

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

ATTI DEI CONVEGNI LINCEI

204

GIORNATA MONDIALE DELL'ACQUA

LA SICCIITÀ IN ITALIA

(Roma, 21 marzo 2003)



ROMA
ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
2004

MAURIZIO POLEMIO^(a), VITTORIA DRAGONE^(a), DONATELLA MITOLO^(a)

LA SICCIÀ E LA DISPONIBILITÀ
DI RISERVE IDRICHE SOTTERRANEE
NELLA PIANA DI METAPONTO (BASILICATA)^(*)

INTRODUZIONE

Lo studio interessa la Piana di Metaponto, territorio posto nella regione Basilicata, lungo la costa ionica, costituito dalla porzione terminale dei bacini imbriferi dei fiumi Sinni, Agri, Cavone, Basento e Bradano. L'area è soggetta ad un intenso sviluppo economico connesso alle attività agricole, zootecniche e turistiche, per le quali si richiede una continua ed ingente disponibilità di acqua. Le risorse idriche sotterranee dell'area in esame sono particolarmente esposte al degrado quantitativo per la riduzione della ricarica e il sovrasfruttamento delle falde idriche sotterranee, fenomeni entrambi da ricondursi, come emerge da questo studio, alle recenti siccità. Lo studio si basa sulla caratterizzazione del complesso di relazioni esistenti tra i corpi idrici superficiali e sotterranei, in funzione delle modificazioni climatiche e antropiche del ciclo idrologico, con particolare attenzione alla disponibilità di acque sotterranee. Le più importanti modificazioni antropiche si sono succedute nel corso della seconda metà del secolo scorso. I primi decenni del '900 sono stati caratterizzati dallo sfruttamento moderatamente crescente delle acque sotterranee, principalmente nella parte alta della piana di Metaponto, l'unica salubre. Negli anni '50 numerosi pozzi sono stati realizzati per soddisfare la domanda domestica ed irrigua, comparsa per l'insediamento nella piana di migliaia di coloni, reso possibile dalla bonifica e dalla riforma fondiaria. Durante gli anni '60-'80, in seguito alla realizzazione di dighe e traverse, i pozzi precedentemente realizzati sono stati quasi del tutto sostituiti dalle reti irrigue. Infine, dagli anni '80 ad oggi le

^(a) CNR-IRPI - Sezione di Bari - Via Orabona, 4 - 70125 Bari.

^(*) Pubblicazione redatta dalla U.O. 4.14 nell'ambito dell'attività del GNDICI-CNR.

perduranti e frequenti siccità da una parte hanno ridotto la ricarica degli acquiferi, dall'altra hanno frequentemente svuotato gli invasi e, di conseguenza, reso inefficaci gli acquedotti. Si è fatto ricorso così, sempre più spesso ed intensamente, ad integrazioni con nuovi e vecchi pozzi. La gravità del calo piezometrico non è data solo dalla riduzione della quantità di risorse idriche disponibili ma anche dal degrado qualitativo delle acque sotterranee per inquinamento salino, causato dall'intrusione marina (Polemio *et al.* 2002b).

GEOLOGIA E INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area di studio ricade nella parte meridionale dell'avanfossa appenninica, nota come Fossa Bradanica (Ciaranfi *et al.* 1983; Tropeano *et al.* 2002), all'interno della quale si distinguono, dall'alto verso il basso, le seguenti formazioni (Fig. 1): i *depositi marini terrazzati* (Pleistocene medio-sup.), costituiti da sabbie, conglomerati e limi; le *Argille subappenniniche*

