

PIETRO P.C. AUCELLI, MICHELA IZZO, ADRIANO MAZZARELLA
e CARMEN M. ROSSKOPF

LA CLASSIFICAZIONE CLIMATICA DELLA REGIONE MOLISE (*)

Premessa. – Pochi e incompleti sono i lavori sul clima della regione Molise. Esistono, infatti, solo alcuni lavori condotti a completamento di indagini aventi obiettivi diversi da quelli dell'analisi e classificazione climatica pura e semplice e finalizzate in particolare ad aspetti vegetazionali e morfodinamici (Paura e Lucchese, 1997; Aucelli, 1999; Paura, 2002), cui si aggiungono alcuni studi di carattere applicativo come quelli realizzati nell'ambito del censimento delle aree italiane storicamente interessate da calamità geologiche e idrauliche (progetto AVI) e della stesura del Piano di Assetto Idrogeologico per la regione Molise (PAI).

Da alcuni anni si sono avviate nella regione indagini a carattere meteo-climatico (Aucelli, Izzo e Roskopf, 2004; Aucelli e altri, 2004a; Izzo, Aucelli e Mazzarella, 2004), ma a oggi manca ancora uno studio strutturato su una base di dati ampia e ben distribuita sull'intero territorio regionale. Il presente lavoro mira a riempire le lacune conoscitive evidenziate e a fornire, attraverso l'analisi di serie termometriche e pluviometriche e loro trattamento geostatistico in ambito GIS, una classificazione climatica del territorio molisano.

Inquadramento generale del territorio molisano. – La regione Molise (fig. 1) copre un'area di 4.437 km² ed è caratterizzata dalla presenza di quattro sistemi vallivi principali che vengono drenati rispettivamente dal fiume Volturno che sfocia nel Mar Tirreno e dai fiumi Trigno, Biferno e Fortore che sfociano nel Mare Adriatico.

A scala regionale, sulla base delle sue principali caratteristiche geologico-ambientali, il territorio molisano può essere scomposto in tre settori: occidentale, centrale e orientale.

Il settore occidentale è caratterizzato da un paesaggio montuoso impostato prevalentemente su rocce carbonatiche e dalla presenza di varie depressioni strutturali come la conca di Boiano-Sepino e l'alta valle del fiume Volturno. Il forte sollevamento che ha interessato

(*) Lavoro eseguito con fondi MIUR-Cofin 2004 nell'ambito del programma nazionale dal titolo «Influenza delle variazioni climatiche e/o delle modificazioni dell'uso del suolo sul processo di erosione idrica in ambiente mediterraneo» (responsabile nazionale Giuliano Rodolfi), programma dal titolo locale «L'influenza delle tendenze climatiche sulla suscettibilità dei sistemi suolo-vegetazione all'erosione idrica in bacini idrografici molisani impostati su substrati da scarsamente permeabili ad impermeabili» (responsabile locale Carmen M. Roskopf).

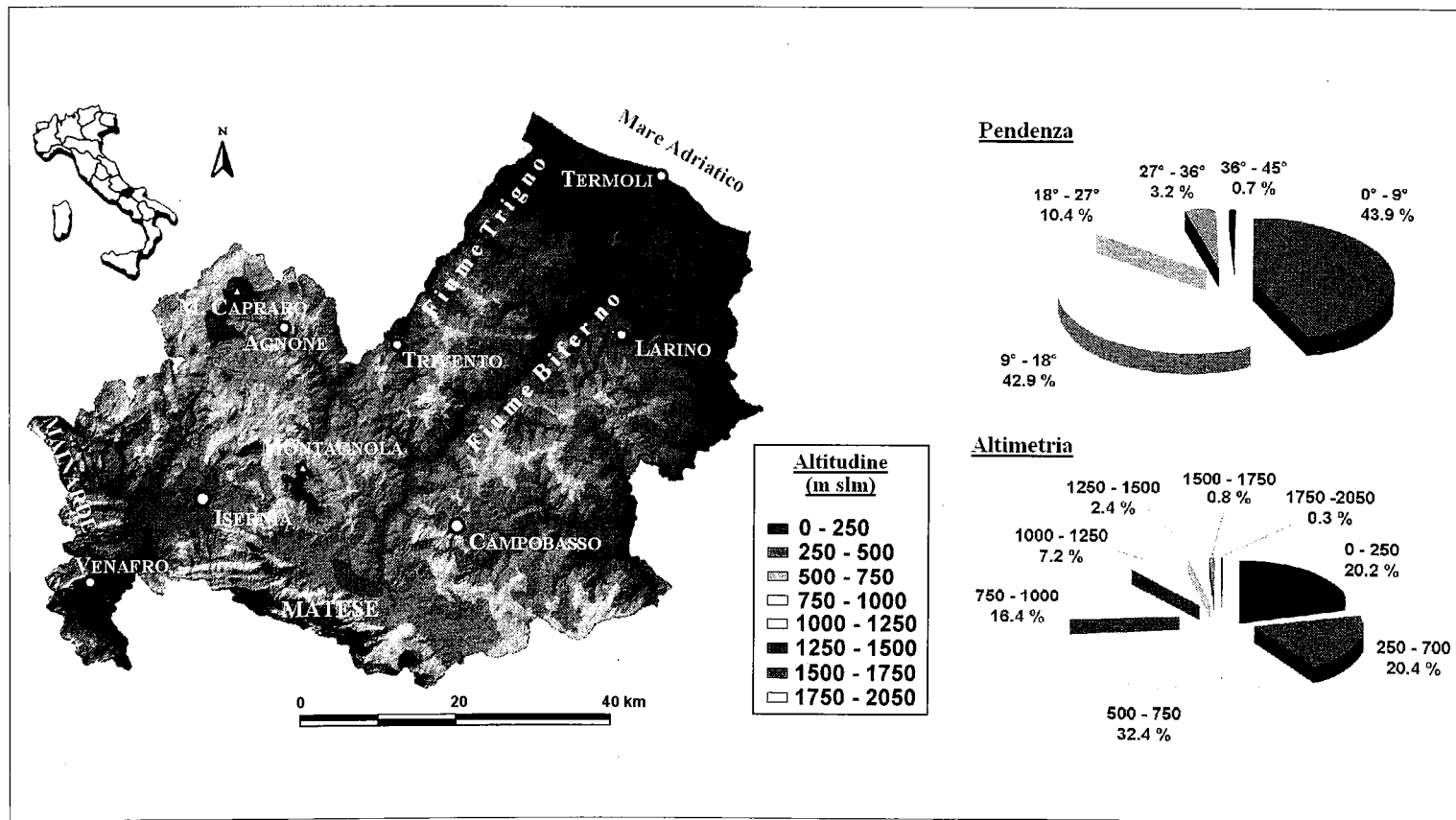


Fig. 1 – Inquadramento geografico della regione Molise e sua caratterizzazione in termini di altitudini e pendenze

questo settore della catena appenninica ha fatto sì che il dislivello altimetrico locale tra i fondivalle e le massime culminazioni superi i 1.500 m.

Il settore centrale è dominato da un paesaggio collinare fino a basso-montuoso in cui le litologie prevalenti sono costituite da marne, argille e sabbie. La scarsa maturità delle valli dovuta alla forte tendenza all'approfondimento della rete drenante, facilitata dalla elevata erodibilità delle litologie affioranti, fa sì che questo settore, nonostante la modesta elevazione altimetrica dei rilievi, risulti fortemente soggetto a fenomeni franosi e di erosione idrica accelerata (Aucelli, 1999; Corbi e altri, 1999; Aucelli e altri, 2000; Aucelli, Cinque e Roskopf, 2001; Aucelli e altri, 2004b). Tali fenomenologie sono particolarmente diffuse e accentuate a seguito di eventi meteorici prolungati e/o particolarmente intensi (Aucelli e altri, 2004a, 2004c), contribuendo in modo significativo al deterioramento delle originarie coperture pedologiche e vegetazionali (Aucelli e altri, 2001a, 2001b; Aucelli e altri, 2006a, 2006b; Rodolfi e altri, 2006).

Il settore orientale è caratterizzato da una morfologia collinare terrazzata, impostata prevalentemente su rocce argilloso-sabbiose plio-pleistoceniche. In figura 1 è riportata una sintesi delle principali caratteristiche altimetriche e clivometriche della regione Molise.

Rilevamento e analisi dei dati climatici

La rete di rilevamento meteorologico. Nel territorio molisano, il rilevamento delle variabili meteorologiche è garantito da una rete di stazioni di misura gestite dai seguenti enti e istituzioni: 1) Regione Molise, alla quale il DPCM del 24-07-2002 ha trasferito le competenze in precedenza appartenenti agli uffici compartimentali del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN); 2) Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare; 3) Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (UCEA); 4) Ente Regionale per lo Sviluppo Agricolo del Molise (ERSAM); 5) Consorzio Regionale Molisano di Difesa (CO.RE.DI.MO.); 6) Ente per le Risorse Idriche del Molise (ERIM); 7) Università degli Studi del Molise.

La maggior parte delle stazioni è di tipo automatico, con tempi di acquisizione delle misure variabili a seconda dell'ente gestore: in genere è almeno garantito il rilevamento orario. I parametri con maggiore copertura territoriale sono le precipitazioni e la temperatura dell'aria.

Ai fini dello studio sono state analizzate le stazioni afferenti all'ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) che garantiscono un'ampia distribuzione territoriale (fig. 2) e una buona copertura temporale; la maggior parte di esse è operativa dal 1920 e diverse sono le stazioni che presentano serie termopluviometriche ultracentenarie.

L'analisi è stata condotta su un totale di 85 stazioni pluviometriche (53 molisane e 32 esterne), di cui 41 (22 molisane e 19 esterne) attrezzate anche per la misura della temperatura dell'aria. Le stazioni non appartenenti al territorio regionale sono state prese in considerazione allo scopo di evitare l'effetto «bordo» che avrebbe aumentato criticamente l'errore di stima nelle zone di confine durante la fase di interpolazione delle variabili prese in considerazione.

La verifica dell'omogeneità spaziale della rete di misura attraverso l'analisi frattale. In una rete ideale di monitoraggio le stazioni dovrebbero essere ubicate in maniera realmente omogenea, ma questo, nella pratica, è impossibile da realizzarsi a causa di impedimenti logistici che rendono impraticabile l'installazione di stazioni in determinati siti. Ciò rende opportuno un'analisi di omogeneità attraverso tecniche di analisi frattale (Lovejoy, Schertzer e Ladoy, 1986). I frattali sono insiemi non topologici.

