

ESISTE UN'EVIDENZA CLIMATICA PER L'ABBANDONO DELLA COLTIVAZIONE DELL'OLIVO NELLA COLLINA BOLOGNESE ?

IS THERE ANY CLIMATIC EVIDENCE FOR THE DROP OF THE OLIVE-TREE CULTIVATION IN THE SOUTHERN PO PLAIN?

Rodica Tomozeiu e Fabrizio Nerozzi

Arpa - Servizio Idrometeorologico Viale Silvani 6, 40122 Bologna, Italy

* Corresponding Author: Tel. +39 051 6497550; E-mail: rtomozeiu@arpa.emr.it Fax +39 051 6497501

Received 2/10/2006 – Accepted 05/06/2007

Riassunto

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di ricostruire le serie storiche della media e del decimo percentile della temperatura minima giornaliera, del numero di giorni di gelo in 32 stazioni, uniformemente distribuite in Emilia-Romagna, per studiare quale possa essere stata l'influenza della variabilità climatica sull'abbandono della coltivazione dell'olivo nella collina bolognese durante la stagione invernale del tardo periodo del Minimo di Maunder (1675-1715). La tecnica di ricostruzione statistica applicata si basa sull'analisi delle correlazioni canoniche, usando come predicente la pressione media, ridotta al livello del mare del WDCA Paleo database.

I risultati ottenuti rivelano che per il periodo 1671-1700 la regione Emilia-Romagna fu caratterizzata da forti anomalie negative di temperatura rispetto al clima attuale (1961-1990). In particolare per gli anni più freddi, i valori ricostruiti della media spaziale della temperatura minima invernale raggiungono $-2,5$ °C, mentre il numero dei giorni di gelo crescono fino a circa 60 giorni. È probabile perciò che fu proprio la ricorrenza di inverni freddi a danneggiare irreversibilmente gli alberi di olivo localizzati nella parte centro-occidentale della regione, così forzando l'abbandono della sua coltivazione.

Parole chiave: Minimo di Maunder, Analisi delle Componenti Principali, Analisi delle Correlazioni Canoniche, Tecniche statistiche di ricostruzione delle serie storiche.

Abstract

The aim of this work is the reconstruction of the mean and the tenth percentile of the daily minimum temperature, the number of frost days, observed in 32 stations, uniformly distributed over Emilia-Romagna, in order to study the influence of the winter climate variability on the drop of the olive-tree cultivation in the northern hill-side, south of the Po Plain (Emilia-Romagna, Italy), during the Late Maunder Minimum (1675-1715). The statistical downscaling technique applied is based on the Canonical Correlation Analysis, using as potential predictor the mean sea level pressure of the WDCA Paleo database. The results obtained reveal for the period 1671-1700 that the Southern Po Plain was characterised by strong negative temperature anomalies with respect to the present climate (1961-1990). In particular, for the most cold years the spatial average of reconstructed minimum temperature winter mean values reached -2.5 °C and the number of frost days increased up to about 60 days. The results connect to the idea that, probably, it was the recurrence of cold winters, which damaged irreversibly trees located in the central and west side of the Southern Po Plain, so forcing the drop of the olive-tree cultivation.

Keywords: Maunder Minimum, Principal Component Analysis, Canonical Correlation Analysis, Statistical Downscaling model.

Introduzione

L'olivo è una tipica coltura arborea delle regioni del bacino del Mediterraneo, ma gli indizi che nel passato, sul territorio collinare emiliano, ed in particolare su quello bolognese, fosse diffusa la sua coltivazione sono numerosi. Conferme in questo senso si possono trovare nella presenza ancora oggi di piante secolari sul territorio e nella toponomastica dei comuni o delle frazioni di essi, i cui nomi contengono un riferimento esplicito alla coltivazione dell'olivo, come ad esempio la frazione Oliveto del comune di Monteveglio, nella provincia bolognese.

Anche le testimonianze dirette sulla coltivazione dell'olivo nel territorio bolognese dall'epoca medioevale in avanti sono considerevoli: secondo Giovanni Garzoni, nei suoi *Commentari de rebus bononoiensis* (1503), agli inizi del XVI secolo il territorio bolognese abbondava di vigneti e di oliveti. Leon Battista Alberti, nella sua *Descrizione di tutta Italia, nella quale si contiene il sito di essa, l'origine e le signorie delle città e delle castella...* (1551), descrive i colli posti alla sinistra della via Emilia venendo da Imola, cinque miglia prima di arrivare a Bo-

logna, erano “...tutti vestiti di belle vigne e di alberi fruttiferi, e, tra gli altri, degli olivi che producono quegli olivotti tanto stimati da ogni lato d'Italia e massimamente a Roma”. E ancora “...Giace Bologna alle radici del'Appennino tutto pieno di viti, ulivi, fichi, pomi, peri e altri fruttiferi minori”. Analoghe descrizioni si possono ancora trovare nelle cronache di viaggiatori della prima metà del XVII secolo: Andreas Schott, nel suo *Itinerario ovvero nova descrizione de' viaggi principali d'Italia*, pubblicato a Venezia nel 1622, osserva che “... camminando verso la Romagna per la via Emilia, cinque miglia discosto da Bologna, si ritrovavano a mano destra, amenissimi colli ornati di giardini, alberi fruttiferi e palagi” e che questi stessi colli producevano “...dolci e grosse olive niente inferiori a quelle di Spagna”.

Notizie di appezzamenti dedicati alla coltivazione dell'olivo risalgono fino al 1668, in uno schizzo a penna raffigurante la chiesa di S.Maria di Monteveglio e la nuova strada detta del Calvario (Baldini, 2003).

Prima di cadere nella lunga fase di oblio che contraddistingue la tradizione e la produzione olivicola emiliana, ulteriori testimonianze riguardanti la coltivazione dell'olivo nel territorio bolognese si hanno soltanto un secolo dopo, a partire dalla seconda metà del XVIII secolo: Stefano Calindri, nel suo *Dizionario corografico, geografico, orittologico, storico ecc. dell'Italia...* pubblicato a Bologna nel 1785, riporta dei ritrovamenti in alcune località delle colline bolognesi, tra le quali Rastignano, Monte Calvo, Pizzocalvo, Casola Canina, Ciagnano, Castel del Vescovo San Pietro, Croara, Farneto, Ozzano, Monte Veglio e Oliveto di “alcune reliquie dei vasti, antichi piantamenti che l'inclemenza delle straordinarie gelate aveva distrutto in buon numero [...] e che poi l'infigardaggine degli agricoltori avevano lasciato perire” (Baldini, 2003).

