

Risorse idriche sotterranee dei massicci carbonatici umbri

Carlo Boni - Matteo Falcone - Stefano Giaquinto - Endro Martini - Luigi Zoppis

Introduzione

La presente nota costituisce una sintesi del lavoro svolto dalla Società C. Lotti e associati e dagli uffici competenti della Regione Umbria nella prima fase del "Piano ottimale di utilizzazione delle risorse idriche della regione". Tale piano prevede, fra le varie attività, lo studio idrogeologico dei massicci carbonatici umbri. L'obiettivo della prima fase era di giungere ad una valutazione preliminare globale delle risorse disponibili da conseguire mediante i seguenti punti:

- uno studio geologico generale di verifica della cartografia esistente e ricostruzione degli assetti strutturali;
- uno studio idrogeologico per determinare, in prima approssimazione, il tipo di permeabilità delle singole formazioni affioranti e definire i rapporti fra le stesse;
- una analisi delle fratture mediante fotointerpretazione;
- uno studio geomorfologico;
- una elaborazione dei dati idroclimatici esistenti;
- delle indagini dirette di campagna sulle sorgenti più significative;
- l'esecuzione di bilanci idrogeologici.

Richiami alla geologia dell'Umbria

Il territorio della regione Umbria può essere schematicamente suddiviso in quattro settori, che sono:

- *I rilievi carbonatici*: che bordano i confini orientali della regione, occupano l'intera Valnerina fino al monte Vettore e si diramano nelle dorsali dei monti Martani, di Narni e di Amelia. In quest'area affiorano i terreni più antichi, depositi in un bacino pelagico durante il Mesozoico.

- *Il settore collinare centro-occidentale*: che occupa la maggior parte della regione, si estende ad oriente e ad occidente del Tevere, è caratterizzato da sedimenti marnoso-argillosi-arenacei di età prevalentemente Cenozoica, depositi sopra la serie carbonatica più antica. Da questi sedimenti affiora localmente il substrato carbonatico in mode-
ste strutture isolate (monte Subasio, monti di Gubbio, monte Tezio, monte Peglia).

- *La depressione Tiberina*: che nel Pleistocene ha ospitato un esteso bacino lacustre, ormai colmo

di depositi eterogenei argillosi, sabbiosi e glomeratici.

- *Il massiccio settentrionale dell'abbato vulcanico Vulsino*: costituito da tufi vulcanici e colate laviche e piroclastiche.

I rilievi carbonatici umbri si prolungano con continuità nelle Marche e nel Lazio settentrionale, costituendo il dominio geologico umbro-marchigiano-sabino, caratterizzato da una serie stratigrafica tipica interessata da una tettonica plicativa.

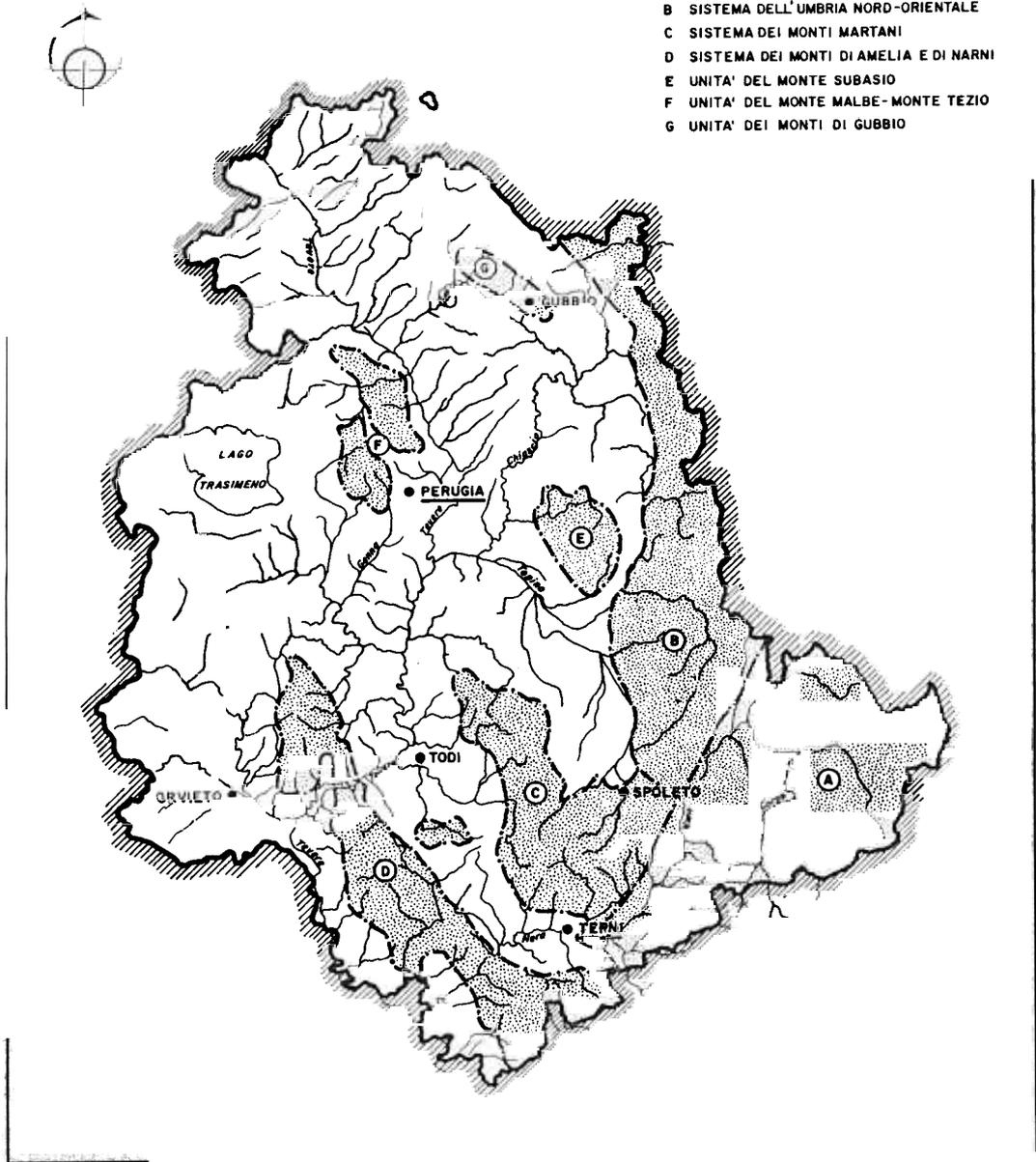
Le differenti formazioni geologiche che costituiscono i rilievi carbonatici sono:

- il complesso delle Dolomie triassiche;
- la formazione del Calcere massiccio (Retico-Sinemuriano);
- la formazione della Corniola (Lias medio);
- il complesso dei calcari marnosi e dei Diaspri (Giurassico) comprendente il Rosso ammonitico, le Marne a Posidonia, i calcari diasprini e gli Scisti con aptici;
- la formazione degli Scisti a fucoidi (Aptiano-Albiano);
- il complesso della Scaglia calcarea (Turoniano-Eocene medio).

Durante il Miocene-Pliocene un'intensa fase tettonica ha sollevato e corrugato tutte le sopracitate formazioni sedimentarie portandole all'emersione. Una successiva fase di collasso ha dato origine alle due vaste depressioni (Val Tiberina, Valle Umbra) che sono state colmate da depositi continentali. L'attuale assetto tettonico delle dorsali carbonatiche umbre è il prodotto di un complesso processo evolutivo che si è sviluppato prima, durante e dopo la sedimentazione della serie sedimentaria.

Il totale scollamento della serie carbonatica dal basamento metamorfico, i fenomeni di piegamento ed accavallamento delle sequenze calcareo-marnose, i graben interappenninici sono gli elementi strutturali che maggiormente influiscono sulla circolazione delle acque nel sottosuolo umbro. Sulla risultante di tali eventi negli affioramenti carbonatici sono stati suddivisi in sette strutture idrogeologiche ben definite che sono (fig. 1):

- Struttura "A" - Sistema della Valnerina;
- Struttura "B" - Sistema dell'Umbria N-E (Spoleto-Scheggia);