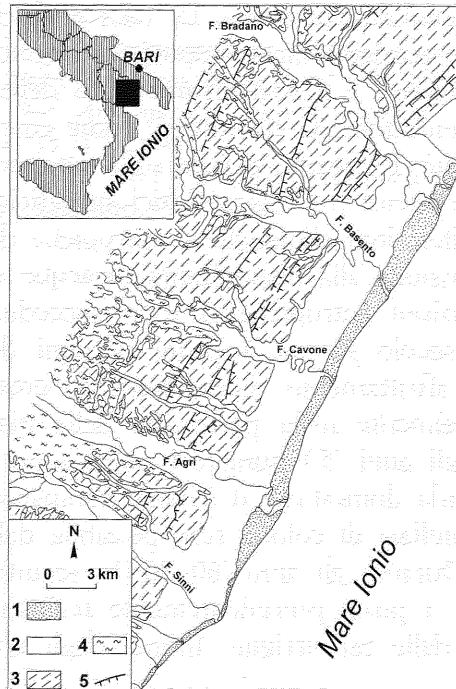


Fig. 1 – Carta geologica schematica dell'area di studio e tracce di sezione: 1) depositi costieri; 2) depositi alluvionali, di transizione e marini; 3) depositi di terrazzi marini; 4) Argille subappenniniche; 5) scarpate.

ne (Pliocene sup.-Pleistocene medio), di natura pelitica, che chiude la successione e costituisce il substrato dell'intera area; i *depositi alluvionali, di transizione e marini*, costituiti da sabbie, ghiaia e limi, e i *depositi costieri* prevalentemente sabbiosi (Polemio *et al.* 2002a).

Dal punto di vista idrogeologico, si possono distinguere due tipi principali di acquiferi. Il primo tipo, disposto all'interno del territorio, include più acquiferi costituiti dai depositi marini terrazzati e dai depositi alluvionali giacenti nelle valli fluviali (Polemio *et al.* 2002b). Tali acquiferi hanno in comune la modesta estensione lungo la piana, in quanto gli uni interrompono la continuità degli altri, e la modesta potenza. La conducibilità idraulica degli acquiferi costituiti dai terrazzi marini è peraltro generalmente maggiore di quella degli acquiferi alluvionali delle valli fluviali.

Il secondo tipo include unicamente l'acquifero della piana costiera, che si estende per circa 40 km lungo la costa e per alcuni chilometri tra il mare e l'affioramento dei depositi marini terrazzati. Detto acquifero è più interessante per la captazione di acque sotterranee, non tanto per la conducibilità idraulica, non molto alta (in media pari a $2,3 \cdot 10^{-4}$ m/s), quanto per la sua estensione, potenza e continuità lungo l'intera piana. Tale acquifero è generalmente multistrato; il più superficiale, l'unico diffusamente sfruttato e caratterizzato, è costituito da terreni sabbiosi, in cui il flusso idrico sotterraneo avviene prevalentemente in pressione (Polemio *et al.* 2002b).

L'andamento della superficie piezometrica, tracciata utilizzando i dati relativi ad oltre 800 pozzi, mostra che tutti gli acquiferi hanno in comune, a scala sinottica, la direzione principale di flusso idrico, orientata approssimativamente verso la costa ionica.

L'alimentazione dell'acquifero della piana deriva in buona parte dalle acque sotterranee provenienti dai depositi marini terrazzati, posti a monte, ma anche da perdite dagli alvei fluviali. La ricarica diretta è da ritenersi invece modesta, sia per le piogge efficaci molto basse, sia per la scarsa incidenza su queste delle infiltrazioni, in virtù del diffuso affioramento di terreni a bassa permeabilità.

DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARE DEI DATI

Le conoscenze idrogeologiche storiche si riferiscono alle serie cronologiche mensili di tipo pluviometrico, termometrico, idrometrico e piezometrico, costruite dai dati pubblicati dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN 1923-2000). Tali conoscenze sono state integrate con rilievi diretti effettuati nel 2002.

La piovosità media annua, relativa a quattro stazioni pluviometriche, è inferiore a 600 mm mentre la temperatura media annua, misurata da tre stazioni termometriche, è circa pari a 17 °C (Polemio-Dragone 2003). L'intera Piana di Metaponto è quindi caratterizzata da condizioni climatiche sfavorevoli all'accumulo delle risorse idriche. Utilizzando il tradizionale metodo di Thornthwaite e Mather, risulta che, assunta una capacità di ritenzione di 100 mm, la piovosità efficace annua è pari a 101 mm, distribuiti da dicembre a marzo (stazione di Metaponto). Secondo la classificazione climatica di Thornthwaite, il clima è semi-arido.