L'olio non aveva, allora come oggi, un solo valore nutritivo: oltre ad essere l'unico alimento consumato nei periodi di quaresima, quando era proibito l'uso di qualsiasi grasso di origine animale, veniva utilizzato anche per officiare le funzioni religiose. Tuttavia, l'acquisto di olio dal Granducato di Toscana gravava pesantemente sulla bilancia commerciale del governo Pontificio, che cercò di ripristinare l'olivicoltura bolognese “con speciali ordinazioni e premi”, sufficiente a soddisfare i consumi locali. Nonostante i dazi molto pesanti applicati alle importazioni e le numerose iniziative, tentate e sostenute sia dalla Società Agraria, sia da una parte del mondo accademico bolognese, la coltivazione dell'olivo e, quindi, la produzione autarchica di olio di oliva rimasero pressoché marginali: nel 1811 la produzione di olio di oliva nel Dipartimento del Reno raggiungeva appena 560 libbre, a fronte di una produzione di 18.315 libbre di olio di noce e di 7.460 libbre di olio di ravizzone (Baldini, 2003).

Il periodo nel quale le notizie storiche sulla coltivazione dell'olivo diventano più rare e frammentarie corrisponde ad uno dei periodi più freddi della Piccola Età Glaciale (1300-1900), il cosiddetto “Minimo di Maunder”, che va dal 1645 al 1715, circa. Questo periodo è noto per essere caratterizzato da una scarsa attività solare e da una intensa attività vulcanica, con l'emissione nella troposfera di gas e aerosol.

L'effetto complessivo di questi fattori è stata una marcata variabilità climatica, caratterizzata da una forte diminuzione della temperatura su vaste aree della Terra: la temperatura media annuale dell'Emisfero nord è stata inferiore di 0,2-0,4 °C, se comparata alla media corrispondente registrata nel periodo 1902-1980. Per l'Europa, la diminuzione è stata anche di 0,7 °C (Luterbacher et al., 2002).

All'interno del Minimo di Maunder è di notevole interesse da un punto di vista climatologico l'ultima parte del periodo, quella che va dal 1675 al 1715, caratterizzata dalla persistenza di basse temperature. In particolare, le temperature invernali e primaverili furono più rigide rispetto a quelle attuali, mentre le estati si caratterizzarono come più fresche ed umide. In particolare, la riduzione media della “Central England Temperature” durante la stagione invernale è stata dell'ordine di 1°C rispetto alla media 1961-1990, mentre il clima dell'area mediterranea fu invece leggermente più umido e più freddo di quello attuale.

Il raffreddamento degli inverni iniziò a metà degli anni '70 del XVI secolo sull'Europa occidentale e sulle Isole britanniche. Cinque anni dopo fu la volta dell'Europa centrale e soltanto attorno alla metà degli anni '80 del XVI secolo raggiunse l'Europa orientale. Il “lungo inverno” terminò nel 1699 sulle Isole britanniche, nel 1704 in Europa centrale mentre in Europa orientale soltanto al termine del periodo (Luterbacher et al., 2001, Luterbacher et al., 2004 Xoplaki et al., 2005, Brazdil et al., 2005). Per la regione Emilia-Romagna, si hanno notizie relative al rigore dell'inverno tra il 1708 ed il 1709. Le testimonianze infatti raccontano che soltanto alla fine del mese di gennaio del 1709 la stagione si mitigò tanto da liberare dai ghiacci la laguna veneta ed, in parte, il Po, ponendo così fine alla fase più cruda dell'inverno (Finzi, 1986).

Un indice utilissimo dell'intensità raggiunta dal freddo nel corso dell'inverno 1708-9 sono i danni subiti dalle diverse specie vegetali. Dalle cronache risulta come nelle zone collinari e della pianura emiliana tutte le specie fruttifere subirono danni gravissimi, che spesso arrivarono a compromettere la sopravvivenza dell'intera parte area della pianta non protetta dalla neve. Secondo alcuni autori, tutto questo potrebbe fare supporre che, durante l'inverno tra il 1708 ed il 1709, si poterono verificare giornate con temperature minime fino a -30 °C nelle zone interne di pianura e -18 °C sulla fascia costiera, il cui clima è parzialmente mitigato dal mare Adriatico (Finzi, 1986).

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di ricostruire, per diverse stazioni localizzate in Emilia-Romagna, le serie storiche di alcune grandezze climatologiche invernali, quali la media stagionale della temperatura minima, il decimo percentile della distribuzione dei valori giornalieri delle temperature minime ed il numero di giorni con temperatura minima inferiore a 0 °C, durante il periodo in cui le testimonianze storiche sull'allevamento dell'olivo diventano più frammentarie, ossia dal 1661 al 1720, al fine di individuare una evidenza climatica che possa giustificare la scomparsa o la forte riduzione della olivicoltura nel territorio emiliano, ed in particolare in quello bolognese.

Materiali e metodi

Il modello statistico, utilizzato per la ricostruzione delle serie storiche, è basato sul metodo delle correlazioni canoniche, che permette di investigare la relazione tra due insiemi di variabili distribuite nello spazio e nel tempo. In maniera più precisa, il modello statistico è un metodo di regressione lineare multivariata tra le coppie delle distribuzioni spaziali delle anomalie dei due insiemi di variabili, la cui correlazione temporale sia massima (von Storch 1991, Luterbacher et al. 2002, Brazdil et al. 2005). Nello specifico le variabili considerate sono una relativa alla circolazione atmosferica a grande scala, o a scala sinottica, solitamente ben descritta dai modelli numerici, mentre l'altra tipica della scala locale, quale ad

esempio la temperatura al suolo, o la precipitazione, o altri indici di eventi estremi legati a queste grandezze. La ragione per cui è necessario ricorrere all'uso di un modello di ricostruzione, tale che stabilisca una relazione tra le variabili a scala sinottica e le variabili aventi una grande variabilità a scala locale, è data dal fatto che queste grandezze non sono in generale ben rappresentate dai modelli di circolazione globale per la loro limitata risoluzione numerica.

Dalla base di dati *Sea Level Pressure Reconstructions, Eastern North Atlantic and Europe* (WDCA Paleo <http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/pubs/luterbacher2002>) sono state estratte le serie storiche delle medie mensili della pressione a livello del mare, che vanno dal dicembre 1658 al dicembre 1999 (Luterbacher et al., 2002). Questi valori, ricostruiti sulla base delle serie storiche strumentali e di proxy data, sono definiti su una griglia con punti disposti in maniera regolare e distanti tra loro uniformemente in latitudine ed in longitudine di 5°. Questa griglia copre l'area geografica dell'Oceano Atlantico nord-orientale e dell'Europa, da 30° W a 40° E e da 70° N a 30° N. La ricostruzione dei valori di pressione è risultata particolarmente efficace per la stagione invernale (Luterbacher et al., 2002, Brazdil et al., 2005).

