



Servizio Presidi Tecnici di Supporto al Settore Agricolo
Ufficio Coordinamento Servizi vivaistici e Agrometeo Scerni(Ch)

ANALISI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN ALCUNE AREE VITICOLE DELLA REGIONE ABRUZZO



INTRODUZIONE

Negli ultimi anni si sono intensificati gli studi sulle ripercussioni che i cambiamenti climatici potrebbero avere sull'adattamento delle piante nei diversi areali geografici.

La viticoltura europea è stata interessata dal brusco cambiamento climatico dovuto al mutato regime del grande vortice polare e, di conseguenza, delle grandi correnti occidentali (westerlies) che ha interessato le medie latitudini dell'emisfero boreale negli anni '80 del 20° secolo (Werner et al., 2000). Esso viene efficacemente descritto, per l'areale europeo dal comportamento della NAO (North Atlantic Oscillation), indice circolatorio a macroscale, che dal 1981 manifesta una sensibile anomalia positiva (Mariani, 2008).

Il mutato regime circolatorio ha avuto rilevanti effetti sia a livello termico, con un incremento delle temperature medie annue a livello europeo di circa 1°C (Mariani et al., 2008), sia su altre variabili quali la radiazione, la copertura nuvolosa e le precipitazioni.

Uno studio condotto da Jones *et al.* (2005), inerente gli andamenti stagionali della temperatura dell'aria in 27 zone viticole sparse in tutto il mondo, ha accertato un incremento di 1,3 °C, nel corso degli ultimi 50 anni. Tuttavia, la dinamica di riscaldamento è stata più accentuata in Europa e negli stati occidentali degli USA e meno marcata in Cile, Sud Africa e Australia.

Gli effetti dei cambiamenti climatici si sono manifestati anche nelle aree viticole della regione Abruzzo e, a tal proposito, si citano le annate 2003, 2007, 2012, 2015 e 2017 nelle quali si sono verificati eccessi termici durante la stagione vegetativa.

In viticoltura i rapporti tra clima e pianta vengono generalmente studiati in modo statico ricorrendo a indici bioclimatici basati principalmente sulla temperatura dell'aria (Amerine e Winkler, 1944; Huglin, 1978) calcolando i valori medi, senza considerare la loro dinamica temporale.

In questo studio si descrivono gli andamenti di alcuni indici statistici e bioclimatici allo scopo di valutare l'effetto dei cambiamenti climatici in alcuni areali viticoli della regione Abruzzo.

L'approccio utilizzato è stato quello di analizzare le serie storiche sia per mezzo di interpolazioni lineari che presumono cambiamenti regolari e continui nel tempo, che attraverso la ricerca di eventuali periodi di repentino mutamento, intervallati da fasi stazionarie. In questo caso, l'analisi punta alla individuazione dei punti di discontinuità ("change points") delle serie temporali attraverso metodologie proposte ed impiegate per studi economici (Bai, 1997; Bai e Perron, 2003).

Materiali e metodi

Lo studio climatico è stato effettuato utilizzando i dati meteo rilevati, nell'arco temporale 1951-2017, dal Servizio Idrografico Regionale nelle seguenti stazioni: Chieti, Scerni e Sulmona.

Sono stati utilizzati i dati giornalieri di precipitazione e di temperatura minima (Tmin) e massima (Tmax) dell'aria come base per il calcolo dei diversi parametri indagati. La temperatura media giornaliera (Tmed) è stata calcolata come semisomma dei valori della temperatura massima e di quella minima. I dati registrati, sottoposti ai controlli di consistenza interna e persistenza temporale, sono stati impiegati per i calcoli successivi.

Per il periodo aprile settembre di ogni anno sono stati calcolati i seguenti indici bioclimatici e statistici:

- Gradi giorno: $\Sigma (T_{med}-10^{\circ}\text{C})$
- Indice di Huglin: $\Sigma ((T_{med}-10^{\circ}\text{C})+(T_{max}-10^{\circ}\text{C}))/2*k$
- Indice di Gladstone: $\Sigma (T_{med}-10^{\circ}\text{C})$ per $10^{\circ}\text{C}<T_{med}<19^{\circ}\text{C}$. Se $T_{med} < 10^{\circ}\text{C}$ allora 0, se $T_{med}>19^{\circ}\text{C}$ allora 9.
- Numero di giorni con temperature massime superiori a 30 e 35°C
- Precipitazioni cumulate
- media escursioni termiche giornaliere ($T_{max} - T_{min}$)

L'indice di Gladstone, rispetto ai gradi giorni, pone una soglia pari a 19°C per quanto riguarda la temperatura media, considerando che valori termici elevati possono inibire l'attività vegetativa delle viti.

L'analisi dei trend degli indici bioclimatici e statistici è stata effettuata con il test non parametrico di Mann-Kendall.(Mann 1945; Kendall 1975).

L'ipotesi nulla (Ho) del test di Mann-Kendall prevede l'assenza di trend nella popolazione dalla quale il dataset oggetto di indagine è stato estratto. Secondo l'ipotesi alternativa, invece, è corretto affermare che nella serie analizzata è presente un trend crescente o decrescente

Il test essendo non parametrico, è indipendente dalla distribuzione della popolazione ed è meno influenzato dalla presenza di eventuali *outliers* nelle serie storiche.

La statistica test indicata con S, è stata calcolata con la seguente espressione:

$$S = \sum_{I=1}^{N-1} \sum_{J=i+1}^N \text{sign}(y_j - y_i)$$

Dove y è l'altezza di precipitazione al tempo i e al tempo j , n è la lunghezza della serie mentre la funzione segno è definita come segue:

Sign (\mathcal{G})	1 se $\mathcal{G} > 0$
	0 se $\mathcal{G} = 0$
	-1 se $\mathcal{G} < 0$

Sotto l'ipotesi nulla che le y_i siano indipendenti e identicamente distribuite, per $n \geq 8$, la statistica S è interpretata da una distribuzione normale, con media nulla e varianza pari a:

$$\sigma^2 = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum ti(i)(i-1)(2i+5)}{18}$$

Dove n è il numero delle osservazioni nella serie storica, ti è il numero dei valori uguali tra loro nella serie storica e g sono i gruppi di valori uguali presenti nella serie storica. In tal modo si riesce a tenere conto dei valori ripetuti di ciascuna serie.