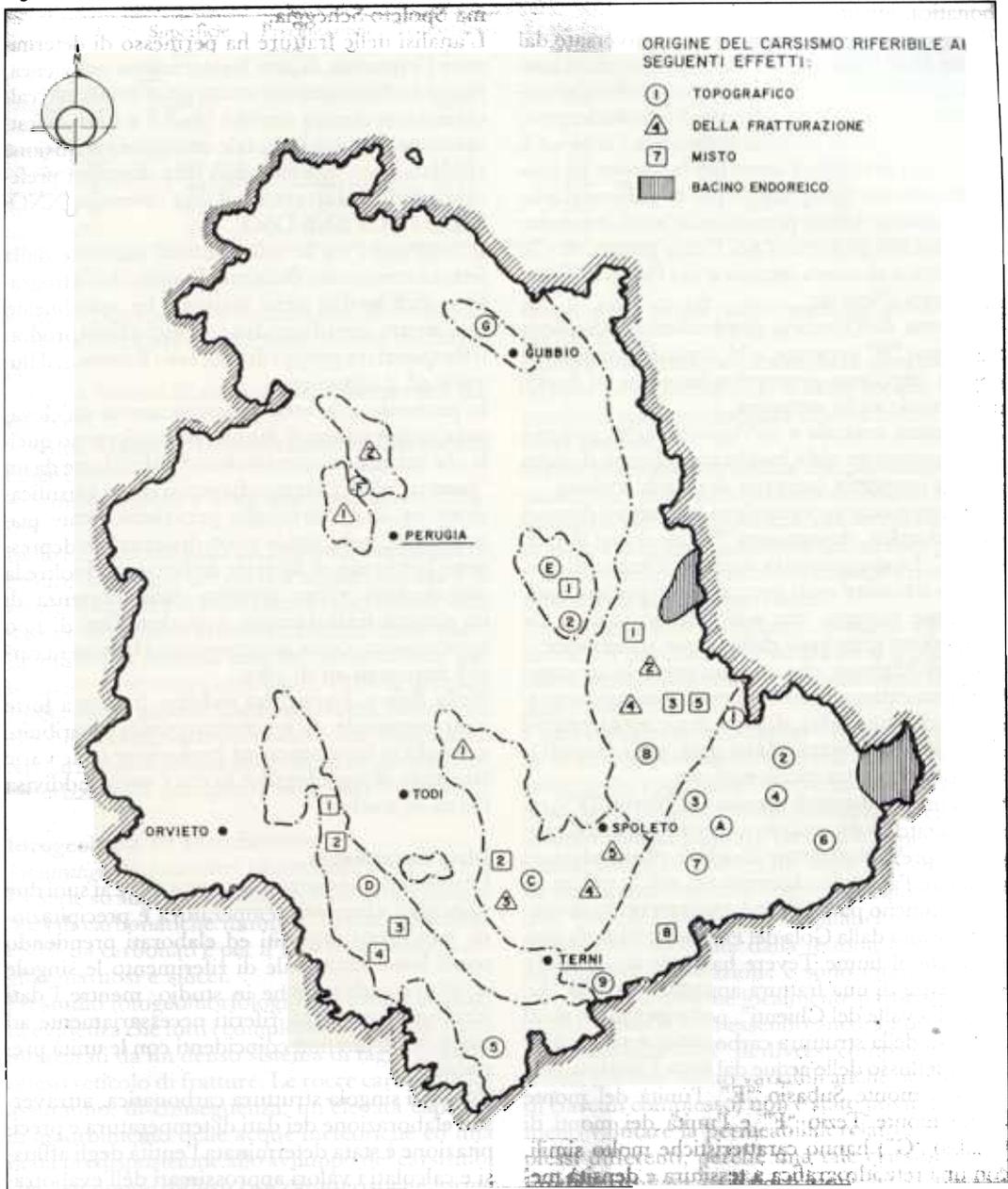
- A SISTEMA DELLA VALNERINA
- B SISTEMA DELL'UMBRIA NORD-ORIENTALE
- C SISTEMA DEI MONTI MARTANI
- D SISTEMA DEI MONTI DI AMELIA E DI NARNI
- E UNITA' DEL MONTE SUBASIO
- F UNITA' DEL MONTE MALBE-MONTE TEZIO
- G UNITA' DEI MONTI DI GUBBIO

- Struttura "C" - Sistema dei monti Martani;
- Struttura "D" - Sistema dei monti di Amelia e di Narni;
- Struttura "E" - Unità del monte Subasio;
- Struttura "F" - Unità del monte Malbe-monte Tezio;
- Struttura "G" - Unità dei monti di Gubbio.

Geomorfologia e fratturazione

Con lo scopo di avere una rappresentazione grafica di tutti quei fenomeni di carattere morfogenetico, la cui distribuzione può essere di aiuto per la determinazione della potenzialità idrogeologica, è stato effettuato uno studio attraverso l'interpretazione di foto aeree a scala 1:40.000

Fig. 2 - GENESI DEI FENOMENI CARSICI NELLE AREE A FORTE CONCENTRAZIONE



ed immagini Landsat elaborate in falso colore. Nel suo insieme il reticolo idrografico dei massicci carbonatici si presenta complesso per genesi ed evoluzione. Impostato generalmente su terreni calcarei che formano rilievi marcati, particolarmente nella zona orientale, il reticolo è rappresentato da valli ben incise e da una geometria

varia ma sempre soggetta ad un forte controllo strutturale. La tessitura e la densità, variabili in funzione dell'influenza del carsismo, hanno valori medi ed aumentano in presenza di alternanze di calcari con rocce più erodibili come marne ed arenarie marnose. L'esame approfondito dei modelli prodotti dallo scorrimento delle acque

superficiali sottolinea, per ciascuna struttura carbonatica, quanto segue.

Il sistema della Valnerina "A", è attraversato dal fiume Nera e dai suoi affluenti principali di sinistra che presentano corsi con aste profondamente incise ed adagate su direttrici tettoniche principali. Da questo schema si discosta l'area ad E della valle del fiume Corno per la minore incisione del reticolo idrografico e per la frammentarietà che questo talora presenta; ne sono un esempio il bacino endoreico del Piano grande di Castelluccio e la conca tettonica del Piano di Santa Scolastica (Norcia).

Il sistema dell'Umbria nord-orientale (Spoleto-Scheggia) "B" presenta, a N, corsi di limitata lunghezza impostati perpendicolarmente al fianco occidentale della struttura.

Nella parte centrale e meridionale si ha uno sviluppo maggiore nella lunghezza dei corsi d'acqua ed una maggiore incisività dei solchi erosivi.

Nella parte centro-orientale vi è un'area a drenaggio endoreico, denominata "bacini chiusi di Colfiorito". La maggioranza dei corsi d'acqua di queste due strutture sono perenni e con portate notevolmente costanti, che sottolineano la loro alimentazione principale dalle acque sotterranee.

I monti Martani, che compongono la struttura "C", presentano incisioni fluviali con spiccato carattere di stagionalità, di particolare entità lungo il corso dei fiumi Serra e Maroggia; per i restanti le incisioni risultano meno marcate.

Il sistema dei monti di Amelia e di Narni "D" è caratterizzato da un reticolo a tessitura ampia da imputarsi prevalentemente al debole rilievo che non permette l'approfondimento dei solchi vallivi.

Un fenomeno particolare è rappresentato in questa struttura dalla Gola del Forello, profonda incisione che il fiume Tevere ha praticato in corrispondenza di una frattura appartenente alla "Linea della valle del Chienti", per superare lo sbarramento della struttura carbonatica e permettere così il deflusso delle acque dal lago Tiberino. L'unità del monte Subasio "E", l'unità del monte Malbe-monte Tezio "F" e l'unità dei monti di Gubbio "G", hanno caratteristiche molto simili, con una rete idrografica a tessitura e densità media, in gran parte con carattere stagionale.

L'analisi geomorfologica è stata incentrata sulla individuazione e conseguente analisi dei sistemi morfogenetici più attinenti alle finalità della ricerca.

È stata così messa in luce l'esistenza di numerosi fenomeni carsici in tutti gli affioramenti calcarei. Doline, uvala ed inghiottitoi sono presenti in tutte le strutture, con particolare frequenza nella

Valnerina e nella parte più meridionale del sistema Spoleto-Scheggia.

L'analisi delle fratture ha permesso di determinare l'esistenza di una fratturazione omogenea, estesa indistintamente a tutti gli affioramenti calcarei e con elevata densità (da 2,5 a 4 km di fratturazione per km²). In tale omogenea diffusione risultano ben individuabili due direzioni preferenziali di fratturazione, l'una orientata NNO-SSE e l'altra ENE-OSO.

Il confronto tra le informazioni scaturite dalla lettura comparata della morfologia, dell'idrografia e dell'analisi delle fratture, ha sottolineato una stretta interdipendenza tra gli effetti prodotti da questi tre gruppi di processi: il carsico, il fluviale ed il tettonico.

In particolare, le aree caratterizzate da un'elevata concentrazione di fenomeni carsici sono quelle che maggiormente risultano individuate da un "pattern" di drenaggio che trova la sua giustificazione in una morfologia prevalentemente pianeggiante, nella quale sono disseminate depressioni per lo più di limitate dimensioni. Inoltre la dissoluzione viene favorita dalla presenza di un'elevata fratturazione, con direzione di tipo appenninico, come testimoniano i fenomeni carsici impostati su di essa.

Nella figura 2 vengono indicate le aree a forte concentrazione di fenomeni carsici, distribuite secondo la loro genesi ed evoluzione nelle varie strutture idrogeologiche in cui è stata suddivisa l'area di studio.

Idroclimatologia

I dati relativi al clima ed in particolare ai suoi due principali elementi, temperatura e precipitazioni, sono stati acquisiti ed elaborati prendendo come base territoriale di riferimento le singole strutture carbonatiche in studio, mentre i dati idrologici sono stati riferiti necessariamente ad unità di bacino non coincidenti con le unità precedenti.

Per ogni singola struttura carbonatica, attraverso l'elaborazione dei dati di temperatura e precipitazione è stata determinata l'entità degli afflussi e calcolati i valori approssimati dell'evapotraspirazione attraverso l'uso di alcune formule empiriche. I dati climatologici essenziali relativi alle varie strutture sono riportati nella tabella 1.

