

3. - LINEAMENTI CLIMATICI DELL'ARCIPELAGO TOSCANO (a cura di F. Rapetti)

3.1. - INTRODUZIONE

L'Arcipelago Toscano occupa un'area marina di forma sub-triangolare, con estremi compresi tra 42° 13' 42" (Giannutri) e 43° 26' 54" (Gorgona) di latitudine Nord e 9° 43' 18" (Capraia) e 11° 11' 00" (Giannutri) di longitudine Est.

Le condizioni meteorologiche che interessano l'arcipelago nel semestre freddo sono determinate dalle perturbazioni occidentali in transito sulla Toscana centrale e dall'azione delle depressioni sottovento alle Alpi che si generano sul Golfo di Genova. Tali stati atmosferici determinano tempo instabile, accompagnato da precipitazioni diffuse e prolungate. Nei mesi estivi gli anticloni delle Azzorre e del Sahara determinano nel Mediterraneo occidentale un esteso campo di alte pressioni, accompagnate da tempo stabile e soleggiato, con lunghi periodi di siccità meteorologica.

I fattori geografici che condizionano il clima dell'Arcipelago Toscano sono riferibili alla posizione delle isole rispetto alla Corsica e alla Toscana continentale, alla loro dimensione, al profilo altimetrico, all'esposizione ai venti, alle correnti marine e al regime termico della superficie del mare.

Tra le isole dell'arcipelago, l'Elba presenta una interessante diversificazione climatica, legata sia alla sua maggiore dimensione sia alla notevole articolazione morfologica, determinata in gran parte dalla presenza del M. Capanne, oltre che dai rilievi centrali e orientali. Le differenze tra i microclimi dei siti rivolti ai diversi quadranti sono particolarmente rilevanti soprattutto per l'aspetto pluviometrico: il lato occidentale, più esposto alle perturbazioni atlantiche e influenzato dalla presenza del M. Capanne, e il lato orientale, dove il rilievo supera di poco i 500 m, presentano afflussi meteorici significativamente diversi. Anche nelle altre isole i topoclimi sono nettamente influenzati dalla estensione delle superfici emerse e dall'esposizione dei versanti.

Una descrizione esauriente delle condizioni climatiche dell'arcipelago è resa difficile dallo scarso numero di stazioni meteorologiche presenti

e dalla discontinuità nel loro funzionamento, che in molti casi impediscono il confronto dei dati. Le fonti sono l'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa, il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare, l'Agenzia Regionale Sistemi Ambientali e l'Istituto Meteorologico olandese.

3.2. - VENTI

La velocità del vento e l'altezza dell'ondazione nelle isole sono strettamente legate alla loro posizione rispetto alla Toscana continentale e alla Corsica. Queste due aree emerse esercitano infatti una azione di schermo rispetto ai flussi atmosferici occidentali e orientali, mentre lasciano le isole esposte a quelli settentrionali e meridionali.

Nel settore settentrionale dell'arcipelago la frequenza più elevata spetta ai venti del III quadrante, nel quale si raggiungono anche le velocità medie più elevate. Negli altri quadranti, sia le frequenze sia le velocità sono molto simili, mentre le calme rappresentano circa il 10% delle osservazioni. La velocità più frequente (oltre il 50% delle osservazioni) è quella di 2,5 m/s, mentre la frequenza delle velocità superiori ai 22,5 m/s è molto bassa poiché assomma allo 0,75% di tutte le osservazioni. Nel lato orientale si rileva una sensibile polarizzazione dei venti del I, II e IV quadrante, a scapito di quelli del III quadrante, che registrano la frequenza in assoluto più bassa tra tutti i lati, così come le velocità medie ponderate, che raggiungono i valori più bassi tra quelli osservati. Le calme hanno anch'esse una frequenza modesta, pari all'8,4% delle osservazioni. Nel lato meridionale, che è quello nel quale è stato eseguito il massimo numero di osservazioni, si rileva una distribuzione delle frequenze piuttosto equilibrata tra i vari settori e le velocità

vedono rappresentati casi di vento molto forte. Nel lato occidentale le frequenze cumulate mostrano una sensibile polarizzazione dei venti nel IV quadrante, mentre le velocità medie ponderate più elevate spettano al III quadrante; le calme rappresentano l'11,4% delle osservazioni. In questo lato la frequenza del vento con velocità maggiore di 22,5 m/s, con lo 0,85% delle osservazioni, raggiunge il valore massimo tra tutte le direzioni (tab. 1).

Il campo anemometrico è ben diverso in mare aperto e nelle aree continentali: la morfologia delle terre emerse interagisce infatti con le masse d'aria provocando deviazioni orizzontali e verticali e influenzando sensibilmente sulla velocità del vento. A M. Calamita le frequenze più elevate spettano al nord e al nord-est; in subordine al sud e al sud-est, con una netta polarizzazione in direzione nord-sud. Alle altre direzioni spettano frequenze piuttosto modeste, mentre le calme rappresentano oltre il 22,0% delle osservazioni, che è più che doppia rispetto alla frequenza delle calme registrate in mare aperto (VITTORINI, 1976; PINNA, 1991; RAPETTI, 1992).

