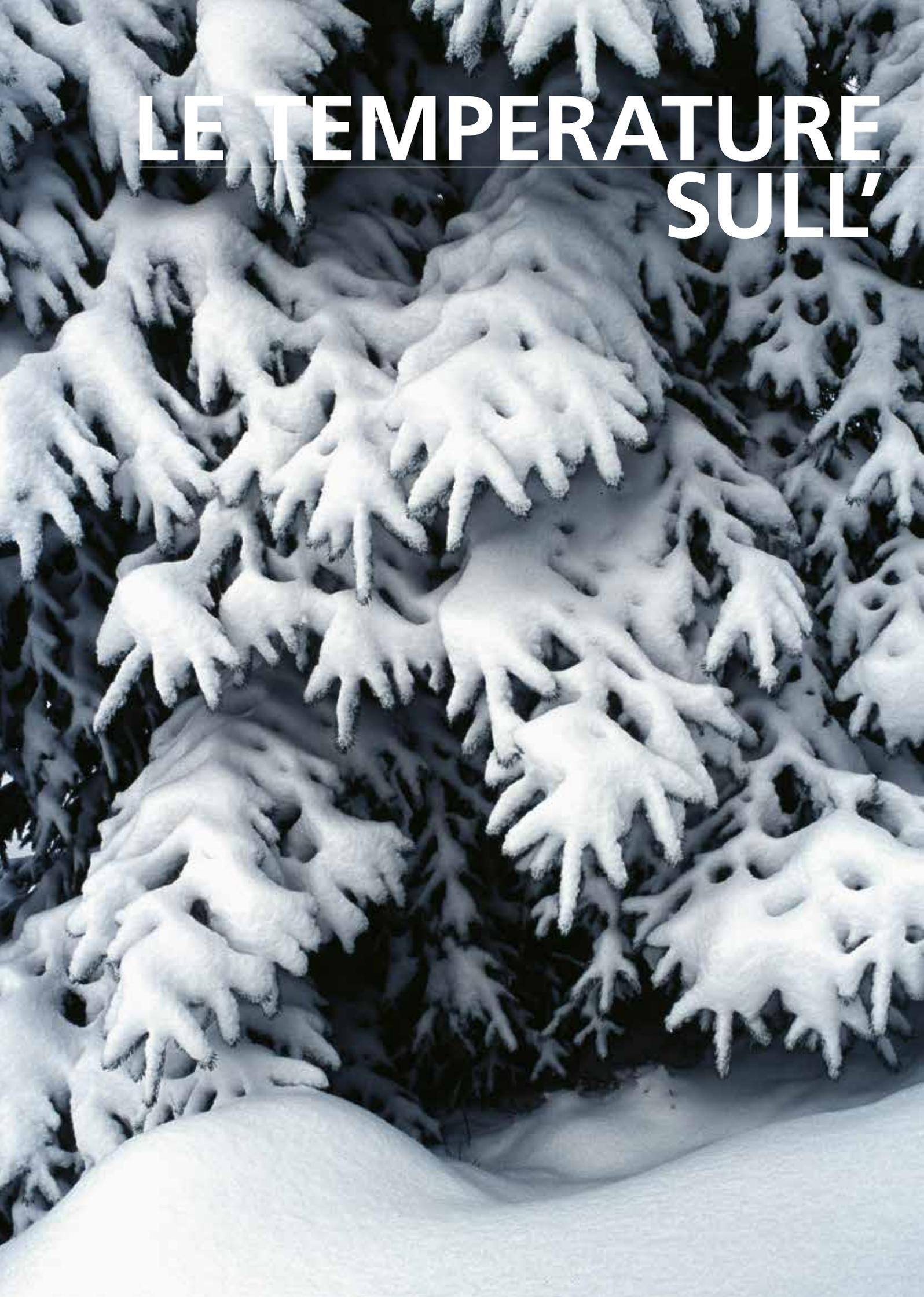


LE TEMPERATURE SULL'



APPENNINO ABRUZZESE MOLISANO

Analisi delle variazioni spaziali lungo la catena appenninica dell'Abruzzo e Molise

In un territorio morfologicamente complesso come quello dell'Appennino centro-meridionale italiano, possono essere evidenziate numerosissime situazioni meso- e microclimatiche, soprattutto per ciò che concerne i valori termici. In effetti l'alternanza di rilievi più o meno organizzati ed isolati, di profonde valli che li separano e di altipiani interni (le aree termicamente più continentali dell'intera penisola) determinano, insieme ad altri fattori geografici, notevoli differenze nell'andamento termico giornaliero, mensile ed annuale.

