

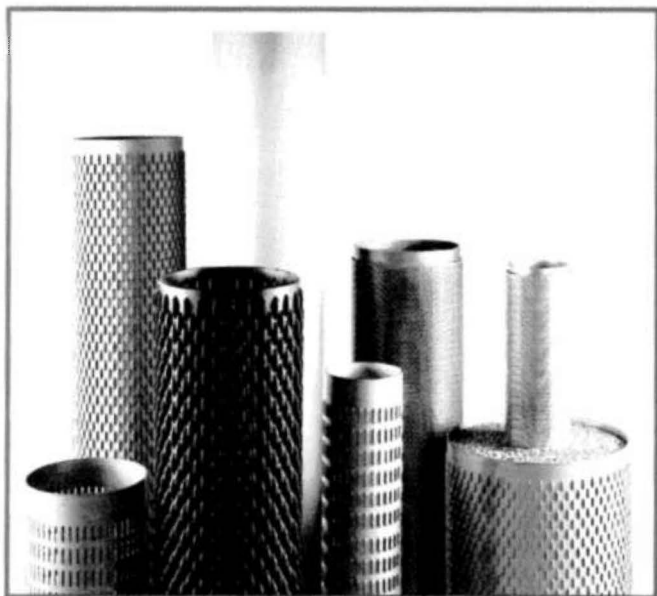
ACQUE

Ricerca
Trivellazione
Captazione

SOTTERRANEE

Anno XV - Settembre '98 - Spedizione in abbonamento postale comma 20 B art.2 legge 662/96 - Milano

FASCICOLO 59

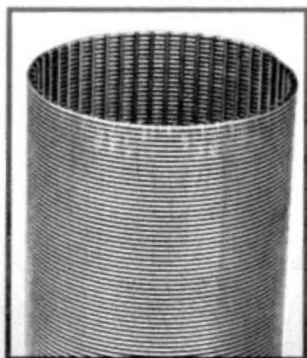


40 ANNI DI ESPERIENZA

NELLA

PRODUZIONE

DI TUBI E FILTRI



PER POZZI D'ACQUA

SISTEMA QUALITÀ DAL 14/5/98
certificato n°
CERT-02947-98-AQ-MIL-SINCERT

UNI EN ISO 9002 (ISO 9002)



DNV

Certified Quality System

PAPARELLI ALESSANDRO & FIGLIO S.N.C. - CARIMATE (CO) ITALIA

Via Mulino Geretto, 4 - ☎ (031) 790.601 • Telefax (031) 791.460 / Telex 380397 - Paparelli
International Telephone Number ++39-31-790601 - International Fax Number ++39-31-791460

Le sorgenti dell'alta valle del fiume Agri (Italia meridionale): caratteri idrologici ed idrochimici*

* Lavoro finanziato con Fondi M.U.R.S.T., (resp. Francesco Sdao).

G. D'Ecclesiis *, M. Polemio **, F. Sdao ***@

* Libero professionista, Geologo - Potenza, Italia

** C.N.R., Ce.R.I.S.T., Bari.

*** Università della Basilicata, Potenza, Italia.

@ Indirizzo - Francesco SDAO, Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia Applicata all'Ingegneria, Università della Basilicata, POTENZA. E-mail - SDAO@UNIBAS.IT

Riassunto. Una delle principali strutture idrogeologiche dell'Appennino lucano, nella quale hanno sede acque sotterranee abbondanti e di buona qualità, è rappresentata dal gruppo montuoso del Monte Volturino e Serra di Calvelluzzo, ubicato in Alta Val d'Agri (Basilicata, Italia meridionale). Precedenti studi condotti dagli autori hanno permesso di evidenziare i caratteri idrogeologici ed idrodinamici e la potenzialità idrica e di valutare la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi costituenti la predetta struttura idrogeologica. Le acque sotterranee ivi presenti vengono a giorno in forma concentrata, in corrispondenza di alcune decine di sorgenti, molte delle quali di cospicua portata. Queste risultano essere raggruppate in quattro fronti sorgentizi principali, ognuno dei quali drena una parte della struttura idrogeologica principale. Nel presente contributo, sulla scorta di ulteriori rilievi idrogeologici e sull'analisi ed interpretazione di dati chimico-fisici ed isotopici relativi a 14 sorgenti, si ha in animo di definire i caratteri idrogeologici, chimico-fisici ed isotopici delle principali sorgenti censite e, sulla base di questi, evidenziare gli eventuali legami idrogeologici fra i diversi gruppi sorgentizi e i diversi acquiferi che costituiscono la struttura idrogeologica investigata.

Parole chiave: Acque sotterranee, acquiferi carbonatici, Alta valle F. Agri, Basilicata

1. PREMESSA

Le cospicue acque sotterranee presenti nell'Appennino lucano hanno in gran parte sede in alcuni significativi acquiferi carbonatici (Monte Pollino, Monte Sirino, Monti di Maratea, Alta valle del Fiume Agri). Gli scriventi da tempo si occupano dell'idrogeologia di detti acquiferi (D'Ecclesiis et al., 1990; D'Ecclesiis et al., 1995; D'Ecclesiis & Polemio 1995, Grassi et al., 1996 a; Grassi et al., 1996 b; D'Ecclesiis et al., 1997).

Una delle principali strutture idrogeologiche dell'Appennino lucano, nella quale hanno sede acque sotterranee abbondanti e di buona qualità, è rappresentata dal gruppo montuoso calcareo-siliceo del Monte Volturino e Serra di Calvelluzzo, ubicato in Alta val d'Agri (Basilicata, Italia meridionale) (Fig. 1). Precedenti studi condotti dagli autori hanno permesso di evidenziare i caratteri idrogeologici ed idrodinamici e la potenzialità idrica degli acquiferi costituenti la predetta struttura idrogeologica, nonché di valutare la vulnerabilità intrinseca.