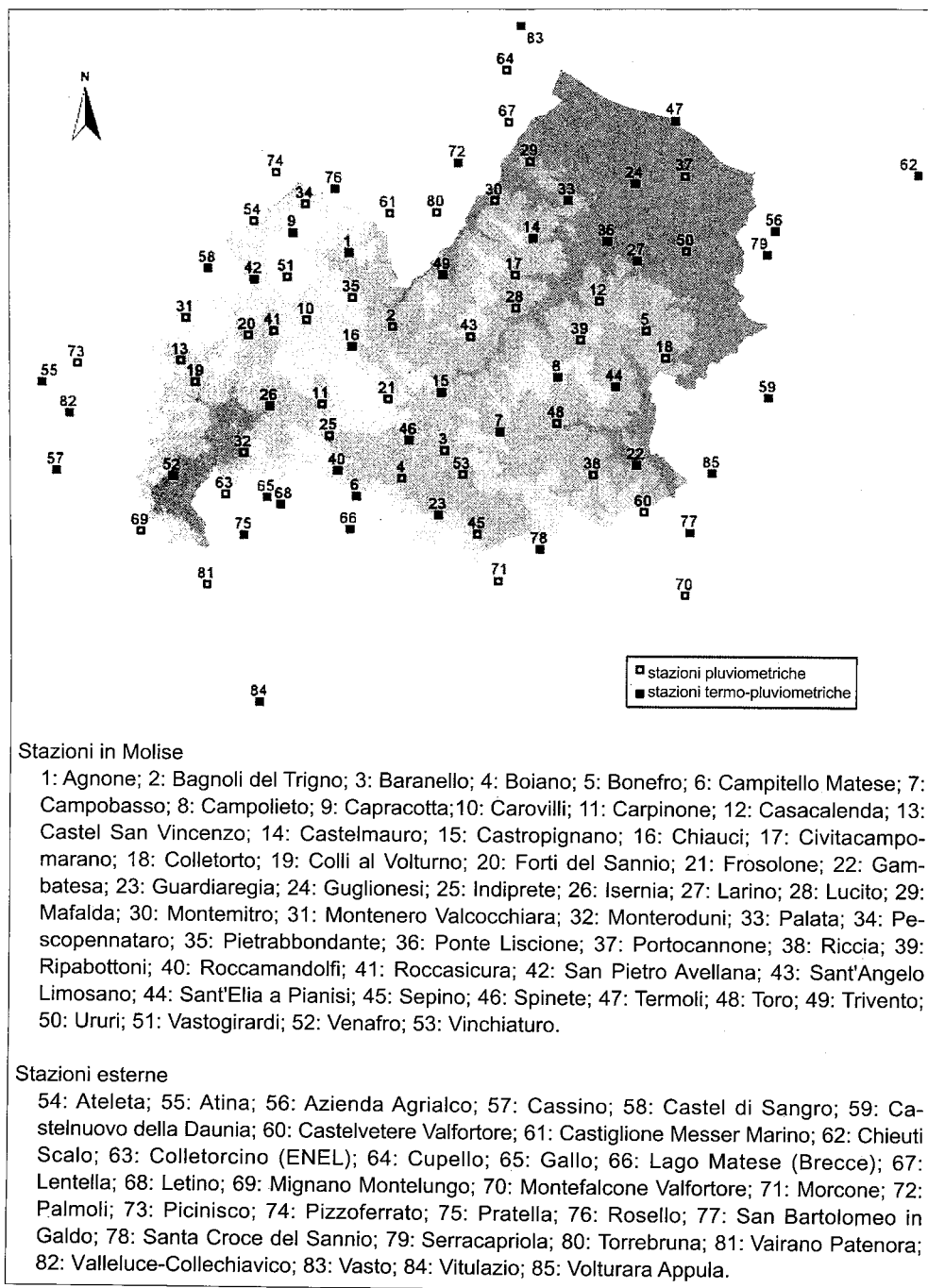


Fig. 2 – La rete delle stazioni pluviometriche e termopluviometriche afferente alla Regione Molise (ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale)

Per insiemi topologici, la dimensione di Hausdorff-Besicovich D è un intero (0 per punti, 1 per una curva, 2 per una superficie, 3 per un solido); per insiemi che sono frattali, D non è un numero intero, bensì un numero reale la cui parte intera rappresenta la natura topologica dei dati, mentre quella decimale descrive l'irregolarità rispetto alla natura topologica. La caratteristica essenziale degli insiemi frattali è l'invarianza di scala all'interno di una determinata regione di *scaling* (Mandelbrot, 1983).

La dimensione frattale permette di stimare la disomogeneità areale della distribuzione delle stazioni considerate come punti distribuiti in un'area. Per la stima di tale dimensione è possibile utilizzare un algoritmo di tipo *box-counting*, ma, nel caso in specie, il ridotto numero delle stazioni esaminate avrebbe comportato una stima instabile di D (Hirata, Satoh e Ito, 1987) per cui, in alternativa, è stato utilizzato l'integrale di correlazione $C(R)$ (Grassberger e Procaccia, 1983; Luongo e Mazzarella, 1997) che calcola il numero di coppie con distanza $|X_i - X_j|$ più piccola di R . Ciò è dato considerando, di volta in volta, ogni stazione quale centro e analizzando la distribuzione delle altre stazioni relativamente a quella considerata. Le distanze tra le stazioni di una rete sono determinate mediante la trigonometria standard applicata alle coordinate geografiche. L'integrale di correlazione è così definito:

$$C(R) = 2/(n(n-1)) \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \Theta(R - |X_i - X_j|)$$

dove Θ rappresenta la funzione di Heaviside, n è il numero delle stazioni disponibili, X_i è l'insieme delle coordinate dell' i -esima stazione, $2/(n(n-1))$ è il fattore di normalizzazione che rappresenta il numero di coppie tali che $C(R)$ tende a 1 per R che tende a infinito.

Se le stazioni sono distribuite secondo una struttura di tipo frattale, deve risultare:

$$C(R) \sim R^D$$

o, equivalentemente,

$$\log(C(R)) \sim D \log(R) \quad (1)$$

dove $C(R)$ è la distribuzione della frequenza cumulativa di tutte le distanze fra le stazioni e D è la dimensione frattale.

La relazione lineare (1), in teoria, dovrebbe valere per tutti i valori di R ma, per i dati sperimentali, esiste un intervallo limitato di validità della (1) (la cosiddetta regione di *scaling*), nel quale il valore iniziale, diviso per 2, rappresenta la risoluzione lineare minima della rete e il valore finale è legato alla grandezza e alla forma della regione oggetto di studio. Tali circostanze conducono a una stima di D come coefficiente di regressione della relazione lineare (1), all'interno di uno specifico *range* di distanze, solamente quando esso mostra un livello di confidenza maggiore del 99%; tale livello si basa sull'ipotesi nulla di correlazione zero (Mazzarella e Tranfaglia, 2000). Il deficit dimensionale della rete è definito come $2 - D$, dove 2 è la dimensione euclidea di una superficie; un fenomeno fisico, anche se intenso, non sarà mai registrato dalla rete quando esso ha una dimensione più bassa del deficit risolutivo della rete stessa (Lovejoy, Schertzer e Ladoy, 1986; Mazzarella e Tranfaglia, 2000).

L'analisi climatica. L'analisi climatica dell'area di studio ha riguardato soprattutto la distribuzione spaziale e temporale delle precipitazioni e delle temperature cui è stata aggiunta, per maggiore completezza, un'analisi della distribuzione territoriale dell'aridità in base al criterio proposto da Gaussen (1955) che definisce arido un mese in cui la quantità media delle precipitazioni, espressa in millimetri, è inferiore al doppio della temperatura media dell'aria, espressa in gradi Celsius.

Tab. 1 – Percentuali delle stazioni meteorologiche molisane e non molisane che mostrano un determinato grado di completezza delle serie di precipitazione e temperatura

			Stazioni molisane	Stazioni esterne	Totale stazioni
Precipitazioni			53	32	85
Grado di completezza della serie	≥90%	Percentuale delle stazioni	70%	63%	67%
	≥75%		85%	84%	85%
	<75%		15%	16%	15%
Temperature			22	19	41
Grado di completezza della serie	≥90%	Percentuale delle stazioni	55%	11%	34%
	≥75%		68%	37%	54%
	<75%		32%	63%	46%

Seguendo le indicazioni della Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM), l'analisi climatica è stata condotta soprattutto su serie almeno trentennali. Come trentennio di riferimento è stato scelto il periodo 1970-1999 perché a partire dal 1999 la rete ha subito considerevoli cambiamenti, riguardanti in particolare la strumentazione che da meccanica è diventata elettronica. In molti casi, inoltre, il passaggio alla strumentazione elettronica ha comportato una diversa ubicazione delle stazioni al fine di rientrare nei criteri che la OMM prescrive per la misura dei parametri meteorologici. Perciò, in mancanza di una valutazione del grado di omogeneità delle misure nuove, rispetto a quelle provenienti dal vecchio sistema di misura, si è preferito non utilizzarle.

Per 26 stazioni, entrate a far parte della rete di misura successivamente al 1970, si hanno serie termopluviometriche inferiori ai trent'anni. Si è tuttavia deciso di includere nell'analisi i valori medi ricavati da esse per non ridurre il numero delle stazioni di misura, soprattutto in zone caratterizzate da una loro presenza esigua.

I valori normali del trentennio sono stati ricavati a partire dalle serie di dati mensili, fornite già validate dai Servizi Idrografici e Mareografici di Pescara e di Napoli.

Come sintetizzato in tabella 1, le serie pluviometriche mostrano un buon livello di completezza, mentre quelle termometriche presentano periodi più lunghi di mancanza di registrazione. Poiché nel calcolo del grado di completezza delle serie si è rapportato tutto al trentennio 1970-1999, le percentuali ottenute, oltre a essere il risultato di periodi più o meno lunghi di mancato funzionamento, hanno tenuto conto anche degli anni di ritardo con cui una singola stazione è entrata in funzione rispetto al 1970. A tal riguardo va precisato che il 23% delle stazioni pluviometriche e il 74% di quelle termometriche, caratterizzate da una completezza della serie inferiore al 75%, sono entrate in funzione dopo il 1970.

I dati di precipitazione e temperatura dell'aria sono stati inseriti in un GIS (*Geographical Information System*) realizzato *ad hoc*. La realizzazione del GIS ha consentito una migliore spazializzazione dei dati e, di conseguenza, la redazione degli elaborati cartografici.

Nell'elaborazione dei dati climatici, volta a ottenere mappe della loro distribuzione territoriale e, successivamente, delle classi climatiche risultanti, sono state utilizzate tecniche di indagine di tipo geostatistico, nello specifico il *kriging* e il *co-kriging*. Tali tecniche, a differenza delle tradizionali, quale quella dei topoi di Tiessen, permettono di introdurre nel modello predittivo anche dati territoriali, come ad esempio quelli altimetrici. Nel caso specifico, si è utilizzata la distribuzione delle altimetrie ottenuta a partire da una matrice DEM (*Digital Elevation Model*) avente una risoluzione di 120 m per pixel.

