

## CRITERI DI PREVENZIONE DEI FENOMENI DI INQUINAMENTO NEI PRINCIPALI ACQUIFERI DELL'ABRUZZO

### INDICE

1. INTRODUZIONE	" 69
2. PECULIARITÀ IDROGEOLOGICHE DEGLI ACQUIFERI CARBONATICI ABRUZZESI	" 69
3. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ ALL'INQUINAMENTO	" 69
4. INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA QUALITATIVA DELLE ACQUE SOTTERRANEE	" 70
5. L'ESEMPIO DELLA SORGENTE CAPO DI FIUME DELL'AVENTINO (PALENA)	" 70
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	" 72
BIBLIOGRAFIA	" 72

### 1. INTRODUZIONE

Questa memoria rappresenta una sintesi e, al contempo, un quadro d'insieme dei criteri di salvaguardia qualitativa delle risorse idriche sotterranee degli acquiferi carbonatici abruzzesi, i quali costituiscono la principale fonte di approvvigionamento idropotabile della regione. In questo excursus ci si soffermerà, perciò, sulle diverse tipologie di approccio che, nel loro insieme, consentono di elaborare efficaci strumenti di prevenzione dei fenomeni di inquinamento.

I criteri di cui si dirà scaturiscono da una rivisitazione ragionata di quanto precedentemente elaborato in ambito scientifico e legislativo, nonché dall'introduzione di soluzioni innovative, allo scopo di ottenere strumenti di approccio, alla problematica in esame, che fossero plasmati sui caratteri peculiari di realtà idrogeologiche come quelle abruzzesi.

Per rendere più agevole la comprensione degli argomenti sviluppati e, soprattutto, dell'importanza delle soluzioni elaborate, si procederà innanzitutto ad una sintetica descrizione delle peculiarità idrogeologiche degli acquiferi carbonatici abruzzesi (cfr. par. 2), per sviluppare successivamente i due argomenti principali: la vulnerabilità all'inquinamento (cfr. par. 3) e gli interventi di protezione dall'inquinamento (cfr. par. 4), la cui interazione consente di elaborare corretti criteri di salvaguardia qualitativa delle risorse idriche sotterranee.

(\*) Università degli Studi del Molise, Isernia.

### 2. PECULIARITÀ IDROGEOLOGICHE DEGLI ACQUIFERI CARBONATICI ABRUZZESI

In Abruzzo, le principali opere di captazione, a fini potabili, prelevano risorse idriche sotterranee dalle maggiori idrostrutture carbonatiche. Si tratta di acquiferi generalmente caratterizzati da un grado di vulnerabilità all'inquinamento piuttosto elevato e da peculiarità idrodinamiche che rendono estremamente complessa la delimitazione delle "aree di salvaguardia" (D.P.R. 236/88) delle opere di captazione. Spesso, infatti, si incontrano modalità di alimentazione e di deflusso delle falde idriche molto articolate, caratterizzate dalla presenza di numerosi elementi di influenza e di incremento, sia della vulnerabilità degli acquiferi che della vulnerabilità "risultante" (CELICO, 1996a) delle acque sotterranee. Più in dettaglio, tale influenza è legata, sostanzialmente a:

- 1) alimentazione degli acquiferi carbonatici ad opera di acquiferi interconnessi;
- 2) infiltrazione secondaria di acque a deflusso superficiale;
- 3) deflusso preferenziale e veloce di acque inquinate o facilmente inquinabili;
- 4) modificazioni degli equilibri idrogeologici naturali, indotte dall'intervento antropico.

E' dunque evidente la necessità di una profonda conoscenza dello schema di circolazione idrica sotterranea, sia a piccola che a grande scala; spesso, infatti, i pericoli di inquinamento provengono da aree lontane, anche diversi chilometri, dalle opere di captazione.