Più in particolare, la relazione tra quota e valori termici medi - ricavata su serie storiche appartenenti a circa 40 stazioni di misura per il periodo 1961-1995 - è piuttosto evidente, con valori del coefficiente di correlazione sempre superiori all'80%; il ricorso ad una serie di variabili morfologiche e geografiche che descrivono la morfologia nell'intorno di ciascuna stazione di rilevamento, permette di quantizzare l'ambiente fisico dell'area. L'utilizzo di tecniche statistiche superiori come l'analisi di regressione multipla di tipo "stepwise", applicata a queste variabili (indipendenti) in rapporto alle temperature stagionali ed annue (variabile dipendente) permette di innalzare la variabilità spiegata dell'andamento termico territoriale oltre il 90% del totale.

La successiva analisi dei valori residuali permette di calcolare le differenze tra le temperature reali e quelle calcolate dal modello statistico così da evidenziare le aree più "fredde" o più "calde" della norma e di spiegare alcune particolari situazioni locali anomale.

Massimiliano Fazzini

Dipartimento Scienze della Terra
Università di Ferrara

Carlo Bisci

Dipartimento Scienze della Terra
Università di Camerino (MC)

Mauro Gaddo

PAT - Ufficio Neve, Valanghe e
Meteorologia, Trento

Mario Russo

Ufficio Idrografico Pescara

INTRODUZIONE

In un territorio estremamente complesso come quello dell'Appennino abruzzese-molisano, sono estremamente frequenti situazioni micro-meteorologiche e climatologiche affatto distinte tra loro che determinano altrettante caratterizzazioni termiche puntuali, non solamente tra i due versanti della penisola - quello adriatico più "freddo" e quello tirrenico più "marittimo"- ma soprattutto nelle aree più distanti dai mari dove maggiore è la continentalità determinata principalmente dalla presenza di elevati massicci montuosi.

In effetti l'alternanza di catene montuose ben organizzate come il Gran Sasso d'Italia (2914 m s.l.m), la Maiella (2795 m s.l.m.) ed il Velino-Sirente (2478 m s.l.m.) e di massicci isolati, separati tra loro da profonde incisioni vallive, la presenza di vasti altopiani calcarei a quote notevoli, permettono la coesistenza di numerose situazioni locali in tutte le stagioni (Fazzini

et al.1999). Inoltre è da rimarcare che i massicci più elevati non coincidono con la dorsale spartiacque principale ed anzi sono ubicati a breve distanza dalla costa adriatica, rendendo il sottostante sub-Appennino decisamente più freddo ed isolando dall'influsso del Mare Adriatico tutto l'Abruzzo interno.

L'Appennino abruzzese annovera, di fatto, diversi "record" termo-nivometrici, come la temperatura più bassa mai registrata nell'Italia Peninsulare - -28°C nel febbraio appena trascorso a Rocca di Cambio - 1400 m sull'omonimo altopiano - (dato inedito CFS) e la maggiore quantità di neve fresca caduta in 24 ore nell'intera Europa (nel gennaio 1951 a Roccamarianico - 987 m nel Massiccio della Maiella caddero ben 192 cm di neve). Allo stesso tempo in luglio non sono infrequenti intense ondate di calore sia di origine sinottica (espansione dell'anticiclone africano) che derivanti dal forte surriscaldamento delle conche interne, così che aree come la Piana del Fucino registrano la più forte escursione termica media annua assoluta del territorio italiano, con valori superiori ai 60°C .

Sono altresì presenti peculiarità geomorfologiche uniche a queste latitudini e direttamente dipendenti dalla rudezza del clima montano, come il ghiacciaio del Calderone, il più meridionale d'Europa, benché estremamente ridotto nelle ultime annate (Dramis et al.2002) e diverse forme periglaciali attive, come i "Rock-Glacier" attivi in Val Cannella (Massiccio della Maiella tra i 2700 ed i 2350 m s.l.m. - Bisci et al 1999)

Pertanto lo scopo principale della ricerca è stato quello di cercare una relazione la più possibile soddisfacente tra va-

riazioni di temperature e contesto morfologico, al fine di dare una spiegazione statistica delle situazioni micro climatologiche più eclatanti.

