

C. BONI (*) - P. BONO (*)

**PRIMA VALUTAZIONE QUANTITATIVA DELL'INFILTRAZIONE
EFFICACE NEI SISTEMI CARSICI DELLA PIATTAFORMA
CARBONATICA LAZIALE-ABRUZZESE
E NEI SISTEMI DI FACIES PELAGICA
UMBRO-MARCHIGIANO-SABINA (ITALIA CENTRALE) (**)**

RIASSUNTO

E' stata calcolata l'infiltrazione efficace media annua su una superficie di 14.000 km², corrispondente a tutti gli affioramenti carbonatici distribuiti nel Lazio, Umbria, Marche, Abruzzo e Campania p.p. Per il calcolo è stato impiegato il metodo di valutazione diretta che consiste nel dividere il volume medio annuo erogato dalle emergenze per le rispettive aree di alimentazione.

- *Nei depositi di piattaforma carbonatica si infiltrano da 800 a 900 mm/anno (70% degli afflussi).*
- *Nei depositi di transizione esterna, prevalentemente carbonatici, si infiltrano da 700 a 900 mm/anno (60-65% degli afflussi).*
- *Nei depositi calcareo-silico-marmosi di bacino si infiltrano da 500 a 650 mm/anno (45-60% degli afflussi).*

Le risorse idriche regolatrici, complessivamente erogate dalle strutture carsiche della regione, ammontano a 10 miliardi di m³ /anno pari ad oltre 300 m³ /s.

PREMESSA

Presentiamo alcuni risultati di una più vasta ricerca di idrogeologia regionale estesa all'interno Lazio, Abruzzo, Umbria e Marche, e a parte della Campania, che sarà oggetto di una monografia in preparazione.

E' parso opportuno anticipare in questa sede quei risultati che portano un contributo alla conoscenza delle aree carsiche e mettono in evidenza il ruolo che queste giocano nella economia idrogeologica regionale.

(*) Istituto di Geologia e Paleontologia. Università di Roma.

(**) Lavoro eseguito con il contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche (contratti 72.01082.05/115.3204; 73.01008.05/115.3204; 74.00739.05/115.3204) e del Centro di Studio per la Geologia dell'Italia centrale (CNR).