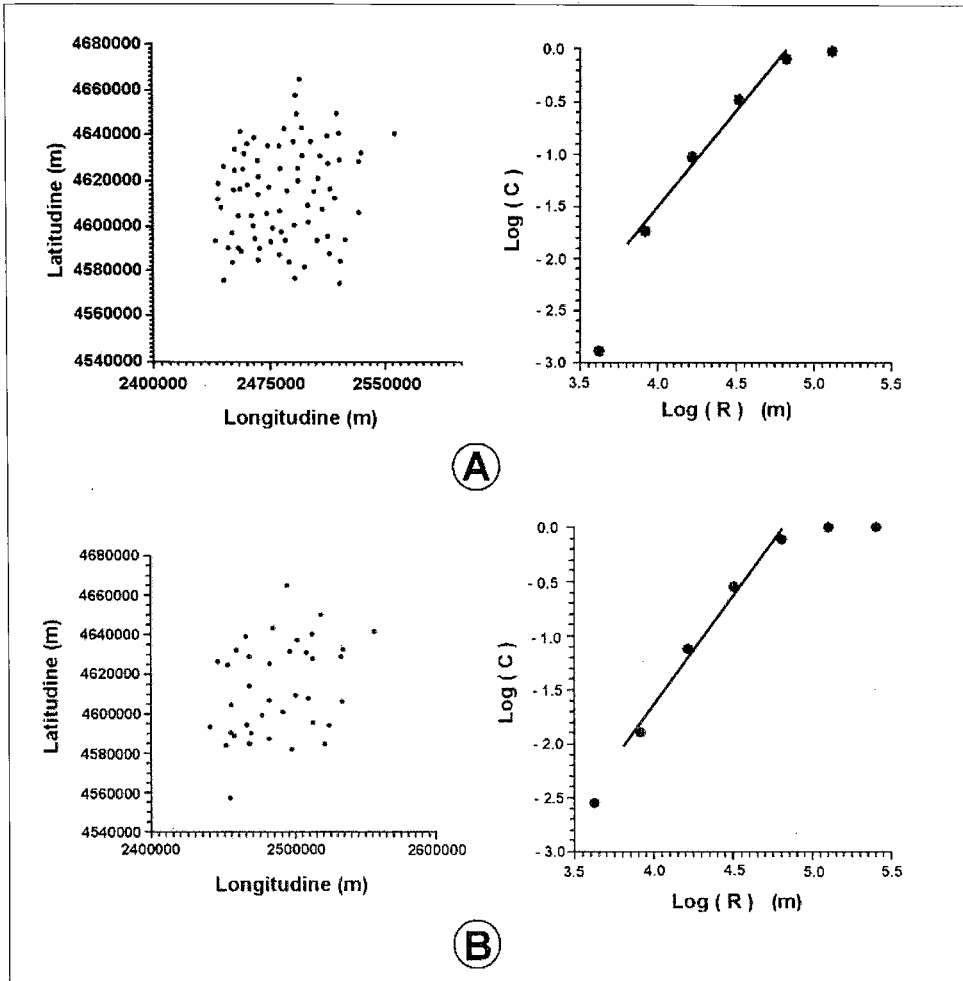


Fig. 3 – A sinistra, mappa mostrante la distribuzione delle stazioni pluviometriche (A) e termometriche (B) sulle quali si è incentrata l'analisi (le coordinate sono espresse nel sistema Gauss-Boaga). A destra, per le stesse stazioni, diagramma doppio-logaritmico del numero C di coppie di pluviometri e termometri posti a una distanza reciproca inferiore a R , in funzione di R

Risultati

La rete di misura. Per tutte le stazioni termo-pluviometriche il *range* di distanze all'interno del quale si ha la migliore interpolazione della retta di regressione di $\log(C)$ in funzione di $\log(R)$, a un livello di confidenza maggiore del 99%, va da 6,3 km a 67,6 km (fig. 3).

La dimensione frattale per la rete pluviometrica è pari a $1,83 \pm 0,02$, mentre per la rete termometrica è pari a $1,96 \pm 0,02$, con deficit dimensionali rispettivamente pari a 0,17 ($2 - 1,83$) e 0,04 ($2 - 1,96$).

I valori elevati della dimensione frattale per le reti termo-pluviometriche indicano una buona distribuzione dei punti di misura sul territorio. In particolare, le stazioni termometriche, pur essendo meno della metà di quelle pluviometriche, presentano un valore della dimensione frattale molto prossimo a 2, sottolineando un'ottima copertura dell'area dal punto di vista dell'informazione ricavabile dalle misure. A questo proposito occorre sottolineare che, se le stazioni fossero ubicate su di un quadrato di lato pari a X , l'area effettivamente misurata dalle stazioni sarebbe pari non a X^2 , bensì a X^D , dove D è la dimensione frattale della rete di punti di misura. Di conseguenza, tutti i fenomeni meteorici oggetto di indagine che si verificassero in un'area inferiore a $X^{(2-D)}$ non verrebbero registrati.

Sulla base di tali considerazioni, facendo riferimento all'area di una superficie rettangolare di 14.744 km^2 passante per le stazioni della rete di misura poste a latitudini e longitudini estreme (lato del quadrato equivalente pari a circa $121,4 \text{ km}$), le aree effettivamente coperte da misure pluviometriche e termometriche sono rispettivamente pari a 6.518 km^2 e 12.164 km^2 , ossia al 44% e all'82% di quella della superficie considerata.

Il valore ottimale di risoluzione di una rete di misura è pari alla metà del valore limite inferiore della regione di *scaling* (Mazzarella e Tranfaglia, 2000). I risultati ottenuti indicano per entrambe le reti (pluviometrica e termometrica) una risoluzione pari a circa 3 km , valore considerevolmente inferiore (24%) rispetto a quello ottenuto dall'applicazione della geometria euclidea. In base a essa, infatti, per una rete pluviometrica formata da 85 stazioni, si calcola un'area per stazione pari a $14.744 \text{ km}^2/85 = 173,4 \text{ km}^2$, ossia una risoluzione di $13,1 \text{ km}$.

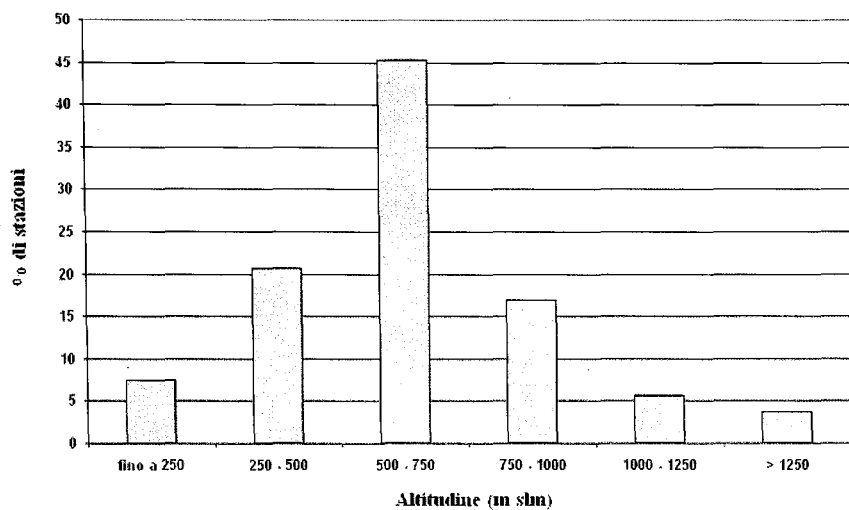
Per quanto concerne, invece, l'analisi della distribuzione altimetrica delle stazioni di misura (fig. 4), si può osservare che esse non sono distribuite uniformemente con la quota, ma risultano ben concentrate solo nella fascia altimetrica compresa tra i 500 e 750 m (che comunque rappresenta il 32,4% del territorio molisano, fig. 1). Nello specifico, in questa fascia ricadono il 39% delle stazioni pluviometriche e il 32% di quelle termometriche. Inoltre, il 90% delle stazioni di misura si trova a quote non superiori ai 1.000 m e solo 2 stazioni raggiungono la quota di 1.400 m , di cui nessuna supera i 1.500 m . Di conseguenza, non è disponibile alcun dato sull'andamento dei parametri meteorologici ad alta quota.

Comunque, se si considera che le aree al di sopra dei 1.500 m rappresentano soltanto circa l'1% del territorio molisano (si veda in proposito la fig. 1), l'assenza di dati ha una incidenza minima sulla caratterizzazione climatica della regione.

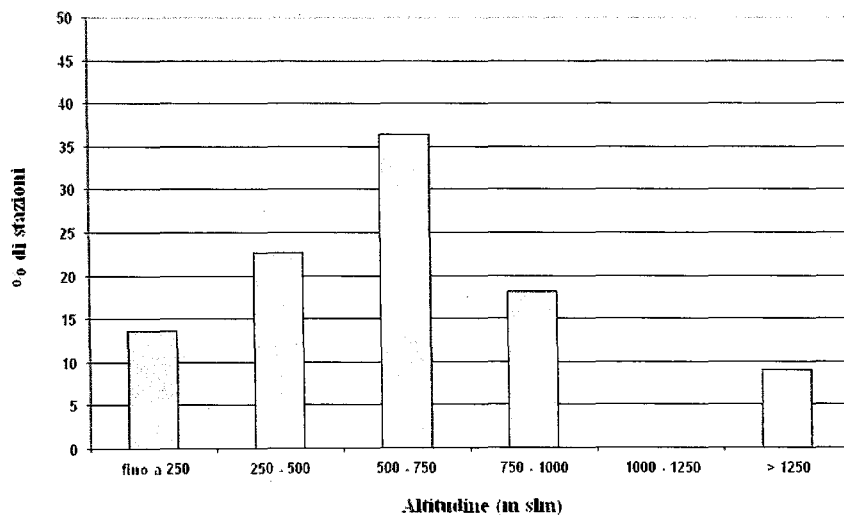
La distribuzione territoriale delle precipitazioni e delle temperature. Un fattore molto importante nel condizionare la distribuzione sul territorio delle altezze di precipitazione e della temperatura è l'altitudine.

Normalmente, all'aumentare della quota sul livello del mare si osserva un incremento del volume di precipitazione e una diminuzione della temperatura, ma non va trascurato il ruolo giocato dall'orografia locale che, producendo condizioni di esposizione diverse, può portare a delle situazioni che si discostano notevolmente dalle previsioni. A tal proposito, è utile ricordare le notevoli differenze esistenti tra il versante settentrionale e quello meridionale di un rilievo montuoso, con il primo in genere considerevolmente più freddo e piovoso del secondo, oppure le possibili conseguenze di una diversa esposizione alle correnti atmosferiche dominanti o, ancora, l'effetto derivante dalla differente direzione che le correnti atmosferiche prevalenti in una determinata regione mostrano al variare della quota, cosa che conduce al fenomeno dell'inversione del gradiente pluviometrico (Affronti, 1960).

Nonostante questa grande variabilità prodotta dalle condizioni locali, in aree sufficientemente omogenee, una legge di tipo lineare rappresenta una buona approssimazione della variazione delle precipitazioni e delle temperature in funzione dell'altitudine.