Pertanto, definita la statistica test standardizzata Z :

Z	$\frac{S-1}{\sigma}$ se $S > 0$
	0 se $S = 0$
	$\frac{S+1}{\sigma}$ se $S < 0$

Essa è stata confrontata con una distribuzione normale standardizzata al livello di confidenza prefissato.

Assumendo H_0 come vera, il valore standard (Z) della statistica test di Kendall calcolato sulla serie storica, ha una probabilità (p -value) data da :

$$p\text{-value} = 2 [1 - \phi |Z_s|]$$

Dove ϕ rappresenta la funzione di probabilità cumulata di una distribuzione normale standard. Ne consegue che tanto più il valore di p -value è basso (minore di un certo livello di significatività prefissato α) tanto più vi sono evidenze della presenza di trend (rifiuto di H_0).

Nel presente studio sono stati considerati significativi i p -value $< \alpha$ (con $\alpha < 0.10$).

Il test di Mann- Kendall consente di individuare l'esistenza di un trend monotono, ma non permette la sua misurazione; per questo motivo è stato impiegato lo stimatore non parametrico Theil-Sen (Theil., 1950; Sen., 1968), per valutare la pendenza (β) della retta interpolante i dati.

La libreria Zyp, contenuta nel software statistico R, è stata impiegata per il calcolo dello stimatore non parametrico Theil-Sen, per l'applicazione del test di Mann-kendall mentre la libreria strucchange è stata utilizzata per l'individuazione dei punti di discontinuità (Change point).

Risultati e discussione

Gli indici bioclimatici e statistici calcolati per le tre stazioni meteorologiche, rappresentative di altrettanti comprensori viticoli della regione Abruzzo, sono stati dapprima analizzati ricorrendo all'usuale approccio statico che si basa sulla media aritmetica del periodo in esame (1951-2017).

Stazione	Arco temporale	aprile-settembre						
		Gradi Giorno	Indice di Huglin	Indice di Gladstone	n. giorni con Tmax >30°C	n. giorni con Tmax >35°C	Media escursioni termiche	Precipitazioni cumulate
SCERNI	1951-2017	1925	2393	1428	32	4	8,8	300
SULMONA	1951-2016	1824	2500	1350	59	15	13,4	252
CHIETI	1951-2017	1966	2395	1443	30	3	8,0	319

Tab. 1 Valori medi degli indici statistici e bioclimatici (1951-2017) relativi alle stazioni di Scerni, Chieti e Sulmona per il periodo aprile-settembre.

La tabella 1 relativa ai valori medi mette in evidenza limitate differenze tra le stazioni di Scerni e Chieti sia per quanto riguarda gli indici bioclimatici che per quelli statistici.

La stazione di Sulmona si distingue dalle altre per le maggiori escursioni termiche, le quali favoriscono un maggiore accumulo dell'indice di Huglin. In questa zona interna si registrano frequenti eccessi termici, come si può desumere dall'elevato numero di giorni con temperature massime superiori a 30°C, associato alla minore piovosità.

L'analisi dei trend, effettuata con il test di Mann-kendall, mette in risalto, nelle località di Scerni e Sulmona, incrementi significativi dal punto di vista statistico per quanto concerne i gradi giorno, gli indici di Huglin e Gladstone e il numero di giorni con temperature superiori a 30°C (Tabb. 1 e 2).

Nella area viticola meridionale di Scerni si nota un deciso incremento degli indici bioclimatici negli ultimi 20 anni che viene confermato dall'analisi del change-point. I valori massimi in assoluto sono stati raggiunti nel 2015 con 2382, 2937 e 1514 rispettivamente per i gradi giorno, l'indice di Huglin e l'indice di Gladstone (Figg. 1-6). Il rapido incremento delle risorse bioclimatiche si manifesta, nell'area viticola interna di Sulmona, a partire prima dal 1980, e successivamente dal 2002 (Figg. 7-12) In quest'area, dove si segnala anche un incremento significativo del numero di giorni con temperature superiori a 35°C, si rilevano pendenze delle rette di interpolazione superiori a quelle evidenziate a Scerni (Tab. 2).

Nella Località di Chieti non si registrano trend significativi per tutti gli indici (Tab. 3) pur tuttavia si nota un leggero incremento a partire dal 1981 di quelli bioclimatici e un successivo calo che vengono messi in risalto dall'analisi del change-point (Figg. 13-17).

In tutte le località non si registrano trend significativi a carico delle precipitazioni e delle escursioni termiche nel periodo vegetativo. (Tabb. 1-3)

Indice	aprile-settembre				
	Statistica S	β	intercetta	P-value	Significatività
Gradi Giorno	633	3,5	1812,7	0,0006	***
Indice di Huglin	575	3,8	2275,4	0.0018	**
Indice di Gladstone	549	1,1	1381,9	0.0030	**
N. giorni con Tmax >30°C	423	0.2	23.6	0.0223	*
N. giorni con Tmax >35°C	247	0.0	2	0.1778	ns
Media escursioni termiche	-157	-0.007	9.05	0.3980	ns
Precipitazioni cumulate	295	1.1	251.5	0.1116	ns

Tab. 2 Risultati del test di mann-Kendall applicato agli indici statistici e bioclimatici della località di Scerni. Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue: ns P-value>0.10; * P-value≤0.05; ** P-value≤0.01; *** P-value≤0.001