Le medie stagionali delle variabili locali sono state calcolate sulla base dei valori giornalieri di temperatura registrati nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio dal 1958 al 2000 in 32 stazioni, localizzate in Emilia-Romagna ed appartenenti alla rete dell'ex Servizio Nazionale Mareografico ed Idrografico. Oggi queste stazioni sono integrate nella rete osservativa del Servizio Idrometeorologico dell'Agenzia regionale per la prevenzione dell'Ambiente dell'Emilia-Romagna. In Fig. 1 è stata riportata la mappa della orografia della regione Emilia-Romagna e la disposizione delle stazioni prese in esame. Le osservazioni di temperatura relative a queste stazioni sono state preventivamente controllate e sottoposte ad un test di omogeneità (Alexandersson et al., 1997, Pavan et al., 2003, Tomozeiu et al., 2006). La costruzione del modello statistico è avvenuta in due fasi: nella prima sono state calcolate le anomalie, sottraendo ai valori stagionali le medie di lungo periodo 1961–1990 e rimuovendo un eventuale tendenza di lungo periodo. Quindi si è compiuta un'analisi delle componenti principali per filtrare il segnale delle anomalie. Nella Tab. 1 sono indicati i valori di varianza spiegata dalle diverse componenti principali per la pressione e per gli indicatori stagionali ottenuti dai valori giornalieri della temperatura minima. Nella seconda fase le componenti principali sono state utilizzate per costruire le coppie dei vettori di correlazione canonici

Tab. 1 – Percentuale di varianza spiegata dalle prime componenti principali per la pressione ridotta al livello del mare, per la media invernale della temperatura minima, per il decimo percentile della distribuzione dei valori giornalieri della temperatura minima e per il numero dei giorni con gelo.

Tab. 1 – *Explained variance percentage by the first Principal Components relative to the mean sea level pressure, winter mean minimum temperature, the tenth percentile of daily minimum temperature and number of frost days.*

Componente Principale	Percentuale di varianza spiegata			
	Pressione ridotta al livello del mare	Temperatura minima	Decimo percentile	Numero di giorni di gelo
1	55,0	70,6	75,4	59,1
2	20,9	6,2	5,4	8,7
3	10,8	5,6	3,4	6,0
4	6,2	3,0	2,2	4,6
5	2,7	2,3	2,0	3,4
6	1,4	2,0	1,6	2,7
7	1,0	1,8	1,3	2,4
8	0,5	1,4	1,3	2,1

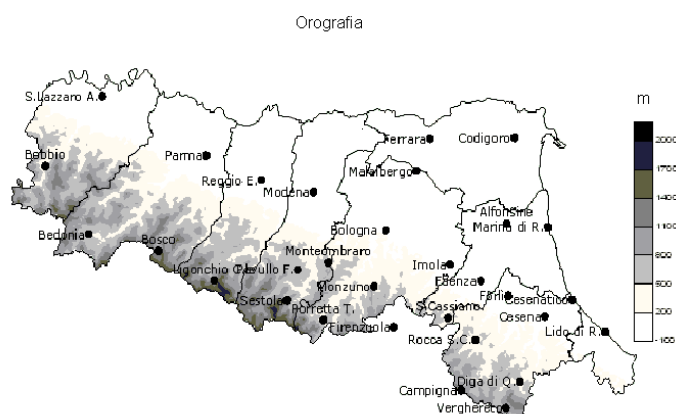


Fig. 1 – Mappa della orografia della regione Emilia-Romagna (zona ombreggiata), con le stazioni prese in esame (punti neri).

Fig. 1 – *Orography map of the Emilia-Romagna region (shaded area), with stations marked by cycles.*

ca, che hanno poi permesso la ricostruzione degli scenari nel passato.

Tomozeiu et al. (2007) hanno evidenziato che le prestazioni del modello statistico dipendono sia dal numero delle componenti principali utilizzate, che dal numero delle correlazioni canoniche considerate nell'equazione di regressione. Dopo diversi tentativi, i più significativi sono riportati nella Tab. 2, è stato scelto come modello statistico quello che poteva rappresentare meglio la variabilità climatica del periodo 1661-1720 sulla base delle informazioni storiche di cui disponevamo. Di conseguenza, il modello statistico scelto non è stato quello che massimizzava il coefficiente di correlazione tra i valori ricostruiti e quelli osservati dei tre indicatori per l'Emilia-Romagna, relativi al periodo 1961-1990, bensì il modello che, seppur avendo un errore medio trascurabile, un errore quadratico medio leggermente superiore al modello migliore, avesse però un coefficiente di correlazione significativo ($p = 0,015$) per il periodo 1961-1990, e che fosse in grado di rappresentare al meglio l'estremo dell'inverno 1708-1709 (Luterbacher et al., 2004)

Il numero delle componenti principali prese in esame è stato di 13 per il campo della pressione e di 17 per i tre indicatori (caso 9 riportato in Tab. 2). Per la regressione multivariata sono stati invece utilizzati soltanto quei vettori caratteristici che hanno un coefficiente di correlazione statisticamente significativo ($\alpha \leq 0,05$). Come si nota dalla Tab. 3, ciò ha comportato la scelta di 12 correlazioni canoniche, dovuto al fatto che la varianza spiegata associata ai vettori caratteristici è molto frazionata e soltanto per alcuni abbiamo un valore superiore al 10%.

Risultati e Discussione

Il metodo delle correlazioni canoniche permette di determinare coppie di vettori caratteristici relativi alle grandezze prese in esame, tali che sia massima la correlazione tra loro. Il modello di ricostruzione statistico è basato sul fatto che esiste una relazione di causa ed effetto tra la

Tab. 2 – Risultati della “cross-validation” relativi al periodo 1961-1990: numero delle componenti principali, relative alla pressione ridotta al livello del mare ed alla temperatura minima, numero delle correlazioni canoniche utilizzate nel modello statistico di ricostruzione, errore medio (bias) ed errore quadratico medio (RMSE), coefficiente di correlazione tra la serie osservata e quella ricostruita e livello di significatività statistica associata.

Tab. 2 – Results of the “cross-validation” analysis relative to the period 1961-1990: number of principal components of mean sea level pressure and the winter mean minimum temperature, number of canonical correlation patterns used in the statistical downscaling model, bias and root mean square error, correlation coefficient and probability level..

