitivo pensare, se la perturbazione segue la direzione del torrente (e scorre anche a una velocità ad esso paragonabile), si ha una somma tra portate elevate provenienti da aree diverse che giungono alla sezione di chiusura nello stesso tempo (creando dunque un'onda di piena molto accentuata). Nel caso opposto, invece, se la perturbazione si allontana dalla sezione di chiusura si ha una portata pressoché costante, ma limitata, che perdura per diversi minuti.

Un altro interessante risultato si ha esaminando i grafici dei sottobacini, come in Fig. 5.18 e 5.19.

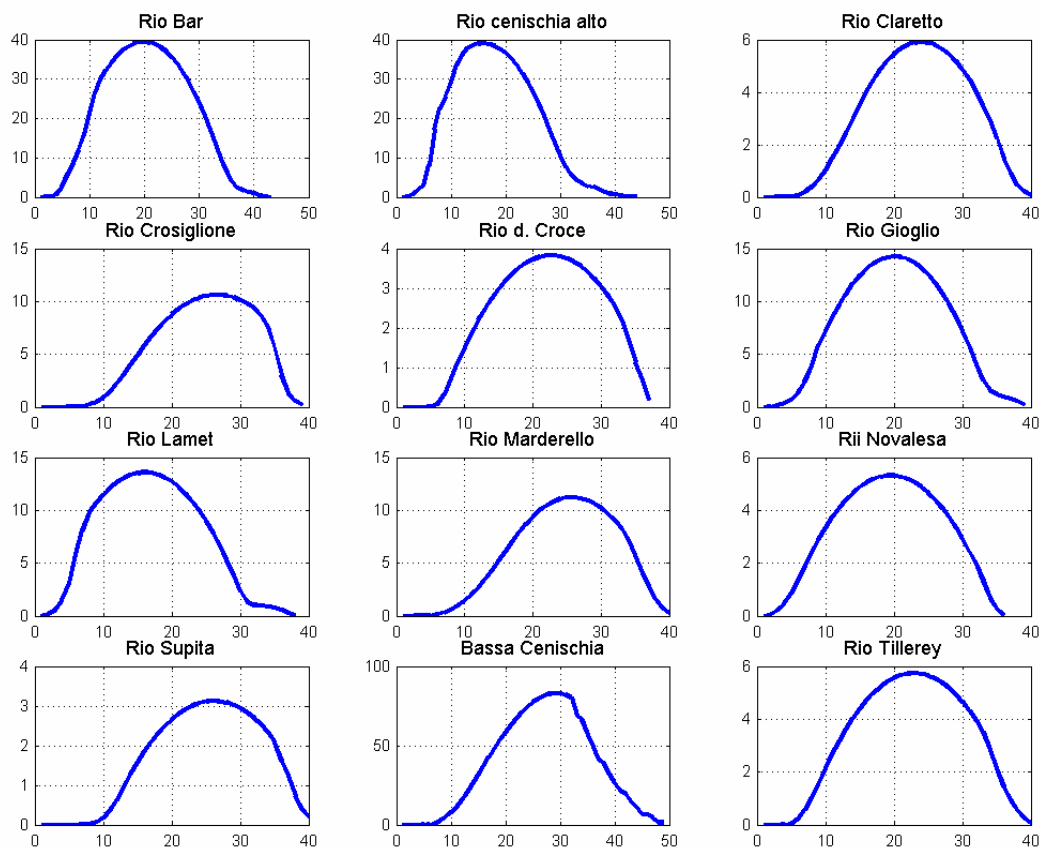


Fig. 5.18. Idrogrammi di piena relativi ai sottobacini del T. Cenischia per precipitazione in traslazione con velocità di 5 km/h in direzione S-E