METODOLOGIE DI LAVORO

Al fine di caratterizzare l'area da un punto di vista termometrico, si sono dovuti affrontare numerosi problemi, derivanti principalmente dalla ripartizione spazio-altitudinale delle stazioni, sempre estremamente disomogenea in territori così ortograficamente complessi, e dall'omogeneità-temporale delle serie termometriche. Si è scelto, ai fini dell'analisi statistica, il trentennio 1961-1990, perché caratterizzato, a livello regionale, da importanti fluttuazioni climatiche, con segnali decisamente altalenanti e caratterizzati da frequenti anni piuttosto freddi sino al 1985 e da un sensibile aumento delle temperature nel successivo quindicennio. Per valutare se tale segnale fosse confermato anche in quest'area ci si è avvalsi dei dati relativi a stazioni ubicate prevalentemente nelle regioni Abruzzo e Molise, ma anche in ristrette porzioni dell'Appennino laziale e dauno. Più in particolare le stazioni (Fig. 1) fanno parte della rete appartenente agli Uffici Idrografici compartimentali della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Servizi Tecnici Nazionali di Pescara, Roma e Napoli, di recente divenuti uffici autonomi regionali.

Le stazioni inizialmente selezionate sono state 55, subito ridotte a 51 per la scarsa attendibilità o per l'eccessiva mancanza di dati di alcune di esse; per verificare la qualità del dato sono stati applicati diversi test statistici (doppia cumulata, chi quadro, test di Kendall-Mann) mentre per



uniformare le serie in presenza di lacune di rilevamento è stato utilizzato il metodo di Arlery (1973 in Fazzini 2000)

Le stazioni sono situate ad un'altitudine compresa tra 125 e 1470 metri sul livello del mare, tra di esse non figura malauguratamente quella ubicata nell'alta porzione dell'altopiano di Campo Imperatore (2140 m s.l.m.) temporaneamente dimessa nel 1984 ma di fatto riattivata nel 2000. Inoltre dal 1997 è funzionante, presso il rifugio Franchetti - 2433 metri alla base del Ghiacciaio del Calderone - una stazione automatica di proprietà dell'ISMESL (Dramis et al 2002).

Da un punto di vista climatico il territorio si può suddividere in tre partizioni:

