

S. PINNA (\*)

## SULLA PROBABILITÀ DI PRECIPITAZIONI SCARSE NELL'ISOLA D'ELBA

**Riassunto** — Il presente lavoro è volto allo studio della variabilità degli afflussi meteorici sull'Isola d'Elba, con particolare attenzione per i valori di precipitazione (stagionali ed annuali) non superati in un anno qualsiasi con probabilità del 20% e del 5%.

Nel primo caso si sono ricavati degli afflussi pari a circa il 70% di quelli medi in inverno, il 60% in primavera e autunno, il 30% in estate, il 78% per l'intero anno; nel secondo caso i valori si riducono ulteriormente a circa il 40% in inverno, il 30% in primavera e autunno e il 60% per l'intero anno, risultando addirittura quasi nulli nella stagione estiva.

**Abstract** — *On the probability of scarce precipitation in Elba island.* This work concerns the variability of annual and seasonal precipitation in Elba island (Tuscany), with particular regard to those not exceeded values in any year with probability of 20% and 5%.

In the first case the precipitation values are about 70% of the average in winter, 60% in spring and autumn, 30% in summer and 78% in the whole year; in the second case they are about 40% in winter, 30% in spring and autumn, 60% in the whole year and less than 5% in summer.

**Key words** — Hydrology, Tuscany, precipitation data, frequency distribution.

### 1. INTRODUZIONE

La risoluzione di vari problemi nel campo dell'idrologia, dell'idrogeologia, delle scienze agrarie e di quelle ingegneristiche, richiede, come è noto, l'utilizzazione di vari parametri climatici. Spesso però questi vengono considerati soltanto in termini di valori medi, senza tener conto quindi della loro più o meno elevata variabilità.

---

(\*) Istituto di Costruzioni Stradali e Trasporti (Fac. Ingegneria, Università di Pisa).

Publicato con il contributo del Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino del C.N.R. Pisa.

Tale criterio può essere ancora valido, ad esempio, nel caso dei valori di temperatura, poiché essi presentano in genere una variabilità interannuale assai modesta; nel caso delle precipitazioni, invece, il suddetto metodo può condurre a valutazioni insoddisfacenti, in quanto la frequenza di eventi molto discosti dalla media è tutt'altro che trascurabile. Prendendo spunto da questi presupposti, mi è sembrato di notevole interesse studiare la probabilità di eventi piovosi scarsi sull'Isola d'Elba. Per quest'isola di limitata estensione (kmq 223,5), che sopporta ogni anno una pressione turistica davvero considerevole e che inoltre conserva ancora una vivace attività agricola, il problema della valutazione delle risorse idriche rimane sempre in primo piano, soprattutto in riferimento agli anni fortemente siccitosi. In questi ultimi l'isolamento geografico impedisce tra l'altro di compensare gli effetti negativi delle scarse precipitazioni mediante apporti da altri bacini (<sup>1</sup>).

Per questo studio si è ritenuto opportuno soffermare l'attenzione non solo sulla variabilità dei dati annuali, ma anche su quella dei valori stagionali, dato che in molti problemi di carattere agrario difficilmente si può prescindere dalla loro conoscenza. In particolare verranno considerati i valori di precipitazione che in un anno qualsiasi non vengono superati con probabilità del 20% e del 5%. La probabilità del 20% (tempo di ritorno 5 anni) è stata scelta perché fa riferimento a casi così frequenti da non poter essere trascurati in nessuna valutazione anche grossolana; la probabilità del 5%, d'altra parte, prende in considerazione eventi relativamente più rari (tempo di ritorno 20 anni), ma i valori di pioggia ad essa associati dovrebbero comunque rientrare in qualsiasi tipo di progettazione o pianificazione idrica a medio-lungo termine.

Ai fini del presente lavoro sono stati utilizzati i valori riportati negli Annali Idrologici (sez. di Pisa) e relativi alle 17 stazioni ubicate nell'isola che erano in attività in periodi vari del sessantennio 1921-1980. È bene precisare che il numero delle stazioni ed il periodo di attività di alcune di esse non risultano pienamente soddisfacenti per gli scopi di questa ricerca; pertanto alcune valutazioni ottenute saranno necessariamente affette da un certo margine di approssimazione.

