

LUCA SALVATI - MARIA E. VENEZIAN SCARASCIA
ALBERTO SABBI - MARCO ZITTI - LUIGI PERINI

BREVE *EXCURSUS* SUL CLIMA ITALIANO CON RIFERIMENTI AL SETTORE AGRICOLO (*)

Introduzione. – Le interazioni fra cambiamenti ambientali, economia e società sono tanto antiche e complesse quanto numerose e diverse sono le possibili mescolanze di territori, culture ed epoche storiche che si volessero considerare al riguardo (Spinelli, 2003). L'idea che tale rapporto potesse avere una dimensione globale si è fatta strada soltanto negli anni più recenti dando spunto, fra l'altro, a un corposo filone di ricerca. Determinante per la nascita di questa nuova prospettiva è stato l'affermarsi della consapevolezza che la Terra è un sistema unico all'interno del quale la biosfera è una componente attiva ed essenziale e che le attività umane sono progressivamente diventate così pervasive da produrre conseguenze capaci di alterare il sistema stesso (Steffen e altri, 2004).

La sensazione che il clima stia cambiando rappresenta anche una percezione molto diffusa nell'opinione pubblica. I mezzi d'informazione hanno svolto in questo senso un ruolo di forte sensibilizzazione enfatizzando, talvolta giustamente, qualche volta strumentalmente, certe conseguenze catastrofiche conseguenti alle anomalie meteo-climatiche (Pinna, 2004). Un sistema corretto per valutare con reale oggettività scientifica la variabilità climatica è quello di guardare al passato tramite la «memoria storica» depositata presso i vari archivi meteorologici. La consistenza e la lunghezza delle serie storiche disponibili, nella quasi totalità dei casi, risultano ancora insufficienti per fornire una prova decisiva se la tendenza in atto sia espressione intrinseca di un cambiamento climatico o la fase sfavorevole di una fisiologica variabilità climatica (Perini, 2004).

In linea generale, nel nostro paese le maggiori preoccupazioni legate alla possibile insorgenza di fenomeni strutturali di «cambiamento climatico» si sono concentrate sulla riduzione delle precipitazioni piovose e sul susseguirsi di eventi estremi (piogge intense, periodi siccitosi, ondate di calore ecc.). Eventi,

(*) Questo articolo rappresenta il secondo di una serie di contributi dedicati ai temi del cambiamento climatico in Italia; il primo, che ha affrontato i temi della siccità e della carenza idrica nel Mezzogiorno, è stato pubblicato nel fascicolo 4/2010 di questo «Bollettino». Il terzo, previsto per la pubblicazione nel prossimo fascicolo, si occuperà di scenari climatici fornendo una proiezione di medio termine sugli andamenti regionali delle precipitazioni e delle temperature nel nostro paese.

cioè, che sempre più spesso mettono a repentaglio la salute umana, l'assetto idrogeologico del territorio, la sicurezza dei trasporti e le attività produttive (Pinna, 1996). Per l'agricoltura, la minore disponibilità d'acqua, dovuta a mancate precipitazioni, riduzione delle risorse irrigue, temperature più elevate, maggiori tassi di evapotraspirazione, nonché innesco di fenomeni erosivi, parrebbe ragionevolmente prospettare una riduzione della fertilità dei suoli con grave pregiudizio circa la possibilità di esercitare convenientemente la stessa pratica agricola o, perlomeno, di perseguire indirizzi produttivi intensivi a elevato ritorno economico (Olesen e Bindi, 2002).

Questo lavoro intende approfondire, attraverso l'analisi dei regimi climatici recenti osservati nel nostro paese, le interconnessioni tra cambiamenti climatici e alcuni aspetti legati all'economia dei paesi avanzati, con particolare riferimento al settore agricolo, nella prospettiva di accertare possibili strategie di adattamento alle nuove realtà climatiche (Pinna, 1998). Il cambiamento climatico, sia nelle sue manifestazioni attuali, ma ancor di più per le possibili evoluzioni future, è fonte di giustificato interesse per le ripercussioni negative che già comporta, o che potrebbe arrecare, all'attività agricola soprattutto nelle aree ecologicamente più fragili e compromesse, ad esempio per i ricorrenti episodi di siccità o per le strutturali condizioni di aridità.

L'agricoltura, infatti, è fortemente influenzata dall'andamento climatico ma, al tempo stesso, genera essa stessa un forte impatto sull'agro-ecosistema e, indirettamente, sul clima. I cambiamenti climatici, inserendosi in questo contesto, possono incidere ulteriormente sulla quantità e sulla qualità della produzione agricola. L'agricoltura italiana, in particolare, essendo caratterizzata da produzioni tipiche di alta qualità intrinsecamente legate al territorio di produzione, rivela un'elevata sensibilità ai cambiamenti climatici i quali, in assenza di adeguate misure di adattamento e/o di mitigazione, potrebbero condurre in tempi più o meno brevi all'abbandono di molte aree coltivate e al conseguente innesco di processi di degrado delle terre, considerati, non a caso, un aspetto di prioritaria emergenza (Salvati e altri, 2010).

I regimi pluviometrici recenti in Italia. – Per quanto attiene alla pioggia, un'analisi condotta a livello nazionale sui totali annui di precipitazione piovosa del periodo 1951-2000 (Perini e Ranuzzi, 2002) ha evidenziato una generale e progressiva tendenza alla diminuzione dei quantitativi di pioggia caduti, nonché una diversa distribuzione delle precipitazioni a livello stagionale. La flessione degli apporti piovosi ha interessato soprattutto la stagione invernale e quella primaverile con riduzioni rispettivamente di circa 1,0 e 0,6 mm/anno. Il confronto (tab. 1) effettuato fra dati aggregati per macroaree e per stagione ⁽¹⁾ mostra che il *trend* negativo delle precipitazioni ha subito una brusca accelerazione nel decennio 1991-2000. Nelle regioni settentrionali, ad esempio, le più

(1) Inverno: dicembre, gennaio, febbraio; Primavera: marzo, aprile, maggio; Estate: giugno, luglio, agosto; Autunno: settembre, ottobre, novembre.

