

### III.8.2 – Elementi per il bilancio idrico del lago di Bracciano

(Fabio Musmeci, Angelo Correnti - ENEA)

Il lago di Bracciano è un importante elemento del comprensorio della Tuscia Romana che non può non essere descritto nell'Analisi ambientale dell'area.

Infatti la sua acqua viene utilizzata in molti settori quali l'agricoltura, lo sport e il turismo, la pesca e infine costituisce riserva idrica di emergenza che l'ACEA può utilizzare per integrare il fabbisogno della città di Roma. Inoltre il lago di Bracciano ed il suo bacino idrogeologico sono aree di grande valore naturalistico, in parte classificate come zona di protezione speciale (ZPS) e sito di interesse comunitario (SIC), inserito nella rete Natura 2000<sup>1</sup>, e in parte comprese nel Parco Regionale di Bracciano e Martignano.

Oltre a ciò, un motivo per studiare la situazione del lago e delle sue acque è costituito dall'interesse e addirittura dall'apprensione suscitati nella popolazione locale dalla crisi idrica dell'estate del 2003, che ha portato per la prima volta in secco la stadia che misura l'altezza dell'acqua del lago.

La complessità dell'ecosistema lago certamente non può essere ridotta soltanto al suo bilancio idrico (quantità di acqua che entra meno quantità di acqua che esce). Tuttavia il tempo e i dati a disposizione per questo studio non hanno consentito valutazioni più ampie e dettagliate ed anzi hanno costretto ad alcune drastiche semplificazioni come ad esempio quella di fondare calcoli e considerazioni su valori annuali dei dati che non tengono in alcun conto i "transitori" che invece, per gli ecosistemi come quello lacustre, hanno senz'altro una grande importanza. Ciò premesso, si è ritenuto comunque utile descrivere gli elementi essenziali del bilancio idrico del lago per delineare, in prima approssimazione, il quadro della situazione rispetto all'utilizzo attuale dell'acqua ed ai suoi sviluppi possibili, in modo comprensibile al largo pubblico e tale da mettere in evidenza i principali termini della questione.

I dati meteorologici utilizzati (medie mensili di temperatura, umidità e pioggia) sono quelli rilevati dalla stazione dell'Aeronautica di Vigna di Valle nel trentennio 1961-1990.

Il lago, che copre una superficie di 57 Km<sup>2</sup>, è la parte emersa di una falda acquifera molto vasta ed il relativo bacino idrogeologico è di circa 110 Km<sup>2</sup> (si veda per esempio il modello ST8 della Regione Lazio). Su questo bacino, annualmente, piovono in un anno poco più di 967 mm d'acqua equivalenti ad un flusso costante di 3,37 m<sup>3</sup>/s.

Contemporaneamente l'acqua evapora, sia direttamente dallo specchio d'acqua, sia dalla parte restante del bacino attraverso il processo di evapotraspirazione<sup>2</sup> delle piante. La quantità di acqua persa in totale per evaporazione ed evapotraspirazione dall'intero bacino può essere stimata equivalente ad un flusso costante di circa 2,66 m<sup>3</sup>/s come si evince dai calcoli che seguono.

Il calcolo dell'evaporazione dalla superficie del lago è stato effettuato utilizzando la formula di Vicentini che fornisce l'evaporazione E(t) mensile:

$$E(t) = 5,33 * T(t) + 0,75 * [100 - U(t)] \text{dove:}$$

T(t) è la temperatura media mensile

U(t) è l'umidità media mensile

<sup>1</sup> Natura 2000 è il nome che il Consiglio dei Ministri dell'Unione Europea ha assegnato ad una "rete" di aree destinate alla conservazione della diversità biologica dell'Unione ed in particolare alla tutela di una serie di habitat e specie animali e vegetali indicati negli allegati I e II della Direttiva "Habitat".