---

(<sup>1</sup>) Per ovviare almeno in parte a questa carenza d'acqua, da pochi anni è entrato in funzione un acquedotto sottomarino che porta acque potabili dalla terraferma.

## 2. ANALISI STATISTICA DEI DATI PLUVIOMETRICI E CARTE DI PROBABILITÀ

Com'è ovvio, il primo passo di questo lavoro è consistito nel calcolo dei valori medi (stagionali ed annuali) relativamente ai vari periodi di funzionamento delle stazioni considerate.

TAB. 1 - *Valori medi.*

Stazione	Altit.	N. anni	Inv.	Prim.	Est.	Aut.	Anno
Schiopparello	32	30	219	144	70	219	650
Poggio	240	58	337	234	80	335	986
S. Martino	66	31	244	177	53	268	747
Montegrosso	348	34	259	188	70	257	775
Campo Serre	601	26	231	175	45	211	663
La Pila	66	9	227	136	79	181	625
Porto Azzurro	10	24	269	133	64	281	741
Monte Capanne	960	16	233	170	87	248	737
Rio nell'Elba	150	12	206	152	36	213	603
Il Pino	65	12	241	179	78	219	714
Portof. Orti	25	14	239	165	88	249	741
Capoliveri	167	16	216	156	65	213	652
S. Piero	226	32	228	158	67	239	695
Patresi	120	31	213	161	68	217	658
Procchio	8	11	238	194	85	213	725
Portoferraio	25	60	191	128	59	193	564

Dalla Tabella 1 risultano evidenti le elevate precipitazioni autunnali ed invernali, i valori un po' inferiori della primavera e quelli molto più scarsi dell'estate. In effetti il regime pluviometrico dell'isola è caratterizzato da due massimi distinti, il principale in ottobre ed il secondo nel tardo inverno (febbraio). L'Elba si trova quindi in una zona di transizione tra le aree a due massimi nelle stagioni intermedie (Liguria, Toscana settentrionale) e le regioni centrali e meridionali che registrano un unico massimo in inverno (ad es. la Sardegna). Riportando l'attenzione sulla ripartizione stagionale delle piogge, notiamo una prevalenza dell'autunno, il quale da solo fornisce un terzo delle precipitazioni annuali (33-34%); seguono l'inverno con un apporto di poco inferiore (circa 30%) e la primavera con il 22-24%; la media generale per l'isola è valutata in 730 mm (PINNA M., 1991), equivalenti ad un totale medio di 163,2 milioni di metri cubi d'acqua all'anno.

I coefficienti di variazione  $C_v$  (rapporto fra la deviazione standard e la media aritmetica) si sono rivelati sempre assai elevati, con i valori relativi alle medie stagionali — come facilmente intuibile — notevolmente superiori a quelli delle serie annuali. Non sono state registrate differenze molto sensibili da stazione a stazione, né è stato possibile individuare correlazioni significative fra i valori del  $C_v$  e l'altitudine. Alle medie annuali sono associati coefficienti vicini a 0.25, a quelle invernali valori prossimi a 0.4, mentre per primavera e autunno i  $C_v$  salgono a circa 0.5 e addirittura a 0.9 e oltre per l'estate.

Una volta calcolati per ogni serie di dati il valore medio, la deviazione standard e il coefficiente di variazione, è stato possibile valutare gli eventi piovosi scarsi in funzione di prestabiliti tempi di ritorno utilizzando l'equazione generale per l'analisi di dati idrologici proposta da CHOW (1951). Tale equazione può essere scritta nella forma:

$$x = \bar{x}(1 + C_v K)$$

dove  $x$  è un evento qualsiasi,  $\bar{x}$  è la media degli eventi considerati e  $K$  è il «fattore di frequenza» funzione del tempo di ritorno e del tipo di distribuzione di frequenza ipotizzata; nel nostro caso è stata quella Lognormale caratterizzata cioè dalla distribuzione normale (gaussiana) dei logaritmi dei valori considerati.