Tab. 1 – *Precipitazioni medie annuali (mm) in Italia stimate per stagione e ripartizione geografica (1951-2000)*

<i>Nord</i>	<i>Primavera</i>	<i>Estate</i>	<i>Autunno</i>	<i>Inverno</i>	<i>Anno</i>
Media 1951-1990	228	252	257	162	899
Media 1991-2000	160	208	290	99	757
Variazione %	-30	-17	13	-39	-16
<i>Centro</i>	<i>Primavera</i>	<i>Estate</i>	<i>Autunno</i>	<i>Inverno</i>	<i>Anno</i>
Media 1951-1990	178	102	265	232	777
Media 1991-2000	154	85	292	154	685
Variazione %	-13	-17	10	-34	-12
<i>Sud</i>	<i>Primavera</i>	<i>Estate</i>	<i>Autunno</i>	<i>Inverno</i>	<i>Anno</i>
Media 1951-1990	140	66	228	219	653
Media 1991-2000	117	52	204	166	540
Variazione %	-16	-21	-10	-24	-17

Fonte: Perini e Ranuzzi (2002)

marcate diminuzioni di precipitazione si sono avute in Inverno (-39%) e in Primavera (-30%), mentre in Autunno si è registrato un aumento del 13%, a parziale (ma non sufficiente) recupero delle perdite registrate nel resto dell'anno. Le precipitazioni estive, pur subendo un certo calo (-17%), persistono comunque su livelli quantitativamente significativi (oltre i 200 mm complessivamente nei mesi di giugno, luglio e agosto). Al Nord, in totale, le mancate precipitazioni sull'intero anno assommano mediamente a -142 mm. Al Centro e al Sud le maggiori flessioni di precipitazione si concentrano in Inverno e in Estate ma, in questo caso, i mancati apporti di pioggia, oltre a penalizzare la ricarica delle riserve idriche, comportano uno scarso recupero autunnale di apporti piovosi (Italia centrale), mentre al Sud le variazioni stagionali di precipitazione sono tutte di segno negativo (Brunetti e altri, 2006).

Anche per quanto riguarda altri aspetti, come ad esempio il numero di giorni piovosi ⁽²⁾ per anno, è stata evidenziata, nei 50 anni di rilevazioni meteorologiche analizzate, una riduzione complessiva media di circa 4 giorni in Primavera, 3 giorni in Estate, 3 giorni in Autunno e di ben 8 giorni in Inverno. È necessario specificare che, dall'analisi dei dati osservati nel decennio 1991-2000 rispetto al quarantennio precedente 1951-1990, emerge, in controtendenza, un incremento del numero dei giorni piovosi durante la stagione autunnale e ciò appare coerente con l'aumento dei totali annui di precipitazione riscontrati nello stesso periodo (tab. 2).

I valori medi del numero di giorni piovosi sono riportati a scala nazionale nella figura 1. Dal confronto delle immagini riferite alle due serie storiche con-

(2) Come da convenzione internazionale, è stato definito giorno piovoso quello con un ammontare di precipitazioni nelle 24 ore uguale o superiore a 1 mm

Tab. 2 – Numero medio di giorni piovosi stimati in Italia per stagione e ripartizione geografica (1951-2000)

<i>Nord</i>	<i>Primavera</i>	<i>Estate</i>	<i>Autunno</i>	<i>Inverno</i>	<i>Anno</i>
1951-1990	25	24	21	18	88
1991-2000	19	20	22	12	72
Variazione	-6	-4	1	-7	-16
<i>Centro</i>	<i>Primavera</i>	<i>Estate</i>	<i>Autunno</i>	<i>Inverno</i>	<i>Anno</i>
1951-1990	22	11	22	25	79
1991-2000	18	9	23	17	68
Variazione	-4	-2	1	-8	-11
<i>Sud</i>	<i>Primavera</i>	<i>Estate</i>	<i>Autunno</i>	<i>Inverno</i>	<i>Anno</i>
1951-1990	19	8	20	26	73
1991-2000	18	9	23	17	68
Variazione	-1	1	3	-8	-5

Fonte: Perini e Ranuzzi (2002)

siderate, si evidenzia un *trend* temporale e spaziale coerente a quello delle precipitazioni annue. Nel periodo di studio, i giorni piovosi diminuiscono in modo generalizzato su tutto il territorio nazionale, con variazioni più significative in Sardegna (dove si passa da una media di 110 giorni/anno del periodo 1951-1980 ai circa 90 giorni/anno del periodo 1971-2000) come pure lungo tutto l'Appennino centrale, dove le aree con più di 140 giorni piovosi per anno, ampiamente diffuse nel periodo 1951-1980, sono oggi ridotte a ristretti ambiti territoriali, precipuamente montani, al confine fra Abruzzo e Lazio nonché Marche e Umbria. Inoltre, il territorio costiero insulare si attesta attualmente su una media di 80 giorni/anno individuando quindi aree soggette a fenomeni siccitosi e di aridità dei suoli.

Per quanto riguarda l'intensità di pioggia misurata su scale temporali sub-giornaliere, i risultati conseguiti dall'elaborazione di serie registrate in 20 stazioni della Rete Agrometeorologica Nazionale ⁽³⁾ nell'arco del periodo 1991-2003 evidenziano un incremento delle intensità medie (misurate a cadenza di 10 minuti) nella maggior parte dei casi. Contestualmente, il *trend* degli eventi estremi di pioggia, relativi alle precipitazioni cumulate a 10, 60 e 180 minuti, risulta positivo per i 2/3 delle stazioni esaminate, sia per quanto riguarda la frequenza degli eventi, sia in termini quantitativi. Tali risultati rendono ulteriormente plausibile l'ipotesi che ci sia una tendenza di fondo all'aumento degli eventi estremi di breve dura-

(3) La Rete Agrometeorologica Nazionale (RAN) è inserita nel Sistema Informativo Agricolo Nazionale (SIAN) del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali per monitorare specificamente l'agro-ecosistema a scala nazionale. Le singole stazioni meteorologiche, dotate di strumentazione elettronica, operano in assetto *stand-alone* e rispondono ai criteri di installazione e alle funzioni operative raccomandati dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM/WMO). Le attività della RAN sono coordinate dal CRA-CMA.

