



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Clima e Cambiamenti Climatici *le attività di ricerca del CNR*



A cura di

B. CARLI, G. CAVARRETTA, M. COLACINO, S. FUZZI



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Clima e Cambiamenti Climatici
le attività di ricerca del CNR

A cura di

B. CARLI, G. CAVARRETTA, M. COLACINO, S. FUZZI

Trend termopluviometrico, siccità e disponibilità di acque sotterranee in Italia meridionale

M. Polemio, D. Casarano, V. Dragone

Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, CNR, Bari, Italia
m.polemio@ba.irpi.cnr.it

SOMMARIO: Si caratterizzano le tendenze delle variabili climatiche che determinano la disponibilità di risorse idriche e gli effetti sulla disponibilità di acque sotterranee, analizzando serie temporali mensili inerenti piovosità e temperatura di 126 stazioni collocate in Italia meridionale, tra il 1821 e il 2005. È emersa una tendenza al calo pluviometrico che riguarda il 95% dell'area, dovuto in particolare ad un consistente deficit di precipitazioni a partire dal 1980. La tendenza negativa è accentuata in inverno, solitamente stagione più piovosa su gran parte dell'area considerata. Questo fattore, congiuntamente con temperature maggiori della media osservate con regolarità dal 1980, determina per la piovosità efficace una tendenza al calo ancora più grave. Gli effetti sulle acque sotterranee sono stati valutati mediante serie storiche mensili considerando vasti acquiferi in Basilicata, Calabria e Puglia, caso descritto nel dettaglio. Ovunque si osserva una spiccata tendenza al calo piezometrico.

1 CLIMA

L'evoluzione del clima su scala planetaria e la possibile influenza delle attività umane sono sempre più spesso all'attenzione generale. Anche in occasione di eventi a scala locale, spesso si fa riferimento a tali fenomeni, a volte in modo generico e contraddittorio. Ciò è accaduto anche tra il 2000 e il 2002, quando prolungate siccità hanno colpito l'Italia meridionale, causando notevoli problemi per l'approvvigionamento idrico.

Lo studio riguarda l'intera Italia meridionale (Campania, Basilicata, Puglia e Calabria) e ha come finalità la caratterizzazione della tendenza evolutiva dei principali fattori climatici di rilievo per la disponibilità di risorse idriche, in particolare sotterranee, e degli effetti indotti dalle modificazioni climatiche su disponibilità e qualità delle acque sotterranee. L'analisi dei dati pluviometrici di 126 stazioni del Servizio Idrografico ha evidenziato sul periodo 1921-2001, selezionato per la maggiore regolarità delle serie e densità spaziale dei dati, una tendenza al calo pluviometrico sul 95% dell'area considerata, con coefficienti angolari minimi pari a -9mm/anno in gene-

re osservati nelle zone a maggiore piovosità media annua, corrispondenti nelle medesime ad un calo tendenziale della piovosità annua di 720 mm, nel periodo considerato. In Tab. 1 sono presentati i valori aggregati su scala regionale (Polemio e Casarano, 2004).

L'analisi delle medie mobili pluriennali di piovosità permette di osservare come il contributo determinante alla tendenza negativa derivi dalla ricorrenza di precipitazioni sensibilmente inferiori alla media a partire dal 1980 (Fig. 1).

La fase piovosa intercorsa tra l'autunno del 2002 e l'inverno 2005-2006 non ha intaccato significativamente le tendenze complessive.

Il deficit pluviometrico è risultato spesso as-

Tab. 1: Piovosità Media Annua (PMA ,mm), Trend (T, mm/anno) e Variazione Tendenziale (VT, mm) nel periodo di studio (1921-2001).