Componenti Principali							
	Pressione ridotta al livello del mare	Temperatura minima	Correlazione canoniche	Errore medio (bias)	Errore quadratico medio (RMSE)	Coefficiente di correlazione	Probabilità
1	4	8	4	0,076	1035	0,497	0,005
2	5	6	4	0,078	1,03	0,509	0,004
3	5	8	4	0,072	1,03	0,51	0,004
4	5	10	4	0,092	1027	0,511	0,004
5	6	8	4	0,065	1018	0,562	0,001
6	6	8	5	0,017	1035	0,529	0,003
7	6	10	4	0,119	1039	0,548	0,002
8	6	10	5	0,077	1021	0,542	0,002
9	13	17	12	0,132	1165	0,438	0,015

Tab. 3 – Coefficiente di correlazione, livello di significatività statistica e percentuale di varianza associata ai vettori caratteristici della correlazione canonica tra la pressione ridotta al livello del mare e la temperatura minima, relativi al modello statistico scelto (caso 9 della tabella 2).

Tab. 3 – Correlation coefficient, probability level and variance of canonical correlation patterns for the mean sea level pressure and the winter mean minimum temperature, relative to the chosen statistical downscaling model (case 9 reported in table 2).

Correlazione canonica	Coefficiente di correlazione	Probabilità	Percentuale di varianza spiegata	
			Pressione ridotta al livello del suolo	Temperatura minima
1	0,99	0,00	13,6	5,3
2	0,98	0,00	13,4	8,8
3	0,97	0,00	12,8	9,7
4	0,90	0,00	4,2	2,3
5	0,90	0,00	20,1	12,6
6	0,84	0,00	6,6	24,4
7	0,83	0,00	8,2	9,9
8	0,71	0,00	4,6	2,3
9	0,63	0,00	1,3	1,8
10	0,54	0,00	6,7	2,1
11	0,44	0,02	2,8	1,2
12	0,39	0,03	1,8	4,1

variabile sinottica e le variabili a scala locale. Mediante l'analisi dei vettori caratteristici è possibile individuare un meccanismo esplicativo delle fluttuazioni delle anomalie. In particolare, il primo pattern di correlazione canonica, o vettore caratteristico, per la pressione ridotta al

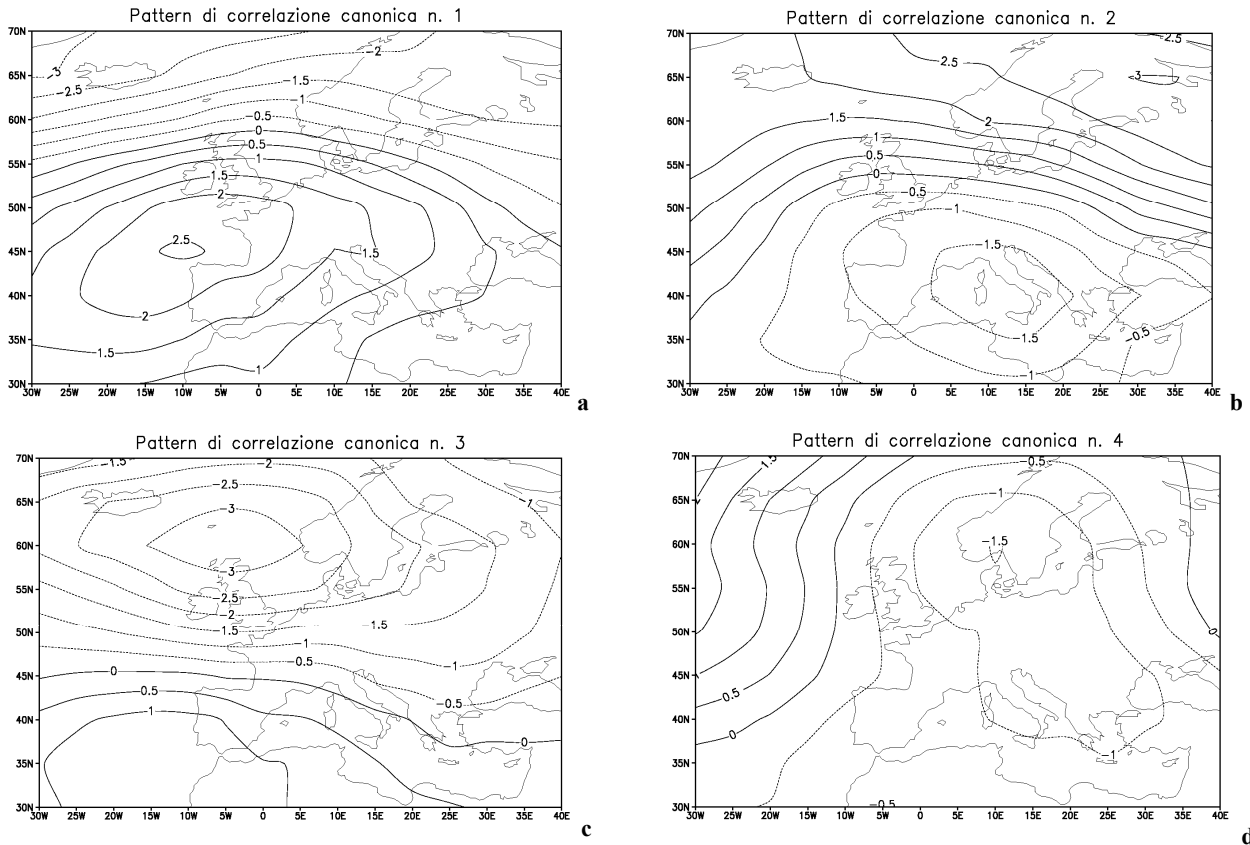


Fig. 2 (a,b,c,d) – Vettori caratteristici della correlazione canonica relativi alla pressione ridotta al livello del mare, ottenuti dalla analisi delle correlazioni canoniche con la media stagionale della temperatura minima.

Fig. 2 (a,b,c,d) – Canonical correlation patterns relative to mean sea level pressure, given by the canonical correlation analysis performed using the mean sea level pressure and the winter minimum temperature.

