

P. BARAZZUOLI (\*), M. SALLEOLINI (\*)

UN'ANALISI PRELIMINARE SUI RAPPORTI TRA USO DEL  
TERRITORIO E PROBABILITÀ DI PIENA NEI BACINI FLUVIALI:  
APPLICAZIONE AL BACINO DEL F. CECINA  
(TOSCANA MERIDIONALE)(\*\*)

**Riassunto** - Negli studi sulla prevenzione e difesa dalle piene, è di notevole interesse conoscere non solo le caratteristiche idrologiche e climatiche di un territorio, ma anche l'influenza che le varie componenti fisiche hanno sul relativo deflusso superficiale: tra queste la copertura vegetale, dato che essa risulta il parametro soggetto alla maggiore variabilità temporale.

A tal fine è stata effettuata un'analisi preliminare sui rapporti tra la rilevanza areale delle varie tipologie di uso del suolo e gli eventi di piena probabili. La ricerca si è basata su di una metodologia, derivata dalla combinazione tra la classica relazione del Mongiardini e la stima del coefficiente di deflusso su basi fisiografiche, che consente di pervenire alla valutazione della portata al colmo di una piena cinquecentenaria. Detta metodologia, della quale vengono qui presentati i risultati acquisiti per il bacino del F. Cecina (Toscana meridionale), è stata anche verificata tramite il confronto con le portate al colmo regolarizzate relative a periodi aventi diversa distribuzione di uso del suolo.

**Abstract** - *A preliminary analysis on the relationships between land use and flood probability in watersheds: application to River Cecina watershed (Southern Tuscany, Italy).* In studies carried out on flood prevention and protection it is interesting to learn not only about the hydrological and climatic characteristics of an area of land, but also about the influence that various physical components may have on the relative surface runoff; in particular vegetation cover as this results as being subject to the greatest temporal variability.

With this in mind, a preliminary analysis was carried out on the relationships between the areal weight of the various typologies of land use and probable flooding. The research is based on a methodology, derived from a combination of Mongiardini classic expression and the runoff coefficient estimated on physiographical bases, which permits the evaluation of the 500-year flood. This methodology, from which the results obtained for the River Cecina watershed (Southern Tuscany) are reported in this paper, has also been checked by means of a comparison with linearized peak discharges relative to periods when different distribution of land use existed.

---

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Siena - Via delle Cerchia, 3 - 53100 Siena.

(\*\*) Lavoro eseguito e pubblicato con i fondi 60% M.U.R.S.T. (dott. P. Barazzuoli).

**Key words** - Hydrology, empirical methods, flood discharges, land use variations, River Cecina, Southern Tuscany.

#### PREMESSA

È ben noto che nell'ambiente collinare italiano si sono verificati, a partire dall'immediato dopoguerra, profondi mutamenti di carattere strutturale in relazione all'utilizzazione agro-silvo-pastorale e che essi, in generale, presentano caratteristiche tali da essere ritenuti causa di un peggioramento della regimazione idrica e della stabilità fisica del territorio (CHISCI, 1979). In particolare, questi mutamenti hanno provocato, soprattutto nell'Italia centro-settentrionale, una complessiva riduzione del coefficiente di deflusso medio annuo, pur in presenza di una concomitante diminuzione delle precipitazioni (PANICUCCI, 1971; BARAZZUOLI *et al.*, 1987; GIUFFRIDA & CONTE, 1989; BARAZZUOLI & SALLEOLINI, 1994): si può infatti ritenere che l'abbandono delle attività colturali intensive sulla collina (e sulla montagna) ha avuto un effetto riduttore sull'entità del deflusso superficiale per l'instaurarsi di una copertura vegetale spontanea la cui azione positiva ha largamente compensato le conseguenze negative derivanti dalla mancanza di una stabile ed attiva presenza umana (PANICUCCI, 1971).

Si deve comunque rilevare la scarsità di indagini sulle correlazioni quantitative tra dette modifiche e le caratteristiche idrologiche dei terreni collinari interessati, in particolare per quanto riguarda le portate massime; a tale scopo è stata effettuata un'analisi preliminare sui rapporti tra la rilevanza areale delle varie tipologie di uso del suolo e gli eventi di piena probabili, della quale vengono qui presentati i risultati acquisiti per il bacino del F. Cecina (Toscana meridionale).