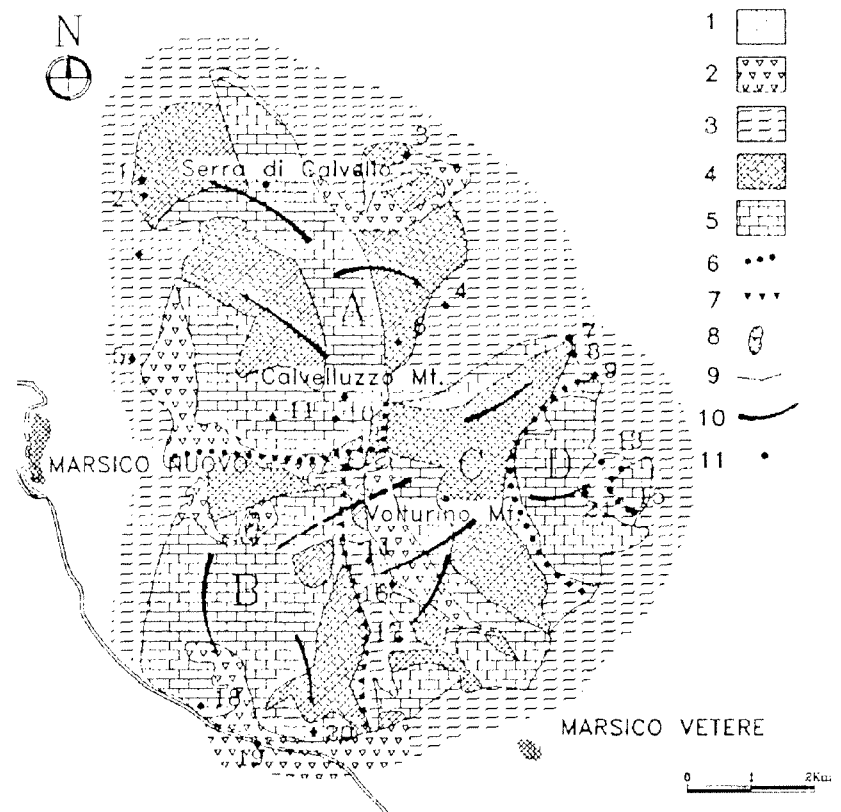


Fig. 1 - Schema Idrogeologico: 1) Alluvioni; 2) Detriti; 3) Flysch Galestrino; 4) Scisti Silicei; 5) Calcari con selce; 6) Spatiacque sotterraneo con interscambi limitati o nulli; 7) Spatiacque sotterraneo con probabili interscambi nel verso indicato dalla freccia; 8) Area di rilevante infiltrazione concentrata; 9) Limite di bacino; 10) Direzione di preferenziale deflusso delle acque sotterranee; 11) Sorgente.

(D'Ecclesiis et al., 1995; Grassi et al., 1996 a). In particolare, è stato valutato il bilancio idrogeologico della struttura, sono state riconosciute le aree di prevalente alimentazione e le principali direzioni di deflusso della falda. Quest'ultime hanno permesso di riconoscere, all'interno della struttura idrogeologica principale, come sarà ampiamente detto, quattro distinti acquiferi caratterizzati da propri caratteri e da modesti interscambi idrici. E' stata altresì valutata, ricorrendo a metodi parametrici (a punteggio e peso) la vulnerabilità intrinseca del sistema idrogeologico, estrinsecata su un'apposita carta a scala operativa.

Le acque sotterranee ivi presenti vengono a giorno in forma concentrata, in corrispondenza di alcune decine di sorgenti, molte delle quali di cospicua portata. Queste risultano essere essenzialmente raggruppate in quattro diversi fronti sorgentizi principali, ognuno dei quali drena uno dei quattro acquiferi individuati. Nel presente contributo, sulla scorta di ulteriori rilievi idrogeologici e sull'analisi ed interpretazione di dati chimico - fisici ed isotopici relativi a 14 sorgenti, si definiscono i caratteri idrogeologici, chimico-fisici ed isotopici delle principali sorgenti censite e, sulla base di questi, si evidenziano gli eventuali legami idrogeologici fra i diversi gruppi sorgentizi e i diversi acquiferi che costituiscono la struttura idrogeologica investigata.

2. CARATTERI GEOLOGICI DEL TERRITORIO

Per quanto riguarda i caratteri geologico-strutturali della struttura idrogeologica del Monte Volturino - Serra di Calvelluzzo, si rimanda ai precedenti lavori cui si è fatto cenno (D'Ecclesiis et al., 1995; Grassi et al., 1996 a) e ad alcune altre ricerche specifiche (Carbone et Alii, 1988 e 1991). In sintesi si può dire che il complesso assetto geologico- strutturale, caratterizzante questo lembo di Appennino lucano, condiziona marcatamente i caratteri idrogeologici, ugualmente complessi, ed idrodinamici della struttura idrogeologica in parola.

Le rocce e i terreni affioranti, costituenti la struttura idrogeologica di Monte Volturino - Serra di Calvelluzzo, sono in massima parte riconducibili alle unità Lagonegresi e sono rappresentati, dal basso verso l'alto, da: marne silicifere ed argillose rosse e verdastre, arenarie a grana fine (Formazione di Monte Facito, Trias Medio); calcari e calcilutiti grigi con liste e

noduli di selce (Calcari con selce, Trias Sup.); diaspri policromi ed argilliti silicifere variegiate (Scisti silicei, Giurassico); argilloseisti e marne silicifere grigiastre (Flysch Galestrino, Giurassico Superiore - Cretaceo) (Fig. 1).

L'area è molto complessa dal punto di vista strutturale, essendo caratterizzata da imponenti strutture plicative e da sovrascorrimenti, complicati e dissecati da importanti lineazioni tettoniche in gran parte riconducibili a faglie dirette, talune delle quali, secondo Carbone et Alii (1991), caratterizzate anche da un apprezzabile rigetto orizzontale e da varia direzione. I litotipi calcareo-silicei mostrano ovunque intensa fratturazione tale che, a luoghi, sono praticamente assimilabili ad un brecciamme tettonico inglobante grossi ammassi estremamente fessurati. Inoltre nel caso degli affioramenti dei Calcari con selce, sono in più punti riconoscibili più o meno significative tracce di dissoluzione carsica e anche inghiottitoi (Fig.2).

3. CARATTERI IDROGEOLOGICI DEGLI ACQUIFERI E DELLE SORGENTI.

Il complesso ambiente idrogeologico caratterizzante la struttura calcareo - silicea di Monte Volturino e Serra di Calvelluzzo è strettamente connesso all'altrettanto complesso e vario ambiente geologico, dettagliatamente descritto dalla bibliografia (D'Ecclesiis et al., 1995; Grassi et al., 1996 a).

Gli acquiferi costituenti la struttura di Monte Volturino-Serra di Calvelluzzo sono costituiti dai Calcari con selce e dagli Scisti Silicei. I Calcari con Selce, significativamente permeabili per fessurazione e talora anche per carsismo, impegnano almeno i 2/3 dell'idrostruttura. Questa è interamente circoscritta dal Flysch Galestrino, praticamente impermeabile nel suo insieme, che costituisce l'acquicludo del sistema idrogeologico.

Le numerose lineazioni tettoniche (faglie, fratture, fronti di sovrascorrimento, ecc.) assumono nell'area un'importante valenza idrogeologica, condizionando spesso la circolazione idrica sotterranea e costituendo alcuni importanti spartiacque sotterranei. Infatti, lo studio ha evidenziato, senza ombra di dubbio, che l'imponente struttura idrogeologica in esame risulta essere suddivisa in quattro acquiferi, grossomodo indipendenti, da due faglie, orientate NNW-SSE e da un fronte di sovrascorrimento (Acquiferi A, B, C, e D in Fig. 1).