La scelta di questo metodo è motivata sia dai risultati soddisfacenti che ha già fornito in molti studi di idrologia, sia dal fatto che esso consente delle estrapolazioni sufficientemente attendibili anche quando, pur partendo da serie di dati limitate, si vogliono considerare tempi di ritorno di molte decine di anni. A tal proposito è bene precisare che l'adeguatezza delle varie serie è stata valutata con la formula di MOKUS (1960):

$$Y = (4.3t \log R)^2 + 6$$

dove  $Y$  è il numero minimo accettabile di anni,  $R$  è il rapporto fra i valori di precipitazione che vengono superati con probabilità dell'1 e del 50%,  $t$  è il valore della variabile di Student per un determinato livello di significatività e per  $Y-6$  gradi di libertà. Le serie annuali sono risultate tutte di lunghezza sufficiente mentre per inverno, autunno e primavera, già per ottenere un livello di significatività dell'80%, è necessario disporre di almeno 14-15 anni; il caso dell'estate è ovviamente a parte poiché l'elevatissima variabilità fa sì che soltanto le serie con oltre 30 anni si debbano considerare del tutto adeguate. Nonostante

TAB. 2 - Valori non superati con probabilità del 20%.

Stazione	Inv.	Prim.	Est.	Aut.	Anno
Schiopparello	159	96	23	128	523
Poggio	222	143	23	204	776
S. Martino	167	85	6	122	537
Montegrosso	166	115	27	163	617
Campo Serre	147	81	16	136	544
La Pila	142	88	29	96	498
Porto Azzurro	168	79	22	133	552
Monte Capanne	154	95	25	164	549
Rio nell'Elba	124	105	16	123	500
Il Pino	179	112	12	137	526
Portof. Orti	172	109	33	156	584
Capoliveri	139	91	18	130	491
S. Piero	156	106	24	154	577
Patresi	144	101	22	143	529
Procchio	188	128	22	110	528
Portoferraio	129	80	17	107	439

TAB. 3 - Valori non superati con probabilità del 5%.

Stazione	Inv.	Prim.	Est.	Aut.	Anno
Schiopparello	112	58	5	55	414
Poggio	131	69	0	99	596
S. Martino	106	12	0	10	357
Montegrosso	92	56	8	88	481
Campo Serre	79	11	4	75	443
La Pila	74	49	7	29	388
Porto Azzurro	88	35	3	14	390
Monte Capanne	91	35	0	96	388
Rio nell'Elba	58	68	7	50	412
Il Pino	130	59	0	72	364
Portof. Orti	118	64	9	81	448
Capoliveri	77	39	0	63	354
S. Piero	99	64	6	85	475
Patresi	89	53	2	84	419
Procchio	147	75	0	27	358
Portoferraio	80	42	0	39	332

queste limitazioni si ritiene che il quadro complessivo scaturito dall'elaborazione dei dati sia soddisfacente ai fini di questo lavoro, volto a tracciare le linee generali della variabilità delle precipitazioni sull'Elba.

Le Tabelle 2 e 3 riportano i valori di piovosità che non verranno superati con probabilità rispettivamente del 5 e del 20%; onde fornire poi un quadro sintetico e rapidamente leggibile della situazione, sono state costruite le carte di probabilità riportate nelle Fig. 1-5. Per tracciare le isoiete si è operata un'interpolazione dei non molti dati disponibili tenendo principalmente conto dell'andamento del rilievo e dell'esposizione geografica nei riguardi dei venti occidentali e nord-occidentali; si è ritenuto in pratica che il Monte Capanne e le alture nord-orientali debbano comunque costituire delle zone di massimo e che il settore meridionale sia sempre caratterizzato da precipitazioni un po' più scarse di quelle registrate nel resto dell'isola.