#### METODOLOGIA UTILIZZATA

Questa ricerca si è incentrata su di una metodologia derivata dalla combinazione tra una classica relazione empirica per la valutazione delle portate di piena e la stima del coefficiente di deflusso su basi fisiografiche.

La relazione empirica adottata è quella proposta da Mongiardini (MONGIARDINI, 1959; CARONI, 1982; TONINI, 1983):

$$q_{MAX} = q_{100} \cdot (S/100)^{-2/3} \quad (1)$$

dove:

$q_{MAX}$  = portata specifica, al colmo di piena ( $m^3/s \cdot km^2$ );  
 $S$  = superficie del bacino ( $km^2$ );  
 $q_{100}$  = parametro dipendente da condizioni regionali dato da:

$$q_{100} = Y \cdot P_{gp} \cdot C_d \quad (2)$$

con:

$Y$  = coefficiente tipico del corso d'acqua, correlato ai fattori caratteristici del bacino (forma, esposizione, pendenza, ecc.), variabile tra 0,5 e 3,3;

$P_{gp}$  = pioggia media del giorno piovoso, cioè il rapporto tra la precipitazione media annua ed il corrispondente numero medio dei giorni piovosi (mm);

$C_d$  = coefficiente di deflusso medio annuo (adimensionale).

La formula del Mongiardini è tra le più usate in Italia per gli indubbi pregi di flessibilità e facilità di applicazione e per l'accurata documentazione che ne costituisce la base (dati relativi alle piene al colmo in 329 sezioni di corsi d'acqua italiani, per un totale di 7.550 anni di osservazione). TONINI (1983) stima, in via approssimata, che questa espressione consente di determinare con buona probabilità (compresa tra il 6% ed il 45%) l'evento di frequenza probabile di circa 1/500; è comunque da sottolineare che i tempi di ritorno attribuibili a valori di piena desunti da formule empiriche del tipo suddetto devono essere presi solo come riferimenti di larga massima in quanto con esse si prescinde assolutamente da una qualsiasi ipotesi sulle distribuzioni di frequenza delle piene al colmo (CARONI, 1982).

Nell'anzidetta relazione compare il coefficiente di deflusso medio annuo, la cui valutazione è resa talvolta assai problematica dalla generale carenza di stazioni idrometrografiche: al riguardo basta ricordare che nell'ultimo Annale Idrologico Parte II pubblicato dal Servizio Idrografico dell'Arno (relativo al 1973) — la cui zona di competenza copre praticamente tutta la Toscana — figurano i dati relativi a sole 26 stazioni di misura delle portate, delle quali soltanto 9 hanno funzionato per intervalli di tempo maggiori di 20 anni e quindi tali da fornire valori medi statisticamente accettabili.

Si deve anche evidenziare che, anche in un bacino controllato da idrometrografo, il deflusso misurato non è altro che un valore unico medio dovuto alla sommatoria degli effetti di più fattori fisici la cui importanza ed il cui «peso» rimangono sostanzialmente disaggregabili, essendo, per di più, anche diversi nelle varie porzioni di detto bacino.

Infine, è da aggiungere che il coefficiente di deflusso ricavato dai dati strumentali non è da ritenersi espressione della sola potenzialità di deflusso superficiale del bacino in esame, tant'è che, in relazione a vari fattori, esso può presentare valori maggiori o minori di quelli dovuti alle sole caratteristiche fisiografiche locali. I più importanti di tali fattori sono (BARAZZUOLI *et al.*, 1989; BARAZZUOLI & SALLEOLINI, 1993):

a) gli interventi antropici sul bacino nei riguardi dell'utilizzazione delle acque (attingimenti, derivazioni, invasi, emungimenti da pozzi in falda subalvea, ecc.), interventi che possono comportare variazioni sia positive che negative sul valore del deflusso;

b) possibili importanti apporti idrici sotterranei dall'esterno del bacino tramite emergenze sorgentizie (il che si configura anche nella non coincidenza tra lo spartiacque morfologico e quello idrogeologico).

Quindi, per ovviare a tali problemi ed, in particolare, per analizzare l'importanza relativa del parametro copertura vegetale sugli aspetti idrologici di un territorio può risultare assai utile l'impiego di metodi indiretti, anch'essi empirici, atti a calcolare il valore del coefficiente di deflusso; tra questi, è stato qui adottato un criterio che offre la possibilità di stimare detto coefficiente in funzione di alcune caratteristiche fisiografiche e climatiche puntuali dell'area di interesse.