Gli scambi idrici fra detti acquiferi sono, allo stato delle

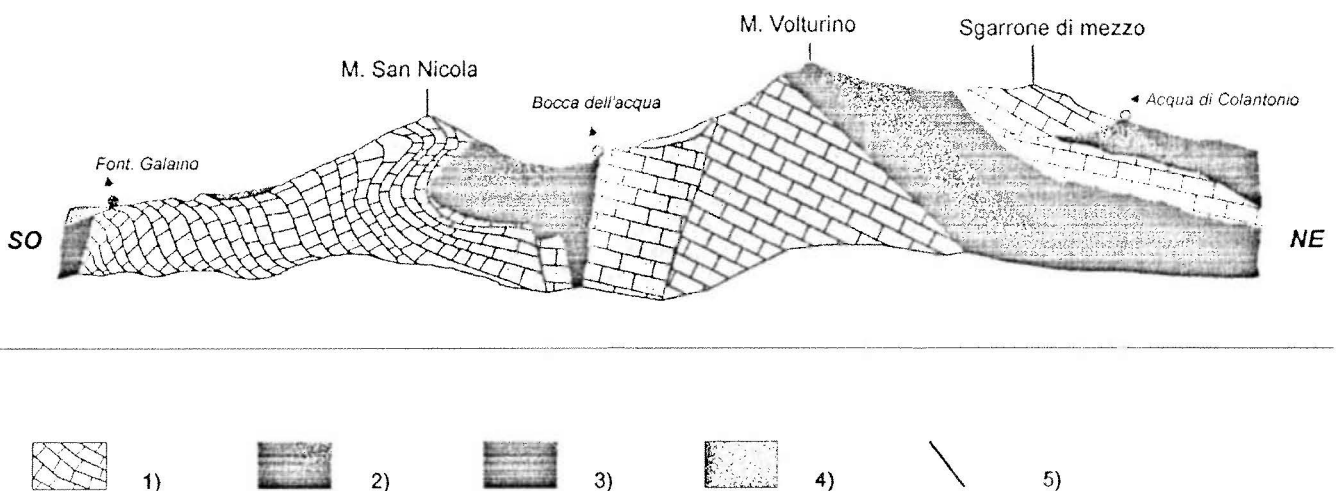


Fig. 2 - Sezione geologica schematica : 1) Calcari ; 2) Scisti silicei ; 3) Flysch Galestrino ; 4) Detriti ; 5) Faglie

conoscenze, da ritenersi tutto sommato nulli o del tutto modesti, come si dirà successivamente.

Le cospicue acque sotterranee in dotazione dei diversi acquiferi vengono a giorno in corrispondenza di numerose sorgenti, molte delle quali caratterizzate da importanti portate e attualmente captate. Le sorgenti in parola drenano una portata totale media annua pari a 537 l/s, pari a un volume annuo di circa $17 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Il regime delle portate che caratterizza le principali sorgenti è caratterizzato, come si evince dalla Fig. 3, da una risposta abbastanza rapida alle precipitazioni e da un periodo d'esaurimento che, di norma, si estende per 90 - 120 giorni e si conclude nei mesi di luglio-agosto. Nella Tab. 1 si evidenziano, per alcune delle sorgenti censite, i volumi di immagazzinamento determinati sulla base dell'analisi del periodo di esaurimento.

3.1 Acquifero di Serra di Calvello - Monte Calvelluzzo

Occupava la porzione più settentrionale della struttura calcareo-silicea, delimitata: per tre lati dal contatto, a luoghi stratigrafico a luoghi tettonico, tra i litotipi calcareo-silicei ed il Flysch Galestrino; a Sud da due evidenti lineamenti tettonici (Fig. 1).

In questo acquifero le acque sotterranee seguono due distinte direzioni di deflusso preferenziale, orientate rispettivamente SE - NW e NE - SW, convergenti entrambe verso le sorgenti del gruppo Agri - Curvino (sorgenti n. 1, 2 e 5 in Fig. 1).

Le acque sotterranee vengono a giorno in corrispondenza di numerose scaturigini, le principali delle quali sono caratterizzate in Tab. 2a. Le portate totali medie annue relative a queste sorgenti sono pari a 270 l/s, con un contributo pari al 50,2% del totale delle acque sorgive effluenti dalla intera struttura.

Trattasi in ogni caso di sorgenti per soglia di permeabilità e sono ubicate in una fascia altimetrica compresa fra 830 m e 1532 m s.l.m. (Tab. 2a).

Le sorgenti Agri 1, Agri 2 e Curvino (Sorg. n. 1, 2 e 5 in Fig. 1) si rinvencono alla base del versante occidentale di Serra di Calvello, là dove si realizza il contatto tettonico fra i litotipi

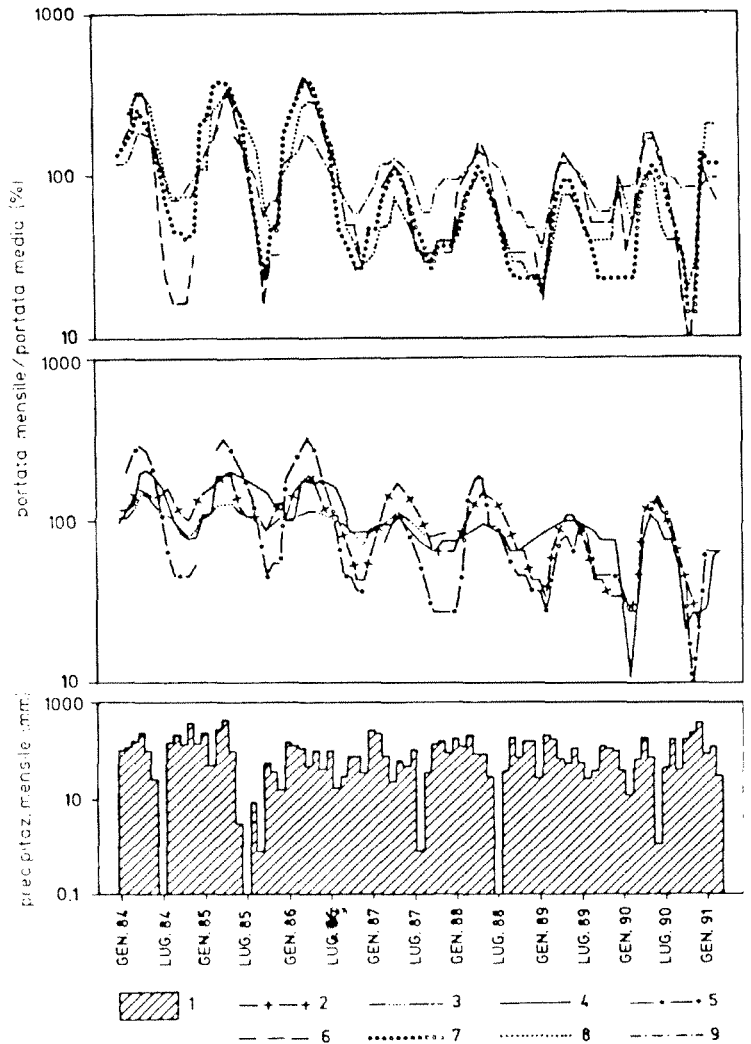


Fig.3 - Regime normalizzato, rispetto alle piogge, di alcune sorgenti: 1) Piovosità; Sorgenti: 1) Agri 1; 2) Agri 2; 3) Curvino; 4) Scruppo; 5) Romaniello; 6) Zolfata; 7) Bocca dell'acqua; 8) Genzano

calcareo-silicei permeabili ed il Flysch Galestrino; trattasi in questo caso di sorgenti per soglia di permeabilità sovrainposta.