(A)



(B)

Fig. 4 – Distribuzione altimetrica delle stazioni di misura: stazioni pluviometriche (A); stazioni termopluviometriche (B)

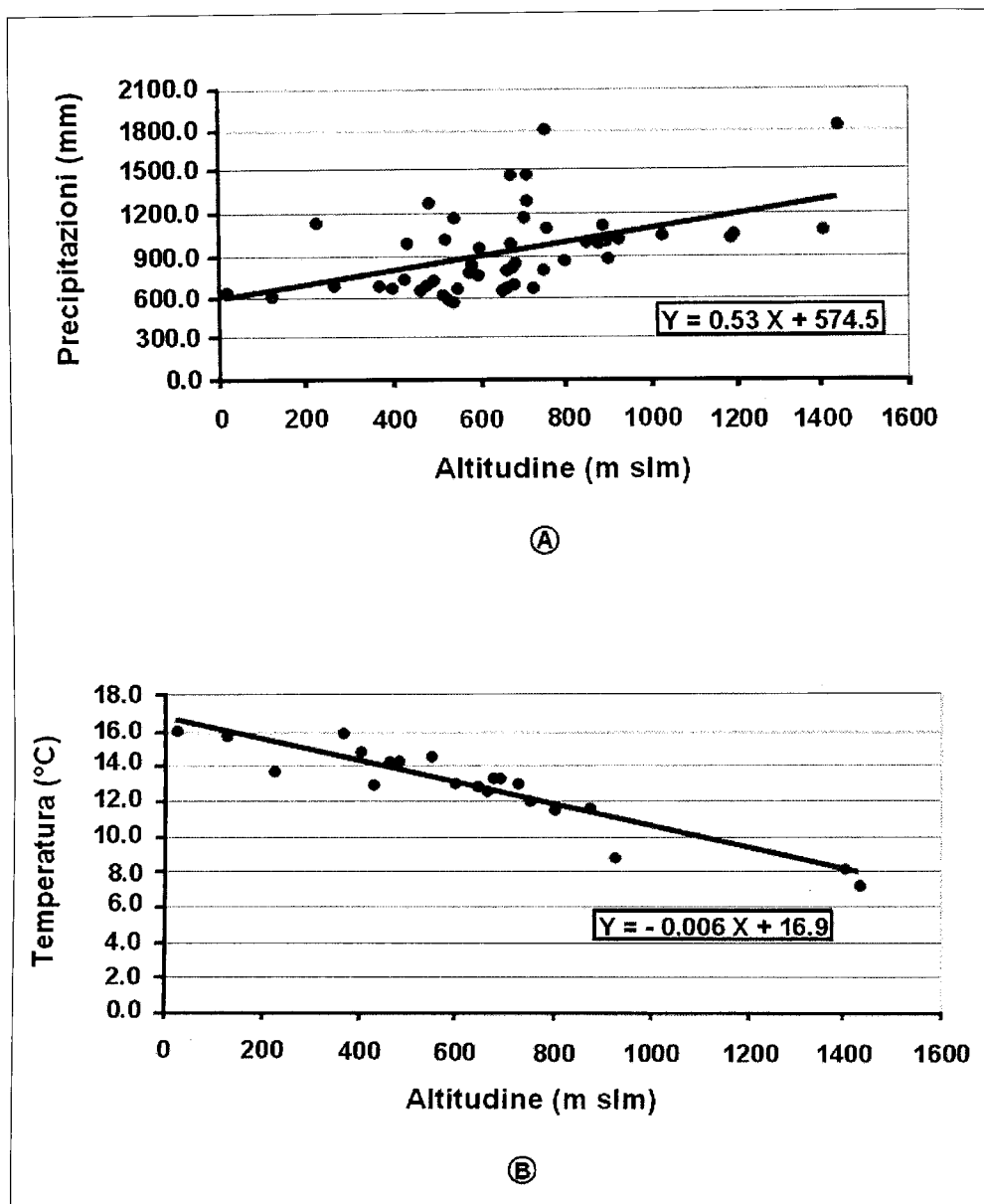


Fig. 5 – Distribuzione altimetrica delle precipitazioni (A) e della temperatura media dell'aria (B) in Molise

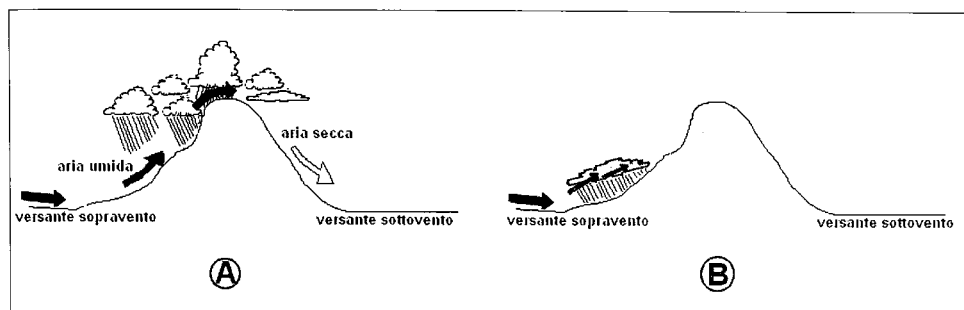


Fig. 6 – Esempi di effetto orografico sulle precipitazioni. A: la massa d'aria è dotata dell'energia necessaria a superare l'ostacolo orografico (Numero di Froud > 1); B: la massa d'aria è bloccata dall'ostacolo orografico (Numero di Froud < 1) e, a seconda delle sue caratteristiche, gli girerà intorno o sarà indotta a tornare indietro

a) *La distribuzione delle precipitazioni.* L'analisi condotta sul territorio molisano ha permesso di evidenziare come le precipitazioni costituiscano un fattore piuttosto sensibile all'eterogeneità territoriale. Infatti, non è stato possibile individuare una legge lineare di variazione delle precipitazioni con la quota sia nel caso in cui sono state considerate tutte le stazioni insieme sia in quello in cui le stesse stazioni sono state analizzate raggruppate per bacino idrografico di appartenenza. Solo in alcuni casi, come quello di alcune stazioni ricadenti tra il bacino del Biferno e quello del Fortore, la variazione altimetrica delle precipitazioni ha evidenziato un andamento pressappoco lineare.

L'analisi ha mostrato una sostanziale variabilità delle altezze di precipitazione con la quota (fig. 5), determinata dalla influenza dominante di una molteplicità di fattori locali, quali l'esposizione alle correnti atmosferiche, la vicinanza ai Monti del Matese e la posizione (sottovento o sopravvento) rispetto a essi, la distanza dalla costa, l'ubicazione della stazione (un sito molto esposto al vento determina una sottostima dell'altezza di precipitazione) eccetera, i quali si combinano con l'effetto della quota, mascherandolo parzialmente. A riguardo è fondamentale proprio il ruolo giocato dal massiccio del Matese che, allungato in senso NO-SE, determina l'intercettazione delle correnti umide provenienti da est e da ovest; ciò fa sì che si abbiano elevati valori di precipitazione a quote non elevate anche nelle stazioni della zona pedemontana (per esempio Boiano, posto a 488 m s.l.m. con 1.272 mm e Guardiaregia, posto a 674 m s.l.m. con 1.493 mm) e in altre stazioni con situazioni locali particolari. Un caso estremo è rappresentato dalla stazione di Roccamandolfi che, pur essendo posta a una quota di soli 758 m s.l.m., presenta un'altezza media di precipitazione superiore a 1.800 mm, valore elevatissimo se paragonato con gli 800 mm che si registrano alla stazione di Campolieto, posta alla stessa quota (750 m s.l.m.). A determinare l'elevata piovosità di Roccamandolfi è la particolarità delle condizioni locali: situata sui Monti del Matese, è posta in una posizione tale da intercettare la maggior parte delle perturbazioni, qualunque sia la loro direzione di provenienza.

Una ulteriore situazione in cui è particolarmente evidente l'effetto indotto dalla particolare orografia del territorio è rappresentata dalla distribuzione delle precipitazioni che si osserva in corrispondenza della costa e sottovento alla fascia collinare parallela alla stessa. Come sarà precisato successivamente, le stazioni costiere presentano valori di precipitazione totale media annua del tutto simili a quelli delle stazioni poste nella zona collinare retrostante. Uno schema che evidenzia l'influenza dell'orografia sulla distribuzione delle piogge è riportato in figura 6.

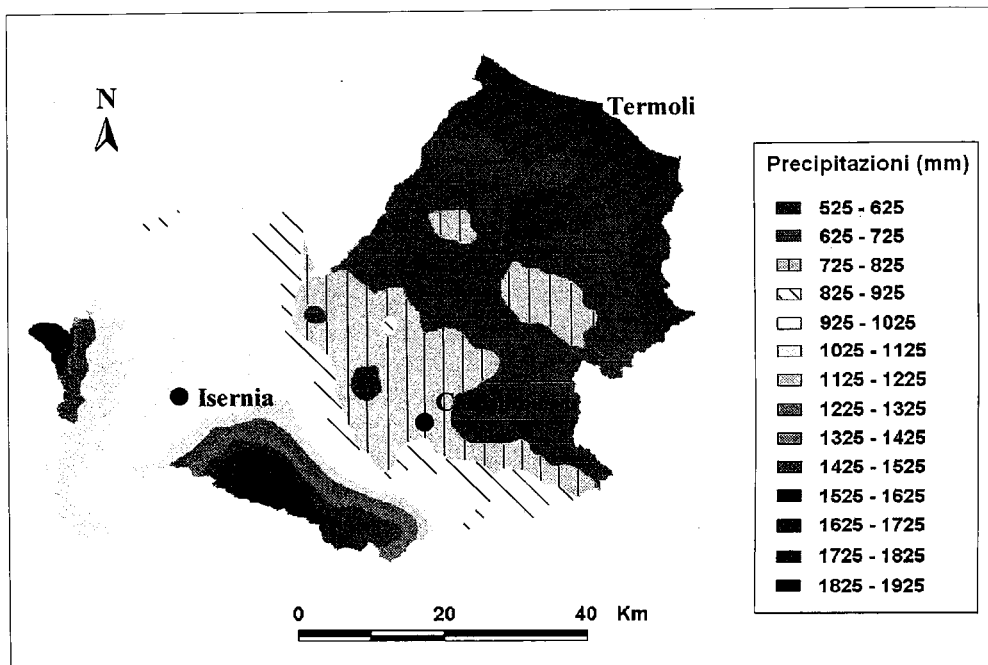


Fig. 7 – Distribuzione delle precipitazioni medie annue in Molise

L'analisi della distribuzione spaziale delle precipitazioni permette di identificare sul territorio molisano la presenza di alcune aree principali a diversa piovosità (fig. 7). Infatti, procedendo dalla costa verso le zone interne della regione, si osserva in media un graduale incremento delle precipitazioni. Come già accennato, questa tendenza generale all'incremento delle precipitazioni mostra tuttavia in sé una struttura più complessa, strettamente legata a caratteristiche territoriali specifiche.

