

Progetto Verifiche sperimentali di applicabilità della Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, 1995).

Finalità e contenuto della ricerca.

Risultati preliminari e valutazioni

*Guide to surveying and mapping of the Hydrogeological Map
of Italy at 1:50.000 scale. Experimental applicability check.*

Aim and contents of the research project.

Preliminary findings and evaluations

MARI G.M. (*)

RIASSUNTO - Il lavoro illustra le caratteristiche di un progetto di ricerca promosso nel 2000 dal Servizio Geologico Nazionale (1) con l'obiettivo di verificare la applicabilità della *Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia a scala 1:50.000* (Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, 1995).

La nota descrive il quadro generale di riferimento e il contesto che ha reso possibile la realizzazione del progetto (compiti istituzionali e assetto organizzativo del Servizio Geologico Nazionale, norme relative alle risorse idriche sotterranee) e confronta le linee guida per la cartografia idrogeologica pubblicate nel 1985 e nel 1995.

Il progetto è stato realizzato in collaborazione con l'Università degli Studi Roma Tre - Dipartimento di Scienze Geologiche nel settore sud orientale dei Monti Cimini, con l'Università degli Studi di Roma La Sapienza - Dipartimento di Scienze della Terra nel settore nord orientale dei Monti Sibillini e con l'Università degli Studi di Napoli Federico II

- Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia nelle aree dei Monti del Matese e del Monte Totila.

La nota illustra contenuto, finalità, modello logico di sviluppo, capitolato tecnico tipo, struttura organizzativa e costi, utilizzazione di strumenti e metodologie informatiche nelle vari fasi (dall'*input* dei dati, alla elaborazione, alla restituzione cartografica dei risultati) e indica possibili modalità di sviluppo del progetto con la finalità di una estensione al territorio nazionale o di una produzione cartografica per fogli a scala 1:50.000.

PAROLE CHIAVE: Idrogeologia, Carta idrogeologica, Cartografia tematica, GIS Sistemi Informativi Geografici, Risorse idriche sotterranee.

ABSTRACT - This note describes the characteristics of a research project promoted in 2000 by the National Geological Survey (1)

(*) ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

(1) In sintesi: Servizio Geologico d'Italia (Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato; Servizio Geologico d'Italia (Ministero dell'Ambiente, ai sensi della legge 8.7.1986 n° 349); Servizio Geologico Nazionale (Presidenza del Consiglio dei Ministri, ai sensi dell'art.9 della legge 18.5.1989 n° 183); Servizio Geologico Nazionale (Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali - Presidenza del Consiglio dei Ministri, ai sensi del DPR 5.4.1993 n° 106); in APAT Agenzia per la protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (DPR 8.8.2002 n° 207); in ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (legge 6.8.2008 n° 133)

The purpose is to verify the applicability of the "Hydrogeological Map of Italy at 1:50,000 scale. Guide to surveying and mapping", published in 1995, in three test areas with presence of important groundwater resources.

The project has been carried out in cooperation with Department of Geologic Sciences, University of Roma Tre, in the south eastern sector of the Cimino Mountains, with Department of Earth Sciences, University of Roma La Sapienza, in a test area of the north eastern sector of the Sibillini Mountains, and with Department of Geophysics and Volcanology, University of Naples Federico II in the Matese and Totila mountains areas.

The paper describes the project references, the legislative context, the different institutional position and organization of the National Geological Survey, the laws regarding groundwater resources and monitoring activities from 1980 to 2000. Subjects, logical model of development, main stages, products and results has been illustrated. Computer methodologies and GIS tools were used throughout the research from the input of data, the collection and the georeferentiation, to databases development, to data processing, to output production and thematic mapping.

Moreover some possibilities of development of the research project has been pointed out.

KEY WORDS: Hydrogeology, Hydrogeological map, Thematic mapping, GIS Geographical Information System, Groundwater resources.

1. - INTRODUZIONE

Il Servizio Geologico Nazionale (1) ha sviluppato a partire dagli anni '90 attività orientate a definire le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei, approfondire le problematiche relative al monitoraggio e realizzare reti sperimentali di controllo, valutare la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento e verificare la applicabilità della *Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia a scala 1:50.000* pubblicata in Quaderni SGN n° 5, serie III, nel 1995.

In questo lavoro si intende approfondire il PROGETTO VERIFICHE SPERIMENTALI DI APPLICABILITÀ DELLA GUIDA AL RILEVAMENTO E ALLA RAPPRESENTAZIONE DELLA CARTA IDROGEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50.000 (Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, 1995) (2) promosso dal Servizio Geologico Nazionale nel 2000, e indicare obiettivi, contenuti, struttura organizzativa, costi e principali risultati conseguiti.

La cartografia tematica idrogeologica rappresenta un importante elemento conoscitivo di base e costituisce lo strumento tecnico-scientifico per le attività finalizzate alla tutela e alla corretta gestione delle risorse idriche sotterranee.

2. - QUADRO DI RIFERIMENTO DEL PROGETTO

Si ritiene necessario indicare e descrivere i principali fattori che hanno determinato una progressiva evoluzione del contesto *culturale e scientifico* nel periodo 1980 - 2000, che hanno contribuito alla realizzazione del PROGETTO e ne rappresentano il quadro di riferimento.

Si assiste infatti alla emanazione di norme che da un lato introducono sostanziali modifiche nei compiti istituzionali e negli assetti organizzativi del Servizio Geologico Nazionale, dall'altro coinvolgono in modo più o meno diretto le risorse idriche sotterranee. Si sviluppano, a partire dalla seconda metà degli anni '80, progetti di cartografia geologica e geotematica estesi al territorio nazionale come il Progetto CARG (LETTIERI & CARA, 1998; LETTIERI & CARTA 2004, 2005; LETTIERI *et alii*, 2007).

In questo ambito si inseriscono: la produzione cartografica idrogeologica a scala 1:50.000 del Servizio Geologico d'Italia (FERRARA, 1970; CENTAMORE *et alii*, 1976; MOTTERAN *et alii*, 1993); la pubblicazione delle *Norme per la cartografia idrogeologica e del rischio geologico*, in Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, serie II (JACOBACCI *et alii*, 1985) e della *Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento e alla rappresentazione*, in Quaderni del Servizio Geologico Nazionale n°5, serie III (MARI *et alii*, 1995); l'attività svolta dal 1985 dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche GNDCI-CNR e in particolare dalla Linea di Ricerca (VAZAR Vulnerabilità Acquiferi Zone ad Alto Rischio) che ha prodotto studi, indagini e cartografie a scala regionale e operativa, in aree campione del territorio nazionale (AA.VV., 1990, 1995, 1999; BARROCU, 1998; CIVITA, 1990a, 1990b; CIVITA, 1994; CIVITA & DE MAIO, 2002); le produzioni cartografiche degli Enti territoriali e di Istituti di Ricerca; la crescente e organica utilizzazione di strumenti e metodologie informatiche.

Nei paragrafi che seguono si descrivono i principali elementi che hanno contribuito a delineare, organizzare e realizzare la ricerca, e a individuare prodotti e risultati. Dal paragrafo 2.2. - RIFERIMENTI NORMATIVI al paragrafo 3.3. - CAPITOLATO TECNICO, si è utilizzato il *corsivo* per evidenziare testi e parti di testi tratti dai documenti originali.

(2) Di seguito indicato anche come PROGETTO.

2.1. - LE PRIME REALIZZAZIONI DI CARTOGRAFIA IDROGEOLOGICA A SCALA 1:50.000

Le prime realizzazioni di cartografia idrogeologica a scala 1:50.000 del Servizio Geologico d'Italia sono costituite dal Foglio 611 Mistretta (FERRARA, 1970) e dal Foglio 291 Pergola (CENTAMORE *et alii*, 1976). Queste rappresentazioni non sembrano inquadrare in un obiettivo più generale di produzione di cartografie tematiche estese al territorio nazionale (figg. 1, 2).

2.2. - RIFERIMENTI NORMATIVI

Si indicano di seguito le norme che hanno determinato modifiche negli assetti istituzionali e organizzativi del Servizio Geologico e le norme che hanno interessato le risorse idriche sotterranee.

- Il D.P.C.M. 28.10.1988 *Organizzazione del Servizio geologico d'Italia* identifica (art. 1 comma 2) il Servizio Geologico d'Italia, nell'ambito del Ministero

dell'Ambiente, come:

- a) organo tecnico-scientifico dello Stato nel campo delle scienze della terra;
- b) sede di armonizzazione e di consulenza, nei settori di competenza, per la pubblica amministrazione statale, regionale e locale;
- c) organo cartografico dello Stato ai sensi dell'art. 1 della legge 2 febbraio 1960 n° 68.

Il comma 2 attribuisce al Servizio geologico d'Italia *autonomia funzionale e scientifica nello svolgimento dell'attività tecnica di servizio e ricerca, allo scopo di assicurare la salvaguardia e l'utilizzazione ottimale del territorio nazionale.*

All'art. 2 sono definite le *attribuzioni del Servizio geologico d'Italia*, che risultano:

- a) rilevare, aggiornare e pubblicare la Carta Geologica d'Italia alle scale topografiche idonee alle diverse esigenze;
- b) rilevare, aggiornare e pubblicare carte geotematiche a varie scale;
- c) armonizzare le altre attività di cartografia geologica di enti e organismi operanti a livello nazionale, regionale e locale;
- d) acquisire la documentazione e le informazioni geologi-