Le sorgenti Acero e Scruppo (sorg. nn. 10 e 11) sono ubicate rispettivamente alle quote 1532 e 1226 m s.l.m. e sono poste in corrispondenza di un'importante faglia a forte rigetto verticale.

Le restanti sorgenti, Sulfurea della Terra, Sambuco di Sotto e Caterina (o Femmina morta) (Sorg. n. 3, 4 e 6), sono ubicate al piede del versante orientale di Monte Calvelluzzo. In particolare, la sorgente Sulfurea della Terra, una delle due sorgenti sulfuree censite nella struttura in esame, viene a giorno in corrispondenza di una lineazione tettonica con notevoli rigetti verticali ed orizzontali.

3.2 Acquifero di Monte Ausineto - Monte S. Nicola

Questo acquifero (contradistinto con la sigla B in Fig. 1) occupa

Q_0	Q_t	t	$\log e$	α	$W (m^3)$	$W (l)$
Bocca dell'acqua						
0,03786	0,01800	92	0,4343	0,008082	404755,8	404755783,92
Capano						
0,12214	0,10036	92	0,4343	0,002135	4943268,7	4943268711,12
Curvino						
0,13286	0,10357	92	0,4343	0,002707	4240507,9	4240507904,61
Agri2						
0,14000	0,11438	92	0,4343	0,002197	5505972,4	5505972440,31
Agri1						
0,03571	0,02464	92	0,4343	0,004033	764985,6	764985563,07
Genzano						
0,01317	0,00829	92	0,4343	0,005031	226158,9	226158863,54
Zolfata						
0,04250	0,01470	92	0,4343	0,011540	318208,6	318208635,48
Scruppo						
0,02107	0,00929	123	0,4343	0,006658	273433,6	273433577,61
Romaniello						
0,01357	0,00421	92	0,4343	0,01272156	92162,2477	92162247,7

Tab. 1- Coefficienti di esaurimento (a) e volumi d'immagazzinamento di alcune sorgenti censite.

N.ro	Denominazione	Quota	Q media (l/s)
1	Agri 1	1100	23.8
2	Agri 2	1072	116.9
3	Sulfurea della Terra	1128	7.2
4	Sambuco di sotto	1286	6.4
5	Curvino	838	96.5
6	Caterina	1394	3.2
10	Acero	1532	3.2
11	Scruppo	1226	11

a) Acquifero Serra di Calvello - Monte Calvelluzzo

Portata totale media acquifero : 270 l/s, 8457955 m³/a (50,2% del totale)

N.ro	Denominazione	Quota	Q media (l/s)
18	Fontana Galaino	630	12.4
19	Fontana Capano	631	97.5
20	Zolfata	628	22.1

b) Acquifero Monte Ausineto

Portata tot. media acquifero : 132 l/s, 4162752 m³/a, (24.5% del totale)

N.ro	Denominazione	Quota m s.l.m.	Q media (l/s)
7	Acqua Turbata	1103	1.2
8	Volturino	1088	1.8
12	Romaniello	1420	6.5
14	Bocca dell'Acqua	1005	20.5
16	Genzano	1040	9.0
17	Molinara	872	50.5

c) Acquifero Monte Volturino

Portata tot. Media acquifero : 89.5 l/s, 2822472 m³/a, (16.6 % del totale)

N.ro	Denominazione	Quota m s.l.m.	Q media (l/s)
9	Acqua delle Bocche	1136	14.2
13	Acqua di Colantonio	1260	20.2
15	Pietrapanni	1151	12.6
21	Romito	1260	0.02

d) Acquifero Scarrone di Mezzo

Portata tot. media acquifero : 47.02 l/s - 1482822 m³/a - (8.7 % del totale)

Tab.2 - Caratteri idrogeologici delle sorgenti dell'Alta valle del Fiume Agri.

la porzione sud-occidentale dell'idrostruttura e comprende i rilievi dei monti San Nicola ed Ausineto.

Le acque sotterranee circolano essenzialmente in senso N - S e convergono verso alcune significative sorgenti e la valle del Fiume Agri. Lungo il bordo occidentale di detto acquifero e in generale in tutta la struttura in esame si realizzano più o meno significativi travasi idrici, in profondità, verso i terreni calcareo-silicei ricoperti, in corrispondenza della valle fluviale, dal Flysch Galestrino e dalla sovrastante successione fluvio-lacustre quater-naria. Infatti, alcuni pozzi idro-logicci, terebrati nel fondovalle, nei pressi della sorgente Fontana Galaino (sorg. n. 19 in Fig. 1), hanno individuato, a circa 170 m di profondità dal p.c., nei Calcarì con Selce una falda in pressione caratterizzata da una pressione di circa 15 atm. Questo profondo acquifero risulta essere, allo stato delle conoscenze, del tutto autonomo.

L'acquifero dei Monti Ausineto e San Nicola alimenta 3 distinte sorgenti (sorg. nn. 18, 19 e 20 in Fig. 1, tab. 2b) ubicate al piede del Monte San Nicola. Trattasi di sorgenti per soglia di permeabilità sovrainposta che drenano una portata media complessiva di 132 l/s (tab. 2b). Anche in questo caso, nell'area in parola è stata censita una sorgente sulfurea, la Zolfata (sorg. n. 20 in Fig. 1), che, al pari della sorgente Sulfurea della Terra, di

cui già si è detto, viene a giorno in corrispondenza di un'altra importante faglia a notevole rigetto verticale.

3.3 Acquifero di Monte Volturino

Questo acquifero (contraddistinto dalla lettera C) impegna tutta la porzione centro-occidentale della struttura idrogeologica investigata; ivi è presente il Monte Volturino. I suoi limiti sono ben contrassegnati da lineamenti tettonici, in particolare : ad Ovest, a Sud e a Nord da importanti faglie, mentre ad est dal fronte di sovra-scorrimento impegnante le Unità Lagonegresi (Fig. 1).