I valori minimi di precipitazione si riscontrano in tutta l'area che comprende la fascia costiera e la zona collinare bassa a ridosso di essa. Il limite di tale area a ridotta piovosità non si mantiene sempre parallelo alla linea di costa, ma si spinge verso l'interno in corrispondenza degli assi dei sistemi vallivi drenati rispettivamente dai fiumi Trigno, Biferno e Fortore.

Immediatamente a ridosso della zona collinare bassa in cui si riscontrano i valori minimi di precipitazione annua (Toro con 554 mm), si osserva un progressivo incremento di piovosità che, con un gradiente piuttosto ridotto, si sviluppa fino all'area centrale montuoso-collinare, trovando il suo limite interno in corrispondenza di una linea ideale che, a partire dalla zona compresa tra Chiauci e Bagnoli del Trigno, si snoda, passando per Baranello e Vinchiaturro, fino a Campobasso e Riccia. Quest'ultima zona mostra un incremento del gradiente pluviometrico che diventa paragonabile a quello delle aree più interne. In particolare, in corrispondenza di Campobasso (fig. 7), localizzata a 750 m di quota, in una porzione del territorio regionale dall'orografia più accentuata rispetto alle aree immediatamente circostanti, l'isoietta delimitante l'inizio della fascia più piovosa si protende in posizione più avanzata, verso la costa.

L'analisi ha messo in evidenza la presenza di due isole a maggiore piovosità – caratterizzate da quantità di precipitazioni paragonabili a quelle delle aree più interne – che sono

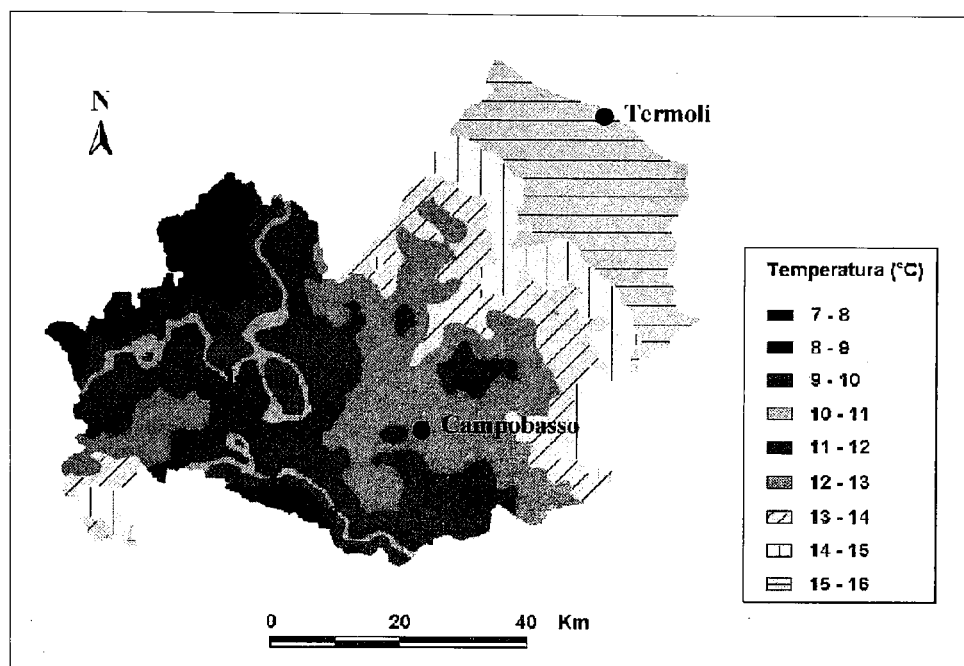


Fig. 8 – Distribuzione della temperatura dell'aria media annua in Molise

centrate, rispettivamente a sinistra e a destra del Biferno, su Castelmauro e su Casacalenda e Bonefro. La loro presenza è giustificata dall'aumento di quota che si ha in questa zona rispetto alle aree basso-collinari circostanti; questo aumento, infatti, seppure di modeste proporzioni, fa sì che in questa zona le correnti adriatiche trovino il primo vero ostacolo, scaricando parte della loro umidità sotto forma di precipitazioni. Ciò consente di spiegare il fenomeno, evidenziato precedentemente, dei valori di precipitazione comparabili tra la zona costiera e quella retrostante la fascia collinare parallela alla costa. La riduzione degli apporti di precipitazione che si registra in tale zona è legata al fatto che in essa giungono masse d'aria che hanno già scaricato parte del loro contenuto di umidità e, quindi, sono più asciutte. L'analisi dei gradienti barici compresi nella fascia fra 35°N e 55°N e 5°E e 25°E evidenzia una circolazione meridionale nei mesi estivi e una circolazione zonale nei mesi invernali. Poiché è in questi ultimi che è concentrata la maggior parte delle precipitazioni, la disposizione del rilievo influisce molto sulla loro distribuzione territoriale.

Un campo di pioggia profondamente diverso è quello che caratterizza tutto il settore occidentale del Molise, ossia quello in cui dominano i rilievi montuosi. In questo settore si registra un sostanziale innalzamento della piovosità media (1.350 mm contro i 650 mm della porzione centro-orientale del Molise) ed è possibile individuare in esso tre zone principali: una meridionale, centrata sui Monti del Matese; una occidentale, con limite estremo rappresentato dai rilievi che costituiscono il confine naturale con il Lazio; una nord-orientale, che dalla piana di Isernia si estende verso nord fino ad attraversare i territori altomontani ricadenti nei comuni di Vastogirardi, Carovilli, San Pietro Avellana, Capracotta e Pescopennataro.

Definita in maniera inequivocabile è la zona del Matese il cui campo di pioggia riproduce esattamente la struttura del massiccio. È qui che si incontra il più alto gradiente oriz-

zontale di precipitazione (75 mm/km), strettamente legato al considerevole gradiente altimetrico caratteristico dell'area. In essa si registrano anche i valori più elevati di precipitazione (1.847 mm a Campitello Matese), non sempre strettamente correlati alla quota (si ricorda il già citato caso di Roccamandolfi che riceve una precipitazione annua pari a quella di Campitello Matese ma risulta posto a una altitudine di circa 600 m più in basso). Le precipitazioni si mantengono considerevolmente alte anche nella zona pedemontana, dove, nel momento in cui le masse d'aria raggiungono il massiccio e sono indotte a sollevarsi, vengono scaricati grandi quantitativi di precipitazione.

La zona occidentale interessa i territori che, dai rilievi che si snodano lungo il confine regionale, scendono fino alle piane di Venafro e Isernia e, a settentrione, includono quelli dell'alta valle del Volturno. In questa zona, caratterizzata da una piovosità media annua di 1.300 mm, si osserva una distribuzione piuttosto omogenea delle precipitazioni, non particolarmente vincolata alla quota. Dei picchi di precipitazione si rinvenivano in corrispondenza dei rilievi occidentali e in particolare delle Mainarde, dove si raggiungono quote superiori ai 2.000 m (M. Mare 2.020 m).

Nella zona nord-orientale si osserva una piovosità meno accentuata, che raggiunge i suoi minimi nella piana di Isernia (Carpinone 973 mm, Isernia 991 mm) e aumenta gradualmente procedendo verso nord, per attestarsi in corrispondenza di Capracotta intorno a valori di 1.080 mm.

b) La distribuzione delle temperature. Riguardo alla sua distribuzione altimetrica, la temperatura non presenta la stessa eterogeneità di comportamento delle precipitazioni e mostra un andamento molto vicino alla linearità (fig. 5), con un gradiente termico pari a $-0,6^{\circ}\text{C}$ ogni 100 m.

Tale andamento regolare comporta una distribuzione regionale delle temperature che riflette quella delle morfostrutture principali (fig. 8), con valori medi annui compresi tra i 16°C di Termoli e i 7°C circa in corrispondenza delle cime dei massicci.

Le temperature medie annue diminuiscono procedendo dalla costa adriatica verso l'interno, per poi tornare nuovamente ad aumentare nel settore sud-occidentale del Molise; qui, infatti, si registra a partire dalla piana di Isernia un incremento progressivo della temperatura che raggiunge nei territori a confine con la Campania valori medi compresi tra 15°C e 17°C . In quest'ultimo caso, si evidenzia l'influenza esercitata dalle correnti tirreniche che riescono a risalire lungo la valle del Volturno, facendo sì che le aree ricadenti nella piana di Isernia sperimentino, soprattutto in estate, condizioni di maggiore umidità e temperature più elevate rispetto alle zone della regione in cui l'accesso delle correnti tirreniche è limitato dalla presenza dei Monti del Matese.

I valori massimi della temperatura media annua (intorno ai 16°C) si registrano nella fascia costiera e nell'area basso-collinare che si trova immediatamente alle sue spalle. È soprattutto verso sud, nelle aree a confine con la Puglia, che l'isoterma dal valore minore si spinge più all'interno, contribuendo a definire un clima marcatamente più mediterraneo.

La progressiva diminuzione della temperatura non si sviluppa in maniera perfettamente parallela alla linea di costa; in corrispondenza dei tre sistemi vallivi principali, infatti, le fasce più calde tendono a incunearsi maggiormente verso l'interno della regione.

Un'ampia fascia termica è quella caratterizzata da valori di temperatura media annua compresi tra 12°C e 14°C . Questa occupa gran parte dell'area centrale del Molise ed è interrotta solamente da alcuni abbassamenti localizzati sulle colline di Campolieto e Bagnoli del Trigno.

Immediatamente a ridosso di questa fascia centrale, si sviluppa un'area a temperatura sensibilmente più bassa, che occupa la zona centro-occidentale del Molise, spingendosi

Tab. 2 – Schema delle possibili combinazioni degli attributi climatici proposte da Köppen

Gruppo Principale	Sottogruppo	Ulteriore suddivisione
A – Climi tropicali	f, m, w	–
B – Climi aridi	S, W	b, k
C – Climi temperato-caldi	f, w, s	a, b, c
D – Climi nivali	f, w	a, b, c, d
E – Climi glaciali	T, F	–

più a ovest in corrispondenza delle Mainarde e dei rilievi a confine con il Lazio. Gli estremi termici inferiori vengono raggiunti proprio all'interno di questa area e sono centrati sul Matese (7,2 °C di Campitello Matese), sui territori montuosi dell'Alto Molise (8,2 °C di Capracotta e 8,7 °C di San Pietro Avellana) e sulle Mainarde.

La classificazione climatica. Non esiste una metodologia di classificazione climatica unica e valida in assoluto, ma è possibile fare riferimento, anche in funzione dello scopo che si intende perseguire, a diversi criteri che possono portare anche a inquadramenti climatici diversi di una stessa area. Qualsiasi classificazione – indipendentemente dal criterio che ne è alla base – deve, comunque, trovare un riscontro nella geografia dell'area considerata e mettere in evidenza le caratteristiche simili di una o più parti della superficie terrestre. Come in ogni tipo di classificazione, poi, è necessario trovare il giusto compromesso tra le esigenze di sintesi e quelle del dettaglio analitico.