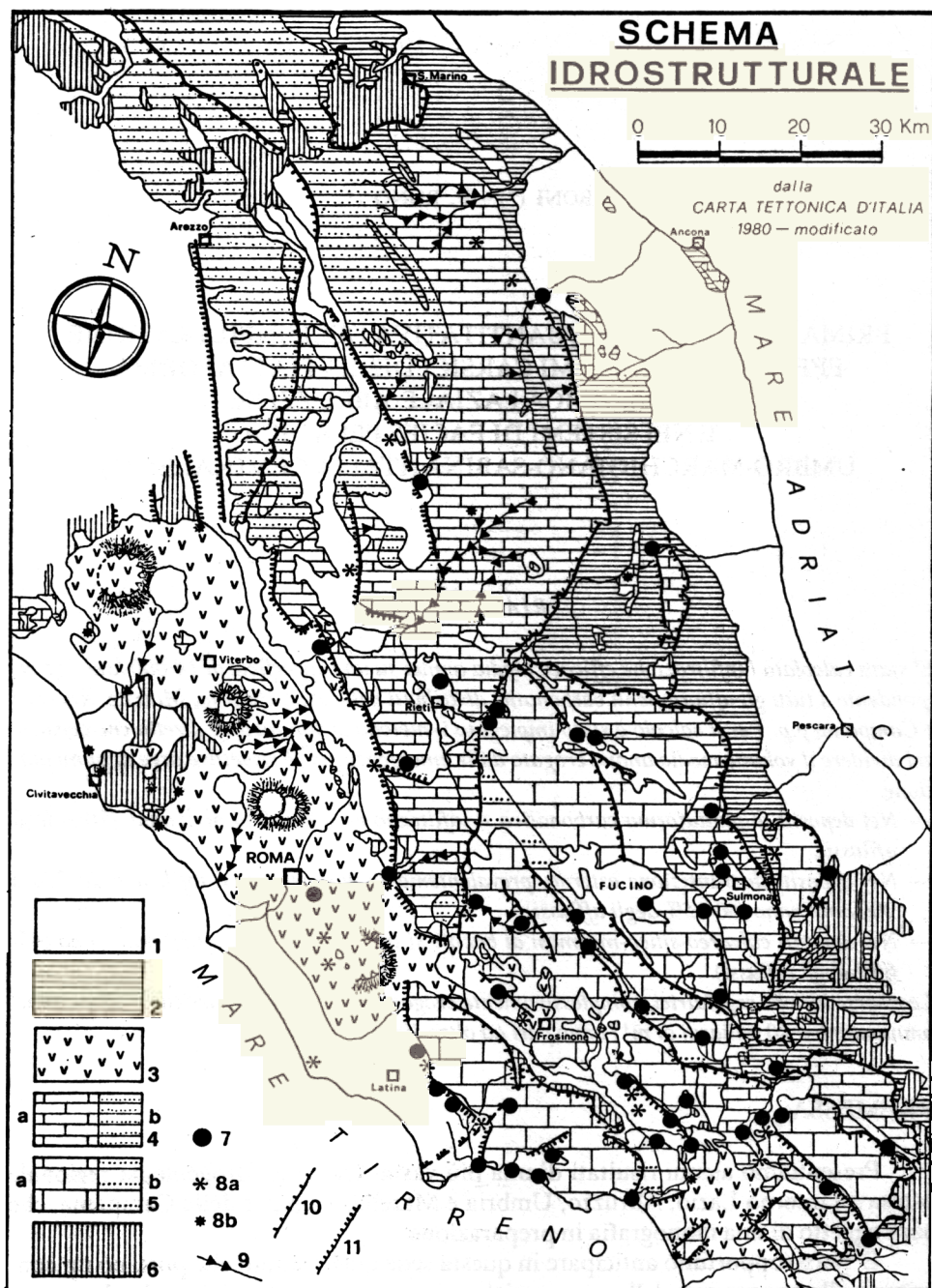


Fig. 1 1) Formazioni marine e continentali (Plio-Pleistocene); 2) Formazioni tardorogene (Flysch appenninici) (Miocene sup.-Pliocene); 3) Dominio delle vulcaniti toско-laziali e campane p.p. (Pliocene-Quaternario); 4) dominio della successione pelagica calcareo-silicico-marnosa umbro-marchigiano-sabina e molisana (a); flysch collegati (b); 5) Dominio della successione di piattaforma carbonatica laziale-abruzzese e campana p.p. (a); flysch collegati (b); 6) Dominio del complesso calcareo-marnoso-arenaceo-silicico sicilide; 7) Principali sorgenti carsiche con portata superiore al m³/s ($7^{\circ} \leq T \leq 5^{\circ}C$); 8) Manifestazioni idrotermali prevalentemente gassose: a) temperature minore di 20°C; b) temperatura maggiore di 20°C; 9) Emergenze lineari (corsi d'acqua drenanti); 10) Faglie inverse e sovrascorrimenti; 11) Principali linee tettoniche distensive.

AREA DI INDAGINE E SUOI CARATTERI GEOLOGICI

L'area di indagine è rappresentata in fig. 1 dove vengono schematizzati i caratteri geologici e idrogeologici regionali. Vengono qui considerati solo gli affioramenti carbonatici. In quest'ambito è stato necessario operare una suddivisione in due differenti domini, che, come si vedrà in seguito, hanno diverso comportamento idrogeologico. A Sud si estende il dominio della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese-campana p.p., comprese le sue aree marginali e flysch associati; a nord si estende il dominio delle successioni prevalentemente carbonatiche, calcareo-silicico-marnose, deposti nel bacino umbro-marchigiano-sabino, comprese le aree di transizione e i flysch associati. Oltre che per i diversi caratteri stratigrafici e litologici, i due domini si differenziano per i loro caratteri evolutivi e strutturali che meriterebbero un esame approfondito, impossibile in questa sede.

2. SCOPO E METODO DELL'INDAGINE

L'obiettivo del lavoro è stato quello di ricercare delle relazioni, quantitativamente definibili, tra caratteristiche geologiche e caratteristiche idrogeologiche del territorio. Come elemento di confronto si è scelto il valore dell'infiltrazione efficace, vale a dire il volume di acqua meteorica che, per unità di superficie, si infila ogni anno nel sottosuolo, fino a raggiungere i grandi acquiferi che saturano le strutture carbonatiche. Per valutare questo parametro si è proceduto nel modo più elementare e diretto. Definite delle strutture idrogeologiche chiuse, ritenute prive di apprezzabili scambi sotterranei con strutture contigue, si è misurato il volume medio annuo erogato dalle singole strutture. Il rapporto tra il volume di acqua erogato e la superficie di alimentazione fornisce il valore dell'acqua mediamente infiltrata ogni anno, per unità di superficie, che può essere espressa in mm/anno.