Le acque sotterranee defluiscono in senso NE - SW e subiscono fortemente l'influenza di alcune importanti lineazioni tettoniche ivi presenti.

Tale acquifero alimenta 6 importanti sorgenti (sorg. nn. 7, 8, 12, 14, 16 e 17 in Fig. 1 e tab. 2c), che drenano complessivamente una portata media di 89,5 l/s. Trattasi di sorgenti per soglia di permeabilità sovrainposta che si realizza grazie ad alcune importanti faglie dirette che mettono a contatto i permeabili terreni calcareo-silicei ed il Flysch Galestrino. In particolare, le sorgenti Romaniello, Bocca dell'acqua, Genzano e Molinara (sorg. nn. 12, 14, 16, 17 in Fig. 1 e tab. 2c) vengono a giorno in corrispondenza di una scarpata di faglia intercettata dal deflusso delle acque sotterranee nel loro defluire verso SW. Le altre sorgenti, Acqua turbata e Volturino (sorg. nn. 7 e 8 in Fig. 1), si rinvenivano al bordo orientale dell'acquifero.

Come è stato già evidenziato (D'Ecclesiis et al., 1995), lungo il bordo occidentale dell'acquifero si realizzano modesti travasi idrici verso il contiguo acquifero dei monti Ausineto e San Nicola (acquifero B

in Fig. 1).

3.4 Acquifero di Scarrone di mezzo

Tale acquifero, il minore di quelli riconosciuti, è ubicato ad Est del Monte Volturino (acquifero D in Fig. 1) ed è per due terzi circoscritto dal sovrascorrimento tra le Unità lagonegresi

Le acque sotterranee ivi presenti sono in gran parte dovute alle acque di ruscellamento defluenti lungo il versante orientale di Monte Volturino. L'infiltrazione è agevolata dalla intensissima fratturazione dei terreni calcareo-silicei, i quali non di rado sono assimilabili ad un vero e proprio brecciamme tettonico inglobante grossi ammassi calcarei molto fessurati e fratturati.

Le acque sotterranee alimentano quattro sorgenti principali (sorg. nn. 9, 13, 15 e 21 in Fig. 1 e tab. 2d) che hanno una portata complessiva di 47 l/s. Trattasi di sorgenti per soglia di permeabilità.

4. CARATTERI CHIMICO - FISICI DELLE SORGENTI.

Al fine di definire meglio i rapporti intercorrenti fra le

N.	Denominazione	acquifero
3	Sulfurea della terra	A
4	Sambuco di sotto	A
5	Curvino	A
6	Caterina	A
10	Acero	A
11	Scruppo	A
12	Romaniello	C
13	Acqua di Colantonio	D
14	Bocca dell'acqua	C
16	Genzano	C
17	Molinara o Acqua grande	C
19	Fontana Capano	B
20	Zolfata	B
21	Romito	D

Tab. 3 - Le sorgenti campionate

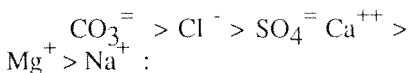
diverse acque sotterranee emergenti dai quattro acquiferi, mediante i quali è suddivisibile la struttura idrogeologica in esame, sono state condotte analisi fisico - chimiche delle acque di tutte le principali sorgenti (tabb. 3 e 4), i cui risultati hanno sostanzialmente confermato l'appartamentamento delle scaturigini emergenti dai medesimi settori (Fig. 4).

4.1 Acquifero di Serra di Calvello - Monte Calvelluzzo

Sono state campionate le acque di 6 sorgenti (tabb. 3 e 4), distribuite in una fascia altimetrica compresa tra 838 e 1532 m s.l.m.. La temperatura delle acque campionate varia tra i 6 °C (sorgenti Caterina Femmina morta e Sambuco di Sotto) e i 12,3 °C (sorgente Sulfurea della Terra). Il pH è risultato anch'esso variabile tra 6.83 (sorg. Sulfurea della Terra.) e 7.52 (sorg. Curvino), mentre la conducibilità, a 20° C, è compresa tra i 237 (sorg. Curvino) e 320 mS/cm (sorg. Sulfurea della Terra).

Per tutte le sorgenti facenti parte dell' acquifero in parola, la relativa formula ionica è risultata pressoché uguale, fatta eccezione per la sorgente Sulfurea della terra che si discosta marcatamente da tutte le altre.

La formula ionica caratteristica delle sorgenti dell' acquifero A è risultata essere, con i valori del magnesio e del sodio appena diversi, (Fig. 4):



Mentre la formula ionica della sorgente Sulfurea della Terra è risultata:



I principali rapporti caratteristi-

ci calcolati (rSO_4/rCl ; $r(Na+K)/rCl$; rNa/rK ; rMg/rCa ; $rCl/rHCO_3$; rNa/rCa ; $r(Ca+Mg)/r(Na+K)$) non hanno mostrato, tra le acque campionate, degli scostamenti sostanziali tranne che, ovviamente, per la sorgente Sulfurea della Terra (tab. 4 Fig. 1). Quest'ultima è infatti caratterizzata dai valori più alti dei predetti rapporti caratteristici e dal valore più basso per il rapporto $r(Ca+Mg)/r(Na+K)$. Inoltre la sorgente Sulfurea della Terra presenta il maggior contenuto rilevato in Litio (0.05 ppm) e in Fluoro (3.57 ppm) e il più basso contenuto di Stronzio (0.05 ppm). Tali proprietà chimiche inducono ad ipotizzare la presenza di apporti idrici profondi che conferiscono alla sorgente Sulfurea della Terra i suoi caratteri anomali.

Le altre sorgenti sono caratterizzate da caratteri chimici compatibili con acquiferi calcareo-dolomiti con circuiti relativamente rapidi.

4.3.2 Acquifero Monte Ausineto - Monte S. Nicola

Sono state campionate le acque delle sorgenti Fontana Capano e Zolfata, distribuite in un intervallo di quote molto ristretto, tra 630 m e 638 m s.l.m.. La temperatura delle acque varia tra 11.5 e 15 °C.; il pH delle acque campionate è risultato pari a 7,3, per ambedue le scaturigini, mentre la conducibilità, a 20 °C, è rispettivamente dell'ordine di 303 mS/cm e 386 mS/cm.