### 3. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ ALL'INQUINAMENTO

Innanzitutto, riguardo all'argomento "vulnerabilità" è stato indispensabile distinguere il classico concetto di "vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi" da quello di "vulnerabilità all'inquinamento risultante delle risorse idriche sotterranee" (CELICO, 1996a). Tale necessità è scaturita dalla constatazione che la vulnerabilità degli acquiferi non fornisce elementi di giudizio sui risultati del percorso che le acque sotterranee tracciano nell'ambito del bacino sotterraneo. E, di fatto, in ogni porzione di acquifero, i volumi idrici in essa contenuti sono il risultato del mescolamento di acque che hanno interagito con acquiferi o porzioni di acquifero caratterizzati da gradi di vulnerabilità anche differenti. La valutazione della "vulnerabilità risultante" consente la captazione di questo iter evolutivo (metodo VIR di CELICO, 1996a).

Per la valutazione della vulnerabilità all'inquinamento di acquiferi carbonatici come quelli abruzzesi, è stato necessario elaborare una metodologia che tenesse conto delle peculiarità idrogeologiche degli stessi (cfr. par. 2) e che annoverasse, quindi, soluzioni concettuali in grado di tradurre, in termini quantitativi, gli effetti che le medesime peculiarità generano sull'idrodinamica sotterranea. La metodologia elaborata (DAC di CELICO, 1996a) è in grado, infatti, di fornire i criteri di valutazione della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi anche in una serie di particolari ambiti idrogeologici, quali, tra gli altri:

- rilievi carbonatici caratterizzati dalla presenza di "falde sospese";
- rilievi carbonatici in cui sussistono aree in cui avvengono fenomeni di infiltrazione secondaria, totale o parziale, di acque a deflusso superficiale.

L'esistenza di alcuni degli elementi di complessità citati, ha posto tra l'altro in risalto la necessità di rivedere la dizione di "vulnerabilità intrinseca all'inquinamento" degli acquiferi, al fine di non incorrere in errori terminologici e concettuali. L'aggettivo "intrinseca", infatti, perde di significato nel momento in cui la stessa vulnerabilità all'inquinamento di un acquifero è funzione di fattori che non sono esclusivamente parte delle sue peculiarità intrinseche s.l. (ad esempio, conducibilità idraulica, grado e tipo di pedogenizzazione superficiale, acclività dei versanti, ecc.). A soluzione del problema, si è ritenuto indispensabile la soppressione dell'aggettivo di cui sopra e la definizione di una onnicomprensiva "vulnerabilità all'inquinamento", nella quale possano essere tacitamente contemplati tutti i fattori (intrinseci e non) che determinano il tipo ed il grado di predisposizione, degli acquiferi, a subire inquinamento (CASALE & CELICO, 1995).

#### 4. INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA QUALITATIVA DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Per configurare delle adeguate soluzioni di protezione delle risorse idriche sotterranee da fenomeni di inquinamento, è necessario, in molteplici realtà idrogeologiche carbonatiche abruzzesi, integrare interventi di tipo statico con interventi di tipo dinamico (CELICO, 1998). Interventi "statici" sono le note aree di salvaguardia, con i rispettivi vincoli territoriali. Interventi dinamici sono costituiti, essenzialmente, da:

- sistemi di monitoraggio idrochimico e/o batteriologico; questa soluzione, nelle realtà idrogeologiche carbonatiche abruzzesi, è difficilmente realizzabile, in quanto le caratteristiche morfologiche dei massicci rendono spesso impossibile realizzare piezometri di monitoraggio nelle aree più interne dell'acquifero;
- soluzioni tecniche atte a minimizzare l'impatto inquinante di attività antropiche interagenti con le risorse idriche sotterranee; possono riguardare interventi tecnologici mirati a diminuire la produzione di sostanze contaminanti ad opera del centro inquinante e/o interventi finalizzati a diminuire il grado di vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi nelle aree di interazione tra questi ultimi e le suddette attività inquinanti;
- soluzioni tecniche atte ad alleggerire, ove possibile, il carico di vincoli territoriali da imporre al territorio; a

questo proposito, nei casi reali finora esaminati, sono state studiate soluzioni del tipo "protezione dinamica s.s." e "captazione integrata" (CELICO, 1998).