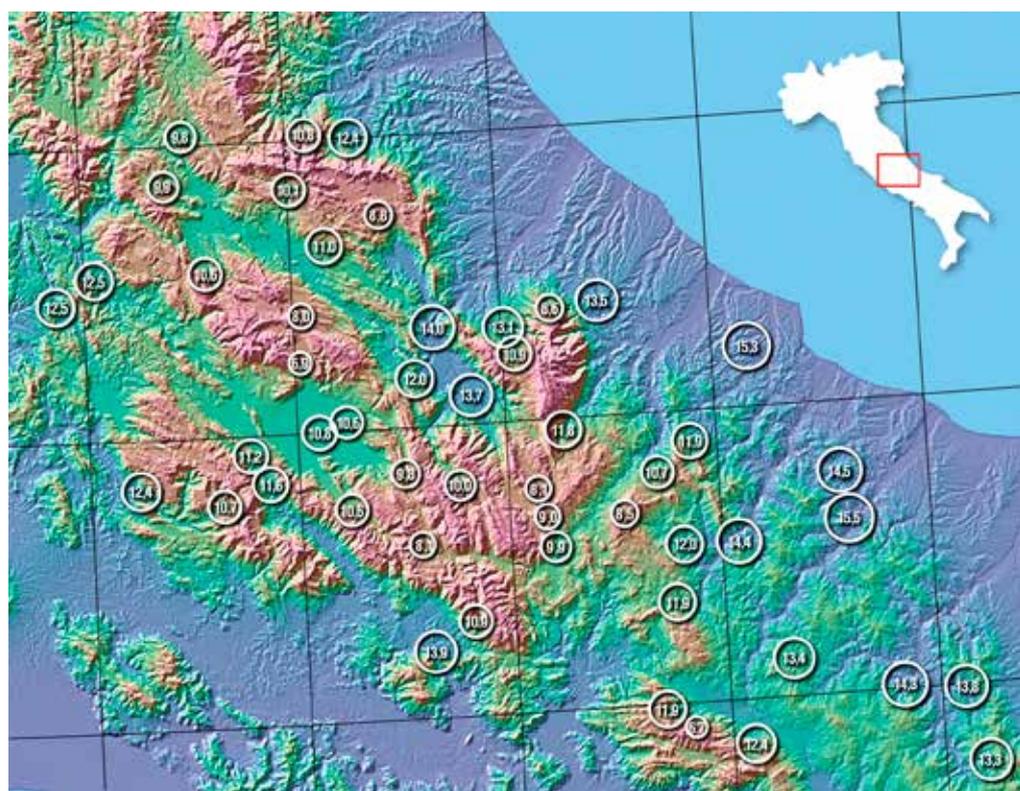
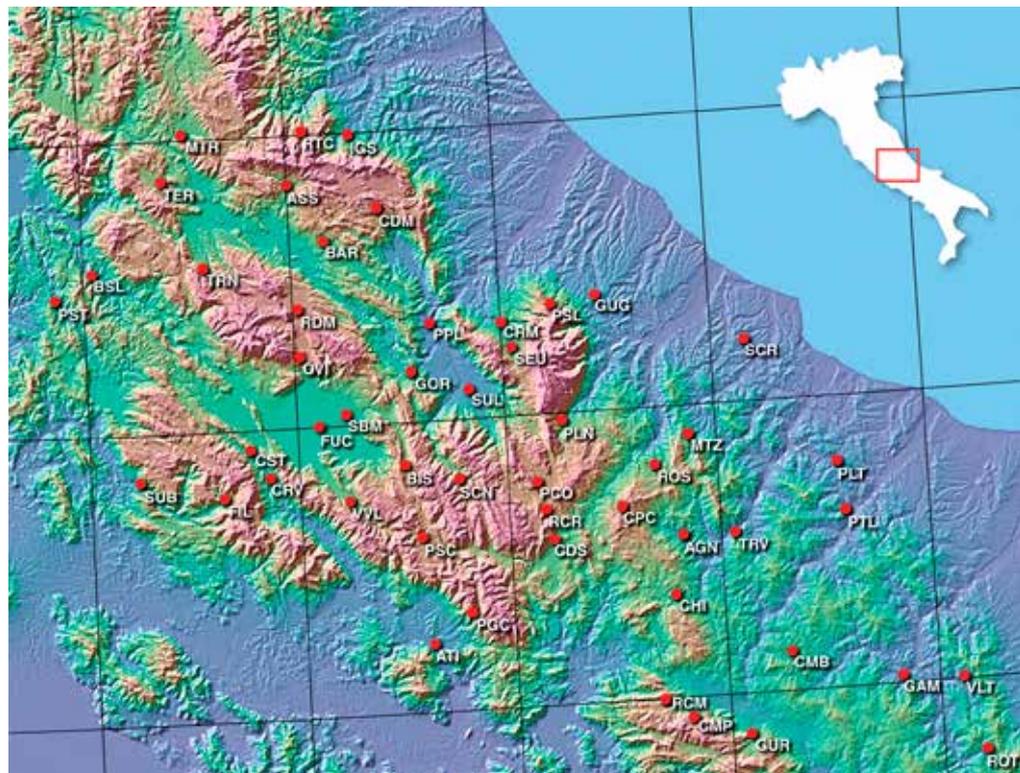
1. la porzione collinare e di bassa montagna del versante adriatico, ove si riscontra una certa linearità tra gradiente altimetrico e termico in virtù del pur lieve influsso termoregolatore dell'Adriatico;

2. l'area dei grandi massicci appenninici e degli altopiani interni, ove il clima decisamente continentale è caratterizzato da ampie differenze termiche anche in contesti areali molto limitati;

3. le valli che si aprono verso il mar Tirreno, ove l'influsso marittimo è più deciso ed i gradienti termici sono spesso molto accentuati.

Le temperature medie annue (Fig. 2) sono comprese tra i 6,7°C di Rocca di Mezzo - (RDM in fig. 1 - 1400 m) ed i 15,5°C di Ponte Liscione (Subappennino molisano - PTL in fig. 1 - 125 m), quelle invernali tra -1,7 e 7,8 per le medesime stazioni mentre quelle estive oscillano tra i 14,3 ed i 23,7°C.

E' subito risultata molto evidente una notevole varianza in tutte le stagioni tra i valori termici di



stazioni situate a quote simili, specie nei trimestri invernale ed estivo.