3.3. - STATO DEL MARE

Lo studio del moto ondoso nell'arcipelago può essere condotto sulla base delle osservazioni dell'altezza e della direzione dell'ondazione raccolte dal Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) tra il 1961 e il 1990. Risulta che i settori di traversia con la frequenza più elevata sono quelli da sud e da est, come viene confermato dalla frequenza delle calme, pari rispettivamente al 42,2% per il lato nord e il 36,9% per il lato est. L'altezza dell'ondazione è da tutte le direzioni gene-

Tab. 1 - *Frequenza cumulata (F%) della direzione del vento per settori di traversia e valori della velocità media ponderata (m/s).*
- Cumulative frequency (F%) of wind direction according to prevailing wind sectors and values of the weighed average speed (m/s).

Traversia		0°-90°	90°-180°	180°-270°	270°-360°	Totale
Lato Nord	F%	21,73	21,51	24,91	21,58	89,73
	V _{med.}	5,14	5,04	6,66	5,08	5,53
Lato Est	F%	26,57	28,74	11,93	24,41	91,65
	V _{med.}	5,05	4,64	5,48	4,89	4,94
Lato Sud	F%	20,65	23,62	22,73	24,53	91,56
	V _{med.}	5,76	4,93	6,73	5,21	5,63
Lato Ovest	F%	19,38	22,89	21,72	24,64	88,63
	V _{med.}	5,23	5,24	6,45	5,21	5,65

continentale, così come l'escursione media diurna e quella annua, che presentano valori particolarmente contenuti. La stazione di M. Calamita, a circa 400 m, risente scarsamente dell'altitudine, poiché la temperatura media annua in questo luogo è ancora di 13,8 °C. I dati di Pianosa e del Giglio, riportati solo per la loro rarità, non consentono di trarre conclusioni circa il clima termico delle due isole, anche se essi, con le elevate temperature invernali, portano i tratti tipici delle temperature dell'Elba (tab. 4).

Il clima termico di Portoferraio ricade nel tipo *temperato-caldo*, caratterizzato dalla temperatura media annua compresa tra 14,5 °C e 16,9 °C, dalla temperatura media del mese più freddo compresa tra 6,0 °C e 9,9 °C, da quattro mesi con temperatura media maggiore o uguale a 20,0° e da una escursione annua tra 15,0 °C e 17,0 °C; quello di M. Calamita, sia pure con qualche approssimazione, è compreso nel *temperato sublitoraneo* (PINNA, 1969).

Il grado di marittimità delle isole, come dimostrato dagli indici di IVANOW e da quello termoisodromico di KERNER, risulta di grado moderato se confrontato con quello delle stazioni più marittime della Terra, ma è tra i più elevati in Italia. Tale condizione è determinata dall'umidità relativa costantemente elevata e dalle basse amplitudini termiche diurne e da quella annua. Nell'Italia continentale l'indice di continentalità di IVANOW (1959) oscilla tra il 137,0% di Bolzano (clima moderatamente continentale) e il 93,0% di Livorno (clima debolmente marittimo). A Capo Calamita e a Pianosa l'indice è rispettivamente dell'85,5% e dell'84,8% (clima debolmente marittimo), mentre nell'Isola di Gorgona si scende all'81,0% (clima marittimo) (RAPETTI, 1992).

3.6. - ESTREMI TERMICI

Le temperature minime assolute registrate all'Elba si inquadrano negli episodi di gelo estremo che hanno interessato la Toscana nel Febbraio del 1956 e nella prima decade di Gennaio del 1985 (RAPETTI & VITTORINI, 1986; RAPETTI & VITTORINI, 1992). Sotto il profilo dell'intensità del freddo, in questa isola i due inverni possono ritenersi equivalenti, anche se nella Toscana pianiziale e collinare, nelle prime due settimane del Gennaio 1985, si verificarono le temperature più basse mai registrate nella regione. La massima intensità del gelo si localizzò a nord dell'Arno, tra Altopascio e Firenze, dove in alcuni luoghi si raggiunse la punta di -21,2 °C. All'Elba e nelle altre isole dell'Arcipelago Toscano i valori non furono altrettanto severi: in quella circostanza a Portoferraio città furono registrati -4,0 °C (6 Gennaio).

In Italia e in gran parte dell'Europa occidentale l'estate del 2003 rappresenta la stagione più calda mai osservata, sia per intensità, sia per durata. A S. Piero in Campo (Elba) si raggiunse la temperatura massima assoluta di 39,0 °C (6 Agosto), valore che supera di 5,0 °C la massima precedente, misurata nell'estate del 1982 (RAPETTI & VITTORINI, 1992). Tale valore estremo si colloca all'interno di una sequenza di 81 giorni tropicali ($t \geq 30,0$ °C), dei quali 23 consecutivi, e di 12 giorni con $t_{\max} \geq 35$ °C.

3.7. - UMIDITÀ RELATIVA DELL'ARIA

All'Elba, come indicano i valori di M. Calamita, l'umidità relativa è in tutti i mesi piuttosto elevata, certamente per il continuo apporto di va-

Tab. 4 - *Temperatura media mensile e annua ed escursione annua (°C) (periodi di durata variabile e non sovrapponibili).*
- Monthly and annual mean temperatures and annual temperature range (°C) (variable time spans not necessary superimposable).