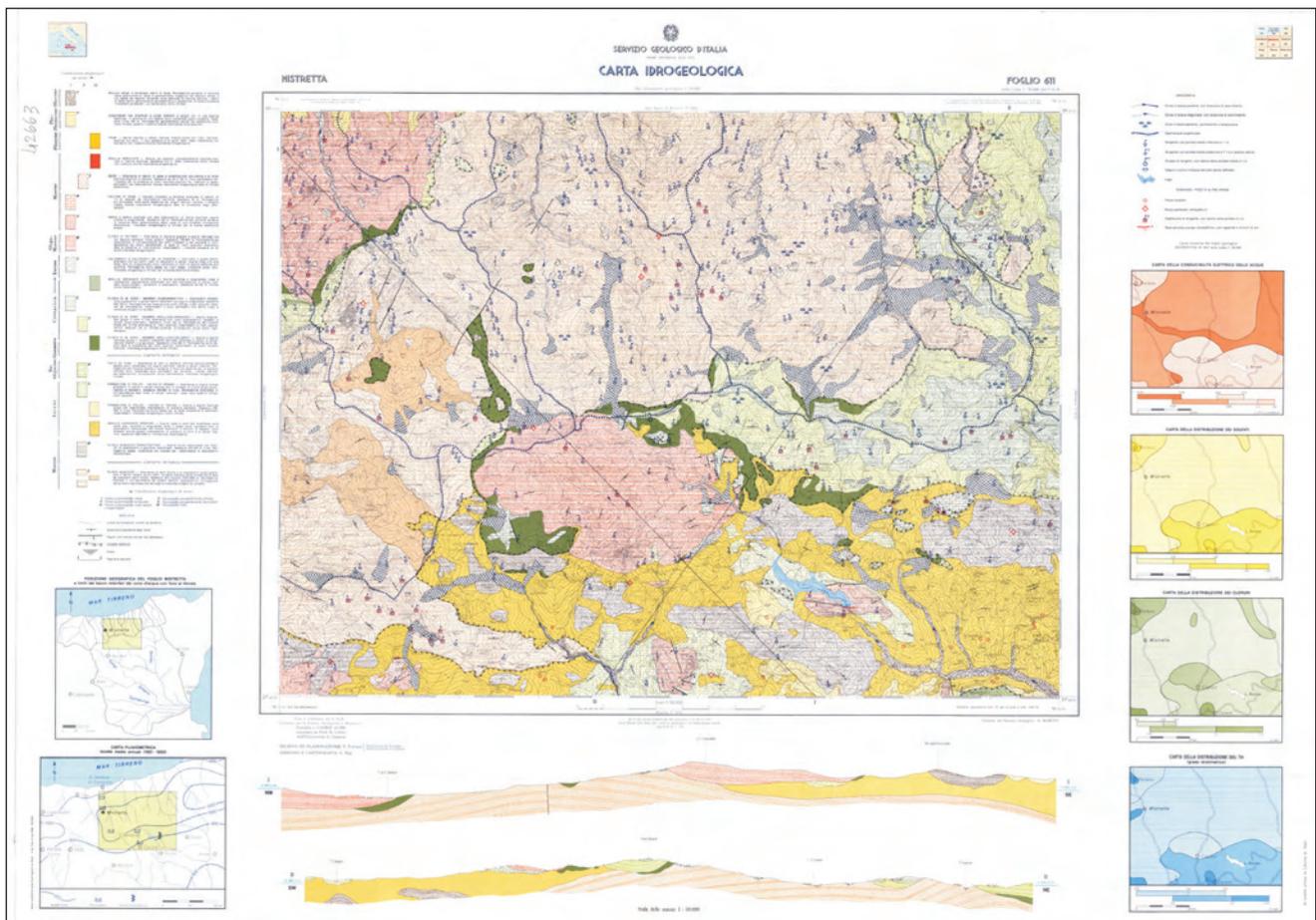


Fig. 1 - Carta Idrogeologica foglio 611 Mistretta a scala 1:50.000 (FERRARA, 1970).
 - Hydrogeological map at 1:50.000 scale: sheet 611 Mistretta (FERRARA, 1970).

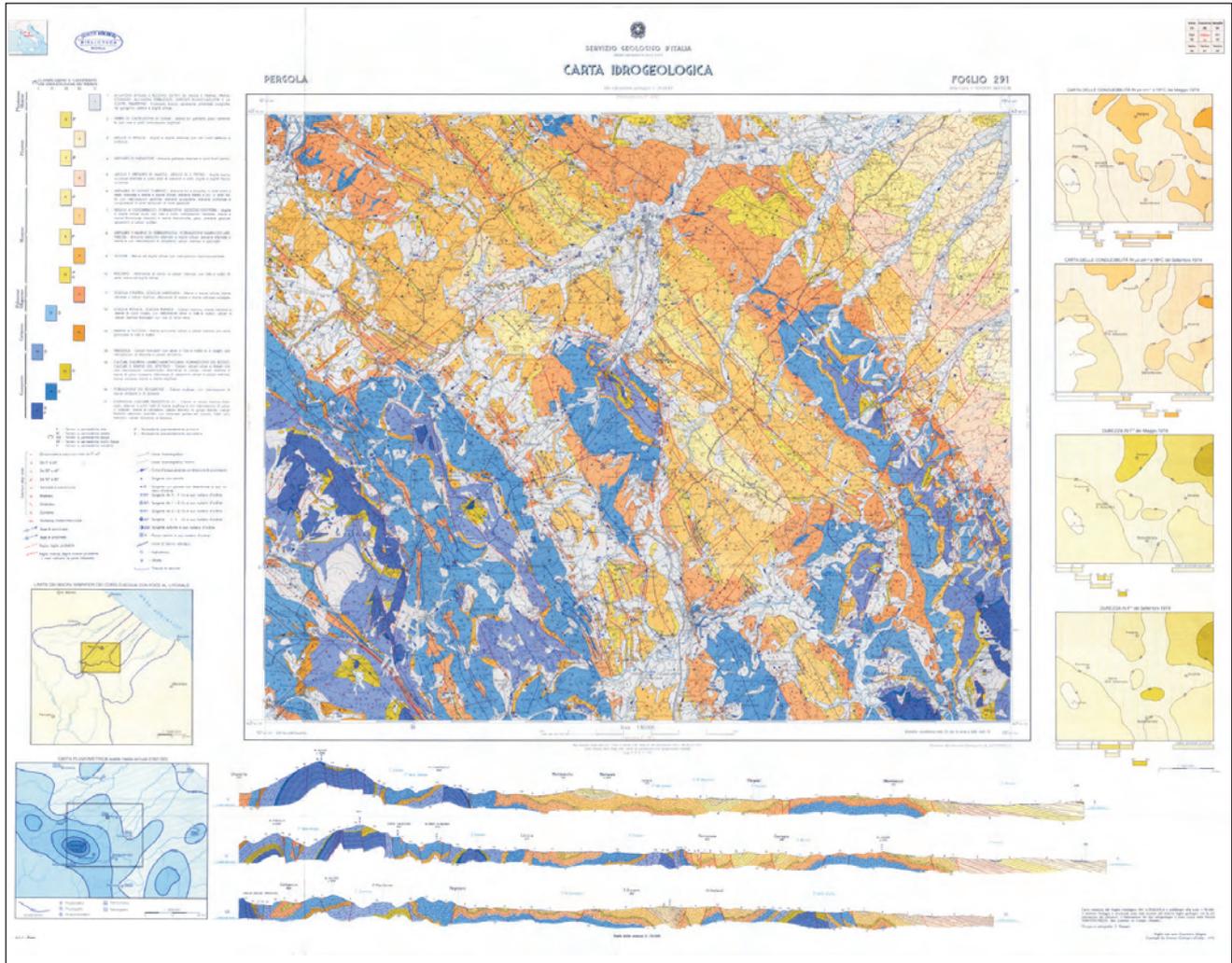


Fig. 2 - Carta Idrogeologica foglio 291 Pergola a scala 1:50.000 (CENTAMORE *et alii*, 1976).
 - Hydrogeological map at 1:50.000 scale: sheet 291 Pergola (CENTAMORE *et alii*, 1976).

che, anche relative a studi effettuati dai diversi enti operanti sul territorio, al fine di costituire una banca dati nazionale, curandone all'occorrenza la gestione e garantendone la più ampia fruibilità;

e) raccogliere e catalogare i materiali di studio e le campionature, nonché le pubblicazioni inerenti le scienze della terra, curando la disponibilità delle relative collezioni;

f) eseguire ricerche, controlli e studi applicativi necessari per il corretto svolgimento delle proprie attribuzioni, per la conoscenza delle risorse dell'ambiente terrestre e marino nazionale e per la previsione dei rischi geologici;

g) esprimere pareri nel campo delle scienze della terra nei procedimenti relativi ad opere o ad attività di competenza di enti locali, amministrazioni dello Stato anche a ordinamento autonomo, regioni ed enti pubblici, ovvero ad opere o attività di privati soggette ad autorizzazione o vigilanza.

Per quanto attiene poi alla organizzazione degli uffici, l'art. 4 comma 2 definisce la struttura del Servizio geologico nella fase di primo impianto.

In particolare il II Settore - Territorio e Ambiente si articola in IV Centro - Difesa del Suolo e Geologia applicata, V Centro - Idrogeologia, VI Centro - Geologia Marina e Difesa delle coste.

- La Legge 18.05.89 n. 183 Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo attribuisce ai servizi tecnici nazionali, istituiti presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri (art. 9 comma 4) il compito di svolgere l'attività conoscitiva, realizzare il sistema informativo unico e la rete nazionale integrati di rilevamento e sorveglianza e fornire dati, pareri e consulenze.

Nella attività conoscitiva, riferita all'intero territorio nazionale sono comprese, tra l'altro (art. 2 comma 1) le azioni di: raccolta, elaborazione, archiviazione e diffusione dei dati; accertamento, sperimentazione, ricerca e studio degli elementi dell'ambiente fisico e delle condizioni generali di rischio; formazione e aggiornamento delle carte tematiche del territorio; valutazione e studio degli effetti conseguenti alla

esecuzione dei piani, dei programmi e dei progetti di opere.

L'attività conoscitiva (art. 2 comma 2) è svolta secondo criteri, metodi e standards di raccolta, elaborazione e consultazione, nonché modalità di coordinamento e di collaborazione tra i soggetti pubblici comunque operanti nel settore, che garantiscano la possibilità di omogenea elaborazione ed analisi e la costituzione e gestione, ad opera dei servizi tecnici nazionali, di un unico sistema informativo, cui vanno raccordati i sistemi informativi regionali e quelli delle province autonome.

- Del D.P.R. 24.01.1991 n. 85 Regolamento concernente la riorganizzazione ed il potenziamento dei Servizi tecnici nazionali geologico, idrografico e mareografico, sismico e dighe nell'ambito della Presidenza del Consiglio dei Ministri, ai sensi dell'art. 9 della legge 18.05.1989 n. 183, si segnalano l'art. 20 comma 1, che ribadisce i compiti istituzionali del Servizio Geologico Nazionale e l'art. 21 Organizzazione del Servizio geologico nazionale, che definisce le aree, che svolgono una attività di coordinamento intersettoriale per materia (comma 2) e i settori (comma 3), e tra questi ultimi il Settore 4 Idrogeologia.

- Il D.P.R. 5.04.1993 n° 106 Regolamento concernente la riorganizzazione e il potenziamento dei Servizi Tecnici Nazionali nell'ambito della Presidenza del Consiglio dei Ministri, ai sensi dell'art. 9 della legge 18.05.1989 n° 183 introduce tra l'altro modifiche alla organizzazione del Servizio Geologico Nazionale e alla dotazione organica, che tuttavia non rilevano in questo lavoro.