	PMA	T	VT
Puglia	644	-0,80	-65
Basilicata	893	-1,81	-145
Calabria	1043	-2,87	-230
Campania	1118	-2,44	-196

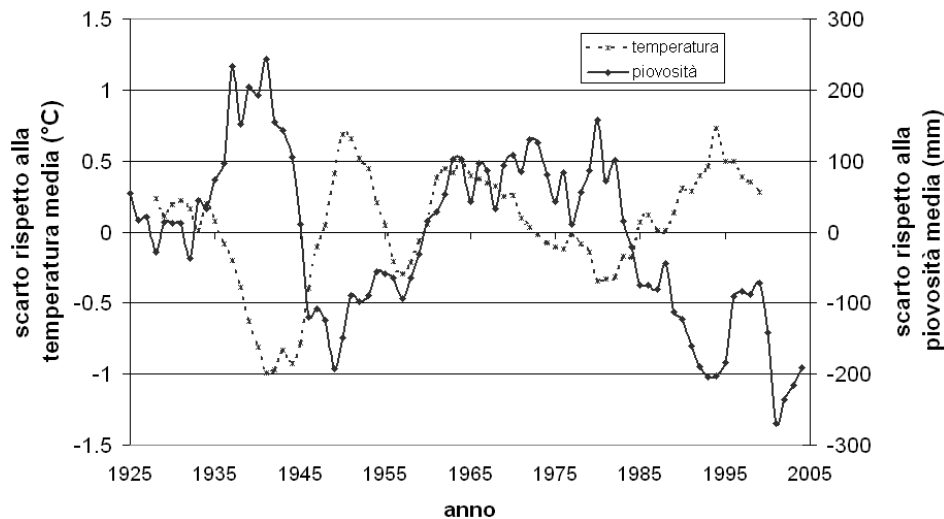


Figura 1: medie mobili quinquennali delle anomalie termiche e pluviometriche in Campa-

sociato a temperature superiori alla media (Fig. 1), sebbene l'occorrenza di queste ultime non sia stata tale da determinare una tendenza lineare statisticamente significativa sull'intera area considerata.

Dall'analisi su base stagionale emerge che la tendenza al calo pluviometrico è concentrata prevalentemente nella stagione invernale. Il trimestre dicembre-febbraio, mediamente il più piovoso su gran parte dell'area esaminata, determina da solo, su base regionale, almeno il 75% della tendenza negativa complessiva. Il deficit di precipitazioni riscontrato negli ultimi 20 anni deriva prevalentemente dal mancato contributo delle precipitazioni invernali. Questo aspetto, insieme all'occorrenza di temperature superiori alla media, fa sì che la piovosità efficace presenti dei cali tendenziali in percentuale maggiori di quelli calcolati per la piovosità (Tab. 2).

La maggiore evapotraspirazione rende, infatti, ininfluente il contributo delle precipitazio-

Tab. 2: Piovosità efficace media (PEM, mm), Tendenza della Piovosità Efficace (TPE, mm/anno), Variazione Tendenziale della Piovosità Efficace 1924-2001(VTPE, %).

PMA	PEM	TPE	VTPE
<600	85,5	-0,39	-33,1%
600-900	227,9	-0,89	-27,1%
900-1300	464,8	-1,99	-32,2%
>1300	967,9	-4,30	-32,3%

ni estive, quasi ovunque in controtendenza in quanto con trend positivi, generalmente dovuti a brevi eventi di notevole intensità.

2 GLI EFFETTI SULLE ACQUE SOTTERRANEE

La ricerca svolta ha interessato vasti acquiferi di Basilicata, Calabria e Puglia; i risultati sono molto si-

mili, nonostante le forti differenze idrogeologiche degli acquiferi considerati. per brevità si descrive quindi il caso "Puglia" (Polemio *et al.* 2004; Polemio e Casarano, 2007).

Le risorse idriche sotterranee costituiscono un riferimento importante per lo sviluppo regionale nel caso della Puglia, in conseguenza della modestissima disponibilità di risorse idriche superficiali.

Le unità idrogeologiche distinguibili nella regione Puglia sono convenzionalmente quattro: Gargano, Tavoliere, Murgia e Salento. Eccetto il Tavoliere, costituito da un acquifero poroso, le restanti unità idrogeologiche sono caratterizzate da ampi e potenti acquiferi con sede nelle rocce calcaree e/o calcareo-dolomitiche del Mesozoico (Polemio 2000).