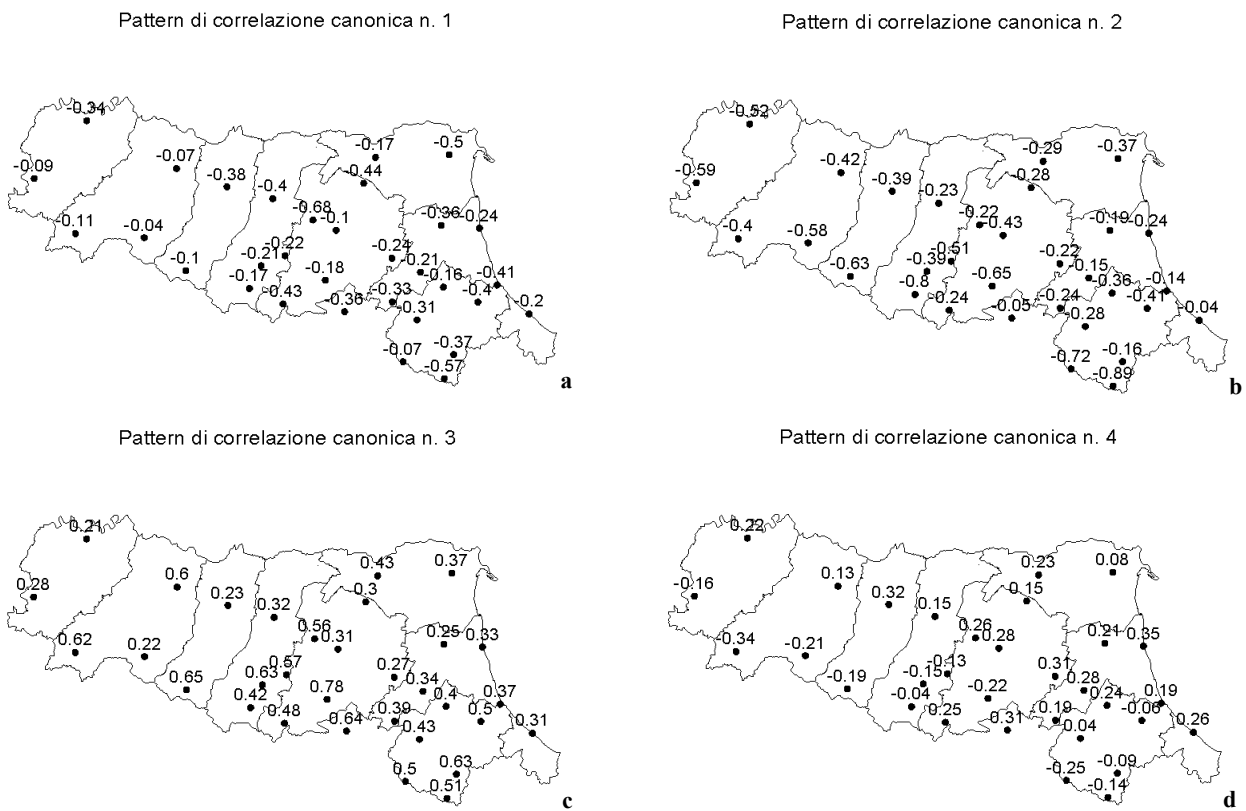


Fig. 3 (a,b,c,d) – Vettori caratteristici della correlazione canonica della media stagionale della temperatura minima.

Fig. 3 (a,b,c,d) – Canonical correlation patterns of the winter minimum temperature.

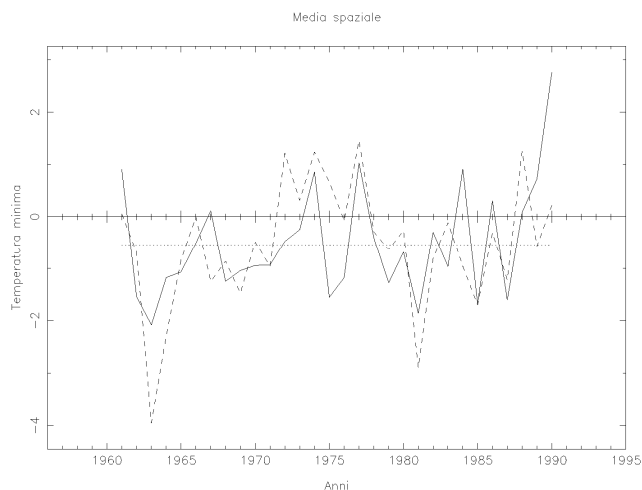


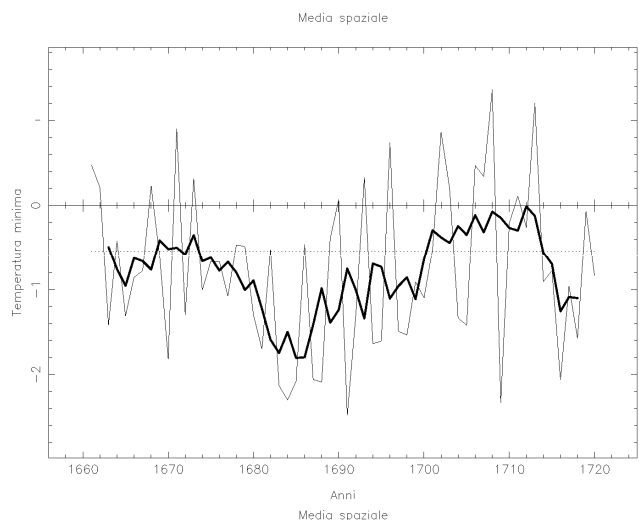
Fig. 4– Andamento temporale delle media spaziale delle medie invernali per il periodo 1961-1990 della temperatura minima: valori osservati (linea tratteggiata), valori ricostruiti (linea continua) e la climatologia 1961-1990 (linea punteggiata).

Fig. 4 – Temporal variability of the spatial average of the minimum temperature over the 32 stations: observed values (dashed line), reconstructed values (thin solid line) and 1961-1990 climate (dotted line).