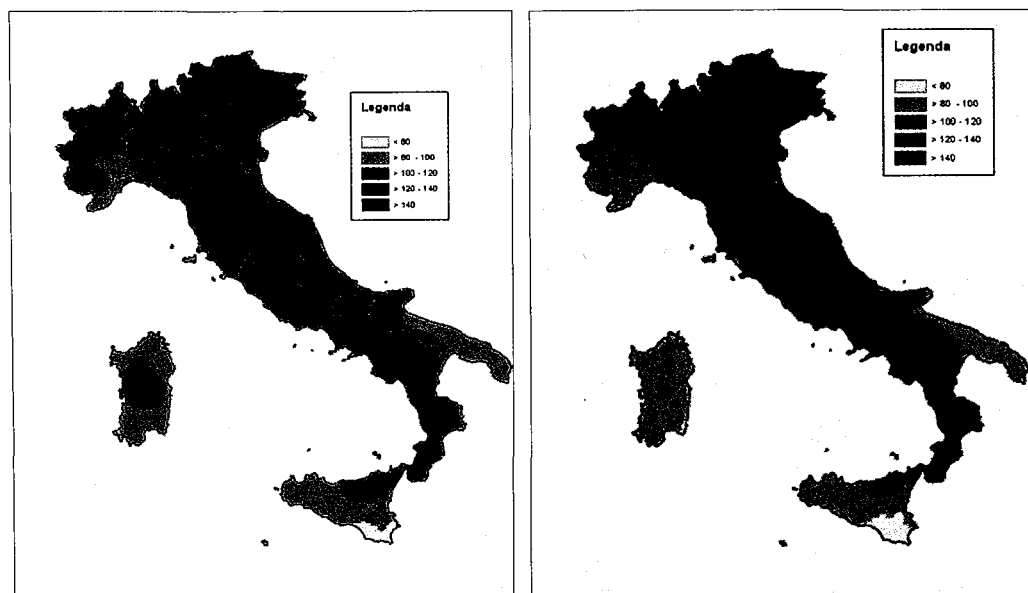


Fig. 1 – Numero medio di giorni piovosi in un anno nel periodo 1951-1980 (sinistra) e 1971-2000 (destra)

Fonte: nostra elaborazione su dati CRA-CMA

ta, anche se sono necessarie ulteriori conferme sperimentali a causa della limitata lunghezza delle serie di dati disponibili (Esposito e Epifani, 2004). Il *trend* positivo delle precipitazioni estreme è confermato anche a livello giornaliero. L'analisi condotta sulle precipitazioni giornaliere di 38 stazioni nel periodo 1951-2004 mostra, infatti, una crescita tendenziale della quantità di pioggia attribuibile a fenomeni intensi. Tale incremento quantitativo risulta abbastanza bilanciato fra i vari periodi dell'anno. Diversamente, per quanto riguarda il numero degli eventi estremi, l'analisi ha evidenziato un incremento di casi nel trimestre estivo e una diminuzione durante quello primaverile.

I risultati relativi alle sequenze di giorni consecutivi senza pioggia (*dry spells*), ottenuti analizzando sette serie storiche di dati di alcune principali località italiane (Torino, Milano, Genova, Bologna, Pesaro, Roma e Palermo) nel periodo che va dal 1881 al 2000, mostrano un generale incremento della durata media dei giorni consecutivi di non pioggia (fino a +7% di variazione trentennale media) e un aumento significativo della durata media (fino a +24%) e della durata massima (fino a +48%) rilevata nel trentennio 1971-2000 rispetto al 1881-1910, in special modo nel semestre invernale. Il *trend* positivo è riscontrabile anche in termini di frequenza di eventi di *dry spells* che, sempre dal confronto fra i due trentenni, fa rilevare un +49%. Da tali risultati è possibile ritenere consistente l'ipotesi che sia in atto un generalizzato allungamento dei periodi secchi e un significativo aumento anche del loro numero. Ciò rappresenta un segnale alquanto allarmante per le possibili ricadute sulla disponibilità delle

Tab. 3 – *Superficie territoriale (%) soggetta a un regime pluviometrico secco (precipitazione media annua inferiore a 600 mm) per provincia e per periodo*

Provincia	1951-1980	1961-1990	1971-2000
Agrigento	79,3	79,3	79,3
Bari	8,9	47,4	28,5
Brindisi	24,8	57,5	47,6
Cagliari	76,9	79,0	79,0
Caltanissetta	82,0	82,8	82,8
Campobasso	0,0	7,6	15,2
Catania	51,7	51,7	67,7
Enna	57,4	57,4	77,6
Foggia	14,8	23,5	54,4
Grosseto	0,4	0,4	0,4
Matera	1,6	5,9	3,2
Messina	0,0	0,0	1,7
Nuoro	45,6	54,6	79,0
Oristano	7,8	25,4	75,5
Palermo	22,2	21,0	36,2
Ragusa	78,5	78,5	78,5
Sassari	73,6	76,6	78,0
Siracusa	78,3	78,3	78,3
Taranto	63,0	74,2	69,7
Trapani	74,0	74,0	67,2

Fonte: nostra elaborazione su dati CRA-CMA

risorse idriche, soprattutto perché l'aumento del numero e dell'intensità dei fenomeni siccitosi è risultato più significativo nel periodo durante il quale si costituiscono le riserve di acqua nei bacini (Di Giuseppe e altri, 2005 e 2006).

Da un punto di vista agricolo, le tendenze evidenziate per la piovosità prospettano un impatto potenzialmente negativo sui cicli produttivi, soprattutto su quelli primaverili-estivi, in quanto la riduzione degli apporti piovosi amplificherebbe ancora di più il divario fra disponibilità idriche ed esigenze colturali, peraltro contemplato anche dall'andamento climatico «normale». Durante l'inverno, periodo di stasi o di ridotta attività vegetativa, il minor apporto di precipitazioni non comporta in genere problemi immediati alle colture presenti in campo (Salvati, Venezian Scarascia e Zitti, 2009). Alla ripresa vegetativa, però, le colture (pluriennali e i nuovi seminativi) possono scontare pesantemente le conseguenze dell'inadeguato ripristino delle riserve idriche dei suoli e del mancato pieno ristabilimento delle falde acquifere, soprattutto se proiettate in una prospettiva di apporti piovosi stagionali inferiori alle attese. La maggiore incidenza di precipitazioni molto intense sul totale annuo di pioggia, inoltre, riduce la frazione di acqua «utile» a causa della inibizione o del rallentamento dei feno-

meni di infiltrazione nel suolo. Un sovrabbondante apporto di precipitazioni nelle fasi di conclusione dei cicli produttivi (fine estate e autunno) può influire analogamente in maniera negativa sulla produzione agricola mettendo a rischio lo stato fitosanitario delle colture e allungando i tempi di completamento della fase di maturazione (Perini, 2004).