Stazioni	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Media	Esc.
Portoferraio città	9,6	10,4	11,6	14,0	17,4	20,8	24,3	24,4	21,5	18,0	13,8	10,5	16,3	14,8
Poggio Elba	8,0	8,5	10,4	13,9	17,9	21,8	24,8	24,2	21,5	16,7	12,4	9,5	14,8	16,8
S. Piero in Campo	9,5	8,9	10,8	12,8	18,3	20,8	24,6	26,2	21,5	17,1	13,5	10,7	16,2	17,3
M. Calamita	6,7	6,7	8,2	11,5	15,2	19,1	22,4	22,3	18,8	14,8	11,5	8,0	13,8	15,7
Pianosa	10,3	10,7	12,2	14,0	17,5	20,9	24,0	24,4	21,7	19,7	15,3	12,1	16,9	14,1
Giglio	8,8	7,6	10,4	11,4	14,4	20,6	22,5	22,9	20,4	16,2	13,2	9,5	14,8	15,3

pore acqueo dal mare, sottoposto a forte evaporazione (tab. 5).

I valori più bassi si registrano nel giorno medio dei mesi da Maggio ad Agosto, mentre si supera il valore dell'80% nei mesi da Novembre a Gennaio. Nel corso del giorno medio di ciascun mese i valori minimi si registrano intorno al mezzogiorno, quando si raggiunge il valore medio del 69%, mentre quelli massimi (82%) si osservano nelle prime ore della mattina (PINNA, 1991).

3.8. - PRECIPITAZIONI

I fattori geografici locali che influenzano le precipitazioni all'Elba sono legati al profilo altimetrico dell'isola e all'esposizione dei suoi lati e dei suoi versanti ai flussi atmosferici. Pur considerando che i dati pluviometrici si riferiscono a periodi di osservazione non coincidenti, risulta che gli afflussi meteorici sono legati più alla posizione delle stazioni rispetto al rilievo che alla loro quota assoluta: in tal senso è molto singolare che le precipitazioni di Poggio Elba, che si trova ad una altitudine di 240 m, risultino superiori, quasi senza eccezione, a quelle misurate sul M. Capanne (960 m). Si ritiene che tale circostanza possa essere messa in relazione alla posizione e all'orientamento delle due stazioni: quella del M. Capanne è situata circa 60 m sotto la vetta, in direzione di NE, in una insellatura schermata da un dosso che non si può escludere disturbi la misura del pluviometro; quella di Poggio Elba, situata nella parte medio-bassa del versante nord-orientale del M. Capanne, ad una distanza planimetrica dalla vetta del rilievo di circa 2 km e in posizione sottovento rispetto alla direzione di provenienza delle perturbazioni dai quadranti meridionali, riceverebbe una notevole quantità di precipitazioni per una sorta di inerzia dell'effetto orografico. È infatti noto che le masse d'aria in risalita forzata lungo i versanti dei rilievi subiscono fenomeni termodinamici che favoriscono la formazione delle piogge. Ciò comporta generalmente che gli afflussi si incrementino con la quota, fino

ad un massimo, detto "*optimum* pluviometrico". Generalmente alle altitudini appenniniche tale massimo, per la tendenza delle masse d'aria a sollevarsi lungo un virtuale piano inclinato oltre le parti più elevate del rilievo, si verifica nel versante sottovento, poco oltre la parte apicale. Nel caso del M. Capanne la modesta entità dell'effetto orografico è legata soprattutto alla morfologia del rilievo, che si presenta come una tumescenza isolata che si erge sul mare. Lo studio della interazione tra i flussi dei bassi strati dell'atmosfera e le catene montuose ha dimostrato infatti che nei massicci isolati, in condizioni di stabilità atmosferica, una frazione preponderante della massa d'aria che spira verso il rilievo subisce una deflessione orizzontale aggirando sui due lati la struttura orografica, con formazione dinamica di aree di alta e di bassa pressione, rispettivamente nel versante sopravvento e in quello sottovento. Fatte queste considerazioni si può anche ritenere che la distribuzione degli afflussi meteorici intorno al M. Capanne sia spiegabile con una asimmetrica frequenza dei flussi atmosferici provenienti dai quadranti meridionali, rispetto a quelli provenienti dagli altri quadranti (tab. 6).

I dati pluviometrici mostrano come in nessuna stazione elbana le precipitazioni siano minori di 500 mm annui, come invece accade ad esempio nell'Isola di Pianosa, che è la stazione toscana di minore piovosità. All'Elba il minimo si osserva a Portoferraio (566,8 mm) e il massimo a Poggio Elba (943,3 mm), con valori intermedi di 730,5 mm a M. Capanne e di 688,3 mm a S. Piero in Campo.

La distribuzione delle precipitazioni nell'isola maggiore dell'arcipelago mostra che nell'area del M. Capanne, a partire dall'isoietta dei 700 mm, si incontra quella dei 1000 mm in una ristretta fascia posta sotto la cima del rilievo, in direzione di NE. Sui rilievi centrali e orientali, aventi una direzione approssimativa da nord a sud, è presente l'isoietta dei 700 mm e, nelle parti più elevate, quella degli 800 mm. L'afflusso medio annuo ragguagliato al-

Tab. 5 - *Umidità relativa dell'aria (%) a M. Calamita.*
- Air relative humidity (%) at M. Calamita.

U%	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
min	78	73	71	68	67	63	58	61	68	71	77	76	69
max	85	83	83	81	80	80	77	80	84	86	85	85	82
med	82	78	77	75	74	72	68	71	76	79	81	81	76

l'intera superficie dell'isola ammonterebbe a 730,1 mm (PINNA, 1991), per un volume di acqua stimato in $1,63 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{anno}$.