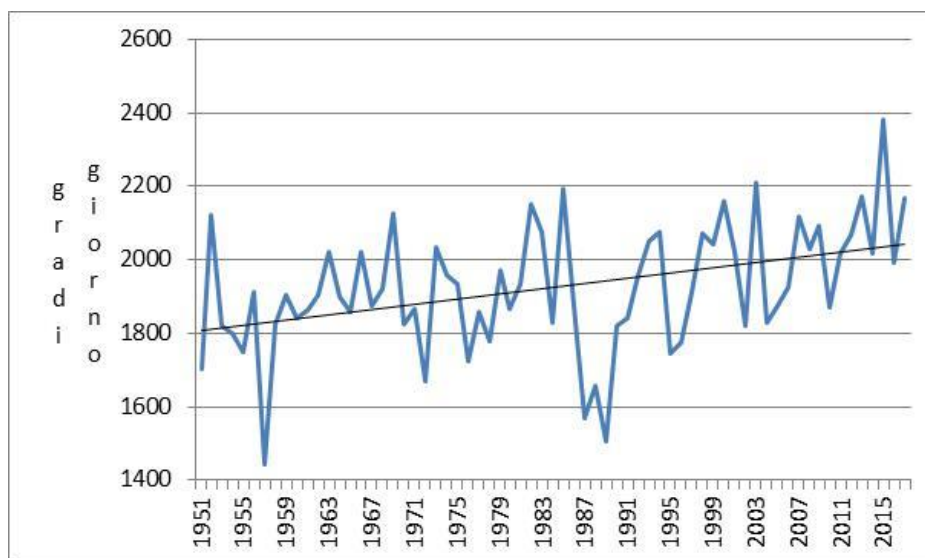


Fig. 1 Scerni -Andamento dei gradi giorno nel periodo 1951-2017

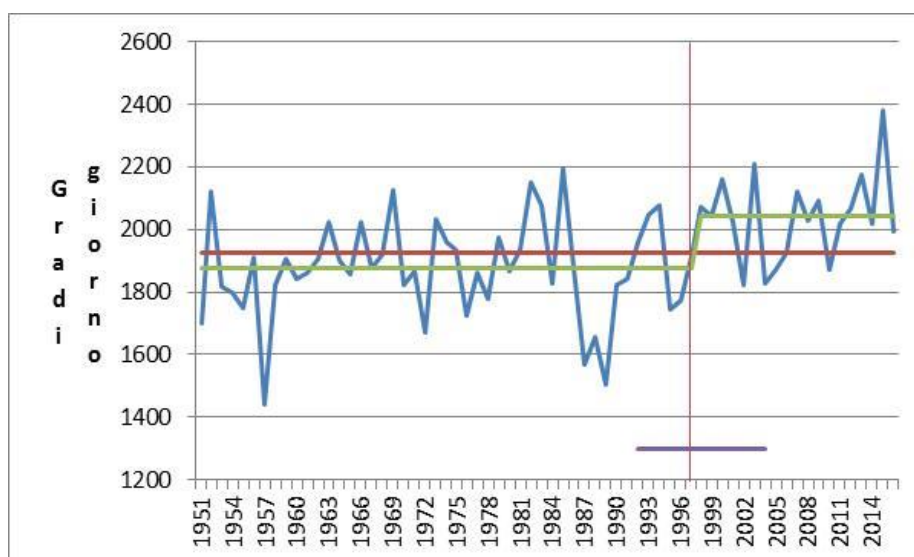


Fig. 2 Scerni– Analisi del change point applicata ai gradi giorno. Le linee rosse verticali indicano i punti di discontinuità mentre le linee orizzontali poste in basso indicano l'intervallo di confidenza ($p < 0.90$). Le linee spesse di colore verde indicano le medie dei diversi periodi

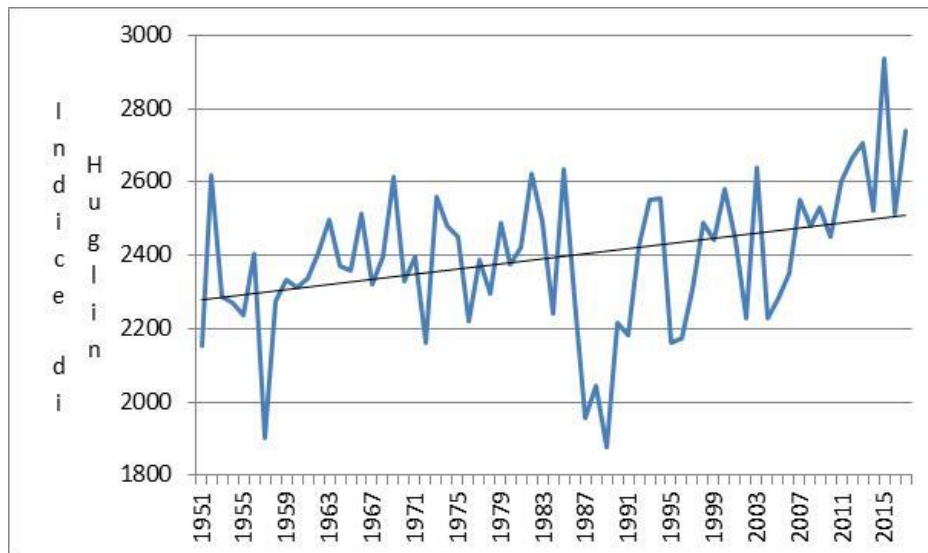


Fig. 3 Scerni - Andamento dell'Indice di Huglin nel periodo 1951-2017

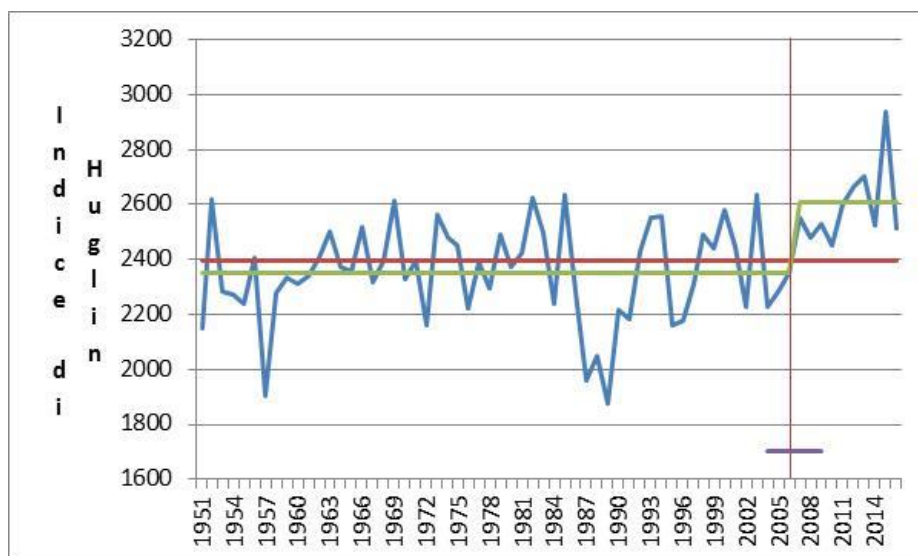


Fig. 4 Scerni – Analisi del change point applicata all'indice di Huglin. Le linee rosse verticali indicano i punti di discontinuità mentre le linee orizzontali poste in basso indicano l'intervallo di confidenza ($p < 0.90$). Le linee spesse di colore verde indicano le medie dei diversi periodi