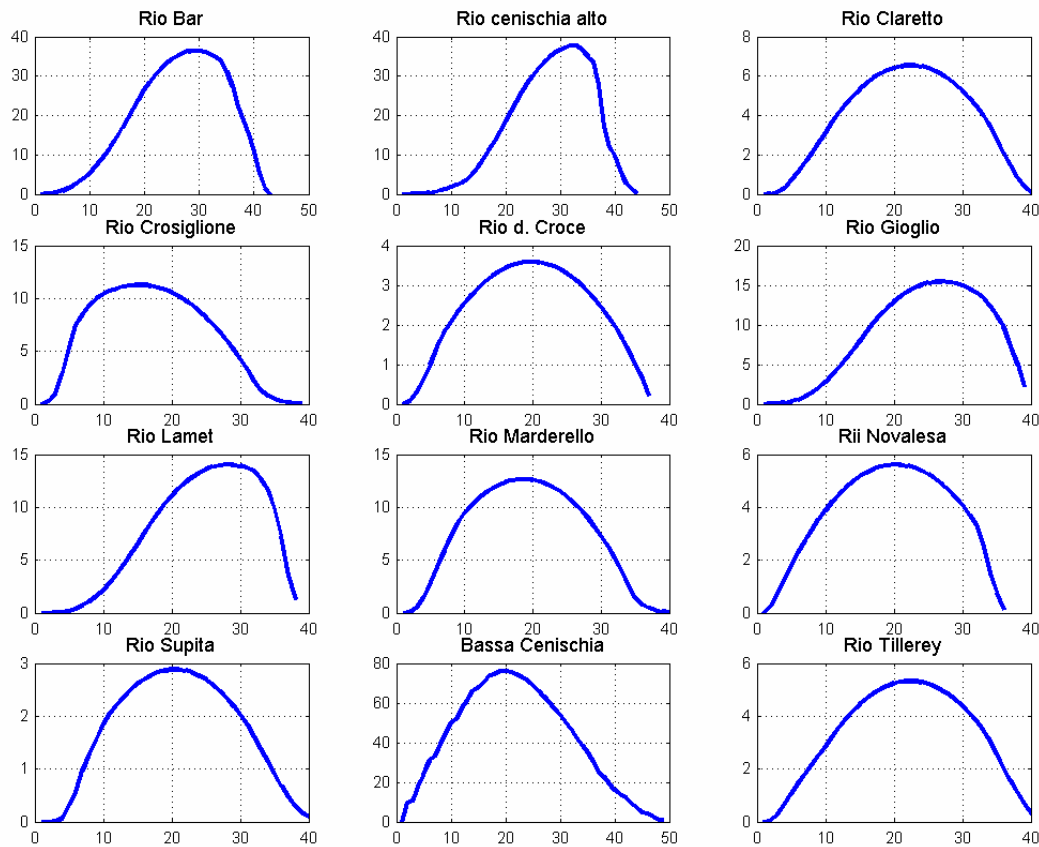


Fig. 5.19. Idrogrammi di piena relativi ai sottobacini del T. Cenischia per precipitazione in traslazione con velocità di 5 km/h in direzione N-W

Dalle Fig. 5.18 e 5.19 è possibile individuare i bacini che subiscono le precipitazioni di maggiore intensità nella fase iniziale del fenomeno e quelli che, viceversa, sono coinvolti successivamente. Ciò si può dedurre esaminando la curvatura dell'onda di piena: ad esempio, per quanto riguarda il Rio Crosiglione, la portata aumenta gradualmente e diminuisce bruscamente in Fig. 5.18 mentre in Fig. 5.19 si osserva esattamente l'opposto. Nel primo caso la precipitazione è giunta in un secondo momento sul bacino, proveniente da N-W, mentre nel secondo caso la precipitazione presentava fin dall'inizio elevata intensità sul bacino e in seguito si è avuta una traslazione verso N-W che ha portato sul bacino le zone periferiche della perturbazione.

5.8. Confronto con la portata prevista dall’Autorità di Bacino

Obiettivo del presente paragrafo è confrontare le portate relative ai diversi tempi di ritorno determinate mediante l’analisi locale delle precipitazioni nel bacino del Torrente Cenischia con quelle definite dall’Autorità di Bacino del Po.

Per realizzare tale obiettivo è necessario disporre delle due curve di possibilità pluviometrica relative ai tempi di pioggia compresi tra 1 e 24 ore.

Dall’analisi statistica delle piogge (Cap. 3) si riportano i parametri delle curve di possibilità pluviometrica relative ai diversi tempi di ritorno, a confronto con i dati dell’autorità di bacino (Fig. 5.20).