Le variazioni del regime pluviometrico italiano sono state analizzate anche sotto il profilo geografico evincendo, ancora una volta, la tendenza negativa sottesa a tutte le diverse realtà territoriali. La riduzione degli apporti meteorici, in termini assoluti e relativi, è apparsa alquanto rilevante nelle regioni peninsulari, già caratterizzate da regimi pluviometrici climaticamente siccitosi, dove, negli ultimi anni, sono stati registrati, in media, apporti piovosi sempre più ridotti, talora anche inferiori ai 500 mm all'anno. Anche nel Nord Italia è stata evidenziata una sensibile riduzione delle precipitazioni che, nel corso degli ultimi cinquant'anni, ha localmente determinato l'instaurarsi di condizioni strutturali di aridità, in particolare dove gli apporti piovosi si sono attestati intorno ai 600 mm (ad esempio, la provincia di Ferrara).

Con l'ausilio di strumenti di analisi spaziale sono state valutate diacronicamente le variazioni della superficie territoriale soggetta a precipitazioni annue inferiori a 600 mm. Tale limite, rapportato ai segnali di cambiamento climatico registrati negli ultimi anni a livello più ampio, può considerarsi una soglia indicativa per evidenziare ambiti territoriali a elevato rischio di inaridimento dovuto a regimi pluviometrici secchi tipici di quasi tutte le regioni meridionali e insulari d'Italia (tab. 3).

Complessivamente, nel periodo 1951-2000, la tendenza osservata è stata verso un aumento sensibile della superficie interessata da regimi pluviometrici secchi in numerose province italiane. Casi particolarmente rilevanti appaiono, ad esempio, quelli relativi alla provincia di Foggia, dove la porzione di superficie territoriale interessata da apporti annui inferiori ai 600 mm è passata dal 15% al 54%; la provincia di Oristano, dove si è avuta una variazione dall'8% al 76%; la provincia di Nuoro, che è passata dal 46% al 79%. In altre province, come ad esempio Campobasso, dove si è passati dallo 0% al 15% del territorio, le proporzioni del fenomeno risultano relativamente meno importanti pur denotando ugualmente una tendenza significativa verso condizioni strutturalmente più secche.

I regimi pluviometrici sono stati ulteriormente analizzati utilizzando il Coefficiente di Variabilità (CV). Mediante questo indicatore, computato a livello annuale, è possibile evidenziare la tendenza dei valori annuali di precipitazione a scostarsi dal regime climatico di riferimento consentendo così di evidenziare le aree maggiormente soggette a variazioni interannuali causate, per esempio, dalla maggiore o minore incidenza di fenomeni estremi (precipitazioni intense o, viceversa, periodi di prolungata siccità). Dalla lettura della distribuzione territoriale del CV, si evince un quadro alquanto eterogeneo, caratterizzato da una certa variabilità, sia al Nord, sia nel Mezzogiorno. Si evidenzia, ad esempio, una condizione di elevata variabilità degli apporti meteorici nella Sicilia sud-orientale che, in considerazione di un regime climatico spiccatamente secco, individua

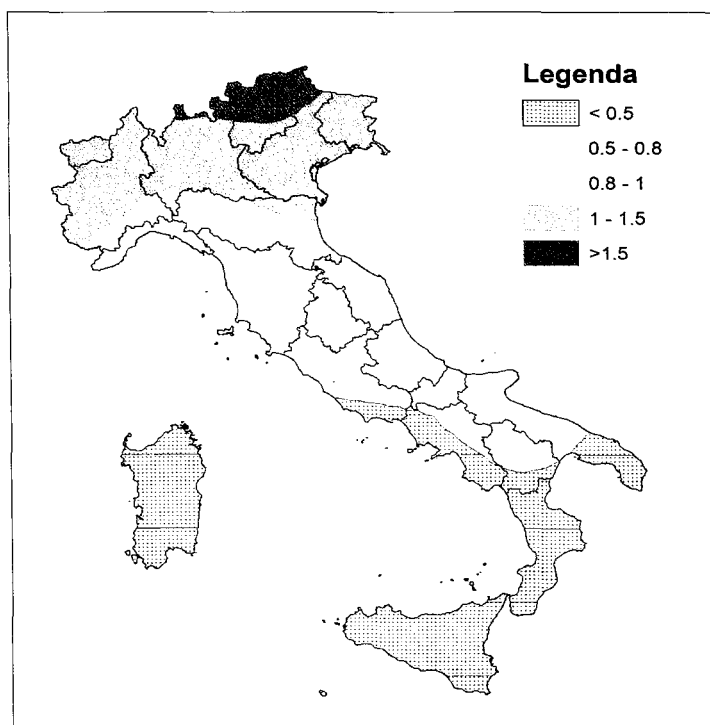


Fig. 2 – *Indice di concentrazione delle piogge per il periodo 1971-2000*

Fonte: nostra elaborazione su dati CRA-CMA

un ambito territoriale esposto a rischio di siccità con conseguente possibile degrado dei suoli. Anche in altre aree si manifesta una notevole variabilità delle precipitazioni, in particolare nel Salento, nelle aree appenniniche centro-settentrionali e in Valle d'Aosta, dove il CV si colloca fra il 20% ed il 30% del valore medio della precipitazione annuale.