3.9. - REGIME DELLE PRECIPITAZIONI

La distribuzione annua delle precipitazioni è elemento meteorologico e ambientale di importanza paragonabile, o addirittura superiore, all'entità dell'afflusso meteorico, poiché essa condiziona in modo diretto la vita degli organismi e i processi

geomorfologici continentali. All'Isola d'Elba i regimi presenti sono quello "submediterraneo" (AIPE) e quello "mediterraneo" (IAPE), che si caratterizzano rispettivamente per il massimo principale in autunno e per quello in inverno, con la netta prevalenza del primo tipo (PINNA & VITTORINI, 1985) (tab. 7).

Le differenze percentuali tra gli afflussi dell'autunno e dell'inverno sono tuttavia molto ridotte assommando a circa un terzo del totale annuo. La primavera riceve circa un quarto del totale mentre

Tab. 6 - *Precipitazioni mensili ed annue nell'Arcipelago Toscano (periodi vari).*
- Monthly and annual rainfalls in the Tuscan Archipelago (variable time spans).

Stazioni	h (m.l.m.)	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Portoferraio	25	55,9	59,7	54,6	49,0	33,8	22,8	18,2	36,1	40,7	75,5	65,0	55,5	566,8
Poggio Elba	240	134,1	105,0	98,3	71,7	52,0	30,4	11,1	59,5	71,3	12,5	92,0	92,8	943,3
S. Piero in C.	226	68,9	77,0	67,2	45,8	42,3	24,8	15,3	40,4	66,1	9,7	82,4	66,4	688,3
M. Calamita	396	70,3	71,2	51,6	46,8	37,3	22,3	17,7	30,6	51,1	8,3	91,8	77,8	650,8
M. Capanne	960	90,1	71,0	70,1	55,0	52,9	24,9	14,1	51,8	59,6	98,8	69,2	73,0	730,5
Pianosa	15	49,5	40,4	37,9	33,3	27,2	14,7	6,9	22,5	43,5	64,3	56,9	69,3	466,0
Giglio (semaforo)	400	73,6	65,9	57,3	49,3	34,8	10,6	9,9	14,6	39,4	68,9	88,4	91,0	587,0
Montecristo	40	58,9	76,1	62,6	38,4	40,1	18,8	17,1	17,1	50,8	52,4	100,6	87,5	608,9

Tab. 7 - *Precipitazioni stagionali e regimi pluviometrici (periodi vari).*
- Seasonal rainfall and pluviometrical regimes (variable time spans).

Stazioni	Primavera		Estate		Autunno		Inverno		Regime
Portoferraio	137,4	24,2%	77,1	13,7%	181,2	32,0%	171,1	30,2%	AIPE
Poggio Elba	222,0	23,5%	101,0	10,7%	288,8	30,6%	331,9	35,2%	IAPE
S. Piero in C.	156,1	23,5%	63,9	9,6%	224,6	33,8%	219,1	33,0%	AIPE
M. Calamita	137,5	20,6%	70,6	10,0%	225,2	34,6%	219,3	33,7%	AIPE
M. Capanne	178,0	24,4%	95,3	13,0%	227,6	31,2%	234,1	32,0%	IAPE
Pianosa	98,4	21,1%	9,5	44,1%	164,7	35,3%	159,2	34,2%	AIPE
Giglio (Semaforo)	141,4	24,1%	35,1	6,0%	196,7	33,5%	230,5	39,2%	IAPE
Montecristo	141,1	23,2%	53,0	8,7%	203,8	33,4%	222,5	36,5%	IAPE

l'estate ha un minimo molto accentuato, in alcune stazioni inferiore addirittura al 10% dell'afflusso annuo.

3.10. - PRECIPITAZIONI DA UNO A CINQUE GIORNI CONSECUTIVI

Le isole del Mediterraneo, più che le regioni continentali, sono soggette a una forte variabilità interannuale delle precipitazioni. Questo aspetto presenta un notevole interesse per la gestione e il controllo di tutti i parametri ambientali e antropici. Le massime precipitazioni da uno a cinque giorni consecutivi sono disponibili negli Annali Idrologici (Parte I) dell'Ufficio Idrografico e Mareografico di Pisa (1921-1950) (tab. 8).

A Portoferraio l'incremento degli afflussi da uno a cinque giorni è trascurabile, come segno della occasionalità delle piogge di elevata intensità, di natura quasi esclusivamente temporalesca. Diversa è la condizione di Poggio Elba, dove l'incremento dal primo al terzo giorno risulta del 159%.

3.11. - PERIODI SICCTOSI

In Toscana, come in molte altre parti d'Italia (BENCIVENGA, 1990), l'evento di maggiore siccità meteorologica dall'inizio delle osservazioni si è verificato tra il 1988 e il 1989. A Portoferraio le precipitazioni del 1988 hanno registrato una flessione del 58,1% rispetto alla media pluriennale, con una punta negativa del 96,0% nei mesi di Settembre e di Novembre; nel 1989 la flessione è stata del 35,1%, con scarti negativi sino dell'85,2% nel mese di Dicembre.

Considerando il massimo numero di giorni consecutivi senza pioggia, anch'esso di rilevante interesse ambientale, risulta che in Toscana esso aumenta sensibilmente dall'Appennino centro-settentrionale alle estreme propaggini meridionali della Regione, per assumere i valori più elevati proprio nelle isole dell'Arcipelago Toscano. A

scala regionale il più lungo periodo senza pioggia è quello verificatosi nella fascia costiera della Toscana meridionale a sud del F. Ombrone, all'Elba e al Giglio tra Giugno e Agosto del 1965, quando si registrarono oltre 70 giorni consecutivi di siccità meteorologica (RAPETTI & VITTORINI, 1994).

