

# INDAGINE REGIONALE NEL VENETO, PER IL MONITORAGGIO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI E DEL LORO IMPATTO IN AGRICOLTURA

<sup>(1)</sup> Tridello G., Chiaudani A., Rech F., Tardiyo G., Meneghin P., Checchetto F., Delillo I.

<sup>(2)</sup> Orlandini S., Di Stefano V., Bartolini G. <sup>(3)</sup> Mariani M., Cola G. <sup>(4)</sup> Borin M., Berti A., Bonamano A.

<sup>(1)</sup> ARPAV - Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio, Centro Meteo di Teolo

<sup>(2)</sup> Dipartimento di Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio Agro-forestale - Università di Firenze

<sup>(3)</sup> Dipartimento di Produzione Vegetale - Università degli studi di Milano

<sup>(4)</sup> Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali - Università degli studi di Padova

## Abstract

La Direzione Politiche Agroambientali Regionale ha finanziato un'indagine sulla variabilità climatica manifestatasi in Veneto nell'ultimo cinquantennio. L'ARPA del Veneto- Dipartimento Regionale Sicurezza del Territorio, tramite il Servizio Centro Meteo di Teolo - U.O. di Agro-biometeorologia, è stata incaricata dello svolgimento dello studio agroclimatologico ed in questo articolo si illustrano i passaggi operativi del progetto, attualmente in fase esecutiva, che utilizza due diversi dataset termometrici, relativi rispettivamente al 1955-2004 ed al 1993-2008. In particolare si descrivono le procedure di raccolta e controllo di qualità dei dati, e le successive analisi geostatistica e agroclimatologica.

## Introduzione

Il lavoro qui descritto consta delle classiche fasi di raccolta dati, validazione, analisi agro climatica con produzione di appositi indici agro-bioclimatici e analisi geostatistica volta alla rappresentazione spaziale dei dati.

## Dati e metodi

**La serie storica 1955-2004** è costituita da dati di temperatura massima e minima, rilevati giornalmente alle ore 9 a.m., mediante termografi o termometri a max/min, posti in capannine lignee. Tali dati sono stati pubblicati dall'ex Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia sugli Annali Idrologici - parte prima - sez. Termometria dal 1955 al 1996 e successivamente resi disponibili in file fino al 2004, anno in cui la rete storica Veneta è stata pressoché smantellata. Negli scorsi due anni è stata svolta l'attività di acquisizione in formato digitale di tutti i dati storici disponibili dal 1955; utilizzando le immagini .pdf degli annali, rese disponibili dall'ISPRA ex APAT. Avvalendoci di un applicativo di riconoscimento ottico dei caratteri si sono ottenuti, poi, i dati in formato excel (1 file/stazione/anno). Il personale dell'ARPAV ha quindi effettuato il controllo dei file numerici alla ricerca di errori di conversione e tradotto le simbologie associate ai dati in formati informatizzabili. È stato realizzato e popolato un D.B. relazionale su sistema DBMS Oracle, finalizzato a garantire la sicura archiviazione dei dati e delle simbologie, la gestione dei dati ricostruiti e dei metadati. Complessivamente sono state caricate nel D.B. 2320 serie annuali di temperatura giornaliera massima e minima, di cui 1887 risultano complete (100% dati) e 350 dispongono di meno del 20% di dati mancanti. Il numero di stazioni operative per anno varia tra 59 (anno 1955) e 36 (anni 1984 e 2002) ed è in media di 44,6. Questi dati appartengono a 107 stazioni di cui solo 9 dispongono di 50 anni di dati e 12 hanno funzionato per almeno 45 anni; mentre altre 13 hanno almeno 30 anni di dati.