La stagionalità degli apporti meteorici, altro elemento caratterizzante dei regimi pluviometrici italiani, è stata analizzata attraverso un indice di concentrazione delle piogge calcolato come rapporto fra precipitazioni primaverili-estive (cumulate da aprile a settembre) e precipitazioni autunno-invernali (cumulate da ottobre a marzo). L'indice, calcolato a livello annuale, viene espresso come media di lungo periodo. Valori elevati di questo indice evidenziano ambiti territoriali dove le piogge sono distribuite omogeneamente durante l'intero arco annuale, mentre valori bassi testimoniano un regime climatico di matrice tipicamente mediterranea, con stagioni secche, anche prolungate, seguite da periodi umidi, generalmente legati alla stagione autunno-invernale (fig. 2). I valori più bassi dell'indice di concentrazione si registrano nelle regioni meridionali e insulari, dove gli apporti autunno-vernini superano di più di tre volte quelli primaverili-estivi, caratterizzando così un regime pluviometrico secco durante i mesi caldi. Lungo la fascia costiera tirrenica si rilevano apporti primaverili-estivi pari alla

Tab. 4 – *Indice di aridità e classificazione delle zone climatiche*

Indice di Aridità	Zona climatica
< 0,05	Iper-arida
0,05 – 0,20	Arida
0,20 – 0,50	Semi-arida
0,50 – 0,65	Sub-umida secca
0,65 – 1	Umida
> 1	Iper-umida

Fonte: UNEP

metà di quelli registrati nella stagione autunno-invernale, caratterizzando un regime più spiccatamente mediterraneo. Nelle regioni settentrionali e in quelle centrali del versante adriatico, invece, la distribuzione delle piogge durante l'anno appare decisamente più equilibrata e il rapporto fra totali di precipitazione nelle due stagioni considerate si attesta su valori prossimi a uno. La concentrazione delle piogge non manifesta una variazione temporale spiccata come quella rilevata per le altre variabili agro-climatiche considerate in precedenza. Da notare, tuttavia, in alcune regioni del Mezzogiorno, quali Campania e Basilicata, un riequilibrio fra precipitazioni estive e invernali nel periodo più recente. A fronte di una riduzione generalizzata degli apporti meteorici annui, si osservano cambiamenti anche nei regimi pluviometrici stagionali, che caratterizzano soprattutto ambiti territoriali già vulnerabili dal punto di vista agro-ambientale perché afflitti da condizioni di aridità strutturale o da episodi ricorrenti di siccità.

Un'analisi sintetica dei regimi termometrici recenti in Italia. – Anche le analisi sui dati di temperatura hanno evidenziato diversi segnali significativi di variazione climatica (Perini e Ranuzzi, 2002). I *trends* di temperatura hanno mostrato, nella maggior parte dei casi, andamenti positivi e abbastanza diversificati per stagione dell'anno e aree del paese (fig. 3). La tendenza più marcata, pari a circa +0,07 °C, è relativa alla stagione invernale e riguarda gli incrementi medi annui di temperatura massima e temperatura minima a carico delle regioni settentrionali.

La conseguenza più immediata dovuta all'aumento delle temperature è quella di rendere disponibile una maggiore quantità di «energia» a favore dei processi di crescita e sviluppo delle colture agrarie. La fisiologia vegetale, infatti, risulta positivamente connessa, ovviamente entro i limiti caratteristici indicati per ciascuna specie e varietà, proprio con i valori della temperatura. Complessivamente, nel periodo esaminato (1951-2000) si è verificata una crescente disponibilità di «gradi utili», come mostra il grafico delle sommatorie termiche annuali al di sopra dei 10 °C (fig. 4).

L'analisi dei dati ha messo in evidenza anche una progressiva riduzione delle occorrenze di temperature inferiori a 0 °C (Perini e Ranuzzi, 2002), sopratt-

Tab. 5 – Superfici territoriali (%) caratterizzate da $IA \leq 0,50$ (classe 1) e da $0,5 \leq IA \leq 0,65$ (classe 2) per periodo di riferimento e provincia

Provincia	1951-1980		1961-1990		1971-2000	
	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2
Agrigento	41,6	57,7	58,5	40,6	55,9	43,2
Bari	0,0	37,2	0,0	56,3	0,0	69,1
Brindisi	0,0	98,9	0,0	96,9	0,0	96,9
Cagliari	8,5	67,9	9,2	83,6	21,3	74,9
Caltanissetta	52,2	47,5	53,0	46,8	53,5	46,3
Campobasso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Catania	23,6	47,0	35,1	50,4	39,9	60,1
Enna	12,0	60,8	11,0	85,3	17,1	82,7
Foggia	0,0	16,5	0,0	23,9	0,0	38,4
Grosseto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Lecce	0,0	16,0	0,0	84,0	0,0	97,5
Matera	0,0	11,3	0,0	12,3	0,0	15,3
Messina	0,0	0,7	0,0	12,1	0,0	44,9
Nuoro	0,0	15,5	0,0	30,8	0,0	51,0
Oristano	0,0	2,4	0,0	14,9	0,0	41,3
Palermo	0,4	80,1	0,0	94,8	0,0	95,3
Potenza	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ragusa	100,0	0,0	99,2	0,0	99,0	0,2
Reggio di Calabria	0,0	1,4	0,0	2,0	0,0	2,3
Sassari	0,0	55,3	0,0	79,5	0,2	90,0
Siracusa	89,4	10,6	98,0	0,0	97,6	0,4
Taranto	0,0	99,6	0,0	99,6	0,0	99,6
Trapani	91,3	8,7	80,3	13,0	70,3	21,9

Fonte: nostra elaborazione su dati CRA-CMA

tutto al Nord dove, nel corso di cinquant'anni, il numero medio annuale di tali eventi risulta quasi dimezzato. Riguardo a questo ultimo aspetto, va però rimarcato che gli andamenti termici più favorevoli, inducendo una più precoce ripresa vegetativa o incoraggiando l'anticipo delle semine, possono paradossalmente aumentare il rischio per le colture a causa di inattesi «ritorni di freddo» a stagioni di crescita ormai avviata (Perini, 2004).