Dalla lettura delle singole carte emergono con particolare evidenza le seguenti situazioni:

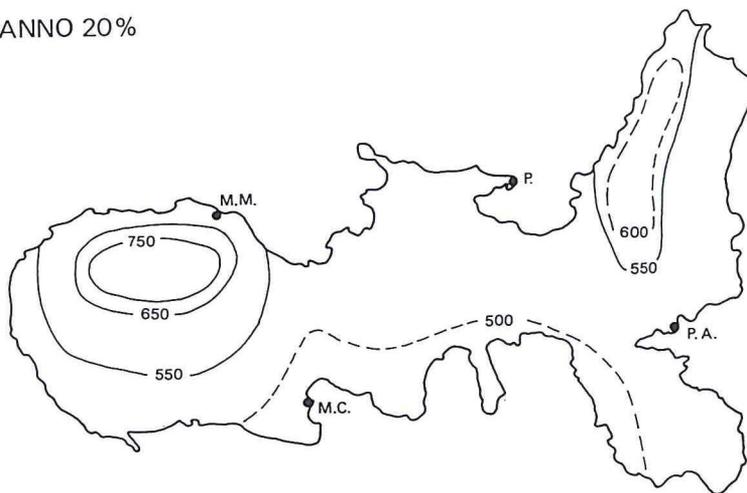
— valori di piovosità *nell'anno* inferiori a 550 millimetri hanno tempi di ritorno di 5 anni (o meno) nella maggior parte dell'isola; considerando poi il tempo di ritorno di 20 anni, i valori si abbassano mediamente di 100-150 mm, individuando così delle condizioni spiccatamente siccitose;

— *nella stagione invernale* (essendo la piovosità media relativamente elevata e i  $C_v$  in genere inferiori a 0.4) i valori ricavabili non sono particolarmente bassi; l'isoieta di 160 mm per la carta del 20% e quella di 100 mm per la carta del 5% individuano approssimativamente la situazione media per l'isola, per cui si può parlare di una riduzione a circa il 70 ed il 40% delle medie pluriennali;

— *nelle stagioni intermedie* si verifica uno scostamento percentuale dalle medie pluriennali ancor più marcato di quello registrato in inverno; si può valutare una riduzione del 40% circa per tempi di ritorno di 5 anni e del 70% e oltre nell'arco di 20 anni;

— per quanto concerne *l'estate* un'informazione appare ben chiara: stagioni fortemente siccitose, o addirittura prive di precipitazioni apprezzabili, hanno una probabilità di verificarsi molto elevata; la carta del 20% presenta infatti valori inferiori a 30 mm quasi ovunque, mentre quella del 5% appare priva di isoiete in quanto per tempi di ritorno di 20 anni tutta l'isola è interessata da precipitazioni nulle o comunque inferiori ai 10 mm.

ANNO 20%



ANNO 5%

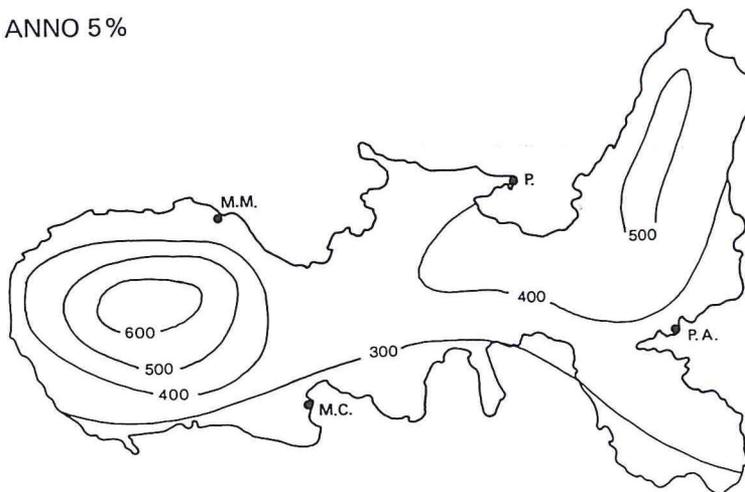
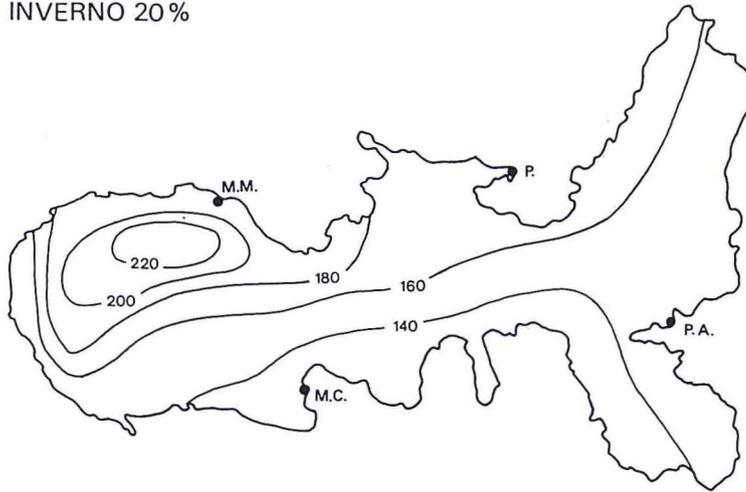