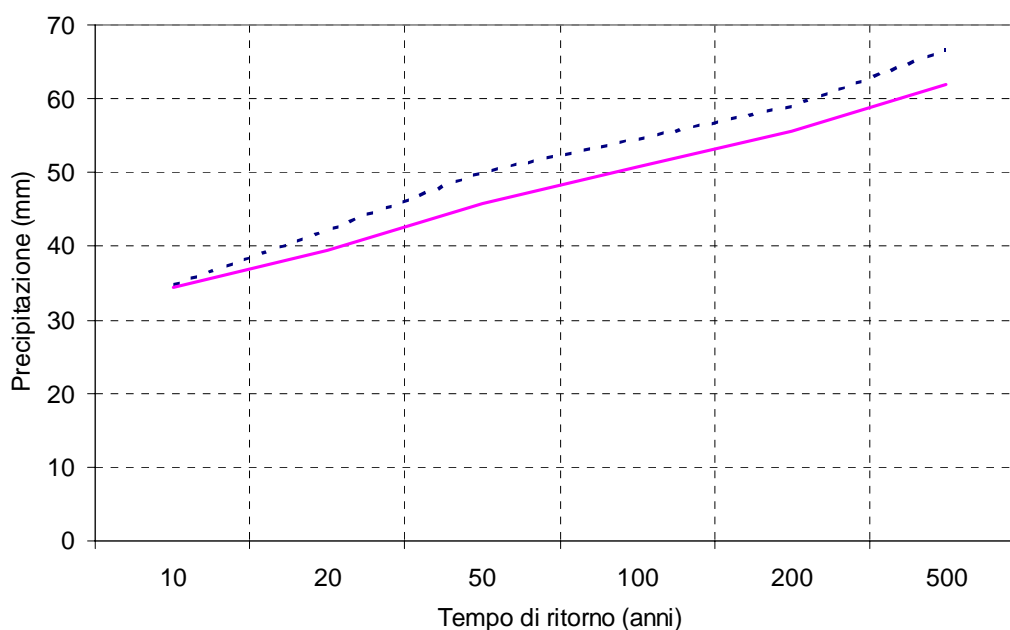


Fig. 5.20. Precipitazione in funzione del tempo di ritorno per lo studio dell’Autorità di Bacino (linea tratteggiata) e per l’analisi pluviometrica effettuata per il T. Cenischia (linea continua)

In Fig. 5.21 è riportato il diagramma che mostra la differenza di intensità di pioggia valutata con i due metodi.

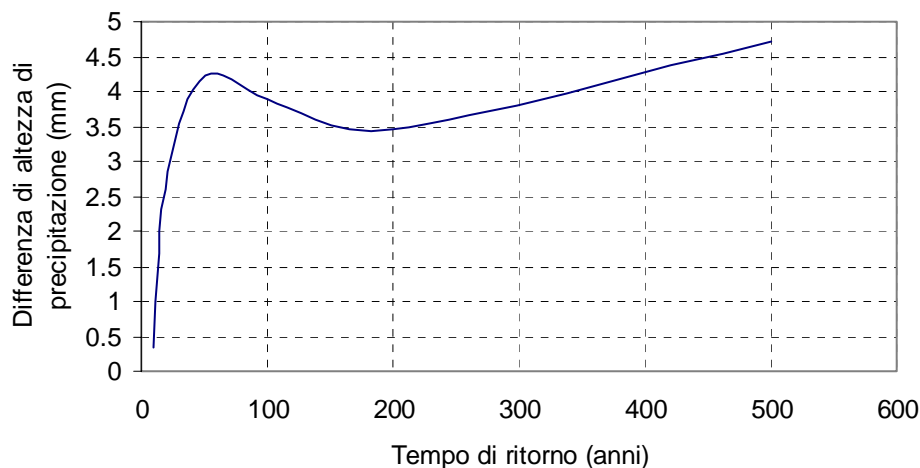


Fig. 5.21. Differenza tra la altezza di precipitazione valutata dall’Autorità di Bacino e quella valutata per il bacino del Torrente Cenischia

Utilizzando gli stessi coefficienti esprimanti le perdite del bacino si ottengono, per i due metodi, le portate riportate in Tab. 5.5.

Tab. 5.5. Portata massima valutata dall’Autorità di Bacino (Q1) e dall’analisi locale delle piogge (Q2)

Tempo di ritorno (anni)	Q1 (m ³ /s)	Q (2) (m ³ /s)
10	180	182
20	220	236
50	275	300
100	330	355
200	375	398
500	440	473

Come è possibile evincere da Tab. 5.5, le differenze di portata, a parità di coefficiente di deflusso, sono variabili tra l’1 % e il 10 %.