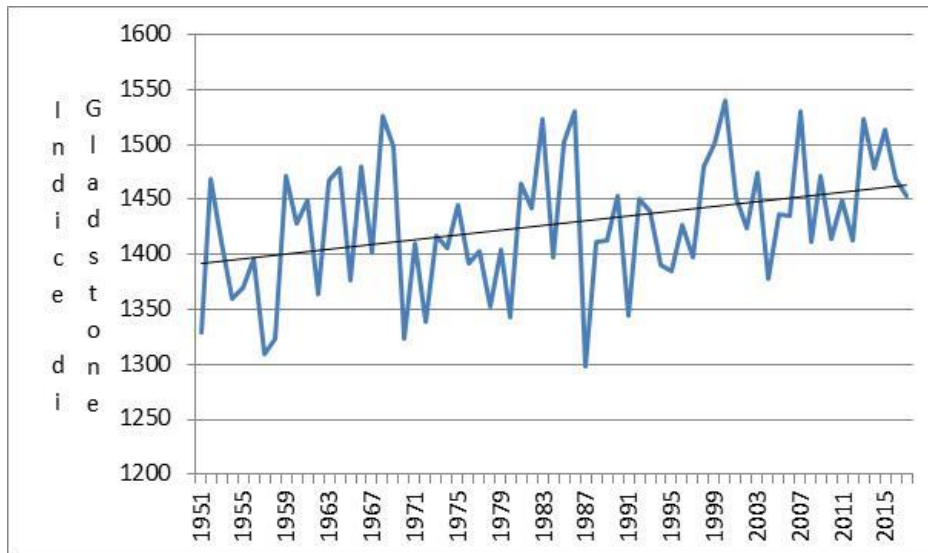


Fig. 5 Scerni - Andamento dell'Indice di Gladstone nel periodo 1951-2017

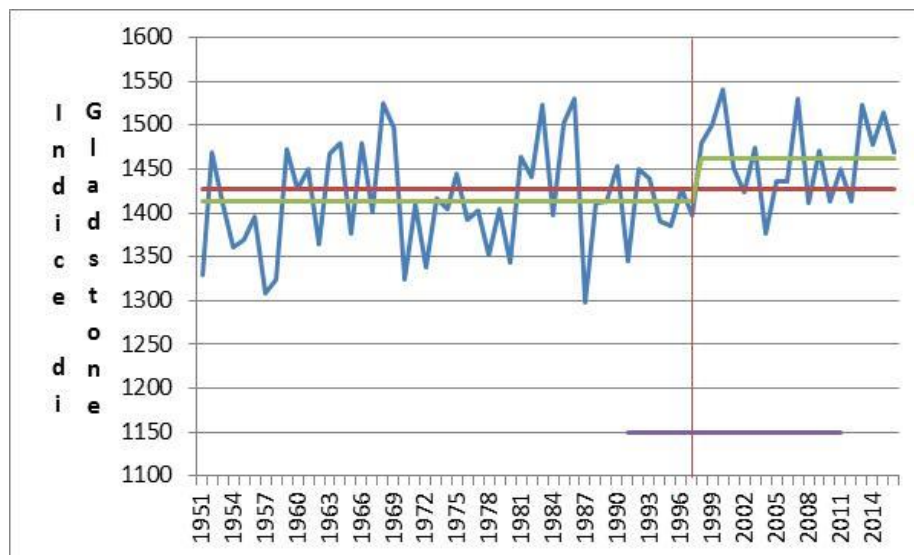


Fig. 6 Scerni – Analisi del change point applicata all'indice di Gladstone. Le linee rosse verticali indicano i punti di discontinuità mentre le linee orizzontali poste in basso indicano l'intervallo di confidenza ($p < 0.90$). Le linee spesse di colore verde indicano le medie dei diversi periodi

Indice	aprile-settembre				
	Statistica S	β	Pvalue	intercetta	Significatività
Gradi Giorno	882	6,1	0,0000	1647,6	***
Indice di Huglin	861	7,1	0,0000	2297,4	***
Indice di Gladstone	697	2	0,0000	1300	***
N, giorni con Tmax >30°C	756	0,6	0,0000	39,7	***
N, giorni con Tmax >35°C	746	0,3	0,0000	1,8	***
Media escursioni termiche	335	0,02	0,0643	12,8	ns
Precipitazioni cumulate	-86	-0,3	0,6380	225,9	ns

Tab. 3 Risultati del test di mann-Kendall applicato agli indici statistici e bioclimatici della località di Sulmona, Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue: ns P-value>0,10; * P-value≤0,05; ** P-value≤0,01; *** P-value≤0,001