Fig. 1 - Carta probabilistica della piovosità annua: valori (in mm) non superati in un anno qualsiasi con probabilità del 20% e del 5%. (M.C. = Marina di Campo; M.M. = Marciana Marina; P. = Portoferraio; P.A. = Porto Azzurro).

### 3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In questo lavoro l'attenzione è stata posta in particolare sulla probabilità degli eventi di scarsa piovosità nell'Isola d'Elba, prendendo in considerazione quelli che avendo tempi di ritorno sufficientemente brevi (in particolare 5 e 20 anni), si verificano più volte

INVERNO 20 %



INVERNO 5 %

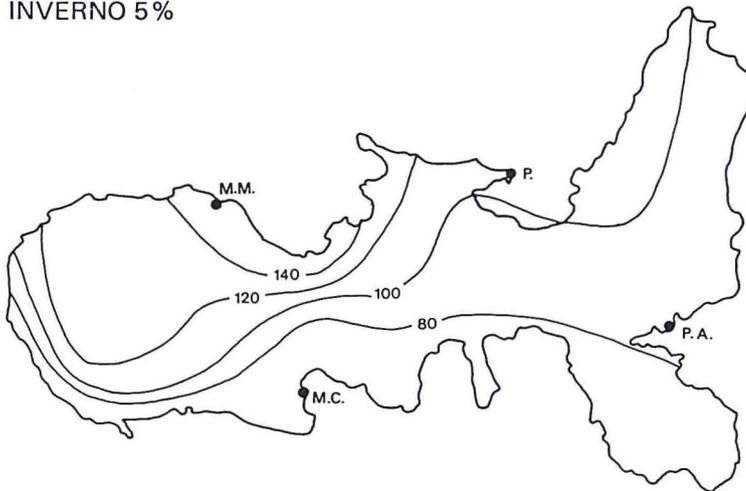
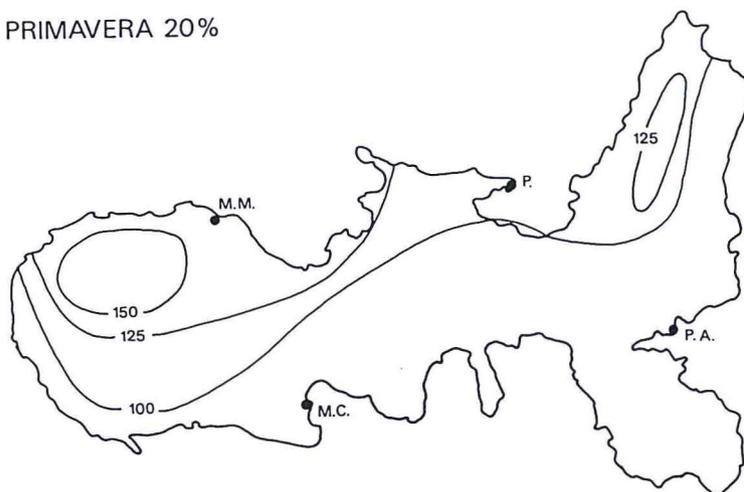


Fig. 2 - Carta probabilistica della piovosità invernale: valori (in mm) non superati con probabilità del 20% e del 5% in un qualsiasi anno.

nell'arco di tempo medio della vita umana.