<sup>2</sup> Per evapotraspirazione potenziale (ETP) o evapotraspirazione di riferimento (ET0) si intende il volume di acqua perso dall'unità di superficie di terreno coperto da una vegetazione di notevole estensione (coltura standard di riferimento), bassa e omogenea, in piena attività di sviluppo, ottimamente rifornita di acqua e che ombreggi completamente il terreno, durante un certo periodo di tempo.

Il risultato che si ottiene è superiore a 1.193 mm/anno, cioè superiore alla quantità d'acqua caduta per pioggia. Essendo lo specchio d'acqua di 57 km<sup>2</sup> questa quantità di acqua equivale ad un flusso costante di 2,16 m<sup>3</sup>/s d'acqua.

Per il calcolo dell'evapotraspirazione dalle restanti parti del bacino si è utilizzata invece la formula di Turc che fornisce dati annuali:

$$E = P / \sqrt{0.9 + (P/L)^2}$$

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

dove:

T è la temperatura media annuale (° Celsius)

P è la pioggia totale (mm/anno)

E è l'evapotraspirazione (mm/anno)

Nel nostro caso E = 645 mm/anno. Occorre segnalare comunque che esistono diverse varianti di questa formula alle quali corrispondono risultati molto diversi. Infatti ad esempio le correzioni proposte da Santoro (1970) per aree mediterranee portano a stimare E pari a 300 anziché 645 mm/anno. Utilizzando il valore 300 mm/anno, la quantità di acqua persa per evapotraspirazione dalla superficie del bacino, esclusa quella del lago, (pari a 53 km<sup>2</sup>) equivale ad un flusso costante di 0,5 m<sup>3</sup>/s.

All'acqua persa per evaporazione ed evapotraspirazione si deve poi aggiungere quella persa a causa degli emungimenti da pozzi e sorgenti per usi agricoli, potabili, di inaffiamento giardini ecc.

Tali emungimenti sono stati rappresentati nella Tabella 1 che segue, in cui sono riportati i consumi di acqua per usi agricoli e zootecnici e per uso potabile (vedi i rispettivi capitoli di questa relazione) per i comuni lacustri di Anguillara, Bracciano e Trevignano e per il Comune di Manziana, che ugualmente insiste sul bacino del lago.

In tale tabella si è assunto che, come previsto dalla legge, l'acqua per usi agricoli e zootecnici non sia prelevata dagli acquedotti ed inoltre non sono stati presi in considerazione gli emungimenti dai pozzi privati per altri usi, in quanto molto difficili da quantificare. E' stata ugualmente trascurata la frazione di acqua piovana raccolta dalle fognature. Infatti la quantità di acqua trattata dal depuratore COBIS di Cesano (Roma), che serve i comuni di Anguillara, Bracciano, Trevignano e Manziana, è pari complessivamente a circa 5 milioni di m<sup>3</sup>/anno (sito internet ACEA) equivalenti ad una portata costante di 0,16 m<sup>3</sup>/s; poiché tale portata appare irrilevante rispetto al bilancio idrico del bacino, a maggior ragione lo è la sua frazione costituita da acque meteoriche raccolte dal sistema fognario non separato.

Dalla tabella si evince che la maggior parte degli emungimenti è dovuta all'agricoltura, responsabile del 66,6% dell'uso dell'acqua, mentre in Italia il valore medio del consumo di acqua imputabile all'agricoltura è 57% del consumo totale, e che complessivamente il consumo di acqua per zootecnia, agricoltura e usi potabili è di circa 0,5 m<sup>3</sup>/s.