Sono stati acquisiti i dati relativi a sei sezioni di corsi d'acqua significativi ai fini del bilancio idrogeologico delle aree in studio e precisamente:

– torrente Ussita a Visso (bacino del fiume Nera);

Tab. 1 PRINCIPALI DATI CLIMATOLOGICI MEDI PER LE VARIE STRUTTURE IDROGEOLOGICHE

	Superficie km ²	Precipitazione media annua mm/anno	Temperatura °C	Evapotraspi- razione mm/anno	Precipitazione efficace		
					mm/anno	Mm ³ /anno	m ³ /s
Struttura "A"	1.076	1.001	11,75	569	432	465	13,7
Struttura "B"	647	1.127	13,20	631	496	321	10,2
Struttura "C"	238	1.105	14,95	682	423	101	3,2
Struttura "D"	277	1.048	14,95	669	379	104	3,3
Struttura "E"	48	951	13,20	598	353	17	0,5
Struttura "F"	63	805	13,20	560	245	15	0,5
Struttura "G"	16	1.037	13,20	616	421	7	0,2

- fiume Nera a Visso (bacino del fiume Nera);
- fiume Nera a Torre Orsina (bacino del fiume Nera);
- fiume Nera a Macchiagrossa (bacino del fiume Nera);
- fiume Topino a Ponte di Bettona (bacino del Chiascio);
- fiume Chiascio a Torgiano (bacino del Chiascio).

Inoltre è stata eseguita un'apposita campagna di misure di portata dei corsi d'acqua perenni e di alcune sorgenti e si sono raccolti dati storici sulle portate di sorgenti non direttamente controllate. Le misure di portata, eseguite mensilmente per sei mesi consecutivi (dal luglio 1988 al gennaio 1989) sono risultate particolarmente favorevoli alla valutazione delle portate erogate dagli acquiferi carbonatici perché eseguite in un periodo caratterizzato da precipitazione molto limitate.

Idrogeologia ed idrochimica

Litostratigrafia e caratteri idrogeologici

La serie stratigrafica mesozoica che costituisce le dorsali carbonatiche ombre è formata per circa l'85% da carbonati e per il 15% da sedimenti argillo-marnosi e silicei.

Lo studio fotogeomorfologico ha messo in chiara evidenza che tutti i complessi carbonatici sono interessati da un denso sistema di faglie e da un esteso reticolo di fratture. Le rocce carbonatiche assumono, di conseguenza, un'elevata capacità di assorbimento delle acque meteoriche ed una netta predisposizione allo sviluppo del carsismo, che è ovunque diffuso con caratteristiche forme epidermiche e che si accentua dove le condizioni morfologiche e strutturali ne favoriscono lo sviluppo.

L'uniforme distribuzione della fratturazione rende sostanzialmente omogenea, a grande scala, anche la distribuzione della permeabilità nell'ambito dei singoli complessi idrogeologici. Quanto meno non è stata identificata alcuna direttrice tettonica regionale che possa favorire il

flusso delle acque sotterranee lungo direttrici preferenziali.

Questa osservazione di carattere generale non esclude ovviamente che, a scala locale, la permeabilità sia più sviluppata dove la fratturazione è più intensa.

Si può pertanto concludere che tutti i complessi carbonatici affioranti, a causa della loro elevata fratturazione e distribuzione dei fenomeni carsici, possono essere considerati buone aree di infiltrazione delle precipitazioni e quindi potenziali serbatoi di acque sotterranee.

I complessi non-carbonatici assumono un ruolo inerte nei processi di infiltrazione e svolgono la sola funzione di limitare o condizionare la circolazione sotterranea.

I vari complessi carbonatici sono stati riportati su di una carta idrogeologica alla scala 1:100.000 nella quale, con simboli convenzionali, è riportata anche la posizione delle principali emergenze. Il ruolo idrogeologico di ciascun complesso è essenzialmente caratterizzato dalla sua attitudine ad immagazzinare ed a cedere le acque meteoriche. Tutte le formazioni carbonatiche ombre, intensamente fessurate dalla tettonica, sono permeabili per fessurazione e sono interessate dal carsismo che assume localmente particolare sviluppo; tuttavia non essendo ancora noti i valori della "permeabilità" di diversi complessi (peraltro certamente molto variabili anche nell'ambito di ciascun complesso) non è stato possibile nemmeno valutare la permeabilità relativa fra complessi differenti, perché una tale classificazione sarebbe risultata assai poco motivata e basata su considerazioni intuitive difficilmente dimostrabili.

Il più significativo dato quantitativo che è stato invece possibile valutare è l'infiltrazione efficace, vale a dire quanta acqua meteorica ogni anno si infila profondamente nei vari complessi carbonatici per ricaricare gli acquiferi che alimentano le grandi sorgenti. L'infiltrazione efficace è stata calcolata, come valore medio, su grandi e

stensioni, dove sia i tipi litologici che le entità delle precipitazioni possono essere molto variabili. Dal confronto tra diverse situazioni è parso possibile discriminare, in prima approssimazione, il comportamento dei diversi complessi ed indicare per ciascuno il campo dei valori di infiltrazione efficace (massimi e minimi) correlato al campo dei valori delle precipitazioni. Il risultato, espressione della quantità di acqua che penetra nelle strutture carbonatiche, per quanto certamente approssimato, si può considerare attendibile e significativo perché coerente con l'entità delle emergenze, espressione della quantità di acqua in uscita dal sistema.

I vari complessi carbonatici che presentano caratteristiche di acquiferi sono:

a) il *complesso dei calcari pelagici cretaci*, costituito da calcari micritici e calcari marnosi bianchi e rosati, stratificati con locali intercalazioni di calcari bioclastici (formazioni della Scaglia e della Maiolica).

A metà del suo spessore questo complesso contiene una formazione marnoso-argillosa poco permeabile, potente alcune decine di metri (Scisti a fuoidi) che ne condiziona notevolmente le caratteristiche idrogeologiche. Questo complesso assorbe, in media, da 400 a 600 mm/anno per precipitazioni variabili tra 800 e 1.300 mm; contiene falde estese e potenti, di notevole importanza nell'economia idrogeologica regionale.

b) Il *complesso dei calcari micritici liassici e delle calcareniti giurassiche*, costituito da calcari micritici stratificati con sottili partizioni argillose, livelli bioclastici e selce in liste e noduli (Corniola); calcari bioclastici e detritici in strati e banchi (calcari Granulari) presso Spoleto (Lias medio-Giurassico).

Lo spessore è molto variabile: questo complesso può infatti mancare nelle serie ridotte e raggiungere uno spessore massimo di circa 250 metri nella serie completa.

Questi calcari, fessurati e carsificati, assorbono tra 400 e 700 mm/anno per precipitazioni variabili tra 800 e 1.300 mm; contengono falde molto produttive, di notevole importanza nell'economia idrogeologica regionale.

c) Il *Calcarea massiccio*, costituito da calcari micritici e granulari in grosse bancate, passanti localmente a calcari dolomitici e dolomie (Lias inferiore). Il Calcarea massiccio ha spessore variabile da 500 a 800 metri ed affiora generalmente al nucleo delle anticlinali, dove si presenta intensamente fessurato e carsificato. Non è nota la sua capacità di assorbimento delle acque meteoriche che può essere tuttavia stimata di oltre 600 mm/anno per precipitazioni medie di circa 1.100 mm/anno. Il

Calcarea massiccio contiene una falda di importanza regionale che si estende alla base della serie carbonatica mesozoica.

Al di sotto della serie carbonatica, il substrato evaporitico triassico è ricco di solfati e cloruri che vengono lisciviati da acque di circolazione profonda che risalgono verso la superficie lungo le principali linee tettoniche e si mescolano con le acque del ciclo più epidermico.

Tale fenomeno, particolarmente sviluppato nel settore sud-occidentale, rende inutilizzabili per l'uso potabile gran parte delle risorse idriche sotterranee della regione.

Emergenze

Le emergenze naturali di acqua sotterranea dai vari acquiferi sono state suddivise in "sorgenti puntuali", ubicate in aree relativamente ristrette ed in "sorgenti lineari", ubicate lungo gli alvei dei corsi d'acqua perenni. Per valutare la portata ed il regime delle sorgenti "lineari" sono state selezionate 50 sezioni di misura lungo i corsi d'acqua perenni; sulla maggior parte delle stesse sono state eseguite 6 misure di portata nel semestre luglio 1988-gennaio 1989.