Si è cercato, di conseguenza, di ricavare una relazione tra quota e temperature medie annue e stagionali; sono stati costruiti dei diagrammi cartesiani e ad essi è stata aggiunta la curva

interpolante di 1° ordine (fig. 3), l'introduzione d'interpolanti del 3° ordine non ha invece determinato significativi aumenti del coefficiente stesso. Il gradiente termico verticale annuo si attesta intorno all'86%, quello stagionale oscilla tra lo 0,47 dell'inverno e lo 0,64 dell'estate. E' evidente in

Fig. 1: Ortografia e distribuzione geografica delle stazioni utilizzate per lo studio.

Fig. 2: Valori termometrici medi annui.

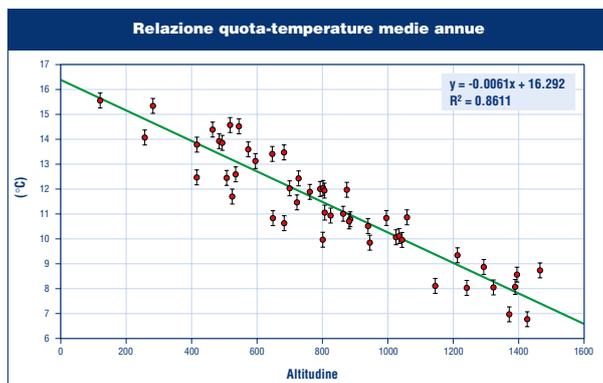


Fig. 3

Variabili indipendenti usate nell'analisi statistica		
LAT	latitudine	M
LONG	longitudine	M
ALT	quota	M
ESP	esposizione	°
SPN	distanza spartiacque nord	KM
SPE	distanza spartiacque est	KM
SPS	distanza spartiacque sud	KM
SPW	distanza spartiacque ovest	KM
ASPN	altezza spartiacque nord	KM
ASPE	altezza spartiacque est	KM
ASPS	altezza spartiacque sud	KM
ASPW	altezza spartiacque ovest	KM
LV	larghezza della valle	KM
AFV	ampiezza del fondovalle	KM
DSPPR	distanza spartiacque principale	KM
HSPPR	altezza spartiacque principale	M
DTV	distanza testata della valle	KM
AZTV	azimut testata della valle	°
SINAZV	seno dell'orientamento della valle	°
COSAZV	coseno dell'orientamento della valle	°
SINSBV	seno dello sbocco della valle in pianura	°
COSSBV	coseno dello sbocco della valle in pianura	°

Fig. 4

Variabili significative (p<0,05) desunte dalla "stepwise regression"				
Periodo	R² %	R1	R2	R3
Anno		alt	hpe	dmare
	92,5	86,1	4,6	1,8
Inverno		alt	dmare	hpe
	89,6	79,3	8,5	1,8
Primavera		alt	hpe	
	92,0	90,3	1,8	
Estate		alt	hpe	dtv
	90,1	81,8	5,7	2,6
Autunno		alt	hpe	dmare
	89,1	78,6	8,0	2,5

alt: quota
dmare: distanza dal mare
hpe: altezza del pendio sopra la stazione
dtv: distanza dalla testata della valle

Fig. 5

tal senso, la decisa influenza delle ricorrenti inversioni termiche vallive nel trimestre invernale, legate principalmente alla frequente presenza dell'anticiclone balcanico, che abbattano il valore invernale mentre il notevole surriscaldamento delle stesse valli nel trimestre estivo determina il fenomeno opposto, con un conseguente forte innalzamento del gradiente termico stesso. Il coefficiente di correlazione varia invece tra 0,81 dell'estate e 0,9 della primavera. E' però fondamentale sottolineare che sono presenti numerosi "outlayers", corrispondenti alle situazioni microclimatiche che più divergono dalla norma statistica. Per cercare di comprendere l'influenza delle variabili morfometriche a scala locale, si è fatto ricorso ad un'analisi statistica di regressione multipla lineare del tipo stepwise (Bisci et al 2000, 2001; Fazzini, 2001, Fazzini et al 2002) applicata ai valori termici stagionali ed annui, rapportati ad una serie di 26 variabili topo-geografiche (variabili indipendenti - Fig. 4). Per potere confrontare tra loro questi parametri occorre sostituire l'informazione descrittivo-qualitativa con informazioni di tipo quantitativo; pertanto le variabili offrono la possibilità di "misurare" la morfologia intorno a ciascuna stazione di rilevamento termometrico. Tale tipo di analisi valuta le variabili indipendenti che sono in grado di spiegare le più alte percentuali di varianza; si parte dalla variabile (regressore) più rappresentativa sino a quella che è in grado di giustificare una spiegazione statistica intorno al 2%, con un livello di significatività del 95% (fig. 5). Sono infine state ricavate delle equazioni di regressione multipla lineare per ciascuna stagione e per l'anno (fig. 6) che permettono, con una

precisione pari al coefficiente di determinazione, oscillante tra l'89,1% dell'autunno ed il 92% della primavera, di calcolare i valori termici di qualunque punto dell'area in esame.