Il metodo consiste, in pratica, nel calcolare il coefficiente di deflusso medio annuo di un bacino ( $C_d$ ), o di un'area qualsiasi, come semplice somma di tre componenti ( $C_a$ ,  $C_v$ ,  $C_p$ ) relative all'influenza esercitata, sul deflusso superficiale, rispettivamente dall'acclività della superficie topografica, dalla copertura vegetale e dalla permeabilità delle rocce affioranti. Per ognuna delle tre componenti, il contributo al  $C_d$  viene ricavato da un'apposita carta tematica, dove i valori del parametro preso in considerazione sono ripartiti in classi, a ciascuna delle quali viene attribuito un particolare coefficiente in funzione delle caratteristiche climatiche generali della zona (esprese dall'indice di aridità medio annuo,  $I_a$ ); a questo punto i valori delle tre componenti si ottengono come medie ponderate di tali coefficienti rispetto all'area occupata, all'interno della zona, dalle classi a cui si riferiscono. Per maggiori dettagli sul metodo, ampiamente sperimentato con esito positivo sui principali bacini e sottobacini della Toscana meridionale, vedasi ad esempio BARAZZUOLI *et al.* (1989).

#### APPLICAZIONE E VERIFICA DELLA METODOLOGIA PROPOSTA

Quest'analisi è stata effettuata sul bacino del F. Cecina sotteso all'i-

drometrografo di «Ponte di Monterufoli» (Fig. 1), avente una superficie pari a 634 km<sup>2</sup>, per il quale si disponeva dei dati necessari all'applicazione ed alla verifica della metodologia adottata.

L'aspetto di maggior debolezza del metodo è certamente la scelta del coefficiente *Y*. A questo riguardo, secondo MONGIARDINI (1959) il territorio italiano può essere suddiviso in 9 zone tipiche presentanti fattori geo-morfologici simili. In particolare, per i bacini della Toscana, del Lazio e dell'Umbria propone:

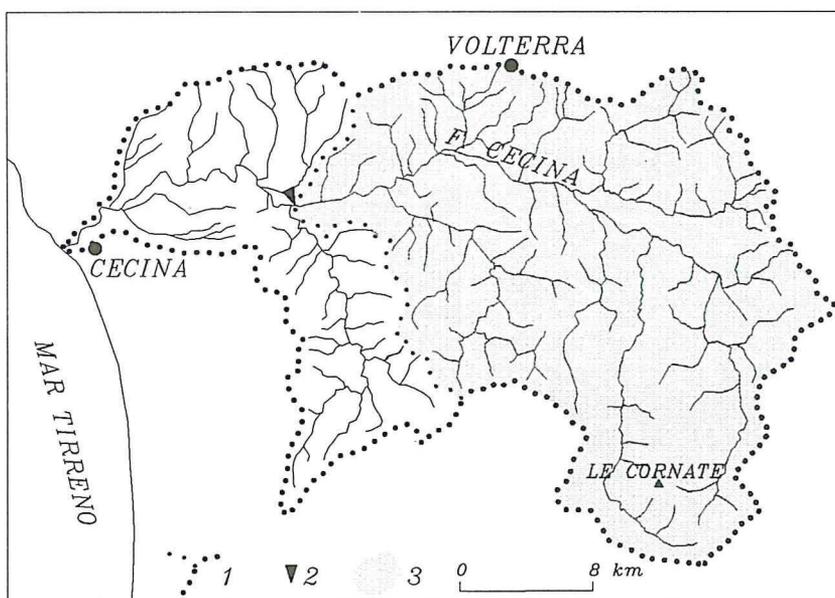


Fig. 1 - Ubicazione del bacino idrografico del F. Cecina: 1) spartiacque morfologico; 2) stazione idrometrografica; 3) area studiata.

- $Y = 1,40$  per i bacini impermeabili interni toscani ed umbri dell'Arno e del Tevere;
- $Y = 2,64$  per i bacini impermeabili litoranei della Toscana e dell'alto Lazio;
- $Y = 0,55$  per i bacini permeabili.