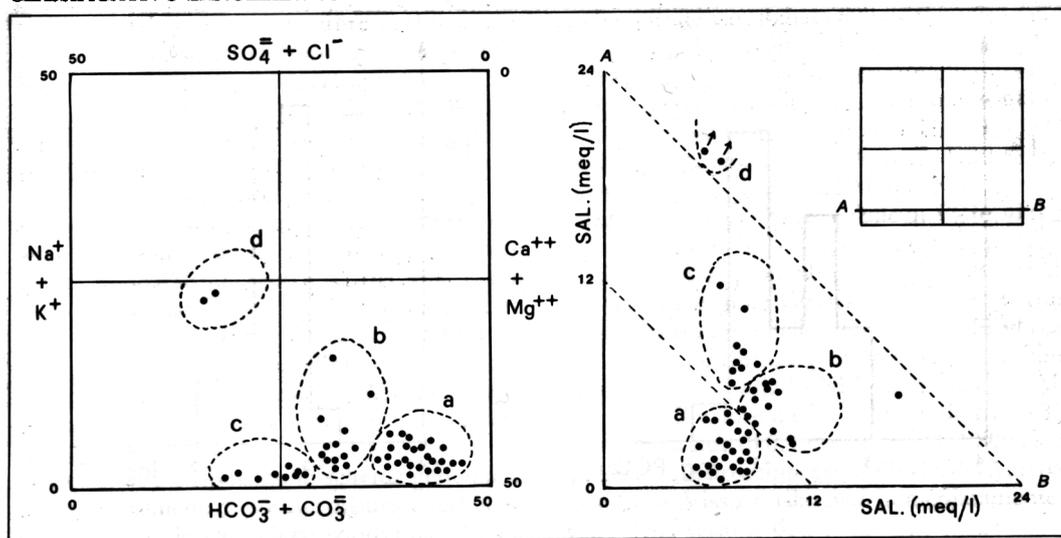
Sono state inoltre controllate 25 sorgenti puntuali. La scelta di queste sorgenti è stata operata in modo da avere un campione rappresentativo delle diverse situazioni idrogeologiche identificate nella regione ed in aree limitrofe. Per questa ragione si sono controllate sorgenti con portate sia elevate sia molto modeste. Non è stato eseguito un censimento dei pozzi che utilizzano acquiferi carbonatici. I dati raccolti sulle perforazioni, peraltro molto scarsi, riguardano la struttura di Gubbio e l'estremo margine settentrionale della dorsale di Amelia. L'attuale sfruttamento delle falde contenute nei carbonati, attraverso pozzi perforati, sembra comunque trascurabile.

Idrogeochimica

In tutte le emergenze selezionate sono state effettuate analisi chimico-fisiche complete, per arrivare a definire la tipologia degli acquiferi, le principali modalità di circolazione e la qualità delle acque. L'elaborazione delle componenti chimiche principali normalizzate (fig. 3) permette di distinguere quattro idrotipi legati alle modalità di circolazione illustrati in tabella 2.

Ulteriori informazioni, a conferma di questo quadro idrochimico, sono venute dall'analisi di correlazione e di distribuzione. Come esempio viene riportato l'istogramma relativo alla pressione parziale dell'anidride carbonica disciolta (fig. 4), una componente gassosa indicativa della

Fig. 3 - SORGENTI PUNTUALI E LINEARI DEI MASSICCI CARBONATICI UMBRI. DIAGRAMMA CLASSIFICATIVO LANGELIER-LUDWIG E SEZIONE A-B PARZIALE



Tab. 2 - IDROTIPI PRINCIPALI DELLE SORGENTI CALCAREE UMBRE

Tipo chimico	Salinità meq/l	Acquifero	Strutture idrogeologiche
(a) Bicarbonato calcico		Superficiale	"A", "B", "C" e "G"
(b) Bicarbonato calcico		Superficiale	"A", "B", "C" e "G"
(c) Bicarbonato solfato-calcico		Profondo	"A", "B" ed "E"
(d) Solfato-clorurato alcalino		Profondo	"D"

profondità di circolazione ($p\text{CO}_2$ atmosferica = 10^4 atm., $p\text{CO}_2$ sottosuolo = 10^2 atm.).

L'andamento della distribuzione visualizza come le acque di circolazione profonda (sorgenti puntuali) siano caratterizzate da massimi intorno a 10^2 atm., valore circa 10 volte caratteristico delle sorgenti lineari con circolazione sub-superficiale.

I valori dei coefficienti di correlazione lineare (tab. 3) confermano il carattere bicarbonato calcico della maggior parte delle emergenze prese in osservazione e permettono di quantizzare la scarsa incidenza della componente silicatica (RSiO_2) nei processi di lisciviazione che determinano la qualità del contenuto salino disciolto in questi tipi di acque.

Sempre da questo quadro di valori, si osserva come la concentrazione dello ione nitrato, elemento guida classico dei fenomeni di inquinamento, pur mantenendosi molto bassa (inferiore a 30

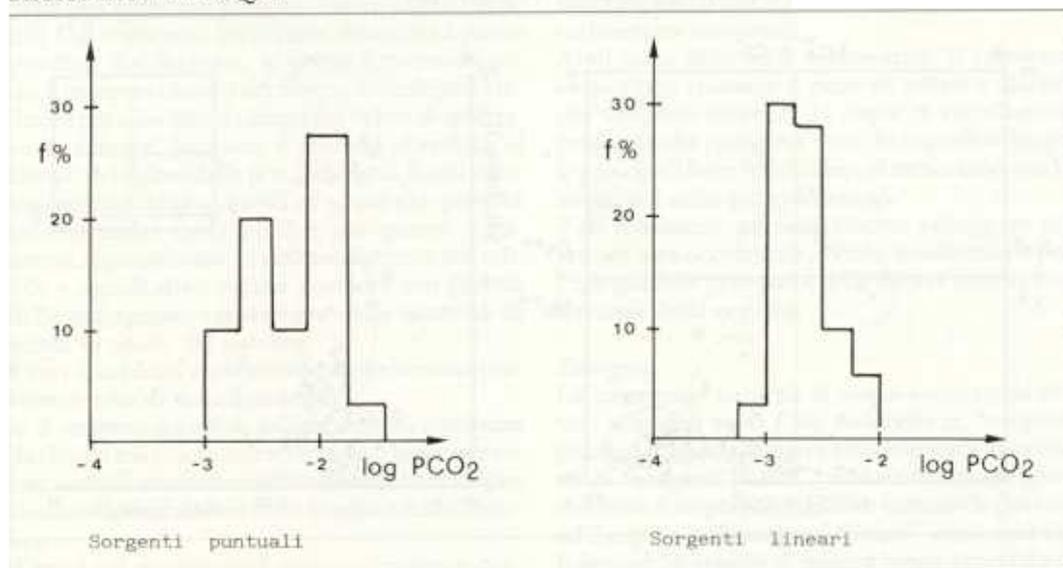
mg/l), non ha la stessa origine naturale delle altre componenti chimiche ($R < 0,10$).

Quadro di sintesi sulla qualità delle acque

La valutazione della qualità, superando le differenze tra le normative sulle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile, nelle quali rientrano le sorgenti "lineari" e quelle meno definite, nelle quali rientrano le sorgenti "puntuali" (acque minerali), sono sintetizzabili in tre punti (secondo il D.P.R. del 3 luglio 1982, n. 5.15):

- 1) le strutture principali: "A", "B", "C" e "G" sono in generale serbatoi di acque di buona qualità (classe A1);
- 2) il settore centro-meridionale della struttura "B" (Topino, Marroggia, Clitunno) ed "E" (monte Subasio) ospitano acque di qualità media-buona, sempre di classe A1, ma con salinità più alta ed una tendenza al carattere solfatico;
- 3) il gruppo delle sorgenti di Stifone, Santa Su-

Fig. 4 - ISTOGRAMMI DELLE PRESSIONI PARZIALI DI ANIDRIDE CARBONICA DISCIOLTA NELLE ACQUE.



sanna e Brecciaro hanno caratteristiche chimico-fisiche incompatibili con una destinazione ad uso potabile (nonostante le portate).

Strutture idrogeologiche

Sulla base delle misure fatte, lo schema generale della circolazione sotterranea nelle varie strutture carbonatiche può essere così sintetizzato:

Sistema della Valnerina ("A")

Il sistema della Valnerina è la più estesa ed imponente struttura idrogeologica dell'Umbria che si estende per un migliaio di km² tra la linea tettonica Ancona-Anzio e la linea della Valnerina. Il sistema è idraulicamente chiuso in modo netto a S-E dal sovrascorrimento della serie mesozoica umbra sui depositi torbiditici della Laga. L'intera dorsale è prevalentemente costituita da strutture carbonatiche, interessate da una tettonica

Tab. 3 - COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE DELLE SORGENTI DEI MASSICCI CALCAREI UMBRI

	Ca	Mg	Na	K	Li	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	R.s.
Ca				0,47	0,69					
Mg				0,28	0,66					
Na				0,41	0,90					
K				-	0,23					
Li					-					
HCO ₃					-					
Cl										
SO ₄										
NO ₃										
R.s.										
SiO ₂										
pH										
Temp										
Cond										
Sal										

complessa, che assumono il doppio ruolo idrogeologico di aree di ricarica delle acque sotterranee e di serbatoio. Le strutture carbonatiche, chiuse a S-E, sono sature fino a quote superiori a 800 metri nei settori più interni (alto Corno); i livelli piezometrici decrescono da E ad O fino a raggiungere la minima quota in corrispondenza dell'alveo del Nera, che costituisce il livello di base principale del sistema.

A questa linea di drenaggio dominante, diretta SO-NE, si associano altre tre linee secondarie, che incidono il sistema con direttrici NO-SE: l'alto Nera, tra Castel Sant'Angelo e Visso (fuori regione), il Campiano ed il Corno-Sordo, che si versa nel Nera all'altezza di Triponzo. In questo settore le acque sotterranee alimentano direttamente il reticolo di superficie con portate veramente notevoli.