ANALISI DEI DATI

Come da logica, il regressore che è nettamente risultato più significativo è la quota (alt), che "spiega" percentuali comprese tra il 79% dell'inverno e il 90% della primavera. Anche l'altezza del pendio caratterizza la spiegazione statistica di tutte le stagioni, pur con percentuali ridotte e variabili tra il 2 e l'8%. La distanza dal mare e quella dalla testata della valle sono presenti nella spiegazione di alcune stagioni ed il loro peso statistico oscilla su valori compresi tra il 2 ed il 3%. Tutti gli altri repressori non riescono ad oltrepassare percentuali superiori all'1,5% e non sono stati presi in considerazione per la stesura del modello di regressione. L'altezza del pendio (inversamente correlata) conferma che nelle aree circondate da alti rilievi il ristagno di aria fredda - derivante da avvezioni balcaniche o da inversioni termiche - determina valori termici mediamente più bassi in tutte le stagioni, ma particolarmente nel trimestre autunnale, nei siti di altopiano (Fucino) o di fondovalle (es. in Val di Sangro). La distanza dal mare anch'essa inversamente correlata fornisce ovvie spiegazioni sull'importanza del potere termoregolatore che si ha nelle aree più vicine alle coste; la variabilità spiegata dalla distanza dalla testata della valle è talmente bassa che è appannaggio di qualche singolo sito che risente in maniera particolare di tale posizione. Tali situazioni microclimatologiche particolari sono state messe in evidenza mediante l'analisi dei

valori residuali, che quantizza gli scarti tra i valori reali delle temperature e quelli "calcolati" dal modello in virtù delle caratteristiche morfologiche degli intorni di ciascuna stazione.

Da questa analisi risulta evidente che in tutte le stagioni gli scarti positivi sono relativi a stazioni posizionate o su pendio (Filettino nei Monti Ernici – Lazio; o Balze Santa Lucia – Valle del Turano -Lazio orientale) o su crinali e creste (Campobasso, capoluogo della regione Molise); tali stazioni, cioè, hanno temperature più elevate di quelle che la loro posizione geografica dovrebbe determinare mentre scarti negativi si osservano in stazioni di fondovalle o di altopiano, dove emergono locali situazioni di particolare continentalità, talora pronunciate come quelle di Rosello e Castel di Sangro (media val di Sangro – Abruzzo meridionale) con scarti stagionali anche intorno ai 3-4°C in inverno oppure Picinisco e Civitella Roveto (fondovalle del Liri), Isola del Gran Sasso (alle falde del Corno Grande) e Roccaraso (Piano delle Cinquemiglia), dove gli scarti annui rasentano il grado centigrado. L'unica grande eccezione sembrerebbe essere quella relativa a Rocca di Mezzo che, pur essendo in inverno la località più fredda dell'Italia peninsula-

re, presenta uno scarto positivo annuo valutabile sugli 8 decimi di grado. Probabilmente influisce sul dato la posizione della stazione, situata su un blando pendio con esposizione sud che si riscalda notevolmente in presenza di forte soleggiamento.

TENDENZE TERMOMETRICHE TRENTENNALI

L'analisi dei trend termometrici relativi alle stazioni è in fase di avanzato sviluppo, risulta tuttavia evidente che, come per l'intera costa adriatica (Bisci et al 2001) sembrerebbe evidente un segnale opposto a quello presente a scala regionale, con un lievissimo raffreddamento a quote collinari seguito da un altrettanto lieve riscaldamento, specie oltre i 1000 metri; dall'analisi dei dati standardizzati (fig. 7) è evidente una notevole alternanza di anni con temperature superiori ed inferiori alle medie ed una tendenza seppur infinitesima ad un decremento dei valori stessi.