- Legge 10.05.1976 Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.

All'art.1 è definito l'oggetto della legge:

- a) disciplina degli scarichi di qualsiasi tipo, pubblici e privati, diretti e indiretti, in tutte le acque superficiali e sotterranee, interne e marine, sia pubbliche che private, nonché in fognature nel suolo e nel sottosuolo;
- b) la formulazione dei criteri generali per l'utilizzazione e lo scarico delle acque in materia di insediamenti;
- c) l'organizzazione dei pubblici servizi di acquedotto, fognature e depurazione;
- d) la redazione di un piano generale di risanamento delle acque, sulla base di piani regionali;
- e) il rilevamento sistematico delle caratteristiche qualitative e quantitative dei corpi idrici.

- Deliberazione Comitato dei Ministri 4.02.1977

Allegato 1: Criteri generali e metodologie per il rilevamento delle caratteristiche qualitative e quantitative dei corpi idrici e per la formazione del catasto degli scarichi.

Al Cap. I sono individuati e descritti i corpi idrici: laghi e serbatoi, corsi d'acqua naturali e artificiali, acque di transizione, acque costiere, falde acquifere sotterranee.

Il Cap. II definisce nel dettaglio le metodologie per

il rilevamento delle caratteristiche qualitative e quantitative dei corpi idrici.

In particolare al punto E) Falde acquifere sotterranee si legge:

1. Notizie generali

Presupposto di ogni indagine idrologica sulle acque sotterranee è la preliminare individuazione del corpo idrico sotterraneo e del relativo bacino idrogeologico, da conseguirsi mediante ricerche geologiche, geofisiche e idrologiche.

È da tenere comunque presente che nel caso delle acque sotterranee, a causa delle difficoltà nella individuazione dei corpi idrici e della complessa struttura del serbatoio sotterraneo, le approssimazioni nelle valutazioni si presentano frequentemente inferiori a quelle relative alle acque superficiali.

Si dovrà comunque pervenire a una caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei nei loro seguenti aspetti:

- a) modalità e condizioni di alimentazione e di deflusso, sia naturale che artificiali;
- b) proprietà idrogeologiche delle formazioni rocciose acquifere e loro distribuzione spaziale (porosità, permeabilità, trasmissività);
- c) caratteristiche idrodinamiche (carico idraulico, velocità media, portata);
- d) caratteristiche di qualità dell'acqua di falda (temperatura e principali proprietà chimiche e batteriologiche).

In generale la conoscenza dell'assetto idrogeologico e delle caratteristiche idrologiche dei corpi idrici sotterranei è basata principalmente su un inventario dei pozzi di vario tipo esistenti e delle manifestazioni sorgentizie, che rappresentano i punti di acquisizione dei dati diretti.

Sarà pertanto da prevedere l'esecuzione di un censimento dei pozzi e delle sorgenti (sinora attuato solo in modo parziale) e il contemporaneo accertamento delle opportune caratteristiche idrogeologiche, idrologiche e idrochimiche.

La conoscenza dei corpi idrici sotterranei, mercè anche l'adozione, se del caso, di metodi specializzati (quali quelli geofisici, geochimici e radioattivi) risulterà perfettibile a mano a mano che si disporrà di ulteriori informazioni. Nelle indagini una particolare attenzione dovrà sempre essere data alla vulnerabilità delle falde rispetto agli inquinamenti diretti e indiretti, come pure alla diffusione dei contaminanti una volta raggiunta la falda, e alla capacità autodepurante della falda medesima.

2. Utilizzazioni prevalenti attuali.

- a) Uso potabile: si indicheranno le portate complessive emunte dal corpo idrico per uso potabile (l / s valore medio annuo);
- b) Uso industriale: si indicheranno i volumi d'acqua complessivi emunti dal corpo idrico e destinati a insediamenti produttivi (mc/g valore medio annuo);
- c) Uso agricolo: si indicheranno i volumi d'acqua complessivi emunti dal corpo idrico per uso irriguo (l / s valore medio del primo periodo irriguo), trascurando le captazioni inferiori a 5 l / sec.

Le informazioni sulle utilizzazioni sono collegate

alla preparazione dell'inventario dei pozzi e delle sorgenti. Parallelamente dovranno essere indicati e precisati tutti gli scarichi sul suolo e nel sottosuolo che ricadono nel bacino idrogeologico, come pure le caratteristiche di qualità dei corpi idrici superficiali (corsi d'acqua, laghi, serbatoi) che risultano alimentare i corpi idrici sotterranei. Per le falde freatiche particolarmente vulnerabili si forniranno notizie sulle condizioni di utilizzo dei terreni superficiali, ove ha luogo l'alimentazione delle falde stesse per infiltrazione.

3. Caratteristiche idrologiche

Sotto il profilo idrologico assumono particolare rilievo le indagini che si rendono necessarie per lo studio ed il controllo del regime delle falde sotterranee, non solo in dipendenza delle variazioni di livello, ma anche in funzione delle portate che vengono sottratte alle falde stesse mediante emungimenti dai pozzi ed il libero deflusso delle acque sorgentizie. Tali indagini hanno importanza preminente, ma ciò non di meno sarà opportuno eseguire altre ricerche per la determinazione di altri elementi caratteristici quale principalmente il tasso di rinnovamento, e cioè il rapporto tra il deflusso medio annuo sotterraneo ed il volume idrico della falda, atto ad evidenziare la possibilità di ricarica naturale della falda medesima.

Gli elementi idrologici che in via prioritaria dovranno essere accertati sono costituiti essenzialmente dai livelli freatici e piezometrici e dalle portate che vengono emunte dai pozzi o defluiscono liberamente dalle sorgenti, tutti elementi da rilevare secondo le metodologie del servizio idrografico del Ministero dei lavori pubblici. Le misurazioni dovranno essere svolte più volte nell'anno idrologico, e possibilmente in modo contemporaneo ai punti di osservazione di un medesimo corpo idrico.

Comunque, data la complessità dell'indagine da effettuare, nella prima fase della stessa si potranno utilizzare i dati disponibili relativi a studi già eseguiti o comunque facilmente rilevabili, rivolgendo l'attenzione soltanto a quelle falde interessate da problemi di inquinamento.

Siccome la carenza di informazioni potrà essere (anche in quest'ultimo caso) cospicua, si dovranno intraprendere, se necessario, studi idrogeologici completi, con l'impiego di metodi geofisici e radioattivi e con programmi di perforazione di nuovi pozzi.

4. Caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche

Anche le indagini relative alla qualità delle acque dovranno essere effettuate più volte, con frequenza almeno stagionale, nell'anno e possibilmente in modo contemporaneo ai punti di osservazione significativi di un medesimo corpo idrico, scelti in maniera adeguata.

In particolare per la caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei sotto il profilo qualitativo, le determinazioni dovranno essere, in generale, limitate ad un ristretto numero di parametri analitici fondamentali. Accanto a

questi si dovranno rilevare, caso per caso, parametri specifici, legati cioè alla presenza di particolari fenomeni di contaminazione.

I parametri da quantificare in ogni caso, a scopo di comparazione e di valutazione di massima dello stato di qualità sono i seguenti:

- temperatura dell'acqua (secondo manuale IRSA);
- durezza (secondo manuale IRSA);
- conducibilità (secondo manuale IRSA);
- specie ioniche fondamentali (Na, K, Ca, Fe, Cl, SO₄, NO₃ - manuale IRSA);
- indici batteriologici (coli fecali e totali - manuale IRSA).

- Il D.P.R. 24.05.1988 n. 236 *Attuazione della Direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16.04.1987 n. 183* introduce (art. 4) le aree di salvaguardia delle risorse idriche:

1. Per assicurare, mantenere e migliorare le caratteristiche qualitative delle acque da destinare al consumo umano, sono stabilite aree di salvaguardia distinte in zone di tutela assoluta, zone di rispetto e zone di protezione.

2. Le zone di tutela assoluta e le zone di rispetto si riferiscono alle sorgenti, ai pozzi e ai punti di presa; le zone di protezione si riferiscono ai bacini imbriferi ed alle aree di ricarica delle falde.

Sono definite poi le funzioni di competenza statale (art. 8) e tra queste sono individuate: lettera d) le norme tecniche per la tutela preventiva e per il risanamento delle acque destinate al consumo umano, nonché i criteri generali per la individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche e lettera g) le norme tecniche per lo scavo, perforazione, trivellazione, manutenzione, chiusura e riapertura di pozzi per acqua.

Al D.P.R. 24.05.1988 n. 236 sono allegati: I *Requisiti di qualità - Elenco dei parametri*, II: *Modelli e frequenze delle analisi delle acque destinate al consumo umano* e III: *Metodi analitici di riferimento*.

L'attuazione del D.P.R. 24.05.1988 n. 236 favorisce nel territorio nazionale lo sviluppo degli studi e delle ricerche sulle risorse idriche sotterranee destinate al consumo umano. Questi studi si riferiscono alla definizione delle caratteristiche quantitative e qualitative delle acque sotterranee ma determinano anche approfondimenti originali riferiti sia alla vulnerabilità che alle metodologie da utilizzare nella realizzazione delle aree di salvaguardia (AA.VV., 1988; AA.VV., 1990; AA.VV., 1995; AA.VV., 1999; CIVITA, 1988; CIVITA, 1994).

Il Servizio Geologico Nazionale partecipa con un proprio rappresentante (3) ai lavori delle Commissioni istituite per la definizione delle norme tecniche di cui alle lettere d) e g) del D.P.R.

(3) G.M. MARI.

24.05.1988 n. 236.

- Anche le disposizioni normative successive, il D.Lgs. 12.07.1993 n° 275 *Riordino in materia di concessione di acque pubbliche*, la Legge 05.01.1994 *Disposizioni in materia di risorse idriche*, e il D.Lgs. 11.05.1999 n° 152 *Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*, a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 258 favoriscono la attività conoscitiva e definiscono elementi di tutela e di controllo delle risorse idriche.

In particolare il D.Lgs. 11.05.1999 n° 152 promuove una nuova fase di sviluppo delle conoscenze sulle risorse idriche sotterranee del territorio nazionale, sulla base di un complesso di attività finalizzate alla definizione dello stato ambientale delle risorse idriche sotterranee attraverso la identificazione degli acquiferi, la definizione di modelli concettuali idrogeologici e il monitoraggio delle caratteristiche quantitative e qualitative.