Ritenendo questa suddivisione troppo generica, e comunque poco adeguata al bacino in esame (nel quale i terreni di buona ed elevata permeabilità occupano circa il 19% dell'area totale), si è proceduto alla valutazione di *Y* seguendo un procedimento concettualmente assai diverso da quello attuato dal suddetto Autore:

1) si è dapprima effettuata la stima della piena cinquecentenaria utilizzando l'equazione generale per l'analisi della frequenza idrologica proposta da CHOW (1951, 1964):

$$Q_{(500)} = MA + SQM \cdot K \quad (3)$$

dove:  $Q_{(500)}$  è la portata al colmo con un tempo di ritorno pari a 500 anni; MA e SQM sono, rispettivamente, la media aritmetica e lo scarto quadratico medio della serie dei massimi colmi annuali di piena (per il Cecina, tra editi ed inediti, si ha un totale di 40 valori; MINISTERO LL.PP.); K è il fattore di frequenza, dipendente dal tempo di ritorno e dal tipo di distribuzione di probabilità prescelta (in questo caso, visto che è stata utilizzata la nota legge di Gumbel, esso risulta pari a 4,395). Dalla (3) si ottiene:

$$Q_{(500)} = 407 + 200 \cdot 4,395 = 1.286 \text{ m}^3/\text{s}$$

Questo risultato è stato verificato attraverso le successive fasi dell'inferenza statistica (ROSSI & VERSACE, 1982): stima dei parametri (metodo della massima verosimiglianza), test sull'adattamento della distribuzione (test di asimmetria), individuazione degli intervalli di confidenza. Dalla verifica è scaturito: *i*) il buon adattamento della serie storica delle piene annuali del F. Cecina alla suddetta legge probabilistica (Fig. 2); *ii*) l'ottima concordanza tra il precedente valore della piena cinquecentenaria e quello ricavato con l'utilizzo dei parametri così stimati (1.252 m<sup>3</sup>/s, con uno scarto pari al 3%).

2) si è poi valutato il parametro  $P_{gp}$  della (2), risultato pari a 11,5 mm, mediante il rapporto tra la precipitazione media annua dell'anno idrologico 1935-1975 (926,1 mm) ed il corrispondente numero medio dei giorni piovosi (80,5). Per questa valutazione sono stati utilizzati i dati pubblicati negli Annali Idrologici (MINISTERO LL.PP.).

3) per mezzo delle anzidette basi fisiografiche, si è poi stimato il parametro  $C_d$  della (2), con esito pari a 0,425, utilizzando dati medi della componente copertura vegetale (sempre in relazione al periodo 1935-1975), ripresi da ISTAT (1929) e da REGIONE TOSCANA (1986). Nella Tab. 1 sono riportati gli schemi operativi usati per questi calcoli.

4) infine, si è proceduto alla valutazione del coefficiente Y in modo che, con la (1), il risultato finale corrispondesse alla piena cinquecentenaria valutata con la (3): si è così ricavato  $Y = 1,418$ . È da ricordare che questo coefficiente deve considerarsi fisso rispetto alle anzidette variazioni nell'uso del suolo visto che esso dipende da fattori quali forma, esposizione, pendenza, ecc. (MONGIARDINI, 1959).