Riguardo alle soluzioni statiche, è indispensabile, innanzitutto, fornire maggiore articolazione alle 3 "Zone" previste dal D.P.R. 236/88 (CELICO, 1998); in secondo luogo, così come suggerito da CIVITA (1995), è necessario correlare il tipo di vincoli territoriali, non solo al tipo di area di salvaguardia, ma anche dal grado di vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi.

La maggiore articolazione delle aree di salvaguardia previste dal D.P.R. 236/88 è sfociata (CELICO, 1998):

- nella suddivisione della "Zona di Protezione" (ZP) in una "Zona di Protezione semplice" (ZPs) ed una "Zona di Protezione complessa" (Zpc);
- nella suddivisione della "Zona di Rispetto" (ZR) in una "Zona di Rispetto vicina" (ZRv) ed una "Zona di Rispetto lontana" (Zrl);
- nell'introduzione di un nuovo tipo di area di salvaguardia, definito "ad evoluzione progressiva", indispensabile per individuare un equilibrio tra interventi di salvaguardia e necessità socio-economiche dei luoghi coinvolti, nei casi in cui si prospettino casi di incompatibilità teorica tra vincoli territoriali e attività antropiche già esistenti; in casi di applicazione reale sono state finora delineate "Zone di Protezione complessa ad evoluzione progressiva" (Zpcp) e "Zone di Rispetto lontane ad evoluzione progressiva" (Zrlp); l'istituzione di tali aree di salvaguardia deve essere integrata con la realizzazione di soluzioni di tipo dinamico.

Le "Zpc" e le "Zrl" coinvolgono aree totalmente o parzialmente endoreiche.

In merito ai vincoli da imporre alle attività antropiche sul territorio, per le "ZR" e le "ZRv", ci si attiene a quanto indicato nel D.P.R. 236/88, a prescindere dal grado di vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi. Per le "Zrl", le "ZPs" e le "Zpc", invece, i vincoli territoriali vanno scelti, come detto in precedenza, anche in funzione del grado di vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi. In particolare, per le "Zpc" e le "Zrl" è necessario (CELICO, 1998) distinguere, ed integrare, i vincoli connessi con il grado di vulnerabilità all'inquinamento inerente all'infiltrazione diretta delle acque meteoriche e quelli connessi con il grado di vulnerabilità all'inquinamento legato ai fenomeni di infiltrazione secondaria di acque superficiali.

Al fine di rendere quanto più comprensibili le considerazioni esposte, si procede, nel seguente paragrafo 5, all'esemplificazione di un caso reale, in territorio abruzzese.

#### 5. L'ESEMPIO DELLA SORGENTE CAPO DI FIUME DELL'AVENTINO (PALENA)

Un esempio particolarmente significativo, in territorio abruzzese, di quanto finora esaminato in termini teorici, è costituito dalla sorgente Capo di Fiume. Tale scaturigine, infatti, ha modalità di alimentazione piuttosto articolate e, di conseguenza, si presta a fungere da caso tipo per l'esemplificazione concreta degli interventi citati (cfr. parr. 3 e 4).

La sorgente Capo di Fiume è alimentata:

- in parte, dalle acque di infiltrazione diretta nell'acqui-

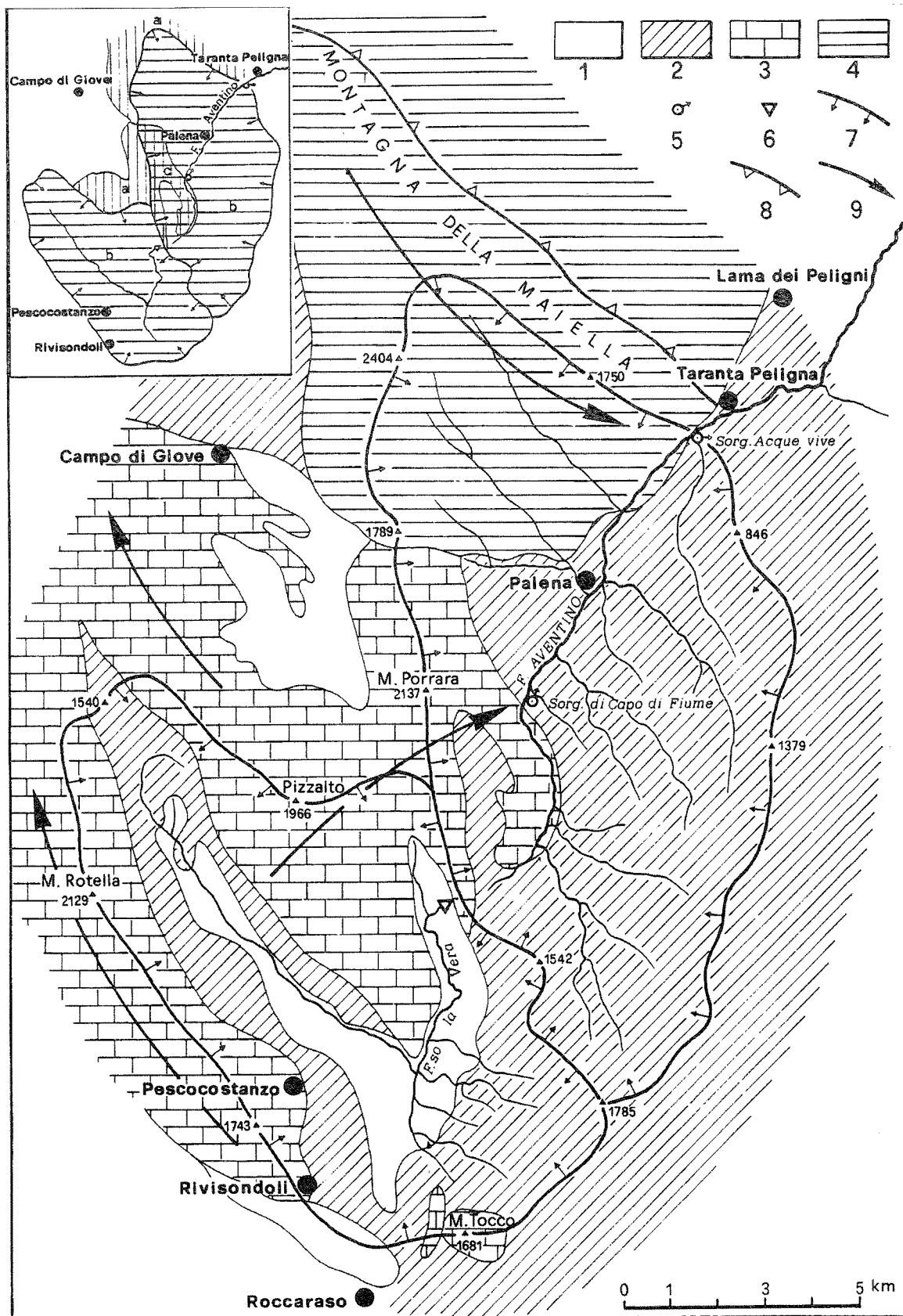


Fig. 1 - Schema idrogeologico e aree di salvaguardia relativi alla sorgente Capo di Fiume dell'Aventino (1: depositi fluvio-lacustri; 2: depositi; 3: acquifero carbonatico di Monte Porrara; 4: acquifero carbonatico dei Monti della Maiella; 5: sorgenti; 6: inghiottitoio; 7: limite di aree le cui acque superficiali si infiltrano, in toto o in parte, in zone di assorbimento; 8: spartiacque sotterraneo "aperto" [le frecce indicano il verso di travaso idrico sotterraneo]; 9: principali direttrici di deflusso idrico sotterraneo. Nel riquadro in alto a sinistra: a: Zona di Protezione semplice; b: Zona di Protezione complessa ad evoluzione progressiva; c: Zona di Protezione semplice, in funzione della salvaguardia della sola sorgente Capo di Fiume, ma Zona di Protezione complessa ad evoluzione progressiva, in funzione della salvaguardia della sorgente Acque vive).

fero carbonatico di Monte Porrara (Fig. 1), le quali, dopo essere percolate nell'acquifero insaturo, defluiscono verso la sorgente, in una fitta maglia di micro e meso fessure;

- in parte, dalle acque di ruscellamento superficiale che defluiscono lungo i versanti dell'ampia conca endoreica del fosso la Vera e convergono verso l'inghiottitoio Quarto S. Chiara (Fig. 1), ove si infiltrano (infiltrazione secondaria); una volta infiltrate, tali acque defluiscono in un canale carsico direttamente collegato con la sorgente in esame, come provato mediante la realizzazione di opportune prove con traccianti (BENDERA *et al.*, 1983), all'interno del quale si realizzano velocità di flusso molto elevate, con conseguenti tempi di contatto acqua-roccia estremamente brevi (a tutto discapito della depurazione di eventuali sostanze inquinanti).