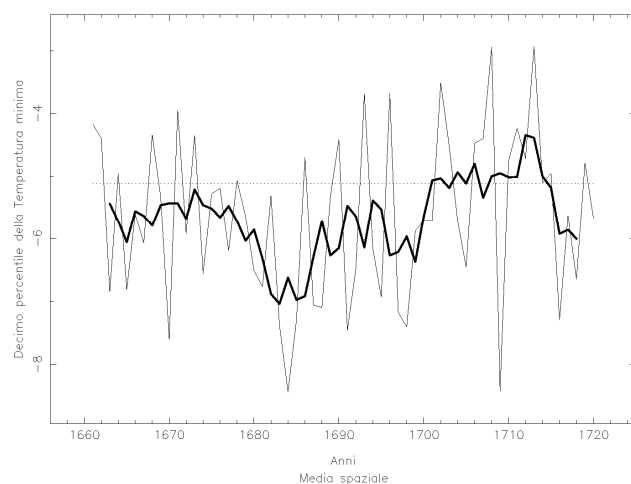
livello del mare, riportato nella Fig. 2a, evidenzia una forte anomalia positiva centrata sull'Oceano Atlantico, a nord della Penisola Iberica. A questa configurazione sinottica è associata una circolazione anticiclonica che fa affluire sulla Pianura Padana masse d'aria di origine polare o artica, determinando così una diminuzione della temperatura, come peraltro confermato dalle anomalie negative del corrispondente vettore caratteristico della media stagionale della temperatura minima (Fig. 3a). Anche per il secondo pattern relativo alla pressione (Fig. 2b), contraddistinto da una forte anomalia negativa centrata sulla penisola italiana, corrispondono intense anomalie negative di temperatura, dovute prevalentemente all'afflusso sulla regione di masse d'aria continentale, di origine polare (Fig. 3b). Una situazione di segno opposto è indicata invece dai vettori caratteristici della terza e della quarta coppia: rispettivamente, un'anomalia positiva a sud-ovest della Penisola Iberica (Fig. 2c) ed un'anomalia negativa centrata sulla Scandinavia (Fig. 2d) determinano una circolazione di masse d'aria di origine tropicale, a cui sono associate anomalie positive della media stagionale della temperatura minima sulla regione (Fig. 3c,d).

Una analisi simile è stata compiuta per gli altri due indicatori, il decimo percentile della temperatura minima e il numero di giorni di gelo (figure non mostrate).

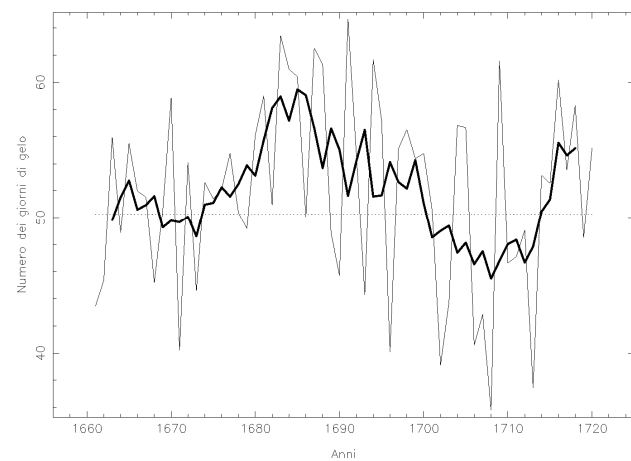
Le stime ottenute con il metodo della "cross-correlation" per il periodo 1961-1990 sono risultate con un errore medio trascurabile e con un errore quadratico medio, dovuto in buona misura alla sottostima delle forti anomalie negative del 1963 e del 1981, di circa 1 °C per la media della temperatura minima, inferiore a 2 °C per il decimo percentile della distribuzione dei valori minimi giornalieri ed attorno ad un valore di 10 per il numero dei giorni di gelo, ossia quei giorni con temperatura minima infe-



a



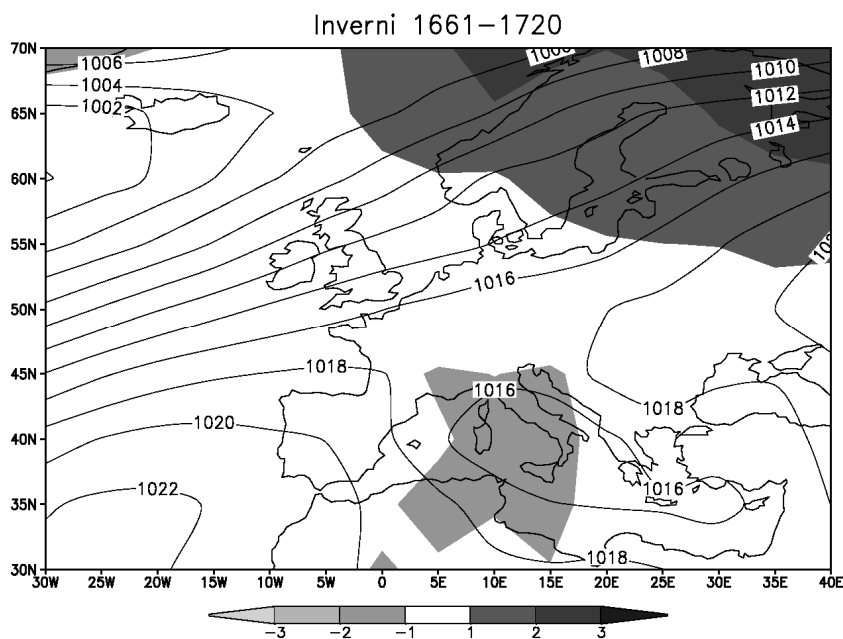
b



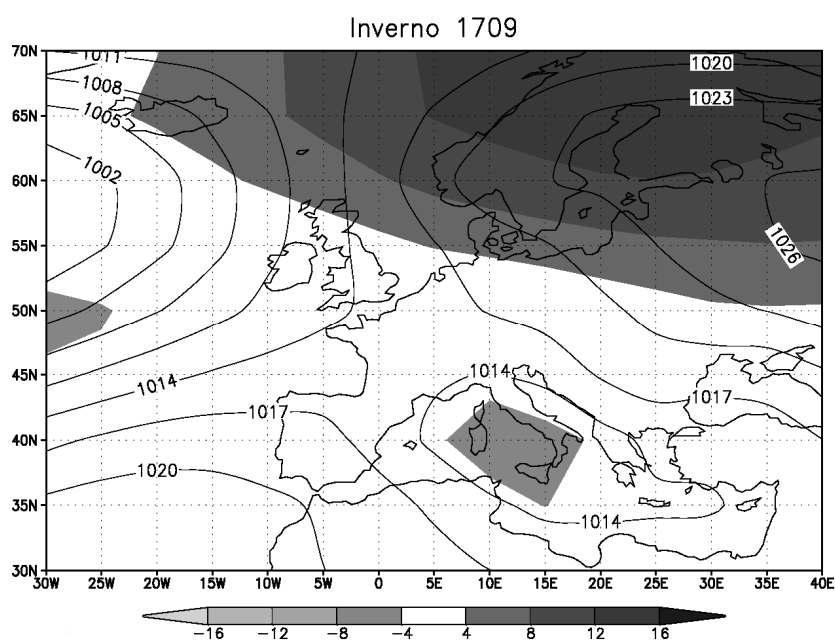
c

Fig. 5 (a,b,c) – Andamento temporale delle media spaziale delle medie invernali per il periodo 1671-1720: (a) della temperatura minima; (b) del decimo percentile della distribuzione dei valori giornalieri della temperatura minima; (c) del numero dei giorni con gelo. Valori ricostruiti (linea continua) e loro media mobile calcolata su 5 anni (linea continua più spessa), climatologia 1961-1990 (linea punteggiata).