Le formule ioniche delle due sorgenti sono risultate uguali e del tipo:

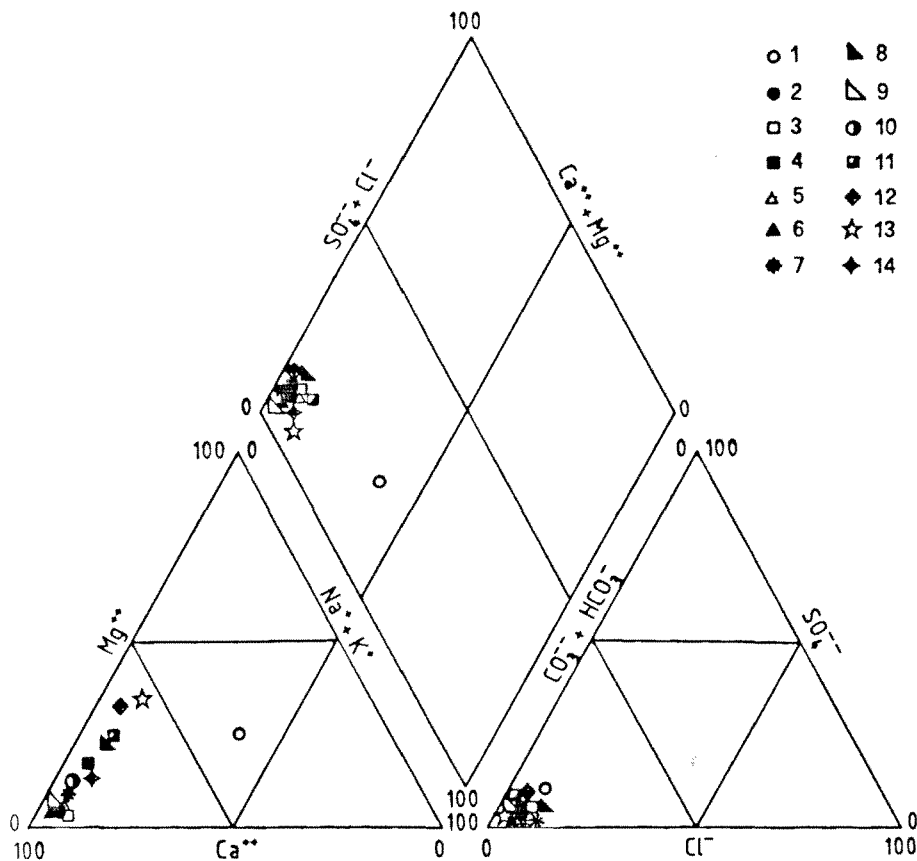


Fig.4 - Diagramma di Piper. 1) Sulfurea della Terra ; 2) Sambuco di Sotto ; 3) Caterina ; 4) Scruppo ; 5) Acero ; 6) Curvino ; 7) Zolfata ; 8) Fontana Capano ; 9) Bocca dell'Acqua ; 10) Romaniello ; 11) Genzano ; 12) Molinara ; 13) Romito ; 14) Acqua di Colantonio.

Sorgente	Curvino	Sulfurea della Terra	Altre sorgenti (valori medi)
rSO_4 / Cl		1.2119	0.632
$r(Na+K)/rCl$		4.250	0.929
rNa/rK		26.200	4.541
rMg/rCa	0.313	0.659	0.064
$rCl / rHCO_3$	0.113	0.110	0.006
rNa/rCa	0.083	1.016	0.052
$r(Ca+Mg)/r(Na+K)$	12.600	1.574	16.910

a) Acquifero Serra di Calvello - Monte Calvelluzzo

Sorgente	Sulfurea della Terra	Zolfata	Capano
rSO_4 / Cl	1.2119	0.150	0.706
$r(Na+K)/rCl$	4.250	2.500	1.471
rNa/rK	26.200	11.500	5.250
rMg/rCa	0.659	0.631	0.207
$rCl / rHCO_3$	0.110	0.047	0.054
rNa/rCa	1.016	0.180	0.080
$r(Ca+Mg)/r(Na+K)$	1.574	8.320	12.600

b) Acquifero di Monte Ausineto

Sorgente	Molinara	Genzano	Bocca dell'acqua
rSO_4 / Cl	1.533	1.176	0.765
$r(Na+K)/rCl$	1.133	1.647	1.000
rNa/rK	7.500	8.333	4.667
rMg/rCa	0.520	0.356	0.227
$rCl / rHCO_3$	0.060	0.061	0.068
rNa/rCa	0.087	0.106	0.066
$r(Ca+Mg)/r(Na+K)$	15.471	11.429	15.235

c) Acquifero di Monte Volturino

Sorgente	Romito	Acqua di Colantonio
rSO_4 / Cl	0.670	0.611
$r(Na+K)/rCl$	0.778	0.944
rNa/rK	6.000	4.667
rMg/rCa	0.057	0.129
$rCl / rHCO_3$	0.070	0.064
rNa/rCa	0.044	0.055
$r(Ca+Mg)/r(Na+K)$	20.381	16.941

d) Acquifero di Scarrone di mezzo

Tab. 4 - Rapporti caratteristici delle acque sotterranee drenate dalle sorgenti censite presenti nei diversi acquiferi.

Sia pur con la medesima formula ionica si individuano alcuni rapporti caratteristici marcatamente diversi tra le due sorgenti. Inoltre, si nota una certa familiarità tra quelli relativi alla sorgente Zolfata e quelli della sorgente Sulfurea della Terra che, complessivamente, si staccano, dal punto di vista chimico, nettamente rispetto a tutte le altre sorgenti campionate.

La sorgente Zolfata, come la Sulfurea della Terra, è caratterizzata da valori dei rapporti caratteristici $r(Na+K)/rCl$; rNa/rK ; rMg/rCa più elevati di quelle di tutte le altre sorgenti (eccettuata la Sulfurea della Terra) e il rapporto $r(Ca+Mg)/r(Na+K)$, significativamente più basso di quello delle altre sorgenti.

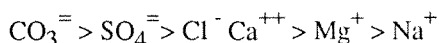
La sorgente Zolfata mostra dei contenuti di Fluoro e di Sodio tendenzialmente più elevati di quelli delle altre sorgenti, come accade alla sorgente Sulfurea della Terra ma, al contrario di quanto accade per quest'ultima il più alto tenore in Stronzio (0.62 ppm) e un contenuto in Magnesio considerevolmente più elevato della sorgente Sulfurea della Terra e di tutte le altre campionate.

Le caratteristiche chimico-fisiche delle sorgenti Zolfata e Sulfurea della Terra denunciano chiaramente la presenza di acque profonde caratterizzate da maggiori tempi di residenza, in varia misura mescolate con acque di circuitazione superficiale. La risalita di tali acque profonde sono essenzialmente favorite dai meccanismi di venuta a giorno delle sorgenti, dovuti alla presenza di importanti lineazioni tettoniche a marcato rigetto verticale.

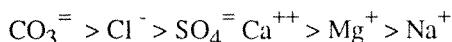
4.3 Acquifero di Monte Volturino

Sono state campionate le acque relative a 4 scaturigini ricadenti lungo il versante occidentale del M. Volturino (tab. 3). La temperatura delle acque delle sorgenti è variabile tra 7 e 10.5 °C. Il pH delle acque campionate varia tra 7.32 e 7.39, mentre la conducibilità è compresa tra 222 mS/cm e 267 mS/cm a 20 °C.