Quanto esposto, soprattutto se si ricorda che nella citata conca endoreica sussistono gli abitati di Pescocostanzo ed, in parte, Rivisondoli, mostra un evidente stato di agevole inquinabilità della sorgente, che scaturisce da un complesso di fattori, i quali devono essere interamente presi in considerazione all'atto della progettazione dei criteri di salvaguardia qualitativa delle risorse idriche.

In questo contesto, la soluzione ottimale deve prevedere:

- l'istituzione di una "Zona di Protezione semplice" che coinvolga la porzione del bacino di alimentazione della sorgente in cui avviene esclusivamente l'infiltrazione diretta delle acque meteoriche; i vincoli territoriali vanno scelti in funzione del o dei gradi di vulnerabilità all'inquinamento connessi con il suddetto fenomeno di infiltrazione diretta;
- l'istituzione di una "Zona di Protezione complessa ad evoluzione progressiva" che coinvolga l'intera conca endoreica le cui acque di ruscellamento superficiale si infiltrano (infiltrazione secondaria) nel citato inghiottitoio; i vincoli territoriali vanno scelti, in questo caso, in funzione del o dei gradi di vulnerabilità all'inquinamento connessi con l'infiltrazione secondaria delle acque di ruscellamento;
- la realizzazione di un intervento dinamico del tipo "captazione integrata", che preveda la parziale o totale captazione della risorsa mediante pozzi, attestati nella fitta maglia di micro e meso fessure, in modo da escludere il circuito carsico a cui è collegato l'inghiottitoio di cui sopra.

Tali criteri di intervento consentono la soluzione del problema, alla scala di bacino, ma si limitano, in ogni caso, ad una visione idrogeologica strettamente racchiusa nell'ambito della sorgente Capo di Fiume. Infatti, ampliando il raggio d'azione delle indagini, si verifica che:

- una porzione del bacino di alimentazione della sorgente suddetta è parte del bacino imbrifero del Fiume Aventino;
- le acque superficiali del suddetto corso d'acqua si infiltrano nell'acquifero carbonatico che alimenta le sorgenti di Taranta Peligna, in una zona di assorbimento ubicata a monte (rispetto alle direttrici di flusso idrico sotterraneo) delle sorgenti stesse.

Ciò significa che, in un'ottica corretta di gestione globale del sistema idrogeologico territoriale, questa porzione di bacino idrogeologico (Fig. 1), designata in precedenza quale "Zona di Protezione semplice", deve esse-

re considerata quale parte di un'ampia "Zona di Protezione complessa ad evoluzione progressiva", nella quale i vincoli territoriali saranno scelti in funzione del grado o dei gradi di vulnerabilità all'inquinamento connessi con l'infiltrazione secondaria delle acque di ruscellamento superficiale.

## 6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I criteri di protezione dall'inquinamento di acquiferi carbonatici come quelli dell'Abruzzo sono stati concepiti in funzione delle peculiarità idrogeologiche degli stessi. Partendo dall'analisi del testo legislativo attualmente vigente in materia (D.P.R. 236/88) e delle considerazioni scientifiche elaborate da altri Autori (tra gli altri, BERETTA *et al.*, 1988; CIVITA, 1988), per realtà idrogeologiche differenti o per la soluzione di problemi alla scala di dettaglio, sono state elaborate delle soluzioni plasmate sulle suddette peculiarità; più in dettaglio, sono state operate (CELICO, 1998):