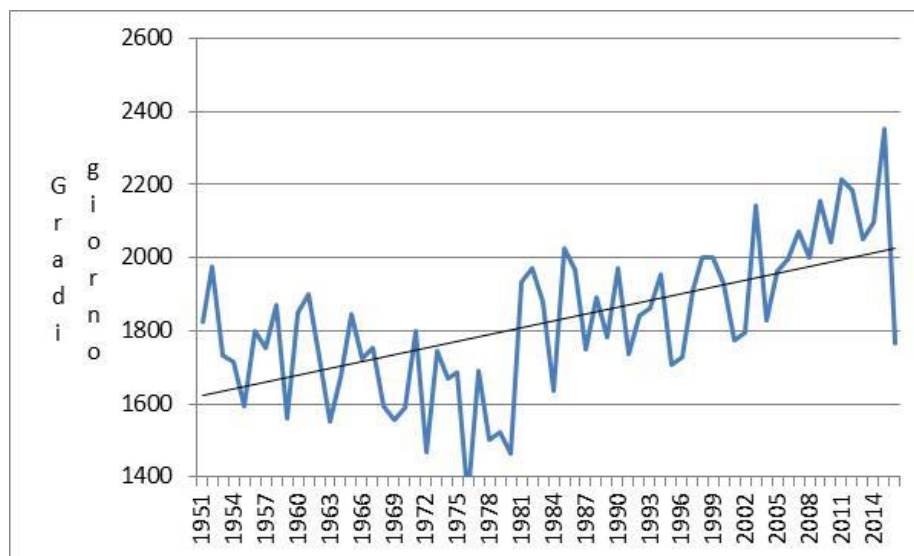


Fig. 7 Sulmona -Andamento dei gradi giorno nel periodo 1951-2016

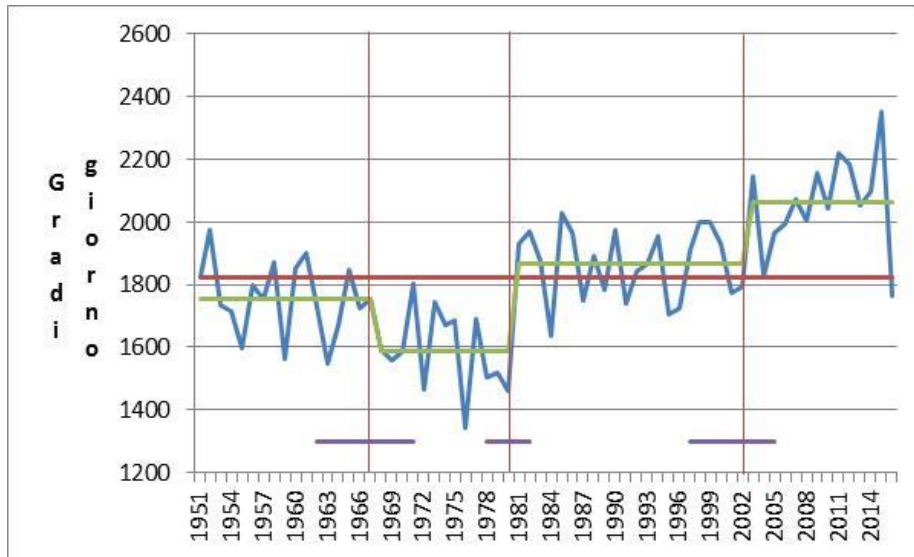


Fig. 8 Sulmona – Analisi del change point applicata ai gradi giorno. Le linee rosse verticali indicano i punti di discontinuità mentre le linee orizzontali poste in basso indicano l'intervallo di confidenza ($p < 0.90$). Le linee spesse di colore verde indicano le medie dei diversi periodi.

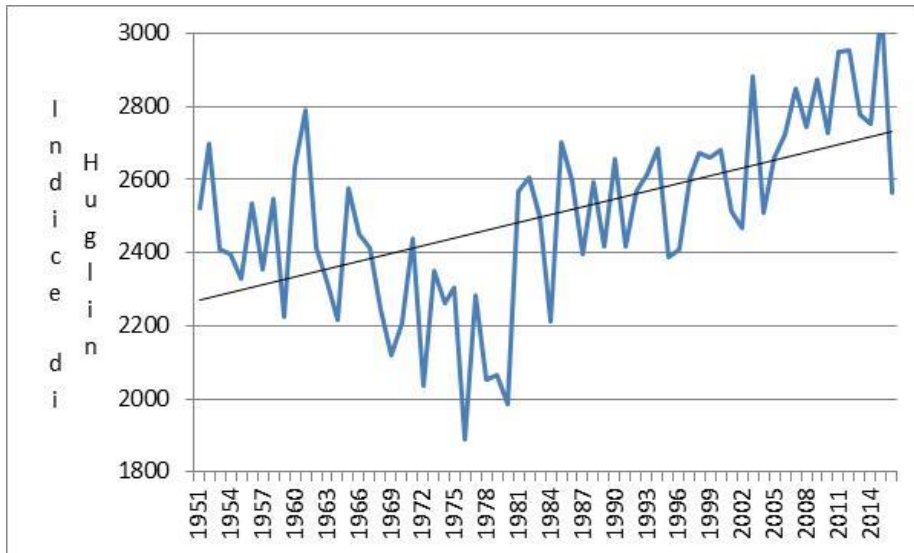


Fig. 9 Sulmona - Andamento dell'Indice di Huglin nel periodo 1951-2016

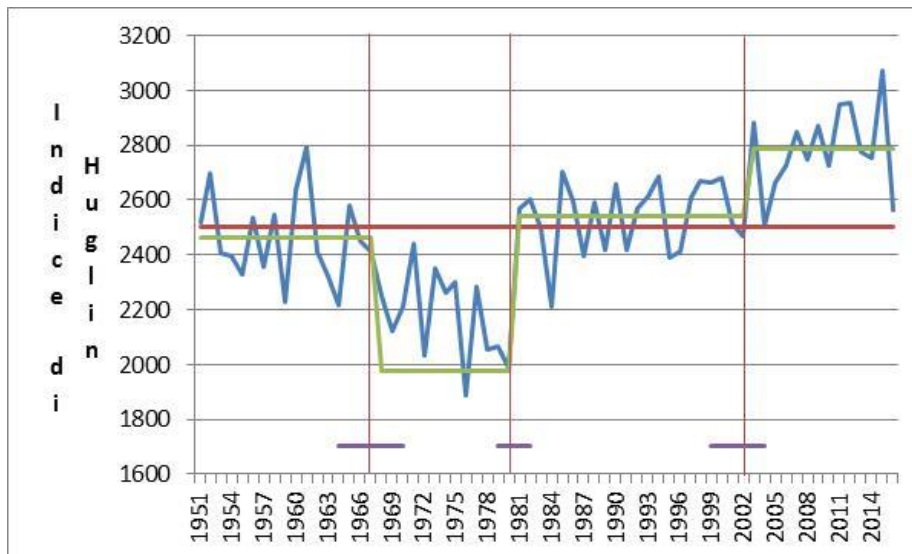


Fig. 10 Sulmona – Analisi del change point applicata all’indice di Huglin. Le linee rosse verticali indicano i punti di discontinuità mentre le linee orizzontali poste in basso indicano l’intervallo di confidenza ($p < 0.90$). Le linee spesse di colore verde indicano le medie dei diversi periodi