Complessivamente le formule ioniche sono risultate del tipo (Fig. 4):



Si discostano leggermente le sorgenti Romaniello e Bocca dell'Acqua che sono caratterizzate da una formula ionica del tipo



con i valori di Cl e SO₄ praticamente uguali.

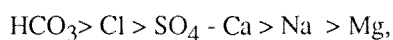
I principali rapporti caratteristici calcolati non hanno mostrato sostanziali scostamenti tra le acque campionate (tab. 4).

Tutte le scaturigini sono caratterizzate da un chimismo compatibile con le modalità di circolazione rapida all'interno di un acquifero calcareo - dolomitico; in particolare la sorgente Romaniello è caratterizzata da acque di circuitazione superficiali.

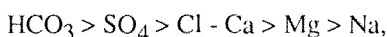
4.4 Acquifero Scarrone di mezzo

Sono state campionate due delle tre sorgenti presenti in detto acquifero (sorgenti Acqua di Colantonio e Romito). Le sorgenti sono disposte tra 1136 e 1260 m s.l.m.. La temperatura delle acque è risultata pari a 6° C, il pH varia tra 7.26 e 7.32 e la conducibilità tra 376 mS/cm e 269 mS/cm a 20°C.

Le due sorgenti, coerentemente con le diverse caratteristiche di emergenza (la prima da depositi essenzialmente argilloso-marnosi e silicei, e la seconda da calcari dolomitici con selce), sono caratterizzate da due diverse formule ioniche; in particolare, : la sorgente Romito da



compatibile con un acquifero calcareo-dolomitico con caratteristiche secondarie rappresentate da inter-calazioni o livelli argillosi; la sorgente Acqua di Colantonio da



compatibile con un acquifero calcareo dolomitico.

I rapporti caratteristici desunti dalle risultanze delle analisi chimiche effettuate sulle sorgenti Romito e Acqua di Colantonio mostrano dei valori poco discostanti tra loro e coerenti con quelli delle altre sorgenti campionate (tab. 4); in particolare si nota una certa familiarità tra la sorgente Romito e la sorgente Romaniello entrambe alimentate da acque circolanti in acquiferi superficiali.

5. CARATTERI ISOTOPICI DELLE ACQUE

Dalle stesse sorgenti campionate sono stati inoltre prelevati alcuni campioni per determinare i contenuti nelle acque sotterranee degli isotopi dell'ossigeno e dell'idrogeno (Tab.5).

Come si evince dalla tabella, la variabilità del δO^{18} e del δD è contenuta rispettivamente nei modestissimi intervalli (-8.86 ÷ -10.74) e (-59.9 ÷ -74.9). Il coefficiente di correlazione della

regressione lineare $\delta\text{O}^{18} - \delta\text{D}$ è ottimo, pari a 0.98. Tale circostanza è graficamente evidente nella Fig. 5 nella quale si nota come la retta delle acque sotterranee delle sorgenti campionate sia "positivizzata" rispetto a quella delle piogge di riferimento, determinata per tutto il Mediterraneo. Tale circostanza conferma che le acque di alimentazione degli acquiferi in studio sono di origine meteorica.

Il confronto con i valori determinati per un altro acquifero appenninico lucano, il M. Vulture, conferma che la variabilità del δO^{18} e del δD è giustificabile in virtù della quota di infiltrazione delle acque piovane e della relativa temperatura.

La massiva variabilità del δO^{18} e del δD compete alle 4 sorgenti dell'acquifero C (Tab. 4), per contro molto uniformi risultano i valori relativi alle acque defluenti dagli acquiferi A e D.

Tra le due specie isotopiche esaminate e i principali caratteri chimico-fisici, salinità e concentrazione delle principali specie ioniche, non esistono marcate correlazioni.

Confrontando il rapporto TDS/Cl con il δO^{18} si osserva una significativa differenziazione, ad eccezione della sorgente Scruppo, tra le sorgenti dei quattro settori, per cui a parità di δO^{18} corrispondono valori crescenti del rapporto al passaggio dal acquifero A al D, al C e al B.

La temperatura idrica delle scaturigini campionate per l'analisi isotopica varia da 6.0 a 11.5 °C. Confrontando la temperatura e il δO^{18} si osserva una discreta correlazione negativa, come è consueto tra queste due variabili, ad eccezione delle due sorgenti del acquifero D e del acquifero A, a temperatura più bassa (tab.4).

Tale retta è grossomodo parallela a quella definita per il M. Vulture (Fidelibus et Al., 1991) ma è significativamente traslata nel verso negativo dell'asse delle ascisse (temperatura). Ciò comporta che per gli acquiferi in esame, a parità di δO^{18} corrisponde una temperatura molto più bassa. Si consideri che le sorgenti studiate del Vulture sono a quota minore, compresa nell'intervallo 285 ÷ 570 m s.l.m. (Ciet e Tazioli; 1981)

Il calcolo della temperatura dell'acqua meteorica di alimentazione di ciascuna sorgente, effettuata sia sul δO^{18} che sul δD , conduce ad intervalli e valori simili, compresi tra 4.1 ÷ 7.2 °C e con il valore medio di 5.45 °C.

acquifero	SORGENTE	δO^{18}	δD
A	3 - Sulfurea della Terra	-9.80	-68.1
A	4 - Sambuco di sotto	-10.24	-72.2
A	6 - Caterina	-9.79	-66.9
A	11 - Scruppo	-9.74	-66.3
A	10 - Acero	-10.47	-73.9
A	5 - Curvino	-10.05	-70.5
B	20 - Zolfata	-8.86	-61.2
B	19 - Fontana Capano	-9.91	-70.0
C	14 - Bocca dell'acqua	-10.25	-70.8
C	12 - Romaniello	-9.88	-69.0
C	16 - Genzano	-8.68	-59.0
C	17 - Molinara	-10.74	-74.9
D	21 - Romito	-9.88	-69.0
D	13 - Acqua di Colantonio	-9.74	-66.3

Tab. 5 - Contenuti isotopici nelle acque sorgive.