Le portate fluviali medie annue sono risultate comprese tra 4,7 e 20,0 m³/s per i fiumi Sinni, Basento e Bradano (non vi sono misure per il fiume Cavone).

Le misure piezometriche storiche si riferiscono a 60 stazioni ed, in particolare, a due intervalli di tempo, 1927-1940 e 1951-1984 (Polemio-Dragone 2003). L'escursione piezometrica media annua è risultata compresa nell'intera area tra 0,1 m e 4,8 m. Escludendo 4 dei 60 pozzi considerati, in quanto posti in condizioni idrogeologiche particolari, ossia nell'interno del territorio rispetto a Nova Siri Scalo e ai limiti della piana, il massimo dell'escursione piezometrica media annua scende a 1,0 m. I minimi piezometrici assoluti si sono verificati principalmente tra il 1952 e il 1954, quando lo sfruttamento della falda era notevole, come

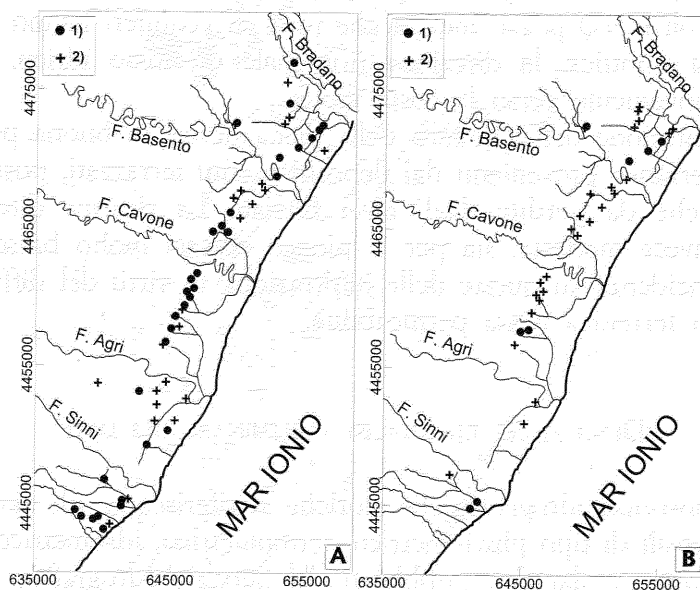


Fig. 2 – Trend piezometrico dal 1927 al 1940 (A) e dal 1951 al 1984 (B). Legenda: 1) trend negativo; 2) trend positivo.

conseguenza della riforma fondiaria e dell'assenza di adduzioni per usi agricoli di risorse esterne (Polemio-Dragone 2003).

Recenti conoscenze piezometriche sono state acquisite in un'area campione, racchiusa tra i fiumi Agri e Cavone e tra la linea di costa e l'affioramento dei depositi marini terrazzati, in cui si è svolto un apposito monitoraggio su 51 pozzi censiti durante il 2002, distinto in quattro fasi.

ANALISI DELLE SERIE STORICHE E CARATTERI TENDENZIALI

La notevole quantità di dati storici raccolti, se pur non molto recenti, ha permesso di valutare la variabilità e l'evoluzione nel tempo della disponibilità delle risorse idriche sotterranee. Il carattere tendenziale delle serie storiche piezometriche è stato individuato, sia a scala sinottica, tra i fiumi Sinni e Bradano, sinteticamente espresso mediante il calcolo del coefficiente angolare (CA) della retta di regressione, la cui significatività è stata valutata con il test di Mann-Kendall (Dietz-Kileen 1981), sia a scala di dettaglio, tra i fiumi Agri e Cavone, mediante un approccio geostatistico basato sul confronto tra le superfici piezometriche relative a diverse epoche.

Per quanto attiene le serie piezometriche, i coefficienti di regressione sono stati calcolati per i due intervalli di tempo in cui i dati sono disponibili, utilizzando pozzi con almeno 10 anni di funzionamento. Per il periodo 1927-1940 emerge che un numero di pozzi pari al 80% si associa ad un coefficiente negativo, che implica una tendenza diffusa al calo piezometrico, in media pari a circa 5 cm/anno. Nello stesso periodo le serie pluviometriche mostrano un trend leggermente crescente, quelle termometriche non presentano trend, mentre quelle di deflusso non sono disponibili. Si noti che in quegli anni la falda idrica sotterranea era l'unica risorsa disponibile per l'uso irriguo. Non essendo ancora iniziato lo sfruttamento delle risorse idriche superficiali, tali risultati evidenziano che la falda idrica sotterranea abbia mostrato segni di degrado quantitativo.