Considerando congiuntamente i *trends* temporali delle principali grandezze climatiche, quali precipitazioni e temperature, è possibile pervenire a una valutazione integrata degli andamenti agro-climatici occorsi negli ultimi 50 anni sull'intero territorio nazionale, attraverso lo studio di indicatori di aridità climatica e disponibilità idrica nel terreno (Venezian Scarascia, Di Battista e Salvati, 2006; Salvati e altri, 2008). Un indicatore rappresentativo delle variazioni nei regimi di siccità è costituito dall'indice di aridità (IA) nella formulazione originaria proposta dall'UNEP (*United Nations Environment Programme*). Esso rappresenta, infatti, il rapporto fra i valori annuali delle precipitazioni (P) e dell'evapotraspirazione di riferimento (ET_0) ovvero:

$$IA = P/ET_0$$

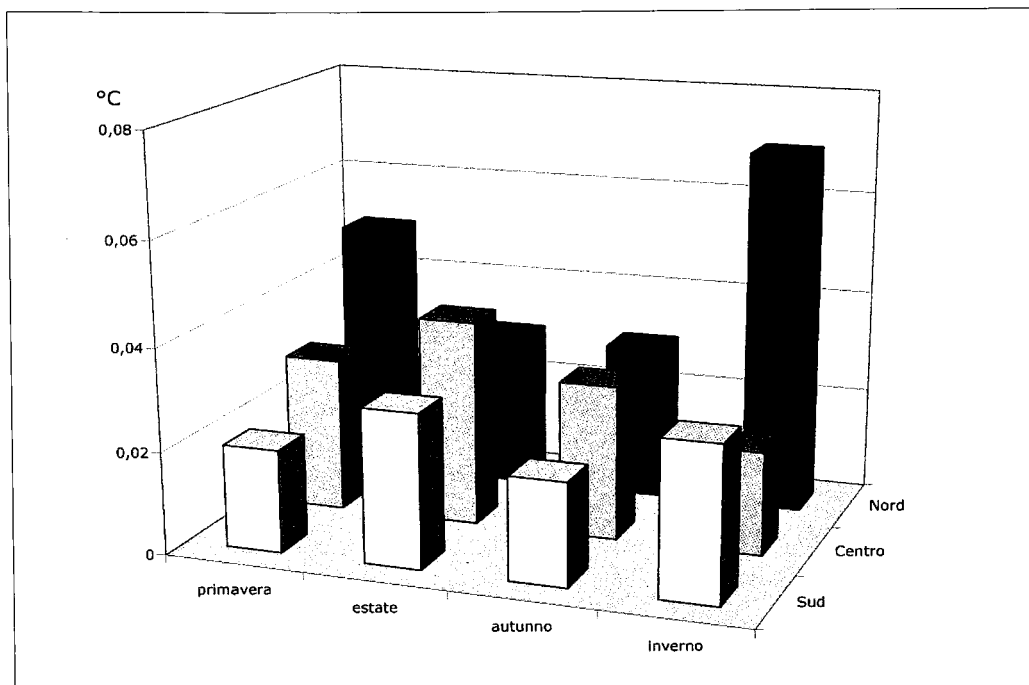


Fig. 3 – Incrementi medi annui di temperatura minima nel periodo 1951-2000

Fonte: Perini e Ranuzzi (2002)

In questo studio l'evapotraspirazione potenziale è stata calcolata mediante la formula di Penman-Monteith secondo la revisione operata dalla FAO. Su questa base l'indice classifica il territorio in differenti zone climatiche come riportato nella tabella 4. Come si evince dalla tabella, valori elevati dell'indice IA sono associati a una condizione climatica umida (0,65-1) o iper-umida (>1), mentre valori bassi sono associati a condizioni strutturali di forte carenza idrica. In Italia sono presenti sia zone semi-aride, legate prevalentemente alle regioni insulari, sia zone sub-umide secche, diffuse anche nelle regioni meridionali, anche se la maggior parte del territorio nazionale è classificata come umida.

L'evoluzione negli ultimi cinquanta anni dell'indice di aridità evidenzia, per il periodo 1951-1980 e 1971-2000, una spiccata condizione di aridità nelle regioni del Mezzogiorno, particolarmente in Sardegna e, in modo più circoscritto, anche nel Centro Italia, soprattutto nella fascia costiera tirrenica della Maremma. Nel Nord dell'Italia si individuano invece solo alcune aree umide in transizione verso la classe più secca che risultano localizzate, ad esempio, in ambiti territoriali del delta del Po. A livello territoriale più circoscritto, considerando cioè solo le aree geografiche ritenute a più elevato rischio di aridità e indicate dalla classe semi-arida e da quella sub-umida secca, il *trend* temporale diviene ancora più evidente (tab. 5).

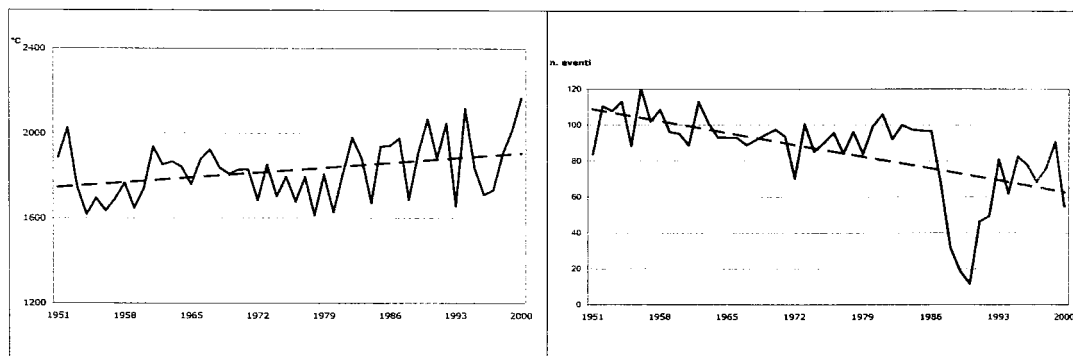


Fig. 4 – Andamento medio annuo delle sommatorie termiche ($T_{soglia} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) calcolate su base annua per l'intero territorio nazionale (sinistra) e Nord Italia: numero medio annuo di gelate ($T < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) (destra)

Fonte: Perini e Ranuzzi (2002)

Il dato riportato esprime l'incidenza percentuale della superficie provinciale affetta da condizioni d'aridità strutturale rispetto alla superficie provinciale totale. Le condizioni d'aridità sono espresse tramite due classi a rischio decrescente: classe 1 ($IA \leq 0,5$) e classe 2 ($0,5 \leq IA \leq 0,65$). Per quanto riguarda la classe 1 vengono evidenziate le province che manifestano un *trend* di peggioramento, miglioramento o di sostanziale mantenimento delle condizioni iniziali nell'arco del periodo 1951-2000. Il peggioramento delle condizioni di aridità investe soprattutto la Sardegna. Nella provincia di Cagliari, ad esempio, la superficie semi-arida è passata dall'8% del trentennio 1951-1980 al 21% del periodo 1971-2000. Analogamente, in Sicilia, le province maggiormente colpite dal fenomeno risultano essere Catania, dove si passa dal 24% della superficie semi-arida del 1951-1980 al 40% del 1971-2000, ed Enna che si attesta nel 1971-2000 al 17% di superficie semi-arida.