Questa operazione fondamentale è stata integrata dalla valutazione delle precipitazioni mediamente affluire ogni anno sulle aree di ricarica; il valore degli afflussi non interviene nel calcolo dell'infiltrazione efficace, ma è solo un parametro di confronto, utile per esprimere il valore dell'infiltrazione efficace come percentuale delle precipitazioni.

E' evidente che questo tipo di calcolo è significativo:

- quando sia stata inequivocabilmente definita la relazione tra aree di infiltrazione e rispettivi punti di emergenza;
- quando la misura delle portate sia attendibile.

Per evitare possibili errori di valutazione sono stati considerati tutti gli affioramenti carbonatici e tutte le emergenze della regione; si sono inoltre particolarmente curate le misure di portata delle emergenze in successive campagne condotte nell'arco di oltre dieci anni, a conferma dei dati storici disponibili.

3. CALCOLO DEL BILANCIO IDROGEOLOGICO E DELLA INFILTRAZIONE EFFICACE

3.1. *Unità territoriale di riferimento*

Il bilancio va riferito ad una unità territoriale di riferimento. Nell'ambito dei domini idrogeologici sopra definiti, attraverso l'analisi sedimentologica e strutturale, sono state operate delle suddivisione del territorio in *Gruppi* idrogeologici indifferenziati (con dimensioni di diverse centinaia o migliaia di km²), *Sistemi*, con dimensioni di qualche centinaio di km² e semplici *Unità* idrogeologiche con dimensioni inferiori a 200 km². L'analisi eseguita ha comportato delle suddivisioni sufficientemente dettagliate del territorio; qui si presenta un quadro più semplificato, schematizzato nella figura 2 e nella tabella 1.

3.2. *Misura della portata delle emergenze*

La misura sistematica della portata delle emergenze è stata indubbiamente l'operazione più delicata, più lunga e laboriosa di tutta la ricerca. Sono state considerate tutte le emergenze con portate superiori a 100 l/s (circa 200) molte delle quali erogano da 1 a 20 m³ /s, per un totale di circa 300 m³ /s.

Ovunque è stato possibile, le misure sono state direttamente eseguite e più volte ripetute nel corso dell'ultimo decennio; in alcuni punti più significativi sono stati appositamente installati e controllati degli idrometrografi; tutti i dati storici e di letteratura recente, fatta eccezione per le emergenze captate, sono stati controllati. Le misure sono state direttamente eseguite dai due autori e dal collega Giuseppe Capelli, che vivamente ringraziamo per la preziosa collaborazione e generosamente prestata, col solo aiuto dei numerosi laureandi di idrogeologia che, con il loro lavoro esteso a tappeto sulla regione, hanno dato un contributo essenziale all'esito della ricerca.

Riteniamo che l'attendibilità dei valori medi di portata, nella stragrande maggioranza dei casi, sia buona; i valori considerati sono il frutto dell'elaborazione di dati storici, dati di letteratura recente e di numerosissime misure direttamente eseguite e ripetute. Sono rari i casi nei quali si dispone di dati incerti o poco attendibili. Le portate indirettamente stimate, per l'oggettiva impossibilità di procedere a misure dirette (perdite a mare, apporti subalvei nel F. Volturno e nel F. Savone), sono pari al 6% del totale della portata misurata e nel calcolo dell'infiltrazione sono state considerate a parte.

Le emergenze più grandi sono di norma caratterizzate da una marcata stabilità delle portate; sono rari i casi di forte variabilità e mai nelle emergenze maggiori. Ciò facilita notevolmente la valutazione della portata media annua.

In sintesi riteniamo che l'entità delle portate utilizzate per il calcolo dell'infiltrazione può essere considerata come un valore minimo riconosciuto; è probabile infatti che non tutte le emergenze siano state misurate e che l'entità dei deflussi sia in qualche misura superiore. Dato il metodo di calcolo adottato, riteniamo poco probabile l'ipotesi contraria.