Pur avendo considerato dei tempi di ritorno ridotti, i valori non superati di precipitazione ad essi relativi sono risultati così bassi da determinare una situazione complessivamente molto diversa da quella ricavata sulla base dei valori medi. Questa affermazione può certamente essere riferita ai totali delle singole stagioni, tanto che, per esempio, potremo attenderci nell'arco di tempo di 20 anni una

PRIMAVERA 20%



PRIMAVERA 5%

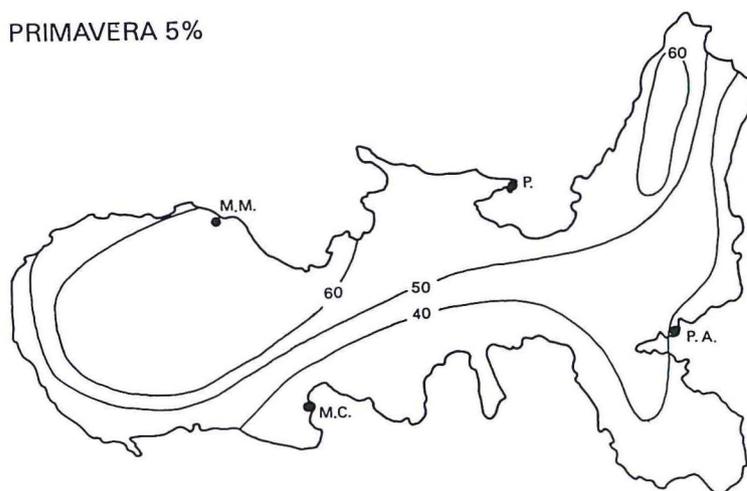


Fig. 3 - Carta probabilistica della piovosità primaverile: valori (in mm) non superati con probabilità del 20% e del 5% in un qualsiasi anno.

primavera e un autunno con apporti inferiori a 50 mm in tutta la parte centro-meridionale dell'isola e — come già rilevato — un'estate pressoché asciutta. Lo scostamento dai valori medi pluriennali è comunque ben netto anche per gli apporti dell'intero anno; infatti sulla base delle carte di probabilità di Fig. 1, è possibile calcolare che per un tempo di ritorno di 5 anni l'afflusso medio annuo non superato è di 548 mm, pari a complessivi 122,4 milioni di metri cubi

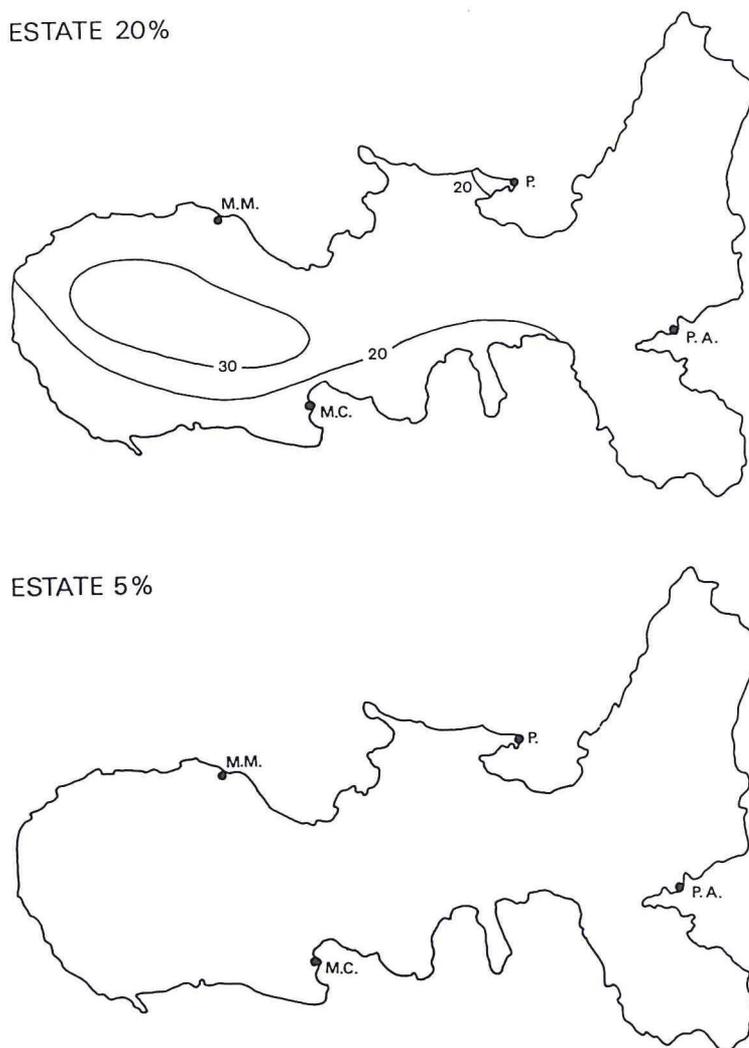
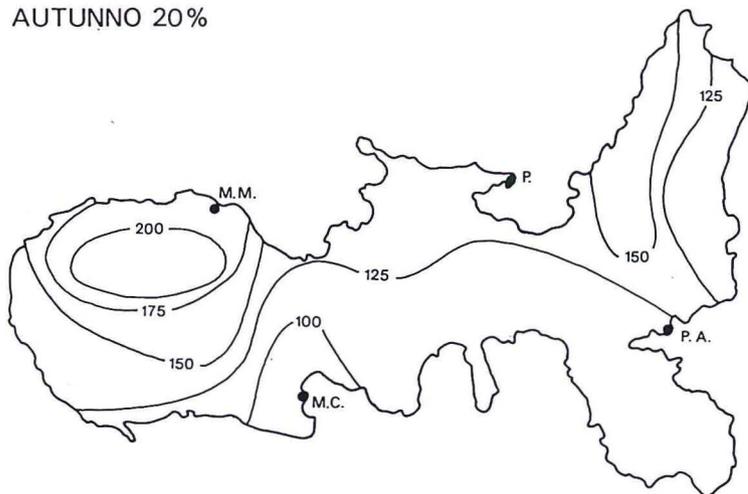