E' altresì evidente una notevole variabilità intrannuale nel decennio '71-'81, con una successiva tendenza al calo di tale variabilità. In generale gli anni più caldi sono risultati essere il 1982 ed il '90 (anche se dall'esame dei dati relativi all'ultimo decennio gli anni compresi tra il

Equazioni di regressione multipla lineare per l'anno e le stagioni

Anno:	$y = 37,2 - 0,006 * \text{alt} - 0,79 * \text{hpa} - 0,012 * \text{dmare}$
Inverno:	$y = 159,5 - 0,015 * \text{alt} - 0,036 * \text{dmare} - 1,98 * \text{hpe}$
Primavera:	$y = 15,96 - 0,006 * \text{alt} - 0,055 * \text{hpe}$
Estate:	$y = 26,07 - 0,006 * \text{alt} - 1,04 * \text{hpe} - 0,03 * \text{dtv}$
Autunno:	$y = 44,5 - 0,005 * \text{alt} - 1,15 * \text{hpe} - 0,017 * \text{dmare}$

Fig. 6

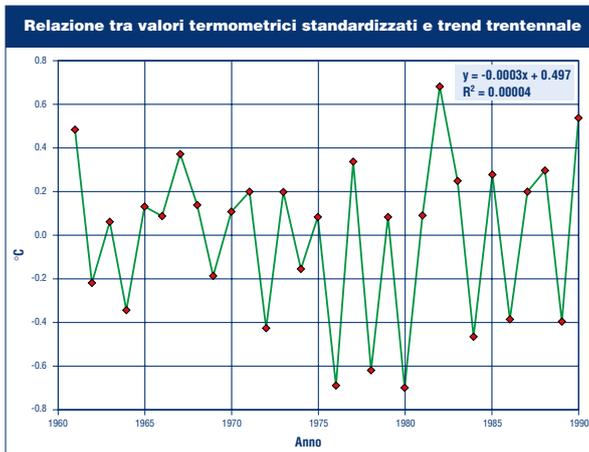


Fig. 7

'96 ed il '99 si sono rivelati ancora più caldi, specie in montagna), mentre anni particolarmente rigidi si sono avuti nel periodo 1976-1980.

Bibliografia

- Fazzini M., Bisci C. & De Luca E (1999): "Clima e neve sul massiccio del Gran Sasso": in "Neve e Valanghe" A.I.N.E.V.A. – Trento – (36) Maggio 1999
- Bisci C., Dramis F., Fazzini M & Guglielmin M (1999): "Relazione tra condizioni climatiche e presenza di Permafrost in tre aree montuose dell'Abruzzo (Italia centrale peninsulare)" VIII Italian Glaciological Meeting – Risposta dei ghiacciai alpini ai cambiamenti climatici Bormio
- Bisci C, Dramis F, Fazzini M. & Gaddo M. (2000): "Definition of geographical parameters describing the spatial distribution of temperature and rainfall in three sectors of the Italian Eastern Alps" ICAM 2000 - 26th International Conference on the Alpine Meteorology – Innsbruck – 11-15 september 2000 (CD ROM – session 5 -13 pp.)
- Bisci C., Dramis F & Fazzini M (2001) – "Topo geographic parameters and Spatial Distribution of precipitation : First Results in Northeast Italy" Fifth international Conference on Geomorphology 24-26 august 2001 Tokio – Special Publication in DEM's and Geomorphology – GISA 2001,
- Bisci C, Dramis F, Fazzini M, Altobello L. & Dorigato S. (2001) – "Analyse des tendances thermopluviométriques du versant adriatique compris entre la lacune de Venice et le cap de S.Maria de Leuca" in « Climat et environnement, XIV congres de l'AIC – Seville;
- M. Fazzini, C. Bisci, F. Dramis & G. Pambianchi (2002) – "Paramétrisation topo-géographique et situations météorologiques locales dans les Alpes orientales italiennes" in Applications de la climatologie aux échelles fines, XV colloque de l'AIC – Besancon,
- C. Bisci, M. Fazzini & N. Coccia (2002) – « Analyse spatio-temporelle des séries de températures dans l'Apennin centro-méridional italien par rapport aux paramètres topo-géographiques » - in Applications de la climatologie aux échelles fines, XV colloque de l'AIC – Besancon,
- Dramis F, Fazzini M., Pecci M & Smiraglia C (2002) – "The geomorphological effects of global warming in the Calderone Glacier Area" – IAG International Symposium Proceedings, Addis Ababa,