Nella figura 5 è riportato lo schema generale di tutti gli incrementi di portata misurati nel bacino del Nera, con le varie derivazioni dell'ENEL.

Le portate qui di seguito considerate sono le medie del periodo e corrispondono pertanto ad una condizione di magra. L'incremento di portata nel reticolo di Ussita e del Nera misurato a Visso (sezz. 1 e 2, a quota 600) è complessivamente di 3.600 l/s che vengono interamente derivati dall'ENEL e rilasciati poi, sempre nel Nera, immediatamente a valle della sezione 6.

L'incremento di portata nel reticolo del Sordo-Corno a Serravalle (sezz. 11 e 12, a quota 500) è complessivamente di 2.100 l/s, con massimi di 2.400 e minimi di 1.800 l/s.

Il contributo del Sordo è estremamente regolare, con valori costanti di 1.800 l/s, mentre l'alto Corno ha portate variabili da 600 l/s al totale esaurimento. Tra Serravalle e Triponzo (sezioni 11+12 e sezione 10) il Corno riceve un ulteriore contributo medio di 1.950 l/s. La portata complessiva del reticolo Corno-Sordo è di circa 4.000 l/s, anche questi interamente derivati dall'ENEL e convogliati nel canale del Medio Nera.

Lungo il corso del Nera, a valle di Visso, si registrano i seguenti incrementi di portata in alveo: - 360 l/s tra le quote 600 (sez. 3) e 530 (sez. 4); - 700 l/s tra le quote 530 (sez. 4) e 460 (sez. 6) compreso il contributo delle sorgenti del Molinaccio. La sezione 7 misura, a quota 450, la portata complessiva derivata dall'ENEL nel canale del Medio Nera. Il valore medio nel periodo è di 5.350 l/s, con massimi di 6.300 e minimi di 4.800 l/s. In tale valore sono compresi i 3.600 l/s derivati dall'ENEL a Visso e rilasciati immediatamente a valle della sezione 6.

A valle di Chiusita il Nera continua a ricevere apporti. L'incremento di portata medio tra quota 450 (sez. 7) e 420 (sez. 13 di Belforte) è di circa 870 l/s, con massimi di un metro cubo e minimi di 650 l/s. Tra la sezione 13 e la sezione 10bis di quota 370, l'incremento medio di portata è di 2.250 l/s. In questo tratto la portata in alveo, di circa 3.000 l/s, viene ridotta a circa la metà per un prelievo operato dall'ENEL con una stazione di pompaggio che solleva circa 1.500 l/s nel canale del Medio Nera.

Restano in alveo portate variabili tra 1.500 e 1.600 l/s, a fronte di 6.500-7.000 l/s derivati. A valle di Borgo Cerreto e fino alla stazione di Torre Orsina si hanno ancora emergenze per circa 4.000 l/s. Alla stazione di Torre Orsina (quota 216) le portate sono regolarissime, con valori costanti intorno a 5.600 l/s. Poco a valle di Torre Orsina la maggior parte delle acque del Nera viene derivata verso le centrali idroelettriche dell'ENEL.

Si può concludere che il sistema della Valnerina alimenta, in periodo di magra, emergenze con portata complessiva di circa 15,3 m³/s entro i confini regionali. A questi si aggiungono circa 4.000 l/s che emergono a monte del limite regionale e circa 1.500 l/s che provengono dalla valle del Vigi.

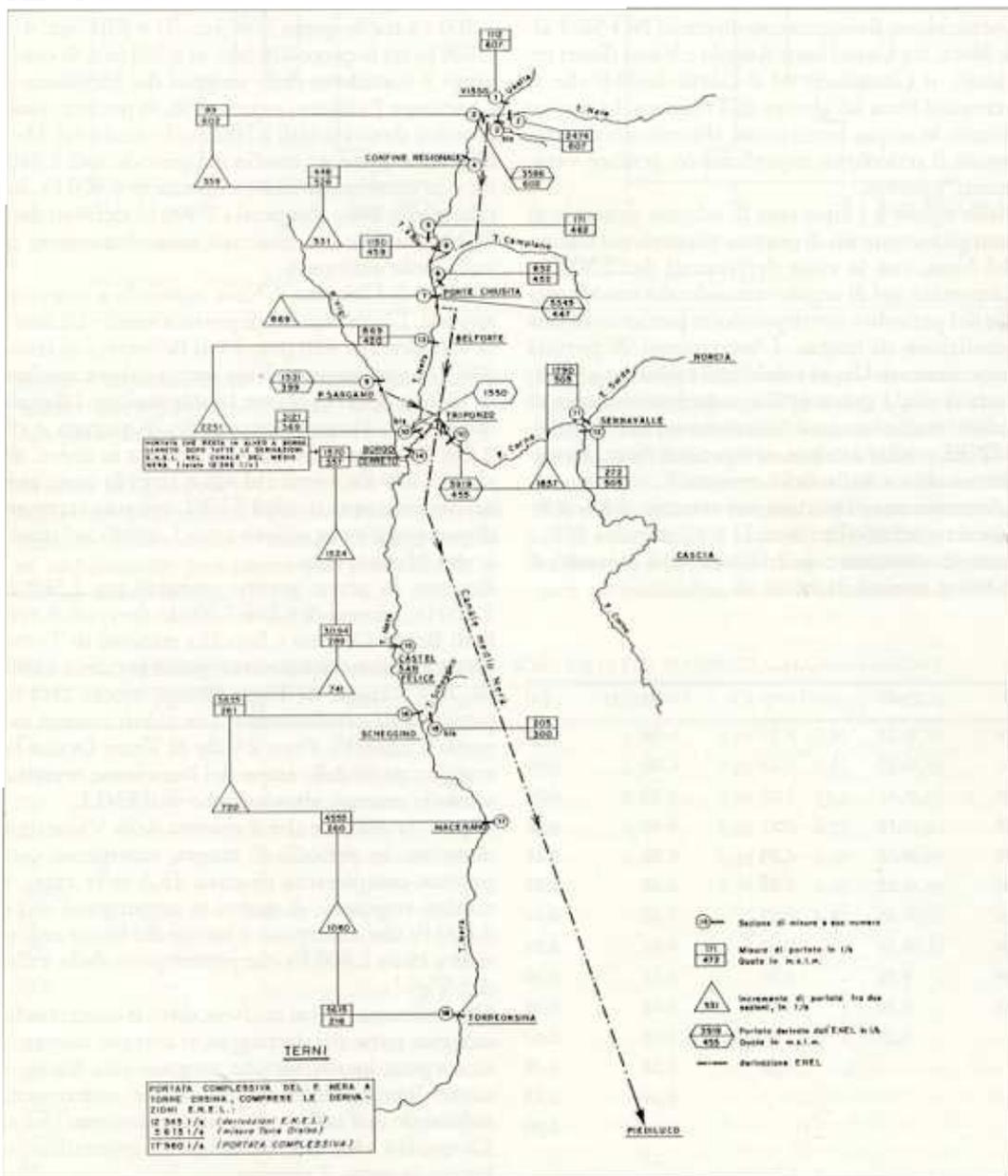
Oltre alle emergenze in alveo, dove si concentra la maggior parte del drenaggio, si trovano numerose sorgenti localizzate che erogano una frazione molto limitata delle risorse idriche sotterranee, valutabile dell'ordine di qualche centinaio di l/s. La qualità chimica dell'acqua è generalmente buona in tutto il sistema.

SiO ₂	pH	Temp	Cond	Sal
------------------	----	------	------	-----

Lo studio ha messo in evidenza un'anomalia geochimica che si riscontra nel basso Corno e presso Triponzo sul Nera. Nelle acque del fiume si registra infatti un netto incremento della salinità totale ed in particolare del tenore in solfati. Questo incremento, che resta comunque entro i limiti di potabilità, è in evidente relazione con la

situazione idrogeologica che caratterizza la zona di Triponzo, dove un marcato motivo tettonico rompe il nucleo di un'anticlinale e porta il substrato triassico molto prossimo alla superficie. In questo settore si è sviluppata un'intensa attività idrotermale che ha dato origine a potenti depositi di travertino ed una sorgente che eroga una

Fig. 5 - SCHEMA DEGLI INCREMENTI DI PORTATA E DERIVAZIONI ENEL MISURATE NEL BACINO DEL FIUME NERA



ventina di l/s di acqua a circa 30 °C di temperatura, con salinità di 1.300 mg/l.

Sistema dell'Umbria nord-orientale ("B")

Il sistema idrogeologico dell'Umbria nord-orientale ha una superficie di circa 700 km², delimitata a SE dalla "linea della Valnerina" e ad E da limiti amministrativi regionali; ad occidente il sistema è delimitato da un marcato motivo distensivo tra Spoleto e Foligno, che evolve a N in un regolare passaggio stratigrafico tra la Scaglia calcarea e la Scaglia cinerea, disturbato da un allineamento di motivi distensivi che bordano ad occidente la dorsale carbonatica e da motivi tettonici trasversali.