2.3. - NORME PER LA CARTOGRAFIA IDROGEOLOGICA E DEL RISCHIO GEOLOGICO (Quaderni Servizio Geologico d'Italia, serie II, 1, 1985, IPZS, Roma)

La necessità di prevedere riferimenti finalizzati a garantire anche per le carte geotematiche omogeneità di contenuti e di rappresentazione si manifesta nel decennio successivo alla realizzazione delle prime cartografie idrogeologiche a scala 1:50.000 (FERRARA, 1970; CENTAMORE *et alii*, 1976) e si concretizza nella attività di gruppi di lavoro costituiti con l'obiettivo di predisporre specifiche norme.

Si fa riferimento al gruppo di lavoro proposto dal Comitato Geologico nella seduta del 13.11.1974, composto da A. Jacobacci, C.F. Boni, M. Govi, C. Merlo, L. Pannuzi, A. Valdinucci, membri, N. Zattini (membro-segretario), integrato nel 1978 da P. Bono. Alla stesura finale del documento contribuiscono P. Messina e G.C. Ventura.

Le *Norme per la cartografia idrogeologica e del rischio geologico* sono state pubblicate nei Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie II, 1 (JACOBACCI *et alii*, 1985).

Nella introduzione si riconosce che la necessità di pervenire a una più razionale ed economica gestione coordinata del territorio rende indilazionabile la realizzazione di una adeguata cartografia tematica che accompagni quella litostratigrafica e che esprima le caratteristiche fisiche del territorio secondo le esigenze relative ai temi di ricerca.

La produzione di siffatta cartografia riferita all'intero

territorio nazionale deve rispecchiare indirizzi e tendenze unitarie, rispondendo a una normativa generale che consenta la esecuzione di documenti omogenei dai quali sviluppare ulteriori ricerche operative a livello locale.

È avvertita la necessità che le carte tematiche oggetto della presente normativa, debbono essere, pur nel rigore scientifico e tecnico, tali da evidenziare i problemi pratici per modo che gli utilizzatori possano comprendere l'importanza dei temi rappresentati e quindi affidare le soluzioni tecniche agli specialisti.

Per quanto si riferisce alle scale di lavoro, la scala 1:50.000 può essere considerata operativa a livello di progettazione di massima, supportata da una attività di campagna a scala 1:25.000 o anche maggiore, integrata da studi di laboratorio e da ogni altra informazione. La scala regionale, almeno 1:250.000, fornisce una informazione d'insieme dei fenomeni riconosciuti nel territorio in esame ed è realizzabile anche utilizzando i dati già pubblicati (JACOBACCI *et alii*, 1985).

Con specifico riferimento alla cartografia idrogeologica si afferma che negli ultimi anni è andata sempre più affermandosi la tendenza ad abbandonare, almeno parzialmente, i criteri cartografici enunciati nella "Legenda per le carte idrogeologiche" (UNESCO, 1970); tendenza intesa nel senso di ridurre la rappresentazione dei caratteri più schiettamente geologici del territorio, per dare maggiore risalto alla cartografia dei parametri più specifici del processo infiltrazione - percolazione - emergenza che caratterizzano i fenomeni idrogeologici, e per rappresentare questi parametri in modo quantitativo, con la migliore approssimazione passibile nei limiti imposti dai tempi e dai mezzi a disposizione.

La pubblicazione di queste "norme" deve essere considerata una operazione preliminare per ogni tentativo di tutela e di razionale gestione del patrimonio idrico che deve essere conosciuto con il maggiore dettaglio possibile.

Scopo di queste norme è quello di facilitare la preparazione di documenti cartografici che, oltre a rappresentare i lineamenti idrogeologici regionali di prevalente interesse scientifico, forniscano all'utente ogni possibile informazione espressa in termini quantitativi, anche se definiti per approssimazione, circa l'entità delle risorse idriche localmente disponibili, la loro qualità e la loro distribuzione in superficie e nel sottosuolo.

La scala più opportuna di una siffatta carta idrogeologica è 1:50.000; essa non solo consente di conoscere la distribuzione territoriale delle risorse idriche ma è utile, nello stesso tempo, all'ulteriore sviluppo di ricerche operative.

Si aggiunge poi che si ritiene opportuno far precedere lo sviluppo del rilevamento idrogeologico a quella scala da una indagine a carattere regionale per la preparazione di un documento di lavoro a scala compresa tra 1:200.000 e 1:500.000, documento che faccia il punto dello stato delle conoscenze già acquisite e consenta di tracciare le grandi linee della circolazione regionale.

In assenza di una cartografia litostratigrafica di base la

cartografia idrogeologica rappresenterà i parametri litologici, strutturali, idrogeologici, idrologici e idrochimici schematizzati nella forma più adatta ad esprimere i lineamenti idrogeologici regionali e locali.

La legenda è concepita in modo che nella documentazione cartografica risultino chiaramente gli aspetti idrogeologici che maggiormente caratterizzano il territorio: ruscellamento, infiltrazione, percolazione e emergenza.

A tale fine sono indicate:

- le aree nelle quali prevale il processo di infiltrazione, e quindi di ricarica degli acquiferi, e le aree dove domina invece il ruscellamento di superficie;

- le aree nelle quali prevale il processo di percolazione; queste sono cartografate in modo selettivo, segnalando con particolare evidenza le caratteristiche degli acquiferi più accessibili, cioè posti a profondità tale da rendere conveniente la costruzione di pozzi;

- i luoghi di emergenza delle acque sotterranee, ciascuna delle quali caratterizzata dai valori di portata media, dal regime e dai fondamentali caratteri chimico-fisici.

Tutti gli affioramenti, non più distinti dal grado di permeabilità relativa, sono individuati da classi di infiltrazione efficace (i.e. in mm/anno) o di trasmissività (T in m^2/sec) e sono suddivisi in tre grandi gruppi litologici, nell'ambito dei quali sono previste ulteriori suddivisioni.

Il significato idrogeologico degli affioramenti è distinto da colori; le diverse tonalità di ciascun colore esprimono classi con differenti valori relativi alla ricarica degli acquiferi (i.e.) e alla potenzialità idrica delle falde sotterranee (\bar{T}).

La legenda idrogeologica, costruita in analogia a quella pubblicata dall'UNESCO (1970) si articola in: Idrologia di superficie, Idrogeologia sotterranea, Litofacies distinte in funzione della infiltrazione efficace (i.e.) e della trasmissività (T), Opere artificiali, Idrologia carsica.

In Appendice alle Norme per la cartografia idrogeologica e del rischio geologico (AA.VV., 1985) sono riportati i simboli relativi ai limiti, diversi per significato idrogeologico, da utilizzare per una accurata definizione delle modalità di circolazione delle acque sotterranee.

Nell'ambito delle carte derivate e complementari della carta idrogeologica, si segnalano tra l'altro, la carta idrogeologica di vulnerabilità delle falde idriche, la subsidenza indotta, il chimismo delle acque sotterranee e superficiali, le forme carsiche ipogee ed epigee.

La prima applicazione delle Norme per la cartografia idrogeologica e del rischio geologico (JACOBACCI *et alii*, 1985) si realizza con il Foglio 389 Anagni (fig. 3) alla scala 1:50.000 (MOTTERAN *et alii*, 1993).

2.4. - CARTA IDROGEOLOGICA D'ITALIA 1:50.000. GUIDA AL RILEVAMENTO E ALLA RAPPRESENTAZIONE. (Quaderni SGN n° 5, Serie III, IPZS, Roma, 1995).

Con riferimento ai compiti istituzionali derivanti dalla Legge 18.05.89 n. 183 Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo, in

relazione all'avvio del progetto di realizzazione della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 e delle carte geotematiche (CARG), si sviluppano in ambito SGN una serie di attività con l'obiettivo di definire specifici contributi normativi, orientati ai diversi tematismi, da realizzare attraverso il confronto tra tecnici, esperti di settore e utenti istituzionali, con la finalità di garantire omogeneità di contenuti e di rappresentazione.

In questo nuovo contesto si provvede quindi in tempi relativamente brevi alla pubblicazione dei Quaderni del Servizio Geologico, serie III, in particolare i volumi:

1 - Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento (PASQUAREÈ *et alii*, 1992).

2 - Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Guida alla rappresentazione cartografica (COSCI *et alii*, 1996).

3 - Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Guida alla informatizzazione (CARA *et alii*, 1995).

4 - Carta Geomorfologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento (BRANCACCIO *et alii*, 1994).

5 - Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento e alla rappresentazione (MARI *et alii*, 1995).

6 - Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Banca dati geologici (linee guida per l'informatizzazione e per l'allestimento per la stampa dalla banca dati (ARTIOLI *et alii*, 1997).

Seguiranno poi le pubblicazioni:

7 (7 fascicoli) - Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni (DELFRATI *et alii*, 2000).

8 - Carta Geologica dei Mari italiani alla scala 1:250.000. Guida al rilevamento (D'ANGELO & VENTURA, 2002).

9 - Guida italiana alla classificazione e alla terminologia stratigrafica (GERMANI *et alii*, 2003).

10 - Carta Geomorfologica d'Italia 1:50.000. Guida alla rappresentazione cartografica (COSCI *et alii*, 2007).

11 - Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Guida all'uso del manuale cromatico di riferimento per la stampa delle carte geologiche (TACCHIA, 2007).