3.3. *Valutazione degli afflussi meteorici*

La valutazione degli afflussi meteorici che cadono sulle aree di ricarica è stata eseguita col metodo dei poligoni di Thiessen, utilizzando i dati del Servizio Idrogra-

fico. Come valore medio della precipitazione annua, espressa in mm di pioggia equivalenti, è stato assunto il valore medio registrato da ogni stazione nel periodo compreso tra il primo anno di funzionamento e l'ultimo anno del quale sono stati pubblicati i dati. Il periodo medio di osservazione è generalmente di circa 30 anni e in molti casi raggiunge 50 anni.

Sulla attendibilità dei dati pluviometrici utilizzati, si può dire che sono generalmente poche le stazioni ubicate all'interno delle aree di ricarica, prevalendo quelle poste ai margini delle strutture, in aree più depresse. Si ha l'impressione che con il metodo adottato si sia pervenuti ad una valutazione probabilmente inferiore a quella reale. A riprova di ciò si può considerare che, dove sono state installate stazioni di controllo direttamente gestite dagli autori, tra 1000 e 2000 metri di quota, si sono sempre registrati valori medi, nell'arco di 3-5 anni, sensibilmente superiori a quelli medi di lungo periodo calcolati dai dati del Servizio Idrografico.

Questa incertezza nella valutazione delle precipitazioni non altera, comunque, l'entità dell'infiltrazione efficace calcolata dalla portata delle emergenze ed espressa in mm/anno; può eventualmente esaltare il valore dell'infiltrazione efficace espressa come percentuale delle precipitazioni.

4. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI DOMINI IDROGEOLOGICI

Come si è accennato precedentemente, nell'analisi regionale sono stati distinti due diversi domini idrogeologici che chiameremo più semplicemente «dominio di piattaforma» e «dominio di bacino». Questi due ambienti, messi a confronto, appaiono profondamente diversi, per la natura sedimentologica e litologica dei carbonati, per lo spessore della serie stratigrafica, per la storia evolutiva degli ambienti di sedimentazione e per l'assetto strutturale acquisito; queste diversità condizionano evidentemente anche i processi idrogeologici. Accenniamo qui brevemente alle differenze più evidenti.

Lo smembramento subito nel Miocene dalla piattaforma carbonatica, potente circa 3000 metri, ha determinato l'apertura di profondi solchi che sono stati colmati da forti spessori di depositi terrigeni sinorogenici. Le dorsali carbonatiche sono, in tal modo, rimaste fra loro separate da diaframmi a bassa permeabilità che hanno conservato la loro sostanziale integrità anche dopo le successive fasi orogeniche. La piattaforma si presenta quindi ripartita in grandi strutture idrogeologiche con limiti sufficientemente definiti. Ciascuna struttura è saturata da un acquifero di fondo che alimenta sorgenti distribuite lungo la sua periferia, dove i carbonati vengono a contatto con il flysch che li circonda. La permeabilità media dei carbonati è molto elevata; il ruscellamento di superficie trascurabile; la morfologia tipicamente carsica, con estese aree endoreiche.

Il reticolo di drenaggio è poco evoluto; ne consegue che le incisioni non raggiungono la quota di saturazione dei carbonati e mancano quindi corsi d'acqua perenni. Tutta l'acqua di infiltrazione si accumula nella falda di base che alimenta le sorgenti periferiche. E' questa una regola generale con pochissime eccezioni, sostanzialmente limitate alle aree dove affiora il substrato dolomitico della piattaforma.

Nel dominio di bacino umbro-marchigiano-sabino, sopra le dolomie e le marne triassiche si estende uniformemente il potente pacco di depositi di piattaforma

carbonatica, noto come «calcare massiccio», disarticolato da una fase tettonica liassica. Segue la nota serie calcareo-silico-marnosa stratificata, giurassico-creatacica, localmente ridotta e lacunosa, che passa con gradualità al flysch marnoso-arenaceo miocenico.

L'assetto strutturale, con caratteri tipicamente plicativi, raramente esasperati, è tale da conservare la sostanziale continuità idraulica tra strutture contigue. Il «calcare massiccio» gioca un evidente ruolo di dreno preferenziale nei confronti della serie stratificata sovrastante e anche di raccordo idraulico tra strutture contigue.