Il nucleo della dorsale è interamente saturato da acque sotterranee fino a quote elevate, localmente superiori a 700 metri, dove si trovano grandi sorgenti. All'interno della dorsale gli Scisti a fucoidi ed il complesso argillo-marnoso siliceo del Giurassico superiore assumono sovente una giacitura sub-verticale e direzione prossima alla meridiana; sebbene questi livelli impermeabili siano rotti da un reticolo di faglie, ostacolano il flusso delle acque sotterranee verso la periferia del sistema, contribuendo a mantenere elevati i potenziali degli acquiferi. Il drenaggio è diretto sia ad occidente che ad oriente.

Le principali emergenze orientali, verso la Valnerina, si trovano nell'alto corso del Vigi, a monte di Sellano, dove emerge una portata variabile tra 1.000 e 1.500 l/s (derivati dall'ENEL) e nel torrente Argentina, presso Agliano, a quota 550 circa, dove è stata misurata una portata variabile tra 300 e 600 l/s, in gran parte alimentata da sorgenti localizzate. Nel settore occidentale gli acquiferi carbonatici alimentano le Fonti del Clitunno, poste allo sbocco di una linea di drenaggio impostata lungo l'asse di un'anticlinale a nucleo liassico, rotta alla cerniera da un motivo distensivo a forte rigetto. Questa situazione strutturale, oltre a creare una linea di drenaggio preferenziale, influenza anche i caratteri chimici delle acque sorgive che risentono gli effetti di una circolazione profonda ed uno scambio col substrato triassico (730 mg/l di salinità totale ed oltre 200 mg/l di solfati).

La sorgente del Clitunno eroga una portata costante di circa 1.200 l/s a quota 225; misure eseguite lungo il corso del Clitunno mettono in evidenza un ulteriore incremento medio in alveo di circa 500 l/s. Gli apporti in alveo, misurati nel Clitunno a valle delle sorgenti, sembrano provenire da un diverso bacino di alimentazione in quanto, con l'aumento della portata, diminuisce sensibilmente la salinità. All'altezza di Foligno il

sistema è drenato dall'alto corso del Menotre, dove sono ubicate le grandi sorgenti di Rasiglia, poste a quota 690, con una portata media di 600 l/s, (e minimi di 500) e Alzabove, a quota 650, con una portata molto regolare di 150 l/s. La portata del Menotre, oltre che dalle sorgenti localizzate, è alimentata da apporti diretti in alveo, nel settore posto a monte di Rasiglia.

La qualità dell'acqua della sorgente Rasiglia è discreta, con circa 500 mg/l di salinità totale e tenori in solfati di 150 mg/l. Una mineralizzazione così elevata è probabilmente correlabile con una circolazione interessata da scambi con il substrato triassico. Di ottima qualità è invece l'acqua della sorgente Alzabove, alimentata da un circuito più epidermico.

A N del Menotre la più importante linea di drenaggio della struttura è il corso dell'alto Topino a monte di Nocera Umbra. Le portate misurate in alveo mostrano un incremento totale di circa 900 l/s fra Boschetto e la confluenza con il Caldognola.

Ancora più a N, lungo il margine occidentale della struttura, si hanno varie sorgenti di trabocco come Capodacqua (quota 300) con portata media di circa 150 l/s, ed altre minori. Le principali sorgenti del settore si trovano in una posizione più interna e più elevata, dove gli Scisti a fucoidi, con giacitura molto inclinata e direzione sub-meridiana, ostacolano il flusso delle acque sotterranee verso O, mantengono elevati i potenziali dell'acquifero e fanno da soglia a numerose sorgenti. La principale, San Giovenale (a quota 480) eroga una portata di 300 l/s interamente derivati per uso potabile.

In posizione analoga si trovano la sorgente Boschetto (a quota 450) con portata variabile tra 200 e 300 l/s e le sorgenti Vaccara e Rumore, con portate minori.

I caratteri chimici delle acque, in questo settore, sono mediamente buoni o molto buoni. Unica eccezione si è riscontrata alla sorgente Boschetto, con tenori in solfati molto variabili, che possono raggiungere un centinaio di mg/l, comunque sempre ampiamente compresi entro i limiti di potabilità.

Analoga situazione si riscontra più a N, sul versante occidentale di monte Cucco, dove si trova la notissima sorgente di Scirca, alimentata da un reticolo carsico molto studiato.

La portata media della sorgente, utilizzata per l'alimentazione di Perugia, è di circa 200 l/s, con minimi di 80 l/s. La potenzialità della struttura potrebbe essere tuttavia molto superiore.

Ai limiti settentrionali del sistema è stato esegui-

to un controllo delle portate lungo il corso del Sentino, tra Scheggia ed i limiti regionali. È risultato che il corso d'acqua tra quota 570 e 420 incrementa la sua portata in misura variabile tra 150 e 300 l/s.

In sintesi la valle del Vigi e dei suoi affluenti drena una portata media approssimativa di 1.500 l/s, con minimi di 1.000 l/s, interamente derivata dall'ENEL. A questa portata si possono aggiungere circa 200 l/s derivati per uso municipale dalla valle del torrente Argentina.

Nell'area di Campello emergono complessivamente almeno 1.700 l/s, in gran parte di qualità scadente. Nell'alto Menotre sono state misurate portate variabili tra 600 e 1.200 l/s.

Nell'alto Topino la portata media in alveo è risultata di circa 900 l/s, con minimi di 600 l/s.

Dalle sorgenti localizzate, distribuite lungo la dorsale, emerge una portata complessiva di circa 1.000 l/s, in gran parte già utilizzata.

Nel corso del Sentino le emergenze sono valutabili in circa 250 l/s, a monte di quota 420, entro i limiti regionali.

Sistema dei monti Martani ("C")

La dorsale carbonatica dei monti Martani, estesa su una superficie di circa 200 km², è un'emianticlinale a nucleo triassico che evolve ad E in una larga sinclinale a nucleo miocenico.

Il sistema è idraulicamente chiuso nel settore nord-orientale dal limite stratigrafico e di permeabilità Scaglia calcarea-Scaglia cinerea che corre a quota sempre superiore a 400 metri. La periferia sud-occidentale della struttura è invece lacerata da un marcato sistema tettonico distensivo che apre la struttura a S-O ed è coronato da potenti depositi di travertino, intercalati e sovrapposti a depositi lacustri che poggiano sulla struttura a quote variabili, ma sempre superiori a 300 metri.

Né all'interno, né alla periferia della struttura sono note sorgenti con portate significative. Con i dati disponibili si deve concludere che l'intera struttura drena, presumibilmente, a S-O, verso un livello di base posto all'esterno del sistema, riconoscibile nelle grandi sorgenti delle gole del Nera presso Narni, a quote variabili tra 70 e 90 m.s.l.m..

Il livello di saturazione del serbatoio carbonatico della struttura martana non è ancora noto e si può ipoteticamente collocare tra i 200 ed i 300 metri. L'acquifero che satura certamente il nucleo della struttura è molto probabilmente caratterizzato da acque mineralizzate con alti tenori in solfati, come lascia presumere la passata intensa attività idrotermale e la stessa natura delle acque

che emergono nelle gole del Nera. Situazione più favorevole si potrebbe trovare nel settore periferico della struttura, settentrionale ed orientale, dove tra i carbonati cretacici ed il nucleo triassico-liassico si estendono il complesso silico-marnoso del Giurassico superiore e, in parte, gli Scisti a fucoidi.

Ai fini dell'approvvigionamento idrico potabile questo sistema non sembra offrire buone prospettive. Resta però da accertare l'esistenza e le caratteristiche dell'acquifero periferico, presumibilmente esteso nei calcari cretacici, che possono costituire un'interessante risorsa idrica, di entità non trascurabile e non ancora utilizzata da altre utenze.

Sistema dei monti di Narni e di Amelia ("D")

La dorsale carbonatica di Narni e di Amelia si estende su una superficie complessiva di circa 300 km² e costituisce un'estesa area di infiltrazione. La struttura presenta al nucleo i terreni più antichi della serie carbonatica umbra, di età triassica. Sulla maggior parte della dorsale si trova in affioramento la formazione del Calcere massiccio che possiede elevata capacità di infiltrazione ed immagazzinamento. La dorsale si estende, a S-E, nel Lazio, dove si raccorda con la struttura sabina monte Pizzuto-monte Macchialunga. Il settore umbro della struttura è quasi interamente circondato da depositi plio-pleistocenici. Il limite di permeabilità che circonda la struttura carbonatica si eleva generalmente a quote variabili tra 300 e 400 metri, per deprimersi a 75 metri di quota dove il Nera solca trasversalmente la struttura incidendo profonde gole, all'altezza di Narni; le gole del Nera assumono il ruolo di livello di base regionale dove si riversano nell'alveo del fiume almeno 13 m³/s di acqua erogata da un insieme di sorgenti localizzate e lineari (sorgenti di Stifone-Montoro). Tale portata sarebbe un patrimonio idrico prezioso se la qualità dell'acqua fosse buona. Purtroppo tali emergenze erogano acque con mineralizzazione molto elevata (2-3 grammi per

Tab. CALCOLO DEL BILANCIO IDROGEOLOGICO

	Superficie km ²	Precipitaz. media annua (P) mm/anno
"A" Valnerina	1.076	1.001
"B" Umbria N-E	647	1.127
"C" monti Martani	238	1.105
"D" monti Narni-Amelia	277	1.048
"E" monte Subasio	48	951
"F" monte Malbe-Tezio	63	805
"G" Gubbio	16	1.037

litro) che non possono essere utilizzate per l'approvvigionamento potabile.