Con l'obiettivo di definire le linee guida per la realizzazione della Carta Idrogeologica d'Italia a scala 1:50.000 viene costituito nel 1989 un gruppo di lavoro che vede la partecipazione di tecnici del Servizio Geologico Nazionale e di esperti di settore: A. AURELI (Università di Catania), G. BARROCU (Università di Cagliari), C.F. BONI (Università di Roma), P.B. CELICO (Università di Napoli), M. CIVITA (Università di Torino), V. FRANCANI (Università di Milano), G. GIULIANO (IRSA-CNR), M. GOVI (CNR-IRPI di Torino), F. GUZZETTI (CNR-IRPI di Perugia), G.M. MARI (SGN), G. MOTTERAN (SGN), T. NANNI (Univer-

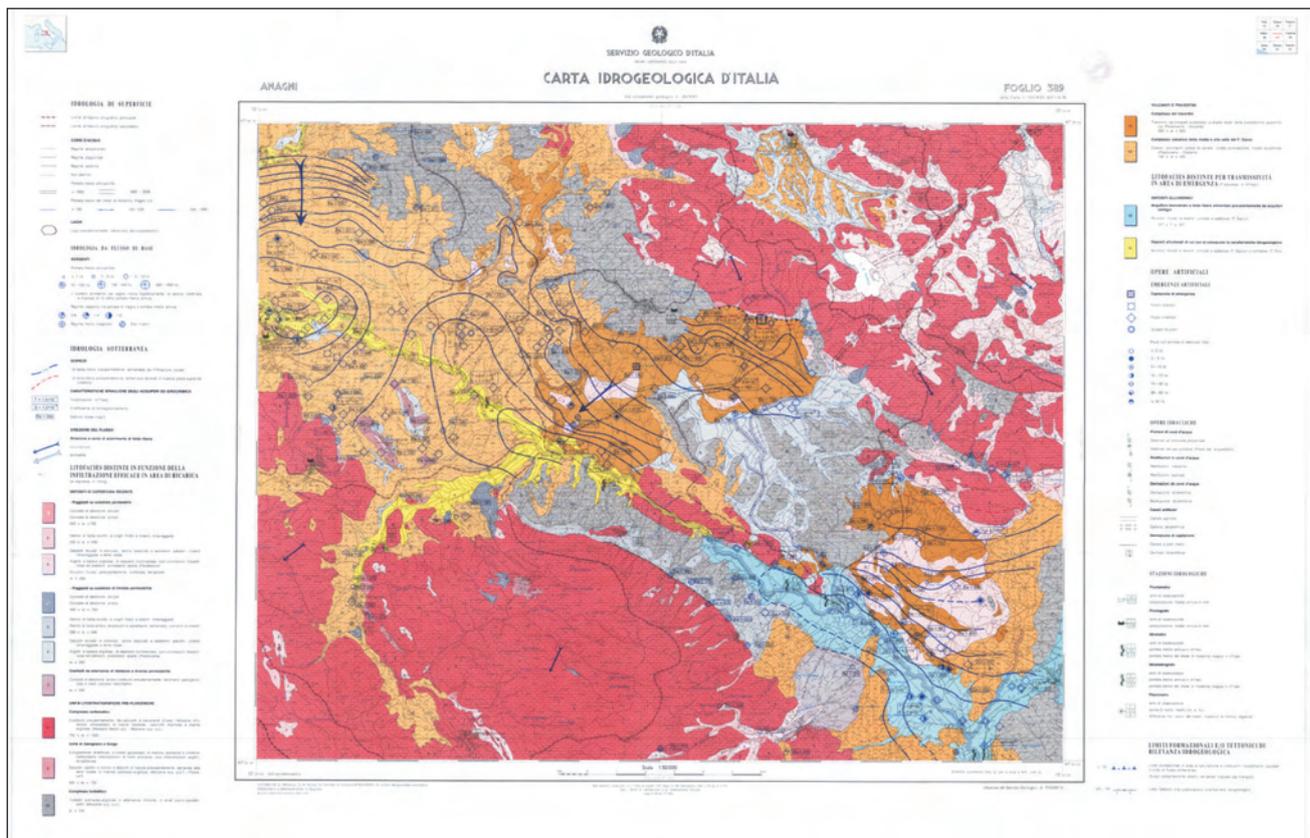


Fig. 3 - Carta Idrogeologica foglio 389 Anagni a scala 1:50.000 (MOTTERAN *et alii*, 1993).
 - Hydrogeological map at 1:50.000 scale: sheet 389 Anagni (MOTTERAN *et alii*, 1993).

sità di Ancona), M. PELLEGRINI (Università di Modena), F. PETRONE (SGN), G. PRANZINI (Università di Firenze), A.R. SCALISE (SGN), T. TADOLINI (Università di Bari), D. TERRIBILI (SGN) G. VENTURA (ENEA) e N. ZATTINI (SGN).

Una efficace sintesi delle attività svolte dal gruppo si lavoro è riportata nella *Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento e alla rappresentazione* (MARI *et alii*, 1995) in *Premessa*:

Nel corso degli incontri è emerso che la rappresentazione cartografica degli affioramenti in funzione di valori relativi alla infiltrazione efficace e alla trasmissività (come previsto dalla normativa del 1985) non sembra ancora applicabile, alla luce delle conoscenze fino ad oggi acquisite e delle sperimentazioni effettuate, a tutto il territorio. Per avere quindi una cartografia omogenea a livello nazionale e utilizzabile in sede operativa come strumento conoscitivo per la corretta gestione e tutela delle risorse idriche, risulta opportuno rappresentare gli affioramenti in funzione della permeabilità relativa.

Tenendo conto delle esperienze e dei suggerimenti dati dai singoli esperti, vengono qui proposte dal SGN le linee guida per la realizzazione della cartografia idrogeologica ufficiale.

Ulteriori esperienze e sperimentazioni su tutte le varie

situazioni idrogeologiche presenti nel nostro territorio, potranno aggiornare, perfezionare e dare una veste definitiva al presente documento.

È dunque il Servizio Geologico Nazionale a proporre, coerentemente con i propri compiti istituzionali, le linee guida per la realizzazione della cartografia idrogeologica ufficiale (MARI *et alii*, 1995).

Nella *Introduzione* si evidenzia che *la documentazione e i dati di interesse idrogeologico raccolti e/o rilevati in campagna sono finalizzati:*

- alla produzione della Carta Idrogeologica a scala 1:50.000 del territorio nazionale e delle relative note illustrative;
- alla predisposizione delle carte complementari alle scale opportune, allegate alle note illustrative o inserite a margine della carta idrogeologica;
- alla realizzazione della banca dati idrogeologica del territorio nazionale.

L'insieme degli elementi conoscitivi raccolti ed elaborati e delle cartografie prodotte dovranno essere restituiti sia su supporto cartaceo che acquisiti e organizzati su supporto magnetico.

Le modalità di acquisizione, organizzazione e restituzione su supporto magnetico degli elementi conoscitivi rac-

colti ed elaborati e delle cartografie prodotte saranno evidenziati in una successiva pubblicazione.

La legenda idrogeologica si articola in 8 tavole: Tavola A - Idrologia di superficie; Tavola B - Idrologia sotterranea; Tavola C - Complessi idrogeologici distinti in funzione del loro grado di permeabilità relativa; Tavola D - Opere artificiali; Tavola E - Aree carsiche; Tavola F - Simboli litologici; Tavola G - Limiti relativi alla cartografia idrogeologica; Tavola H - Complessi idrogeologici distinti in funzione della infiltrazione efficace e/o della trasmissività.

Nella *Introduzione* è specificato che le Tavole da A a G si riferiscono alla carta idrogeologica di base; la Tavola H, relativa alla carta complementare da allegare alle note illustrative, dovrà essere realizzata solo in presenza di strutture idrogeologiche idonee e di dati sufficienti.

Parte integrante della normativa sono le specifiche tecniche, che hanno l'obiettivo di definire la distribuzione spaziale e le cadenze temporali nonché la modalità di esecuzione di alcune operazioni di rilevamento delle caratteristiche dei corpi idrici che assumono un ruolo determinante nella predisposizione della carta idrogeologica.

Considerata la varietà di situazioni idrogeologiche che caratterizza il territorio nazionale, è opportuno sottolineare che le norme tecniche hanno un carattere di indicazioni generali e che, quindi, i criteri e le modalità di esecuzione delle operazioni di rilevamento dovranno essere preventivamente concordate con i funzionari del Settore IV Idrogeologia e verificate in corso d'opera.

Le specifiche tecniche si articolano in: *Censimento dei dati idrogeologici; Idrologia di superficie; Idrologia sotterranea; Caratteristiche degli acquiferi; Caratteristiche idrodinamiche; Caratteristiche idrochimiche; Complessi idrogeologici distinti in funzione della infiltrazione efficace e/o della trasmissività.*

2.5. - SVILUPPO DI SPECIFICI ASPETTI E CONFRONTO TRA LE NORME

Dal confronto tra la *Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento e alla rappresentazione* (MARI *et alii*, 1995) e le *Norme per la cartografia idrogeologica e del rischio geologico* (JACOBACCI *et alii*, 1985) derivano riflessioni e considerazioni di un certo interesse.

La differenza principale consiste nella scelta di descrivere e quindi di rappresentare cartograficamente gli affioramenti non in funzione della infiltrazione efficace e della trasmissività ma in funzione della permeabilità relativa.

La scelta non è dettata in realtà da motivazioni tecnico-scientifiche ma piuttosto dalla necessità di realizzare una cartografia omogenea a livello nazionale e utilizzabile in sede operativa come strumento conoscitivo per la corretta gestione e tutela delle risorse idriche. Necessità derivante dai compiti istituzionali del Servizio Geologico e dal quadro nor-

mativo, in particolare dalla applicazione della legge 18.05.89 n. 183 *Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*, che individua nell'ambito della attività conoscitiva riferita all'intero territorio nazionale, insieme ad altre azioni, la formazione e all'aggiornamento delle carte tematiche, utilizzando criteri, metodi e standards in grado di garantire una omogeneità di contenuti tecnico-scientifici, di elaborazione e di rappresentazione.

Nella *Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento e alla rappresentazione* (MARI *et alii*, 1995) si introducono ulteriori elementi informativi (ad esempio: Limite della intrusione marina. Curva corrispondente al valore di 500 ppm di cloruri; quota dell'interfaccia acqua dolce-acque fossili), e si esplicita il contenuto quantitativo della ricerca idrogeologica e della sua rappresentazione cartografica.

In particolare nei paragrafi, *Idrologia di superficie* (Tav. A), *Idrologia sotterranea* (Tav. B) e *Caratteristiche degli acquiferi* (Tav. B, III) delle specifiche tecniche si approfondiscono concetti già presenti nelle *Norme per la cartografia idrogeologica e del rischio geologico* (JACOBACCI *et alii*, 1985), che vengono ulteriormente caratterizzati relativamente a quantificazione e cadenze temporali delle misure.

Si fa riferimento alla definizione delle portate dei corsi d'acqua perenni attraverso i dati relativi ad almeno 24 misure consecutive con cadenza mensile; alla definizione degli scambi idrici tra corsi d'acqua superficiali e acque sotterranee attraverso l'esecuzione di misure consecutive di portata su sezioni di corsi d'acqua da effettuare in differenti situazioni di regime del corso d'acqua e della falda e in occasione di differenti portate del corso d'acqua.