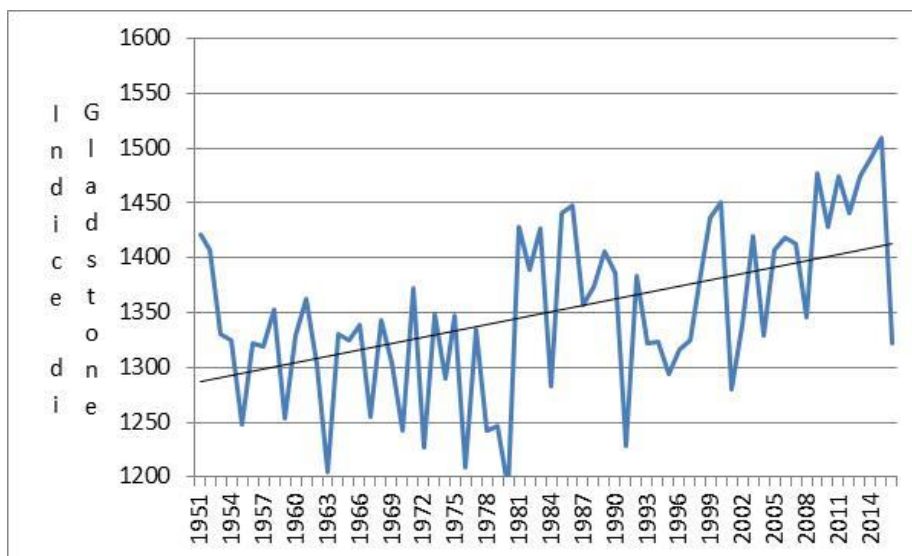


Fig. 11 Sulmona - Andamento dell’Indice di Gladstone nel periodo 1951-2016

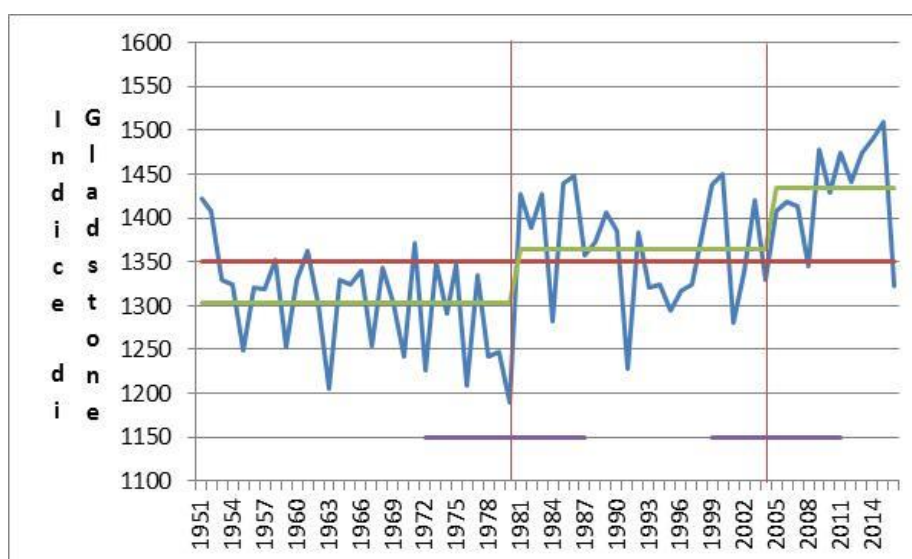


Fig. 12 Sulmona – Analisi del change point applicata all’indice di Gladstone. Le linee rosse verticali indicano i punti di discontinuità mentre le linee orizzontali poste in basso indicano l’intervallo di confidenza ($p < 0.90$). Le linee spesse di colore verde indicano le medie dei diversi periodi

Indice	aprile-settembre				
	Statistica S	β	P-value	intercetta	Significatività
Gradi Giorno	123	0,6	0,5091	1938,5	ns
Indice di Huglin	169	1,1	0,36328	2341,5	ns
Indice di Gladstone	31	6,875e-02	0,8710	1,446e+03	ns
N. giorni con Tmax >30°C	316	0,2	0,0880	22,8	ns
N. giorni con Tmax >35°C	284	0,0	0,1148	1	ns
Media escursioni termiche	159	0,01	0,3900	7,5	ns
Precipitazioni cumulate	-54	-0,2	0,7745	318,9	ns

Tab. 3 Risultati del test di mann-Kendall applicato agli indici statistici e bioclimatici della località di Chieti. Il livello di probabilità dell’errore è indicato come segue: ns P-value > 0.10; * P-value ≤ 0.05 ; ** P-value ≤ 0.01 ; *** P-value ≤ 0.001