Nel periodo dal 1951 al 1984 il trend si inverte: il 75% dei pozzi mostra un trend crescente. Tutto ciò accade nonostante sia le precipitazioni sia i deflussi fluviali mostrino trend decrescenti. Per quanto i diversi tipi di serie disponibili si sovrappongano solo parzialmente, è evidente che nella seconda metà del secolo scorso è prevalso l'effetto dell'irrigazione con acque derivate dalle dighe. Tale circostanza, incrementando gli eccessi irrigui, ha indotto sia ad una sorta di ricarica artificiale,

sia all'abbandono di un gran numero di pozzi, realizzati fino ai primi anni '50.

La crosscorrelazione tra le serie storiche piezometriche e pluviometriche ha mostrato che la piovosità è molto modulata dall'acquifero. In altre parole, variazioni delle piovosità, quali duraturi o intensi periodi piovosi o siccitosi, si risentono in termini piezometrici con effetti ritardati, fino a quattro mesi. La relazione pioggia-piezometria, espressa dal coefficiente di correlazione, è risultata in media pari a circa 0,3 (Polemio-Dragone 2003).

Nel caso della temperatura, il più significativo coefficiente di crosscorrelazione è risultato sempre negativo, ossia l'innalzamento della quota piezometrica ben si correla al calo della temperatura. Il parametro temperatura è risultato quello che statisticamente meglio «giustifica» la variabilità piezometrica. Idrogeologicamente ciò si spiega considerando che i prelievi di acque sotterranee, effettuati prevalentemente a fini irrigui, si accentuano al crescere della temperatura, nella stagione arida, e si annullano allo scendere della stessa nella stagione umida, durante la quale non solo cessano i prelievi ma cresce la ricarica naturale, diretta o meno. L'effetto delle variazioni termiche si risente fino a due mesi, solo eccezionalmente fino a quattro.

L'impulso determinato dal deflusso fluviale provoca invece una risposta rapida, ritardata di un solo mese.

L'approccio geostatistico è stato applicato in un'area campione, selezionata tra i fiumi Agri e Cavone. I rilievi effettuati nel corso del 2002 hanno permesso di tracciare delle mappe piezometriche da confrontare con tecniche GIS con quelle relative agli anni 1953 e 1990, per i quali si dispone di un elevato numero di misure. La superficie piezometrica del 1990 e del 2002 sono espresse come variazione rispetto alla piezometria del 1953 (Fig. 3). Si osserva così che la situazione al 1990 è sostanzialmente simile a quella del 1953: si registra un modesto incremento della quota piezometrica media nell'area, pari a circa 0,34 m. In effetti nel 1990 si era solo all'inizio di un grave periodo siccitoso mentre era da tempo cessato l'eccessivo sfruttamento dei pozzi negli anni '50, grazie alle risorse garantite dalle dighe. Molto preoccupanti sono invece i risultati relativi al 2002: si registra un calo piezometrico medio in tutta l'area di studio di 1,46 m rispetto al 1953 e di 1,80 m rispetto al 1990.

Dal punto di vista termopluviometrico, a fronte di modestissime e trascurabili incrementi di temperatura, si riscontra un calo pluviometrico tendenziale al 2002 sull'intera area di circa 211 mm in 100 anni, pari al 38% della piovosità media attuale. Tale dato è evidentemente da correlare alla recente siccità, del 1989-1991 e quella del 2000-2002. Quest'ul-