3.12. - CONSIDERAZIONI GENERALI SUL CLIMA DELL'ARCIPELAGO

L'analisi della temperatura dell'aria e delle precipitazioni svolta in precedenza non consente di trarre indicazioni esaustive circa il tipo di clima di una località, poiché, rivolgendo l'indagine ai due parametri meteorologici considerati separatamente, viene a mancare una chiara visione d'insieme dei rapporti e delle connessioni tra i diversi elementi che determinano il clima.

Risultati più soddisfacenti in tal senso si possono raggiungere utilizzando opportuni indici climatici, oppure particolari criteri di classificazione del clima, come ad esempio quello proposto da Köppen, molto usato per la scala planetaria, ma non adatto, per la sua bassa capacità di discriminazione tra tipi climatici simili, ad essere applicato ad ambiti territoriali di modesta estensione. Tra i sistemi di classificazione di tipo empirico-quantitativo, un ruolo particolare, specie nel campo degli studi sull'ambiente, deve essere riconosciuto ancora oggi all'indice di aridità di De Martonne. Nell'Arcipelago Toscano l'aridità meteorologica può raggiungere i valori più elevati di tutta l'Italia centro-settentrionale. In particolare, nell'Isola di Pianosa, l'indice di De Martonne è generalmente inferiore a 10, configurando un clima arido, caratteristico delle steppe circumdesertiche dove non vi sia scorrimento idrico di superficie (areismo). All'Elba l'aridità meteorologica è generalmente meno accentuata, tuttavia nel 1988 a Portoferraio l'indice ha raggiunto il valore di 6,6 (arido), mentre nel 1951 (anno più umido), con 24,9, si è raggiunto il grado più elevato di umidità climatica (tipo subumido).

Tab. 8 - *Precipitazioni massime con durata da uno a cinque giorni consecutivi (periodi vari).*

- Maximum precipitations with duration from one to five consecutive days (variable time spans).

Stazioni	1 giorno	Data	2 giorni	Data	3 giorni	Data	4 giorni	Data	5 giorni	Data
Portoferraio	129,0	27/08/34	130,0	27-28/08/34	140,0	1-3/11/26	140,0	1-4/11/26	143,5	1-5/11/26
Poggio Elba	132,0	26/09/47	210,0	4-5/03/28	250,0	20-22/09/32	250,0	20-23/11/32	250,0	20-24/11/32

3.13. - BILANCIO IDRICO-CLIMATICO E CLASSIFICAZIONI CLIMATICHE

Tra i numerosi sistemi fino ad oggi proposti per la definizione sintetica dei climi locali risulta di notevole interesse quello proposto da THORNTHWAITE (1948). Tale metodo consente una stima attendibile dell'umidità del suolo, del deflusso idrico di superficie e di quello sotterraneo. Il regime mensile di tali parametri fornisce indicazioni circa la predisposizione dei suoli all'erosione e, in campo agricolo e forestale, la disponibilità idrica della vegetazione.

Le stazioni considerate per tale indagine sono quelle di Portoferraio città, Poggio Elba, Giglio (Semaforo) (tab. 9). A Portoferraio città l'evapotraspirazione potenziale (EP), definita come la quantità di acqua (mm) che in un determinato intervallo di tempo passerebbe all'atmosfera per evaporazione

dal suolo e per traspirazione dalla vegetazione nella condizione che il suolo fosse permanentemente saturo, ha assunto il valore medio annuo di 847,6 mm, con un regime stagionale che attribuisce il 7,6% del totale all'inverno, il 20,1% alla primavera, il 48,3% all'estate e il 23,9% all'autunno. Dallo sviluppo del bilancio idrico-climatico risulta che la saturazione del suolo si raggiunge solo nei mesi di Febbraio e di Marzo, con un *surplus* (S) annuo di appena 23,9 mm; il *deficit* (D) annuo, pari a 302,6 mm, è presente da Maggio a Settembre. Nel mese di Settembre la riserva idrica del *suolo* (ST) si riduce fino al valore minimo di 7,7 mm; nei mesi successivi, in conseguenza della ripresa autunnale delle piogge, ha inizio la fase di ricarica del suolo, che si conclude in Febbraio. Il valore più elevato del *deflusso superficiale* (RO) si raggiunge in Marzo con appena 11,1 mm. A Poggio Elba l'evapotraspirazione potenziale media annua è stata di 835,8 mm, impu-

Tab. 9 - *Bilancio idrico-climatico a Portoferraio città, Poggio Elba, Giglio (Semaforo) (periodi vari).*
- Water and climate budget at Portoferraio, Poggio Elba, Giglio (Semaforo) (variable time spans).