Dato che la disponibilità di acque sotterranee dipende da molteplici fattori, sono state con-

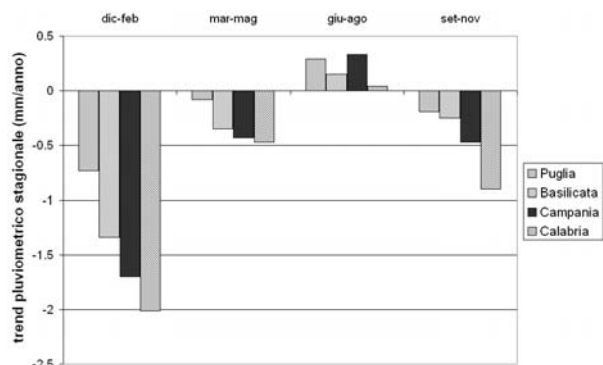


Figura 2: Tendenza della piovosità stagionale per ciascuna regione.

Tab. 3: Pozzi per unità idrogeologica (UI) e stima della tendenza piezometrica attuale più probabile. CA è il coefficiente angolare della retta trend (m/mese).

UI	N. pozzi	Dati disponibili		CA minimo	Tendenza più Probabile
		da	a		
Tavoliere	12	1929	2002	-0,034	Forte calo
Gargano	4	1975	1978	-0,003	Calo moderato?
Murgia	30	1965	2003	-0,020	Forte calo
Salento	17	1965	2003	-0,010	Calo

siderate, in relazione a ciascuna serie piezometrica, le serie idrogeologicamente più significative non solo di piovosità e temperatura ma anche di deflusso fluviale nonché, in modo qualitativo, stante l'indisponibilità di dati, il prelievo di acque sotterranee e l'uso di risorse esterne addotte dagli acquedotti (Polemio *et al.*, 1999; Polemio e Dragone, 1999). Le serie storiche piezometriche mensili utilizzate sono descritte dalla Tab. 3, che riassume la stima del trend piezometrico attuale.

Tutte le serie storiche sono state analizzate con diverse tecniche, tra cui auto e crosscorrelazione. I coefficienti piezometrici di autocorrelazione mostrano un andamento progressivamente decrescente al crescere del ritardo, a partire da valori prossimi all'unità. Ciò comporta che le falde idriche pugliesi manifestano un rilevante effetto memoria, cioè la quota piezometrica di un dato mese dipende fortemente da quella dei mesi precedenti, in modo significativo e decrescente all'aumentare del ritardo, in genere fino a non meno di 3 mesi: ciò costituisce una peculiare caratteristica degli acquiferi, di notevole importanza soprattutto in periodi siccitosi. Più duraturo e accentuato è l'effetto memoria in Salento e nel Tavoliere, a riprova delle ottime caratteristiche idrogeologiche di queste unità. Le relazioni tra le variabili piezometriche e quelle climatiche hanno registrato valori significativi per un ritardo di 1-4 mesi. L'effetto delle precipitazioni si risente fino a un massimo di 2-3 mesi, mentre la migliore correlazione con la temperatura si registra con un

ritardo di 4 mesi. La circostanza che anche le variazioni termiche risultino significative, a luoghi più della piovosità, come nel caso del Tavoliere, è dovuta alla natura del clima, diffusamente semiarido. In tale clima, la temperatura è significativa per due diversi fenomeni: il primo, assolutamente naturale, è l'evapotraspirazione, che "regola" la disponibilità di piogge efficaci ai fini dell'infiltrazione, l'altro, di natura antropica, è legato al deficit idrico estivo, dovuto principalmente alle alte temperature, che, in virtù delle prevalenti attività agricole, viene compensato mediante diffusi emungimenti. Il trend piezometrico è stato espresso speditamente mediante il coefficiente angolare della retta di regressione (Tab. 3). Procedendo dal Salento verso la Murgia CA decresce. I valori minimi, i peggiori, si osservano nell'interno della Murgia, in particolare di quella sudorientale, dove si registrano le massime quote piezometriche, con valori di CA minori di -0,02 m/mese. Nella Murgia, come anche per le altre unità idrogeologiche, il CA si approssima a zero, come naturale trattandosi di acquiferi costieri, procedendo dall'interno verso la costa. Per il Gargano è realistica pur se poco documentata, per difficoltà operative di monitoraggio, una tendenza piezometrica dai caratteri intermedi tra Murgia e Salento (Polemio e Dragone, 1999).