Come è noto, la serie prevalentemente carbonatica è interrotta da episodi di sedimentazione terrigena con bassa permeabilità, lo spessore dei quali è tuttavia generalmente inferiore al rigetto delle principali faglie che rompono le dorsali. L'infiltrazione profonda, verso il nucleo delle strutture, è di conseguenza generalmente possibile, anche se sono frequenti falde sospese, di estensione limitata, che alimentano sorgenti con portate modeste.

Uno dei più tipici caratteri che differenzia il dominio di bacino da quello di piattaforma è la estrema rarità delle sorgenti con portate superiori a qualche centinaio di l/s. Un altro aspetto è la presenza di un esteso ed articolato reticolo idrografico, bene alimentato, che manca invece totalmente nel dominio di piattaforma. Il reticolo incide profondamente le strutture carbonatiche, fino a raggiungere il nucleo degli acquiferi, assumendo in tal modo la funzione di livello di base che drena la quasi totalità delle acque sotterranee. Il ruolo delle sorgenti diviene marginale.

Ne consegue che solo attraverso misure sistematiche delle «emergenze lineari» e quindi degli incrementi di portata nei corsi d'acqua, si riesce a valutare l'entità delle emergenze. La continuità strutturale rende difficilmente individuabili netti limiti idrogeologici fra sistemi contigui, tanto che nella valutazione dei bilanci occorre procedere per grandi gruppi considerati, per il momento, come strutture idrogeologiche continue.

5. ANALISI DEI BILANCI IDROGEOLOGICI

I bilanci idrogeologici sono stati l'oggetto di una analisi assai più dettagliata di quanto non figurino dalla tabella 1, che li riassume. Viene qui presentato un bilancio in forma sintetica eseguito su grandi unità indifferenziate (fig. 2).

5.1. Dominio di piattaforma carbonatica

Come risulta dalla tabella 1 vengono considerate 6 grandi unità strutturali, tre delle quali prevalentemente costituite da depositi di piattaforma interna (Gruppo dei Volsci-1a; Gruppo dei Simbruini-2a; Gruppo del Nuria-Marsica occidentale-3a) e altre tre prevalentemente costituite da depositi di transizione esterna (Sistema del Matese-4a; Gruppo del Sirente-M. Rocchetta-5a; Sistema della Maiella-6a).

Nei depositi di piattaforma interna i valori dell'infiltrazione efficace risultano compresi tra 800 e 900 mm/anno, per precipitazioni variabili tra 1200 e 1350 mm, pari al 68-70% degli afflussi meteorici.

Nei depositi di transizione esterna l'entità dell'infiltrazione è compresa tra 700 e 900 mm/anno, per precipitazioni variabili da 1000 a 1500 mm, con valori percentuali del 60-65% degli afflussi.