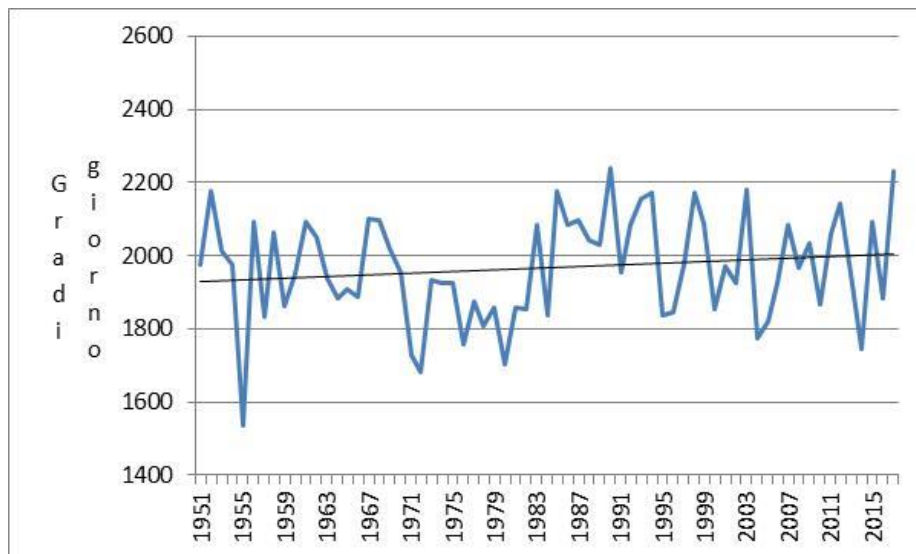


Fig. 12 Chieti -Andamento dei gradi giorno nel periodo 1951-2017

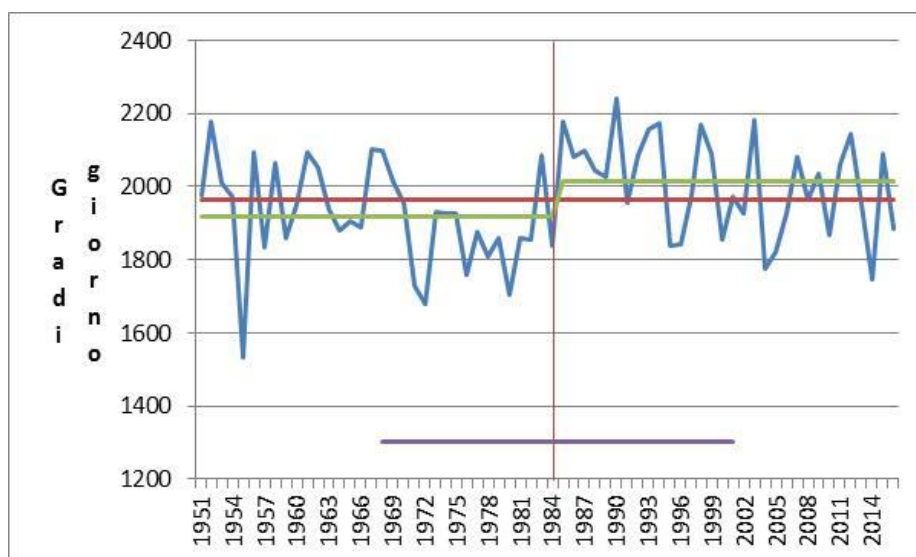


Fig. 13 Chieti – Analisi del change point applicata ai gradi giorno. Le linee rosse verticali indicano i punti di discontinuità mentre le linee orizzontali poste in basso indicano l'intervallo di confidenza ($p < 0.90$). Le linee spesse di colore verde indicano le medie dei diversi periodi.

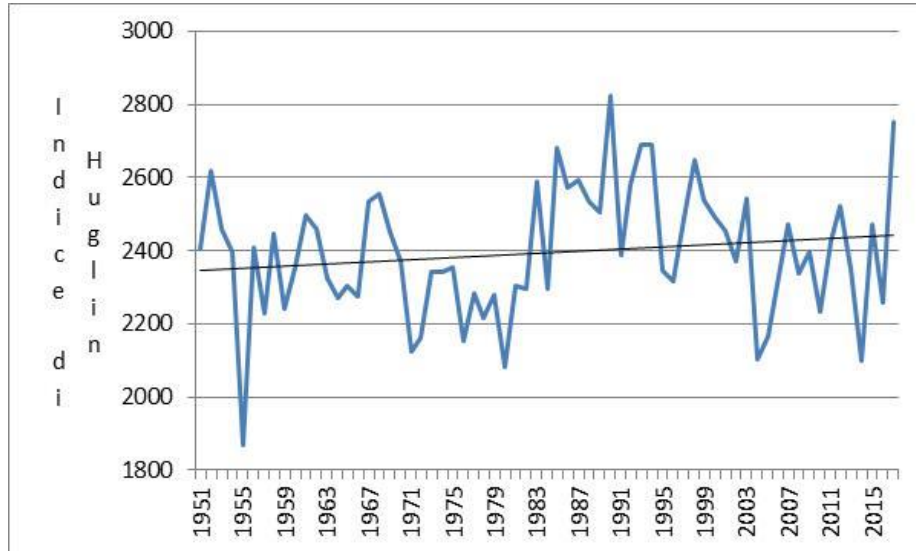


Fig. 14 Chieti - Andamento dell'Indice di Huglin nel periodo 1951-2017

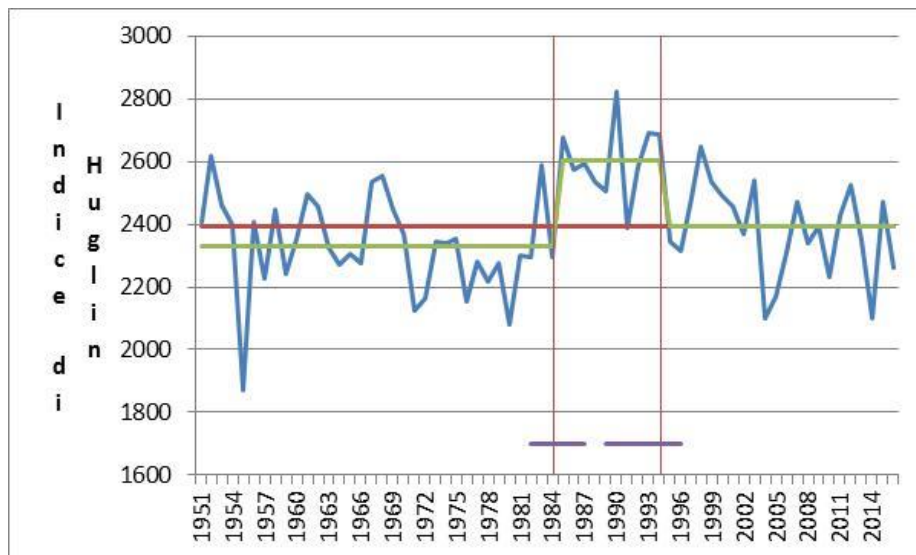


Fig. 15 Chieti – Analisi del change point applicata all'indice di Huglin. Le linee rosse verticali indicano i punti di discontinuità mentre le linee orizzontali poste in basso indicano l'intervallo di confidenza ($p < 0.90$). Le linee spesse di colore verde indicano le medie dei diversi periodi