Tab. 1 – Consumi di acqua in diversi settori di attività

Comuni	Zootecnia	Agricoltura	Acquedotti	Totale
	m <sup>3</sup> /anno	m <sup>3</sup> /anno	m <sup>3</sup> /anno	m <sup>3</sup> /anno
<b>Anguillara</b>	72.441	3.817.340	1.277.208	5.166.989
<b>Bracciano</b>	61.325	5.075.825	2.049.840	7.186.990
<b>Manziana</b>	11.150	1.178.675	1.308.744	2.498.569
<b>Trevignano</b>	5.190	866.680	694.310	1.566.180
<b>Totale</b>	150.106	10.938.520	5.330.102	16.418.728

### Conclusione

Dai dati e dalle considerazioni sopra riportati risulta che il bilancio idrico del bacino del lago di Bracciano può essere in prima approssimazione descritto come segue:

$$3,36 \text{ m}^3/\text{s} - 2,16 \text{ m}^3/\text{s} - 0,5 \text{ m}^3/\text{s} - 0,5 \text{ m}^3/\text{s} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Da quanto sopra discende che la quantità di acqua disponibile che l'ACEA potrebbe prelevare in media dal lago di Bracciano, per alimentare l'acquedotto di Roma, sarebbe in teoria pari a  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Questa è in altre parole la portata costante che potrebbe essere prelevata dal lago in un anno. Poiché però l'acqua serve di più in estate, i prelievi da parte ACEA sarebbero facilmente concentrati nel solo periodo dei 3 mesi estivi giugno-luglio-agosto in cui potrebbero avere una portata fino a  $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Occorre inoltre considerare l'ipotesi che continuino a manifestarsi le variazioni climatiche degli ultimi anni (Fig. 1 e 2). Infatti dall'analisi dei dati di piovosità dal 1990 fino al 2002 emerge che la media annuale è di 842 mm ed è quindi diminuita del 13% rispetto a quella media rilevata dalla stessa stazione di Vigna di Valle negli anni dal 1970 al 1989 (963 mm) (Fig. 1). Negli stessi periodi le temperature medie annuali hanno fatto registrare un aumento di oltre mezzo grado centigrado. Ciò rende possibile il manifestarsi di situazioni di siccità che potrebbero portare ad un ulteriore aumento della quantità di acqua persa dal bacino del lago di Bracciano, pari anche al 10%.

In particolare, nell'ipotesi che la pioggia diminuisca da  $3,37$  a  $3,00 \text{ m}^3/\text{s}$  e l'evaporazione passi da  $2,16$  a  $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , ipotizzando un aumento degli emungimenti da  $0,5$  a  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , si avrebbe il seguente bilancio idrico:

$$3 \text{ m}^3/\text{s} - 2,4 \text{ m}^3/\text{s} - 0,5 \text{ m}^3/\text{s} - 0,6 \text{ m}^3/\text{s} = - 0,5 \text{ m}^3/\text{s} \quad (\text{si noti il segno meno})$$

che evidenzia un probabile deficit idrico, anche in assenza di qualunque ulteriore prelievo da parte dell'ACEA.

Quanto fin qui esposto si basa, come già detto, su calcoli molto approssimati e formule semplificate e trascura, oltre alla trasmissività dei suoli, anche le fluttuazioni stagionali del livello del lago, gli effetti transitori e i prelievi dai pozzi privati.

Tuttavia, esso consente di individuare la dimensione delle variabili che contribuiscono al bilancio idrico del lago, mettendo in luce il problema della conservazione dell'ecosistema e l'esigenza di più approfondite indagini che consentano di analizzare i fenomeni in modo più accurato.

A proposito dell'acquedotto gestito dall'ACEA che si alimenta dal lago di Bracciano, occorre ricordare esso ha 2,5 metri di diametro e una portata massima di  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Questo acquedotto, nei pressi di Olgiata, presenta una diramazione (figura 5) che ha una sezione di un metro di diametro, in grado di rifornire anche la città di Civitavecchia.

I prelievi effettuati da ACEA attraverso questo acquedotto, dal 1970 al 2002, sono riportati nella Fig. 3.

I semplici calcoli sopra riportati mettono in evidenza come emungimenti di tale portata non possano essere compatibili con la conservazione del lago così come oggi lo conosciamo.