Considerando la classe 2, emergono situazioni altrettanto critiche rappresentate, ad esempio, dalla provincia di Lecce, dove la percentuale della superficie sub-umida secca aumenta dal 16% nel primo periodo al 98% nell'ultimo periodo. Anche alcune province dell'Italia centrale, inizialmente non affette da fenomeni di aridità, entrano in questa graduatoria; si pensi, ad esempio, alla provincia di Grosseto in cui, negli ultimi anni, cominciano a manifestarsi serie problematiche di carenza idrica soprattutto nei periodi climaticamente secchi.

Materiali per una prima discussione. – Le informazioni fornite dall'analisi dei regimi pluviometrici e termometrici nonché dalle elaborazioni qui fornite per quanto riguarda l'indice di aridità climatica sono confermate anche da ulteriori analisi basate su altre variabili chiave dal punto di vista agro-climatico come, ad esempio, il contenuto di umidità del suolo (US) derivato dal bilancio

idrico superficiale ⁽⁴⁾. Tale grandezza esprime un significato più aderente alle effettive situazioni di eventuale *deficit* idrico in quanto basata sul flusso evapotraspirativo reale (ET_R) e non su condizioni standardizzate di riferimento (ET_0). Dal computo dell'US è stato possibile determinare lo stato di *deficit* idrico dei suoli, potenzialmente connesso con i fenomeni di aridità e spesso usato come indicatore *proxy* dei fenomeni di siccità, che ha consentito, a sua volta, di stimare sul periodo 1961-2000 il numero di giorni con umidità dei suoli inferiore o superiore a una determinata soglia (20 mm) scelta quale valore discriminante.

Nel meridione d'Italia, tale indicatore si attesta in prevalenza su valori compresi fra il 30% e il 50%, segnalando che più di 180 giorni all'anno presentano condizioni di umidità del suolo deficitarie. In queste regioni è anche evidente una forte riduzione dei giorni umidi nel secondo trentennio, soprattutto in Sardegna e in Puglia. La situazione è sensibilmente migliore al Nord, dove nell'80% dei giorni dell'anno l'umidità del terreno è superiore ai 20 mm e dove l'estensione temporale delle condizioni di *deficit* idrico nel periodo 1971-2000 appare decisamente più contenuta rispetto al resto del paese (Salvati e altri, 2010).

Come abbiamo documentato in questo contributo, il monitoraggio degli agro-ecosistemi dal punto di vista climatico riveste un interesse progressivamente maggiore a seguito delle crescenti pressioni ambientali legate alla modificazione dei regimi termici e pluviometrici, su base sia stagionale sia annuale. La descrizione delle condizioni meteo-climatiche che insistono su un dato territorio è resa, tuttavia, complessa da vari aspetti, tra cui assumono rilievo la durata e l'entità dei fenomeni, l'estensione a livello spaziale, nonché la possibile influenza sul sistema agricolo a varie scale, sia locale sia regionale, e la relazione con altri processi di degrado ambientale (Sivakumar, 2007). Conseguentemente, anche gli approcci metodologici nel definire il fenomeno, la scelta delle variabili e la validazione dei possibili indicatori climatici risultano vari e molteplici, come pure abbiamo cercato di rappresentare, seppure in sintesi, in questa sede.

Un siffatto monitoraggio, allora, non può che essere concepito in forma integrata, attraverso la rilevazione congiunta di numerose variabili di interesse climatico, agro-climatico e pedo-climatico a livello puntuale. L'attenzione va concentrata, almeno nello stadio iniziale di analisi, sulle grandezze più rilevanti per gli agro-ecosistemi (precipitazione e regime termometrico) su cui sono più nette le evidenze, a livello nazionale e internazionale, a favore di possibili processi di cambiamento climatico. Successivamente andrà esplorata la distribuzione di alcuni eventi estremi di potenziale interesse per l'agricoltura e le foreste, nonché il regime idrologico superficiale in aree campione, e successivamente sull'intero territorio nazionale, con particolare riferimento all'acqua disponibile nei suoli. Le informazioni fornite vanno a rappresentare un patrimonio di dati rilevante, vista anche la (relativamente scarsa) disponibilità di osservazioni in termini di serie storica.