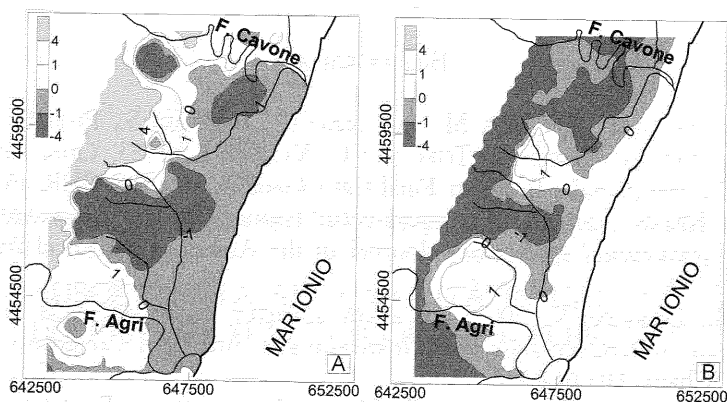


Fig. 3 – Mappe delle variazioni piezometriche del 1990 (A) e del 2002 (B) rispetto al 1953 (m).

tima, causando la perdurante scarsa disponibilità di acque invasate presso le principali dighe regionali, ha indotto le utenze, in particolare quelle irrigue, a riprendere lo sfruttamento intensivo della falda idrica sotterranea. L'andamento delle portate fluviali, misurate in pratica dal 1951 al 1971, risulta in netto decremento, registrando un coefficiente di regressione che è compreso tra 0,2 e 0,3 $\text{m}^3/(\text{s anno})$, pari a circa 10 Mm^3 ogni anno, per i tre fiumi soggetti a misure.

CONCLUSIONI

Le serie storiche piezometriche considerate hanno mostrato caratteri tendenziali variabili in funzione dei principali interventi antropici capaci di modificare il ciclo idrologico. La piovosità annua in calo significativo, la temperatura annua appena crescente e il deflusso fluviale annuo in forte calo, non forniscono ragioni di ottimismo in relazione alla disponibilità di risorse idriche sotterranee nella piana di Metaponto. Costituisce fonte di preoccupazione, inoltre, il crescente emungimento in atto a causa della recente siccità e della crescente derivazione di acque fluviali, altrimenti destinata alla ricarica degli acquiferi. Negli ultimi 50 anni si è registrato un calo piezometrico medio in tutta l'area di studio, come confermato anche con i rilievi effettuati nel corso del 2002. Il calo piezometrico e, quindi, la disponibilità idrica preoccupano particolarmente in quanto accentuano il rischio di intrusione marina, fenomeno in grado di ridurre sensibilmente la qualità delle acque sotterranee della piana costiera metapontina.

BIBLIOGRAFIA

- CIARANFI N., GHISETTI F., GUIDA M., IACCARINO G., LAMBIASE S., PIERI P., RAPISARDI L., RICCHETTI G., TORRE M., TORTORICI L., VEZZANI L., 1983. *Carta Neotettonica dell'Italia meridionale*. Progetto Finalizzato Geodinamica del CNR, (515).
- DIETZ E.J., KILEEN A., 1981. *A nonparametric multivariate test for monotone trend with pharmaceutical applications*. Journal of the American Statistical Association, 76: 169-174.
- POLEMIO M., DRAGONE V., 2003. *Gli effetti antropici e climatici sulla disponibilità delle acque sotterranee della piana Ionico-Lucana*. Atti del I Congresso Nazionale AIGA, Chieti: 603-614.
- POLEMIO M., DRAGONE V., LIMONI P.P., MITOLO D., SANTALOIA F., 2002a. *Extended report of CNR-CERIST unit on deliverables: first year of activity*. European research project «CRYSTECHSALIN».
- POLEMIO M., LIMONI P.P., MITOLO D., SANTALOIA F., 2002b. *Characterisation of ionian-lucanian coastal aquifer and seawater intrusion hazard*. Proc. of 17th Salt Water Intrusion Meeting, Deft, Netherlands: 422-434.
- TROPEANO M., SABATO L., PIERI P., 2002. *Filling and cannibalization of a foredeep: the Bradanic Trough, Southern Italy*. In: S.J JONES, L.E. FROSTICK (eds.), *Sediment Flux to Basins: Causes, Controls and Consequences*, Vol. 191, Geological Society of London, Special Publications, London: 55-79.
- SIMN, 1923-2000. *Annali Idrologici*. Parte I e II, Sezione Idrografica di Catanzaro, Roma.