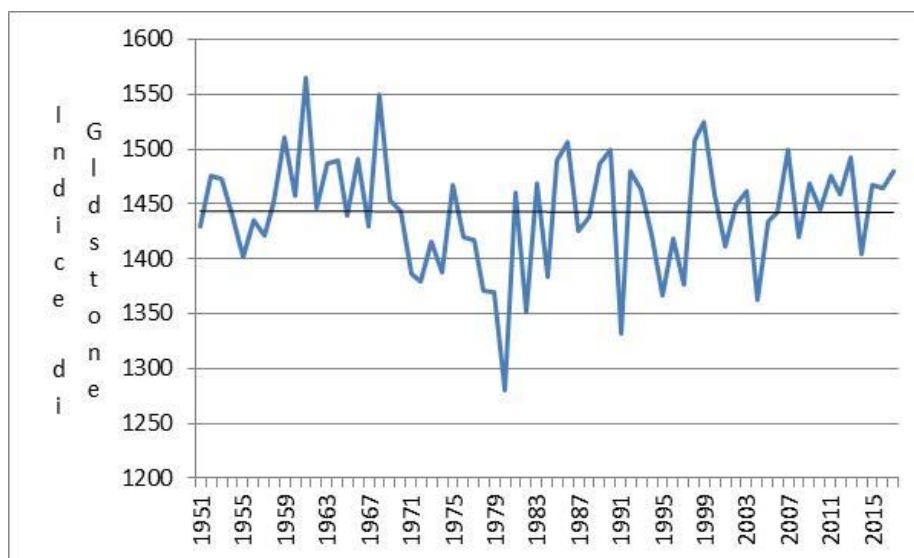


Fig. 16 Chieti - Andamento dell'Indice di Gladstone nel periodo 1951-2017

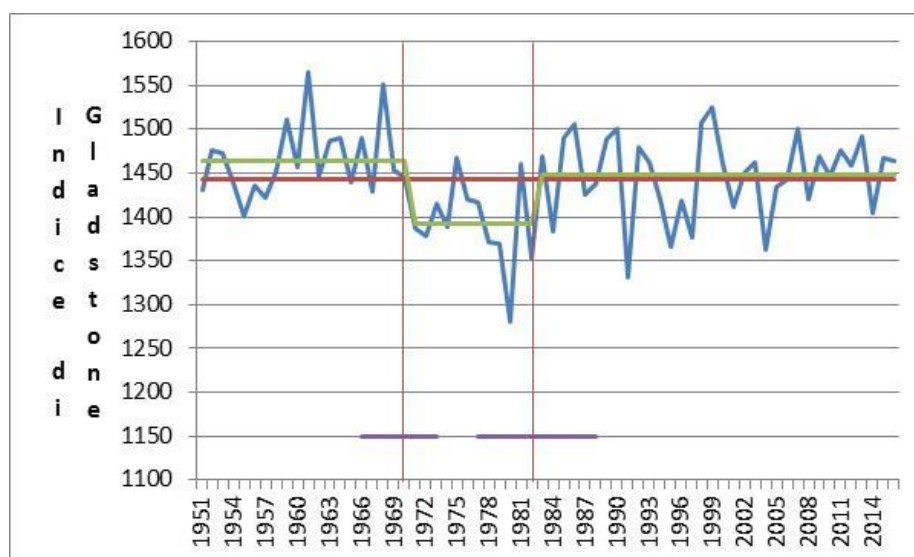


Fig. 17 Chieti – Analisi del change point applicata all'indice di Gladstone. Le linee rosse verticali indicano i punti di discontinuità mentre le linee orizzontali poste in basso indicano l'intervallo di confidenza ($p < 0.90$). Le linee spesse di colore verde indicano le medie dei diversi periodi

Conclusioni

L'aumento delle temperature, rilevato in alcune aree viticole della regione, ha determinato negli ultimi anni, soprattutto nei vigneti collinari non irrigui, i seguenti inconvenienti:

- Anticipo delle fasi fenologiche
- Accelerazione del processo di maturazione delle uve con il conseguente incremento della concentrazione zuccherina e del tenore alcolico dei vini
- Decremento del tenore acidico con aumento del pH (*ripercussioni negative sul colore e sulla stabilità microbiologica delle masse in pre-fermentazione*)
- Disaccoppiamento tra maturazione tecnologica (sempre più accelerata) e maturazione fenolica
- Aumento dei fenomeni di disidratazione veloce e irreversibile degli acini con fenomeni di scottature
- Aumento dell'evapotraspirazione massima dei vigneti non sempre compensata dalle piogge.

In tale contesto si rendono necessarie strategie di adattamento che dovrebbero interessare, in primo luogo, le tecniche di gestione del vigneto.

Bibliografia

AMERINE M,A., WINKLER A,J., 1944, Composition and quality of musts and wines of California grapes, *Hilgardia*, 15: 493-675,

BAI J., 1997. *Estimation of a change point in multiple regression models*. *Review of Economics and Statistics*. 79: 551-563.

BAI J., PERRON P., 2003 *Computation and Analysis of multiple Structural Change Models*. *Journal of Applied Econometrics*, 18: 1-22.

HUGLIN P., 1978, *Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole*, In : Symposium Int, sur l'écologie de la vigne, Constanca, Ministère de l'Agriculture de l'industrie Alimentaire, 1: 89-98,

JONES G,V., DUCHENE E., TOMASI D., YUSTE J., BRASLAVKA O., SCHULTZH., MARTINEZ C., BOSO S., LANGELLIER F., PERRUCHOT C., GUIMBERTEAU G., 2005, *Change in euopean winegrape phenology and relationship with climate*, *Atti GESCO, Vol,1, Agosto 2005*, Geisenheim, Germania, 55-62,

MARIANI L., 2008, Note scientifiche per un discorso sul clima, Roma, IF,105 pp,

WERNER, P, C., GERSTENGARBE F,W., FRAEDRICH K, OESTERLE K., 2000, *Recent climate change in the North Atlantic/European sector*, *International Journal of Climatology*, Vol, 20, Issue 5, 463-471,