Tra i vari possibili sistemi di classificazione, per il presente studio si è fatto riferimento a quello proposto da Wladimir Köppen (1936). Tale sistema di classificazione è stato realizzato secondo un criterio empirico che prevede la combinazione di caratteri climatici di varia scala (tab. 2) e l'attribuzione alle diverse categorie climatiche in base a valori soglia di precipitazione e temperatura, così come mostrato nella tabella 3. Nel caso specifico, per caratterizzare il più dettagliatamente possibile il clima di un'area geografica di limitate dimensioni, quale quella molisana, si è tenuto conto anche della classificazione climatica proposta da Pinna (1970), che nasce da quella di Köppen, ma contiene delle modifiche che la rendono più adatta a interpretare la realtà climatica italiana. In tabella 4 sono riportate le modifiche introdotte da Pinna per le categorie climatiche *C*, *D* ed *E* rispetto alla classificazione climatica di Köppen.

L'analisi della distribuzione dei parametri termopluviometrici, condotta sulla base dei criteri della classificazione climatica di Köppen modificata da Pinna, ha portato a riconoscere in Molise la presenza di un'unica categoria climatica principale (fig. 9), quella indicata da Köppen con la lettera maiuscola *C*, ossia la categoria dei *climi temperato-caldi*.

Tra le possibili sotto-categorie dei *climi temperato-caldi* se ne individuano due. La prima è quella dei *climi con stagione asciutta ricadente nel periodo estivo* (lettera *s* di Köppen), per differenziare le quali si è tenuto conto del valore soglia di 30 mm relativo alle precipitazioni medie del mese più secco (Pinna, 1970). La seconda è quella dei *climi umidi* (lettera *f* di Köppen).

La prima delle due sottocategorie citate è confinata nell'area costiera meridionale e nella fascia territoriale a essa adiacente che, nell'insieme, vengono classificate come zona a *clima temperato-caldo con stagione asciutta ricadente nel periodo estivo e con estate molto calda* (categoria *Csa* di Köppen). Tale zona è posta a confine con le aree pugliesi dove questo clima è tipico. È in questa zona che si incontrano caratteristiche climatiche spiccatamente mediterranee.

Tab. 3 – Descrizione delle categorie climatiche presenti nella classificazione proposta da Köppen

Gruppo princ.	Categoria	Descrizione
A	Climi tropicali	Tutti i mesi hanno una temperatura media maggiore di 18 °C e le precipitazioni annue sono abbondanti e superano l'evaporazione annua.
B	Climi aridi	Durante tutto l'anno l'evaporazione potenziale supera in media le precipitazioni.
C	Climi temperato-caldi (mesotermici)	La temperatura media del mese più freddo è inferiore a 18 °C, ma superiore a -3 °C; almeno un mese dell'anno ha temperatura media maggiore di 10 °C.
D	Climi nivali (microtermici)	La temperatura media del mese più freddo è minore di -3 °C, mentre la temperatura media del mese più caldo è maggiore di 10 °C.
E	Climi glaciali	Il mese più caldo ha una temperatura media inferiore a 10 °C.
Sottogruppo	Sottocategoria	Descrizione
S	Clima della steppa	Clima semiarido, con precipitazioni annue comprese tra 380 mm e 760 mm.
W	Clima desertico	Clima arido, con precipitazioni annue di solito inferiori a 250 mm.
f	Clima umido	Le precipitazioni sono abbondanti in tutti i mesi dell'anno per cui manca una stagione asciutta.
w	Clima con stagione asciutta ricadente nel periodo invernale	Clima caratterizzato dalla presenza di una stagione asciutta che si verifica durante l'inverno del rispettivo emisfero.
s	Clima con stagione asciutta ricadente nel periodo estivo	Clima caratterizzato dalla presenza di una stagione asciutta che si verifica durante l'estate del rispettivo emisfero.
s	Clima monsonico	Clima dominato dalla presenza dei monsoni e caratterizzato da elevata piovosità e da una breve stagione asciutta.
Ulteriore suddivisione		
a	Climi con estate molto calda	La temperatura media del mese più caldo supera i 22 °C.
b	Climi con estate calda	La temperatura media del mese più caldo è inferiore a 22 °C.
c	Climi con estate fresca e breve	I mesi con temperatura media superiore a 10 °C sono meno di 4.
d	Climi con inverno molto freddo	La temperatura media del mese più freddo è inferiore a -38 °C.
e	Climi caldo-asciutti	Le precipitazioni sono scarse e la temperatura media annua è maggiore di 18 °C.
f	Climi freddo-asciutti	Le precipitazioni sono scarse e la temperatura media annua è inferiore a 18 °C.

Tab. 4 – Modifiche apportate da Pinna al sistema di classificazione climatica di Köppen (da Pinna, 1970, modificato)

Categoria	Sottocategoria	Descrizione
	Temperato subtropicale (Tst)	1. T media annua $\geq 17^{\circ}\text{C}$ 2. T media mese più freddo $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 3. Cinque mesi con T media $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 4. Escursione media annua tra 13°C e 17°C
	Temperato caldo (Tc)	1. T media annua tra $14,5^{\circ}\text{C}$ e $16,9^{\circ}\text{C}$ 2. T media mese più freddo tra 6°C e $9,9^{\circ}\text{C}$ 3. Quattro mesi con T media $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 4. Escursione media annua tra 15°C e 17°C
	Temperato sublitoraneo (Tsl)	1. T media annua tra 10°C e $14,4^{\circ}\text{C}$ 2. T media mese più freddo tra 4°C e $5,9^{\circ}\text{C}$ 3. Tre mesi con T media $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 4. Escursione media annua tra 16°C e 19°C
Clima temperato (classe C di Köppen)	Temperato subcontinentale (Tsc)	1. T media annua tra 10°C e $14,4^{\circ}\text{C}$ 2. T media mese più freddo tra -1°C e $3,9^{\circ}\text{C}$ 3. Da uno a tre mesi con T media $\leq 20^{\circ}\text{C}$ 4. Escursione annua $> 19^{\circ}\text{C}$
	Temperato fresco (tf)	1. T media annua tra 6°C e 9°C 2. T media mese più freddo tra 0°C e -3°C 3. media mese più caldo tra 15°C e $19,9^{\circ}\text{C}$ 4. Escursione annua tra 18°C e 20°C
Clima temperato freddo o boreale (classe D di Köppen)		1. T media annua tra 3°C e $5,9^{\circ}\text{C}$ 2. T media mese più freddo -3°C 3. T media mese più caldo tra 10°C e $14,9^{\circ}\text{C}$ 4. Escursione annua tra 16°C e 19°C
Clima freddo (classe E di Köppen)	Freddo (ET)	1. T media annua $\leq 2,9^{\circ}\text{C}$ 2. T media mese più freddo -12°C 3. T media mese più caldo $\leq 9,9^{\circ}\text{C}$ 4. Escursione annua tra 15°C e 18°C
	Glaciale (EF)	1. T media annua $< 0^{\circ}\text{C}$ 2. T media mese più freddo -12°C 3. T media mese più caldo 0°C 4. Escursione annua tra 13°C e 15°C

Il resto del territorio molisano rientra invece nella sottocategoria dei *climi umidi*, caratteristici di zone in cui non si riconosce la presenza di una vera e propria stagione secca, sebbene, trovandosi in un'area mediterranea, si osserva la caratteristica riduzione delle precipitazioni durante il periodo estivo.

Tale zona climatica risulta a sua volta suddivisa in due aree che fanno riferimento rispettivamente alle classi del *clima temperato-caldo umido con estate calda* (*Cfb* di Köppen) e del *clima temperato-caldo umido con estate molto calda* (*Cfa* di Köppen) e che si succedono da ovest verso est. Le aree a clima *Cfb* occupano tutta la parte propriamente montuosa del Molise. Il clima *Cfa* costituisce invece il clima principale del settore centrale della regione Molise e si sviluppa verso la costa fino a comprendere il suo settore più settentrionale. Questo stesso tipo di clima si rinviene inoltre isolatamente all'estremità sud-occidentale della regione dove, rispetto alle condizioni climatiche dominanti a settentrione di essa, si ha un accostamento al clima campano, complessivamente più caldo.

Tenendo in considerazione le modifiche introdotte da Pinna nella classificazione di Köppen, in Molise si riscontra la presenza di due classi climatiche identificate rispettivamente come *clima temperato sublitoraneo* (*Tsl*) e *clima temperato-caldo* (*Tc*), che tuttavia

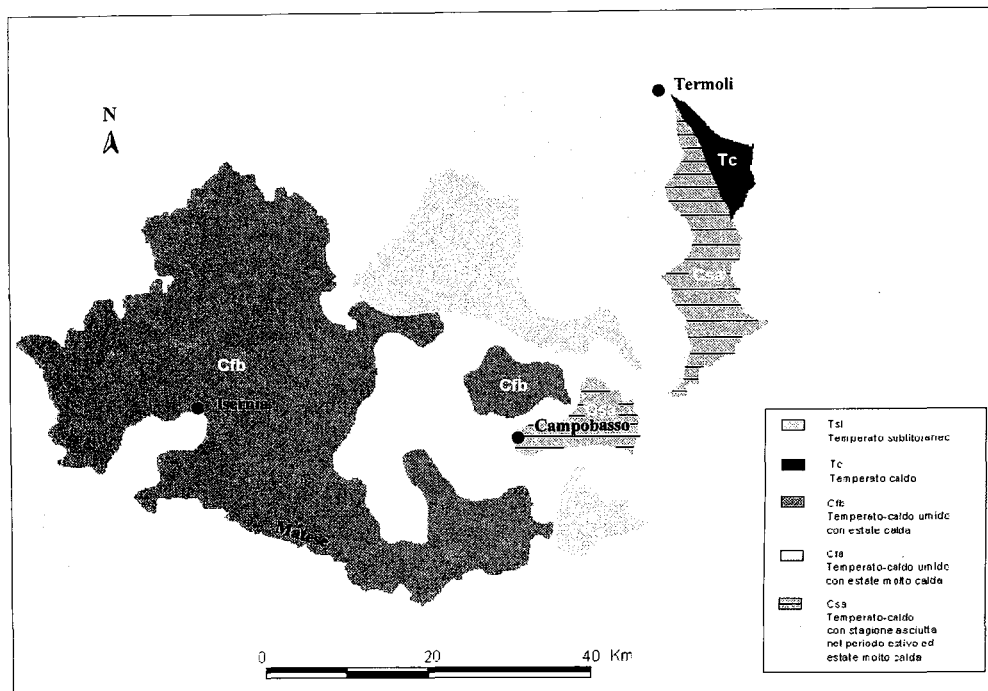


Fig. 9 – Carta climatica del Molise

occupano delle porzioni limitate di territorio. La prima si sviluppa nel settore tipicamente collinare della regione e in questo risponde alla descrizione che di essa fornisce Pinna (1970), affermando che *il clima temperato sublitoraneo* è proprio delle zone collinari della penisola italiana e trova la sua maggiore estensione nella Toscana preappenninica e in Umbria, mentre a Sud rimane limitato ai versanti più bassi dell'Appennino, trovando il suo sviluppo anche nella fascia subappenninica del versante adriatico dalle Marche alla Puglia. Il *clima marittimo temperato-caldo* (Tc) è invece localizzato in un'area limitata della fascia costiera, a confine con la Puglia. Anche in questo caso emerge la rispondenza con quanto descritto da Pinna, che, in riferimento alla situazione tipica del versante adriatico, sottolinea come questo clima sia tipico di tutti i territori costieri che si trovano a sud di San Benedetto del Tronto, andando a occupare delle porzioni territoriali sempre più ampie man mano che ci si sposta verso meridione.