(4) È stato utilizzato il modello di bilancio idrico MORECS (Meteorological Office Rainfall and Evapotranspiration Calculation System) messo a punto dal servizio meteorologico britannico (www.nwl.ac.uk/ib/nrfa/yb/yb96/morecs.htm).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BRUNETTI M. e altri, *Temperature and Precipitation Variability in Italy in the Last Two Centuries from Homogenised Instrumental Time Series*, in «International Journal of Climatology», 2006, 26, pp. 245-381.
- DI GIUSEPPE E. e altri, *Analysis of Dry and Wet Spells from 1870 to 2000 in Four Italian Sites*, in «Geophysical Research Abstracts», 2005, 7.
- DI GIUSEPPE E. e altri, *Analisi e variazione dei lunghi periodi secchi in Italia dal 1881 al 2000*, in «Rivista Italiana di Agrometeorologia», 2006, supplemento al n. 1 febbraio 2006, pp. 97-98.
- ESPOSITO S. e C. EPIFANI (a cura di), *CLIMAGRI - Cambiamenti Climatici e agricoltura - Risultati attività II anno*, Roma, UCEA, giugno 2004 (collana «Climagri», 23).
- FOLLAND C.K. e altri, *Observed Climate Variability and Change*, in J.T. HOUGHTON e altri (a cura di), *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge-New York, Cambridge University Press, 2001, pp. 99-181.
- WATSON R.T. e CORE WRITING TEAM (a cura di), *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge-New York, Cambridge University Press, 2001.
- LINVILL D.E., *Calculating Chilling Hours and Chill Units from Daily Maximum and Minimum Temperature Observations*, in «HortScience», 1990, 1, pp. 14-16.
- MOTISI A., T. CARUSO e E. BARONE, *Effetti della defogliazione estiva ed autunnale sulla fioritura delle cultivar di pesco «Armking» e «Maravilha»*, in *Atti «Giornate Scientifiche SOI» (Ravello, 8-10 aprile 1992)*, Roma, Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, 1992, pp. 476-477.
- OLESEN J.E. e M. BINDI, *Consequences of Climate Change for European Agricultural Productivity, Land Use and Policy*, in «European Journal of Agronomy», 2002, 16, pp. 239-262.
- PERINI L. (a cura di), *Atlante agroclimatico. Agroclimatologia, pedologia, fenologia del territorio italiano*, Roma, UCEA, 2004.
- PERINI L. e M. RANUZZI, *Analisi delle temperature e delle precipitazioni piovose in Italia negli ultimi decenni*, in *Atti del Convegno «Clima, Precipitazioni, agricoltura» (Roma, 22 novembre 2002)*, Roma, UCEA, 2002, pp. 15-25.
- PINNA M., *Le variazioni del clima. Dall'ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI secolo*, Milano, FrancoAngeli, 1996.
- PINNA M., *La climatologia nella seconda metà del secolo XX (alcuni elementi per un riesame)*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 1998, pp. 229-253.
- PINNA S., *L'informazione in tema di cambiamenti climatici. Molto sensazionalismo e scarsi contenuti scientifici*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 2004, pp. 319-334.
- SALVATI L. e altri, *Italy's Renewable Water Resources as Estimated on the Basis of the Monthly Water Balance*, in «Irrigation and Drainage», 2008, 5, pp. 507-515.
- SALVATI L. e altri, *Siccità e agricoltura nel Mezzogiorno d'Italia. Contributo allo studio della disponibilità idrica dei suoli*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 2010, pp. 877-866.

- SALVATI L., M.E. VENEZIAN SCARASCIA e M. ZITTI, *Monitoring Drought Severity in Agriculture through a Synthetic Index Based on Dry Periods: A Case Study in the Mediterranean Basin*, in «Irrigation and Drainage», 2009, 5, pp. 596-606.
- SCAFETTA N. e B.J. WEST, *Estimated Solar Contribution to the Global Surface Warming using the ACRIM TSI Satellite Composite*, in «Geophysical Research Letter», 2005, 32.
- SIVAKUMAR M.V.K., *Interactions between Climate and Desertification*, in «Agricultural and Forest Meteorology», 2007, 142, pp. 143-155.
- SPINELLI G., *La prospettiva antropica del cambiamento climatico*, in «Bollettino della Società Geografica Italiana», 2003, pp. 337-354.
- STÖCKLE C.O. e altri, *Climgen: A Flexible Weather Generation Program*, in *Proceedings of 2nd International Symposium «Modelling Cropping Systems» (16-18 July 2001, Florence)*, Firenze, Università di Firenze, 2001, pp. 229-230.
- WEINBERGER J.H., *Chilling Requirements of Peach Varieties*, in «Proceedings of American Society for Horticultural Science», 1950, 56, pp. 122-128.
- ZINONI F. e P. DUCE, *Agricoltura italiana e cambiamenti climatici*, in *Atti del Convegno «CLIMAGRI - Cambiamenti Climatici e Agricoltura» (Cagliari, 16-17 gennaio 2003)*, Roma, UCEA, 2003.
- STEFFEN W. e altri, *Global Change and the Earth System. A Planet Under Pressure*, Berlino, Springer, 2004.
- VENEZIAN SCARASCIA M.E., F. DI BATTISTA e L. SALVATI, *Water Resources in Italy: Availability and Agricultural Uses*, in «Irrigation and Drainage», 2006, 55, pp. 115-127.

BRIEF EXCURSUS ON THE ITALIAN CLIMATE: RECENT TRENDS IN RAINFALL AND TEMPERATURE. – In the last years, aridity and drought have become crucial issues at the global scale due to their environmental and socio-economic implications. On one hand, aridity phenomena determine a reduction in the biological and economic productivity of terrestrial ecosystems, and represent a serious threat to the ecological, bio-geochemical, and hydrological processes. On the other hand, human use (and abuse) of vulnerable dry land ecosystems may lead to unsustainable land management, altering the level of biophysical quality and creating negative feedback dynamics. This paper investigates and discusses the possible relationships between climatic change and the Italian agricultural system. The recent trends in rainfall and temperatures in Italy were analysed (1951-2000) at the national and regional level in order to discriminate the impact of climate change/variations on agriculture and the other economic sectors. We especially focused on precipitation and thermometric regimes. Results of our analysis indicate that annual precipitation rates weakly decreased over the whole study area while temperature strongly increased both daytime and during the night. The mild reduction in rainfall coupled with a wide increase in both maximum and minimum temperature occurred across Italy with a peculiar spatial pattern, especially involving north-eastern regions and some areas from southern Italy. The occurrence of extreme events, like dry spell length, increased as well. These findings depict a possible climate scenario for Mediterranean regions: increasing aridity (mainly due to the growing temperature regime) with land-use specific impacts on agricultural lands. Finally, the implications of this scenario were discussed in the light of rural development, agro-ecosystem conservation, and water use planning.

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Centro di Ricerca per lo Studio delle Relazioni Pianta-Suolo (CRA-RPS), Roma

luca.salvati@entecra.it

Comitato Nazionale per l'Irrigazione e il Drenaggio (ITAL-ICID), Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Roma

me.scarascia@politicheagricole.it

Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT), Roma

alberto.sabbi@istat.it

Dipartimento di Studi Geo-Economici, Linguistici, Storici, Statistici per l'Analisi Regionale, «Sapienza» Università di Roma

marco.zitti@uniroma1.it

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per la Climatologia e la Meteorologia applicate all'Agricoltura (CRA-CMA), Roma

luigi.perini@entecra.it