Stazioni		G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Portoferraio	EP	20,2	21,9	34,4	51,8	84,2	119,5	149,7	140,3	100,2	66,0	36,6	22,7	847,6
	ST	115,2	150,0	150,0	147,2	105,3	55,3	23,0	11,5	7,7	17,7	46,1	79,5	-
	AE	20,2	21,9	34,4	51,8	75,9	73,0	50,3	47,5	44,7	66,0	36,6	22,7	545,1
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	46,6	99,4	92,7	55,5	0,0	0,0	0,0	302,6
	S	0,0	3,3	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,9
	RO	0,0	1,7	11,1	5,6	2,8	1,4	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	23,9
Poggio Elba	EP	16,5	18,0	29,5	52,2	91,4	125,0	154,7	140,1	98,5	59,3	32,1	18,5	835,8
	ST	150,0	150,0	150,0	150,0	113,2	60,1	23,0	13,5	11,2	78,0	137,9	150,0	-
	AE	16,5	18,0	29,5	52,2	88,8	83,1	48,0	69,5	73,3	59,3	32,1	18,5	588,7
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	41,9	106,7	70,6	25,3	0,0	0,0	0,0	247,1
	S	117,5	87,0	68,5	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,4	354,3
	RO	74,5	80,7	74,6	46,7	23,4	11,7	5,8	2,9	1,5	0,7	0,4	31,4	354,3
Giglio Semaforo	EP	20,6	16,5	33,4	41,8	67,1	116,7	134,6	128,5	94,2	60,6	38,3	22,4	774,7
	ST	150,0	150,0	150,0	150,0	120,9	59,6	26,0	12,1	8,4	16,8	66,9	135,5	-
	AE	20,6	16,5	33,4	41,8	63,9	71,9	43,5	28,4	43,1	60,6	38,3	22,4	484,5
	D	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	44,8	91,0	100,1	51,1	0,0	0,0	0,0	290,2
	S	38,5	49,4	23,9	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	119,2
	RO	19,3	34,3	29,1	18,3	9,1	4,6	2,3	1,1	0,6	0,3	0,1	0,1	119,2

tabile per il 6,3% all'inverno, per il 20,7% alla primavera, e rispettivamente per il 50,2% e il 22,7% all'estate e all'autunno. L'umidità climatica di questa località, la più elevata nell'intero Arcipelago, trova riscontro nel valore annuo del *surplus*, risultato pari a 354,3 mm, e nella sua durata, che ha coperto il periodo da Dicembre ad Aprile. Il *deficit idrico*, di 247,1 mm annui, ha interessato esclusivamente i mesi da Maggio a Settembre, assumendo il valore più elevato in Luglio con 106,7 mm. Il deflusso idrico superficiale, che presenta i valori più elevati nei mesi dell'inverno e della primavera, con il massimo in Febbraio (80,7 mm), decresce secondo una curva di esaurimento fino a Novembre. A Giglio Semaforo l'evapotraspirazione potenziale media annua è stata di 774,7 mm, con la seguente distribuzione stagionale: il 7,7% imputabile all'inverno, il 18,4% alla primavera, il 49,0% all'estate e il 24,9% all'autunno. Il *surplus idrico*, risultato pari a 119,2 mm annui, ha interessato il periodo da Gennaio ad Aprile; il *deficit idrico*, di 290,2 mm annui, ha interessato i mesi da Maggio a Settembre, assumendo il valore più elevato in Agosto con 100,1 mm. Il *deflusso idrico superficiale*, che presenta i valori più elevati nei mesi invernali e primaverili, con il massimo in Febbraio (34,3 mm), decresce secondo una curva di esaurimento fino ad estinguersi in Agosto.

La combinazione del *surplus*, del *deficit* e dell'evapotraspirazione potenziale secondo la relazione:

$$I_m = (S - D) / EP \times 100$$

porta alla definizione dell'indice di umidità globale (I_m), che costituisce l'indice guida nella classificazione dei climi di THORNTHWAITE & MATHER (1957). I valori positivi dell' I_m rappresentano i climi umidi, secondo la seguente scala di umidità decrescente: A ($I_m > 100$), B₄ ($100 > I_m > 80$), B₃ ($80 > I_m > 60$), B₂ ($60 > I_m > 40$), B₁ ($40 > I_m > 20$), C₂ ($20 > I_m > 0$); i valori negativi dell'indice indicano i climi aridi C₁ ($0 > I_m > -33,3$), D (-33,3

$> I_m > -66,6$), E ($I_m < -66,6$). Altre relazioni consentono di determinare l'indice di umidità ($I_h = S/EP \times 100$), l'indice di aridità ($I_a = D/EP \times 100$) e la concentrazione estiva dell'efficienza termica ($CEET = \sum EP_{estiva}/EP \times 100$). Sulla base di tali indici si ricava la formula climatica, che si compone di quattro lettere: la prima rappresenta l'indice di umidità globale (I_m), la seconda l'evapotraspirazione potenziale (EP), la terza l'indice di aridità o di umidità e la quarta la concentrazione estiva dell'evapotraspirazione potenziale ($\sum EP_{estiva}/EP_{annua} \times 100$). Secondo tale metodologia, la stazione più umida di tutto l'Arcipelago Toscano è Poggio Elba, dove tuttavia nell'anno medio il tipo climatico non sale oltre il C₂ (subumido), mentre nelle altre stazioni elbane, e presumibilmente nelle altre isole, i tipi presenti vanno dal C₁ (subarido) al D (semiarido) (tab. 10).

Gli andamenti medi non offrono tuttavia un quadro realistico delle condizioni del clima, che possono essere rappresentate più efficacemente dai valori estremi. A questo proposito sono stati sviluppati i bilanci idrico-climatici relativi all'anno più arido e all'anno più umido a Portoferraio città, Poggio Elba e Pianosa (tab. 11).