Fig. 4 - Carta probabilistica della piovosità estiva: valori (in mm) non superati con probabilità del 20% e del 5% in un qualsiasi anno.

d'acqua, mentre in un intervallo di 20 anni i suddetti valori scendono rispettivamente a 401 mm e a 89,7 milioni di metri cubi. Per un confronto tra i volumi d'acqua che cadono nell'arco dell'intero anno sull'Elba, secondo la media pluriennale e nelle due situazioni considerate in questo studio, si rimanda alla Tabella 4.

Assumendo per l'isola una temperatura media annua di  $15,2^{\circ}$  (BENCINI *et al.*, 1986), è possibile valutare con la formula di TURC

AUTUNNO 20%



AUTUNNO 5%

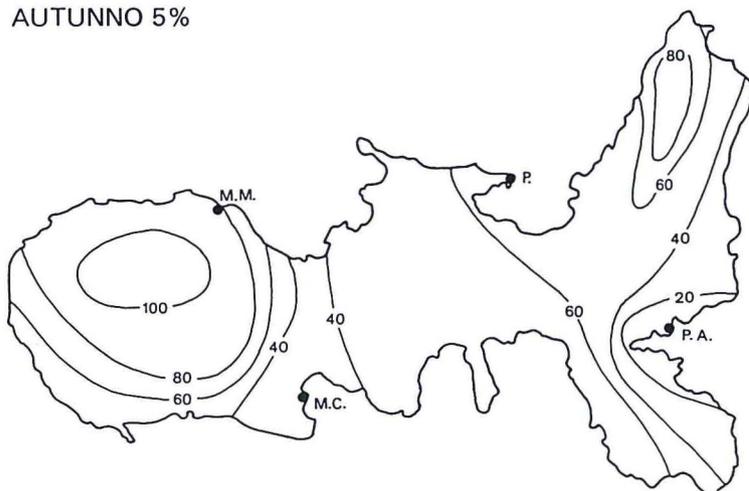


Fig. 5 - Carta probabilistica della piovosità autunnale: valori (in mm) non superati con probabilità del 20% e del 5% in un qualsiasi anno.

(1954) l'evapotraspirazione reale — ETR — e quindi la relativa piovosità efficace — PE — così ottenuta:  $(PE = P - ETR)$ .