La distribuzione regionale dell'aridità (fig. 10), espressa come numero di mesi aridi (Gausson, 1955), rispecchia la ripartizione delle zone e relative aree climatiche descritte in precedenza. In particolare, si riconosce un'area occidentale, occupata in massima parte dai rilievi carbonatici, in cui risulta assente una vera e propria stagione secca (fig. 11a, lett. a-b). Essa presenta una interruzione soltanto in corrispondenza dell'estremità sud-orientale della regione, il cui clima, come già sottolineato in precedenza, si avvicina a quello campano, più caldo e arido.

Procedendo verso nord-est, si riscontra un progressivo incremento della durata della stagione secca, imbattendosi in una zona di transizione, coincidente con l'area centrale collinare del Molise (fig. 11a, lett. c), prima di raggiungere, nell'area orientale, una zona tipicamente più arida (fig. 11b, lett. d-e), che tende a estendersi in direzione nord-sud a confine con la regione Puglia.

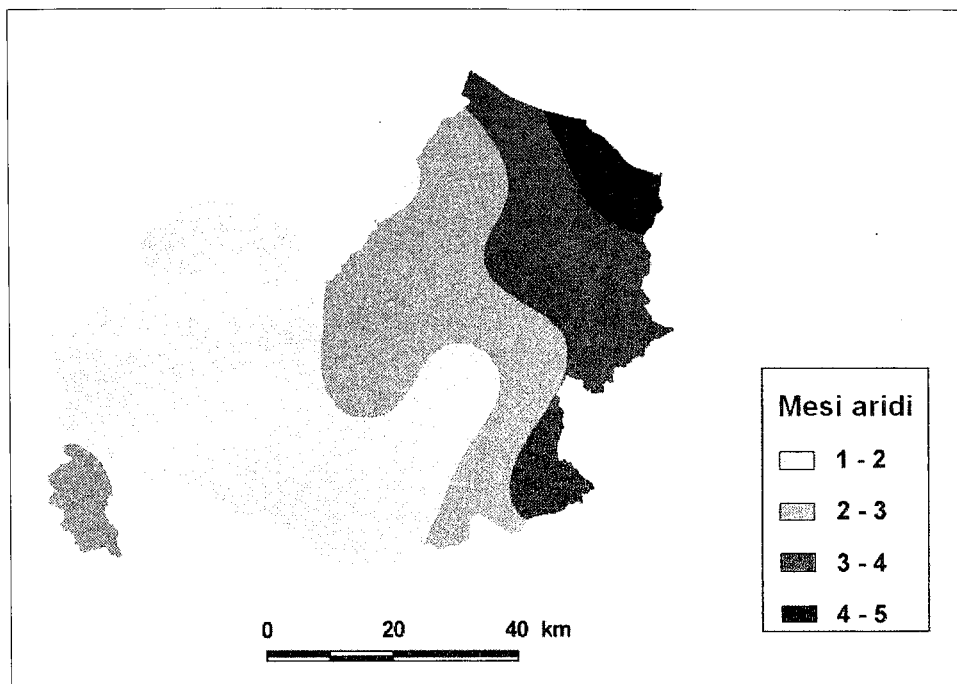


Fig. 10 – Distribuzione dell'aridità in Molise

Tali differenze climatiche sono bene evidenziate dalla vegetazione caratteristica di ciascuna delle aree descritte in precedenza, che passa dai boschi di latifoglie tipicamente appenninici alla vegetazione di macchia mediterranea delle zone più orientali.

Considerazioni conclusive. – Il clima costituisce una sintesi delle dinamiche esistenti tra i fenomeni atmosferici e le componenti fisiche e biologiche di una determinata area. L'analisi della distribuzione spaziale delle variabili meteorologiche, che per un periodo sufficientemente lungo caratterizzano un'area, si configura essenziale per la comprensione dei meccanismi propri del sistema climatico e per una adeguata pianificazione del territorio.

Lo studio realizzato rappresenta un apprezzabile passo in avanti per quanto riguarda la conoscenza delle principali caratteristiche meteoclimatiche della regione Molise. I risultati ottenuti permettono di porre l'accento su alcuni aspetti in particolare.

L'analisi spaziale della rete di stazioni meteorologiche attraverso l'analisi frattale ha consentito di valutare la sua omogeneità e risoluzione spaziale e ha fornito importanti informazioni sulle sue potenzialità. I risultati ottenuti consentono di concludere che l'attuale copertura delle stazioni meteorologiche garantisce una buona caratterizzazione meteoclimatica del territorio molisano. Peraltro, nell'ipotesi di un ampliamento della rete esistente, il posizionamento delle nuove stazioni andrebbe effettuato in maniera tale da incrementare sia la dimensione frattale sia l'ampiezza della regione di *scaling*.

L'analisi climatica del territorio ha evidenziato una distribuzione spaziale delle precipitazioni e della temperatura dell'aria che rispecchia largamente quella dei principali elementi oro-idrografici presenti nella regione, mettendo in risalto una maggiore sensibilità delle precipitazioni all'eterogeneità territoriale.

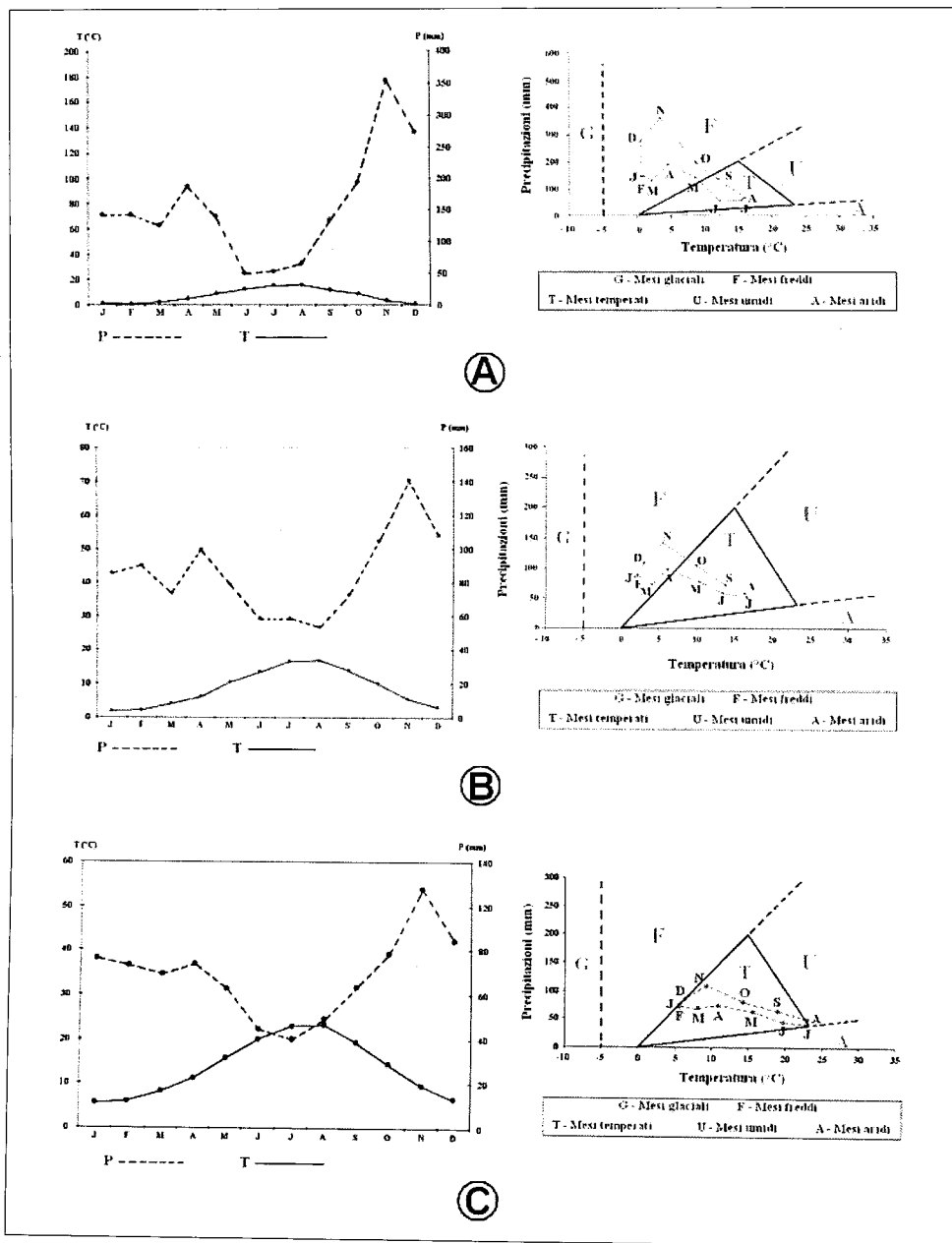


Fig. 11a – Diagrammi di Bagnouls-Gaussien (sinistra) e di Peguy (destra) relativi alle stazioni di Campitello Matese (A), San Pietro Avellana (B) e Campobasso (C)