**La serie termometrica 1993-2008** proviene da misure effettuate da stazioni automatiche ogni 15 minuti (dato istantaneo di temperatura); la temperatura media giornaliera è la media delle 96 misure effettuate tra le ore 00.15 solari e le 24.00 solari del giorno di riferimento, mentre la massima e la minima sono il massimo ed il minimo valore tra le suddette 96 misure. I sensori sono termistori linearizzati, posizionati a 2 m dal suolo entro uno schermo antiradiante in policarbonato a ventilazione naturale di 115 mm di diametro e 160 mm di altezza. I processi di acquisizione-trattamento dei dati e di manutenzione-taratura dei sensori sono organizzati con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001-2000. I dati sono controllati quotidianamente mediante l'ausilio di procedure informatizzate di segnalazione anomalie che operano sulla base dei seguenti principi generali: Si sono utilizzati per lo studio i dati di 113 stazioni termometriche (su 170 operative) che nel periodo 1993-2008 hanno presentato meno del 5% dei dati mancanti.

<b>Consistenza assoluta</b>	Per ciascun mese dell'anno vengono definiti dei valori di soglia (calcolando, dai dati storici disponibili, il 10° e 90° percentile); i dati non rientranti in tale range sono considerati sospetti.
<b>Consistenza relativa</b>	Sensori della stessa stazione devono presentare andamenti correlati, ad esempio: incrementi di temperatura implicano generalmente decrementi di umidità relativa, sensori identici collocati a diverse altezze dal suolo devono avere andamenti simili, ecc.
<b>Consistenza temporale</b>	I test confrontano tra loro i dati di una sequenza analizzando e segnalando: <b>persistenza dati</b> il dato rimane sempre uguale a se stesso per più di n. rilevazioni; <b>confronto temporale</b> vengono confrontate tra loro brevi serie di dati e segnalate le variazioni superiori ad un valore prefissato; <b>ciclicità giornaliera</b> vengono analizzate serie di dati giornalieri e segnalate le variazioni superiori ad un valore prefissato di escursione o l'anomalia dell'andamento giornaliero
<b>Consistenza spaziale</b>	I test confrontano tra loro valori del medesimo tipo di sensori di stazioni vicine, le differenze tra tali valori non devono essere superiori ad un valore prefissato

**La validazione dei dati**, operazione di fondamentale importanza per ogni elaborazione successiva, è stata invece eseguita utilizzando il software CLIMATICA (Danuso, 2006). I dati sono stati validati sia prima che dopo la ricostruzione di quelli mancanti, mediante un controllo di tipo *range check* basato sul controllo ammesso per le variabili considerate. Inoltre, oltre a tale controllo, attraverso l'utilizzo di uno script, si è creato un comando ad hoc per verificare dove la temperatura massima fosse minore della minima. Non sono stati riscontrati errori di alcun tipo nelle 113 stazioni termometriche, né prima né dopo l'operazione di ricostruzione.

**La ricostruzione dati mancanti** è stata eseguita utilizzando una variante del modello di regressione multilineare che opera la scelta delle stazioni circostanti più correlate alla stazione target (Eischeid et al., 1995), individuando poi la miglior combinazione fra queste ultime. Di seguito si è calcolato il valore di numerosità campionaria che minimizza l'errore per i dati delle variabili-regressore appena scelte. Mediante procedure in R e C si è lavorato per ora sulla serie termometrica 1993-2008 e sono stati ricostruiti 6021 x 3 (min. med. max.) giorni di dati mancanti; le interruzioni individuate sono state 1480 x 3 con durata media di 4.06 giorni; la maggiore interruzione trattata è di 250 giorni consecutivi.

**L'analisi geostatistica** riferita ai valori medi decadali, mensili, stagionali ed annui di temperatura minima e massima, mira dal canto suo a descrivere la variabilità spaziale alla luce delle relazioni spaziali esistenti fra i valori misurati nelle diverse stazioni. Tali relazioni sono studiate prendendo anche in considerazione variabili accessorie correlate con le variabili termiche oggetto di studio (Goovaerts, 1997). In particolare come variabili accessorie sono state prese in considerazione l'altitudine, l'esposizione, la radiazione solare potenziale e la giacitura (espressa attraverso un indice di convergenza). Fra le prospettive offerte dall'indagine rientra lo svolgimento di analisi sulle serie storiche di dati utilizzando tanto tecniche di analisi di trend quanto tecniche di analisi discontinuità (Mariani, 2006; Mariani et al., 2008).