BILANCIO IDROGEOLOGICO DELLE AREE CARSIICHE DELL'APPENNINO CENTRALE

DOMINIO, GRUPPO, SISTEMA, UNITA'	SUP. (KMQ)	VOL. AFFL. (m ³ /anno)	AFFLUSSO MED. ANN. (mm)	PORTATA DELLE EMERGENZE MISURATA				PORTATE COMPRENSIVE DELLE PERDITE STIMATE				NOTE
				PORT. EMER. (m ³ /s)	VOL. MED. ANN. DEFL. (m ³ /anno)	I.E. (mm)	I.E. (%)	PORT. EMERG. (m ³ /s)	VOL. MED. ANN. DEFL. (m ³ /anno)	I.E. (mm)	I.E. (%)	
1a) GRUPPO DEI VOLSCI, UNITA' DI M.TE MATO E DI M.TE MAGGIORE	1708	2194x10 ⁶	1285	36,9	1161x10 ⁶	680	53	47,7*	1502x10 ⁶	880	68	*Alla portata delle emergenze, misurata, sono stati aggiunti 10,8 m ³ /s, somma delle perdite a mare (8.m ³ /s), degli apporti nell'alveo del F. Garigliano (ca. 1,4 m ³ /s) e dei fiumi Volturno e Savone (ca. 1,4 m ³ /s).
2a) GRUPPO DEI SIMBRUINI-ERNI CI-M.TE CAIRO E SISTEMA DELLE MAINARDE-M.TE CESINA	1778	2369x10 ⁶	1332	47,7	1504x10 ⁶	846	63	51,7*	1629x10 ⁶	916	69	*Alla portata delle emergenze, misurata, sono stati aggiunti 4 m ³ /s, somma degli apporti nell'alveo del F. Volturno.
3a) GRUPPO NURIA-VELINO-FUCINO-MARSICA OCCIDENTALE	1854	2231x10 ⁶	1203	49,7	1565x10 ⁶	844	70					
4a) SISTEMA DEL MATESE-M.TE TOTILA	812	1190x10 ⁶	1465	19,9	627x10 ⁶	772	53	22,9*	721x10 ⁶	888	61	*Alla portata delle emergenze misurata, sono stati aggiunti 3 m ³ /s, somma degli apporti nell'alveo del F. Volturno.
5a) GRUPPO DEL SIRENTE-M.TE PREZZA, GRAN SA SO-M.TE PICCA, M.TE MORRONE, TERRATTA-M.GNA GRANDE, M.TE GRECO-M.TE ROCCHETTA	2164	2050x10 ⁶	947* 1100 (?)	49,0	1544x10 ⁶	714	75 65 (?)					*La precipitazione calcolata sembra sottovalutata; si ritiene più probabile un valore approssimativo di circa 1100 mm/anno.
6a) SISTEMA DELLA MARELLA	314	369x10 ⁶	1175	7,5	236x10 ⁶	752	64					
A- DOMINIO DELLA SUCCESSIONE DI PIATTAFORMA CARBONATICA LAZIALE-ABRUZZESE-CAMPANA p.p. E SUOI MARGINI DI TRANSIZIONE ESTERNA	8630	10403x10 ⁶	1205	210,7	6637x10 ⁶	769	64	228,5*	7198x10 ⁶	834	69	*Alla portata delle emergenze misurata, sono stati aggiunti 17,8 m ³ /s, somma delle perdite stimate.
1b) GRUPPO DELL'ARCO UMBRO-MARCHIGIANO	3460	3830x10 ⁶	1107	54,0	1700x10 ⁶	491	44					
2b) GRUPPO DI MONTORO-STIFONE	732	782x10 ⁶	1068	15,0	473x10 ⁶	646	60					
3b) GRUPPO DEI M.TI SABINI, CORNICOLANI, TIBURTINI, PRENESTINI E RUFFI	832	1022x10 ⁶	1228	15,6	493x10 ⁶	593	48					
4b) SISTEMA DELLA M.GNA DEI FIORRI, ACQUASANTA E MONTAGNONE (VOMANO)	96	107x10 ⁶	1112	1,5	47x10 ⁶	492	44					
B- DOMINIO DELLA SUCCESSIONE DI BACCINO, CALCAREO-SILICICO-MARNOSA UMBRO-MARCHIGIANO SABINA	5120	5741x10 ⁶	1121	86,1	2713x10 ⁶	530	47					
TOTALE (A+B)	13750	16144x10 ⁶	1174	296,8	9349x10 ⁶	680	68	314,6*	9910x10 ⁶	721	61	*Alla portata delle emergenze misurata, sono stati aggiunti 17,8 m ³ /s, somma delle perdite stimate.

TAB.1- BILANCIO IDROGEOLOGICO DEI DOMINI DELLA SUCCESSIONE DI PIATTAFORMA CARBONATICA LAZIALE-ABRUZZESE E CAMPANA p.p., E DELLA SUCCESSIONE DI BACCINO, CALCAREO-SILICICO-MARNOSA, UMBRO-MARCHIGIANO-SABINA (BONI C., BONO P. - 1982)

L'intera piattaforma carbonatica, con superficie di affioramento di 8630 km² riceve ogni anno 10,4 miliardi di m³ di afflussi meteorici e ne restituisce 7,2 miliardi per una portata pari a 228 m³/s, quasi interamente erogata da sorgenti localizzate in aree circoscritte.

5.2. Dominio del bacino umbro-marchigiano-sabino

Per il bilancio di questo dominio e delle sue aree di transizione sono state considerate quattro grandi unità strutturali (Gruppo dell'Arco umbro-marchigiano-1b; Gruppo di Montoro-Stifone-2b; Gruppo dei M.ti Sabini-Ruffi-3b; Sistema della Montagna dei Fiori-Montagnone-4b).

I valori della infiltrazione efficace media annua variano indicativamente da circa 650 mm per il Gruppo di Montoro, dove gli affioramenti di «calcare massiccio» coprono circa il 20% dell'area di ricarica, a poco meno di 500 mm nelle altre strutture, dove gli affioramenti di «calcare massiccio» sono mediamente inferiori al 10% dell'area.