Si introduce poi il concetto di *rete di monitoraggio quantitativa*, costituita da sorgenti con portata media annua superiore o uguale a 1 l/s e da pozzi, con una previsione di misure (Q sorgenti e livello statico della falda nei pozzi) con cadenza mensile per almeno 24 mesi consecutivi, e di misure con cadenza temporale minima trimestrale per la rimanente durata del progetto.

Un altro elemento di interesse è rappresentato dalla indicazione che *in presenza di unità idrogeologiche costituite da falde libere e da più falde in pressione alle diverse profondità, si dovranno prevedere reti di monitoraggio per le misure periodiche di livello dell'acqua differenziate per ciascuno degli acquiferi individuati. In queste situazioni la densità della rete di monitoraggio dovrà necessariamente tenere conto del numero di pozzi esistenti nel territorio per ciascun orizzonte acquifero.*

Per quanto attiene infine alle *Caratteristiche idrochimiche* (Tav. B, III, 4) si introduce il concetto di *punto d'acqua campionabile* (pozzo e sorgente che consente il prelievo di campioni prima di eventuali immissioni in serbatoi e autoclavi) e di *rete di monitoraggio qualitativa*,

costituita da pozzi e sorgenti utilizzate a scopo idropotabile eventualmente integrati con altri punti d'acqua.

Il prelievo di campioni e le analisi chimiche dovranno essere effettuate con cadenza semestrale da laboratori di strutture pubbliche.

L'approfondimento di specifici aspetti e la introduzione di nuovi elementi di caratterizzazione quantitativa e qualitativa derivano dalle indicazioni contenute nelle norme riferite alle risorse idriche sotterranee segnalate nel paragrafo 2.2. - RIFERIMENTI NORMATIVI, dagli studi realizzati dal Servizio Geologico Nazionale e/o in avanzata fase di realizzazione in collaborazione con altri Enti. Gli studi interessano aree campione del territorio nazionale - con presenza di rilevanti risorse idriche sotterranee e di una elevata pressione antropica - e sono caratterizzati da un contenuto metodologico e tematico innovativo: vulnerabilità all'inquinamento, realizzazione di reti di monitoraggio delle risorse idriche sotterranee, infiltrabilità (ANTONELLI & MARI, 1993; ANTONELLI *et alii*, 1993; BONDESAN *et alii*, 1994; ANTONELLI *et alii*, 1996; IRSA, 1996).

Nella *Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento e alla rappresentazione* (MARI *et alii*, 1995) è possibile riconoscere da un lato la consapevolezza dello sviluppo tecnico-scientifico che si è nel frattempo determinato, e insieme le potenzialità offerte dalla utilizzazione di strumenti e metodologie informatiche nelle varie fasi, dall'*input* dei dati alla realizzazione di banche dati, alla elaborazione cartografica dei risultati. E anche la individuazione di un nuovo importante obiettivo strategico: la rappresentazione cartografica (carta idrogeologica, carte complementari) rappresenta infatti uno dei prodotti possibili delle attività di raccolta, analisi ed elaborazione dei dati, finalizzati anche alla realizzazione della banca dati idrogeologica del territorio nazionale.

3. - PROGETTO VERIFICHE SPERIMENTALI DI APPLICABILITÀ DELLA GUIDA AL RILEVAMENTO E ALLA RAPPRESENTAZIONE DELLA CARTA IDROGEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50.000 (Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, Roma, 1995) (2)

3.1. - MOTIVAZIONI, FINALITÀ E CONTENUTO

Il quadro di riferimento del PROGETTO è, come si è detto, rappresentato da un insieme di norme, compiti istituzionali, struttura organizzativa del

Servizio Geologico Nazionale, progetti di ricerca estesi al territorio nazionale, studi e indagini di specifico tematismo idrogeologico realizzati dal Servizio Geologico Nazionale.

Un rilevante contributo alla realizzazione del PROGETTO è rappresentato dalla sua *identificazione con un obiettivo* dell'incarico di direzione dell'Ufficio Idrogeologia del Servizio Geologico Nazionale (4).

Gli obiettivi dell'incarico (art. 3 comma 1) si sostanziano nella propulsione e nel coordinamento delle linee di attività dell'Ufficio. In particolare, in aree campione di rilevante interesse idrogeologico e ambientale, si provvederà, anche in collaborazione con altri Enti, a:

A - definire le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei;

B - approfondire le problematiche relative al monitoraggio delle acque sotterranee e realizzare reti sperimentali di controllo;

C - valutare la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento;

D - verificare la applicabilità della guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia sa scala 1:50.000.

Dopo la pubblicazione della *Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento e alla rappresentazione* (MARI *et alii*, 1995) il Servizio Geologico Nazionale ha realizzato ulteriori approfondimenti relativi alla utilizzazione di differenti metodologie di valutazione della vulnerabilità all'inquinamento e all'impiego di metodologie e strumenti informatici per la gestione dinamica di sistemi integrati di valutazione (GIULIANO *et alii*, 1998); alla organizzazione e alla sperimentazione di reti di controllo (MARI *et alii*, 1999; MARI *et alii*, 2000; ANTONELLI *et alii*, 2001); alla elaborazione dei dati idrogeologici e idrochimici, al confronto di reti di monitoraggio e alla ottimizzazione della gestione di progetti stabili di osservazione della caratteristiche quantitative e qualitative (ANTONELLI & MARI, 2003).

Il Servizio Geologico Nazionale promuove quindi nel 2000 il PROGETTO con l'obiettivo di realizzare cartografie idrogeologiche in aree campione del territorio nazionale, rappresentative dei principali contesti idrogeologici e caratterizzate dalla presenza di elementi di interesse relativi alle utilizzazioni delle risorse idriche sotterranee e alle problematiche ambientali.

Nella definizione e nella organizzazione del PROGETTO sono stati considerati diversi fattori. In particolare lo sviluppo del Progetto CARG, la crescente utilizzazione di strumenti e di metodologie informatiche nelle varie fasi, e non ultimi, i limiti

(4) Conferito dal Direttore del Servizio Geologico Nazionale A. TODISCO a G.M. MARI in data 24. 7. 2000.

presenti, in ragione del tempo trascorso dalla istituzione del gruppo di lavoro (1989), nelle linee guida per la realizzazione della cartografia idrogeologica, che rimandavano a una *successiva pubblicazione la definizione delle modalità di acquisizione, organizzazione e restituzione su supporto magnetico degli elementi conoscitivi raccolti ed elaborati e delle cartografie prodotte* (MARI *et alii*, 1995).

In altri ambiti disciplinari, per superare analoghe limitazioni si è provveduto a sviluppare specifiche procedure e realizzare prodotti quali ad esempio la *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Banca dati geologici. Linee guida per l'informatizzazione e per l'allestimento per la stampa dalla banca dati* (ARTIOLI *et alii*, 1997).

In ambito idrogeologico si è ritenuto di non dover ulteriormente procrastinare la realizzazione della cartografia idrogeologica a scala 1:50.000 e di individuare ulteriori finalizzazioni, diverse dalla applicabilità delle linee guida a specifici contesti territoriali, da approfondire e sviluppare nel corso della sperimentazione.

Tra queste in particolare:

- sviluppare strumenti e metodologie informatiche nelle varie fasi, dall'input dei dati alla elaborazione cartografica dei risultati;
- procedere alla sperimentazione delle linee guida e, per quanto possibile, alla *informatizzazione* del Quaderno SGN n° 5.

Per queste ragioni si troveranno nel *capitolato tecnico tipo* (paragrafo 3.3.) riferimenti generici alle metodologie di *archiviazione, organizzazione dei dati, elaborazione su supporto informatico e alla utilizzazione per quanto possibile delle linee guida per l'informatizzazione previste per la Carta Geologica d'Italia 1:50.000* (Quaderni SGN n° 6, serie III, 1997 e Quaderni SGN n° 3, serie III, 1995).

Si può infatti leggere: *I dati, le elaborazioni e rappresentazioni grafiche e cartografiche derivanti dalle attività presenti in convenzione saranno forniti su supporto cartaceo e digitale, organizzati con sistemi numerici da concordare con il Servizio Geologico Nazionale.*

E per quanto si riferisce alla utilizzazione della simbologia: *Il layout di stampa non farà riferimento per la sua rappresentazione al Quaderno n° 5, serie III, 1995, pur mantenendo la corretta leggibilità dei dati presenti sulla Carta Idrogeologica in scala 1:25.000 e 1:50.000.*

Un elemento discriminante della sperimentazione è rappresentato dal *contenuto quantitativo* del rilevamento e della rappresentazione cartografica del tematismo idrogeologico, già esplicitato nelle linee guida (MARI *et alii*, 1995) e confermato dalla previsione di sviluppare in modo sistematico le misure (ad esempio: di livello di falda, di portata delle sorgenti e dei corsi d'acqua), che rappresen-

tano la informazione da associare a tabelle, grafici, *database* e/o da evidenziare nella rappresentazione cartografica.

Si è adottato un modello logico di sviluppo del PROGETTO articolato in fasi distinte, che prevedono rispettivamente di:

- identificare le caratteristiche delle aree di indagine;
- predisporre un *capitolato tecnico tipo*;
- individuare i potenziali contraenti con l'obiettivo di ridurre i tempi di realizzazione, mantenere una elevata qualità scientifica alla ricerca e ai prodotti, contenere i costi di realizzazione;
- realizzare una collaborazione tra Servizio Geologico Nazionale e contraenti, verificare criteri e metodologie utilizzate nelle varie fasi, scambiare dati e informazioni, con approfondimenti e momenti di confronto tecnico - scientifico;
- sviluppare il coordinamento e l'armonizzazione delle attività, con integrazioni e rimodulazioni in relazione alle difficoltà incontrate e ai risultati raggiunti, con la finalità di mantenere un carattere *unitario* al progetto di ricerca, anche se articolato in specifiche convenzioni e riferito a contesti territoriali diversi.

3.2. - CARATTERISTICHE DELLE AREE DI INDAGINE

In relazione agli obiettivi di progetto, si è ritenuto che le aree campione nelle quali sviluppare le sperimentazioni dovessero avere i seguenti requisiti:

- essere rappresentative dei principali contesti idrogeologici del territorio nazionale per struttura idrogeologica e tipo di circolazione idrica (ad esempio: complessi carbonatici e aree carsiche, complessi metamorfici e cristallini, complessi vulcanici, complessi alluvionali, complessi di aree e pianure costiere, etc.);
- essere caratterizzate dalla presenza di elementi di interesse relativi alla utilizzazione prevalente delle risorse idriche sotterranee (uso potabile, agricolo, industriale, etc.) e alle problematiche ambientali (vulnerabilità naturale all'inquinamento; attività civili, agricole e industriali potenzialmente inquinanti, etc.);
- avere una estensione in grado di ottenere una rappresentazione dei diversi elementi simbolici e cartografici valutabile in termini di efficacia;
- essere conosciute dal punto di vista idrogeologico (ad esempio: dati esistenti e disponibili relativi alla struttura idrogeologiche e alla circolazione idrica, schede e di sorgenti e pozzi, dati idrochimici e delle utilizzazioni) in modo da concentrare la sperimentazione sugli *obiettivi di progetto* più che sulle specifiche problematiche idrogeologiche;

- consentire tempi di realizzazione della sperimentazione dell'ordine di 14 -16 mesi.