In questo sistema idrogeologico la ricerca di acqua potabile nel sottosuolo risulta particolarmente difficoltosa. Si possono tuttavia individuare settori che presentano condizioni più favorevoli, dove affiorano calcari del cretaceo, separati dal nucleo centrale della struttura dal diaframma delle Marne selcifere giurassiche e degli Scisti a fucoidi. Una situazione di questo tipo si individua nel settore settentrionale della struttura, presso il lago di Corbara, dove potrebbe esserci un acquifero nei calcari cretaci, con drenaggio verso la valle del Tevere, caratterizzato dalla buona qualità delle acque e presumibilmente da discreta potenzialità.

Unità del monte Subasio ("E")

Questa piccola unità idrogeologica, estesa su una superficie di 48 km², è costituita da carbonati mesozoici; la struttura è chiusa sul lato nord-orientale dal passaggio stratigrafico a depositi terrigeni-cenozoici ma risulta completamente aperta sul lato sud-occidentale, dove viene troncata da un motivo distensivo. La struttura, certamente saturata da un acquifero di fondo, è priva, sia al suo interno che alla sua periferia, di sorgenti con portate significative. L'intero drenaggio sotterraneo alimenta probabilmente i ricchi acquiferi sotterranei della Valle Umbra.

Unità di monte Malbe e monte Tezio ("F")

Questa unità idrogeologica, con una superficie complessiva di circa 60 km², è costituita da frammenti di una serie carbonatica sensibilmente diversa da quella tipica umbra.

È stato recentemente accertato che le dorsali sono formate da scaglie tettoniche sradicate dal loro substrato. Il monte Malbe è formato prevalentemente da sedimenti carbonatici triassici e cretaci circondati da depositi terrigeni cenozoici. È probabile che la struttura carbonatica sia saturata da un acquifero di fondo, sebbene sia al suo interno che alla periferia non sono note sorgenti

con portate significative. Le acque assorbite dalla struttura non emergono in superficie ma drenano probabilmente nelle alluvioni che la circondano. La struttura di monte Tezio e monte Acuto sono prevalentemente costituite da carbonati del Cretaceo. Le dorsali sono circondate da depositi terrigeni ed è quindi presumibile che siano saturate da una falda. Mancano tuttavia, anche in questo caso, sorgenti significative.

Unità dei monti di Gubbio ("G")

La piccola struttura carbonatica di Gubbio (di circa 15 km²), circondata da depositi terrigeni, è una modesta struttura idrogeologica strutturalmente isolata ma non ben definita.

La dorsale carbonatica alimentava in passato la nota sorgente di Raggio, citata nella letteratura idrogeologica. La portata erogata originariamente dalla sorgente si è notevolmente ridotta con il proliferare di nuovi pozzi perforati nei depositi alluvionali ed anche sulla struttura carbonatica. Da informazioni raccolte ma non verificate, la portata complessiva emunta sarebbe dell'ordine di 200 l/s.

Bilancio idrologico

Il calcolo del bilancio idrologico delle strutture carbonatiche umbre è stato eseguito seguendo tre metodi differenti ma fra loro complementari. Il primo metodo si è basato sulla determinazione delle precipitazioni e sulla evapotraspirazione per calcolare l'infiltrazione efficace ed il ruscellamento.

Il secondo metodo si è basato sulla misura diretta dell'infiltrazione partendo dal principio che le acque in uscita (sorgenti) da una struttura ben definita equivalgono a quelle che vi si infiltrano. Il terzo metodo, partendo sempre dalla determinazione delle precipitazioni, ha utilizzato dei coefficienti di infiltrazione a carattere regionale, determinati, per le varie strutture dell'Italia centrale, sulla base di dati d'infiltrazione calcolati su vaste aree.

BASATO SULL'INFILTRAZIONE PRESUNTA DEDOTTA DAI COEFFICIENTI DI INFILTRAZIONE REGIONALI

Infiltrazione presunta		Ruscellamento 10% di P		Evapotraspirazione calcolata per differenza		Dati di confronto			
(I)		(R)		E = P - (I + R)		Portata media delle sorgenti		Evapotraspirazione secondo Turc	
% P	mm/anno	m ³ /s	mm/anno	mm/anno	% P	m ³ /s	mm/anno	mm/anno	% P
						16,4	479		
						8,5	411		
						-	-		
						15,0	1.706		
						-	-		
						-	-		
						0,26	513		

Nella tabella 5 vengono riportati i dati del bilancio, calcolati per ogni struttura utilizzando i coefficienti d'infiltrazione regionale, che probabilmente è quello che più si avvicina alla realtà. In tale tabella vengono riportate:

- le superfici delle strutture idrogeologiche (per la sola parte che cade nel territorio umbro);
- i dati di precipitazione media annua calcolata, su base trentennale, con il metodo di Thiessen;
- i dati di infiltrazione presunta, dedotti da una valutazione a carattere regionale recentemente eseguita rapportando la portata media di tutte le emergenze lineari e localizzate della regione all'estensione dell'intera area di alimentazione (Boni et al., 1986). È risultato un valore medio del 50% delle precipitazioni per le strutture dove dominano calcari del Cretacico e del 60% delle precipitazioni dove prevalgono in affioramento terreni del Lias inferiore;
- il ruscellamento considerato pari al 10% della precipitazione, calcolato da un'analisi dettagliata dei deflussi del fiume Nera, che può essere preso come campione rappresentativo per le varie strutture carbonatiche umbre;
- l'evapotraspirazione, calcolata per differenza fra le precipitazioni e l'infiltrazione più il ruscellamento.

Nella stessa tabella vengono riportate inoltre, per confronto, la portata totale media di tutte le sorgenti drenanti ciascuna struttura e l'evapotraspirazione calcolata secondo la formula di Turc. Da un'analisi di tale tabella si può osservare quanto segue:

- nella struttura della Valnerina l'infiltrazione presunta ($17,1 \text{ m}^3/\text{s}$) è superiore alla portata media delle sorgenti ($16,4 \text{ m}^3/\text{s}$). Ciò starebbe ad indicare che la struttura perde circa $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$, presumibilmente oltre il suo limite orientale, verso le Marche;
- nella struttura dell'Umbria nord-orientale l'infiltrazione presunta ($11,6 \text{ m}^3/\text{s}$) è notevolmente superiore alla portata media di tutte le emergenze ($8,5 \text{ m}^3/\text{s}$). Vi è quindi perdita di $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ che potrebbe essere costituita da circa $2 \text{ m}^3/\text{s}$ che dovrebbero alimentare gli acquiferi alluvionali della Valle Umbra e da circa $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$ che dovrebbero alimentare l'alto corso dei fiumi marchigiani che si versano in Adriatico;
- nella struttura dei monti Martani si ha un'infiltrazione presunta di $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$ e nessuna emergenza significativa. Tutta la struttura perde quindi tale portata, che presumibilmente va ad alimentare la struttura dei monti di Amelia;
- nella struttura dei monti di Amelia si ha un'infiltrazione presunta di $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$, notevolmente in-

feriore alle emergenze ($15 \text{ m}^3/\text{s}$). Tale struttura infatti dovrebbe ricevere una notevole quantità di acqua sotterranea, valutabile in circa $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$, dei quali $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$ dalla struttura dei monti Martani ed il resto dai rilievi sabini del Lazio settentrionale;

- nelle strutture del monte Subasio e del monte Tezio-monte Malbe si ha un'infiltrazione presunta di $0,7$ e $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ rispettivamente, senza nessuna emergenza apprezzabile. Tale surplus va ad alimentare probabilmente gli acquiferi alluvionali della Valle Umbra e del Tevere;
- nella struttura di Gubbio si ha un sostanziale equilibrio.

Valutazione conclusiva delle risorse idriche sotterranee

Se si tiene conto dei limiti impliciti dello studio effettuato che contemplava, quale indagine diretta di terreno, la sola misura di portata delle principali emergenze, si può affermare che le risorse idriche erogate dai massicci carbonatici sono state valutate con buona approssimazione, sia in termini di quantità che di qualità. L'attendibilità del risultato è stata assicurata dal concorso di tre fattori positivi:

- un approfondito esame della situazione geologica ed idrogeologica regionale;
- la buona qualità dei dati acquisiti sulle portate delle emergenze, misurate per un semestre in punti particolarmente significativi ed in condizioni climatiche eccezionalmente favorevoli;
- l'accurata analisi geochimica ha consentito non solo di classificare la qualità delle risorse idriche sotterranee ma ha soprattutto contribuito a chiarire in quale contesto idrogeologico le acque sotterranee assumono particolari caratteri idrochimici.

Le risorse idriche sotterranee delle strutture carbonatiche della regione sono state valutate complessivamente a circa $40 \text{ m}^3/\text{s}$. La valutazione comprende le risorse naturali totali disponibili, indipendentemente dall'attuale grado di utilizzazione e di qualità.