L'esame della Tab. 5 mette in risalto l'elevata frequenza di annate nelle quali l'isola dovrà disporre di riserve idriche particolarmente limitate: si può notare come già con probabilità del 20% la PE non supera la metà di quella media, scendendo addirittura al di sotto del 20% per tempi di ritorno di 20 anni.

TAB. 4 - *Apporti pluviometrici annui sull'Elba per classi di valori.*

Classi di valori (mm)	Superficie (km <sup>2</sup> )	(%)	Volumi d'acqua (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
A) <i>Valori medi 1921-1980</i>			
< 600	13,3	6,0	7,3
600-800	160,0	71,6	110,9
800-1000	44,4	19,8	39,0
> 1000	5,8	2,6	6,0
TOTALI	223,5	100,0	163,2
B) <i>Valori non superati con prob. 20%</i>			
< 550	164,2	73,5	84,5
550-650	43,2	19,3	25,9
650-750	8,4	3,8	6,0
> 750	7,7	3,4	6,0
TOTALI	223,5	100,0	122,4
C) <i>Valori non superati con prob. 5%</i>			
< 400	121,7	54,5	41,1
400-500	73,5	32,9	33,1
500-600	22,2	9,9	11,7
> 600	6,1	2,7	3,8
TOTALI	223,5	100,0	89,7

TAB. 5 - *Valori (in mm) di P, ETR e PE per l'Isola d'Elba.*

	P	ETR	PE
Media pluriennale	730	519	211
Tempo rit. 5 anni	548	446	102
Tempo rit. 20 anni	401	362	39

Da quanto detto risulta evidente che per l'Isola d'Elba, nella risoluzione di problemi di tipo agronomico, idrologico, idrogeologico ecc., non è affatto corretto considerare il parametro piovosità soltanto dal punto di vista dei suoi valori medi, poiché è davvero alta la probabilità che una singola stagione o anche l'intero anno si presentino con apporti meteorici molto discosti da quelli pluriennali. I risultati ottenuti in questo lavoro hanno così confermato il carattere di elevata variabilità che caratterizza le precipitazioni in quest'area mediterranea anche nei totali stagionali e annui; tali risultati possono quindi costituire un'ulteriore conferma del fatto che anche eventi particolarmente anomali, rientrando in genere nella naturale variabilità dei parametri climatici,

non devono necessariamente essere ricondotti a quelle cause (vulcani, inquinamenti, effetto serra, ecc.) proposte di frequente dai mass-media nel nome di una «scienza spettacolo» che assai spesso di scientifico ha ben poco.

#### BIBLIOGRAFIA

- ARLERY R. *et alii* (1973) - Climatologie. Méthodes et pratiques. Gauthier-Villars, Parigi.
- BARNES K.K. *et alii* (1981) - Soil and water conservation engineering. John Wiley & Sons, New York.
- BENCINI A. *et alii* (1986) - Le risorse idriche dell'Isola d'Elba. Tacchi, Pisa.
- BRAKENSIEK D.L. (1958) - Fitting generalized lognormal distribution to hydrologic data. *Trans. Am. Geophys. Union*, **39**, 469-473.
- CHOW V.T. (1951) - General formula for hydrologic frequency analysis. *Trans. Am. Geophys. Union*, **32**, 231-237.
- CHOW V.T. (1954) - The log-probability law and its engineering applications. *Am. Soc. Civil. Eng.*, **80**.
- CHOW V.T. (1955) - On the determination of frequency factor in log-probability plotting. *Trans. Am. Geophys. Union*, **36**, 481-486.
- MATTEWS J.A. (1985) - Metodologia statistica per la ricerca geografica. Franco Angeli, Milano.
- MOCKUS V. (1960) - Selecting a flood-frequency method. *Am. Soc. Agr. Eng. Trans.*, **3**, 48-51.
- PINNA M. (1977) - Climatologia. UTET, Torino.
- PINNA M. (1991) - Sui caratteri climatici dell'Arcipelago Toscano. *Riv. Geogr. It.*, **3**, 469-473.
- TURC L. (1954) - Le bilan d'eau des sols: relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. *Ann. Agronomiques*, 1954, Parigi, 491-595.

(ms. pres. il 2 febbraio 1993; ult. bozze il 12 marzo 1993)