Per ognuna delle stazioni sono stati calcolati **40 indici climatologici e 32 agrometeorologici**. Gli indici climatologici sono stati divisi in indici di temperatura medi ed estremi e sono stati calcolati su base stagionale e annuale per tutte le 113 stazioni. A proposito della scala temporale considerata, si deve sottolineare che la scelta di adottare due scale diverse per lo stesso indice si è resa necessaria per far emergere eventuali andamenti stagionali che spalmati nell'anno non sarebbero percepibili e, successivamente, per analizzarli in modo da evidenziarne chiaramente le significatività. Con riferimento ai valori estremi, per ciascuna stazione sono state adottate le soglie del 90° e del 10° percentile come espressione di un'anomalia climatica, secondo quanto raccomandato dalla World Meteorological Organization-Commission for Climatology (WMO-CCL) e dal Research Programme on Climate Variability and Predictability (CLIVAR) (Peterson et al., 2001) e descritto in una vasta bibliografia

(Klein Tank e Können, 2003; Bartolini et al., 2008). Per quanto riguarda gli indici climatologici riferiti al periodo estivo, si è ritenuto necessario effettuare un'analisi piuttosto dettagliata con 8 indici per comprendere come il fenomeno del global warming si rifletta sul territorio regionale. Le colture arboree ed erbacee analizzate sono state: l'olivo, melo, pesco, pomodoro, mais, vite e kiwi; queste sono ampiamente diffuse ed economicamente rilevanti nella regione Veneto, ed è quindi importante analizzarle per offrire un supporto tecnico per la loro gestione. Per le colture di interesse, sono stati individuati in bibliografia 32 indici di tipo agrometeorologico, e dove assenti per alcune colture, riadattati e calcolati. Per quanto riguarda le temperature critiche, sono state prese in esame soglie per gli estremi di caldo e di freddo. Questi ultimi, a loro volta, per alcune specie, sono stati suddivisi in base alla percentuale di danno nelle fasi fenologiche critiche (10% di danno, 90% di danno).

## Conclusioni

E' stato descritto un progetto di ricerca che si propone di recuperare le serie storiche di dati termici per la regione del Veneto e di interpretarle in termini agro-bioclimatici. Un rilevante obiettivo accessorio di tale attività è quello di introdurre presso il Centro Meteo di Teolo delle procedure standard di qualità, che riguardano tutta la "vita" di un dato meteo-climatico dalla sua acquisizione alla sua elaborazione finale. Una volta conclusa l'attività sulle temperature l'approccio potrà essere esteso alle precipitazioni dei due periodi di riferimento, che ad oggi risultano già raccolte e pronte ad essere sottoposte alle fasi di analisi descritte in precedenza.

## Bibliografia

- Bartolini G., Morabito M., Crisci A., Grifoni D., Torrigiani T., Petralli M., Maracchi G., Orlandini S. 2008. Recent trends in Tuscany (Italy) summer temperature and indices of extremes. *International Journal of Climatology* 28(13): 1751-1760. DOI: 10.1002/joc.1673.
- Danuso F. Sandra M., 2006. *Climatica: un software per la gestione ed elaborazione delle informazioni climatiche*. Rivista Italiana di Agrometeorologia, vol. 2, pp. 26-33
- Eischeid JK, Baker CB, Kari TR, Diaz HF. 1995. The quality control of long-term climatological data using objective data analysis. *Journal of Applied Meteorology* 34: 2787-2795.
- Goovaerts P., 1997. *Geostatistics for natural resource evaluation*. New York: Oxford University Press. 483 p.
- Klein Tank AMG, Konnen GP., 2003. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. *Journal of Climate*, 16, 3665-3680
- Mariani L. 2006. Some methods for time series analysis in agrometeorology. *Italian Journal of Agrometeorology*: 48-56.
- Mariani L., Parisi S., Cola G., 2008. Space and time behavior of climatic hazard of low temperature for single rice crop in the mid latitude. *Int.J.Climatology*, Published Online: Dec 17 2008 9:45AM DOI: 10.1002/joc.1830.
- Peterson TC, Folland C, Gruza G, Hogg W, Mokssit A, Plummer N., 2001. Report of the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs. World Meteorological Organization, Technical Document No 1071, World Meteorological Organization Geneva, Switzerland, 146 pp.