3.3. - CAPITOLATO TECNICO

Il capitolato tecnico tipo di seguito evidenziato rappresenta la traduzione operativa di quanto previsto in Quaderni SGN n° 5 (MARI *et alii*, 1995) sia in termini di tipologia dei dati da raccogliere che di definizione di misure da effettuare e di procedure da utilizzare.

Premessa

Il Servizio Geologico Nazionale ha promosso il PROGETTO VERIFICHE SPERIMENTALI DI APPLICABILITÀ DELLA GUIDA AL RILEVAMENTO E ALLA RAPPRESENTAZIONE DELLA CARTA IDROGEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50.000 (Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, Roma, 1995).

Oggetto della Convenzione:

Oggetto della convenzione è la realizzazione del Programma di Lavoro GUIDA AL RILEVAMENTO E ALLA RAPPRESENTAZIONE DELLA CARTA IDROGEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50.000. VERIFICHE DI APPLICABILITÀ NEL SETTORE ...

Fasi di progetto, interventi e prodotti:

L'area oggetto di studio e di sperimentazione si identifica con il settore ... in allegato 1. L'area interessa le tavolette IGM alla scala 1: 25.000: ...

Sono previste tre fasi di lavoro, per una durata complessiva di ... mesi.

Fase 1 - *Acquisizione dei dati di base e delle conoscenze geologiche, idrologiche e idrogeologiche fondamentali.*
 - Raccolta dei dati e dei documenti di interesse relativi a geologia, idrologia, idrogeologia, idrochimica, disponibili presso enti pubblici, enti di ricerca, università. In particolare: sorgenti localizzate (normali, mineralizzate fredde, mineralizzate termali, emanazioni gassose) e lineari di subalveo, pozzi (uso potabile, irriguo e industriale), sondaggi di interesse stratigrafico, opere di captazione per uso potabile, pozzi profondi perforati per ricerche geotermiche, sezioni di misura delle portate in alveo, stazioni idrologiche (idrometriche, pluviometriche, termometriche), chimismo delle acque, livelli di falda. Le caratteristiche idrodinamiche degli acquiferi e le derivazioni e/o restituzioni in alveo saranno censite limitatamente ai soli dati ufficiali;

- analisi, classificazione, elaborazione e controllo dei dati e dei documenti raccolti;

- aggiornamento e integrazione dei dati idrogeologici, idrologici e idrochimici nel corso del progetto;

- definizione del regime di tutti i corsi d'acqua presenti (temporaneo, stagionale, perenne, non definito);

- definizione della portata media annua e della portata media del mese di massima magra per tutti i corsi d'acqua perenni, laddove siano disponibili misure pluriennali;

- realizzazione di ... misure di portata per tutti i corsi

d'acqua perenni, a cadenza stagionale;

- valutazione dei rapporti falda-fiume attraverso la ricostruzione della superficie piezometrica e attraverso una serie di misure consecutive di portata su sezioni (minimo 2) di corsi d'acqua, in differenti condizioni di regime del corso d'acqua e della falda e in occasione di differenti portate del corso d'acqua, da ripetere almeno stagionalmente (1 ogni 3 mesi);

- schede monografiche delle stazioni di misura delle portate;

- tabelle e grafici delle misure di portata eseguite;

- censimento delle sorgenti e delle emergenze diffuse e/o lineari, e censimento dei pozzi. Schede monografiche relative (tab. 4, tab. 1 e tab. 2, Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, Roma, 1995);

- definizione di una rete di monitoraggio (pozzi e sorgenti) da utilizzare per le misure periodiche di portata e di livello statico della falda. Si dovranno prevedere, laddove possibile, reti di monitoraggio differenziate per ciascuno degli acquiferi individuati (falde libere e/o falde in pressione). Si dovranno altresì prevedere dove possibile pozzi alternativi da utilizzare come riserva. Nella definizione della rete di monitoraggio e nella realizzazione delle misure si procederà a partire da una rete preliminare, in stretta relazione con l'acquisizione dei dati del censimento delle sorgenti e dei pozzi;

- realizzazione di...misure di livello di falda nei pozzi della rete/reti di monitoraggio, con cadenza...; - realizzazione di...misure di portata per le sorgenti che costituiscono la rete di monitoraggio, con cadenza...;

- esecuzione di analisi chimico-fisiche speditive delle sorgenti e dei pozzi (T°C, conducibilità, pH, etc.) in occasione delle misure di portata e di livello di falda;

- definizione del regime delle sorgenti con portate medie annue superiori a 10 l/s, sulla base dei dati disponibili;

- aggiornamento delle schede monografiche delle sorgenti (tab. 4 e 5, Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, Roma, 1995) e dei pozzi (tab. 1, tab. 2 e tab. 3, Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, Roma, 1995).

- definizione delle quote in m s.l.m. dei punti d'acqua che costituiscono la rete di monitoraggio (pozzi e sorgenti);

- reperimento, dove possibile, di prove di portata eseguite in pozzi significativi e valutazione dei parametri idrodinamici degli acquiferi.

Le basi topografiche da utilizzare nella fase di raccolta dei dati esistenti e nella fase di rilevamento di campagna possono essere: le sezioni, se disponibili, alla scala 1:25.000 della cartografia IGMI, complete di planimetria, orografia ed idrografia; le tavolette alla scala 1:25.000 della cartografia IGMI purchè aggiornate e inquadrare nel sistema ED 50; la cartografia tecnica regionale alla scala 1:10.000 e 1:25.000, se disponibile, purchè rispondente ai requisiti geometrici e alla precisione di rilievo, conformi agli standard IGMI.

Fase 2 - Analisi e elaborazione dei dati:

- confronto tra i dati e i documenti di interesse raccolti presso Enti pubblici, di ricerca, università, imprese private, e i dati rilevati in campagna;

- analisi e validazione dei dati;
- selezione, archiviazione e organizzazione dei dati raccolti e delle misure su supporto cartaceo e su supporto informatico;
- elaborazione dei dati su supporto cartaceo e su supporto informatico;
- redazione e elaborazione di dati di interesse idrologico e idrogeologico, selezionati in specifici e distinti livelli tematici. Si distingueranno: reticolo idrografico; spartiacque superficiale; tratti di corso d'acqua drenante o disperdente; sezioni di misura; derivazioni in alveo; restituzioni in alveo; laghi; canali artificiali; complessi idrogeologici; limiti idrogeologici; sorgenti localizzate e diffuse; pozzi e perforazioni; isopiezometriche; spartiacque sotterranei; direzioni di flusso; caratteristiche idrodinamiche; sorgenti termominerali e minerali, emanazioni gassose, pozzi che interessano acque minerali o termali; etc. I livelli informativi saranno classificati secondo quanto previsto in Quaderni SGN n° 5;
- utilizzazione di opportuni modelli concettuali nella redazione delle corrispondenti tabelle di riferimento per gli attributi relativi agli elementi geometrici presenti in carta, e definizione per gli oggetti puntuali, lineari e poligonali dei campi di valori presenti esclusivamente in legenda e delle loro coordinate geografiche. Agli attributi definiti secondo il Quaderni SGN n° 5, verranno associati, in accordo con il Servizio Geologico Nazionale, campi chiave ai quali sarà possibile collegare database esterni, già disponibili, utili alle finalità di progetto;
- utilizzazione per quanto possibile delle linee guida per l'informatizzazione previste per la Carta Geologica d'Italia 1:50.000 (Quaderni SGN n° 3 e 6 serie III, IPZS, Roma, 1995, 1997);
- identificazione e predisposizione di ulteriori livelli informativi.

I dati, le elaborazioni e rappresentazioni grafiche e cartografiche derivanti dalle attività presenti in convenzione saranno forniti su supporto cartaceo e digitale, organizzati con sistemi numerici da concordare con il Servizio Geologico Nazionale.

Gli strati informativi derivati, organizzati in formato shape realizzati in ambiente ArcView, e le informazioni tematiche raccolte, saranno rappresentate sulla cartografia di base in formato raster alla scala 1:25.000 relativa alle tavolette IGMI scala 1:25.000 V, tagliate secondo le "nuove" sezioni 1:25.000. I dati e le elaborazioni relativi alle indagini e alle misure effettuate saranno forniti in formato vettoriale.

Il layout di stampa non farà riferimento per la sua rappresentazione al Quaderno SGN n° 5, serie III, 1995, pur mantenendo la corretta leggibilità dei dati presenti sulla Carta Idrogeologica in scala 1:25.000 e 1:50.000.

Fase 3 - Interpretazione dei dati, realizzazione della carta idrogeologica e prodotti finali:

- definizione di un modello della circolazione idrica sotterranea e dei suoi rapporti con quella superficiale, in rela-

zione a: caratteristiche fisiche e geometriche dei complessi idrogeologici, limiti dei bacini idrogeologici, rapporti fra acque superficiali e acque sotterranee, curve isopiezometriche delle falde, principali direttrici del deflusso idrico sotterraneo;

- profili idrogeologici a varia scala;
- calcoli di bilancio idrogeologico;
- identificazione degli elementi di criticità presenti nell'area oggetto di studio (depauperamento della risorsa, etc.);
- valutazione critica della Carta Idrogeologica - 1:50.000. Guida al rilevamento e alla rappresentazione (Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, Roma, 1995), e proposte di modifiche e integrazioni sulla base delle sperimentazioni effettuate;
- valutazione critica delle relazioni individuate, in sede di applicazione del Quaderno SGN n° 5, tra i vari livelli informativi e eventuale proposta di incremento delle relazioni con riferimento alle finalità del progetto;
- realizzazione della Carta Idrogeologica alla scala 1:25.000 con legenda e sezioni;
- realizzazione della Carta Idrogeologica alla scala 1:50.000 con legenda e sezioni;
- note illustrative, con elementi di bilancio idrico degli acquiferi e cartografie tematiche di complemento o supporto della carta idrogeologica di base.