Questi valori espressi in percentuale delle precipitazioni oscillano tra il 44 ed il 60%.

L'intero dominio, con una superficie di 5120 km², riceve ogni anno 5,7 miliardi di m³ di afflussi meteorici e ne restituisce 2,7 miliardi per una portata pari a 86 m³/s quasi interamente versati negli alvei dei corsi d'acqua che solcano la regione.

6. CONCLUSIONI

Dai dati acquisiti su un'area di circa 14000 km² di affioramenti carbonatici risulta, in primo luogo, un chiaro rapporto, quantitativamente definibile, tra caratteri geologici, idrogeologici e climatici. Questo rapporto si traduce in una diversa capacità di rialimentazione degli acquiferi e in diverse modalità di emergenza riconosciute in domini idrogeologici differenti.

Nelle condizioni climatiche dell'Italia centrale, con precipitazioni variabili tra 1000 e 1500 mm/anno, i depositi di piattaforma carbonatica assorbono ogni anno da 700 a 900 mm, pari a poco meno del 70% delle precipitazioni. Le falde ricevono dagli affioramenti carbonatici di piattaforma un contributo medio di circa 25 l/s/km².

A condizioni geologiche omogenee corrisponde un comportamento idrogeologico sostanzialmente uniforme, nelle varie unità idrostrutturali. Sono invece apprezzabili e le differenze di comportamento tra le aree di piattaforma interna e le aree di transizione esterna.

Date le condizioni idrostrutturali le acque sotterranee emergono prevalentemente in aree localizzate e circoscritte, mentre il reticolo fluviale, sugli affioramenti carbonatici, è praticamente assente. I depositi di bacino, per precipitazioni variabili tra 1000 e 1200 mm/anno, assorbono mediamente da 500 a 650 mm/anno con valori percentuali compresi tra il 45 e il 60% degli afflussi.

Le falde ricevono dagli affioramenti carbonatici di bacino un contributo medio di circa 15 l/s/km². I valori dell'infiltrazione calcolata sono sostanzialmente omogenei nelle diverse unità idrostrutturali considerate. Le emergenze sono preva-

lentemente localizzate lungo i corsi d'acqua principali che solcano le strutture carbonatiche e hanno la funzione di livello di base regionale.

I 14000 km² di affioramenti carbonatici della regione considerata assorbono in volume di risorse regolatrici pari a 9.6 miliardi di m³ /anno corrispondenti ad una portata complessiva di oltre 300 m³ /s.

LAVORI CITATI

- [1] - BONI C. (1973) - *Lineamenti idrogeologici dell'Appennino carbonatico laziale-abruzzese (Primi risultati della campagna 1970-72)*. Atti del II Conv. Acque Sotterranee-Palermo.
- [2] - BONI C., BONO P. (1980) - *Relation entre infiltration efficace et lithologie dans dix systèmes karstiques de l'Italie centrale*. Bulletin Série III, BRGM-Paris (in corso di stampa).
- [3] - CELICO P. (1978) - *Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale*. Mem. e Note Ist. Geol. Appl.; vol. XIV-Napoli.
- [4] - CIVITA M. (1969) - *Valutazione analitica delle riserve in acque sotterranee alimentanti alcune tra le principali sorgenti del massiccio del Matese (Italia meridionale)*. Mem. Soc. Natur., suppl. Boll. 78-Napoli.
- [5] - MANFREDINI M. (1972) - *Studio idrologico della Piana di Rieti*. Quad. Ist. Ric. sulle Acque (CNR), 6, Roma.
- [6] - MINISTERO AGR. IND. COMM. - *Carta Geologica d'Italia* (scala 1:100.000), Roma.
- [7] - MINISTERO AGR. IND. COMM. (1882-1910) - *Carta Idrografica d'Italia*, Roma.
- [8] - MINISTERO LAV. PUBBLICI (Servizio Idrografico) - *Annali Idrologici*, Roma.
- [9] - MINISTERO LAV. PUBBLICI (Servizio Idrografico) - *Le sorgenti italiane*, Roma.
- [10] - PAROTTO M., PRATURLON A. (1975) - *Geological summary of the Central Apennines*. Quad. Ric. Sci. (CNR). 90. Roma.