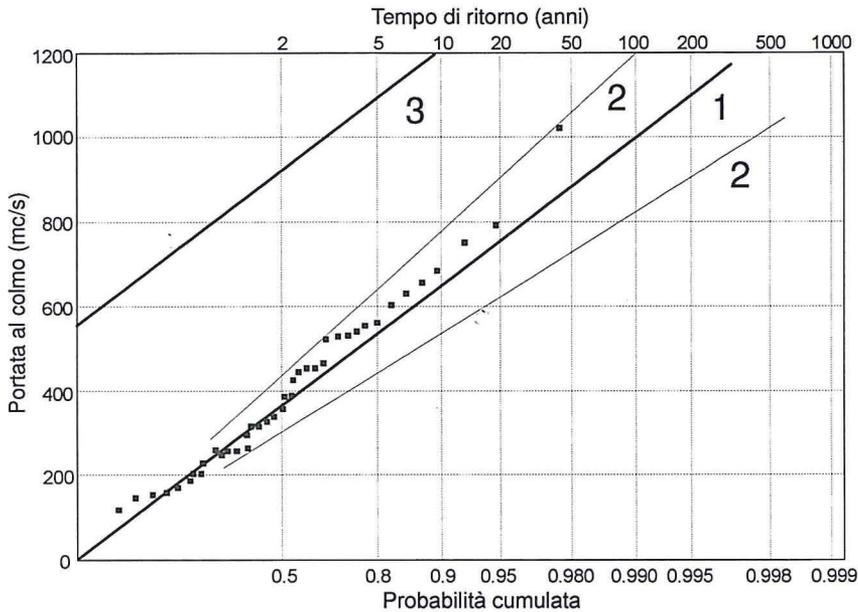


Fig. 2 - Serie dei massimi colmi annuali di piena registrati alla stazione idrometrografica del F. Cecina a «Ponte di Monterufoli»: 1) funzione di ripartizione teorica secondo la legge di Gumbel; 2) limiti di confidenza al 95%; 3) funzione di ripartizione del massimo osservato (1.030 m<sup>3</sup>/s del 4 novembre 1966).

Una volta fissato  $Y$ , la ricerca è continuata nella stima dei parametri  $P_{gp}$  e  $C_d$  in relazione a due diversi intervalli temporali (il primo per gli anni intorno al 1930 ed il secondo per gli anni '70), scelti sia per la loro rappresentatività nei riguardi degli importanti mutamenti avvenuti nell'uso del suolo sia per il fatto che per essi si disponeva dei dati necessari all'applicazione della metodologia. A questo punto, con la (2) e la (1) sono state valutate le portate specifiche al colmo di piena ( $q_{MAX}$ ), dalle quali si è poi risaliti alle corrispondenti portate di frequenza probabile pari a 1/500 ( $Q_{MAX}$ ) con il semplice prodotto tra  $q_{MAX}$  e la superficie del bacino; in Tab. 2 sono riassunti i risultati ottenuti relativamente ai due periodi considerati.

Da questo confronto temporale emerge che, nel caso del bacino del F. Cecina, la variazione avvenuta nelle  $q_{MAX}$  (e, quindi, nelle portate al colmo) è praticamente funzione di quella del coefficiente di deflusso medio annuo, a sua volta legata alle modifiche connesse all'uso del suolo: infatti, il  $C_d$  relativo agli anni '70 è diminuito del 3,6% rispetto a quello degli anni '30 conseguentemente ad una diversa ripartizione

TAB. 1 - Schemi operativi relativi al calcolo del coefficiente di deflusso su basi fisiografiche per il F. Cecina a «Ponte di Monterufoli». Il significato dei simboli è spiegato nel testo.

Classi di permeabilità	Ia < 25			25 < Ia < 40			Totali	
	Coef.	S (km <sup>2</sup> )	S (%)	Coef.	S (km <sup>2</sup> )	S (%)	S (km <sup>2</sup> )	S (%)
1 <sup>a</sup> - Molto scarsa	0,21	101,00	49,3	0,26	155,40	36,2	256,40	40,4
2 <sup>a</sup> - Mediocre	0,12	81,10	39,6	0,16	175,50	40,9	256,60	40,5
3 <sup>a</sup> - Buona	0,06	22,80	11,1	0,08	95,50	22,3	118,30	18,7
4 <sup>a</sup> - Elevata	0,03	0,10	0,0	0,04	2,60	0,6	2,70	0,4
Totale		205,00	100,0	Totale	429,00	100,0	634,00	100,0
	C <sub>p</sub> ' =	0,158		C <sub>p</sub> " =	0,178		C <sub>p</sub> =	0,171

Classi di acclività	Ia < 25			25 < Ia < 40			Totali	
	Coef.	S (km <sup>2</sup> )	S (%)	Coef.	S (km <sup>2</sup> )	S (%)	S (km <sup>2</sup> )	S (%)
1 <sup>a</sup> - > 35% <sup>a</sup>	0,22	30,10	14,7	0,26	96,40	22,5	126,50	20,0
2 <sup>a</sup> - 10% - 35%	0,12	150,90	73,6	0,16	325,60	75,9	476,50	75,1
3 <sup>a</sup> - 3,5% - 10%	0,01	10,40	5,1	0,03	6,20	1,4	16,60	2,6
4 <sup>a</sup> - < 3,5%	0,00	13,60	6,6	0,01	0,80	0,2	14,40	2,3
Totale		205,00	100,0	Totale	429,00	100,0	634,00	100,0
	Ca' =	0,121		Ca" =	0,180		Ca =	0,161