Viene qui di seguito riassunta la situazione della disponibilità idrica nelle diverse strutture e vengono indicate le zone ove le acque sotterranee presentano maggiori possibilità di ulteriore sfruttamento per uso potabile. Nell'indicare tali zone si è tenuta in particolare evidenza la necessità di salvaguardare le condizioni ambientali, già ampiamente compromesse dai massicci prelievi in atto, soprattutto per uso idroelettrico.

Un ulteriore impoverimento delle portate che scorrono in superficie peggiorerebbe notevol-

mente la situazione. Per questo motivo si è cercato di segnalare la possibilità di operare nuovi prelievi per uso potabile, solo a scapito di utenze già in atto o in aree dove prelievi dal sottosuolo non modificherebbero la situazione in superficie.

Struttura della Valnerina ("A")

Le risorse potenziali della Valnerina sono state valutate in 17,1 m³/s che salgono a 23,3 m³/s se si considera l'intero bacino del Nera, fino alla Cascata delle Marmore. La maggior parte delle emergenze fornisce acqua di ottima qualità, con eccezione della zona immediatamente a monte di Triponzo e del tratto terminale del fiume Corno, dove si hanno risalite di acque termali mineralizzate.

L'intera risorsa disponibile è stata da tempo captata, derivata in condotta ed utilizzata esclusivamente per la produzione di energia elettrica.

L'eventuale utilizzazione di questa risorsa per soddisfare anche una larga parte della domanda idropotabile regionale (1-2 m³/s), prelevabile specialmente nella parte più alta del bacino, non aggraverebbe in alcun modo la situazione ambientale perché modificherebbe solamente la destinazione delle risorse.

Struttura dell'Umbria nord-orientale ("B")

Le risorse potenziali di tutta la struttura sono state valutate in circa 11,6 m³/s. Di questi, circa 3,5 m³/s vanno ad alimentare gli acquiferi alluvionali della Valle Umbra ed alcuni acquiferi marchigiani, mentre 8,1 m³/s sono ripartiti come segue:

- Fonti del Clitunno: 1.500 l/s;
- incremento in alveo dell'alto Clitunno: 650 l/s;
- principali sorgenti fra Scirca e Capodacqua 1.300 l/s;
- sorgenti minori: 250 l/s;
- incremento in alveo alto Topino: 900 l/s;
- sorgenti ed incremento in alveo alto Menotre: 1.300 l/s;
- alto Vigi e sorgenti Argentina: 2.200 l/s.

La maggior parte di queste risorse è di qualità da buona ad ottima, eccezion fatta per le Fonti del Clitunno, che presentano una mineralizzazione troppo elevata.

L'alto Topino e l'alto Menotre costituiscono apparentemente importanti zone potenziali di futuro approvvigionamento di acqua potabile di qualità accettabile, ma l'entità (ipotizzabile in alcune centinaia di l/s) e l'impatto ambientale di un prelievo dovrebbero essere attentamente valutati prima di essere presi in seria considera-

zione. Un'ulteriore possibile fonte di acqua con ottimi caratteri chimico-fisici (valutabile in almeno 500 l/s) è stata infine evidenziata lungo la riva destra del Clitunno, tra le sorgenti omonime e la città di Trevi: questa fonte di approvvigionamento potrebbe essere considerata come alternativa alla problematica captazione delle acque dell'alto Menotre.

Struttura dei monti Martani ("C")

Nella struttura dei monti Martani non è stata riconosciuta alcuna emergenza significativa. Le risorse potenziali sono state valutate in oltre 4 m³/s che, con ogni probabilità, vanno ad alimentare la portata delle grandi sorgenti di Stifone-Montoro, ubicate nelle gole del fiume Nera.

Soltanto nel settore periferico settentrionale della struttura, costituito da calcari cretaci, è possibile che vi siano acque sotterranee di buona qualità.

L'esistenza di questa risorsa, per il momento solo ipotizzabile, dovrebbe essere confermata da un apposito studio di dettaglio.

Struttura dei monti di Narni e di Amelia ("D")

La struttura ha una potenzialità di alimentazione non superiore a 5,5 m³/s però è noto in essa il complesso sistema di sorgenti lineari e localizzate (sorgenti di Montoro-Stifone) che erogano portate di 13-15 m³/s di acqua estremamente mineralizzata, inutilizzabile per uso potabile.

La struttura deve essere quindi collegata idraulicamente ad altre strutture (monti Martani-monti Sabini) dalle quali riceve circa 10 m³/s.

Come nel caso dei monti Martani, anche in questa struttura è possibile l'esistenza di acquiferi periferici di buona qualità nei carbonati del Cretacico. È pertanto opportuno un approfondimento della ricerca per verificare questa interessante possibilità.

Struttura del monte Subasio ("E")

La potenzialità media di rialimentazione della struttura, nella quale non vi sono sorgenti significative, è di circa 800 l/s che certamente drenano tutti nell'acquifero alluvionale della Valle Umbra.

Struttura di monte Malbe-monte Tezio ("F")

La potenzialità media di rialimentazione di questa struttura è stata stimata complessivamente in 800 l/s: nessuna emergenza significativa è stata riconosciuta nell'area circostante.

Struttura di Gubbio ("G")

La struttura di Gubbio ha una potenzialità media di circa 250 l/s che risulta già pienamente utilizzata.

Aquater - R.p.a., *Ricerca idrogeologica nella Valle Umbra Sud e costruzione del modello matematico del sistema alluvionale della Valle Umbra*, Regione Umbria, rapporto interno, 1984-86.

A.W. Bally - L. Burbi - C. Cooper - R. Ghelardoni, *Balanced sections and seismic reflection profiles across the Central Appennines*, in "Memorie della Società Geologica Italiana", vol. 35, 1986.

P. Boila - G. Marchetti - B. Mattioli, *Lineamenti idrogeologici della struttura del Monte Cucco*, in *Atti convegno internazionale sul corso di alta montagna*, Imperia, 30 aprile-4 maggio 1982, vol. 1, Imperia 1983.

C. Boni - P. Bono, *Lineamenti idrogeologici dell'Appennino Umbro-marchigiano e Laziale-abruzzese-campiano*, relazione finale del "Sottoprogetto energia geotermica" del CNR-PFE-RF 13, Roma 1982.

C. Boni - P. Bono, *Prima valutazione quantitativa dell'infiltrazione efficace sui sistemi carsici della piattaforma carbonatica Laziale-abruzzese e nei sistemi di facies pelagica Umbro-marchigiana-sabina (Italia centrale)*, in "Geologia applicata ed idrogeologia", 17, 1982.

C. Boni - P. Bono - G. Capelli, *Schema idrogeologico dell'Italia centrale*, in "Memorie della Società Geologica Italiana", vol. 35, 1986.

F. Calamita - G. Deiana, *Geodinamica dell'Appennino Umbro-marchigiano*, "Memorie della Società Geologica Italiana", vol. 35, 1986.

E. Centamore - A. Jacobacci, *Modello strutturale Umbro-marchigiano. Correlazioni possibili con le regioni adiacenti*, in "Bollettino del Servizio Geologico Italiano", 93, 1972.

R. Colacicchi - L. Passeri - G. Pialli, *Nuovi dati sul giurese Umbro-marchigiano ed ipotesi per un suo inquadramento regionale*, in "Memorie della Società Geologica Italiana", vol. 9, 1970.

D. Cosentino, *Alti strutturali mesozoici e loro implicazioni geodinamiche durante la tetto-genesi dell'Appennino Centrale: un esempio nei Monti Sibillini meridionali*, in "Memorie della Società Geologica Italiana", vol. 35, 1986.

G. Giuliano - M. Sciotti, *Schema idrogeologico del bacino del Tevere*, Istituto di Ricerca sulle Acque - CNR, quaderno n. 48, Roma 1981.

G. Lavecchia - G. Pialli, *Appunti per uno schema strutturale dell'Appennino Umbro-marchigiano: 2 - La copertura*, in "Studi geologici camerti", 6, 1980.

G. Lavecchia, *Appunti per uno schema strutturale dell'Appennino Umbro-marchigiano. Lo stile deformativo*, in "Bollettino della Società Geologica Italiana", 100, 1981.

G. Lavecchia, *Il sovrascorrimento dei Monti Sibillini: analisi cinematica e strutturale*, "Bollettino della Società Geologica Italiana", 104, 1985.

B. Lotti, *Descrizione geologica dell'Umbria*, Memoria descrittiva Carta geologica d'Italia, 21, 1926.

G. Merla, *Geologia dell'Appennino settentrionale*, in "Bollettino della Società Geologica Italiana", 70, 1952.

F. Scarsella, *Un aggruppamento di pieghe dell'Appennino Umbro-marchigiano*, in "Bollettino del Servizio Geologico Italiano", 73, 1952.

A. Sestini, *Il mare pliocenico nella Toscana meridionale*, in G. Danielli, *Memoria geologica e geografica*, 2 vol., Roma 1931.

Í. Sgrosso, *Alcune considerazioni sulla linea Ancona-Anzio*, in "Memorie della Società Geologica Italiana", vol. 35, 1986.