Infatti, considerando tutto il bacino idrico e trascurando la trasmissività idraulica dei suoli (cioè il fattore che rallenta il moto dell'acqua sotterranea) si può assumere che l'abbassamento di un metro del livello del lago corrisponde ad una perdita di circa 110 milioni di  $\text{m}^3$  d'acqua. Calcolando che  $8 \text{ m}^3/\text{s}$  equivalgono a  $691.200 \text{ m}^3/\text{giorno}$ , il livello del lago calerebbe di un metro in 159 giorni, poco più di 5 mesi, se venisse prelevata una portata costante pari a quella massima dell'acquedotto ACEA.

Figura 1 - piogge annuali registrate nella stazione di Vigna di Valle nel periodo 1970-2002

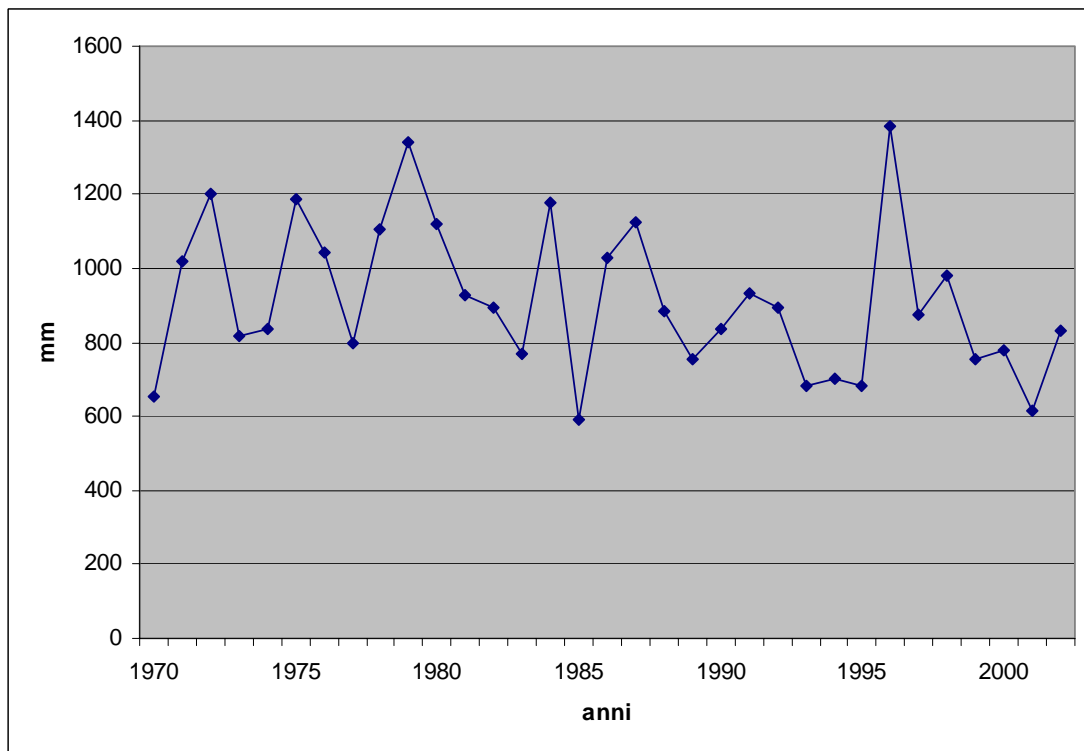


Figura 2 - temperature medie annue registrate nella stazione di Vigna di Valle

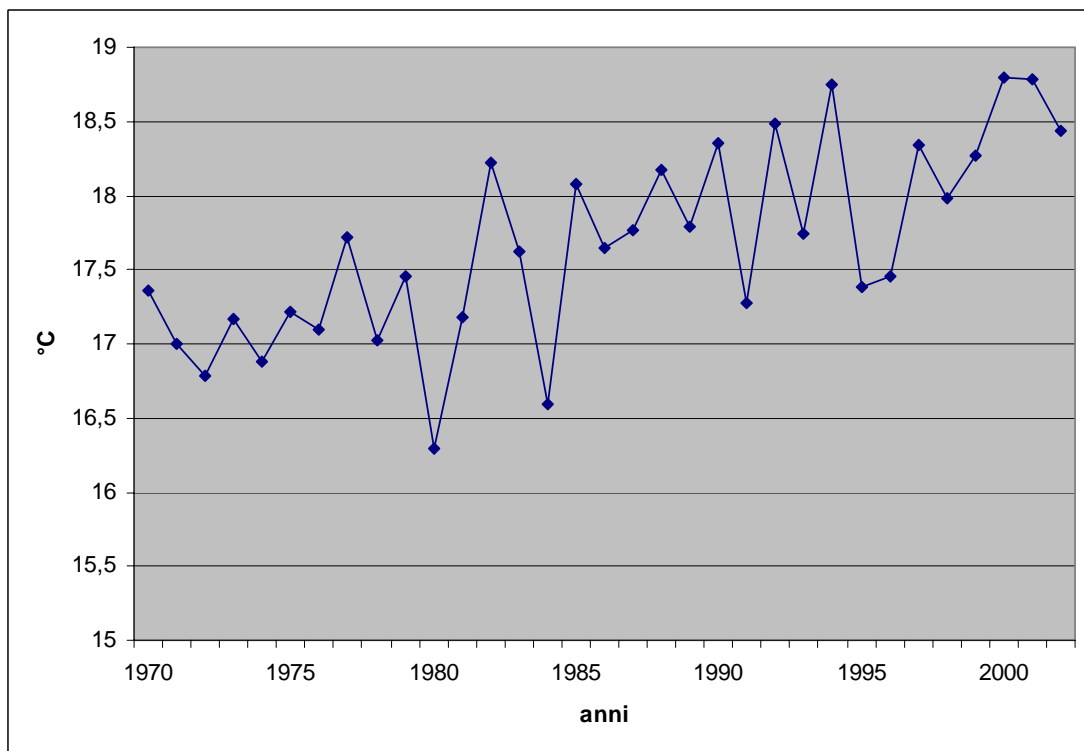


Figura 3 - prelievi annuali dell'ACEA in milioni di m<sup>3</sup> (fonte ACEA)