- l'elaborazione di una metodologia di valutazione della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi, tarata sulle peculiarità idrogeologiche di massicci carbonatici come quelli abruzzesi;
- la distinzione del concetto di "vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi" da quello di "vulnerabilità all'inquinamento risultante delle risorse idriche sotterranee";
- l'elaborazione di una metodologia di valutazione della vulnerabilità all'inquinamento risultante delle risorse idriche sotterranee;
- una maggiore articolazione delle aree di salvaguardia (cfr. par. 4), rispetto a quanto contemplato nel D.P.R. 236/88; sono state, infatti, distinte le "Zone di Protezione semplice", le "Zone di Protezione complessa", le "Zone di Rispetto lontane" e le "Zone di Rispetto vicine" (cfr. par. 4);
- l'introduzione del concetto di aree di salvaguardia "ad evoluzione progressiva" (cfr. par. 4);
- un arricchimento (cfr. par. 4) di quanto suggerito da CIVITA (1995), in merito alla scelta dei vincoli in funzione del grado di vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi; tale arricchimento è scaturito soprattutto dall'estensione e dal conseguente adattamento del criterio generale a realtà idrogeologiche particolarmente complesse, sulla base di quanto suggerito in CELICO (1996a) a proposito della valutazione della vulnerabilità all'inquinamento nelle stesse.

## BIBLIOGRAFIA

- BANDERA M., CELICO P. & D'ANGELO G. (1983) - *Prove di colorazione con fluoresceina tra l'inghiottitoio di Quarto Santa Chiara e le sorgenti del fiume Aventino (Abruzzo)*. "Notiziario" Club Alpino Italiano, anno XXXVII, 1, 65-75.
- BERETTA G.P., FRANCANI V. & PAGOTTO A. (1988) - *Esemplificazione delle procedure per la delimitazione delle fasce di rispetto*. In: FRANCANI & CIVITA (EDS.) - *Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di*

- acque sotterranee. GEO-GRAPH s.n.c. Segrate, 249-277.
- CASALE M. & CELICO F. (1995) - *Vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero carbonatico del Monte Capraro (Molise)*. Quaderni di Geologia Applicata, **1**.
- CASALE M., CELICO F., CIRILLO R., ESPOSITO L. & HABETSWALLNER F. (1996) - *Aree di salvaguardia e vincoli territoriali nei principali acquiferi carbonatici del bacino del Fiume Volturno (Italia meridionale)*. Geologia Tecnica & Ambientale, **3**, 7-28.
- CELICO F. (1996a) - *Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi e delle risorse idriche sotterranee in realtà idrogeologiche complesse: i metodi DAC e VIR*. Quaderni di Geologia Applicata, **1**, 93-116.
- CELICO F. (1996b) - *Sui criteri di salvaguardia delle risorse idriche sotterranee in acquiferi ad elevato grado di carsificazione: l'esempio delle sorgenti Capo Verrino e S. Mauro (Molise)*. Quaderni di Geologia Applicata, (in corso di stampa).
- CELICO F. (1996c) - *Considerazioni sulle problematiche inerenti alla delimitazione delle aree di salvaguardia delle opere di captazione in acquiferi carbonatici*. Geologia Tecnica & Ambientale, **2**, 5-15.
- CELICO F. (1998) - *La protezione degli acquiferi dall'inquinamento: aree di salvaguardia, vincoli territoriali, soluzioni complesse ed interventi in scenari dinamici*. Quaderni di Geologia Applicata (in corso di stampa).
- CIVITA M. (1988) - *Una metodologia per la definizione e il dimensionamento delle aree di salvaguardia delle opere di captazione delle sorgenti normali*. Boll. Soc. Min. Subalpina, **4**, 423-440.
- CIVITA M. (1995) - *Rischio di degrado delle risorse idriche sotterranee*. In: AA.VV. - *Programmi nazionali, provinciali e regionali di previsione e prevenzione per il rischio idrogeologico. Linee guida*. Bozza preliminare. Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 52-61.
- MURATORI A. (1988) - *Vincoli territoriali da imporre per la tutela delle opere di captazione e proposta di normativa*. In: FRANCANI & CIVITA (EDS.) - *Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee*. GEO-GRAPH s.n.c. Segrate, 177-190.