Classi di copertura vegetale	Ia < 25			25 < Ia < 40			Totali	
	Coef.	S (km <sup>2</sup> )	S (%)	Coef.	S (km <sup>2</sup> )	S (%)	S (km <sup>2</sup> )	S (%)
1 <sup>a</sup> - Roccia nuda	0,26	10,66	5,2	0,28	14,55	3,4	25,21	4,0
2 <sup>a</sup> - Pascoli	0,17	21,54	10,5	0,21	48,52	11,3	70,06	11,1
3 <sup>a</sup> - Terra coltivata, boscata	0,07	110,20	53,8	0,11	203,81	47,5	314,01	49,5
4 <sup>a</sup> - Bosco d'alto fusto	0,03	62,60	30,5	0,04	162,12	37,8	224,72	35,4
Totale		205,00	100,0	Totale	429,00	100,0	634,00	100,0
	Cv' =	0,078		Cv" =	0,101		Cv =	0,093

$$Cd = Cp + Ca + Cv = 0,425$$

areale delle varie tipologie di uso del suolo, in particolare per quanto riguarda i boschi d'alto fusto la cui estensione territoriale è passata dal 31% al 40% della superficie totale del bacino. L'effetto riduttore sul coefficiente di deflusso medio annuo derivante dall'aumento della superficie occupata da bosco d'alto fusto (fenomeno così noto da non richiedere particolari commenti — vedasi ad esempio RIGGS, 1985) è stato tra l'altro verificato da CHISCI *et alii* (1971) in 20 bacini idrografici dell'Italia centrale, nei quali è compreso quello del Cecina.

Secondo la (2) e la (1), la diminuzione del  $C_d$  ha provocato una riduzione pressoché identica della portata al colmo di piena di frequenza probabile 1/500 (oppure, ha aumentato il tempo di ritorno di una piena della stessa entità), sottolineando l'importanza che il parametro copertura vegetale ha, in generale, sul deflusso superficiale di un bacino e, in particolare, sulle portate di piena.

La metodologia utilizzata è stata anche verificata tramite la comparazione con le portate al colmo regolarizzate  $Q_{(500)}$ , sempre secondo Gumbel, relative ai due diversi periodi considerati (vedi Tab. 2); tale verifica ha dato esito sostanzialmente positivo (si assiste infatti anche in questo caso ad un'analogia riduzione della piena cinquecentenaria), confortando circa l'impostazione seguita nella definizione della metodologia anche se permangono dubbi sia sull'influenza esercitata dal ridotto numero di dati usati per la statistica di ciascun periodo (d'altronde non ne sono disponibili altri) sia sull'uso della serie completa dei dati di piena al colmo per stimare  $Y$  (cio è basato sul presupposto di essere in presenza di una stessa popolazione di variabile casuale ed appare quindi in contraddizione con il fatto che i dati dei due periodi particolari sono considerati appartenere a due popolazioni diverse di variabili casuali).

TAB. 2 - Risultati ottenuti circa la valutazione del  $q_{MAX}$  per i due periodi considerati. Il significato dei simboli è spiegato nel testo.

		Anni '30	Anni '70
$P_{gp}$	(mm)	10,93	10,90
$C_d$		0,433	0,418
$Y$		1,418	1,418
$q_{100}$	(mm)	6,71	6,46
$q_{MAX}$	( $m^3/s \cdot km^2$ )	1,96	1,89
$Q_{MAX}$	( $m^3/s$ )	1243	1198
$Q_{(500)}$	( $m^3/s$ )	<b>1293</b>	<b>1172</b>

## CONCLUSIONI

Il fine principale di questo studio è stato quello di utilizzare una metodologia atta allo studio quantitativo dei rapporti tra la rilevanza areale delle varie tipologie di uso del suolo e gli eventi di piena probabili, indipendentemente dalla precisione ottenibile nei valori assoluti delle piene e dei relativi tempi di ritorno; essa è stata applicata al bacino del F. Cecina per il quale si disponeva anche dei dati necessari ad una sua verifica attraverso il confronto con le portate al colmo regolarizzate relative a periodi aventi diversa distribuzione di uso del suolo.