Fig. 5 (a,b,c) – Temporal variability of the spatial average over the 32 stations of (a) the minimum temperature mean; (b) the tenth percentile of daily minimum temperature; (c) the number of frost days during winter. Reconstructed values (thin solid line), their 5-year moving averages (solid line) and 1961-1990 climate (dotted line)..



a



b

Fig. 6 (a,b) – Isolinee del campo della pressione ridotta al livello del mare e delle sue anomalie rispetto alla climatologia 1961-1990, (a) per gli inverni del periodo 1661-1720 e (b) per l’inverno 1709.

Fig. 6 (a,b) Mean sea level pressure and its anomalies with respect to the 1961-1990 climate for (a) winters of the 1671-1700 period and (b) winter 1709.

riore a 0 °C. La Fig. 4 mostra i valori ricostruiti per il periodo 1961-1990 per la media spaziale della temperatura minima invernale.

La ricostruzione delle serie storiche per il periodo 1661-1720 mediante il modello statistico ha permesso di individuare per l’Emilia-Romagna un periodo più freddo che avrebbe caratterizzato le ultime tre decadi del XVII secolo, come si può osservare dalle figure 5, dove sono riportati gli andamenti delle medie spaziali sulle 32 stazioni dei valori medi invernali ricostruiti. Per l’intero periodo

considerato le medie invernali della temperatura minima ricostruite sono in media inferiori di 0,3 °C, ma restringendosi al periodo 1671-1700 la differenza in media è di 0,8 °C, con un massimo di 2 °C circa (Fig. 5a). Un andamento simile lo si registra anche per il decimo percentile della distribuzione dei valori giornalieri della temperatura minima e, come si evince dalla Fig. 5b, negli anni 1684, 1691 e 1709, il valore medio stagionale è stato stimato essere inferiore a -8 °C. Il numero dei giorni con gelo aumenta in media di circa 10 rispetto al clima 1961-1990, raggiungendo delle punte di oltre 60 giorni per alcuni anni compresi tra il 1680 ed i primi anni '90 (Fig. 5c). Gli andamenti di questi indicatori sono tra loro in una certa misura coerenti. Infatti, se i valori giornalieri fossero distribuiti normalmente, si potrebbe notare che per il periodo di riferimento 1961-1990 la media stagionale di circa -0,5 °C ed il valore del decimo percentile attorno a -5 °C determinerebbero un numero medio di giorni di gelo pari a circa 50 giorni, analogo alla media climatica. Mentre per gli anni più rigidi durante il periodo 1671-1700 la media stagionale pari a -2,5 °C ed il decimo percentile a circa -8,5 °C produrrebbero un numero medio di giorni di gelo superiore a 60, analogo a quello indicato nella Fig. 5c. Inoltre è anche possibile osservare che il numero medio di giorni con temperatura minima inferiore a -10 °C sarebbe per gli stessi anni pari a circa 6, mentre avrebbe un

valore circa nullo per il periodo attuale, preso a riferimento.

Nella Fig. 6a sono state riportate l’anomalia della pressione ridotta al livello del mare per il periodo 1671-1700, ossia del trentennio più freddo individuato tramite la ricostruzione delle serie storiche. Dalla Fig. si può osservare una anomalia negativa sul Mediterraneo centrale associata ad una forte anomalia positiva centrata sulla penisola Scandinava. Questa configurazione bipolare nelle anomalie della media stagionale è indicativa in quel

periodo della persistenza sulla Pianura Padana di una circolazione di masse d'aria di tipo polare continentale, generalmente associata a flussi di bora provenienti dalla penisola balcanica, che giustificerebbero la successione di anni con inverni rigidi. Come si evince dalla Fig. 6b, la configurazione bipolare delle anomalie è ancora più accentuata quando si considera soltanto l'anno 1709, determinando una notevole diminuzione del valore del decimo percentile della distribuzione delle temperature minime giornaliere.

Il modello statistico di ricostruzione delle serie storiche è riuscito a prevedere una diminuzione dei valori di temperatura per il tardo periodo del Minimo di Maunder, anche se probabilmente sottostimata, come peraltro già messo in evidenza con la tecnica della "cross-validation" per il periodo 1961-1990. È interessante osservare dalle serie storiche delle medie spaziali che nel periodo compreso tra il 1671 ed il 1700 gli anni comparabili al 1709 furono numerosi. Sebbene la stima della media stagionale della temperatura minima del 1709 sia stato il valore più basso in assoluto, per alcuni anni tra il 1671 ed il 1700 il numero dei giorni di gelo stimati sono stati fino a 20 in più rispetto alla media climatologica 1961-1990 e 10 in più rispetto al 1709. Questi risultati inducono a congetturare che nel periodo 1671-1700 per alcuni anni si poterono verificare in maniera ricorrente condizioni climatiche simili, anche se probabilmente non con uguale recrudescenza a quelle descritte dalle cronache del tempo per l'inverno tra il 1708 ed il 1709.

Conclusioni

La ricostruzione delle serie storiche con il metodo delle correlazioni canoniche ha messo in evidenza come, anche per l'Emilia-Romagna ed in particolare per le zone di pianura e collinari, alla fine del XVII secolo si verificarono delle intense anomalie negative nelle medie stagionali delle temperature invernali. Queste anomalie, probabilmente sottostimate dal modello statistico, possono comunque essere indicative di quanto sia effettivamente avvenuto in maniera ricorrente per circa tre decenni nella nostra regione. Da un punto di vista culturale è probabile che il ripetersi di eccezionali gelate possa avere messo a dura prova la capacità di autorigenerazione degli olivi a partire dalle gemme latenti nel loro fusto, tanto da comprometterne tutta la produzione olivicola (Baldini, 2003).

Resta difficile tuttavia credere che l'olivicoltura non venisse più praticata, anche limitatamente a scopi religiosi o per l'autoconsumo, soltanto per "l'infigardaggine degli agricoltori", oppure, perché, sulla base di categorie economiche, venivano privilegiate altre colture, quando le condizioni climatiche tornarono ad essere più temperate all'inizio del XVIII secolo. È più probabile ritenere invece che la mancata ripresa della coltivazione dell'olivo sia stata la risultante invece di un lungo processo di ristrutturazione sociale che portò ad una profonda trasformazione della società contadina emiliana, favorendo così lo spostamento delle pratiche colturali dalla collina alla pianura.