A Portoferraio città la massima aridità meteorologica si è verificata nel 1988, quando l'afflusso meteorico è stato di 270,8 mm, con una evapotraspirazione potenziale e reale rispettivamente di 808,4 mm e di 270,8 mm. In nessun mese si è avuta eccedenza idrica, mentre il *deficit*, che si è protratto da Febbraio a Novembre, ha raggiunto valori molto elevati nei mesi da Maggio a Giugno, come indicazione di un estremo disseccamento del suolo. Nell'anno di massima umidità le precipitazioni sono state di 1090,2 mm (1951) e l'evapotraspirazione potenziale e reale rispettivamente di 829,1 mm e di 617,7 mm. La capacità idrica del suolo ha conservato il massimo valore da Settembre a Maggio, con la sola eccezione di Novembre, in cui, in modo anomalo rispetto al regime pluviometrico tipico dell'isola, si è registrato un afflusso meteorico di appena 27,2 mm. Il *deficit* idrico, pari a 211,4

Tab. 10 - *Formule climatiche e descrizione sintetica dei climi (valori medi).*
- Climate equations and short description of climate types (mean values).

	Formula climatica	Descrizione sintetica
Portoferraio	C1 B'2 d b'4	clima subarido – secondo mesodermico – eccedenza molto piccola
Poggio Elba	C2 B'2 s b'4	clima subumido – secondo mesodermico – moderata eccedenza in inverno
Giglio Semaforo	C1 B'2 s b'4	clima subarido – secondo mesodermico – moderata eccedenza in inverno

Tab. 11 - *Formule climatiche e descrizione sintetica dei climi nell'anno più arido e in quello più umido.*
 - Climate equations and short description of climate types regarding the most dry and most wet year.

Stazione	Anni	Formula climatica	Descrizione sintetica
Portoferraio	1988 (anno più arido)	D B'2 d a'	clima <i>semiarido</i> – secondo mesodermico – senza eccedenza idrica
	1951 (anno più umido)	B1 B'2 s a'	clima <i>umido</i> – secondo mesodermico – deficit moderato in estate
Poggio Elba	1957 (anno più arido)	D B'2 d b'4	clima <i>semiarido</i> – secondo mesodermico – senza eccedenza idrica
	1951 (anno più umido)	B1 B'2 s b'4	clima <i>umido</i> – secondo mesodermico – deficit moderato in estate
Pianosa	1965 (anno più arido)	E B'2 d a'	clima <i>arido</i> – secondo mesodermico – senza eccedenza idrica
	1966 (anno più umido)	D B'2 d a'	clima <i>semiarido</i> – secondo mesodermico – senza eccedenza idrica

mm, è stato presente solo nei mesi dell'estate; negli altri mesi si è registrato *surplus* idrico, particolarmente elevato in Settembre (258,7 mm), a seguito della eccezionale precipitazione di 497,8 mm verificatasi in quel mese, sostanzialmente concentrata nei giorni 24 e 25, in cui caddero rispettivamente 245,0 e 182,0 mm di pioggia. Queste condizioni pluviometriche, non certo comuni a Portoferraio, hanno determinato un *surplus* nei mesi di Settembre e Ottobre e da Dicembre a Maggio; il deflusso, ammettendo che il 50% dell'eccedenza idrica disponibile per il deflusso superficiale in un dato mese scorra realmente, mentre la parte rimanente dell'eccedenza sia trattenuta dal suolo e si renda disponibile nel mese successivo, si è conservato in tutto l'anno, con punte di 131,8 mm e di 82,9 mm rispettivamente in Settembre e in Ottobre.

A Poggio Elba, nell'anno di massima aridità meteorologica (1957) le precipitazioni annue sono state di 518,2 mm, l'evapotraspirazione potenziale e reale sono state rispettivamente di 839,8 mm e di 470,5 mm. L'eccedenza idrica è stata presente solo in Maggio, quando è stata raggiunta la massima capacità idrica del suolo; il *deficit* idrico annuo è stato di 369,4 mm, presente in Marzo e da Giugno a Novembre. Nell'anno di massima umidità (1951) le precipitazioni annue sono state di 1194,6 mm, l'evapotraspirazione potenziale e reale sono state rispettivamente di 822,7 mm e di 572,7 mm. La capacità idrica del suolo ha raggiunto il valore massimo in Settembre, Ottobre e da Dicembre a Maggio, quelli minimi in Luglio e in Agosto. Il *deficit* idrico annuo è stato di 250,0 mm, presente solo nei mesi estivi; il *surplus* annuo, che ha raggiunto il valore di 621,9 mm, è stato assente solo nei mesi estivi e in Novembre.

A Pianosa nel 1965, anno di massima aridità

meteorologica, le precipitazioni sono state di 183,8 mm, distribuite in 45 giorni piovosi; l'evapotraspirazione potenziale e reale sono state rispettivamente di 846,2 mm e di 183,8 mm. L'eccedenza idrica è stata assente, mentre il contenuto idrico del suolo, dal mese di Giugno fino a quello di Dicembre, si è ridotto fino al limite possibile del disseccamento; il *deficit* idrico annuo, pari a 662,4 mm, ha interessato tutti i mesi salvo che quello di Gennaio. Nel dopoguerra l'anno di massima umidità è stato il 1966, quando le precipitazioni sono state di 428,2 mm, l'evapotraspirazione potenziale e reale sono risultate rispettivamente di 850,1 mm e di 428,2 mm. La capacità idrica del suolo non ha raggiunto in alcun mese il valore massimo previsto (120 mm), mentre i minimi si sono avuti in Settembre. Il *surplus* idrico e il deflusso superficiale sono stati nulli.