Dalla ricerca emerge la possibilità di utilizzare con profitto tale metodologia nella pianificazione territoriale, pur con la dovuta cautela visto anche il suo evidente carattere preliminare, in quanto essa permette di ipotizzare degli scenari di regimazione delle piene agendo sulla ripartizione quali-quantitativa dell'uso del suolo. Ulteriori approfondimenti e verifiche sono in corso in altri bacini della Toscana meridionale.

*Ringraziamenti*

Gli autori ringraziano il Prof. Corradini dell'Istituto di Idraulica Agraria della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Perugia per i preziosi suggerimenti scaturiti dalla lettura critica del manoscritto.

## BIBLIOGRAFIA

- BARAZZUOLI P., IZZO S., MICHELUCCINI M., SALLEOLINI M., SALVADORI L. (1987) - Studi geologico-applicativi finalizzati alla gestione del territorio del Comune di Buonconvento. Centrooffset, Siena.
- BARAZZUOLI P., IZZO S., MENICORI P., MICHELUCCINI M., SALLEOLINI M. (1989) - A new practical aid to regional hydrogeologic planning: the runoff coefficient map. *Environmental Management*, **13** (5), 613-622.
- BARAZZUOLI P., SALLEOLINI M. (1993) - L'acqua: Risorsa, Rischio e Pianificazione. In: «La Storia Naturale Della Toscana Meridionale», Pizzi Ed., Milano, 173-246.
- BARAZZUOLI P., SALLEOLINI M. (1994) - Variabilità climatica e trend delle risorse idriche rinnovabili nella Toscana meridionale. Atti del II Convegno Internazionale di Geoidrologia, Firenze, 29 novembre - 3 dicembre 1993, Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, Sezione «Protezione delle Acque Sotterranee», Pitagora Ed., Bologna (in stampa).
- CARONI E. (1982) - I metodi empirici per la valutazione delle portate. In: «Valutazione delle piene», C.N.R., P.F. Conservazione del Suolo, Sottoprogetto Dinamica Fluviale, pubbl. n. 165, A7-A62.

- CHISCI G. (1979) - Considerazioni sulle trasformazioni dei sistemi di agricoltura collinare in relazione al regime idrologico e al dissesto dei versanti. *Geol. Appl. e Idrog.*, **14** (3), 225-249.
- CHISCI G., ARCARA P.G., LULLI L., PANICUCCI M., RONCHETTI G. (1971) - Osservazioni preliminari sulle relazioni tra coefficiente di deflusso e caratteristiche morfologiche, geologiche e di utilizzazione del suolo di alcuni bacini idrografici dell'Italia centrale. *Annali Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo*, **1**, 211-238.
- CHOW V.T. (1951) - A general formula for hydrologic frequency analysis. *Trans. Amer. Geophys. Union*, **32**, 231-237.
- CHOW V.T. (1964) - Handbook of applied Hydrology. McGraw-Hill Book Company, New York.
- GIUFFRIDA A., CONTE M. (1989) - Variations climatiques en Italie: tendances des températures et des précipitations. *Pubbl. de l'Assoc. Intern. de Climat*, **2**, 209-216.
- ISTAT (1929) - Catasto Agrario: Regione Toscana. Istituto Centrale di Statistica del Regno d'Italia, Roma.
- MINISTERO DEI LL. PP. - Servizio Idrografico - Annali Idrologici. Anni vari, Parti I e II.
- MONGIARDINI V. (1959) - Sui contributi di massima piena dei corsi d'acqua italiani. *L'Energia Elettrica*, **7**, 622-631.
- PANICUCCI M. (1971) - Indagine sulle variazioni del coefficiente di deflusso annuo medio nei corsi d'acqua italiani. *Annali Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo*, **2**, 131-145.
- REGIONE TOSCANA (1986) - Carta dell'uso del suolo. Dipartimento Agricoltura e Foreste, Dipartimento Assetto del Territorio, S.EL.CA., Firenze.
- RIGGS H.C. (1985) - Streamflow characteristics. Developments in Water Sciences, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- ROSSI F. & VERSACE P. (1982) - Criteri e metodi per l'analisi statistica delle piene. In: «Valutazione delle piene», C.N.R., P.F. Conservazione del Suolo, Sottoprogetto Dinamica Fluviale, pubbl. n. 165, B63-B130.
- TONINI D. (1983) - Elementi di idrografia ed idrologia. Voll. I e II, Ed. Libreria Cortina, Padova.

(ms. pres. il 4 luglio 1994; ult. bozze l'8 febbraio 1995)