Le tendenze piezometriche erano già prevalentemente negative al 1997 in tutte le UI. Nel caso del Tavoliere la drammatica tendenza al calo piezometrico è stata di recente confermata da rilievi effettuati nel 2002 (Polemio *et al.*, 2003). La Tab. 2 riporta i risultati statistici per i pozzi della Murgia e del Salento per i quali è stata effettuata una campagna nel 2003.

La siccità del 2000-2002 ha ulteriormente aggravato la situazione, in particolare per il Salento. Il CA ha nuovamente evidenziato, per tutti i pozzi, un valore negativo, generalmente peggiore di quello determinato al 1997, che comporta una tendenza diffusa, sia pure lenta in alcuni casi, al calo piezometrico. La situa-

zione si è aggravata in particolare nel Salento. Tutto ciò nonostante la siccità sia di fatto terminata sul finire del 2002. Sulla base delle conoscenze in tema di trend piezometrico, e delle variabili da cui esso dipende, la tendenza piezometrica più probabile all'attualità è diffusamente grave (Tab. 3).

3 CONCLUSIONI

La tendenza al calo delle precipitazioni nel periodo 1921-2001 interessa la quasi totalità dell'area considerata. Sebbene generalizzata e di entità significativa, ovvero incompatibile con l'ipotesi di piovosità stazionaria, tale tendenza non si delinea in modo omogeneo sull'area in esame. La tendenza al calo pluviometrico in valore assoluto più accentuata si verifica nella zona Tirrenica tra Calabria e Basilicata e nel catanzarese, mentre la Puglia è caratterizzata da una tendenza decrescente più contenuta ma ben più rilevante ai fini della siccità in quanto colpisce drammaticamente un territorio già poco piovoso. Il calo pluviometrico si è concentrato in particolare nella stagione invernale, solitamente la più piovosa in gran parte dell'area in esame. Tale circostanza causa una più accentuata tendenza al calo della piovosità efficace. La ricostruzione degli aspetti tendenziali, negli ultimi 30 anni, delle variazioni piezometriche ha mostrato un abbassamento significativo della quota piezometrica in tutti gli acquiferi considerati in Calabria, Basilicata e Puglia. Per le unità idrogeologiche pugliesi i valori più accentuati di tendenza al calo si osservano nelle aree interne della Murgia e del Tavoliere. Tutti gli acquiferi considerati mostrano un effetto memoria notevole, in alcuni casi molto rilevante, effetto imputabile alle buone caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi considerati. Gli elementi raccolti segnalano un progressivo depauperamento delle falde idriche proprio dove si concentrano le acque sotterranee di migliore qualità.

4 BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Polemio M., Casarano D., (2004) "Rainfall and drought in southern Italy (1821-2001)", *The Basis of Civilization – Water Science?*, IAHS Publ. 286, 217-227.
- Polemio M., Casarano D., (2007) "Climate change, drought and groundwater availability in southern Italy, Geological Society of London, *Climate Change and Groundwater*, in corso di stampa, Londra.
- Polemio M., Casarano D., Dragone V. (2004) "Trend termopluviometrici, siccità e disponibilità di acque sotterranee". *Atti della Giornata di Studio: Metodi Statistici e Matematici per l'Analisi delle Serie Idrologiche*, 123-132, Napoli.
- Polemio M. (2000) "Degradation risk owing to contamination and overdraft for Apulian groundwater resources (Southern Italy)". *Water resources management in a vulnerable environment for sustainable development*, UNESCO-IHP, Grifo Publishers, Perugia, 185-194.
- Polemio M., Di Cagno M., Dragone V. (1999) "Effetti antropici e naturali sul degrado quantitativo delle acque sotterranee del Tavoliere". *Quaderni di Geologia Applicata*, Pitagora Editrice, Bologna, 1999, 4, 153-162.
- Polemio M., Dragone V. (1999) , "Serie storiche piezometriche delle unità idrogeologiche pugliesi: regime piezometrico, effetti climatici ed antropici". *Pubbl. GNDCI n. 2015, Quaderni di Geologia Applicata*, Pitagora Editrice, Bologna, 1999, 4, 143-152.