Nelle stazioni elbane, e ancora più marcata-mente nel resto delle isole, soprattutto in quelle di ridotta estensione e di profilo topografico piatto, come a Pianosa, negli anni di scarsità di precipitazioni è presente un'aridità climatica di elevatissima intensità, fino al tipo arido, caratteristico del deserto. In questa isola, per la sua estensione di 10,3 km² e per la sua morfologia tabulare, che si eleva di appena 29 m sopra il livello del mare, nel 1965 è stata raggiunta infatti la punta estrema dell'aridità meteorologica mai registrata in Toscana, quando l'indice di umidità globale (I_m) è stato di -78,3. Nelle stazioni elbane, in relazione alla loro altitudine ed esposizione ai flussi nella bassa troposfera, negli anni più piovosi si possono raggiungere discreti livelli di umidità climatica, tuttavia non maggiori di quanto previsto nel tipo umido della classe B₂ di THORNTHWAITTE (1948).

3.14. - CONCLUSIONI

Nelle stazioni a clima marittimo le temperature autunnali sono maggiori di quelle primaverili, mentre l'inverso accade in quelle più continentali (stagionalità termica). La definizione della marittimità e della continentalità può risultare dall'indice termoisodromico di KERNER (O), dipendente dalle temperature medie di Ottobre e di Aprile e dell'escursione termica annua secondo la relazione:

$$O = 100 \times (T_X - T_{IV})/A$$

Nelle stazioni elbane il valore dell'indice oscilla tra 27,0 (Portoferraio città) e 16,7 unità (Poggio Elba); al Giglio il valore è di 31,4, mentre a Pianosa, per evidenti motivi geografici e morfologici, l'indice raggiunge il valore di 40,4 unità. Considerando che a Genova il valore ultrasecolare dell'indice è stato di 18,6 e quello dell'ultimo trentennio di 21,2 (CORTEMIGLIA, 2002), risulta con evidenza l'eccezionale grado di marittimità dell'Isola di Pianosa.

Lo sviluppo del bilancio idrico-climatico di THORNTHWAITE & MATHER (1957) alle stazioni dell'Arcipelago Toscano indica nei valori medi una netta prevalenza dell'evapotraspirazione potenziale sulle precipitazioni, che si traduce nella presenza di climi da subumido (C₂) a subarido (D) a arido (E). Specialmente in estate, salvo che in alcune aree molto ristrette e durante eventi pluviometrici rari o eccezionali, la disponibilità di acqua nel suolo è molto scarsa e, per conseguenza, i deflussi, in specie quelli superficiali, sono assenti o di scarsissima entità.

In tali condizioni la vegetazione spontanea e le coltivazioni, in mancanza di apporti idrici artificiali, entrano in una condizione di marcata sofferenza, che inizia nei mesi di Aprile-Maggio e si protrae fino al tardo autunno. Tale condizione di "stress" idrico della vegetazione risulta estremamente pericolosa poiché la espone agli incendi, che in anni recenti hanno devastato aree molto estese dell'Elba. Rispetto a questo quadro generale fa eccezione il versante nord-orientale del M. Capanne (Elba) che, per apporti pluviometrici significativamente più elevati rispetto agli afflussi medi dell'isola, ha una potenzialità idrica relativamente elevata, almeno confrontabile con quella di alcune aree costiere della Toscana centro-meridionale.

Tali tratti climatici hanno determinato una sostanziale omogeneità nell'assetto vegetazionale delle isole, che si caratterizza per la presenza di fitocenosi adattate all'ambiente mediterraneo, con la prevalenza di sclerofille sempreverdi, fino a specie termoxerofile, presenti soprattutto nell'Isola di Pia-

nosa. Non mancano adattamenti a condizioni di aridità estrema, come l'ispessimento dello strato cuticolare e la presenza di tomento nelle foglie, fino alla trasformazione delle foglie stesse in spine. In alcuni casi si osserva il fenomeno dell'estivazione, consistente nel ritardo delle attività vegetative fondamentali, che vengono spostate nelle stagioni più umide: l'euforbia arborea (*Euphorbia dendroides*) ad esempio inizia l'emissione delle nuove foglie verso la fine dell'estate, fiorisce nell'inverno, fruttifica in primavera mentre all'inizio dell'estate perde le foglie, per rimanere in uno stato di quiescenza fino all'autunno successivo. Una maggiore diversificazione adattativa si riscontra nell'Isola d'Elba dove sono presenti anche specie caratteristiche di zone montane, come quelle proprie dei boschi di latifoglie decidue (*Anemone apennina*, *Lilium bulbiferum*, *Neottia nidus-avis*, *Melica uniflora*, *Ostrya carpinifolia*).

Il quadro climatico delineato determina la scarsa disponibilità di risorse idriche in tutto l'arcipelago, ma in particolare all'Elba dove, in relazione ai flussi turistici, la disponibilità idrica nella stagione estiva può scendere sotto i 100 l/giorno *pro capite*. Le risorse idriche disponibili provengono dalle falde acquifere presenti nelle piccole piane costiere, che soddisfano circa l'80% del fabbisogno, e dalle sorgenti, che sono di modesta importanza, sia a motivo dei caratteri climatici dell'isola, sia della piccola estensione degli affioramenti di rocce permeabili, che non facilitano l'infiltrazione delle scarse acque che scorrono in superficie.