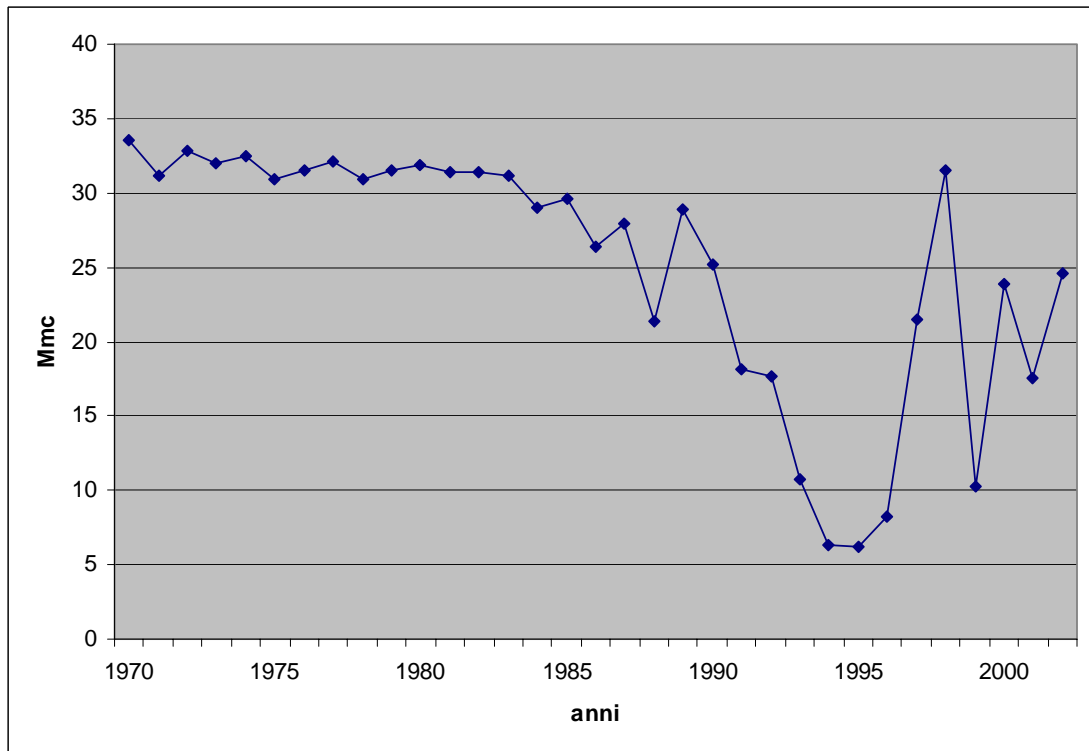


Figura 4 - altezze del lago sullo zero idrometrico (161.74 metri slm)

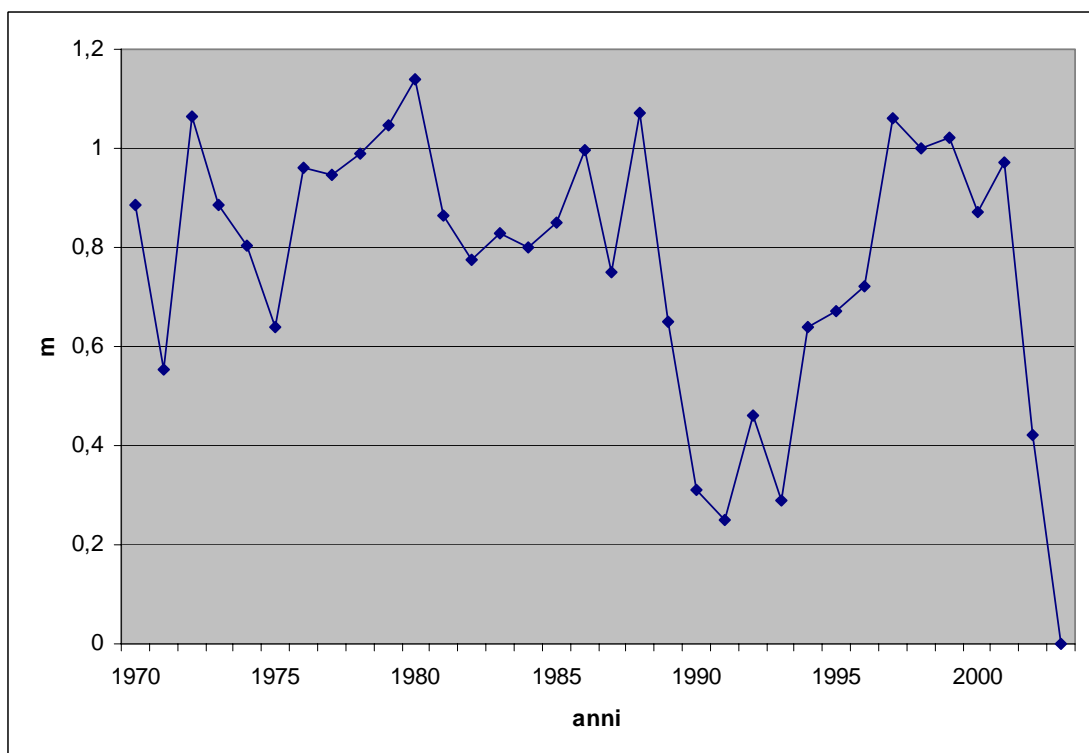


Fig. 5 - tracciato dell'acquedotto ACEA verso Roma e Civitavecchia