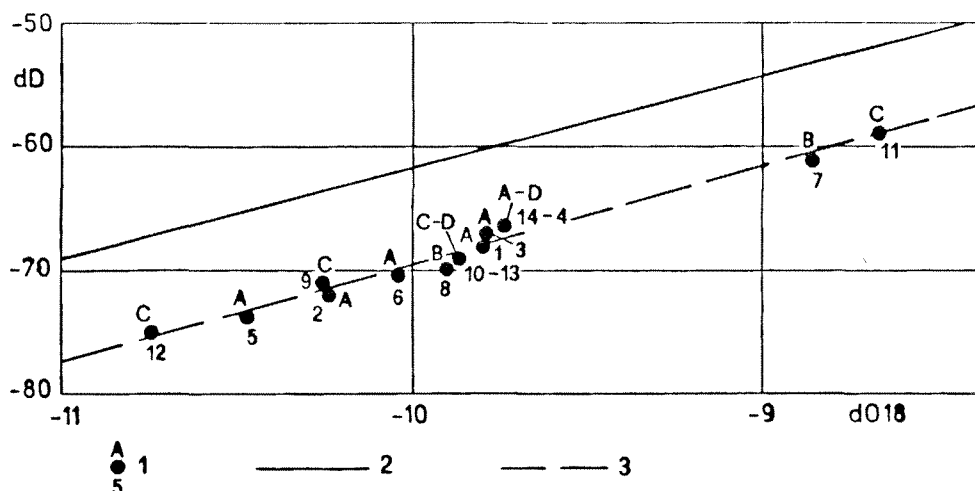


Fig. 5 - Relazione tra dO^{18} e del dD . 1) Misura, numero della sorgente campionata e relativo acquifero. 2) retta di regressione delle piogge del Mediterraneo; 3) retta di regressione delle acque sotterranee dell'Alta valle del Fiume Agri.

Numero sorgenti: 1) Sulfurea della Terra; 2) Sambuco di Sotto; 3) Caterina; 4) Scruppo; 5) Acero; 6) Curvino; 7) Zolfata; 8) Fontana Capano; 9) Bocca dell'Acqua; 10) Romaniello; 11) Genzano; 12) Molinara; 13) Romito; 14) Acqua di Colantonio.

Le rette di regressione lineare tra le due concentrazioni isotopiche studiate e l'altitudine, determinate da Zuppi et Al. (1974) per il versante tirrenico, indicano, coerentemente con l'inquadramento idrogeologico definito sulla base delle evidenze geologiche, una quota di infiltrazione media intorno a quota 1300 m slm.

I valori più elevati del δO^{18} sono stati rilevati in corrispondenza delle sorgenti Solfata, Capano e Genzano, le quali si ritiene siano essere alimentate da acque sotterranee con tempi di permanenza mediamente più lunghi

6. CONCLUSIONI

Il gruppo montuoso del Volturino - Serra di Calvelluzzo, ubicato nell'alta valle del Fiume Agri, Basilicata, costituisce un'importante struttura idrogeologica ricca di acque sotterranee di buona qualità. Tale georisorsa, valutabile in una portata media dell'ordine dei 537 l/s, è attualmente captata ed utilizzata per vari fini. Gli scriventi da tempo conducono circostanziati studi su detta struttura idrogeologica, avvalendosi di rilievi in situ e di indagini periodiche in situ ed in laboratorio. Recenti studi hanno consentito di definire i caratteri idrogeologici e la potenzialità idrica degli acquiferi mediante i quali è suddivisa la stessa struttura, nonché di valutarne, ricorrendo a metodi di studio ormai consolidati, la vulnerabilità intrinseca.

Nel presente contributo, sulla scorta sia dei risultati dei precedenti studi sia di ulteriori rilievi idrogeologici e sull'analisi ed interpretazione di dati chimico-fisici ed isotopici relativi a 14 sorgenti, sono stati definiti i caratteri idrogeologici, chimico-fisici ed isotopici delle principali sorgenti censite e, sulla base di questi, evidenziare gli eventuali legami idrogeologici fra i diversi gruppi sorgentizi e i diversi acquiferi che costituiscono la struttura idrogeologica investigata.

BIBLIOGRAFIA

Carbone S., Catalano S., Lentini F., Monaco C. (1988) - Le unità stratigrafico-strutturali dell'Alta Val d'Agri nel

quadro dell'evoluzione del sistema catena-avanfossa. Mem. Soc. Geol. It., Vol. XLI, 331-341.

Carbone S., Catalano S., Lazzari S., Lentini F., Tramutoli T. (1991) - Carta geologica della Val d'Agri. Scala 1:50.000, SELCA Firenze.

Ciet P., Tazioli G.S. (1981) - Sul regime idrologico e termico delle sorgenti del Monte Vulture (Basilicata). Energia Geotermica: prospettive aperte dalle ricerche del C.N.R., 2° seminario informativo, Roma Giugno 1981.

D'Ecclesiis G., Grassi D., Sdao F. & Tadolini T. (1990) - Potenzialità e vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee del Monte Sirino (Basilicata). Geol. Appl. e Idrog. vol. XXV, (1990), pp. 195 - 218, 11 ff, 1 tav.. Bari. (Pubbl. n. 400 del G.N.D.C.I., C.N.R.)

D'Ecclesiis G., Polemio M. (1992) - Condizioni di emergenza di alcune tra le principali scaturigini della Basilicata. II° Conv. Naz. dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, Viterbo 28-30 ottobre 1992. Geologica Romana Vol. XXX

D'Ecclesiis G., Grassi D., Grimaldi S., Polemio M., Sdao F. (1995) - Potenzialità e vulnerabilità delle risorse idriche dei Monti Volturino e Serra di Calvelluzzo (Alta Val d'Agri - Basilicata). 2° Conv. Naz. sulla protezione e gestione delle acque sotterranee: metodologie, tecnologie e obiettivi. Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora, Editrice Bologna.

D'Ecclesiis G., Sdao F., Marranchelli M. F. (1997) - Vulnerabilità degli acquiferi del Monte Sirino (Basilicata). In corso di stampa

Fidelibus M.D., Tazioli G.S., Tittozzi P., Vurro F. (1981) - Chimismo delle acque sotterranee del Monte Vulture - Basilicata. Energia Geotermica: prospettive aperte dalle ricerche del C.N.R., 2° seminario informativo, Roma Giugno 1981.

Grassi D., D'Ecclesiis G., D'Anisi C., Grimaldi S., Polemio M., Sdao F. (1996 a4) - Carta della Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi dei M.ti Volturino e Serra di Calvelluzzo (Alta Valle del F. Agri - Basilicata). Pubbl. N° 1141 del G.N.D.C.I.. Presentata nella riunione annuale delle U.O. del G.N.D.C.I. - C.N.R., Roma 12-15 DICEMBRE 1994 - Grafiche Paternoster Matera.

Grassi D., Grimaldi S., Sdao F., Spilotro G. (1996 b) - Idrogeologia dell'acquifero carbonatico di Madonna del Pollino (Basilicata). Mem. Soc. Geol. It., 51, Atti 77° Congr. Naz. Soc. Geol. It., Bari Settembre 1994.

Zuppi G.M., Fontes J.C., Letolle R. (1974) - Isotopes du milieu et circulations d'eaux sulfurées dans le Latium. Proc Symp. Isot. Techn. Groundwater Hydrology, I.A.E.A., Vienna.