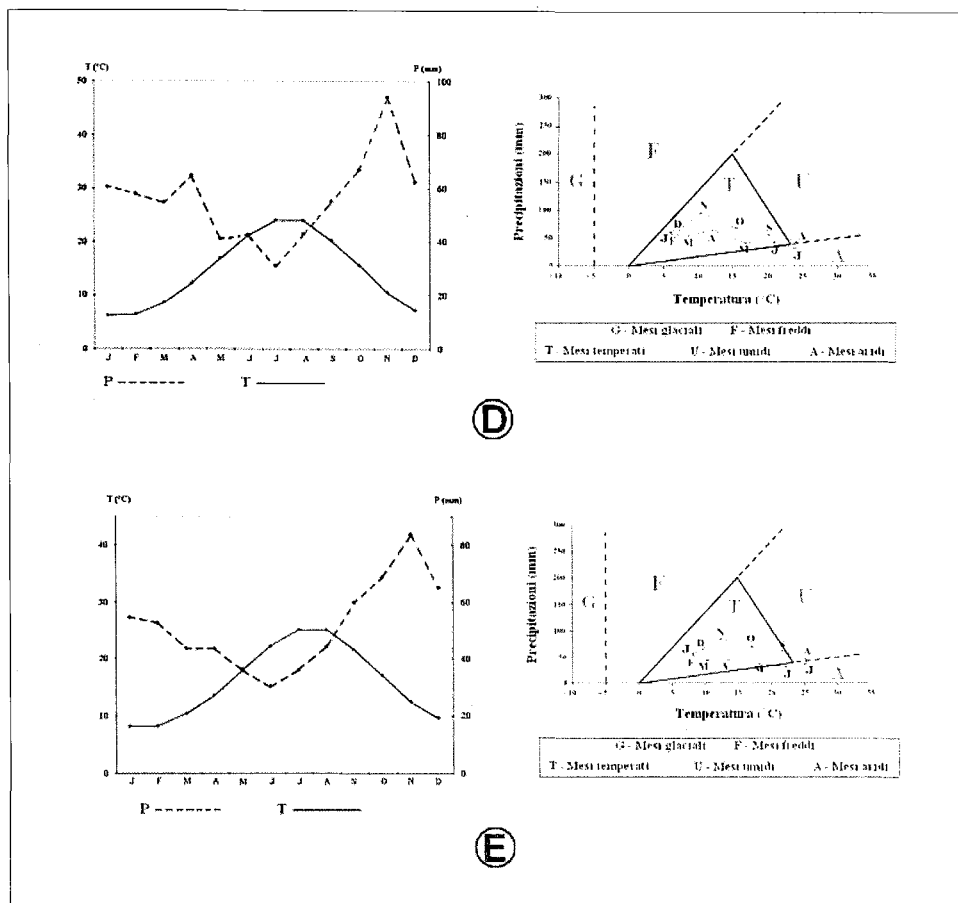


Fig. 11b – Diagrammi di Bagnouls-Gaussen (sinistra) e di Peguy (destra) relativi alle stazioni di Palata (D) e Termoli (E)

La distribuzione altimetrica delle stazioni di misura evidenzia l'assenza di rilevamento di dati meteorologici a quote superiori ai 1.500 m s.l.m. Ciò implica che a livello regionale non sono disponibili tali dati per gli ambienti di alta quota. Sebbene questi ultimi occupino una porzione limitata del territorio molisano, appare molto importante, considerando la loro importanza ecologica ed elevata vulnerabilità a cambiamenti climatici e ambientali, migliorare le conoscenze su ciò che si sta verificando in essi dal punto di vista climatico. Ciò, infatti, avrebbe importanti implicazioni positive non solo dal punto di vista ambientale, ma anche dal punto di vista applicativo, permettendo di ottenere informazioni utili a orientare scelte adeguate nel campo della pianificazione e del riordinamento territoriale.

La classificazione climatica eseguita ha consentito di ottenere un primo quadro complessivo a scala regionale delle principali caratteristiche climatiche del Molise. Essa rappresenta, a nostro avviso, un importante punto di partenza per ulteriori studi climatici, finalizzati a ottenere dettagli a scala locale e/o a indagare sui recenti cambiamenti climatici e in particolare sugli effetti climatici legati al riscaldamento globale.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AFFRONTI F., *Straordinario gradiente pluviometrico del monte Etna*, Atti del X Congresso di Meteorologia Alpina, Brigg-Zermatt, 1960.
- AUCELLI P.P.C., *Analisi morfodinamica del bacino del Fiume Trigno: distribuzione, entità e cause dei fenomeni di alveo e di versante*, Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze Ambientali: Uomo e Ambiente, XII Ciclo, Università degli Studi del Molise, 1999 (pp. 306, tavv. 25).
- AUCELLI P.P.C., A. CINQUE e C. ROSSKOPF, *Geomorphological Map of the Trigno Basin (Italy): Explanatory Notes*, in «Geografia Fisica Dinamica Quaternaria», Genova, 2001, 24, 1, pp. 3-12.
- AUCELLI P.P.C., M. IZZO e C.M. ROSSKOPF, *The Climate of the Molise Region (South Italy) and some Considerations about Climate Changes*, Proceedings of the 1st General Assembly of the European Geosciences Union (Nice, April 25-30), in «Geophysical Research Abstracts», 2004, 6, 06409.
- AUCELLI P.P.C. e altri, *Space and Time Distribution of Landslides in a Mediterranean River Basin: Trigno River Valley (S. Italy)*, in E. BROMHEAD, N. DIXON e M.-L. IBSEN (a cura di), *Landslides. In Research, Theory and Practice*, Londra, Thomas Telford, 2000, 1, pp. 91-96.
- AUCELLI P.P.C. e altri, *Studi delle dinamiche di versante in rapporto alla conservazione del suolo ed alle interazioni con i manti vegetali*, Progetto Operativo Plurifondo 1994-1999, Regione Molise, Relazione finale, Dipartimento S.T.A.T., Università degli Studi del Molise, 2001(a).
- AUCELLI P.P.C. e altri, *La stazione per la misura dell'erosione del suolo di Morgiapietra- valle*, in *Atti della Conferenza «Il dissesto idrogeologico: inventario e prospettive» (Accademia Nazionale dei Lincei, 5 giugno)*, Roma, Accademia Nazionale dei Lincei, 2001(b), pp. 105-106.
- AUCELLI P.P.C. e altri, *L'evento meteorico estremo di gennaio 2003 nel Molise*, in «Quaderni di Geologia Applicata», Bologna, 2004 (a), 11, 1, pp. 101-119.
- AUCELLI P.P.C. e altri, *Landslide Susceptibility along the Adriatic Flank of Southern Apennines (Italy): The Case of Molise Region*, in SAVINDRA SINGH, H.S. SHARMA E SUNIL KUMAR DE, *Geomorphology and Environment*, Kolkata, ACB Pub., 2004 (b), pp. 168-181.
- AUCELLI P.P.C. e altri, *Types and Mechanisms of Slope Failure Due to the Rainfall Event in January 2003 in Molise Region (S. Italy)*, in SAVINDRA SINGH, H.S. SHARMA e SUNIL KUMAR DE, *Geomorphology and Environment*, Kolkata, ACB Pub., 2004 (c), pp. 125-142.
- AUCELLI P.P.C. e altri, *La stazione sperimentale per la misura dell'erosione del suolo di Morgiapietra- valle (Molise, Italia): primi risultati sperimentali*, Atti del Convegno Conclusivo del Progetto «Erosione idrica in ambiente mediterraneo: valutazione diretta e indiretta in aree sperimentali e bacini idrografici», Genova, Brigati, 2006 (a), pp. 87-104.
- AUCELLI P.P.C. e altri, *Analisi del rapporto afflussi-deflussi in alcuni piccoli bacini idrografici molisani impostati su litologie a forte componente pelitica (Italia Meridionale) attraverso la misura diretta e la modellizzazione*, Atti del Convegno Conclusivo del Progetto «Erosione idrica in ambiente mediterraneo: valutazione diretta e indiretta in aree sperimentali e bacini idrografici», Genova, Brigati, 2006 (b), pp. 145-157.

- CORBI I. e altri, *Mid-term Geomorphological Evolution of the Covatta Valley, Biferno River Basin, Molise*, in «Geografia Fisica Dinamica Quaternaria», Genova, 1999, 22, 2, pp. 115-128.
- GAUSSEN H., *Détermination des climats par la méthode des courbes ombrothermiques*, in «Comptes Rendus Sommaires des Séances de l'Académie des Sciences», Parigi, 1955, 240, pp. 642-644.
- GRASSBERGER P. e I. PROCACCIA, *Characterization of Strange Attractors*, in «Physics Review Letters», New York, 1983, 50, pp. 346-349.
- HIRATA T., T. SATOH e K. ITO, *Fractal Structure of Spatial Distribution of Microfracturing in Rock*, in «Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society», Londra, 1987, 90, pp. 369-374.
- IZZO M., P.P.C. AUCELLI e A. MAZZARELLA, *Recent Changes in Rainfall and Air Temperature at Agnone (Molise – Central Italy)*, in «Annali di Geofisica», Roma, 2004, 47, 6, pp. 1689-1698.
- KÖPPEN W., *Das geographische System der Klimate*, in W. KÖPPEN e R. GEIGER (a cura di), *Handbuch der Klimatologie*, Berlino, Gebrüder Bornträger, 1936.
- LOVEJOY S., D. SCHERTZER e P. LADOY, *Fractal Characterization of Inhomogeneous Geophysical Measuring Network*, in «Nature», Londra, 1986, 319, pp. 43-44.
- LUONGO G. e A. MAZZARELLA, *On the Clustering of Seismicity in the Southern Tyrrhenian Sea*, in «Annali di Geofisica», Roma, 1997, 40, pp. 1-7.
- MANDELBROT B.B., *The Fractal Geometry of Nature*, New York, Freeman, 1983.
- MAZZARELLA A. e G. TRANFAGLIA, *Fractal Characterization of Geophysical Measuring Networks and its Implications for an Optimal Location of Additional Stations: An Application to a Rain-gauge Network*, in «Theoretical and Applied Climatology», Vienna, 2000, 65, pp. 157-163.
- PAURA B. e F. LUCCHESI, *The Phytoclimate of Molise Region, 97^b LAVS Symposium (České Budějovice August 18-23-1997)*, Conference Abstracts.
- PAURA B., *Caratteristiche generali del clima. Relazione sullo stato dell'ambiente della Provincia di Campobasso*, Campobasso, Tecnografica Srl, 2002.
- PINNA M., *Contributo alla classificazione del clima d'Italia*, in «RGI», 1970, II, pp. 129-152.
- RODOLFI G. e altri, *Soil Erosion in Mediterranean Environment: The Conceptual Approach of the EROMED Project to Assess Regional Impacts of Global Change in Italy*, European Geoscience Union (April 2006), Vienna, in «Geophysical Research Abstracts», 2006, 8, 09707.

THE CLIMATIC CLASSIFICATION OF THE MOLISE REGION. – To remedy to the poor-ness of knowledge on regional climatic features, on the basis of temperature and rainfall data coming from 85 weather stations, a characterisation of main meteorological aspects of the Molise territory and its climatic classification were performed. To validate the network of the existing weather stations in terms of homogeneity and spatial resolution a fractal analysis was carried out which also allowed to obtain useful indications on how to improve said network. Meteorological data were elaborated for the 1970-1999 interval and a GIS project was constructed. To classify climatic aspects the Köppen system based on the analysis of temperature and precipitation was used. The study evidences that in the Molise region the only present climate category is C which can be distinguished in three sub-cate-

gories: Csa, Cfa and Cfb. Taking in account the modifications of Pinna (1970) to the Köppen category C, two further climate classes, Tsl and Tc, were identified. The climate analysis of Molise region evidences that the spatial distribution of rainfall and temperature reflects rather well that of main hydrographical and orographic elements. The results of this study have allowed to characterize in a satisfactory way the main climatic aspects of the Molise region and may represent a valid basis for more detailed studies on local climate conditions and the climatic effects of the ongoing global change.

Università del Molise, Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio

Università di Napoli «Federico II», Dipartimento di Scienze della Terra