A partire dagli anni '80 del secolo XVI, diversi settori economici, ed in special modo l'agricoltura, allora di

gran lunga quello predominante, entrarono in crisi. Ne furono vittime i contadini, molti dei quali costretti dalle difficoltà finanziarie in cui versavano a vendere il loro piccolo appezzamento di terra, oppure se lo videro espropriare nelle aste giudiziarie in cui erano costretti a comparire, o per debiti insoluti verso il proprietario o per imposte arretrate verso il fisco. Il tessuto sociale della comunità contadina venne lacerato, e se da un lato la condizione delle campagne italiane, ed in particolare quelle del Centro-Nord, furono caratterizzate dal cosiddetto processo di rifeudalizzazione, ossia da un processo di concentrazione della proprietà fondiaria, soprattutto a favore della nobiltà o dei ricchi mercanti, attraverso anche l'usurpazione dei terreni demaniali, dall'altro lo spopolamento delle zone rurali e l'urbanizzazione dei contadini garantirono in alcuni casi un afflusso di manodopera a buon mercato per le attività produttive dei centri urbani. Alla fine del secolo, Bologna conobbe un notevole sviluppo dell'industria serica: nel 1688 si contavano in città 88 molini da seta, ed ancora nel 1713 più di 20.000 addetti lavoravano nel settore (Romano, 1974). In questo lungo processo di ristrutturazione, le aree collinari diventarono sempre più marginali, mentre in pianura si assisteva allo sviluppo dell'allevamento e dell'agricoltura intensiva, con la diffusione di nuove colture: riso, mais, gelso, lino, canapa e cotone, alcune delle quali strettamente legate all'industria tessile. Vi venne promossa l'esecuzione di grandi opere di canalizzazione, di arginatura e di bonifica: la pianura bolognese era allora costellata di paludi e valli alimentate dalle acque del Reno. Tutto questo, assieme alla commercializzazione dei prodotti agricoli e dell'industria tessile, fece registrare negli ultimi decenni del secolo XVII una tendenza espansiva dell'agricoltura in pianura, tanto che la produzione venne quasi raddoppiata rispetto ai primi decenni.

La variabilità climatica di questo periodo non fu certamente la causa, ma sembrerebbe piuttosto che abbia agito invece come vero e proprio catalizzatore del processo pluridecennale di destrutturazione delle comunità contadine. La lacerazione del tessuto sociale, con il conseguente ridimensionamento del numero dei coloni, fu così devastante che, un secolo dopo, quando le condizioni climatiche tornarono ad essere più temperate, nessuna delle iniziative promosse, sia dalla Società Agraria, sia da una parte del mondo accademico bolognese, per il reinserimento della coltivazione dell'olivo nelle colline bolognesi ebbe successo.

Soltanto di recente si prevede e si auspica un cauto ripristino della coltivazione dell'olivo nelle province emiliane, incoraggiato certamente dal riscaldamento del clima. Nuovi impianti stanno nascendo e sono sempre più numerosi gli agricoltori interessati a questa coltura, soprattutto in quelle aree marginali dove altre piante stenterebbero a crescere.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano il Prof. Emerito Enrico Baldini del Dipartimento di Colture Arboree dell'Università di Bologna ed il Dott. Vittorio Merletto di ARPA - Servizio

Idrometeorologico per i preziosi suggerimenti ricevuti durante la realizzazione del lavoro.

Un ringraziamento particolare anche alla Dott.ssa Valentina Pavan ed all'Ing. Michele di Lorenzo di ARPA - Servizio Idrometeorologico per avere fornito i dati delle osservazioni giornaliere di temperatura delle stazioni.

Bibliografia

- Alexandersson, H., Moberg, A., 1997. Homogenization of Swedish temperature data. Part I: a homogeneity test for linear trends. *Int J Climatol*, 17, 25-34.
- Baldini, E., 2003. Notizie sull'olivicoltura bolognese. *Accademia Nazionale di Agricoltura*, Bologna, 36.
- Brazdil, R., Pfister, C., Wanner, H., von Storch, H., Luterbacher, J., 2005. Historical climatology in Europe –the state of the art. *Climatic Change*, 70, 363-430 DOI: 10.1007/S10584-005-5924-1.
- Finzi, R., 1986. *Le Meteore e il frumento: Clima, agricoltura, meteorologia a Bologna nel '700*. Il Mulino editore, Bologna, 387.
- Luterbacher, J., 2001. The late Maunder Minimum (1675-1715)-climax of the 'Little Ice Age' in Europe. In: Jones, P.D., Ogilvie, A.E.J., Davies, T.D., Briffa, K., (eds) *History and Climate: Memories of the future*. Kluwer Academic Press, New York, Boston, London, 29-54.
- Luterbacher, J., Xoplaki, E., Dietrich, D., Rickli, R., Jacobeit, J., Beck, C., Gyalistras, D., Schmutz C., and Wanner, H., 2002. Reconstruction of Sea Level Pressure fields over the Eastern North Atlantic and Europe back to 1500. *Clim. Dyn.*, 18, 545-561, DOI 10.1007/s00382-001-0196-6.
- Luterbacher, J., Dietrich, D., Xoplaki, E., Grosjean, M., Wanner, H., 2004. European seasonal and annual temperature variability, trends, and extremes since 1500. *Science*, 1499-1503.
- Pavan, V., Tomozeiu, R., Sellini, A., Marchesi, S., Marsigli, C., 2003. Controllo di qualità dei dati giornalieri di temperatura minima e massima e di precipitazione. *Quaderno Tecnico ARPA- SIM*, no 15, 66.
- Romano R., 1974. *La storia economica dal secolo XIV al Settecento*. In *Storia d'Italia: dalla caduta dell'Impero romano al secolo XVIII*. Einaudi Editore, Torino, 2361.
- Tomozeiu, R., Pavan, V., Cacciamani, C., Amici, M. 2006. Observed temperature changes in Emilia-Romagna: mean values and extremes. *Climate Research*, 31, 217-225.
- Tomozeiu R., Cacciamani C., Pavan V., Morgillo A., and Busuioc A. 2007. Climate change scenarios for surface temperature in Emilia-Romagna (Italy) obtained using statistical downscaling models. *Theoretical and Applied Climatology*. DOI 10.1007/s00704-006-0275-z.
- Von Storch, S., Zorita, E., Cubash, U., 1991. Downscaling of global climate change estimates to regional scales: an application to Iberian rainfall in wintertime. Report no. 64, Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, 36.
- Xoplaki, E., Luterbacher, J., Paeth, H., Dietrich, D., Steiner, N., Grosjean, M., 2005. European spring and autumn temperature variability and change of extremes over the last half millennium. *Geophys. Res. Letters*, 32, L15713, doi:10.1029/2005GL023424.