Le basi topografiche da utilizzare per la consegna dei dati e degli elaborati possono essere: le sezioni, se disponibili, alla scala 1:25.000 della cartografia IGMI, complete di planimetria, orografia ed idrografia; le tavolette alla scala 1:25.000 della cartografia IGMI purchè aggiornate e inquadrare nel sistema ED 50; la cartografia tecnica regionale alla scala 1:10.000 e 1:25.000, se disponibile, purchè rispondenti ai requisiti geometrici e alla precisione di rilievo, conformi agli standard IGMI.

Modalità di consegna dei dati e dei prodotti della ricerca:

I dati raccolti, le misure effettuate, le analisi, le elaborazioni grafiche e cartografiche effettuate nelle varie fasi della ricerca, i risultati e i prodotti dello studio saranno consegnati su supporto cartaceo (1 copia) e su supporto informatico (CD Rom) secondo lo schema di seguito specificato.

A partire dalla data di notifica della avvenuta approvazione della Convenzione si produrranno :

- entro ... mesi, un rapporto contenente i dati di studi precedenti e di studi reperiti in bibliografia nonché i dati derivanti dalle prime attività di campagna. Il rapporto sarà integrato da elaborati grafici e cartografici preliminari (carta dei complessi idrogeologici, carta del substrato del sistema acquifero sotterraneo, etc.);
- entro ... mesi, un rapporto contenente i dati, l'analisi, l'elaborazione, le rappresentazioni grafiche e cartografiche relative alle attività effettuate (pozzi e sorgenti censite, misure di portata delle sorgenti e misure di livello di falda nei pozzi, analisi chimico-fisiche speditive, carte isopiezometriche relative alle campagne di misura effettuate, etc.);
- entro ... mesi, un rapporto finale contenente i dati, l'a-

nalisi, l'elaborazione, le rappresentazioni grafiche e cartografiche relative alle attività effettuate. Il rapporto finale conterrà altresì la carta idrogeologica alla scala 1:25.000 con legenda e sezioni, la carta idrogeologica alla scala 1:50.000 con legenda e sezioni, e sarà corredato dalle schede monografiche dei pozzi e delle sorgenti e dalle note illustrative.

Responsabile scientifico del programma di lavoro ...

Costi e modalità di pagamento:

Per la realizzazione della ricerca è prevista una spesa di euro...IVA inclusa. Alla consegna della documentazione prevista entro...mesi dalla data di notifica della avvenuta approvazione della Convenzione e successivamente alla approvazione di una Commissione tecnico-scientifica saranno corrisposti i seguenti importi ...IVA inclusa, pari al ...%, ...%, ...% dell'importo complessivo indicato.

Collaborazione tra Servizio Geologico Nazionale e...

In fase di attuazione della convenzione si dovrà realizzare una collaborazione tra Servizio Geologico Nazionale e ... , con l'obiettivo di verificare criteri e metodologie utilizzate nelle varie fasi, scambiare dati e informazioni di interesse, realizzare approfondimenti e momenti di confronto tecnico - scientifico.

Proprietà dei dati e dei prodotti delle attività:

La documentazione, le elaborazioni ed i prodotti delle attività previste in Convenzione rimangono di esclusiva proprietà del Servizio Geologico Nazionale. Di quanto sopra il Servizio Geologico Nazionale potrà disporre per qualunque uso, nel rispetto delle norme previste sulla proprietà intellettuale.

3.4. - LA SCELTA DEI CONTRAENTI

Per quanto concerne questo aspetto si operato con l'obiettivo di mantenere una elevata qualità scientifica alla ricerca e ai prodotti, di ridurre i tempi di realizzazione delle sperimentazioni e contenere i costi, anche attraverso la utilizzazione di conoscenze già acquisite in specifici ambiti territoriali.

Il Servizio Geologico Nazionale ha ritenuto necessario chiedere la collaborazione di G. CAPELLI (Università degli Studi Roma Tre - Dipartimento di Scienze Geologiche) in relazione alle conoscenze acquisite e alle sperimentazioni effettuate nei depositi vulcanici; di P.B. CELICO (Università degli Studi di Napoli Federico II - Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia) in relazione alle attività e agli studi effettuati nei complessi idrogeologici dell'Italia centro-meridionale e di C.F. BONI (Università degli Studi di Roma La Sapienza - Dipartimento di Scienze della Terra) in relazione alle attività e agli studi effettuati nei complessi idrogeologici dell'Italia centrale.

3.5. - STRUTTURA DEL PROGETTO E CONVENZIONI

Definite le caratteristiche delle aree di indagine e elaborato il *capitolato tecnico tipo*, sulla base dei Programmi di lavoro presentati dalle Università, sono state stipulate le convenzioni con la Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento Servizi Tecnici Nazionali - Servizio Geologico Nazionale, individuati i *Responsabili del progetto per conto della Amministrazione* e i componenti delle *Commissioni di valutazione* secondo lo schema di seguito indicato:

1 - Università degli Studi Roma Tre - Dipartimento di Scienze Geologiche.

Oggetto: GUIDA AL RILEVAMENTO E ALLA RAPPRESENTAZIONE DELLA CARTA IDROGEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50.000. VERIFICHE DI APPLICABILITÀ NEL SETTORE SUD ORIENTALE DEI MONTI CIMINI.

Responsabile scientifico del Programma di Lavoro: G. CAPELLI, professore associato di Geologia Applicata e Idrogeologia.

Durata 14 mesi.

Costi: 61.162,96 euro IVA inclusa.

Responsabile del progetto per conto della Amministrazione: A.R. SCALISE.

Commissione di valutazione: A. CACCIUNI, L. MARTARELLI, A. LISI.

2 - Università degli Studi di Roma La Sapienza - Dipartimento di Scienze della Terra.

Oggetto: GUIDA AL RILEVAMENTO E ALLA RAPPRESENTAZIONE DELLA CARTA IDROGEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50.000. VERIFICHE DI APPLICABILITÀ NEL SETTORE NORD-ORIENTALE DEI MONTI SIBILLINI.

Responsabile scientifico del Programma di Lavoro: C.F. BONI, professore di Idrogeologia e Idrogeologia Applicata.

Durata: 14 mesi.

Costi: 57.016,84 euro IVA inclusa.

Responsabile del progetto per conto della Amministrazione: L. MARTARELLI.

Commissione di valutazione: A.R. SCALISE, A. CACCIUNI, D. TACCHIA .

3 - Università degli Studi di Napoli Federico II - Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia.

Oggetto: VERIFICHE SPERIMENTALI DI APPLICABILITÀ DELLA GUIDA AL RILEVAMENTO E ALLA RAPPRESENTAZIONE DELLA CARTA IDROGEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50.000 NELLE AREE DEI MONTI DEL MATESE E DEL MONTE TOTILA.

Responsabile scientifico del Programma di Lavoro: P.B. CELICO, ordinario di Idrogeologia.

Durata: 16 mesi.

Costi: 58.442,26 euro IVA inclusa.

Responsabile del progetto per conto della Amministrazione:

zione: A. CACCIUNI.

Commissione di valutazione: A.R. SCALISE, L. MARTARELLI, D. TACCHIA.

3.6. - CONSIDERAZIONI

Con l'obiettivo di evidenziare la complessità delle problematiche affrontate e le soluzioni adottate, in particolare per quanto riguarda la utilizzazione di strumenti e metodologie informatiche nelle varie fasi, si ritiene opportuno segnalare una serie di approfondimenti sviluppati nell'ambito della realizzazione del PROGETTO.

In primo luogo la *Proposta di modello dati G.I.S. per la strutturazione dell'informazione idrogeologica a partire dalla Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, Roma, 1995)*, in collaborazione con il Laboratorio GIS e cartografia automatica del Dipartimento di Scienze Geologiche della Università degli Studi Roma Tre, orientata a realizzare una prima versione informatizzata del Quaderno SGN n° 5 e a sviluppare un modello di *geodatabase* relazionale in grado di rendere il dato utilizzabile in ambiente GIS (MARI *et alii*, 2003; MARI *et alii*, 2004).

In secondo luogo le specifiche applicazioni effettuate nell'ambito del PROGETTO DI RICERCA CENSIMENTO DELLA CARTOGRAFIA IDROGEOLOGICA E INDIVIDUAZIONE DELLE MODALITÀ DI STANDARDIZZAZIONE DEI DATI ESISTENTI, AL FINE DI SVILUPPARE IN MODO ORGANICO E UNITARIO ATTIVITÀ CONOSCITIVE NEL SETTORE DELLE ACQUE SOTTERRANEE promosso da APAT e realizzato nel 2003-2005 (5). In particolare l'analisi dei requisiti, lo schema concettuale, il modello logico relazionale, lo schema di *geodatabase* e l'analisi funzionale finalizzate alla costruzione di un *Sistema Informativo Territoriale delle risorse idriche sotterranee con metodologie G.I.S.* in grado di collocare la documentazione e i dati raccolti, opportunamente classificati, nella loro ubicazione geografica reale e di effettuare operazioni di ricerca e estrazione per coordinate, di sovrapposizione e confronto (MARI *et alii*, 2005; MARI *et alii*, 2007a; MARI *et alii*, 2007b).

È necessario infine evidenziare le attività svolte da informatici e cartografi (Ufficio Informatica e produzione editoriale del Servizio Geologico Nazionale e Servizio Cartografico, coordinamento base dati e tavoli europei di APAT) che hanno consentito nella prima fase la definizione delle

modalità di organizzazione, di memorizzazione e di consegna dei dati e degli elaborati cartografici in formato numerico al Servizio Geologico Nazionale, e nella fase successiva, dal termine delle convenzioni alla preparazione alla stampa, la realizzazione della *rappresentazione cartografica* e la utilizzazione degli elementi informativi *orientati* anche alla definizione di una *banca dati* di tematismo idrogeologico.

Le problematiche generali, il percorso metodologico e le soluzioni di volta in volta adottate, insieme alle questioni non ancora risolte sono descritte in modo dettagliato da altri autori (TACCHIA, questo volume; ROMA & VITALE, questo volume). Il risultato delle attività svolte è visibile nelle *rappresentazioni cartografiche* realizzate a partire dai dati geografici e tabellari forniti da ciascun gruppo di lavoro al termine delle attività convenzionali, trasferiti e resi omogenei in un unico ambiente GIS.

Per il confronto si rimanda alle figure 4 e 5 (settore sud orientale dei Monti Cimini), alle figure 6 e 7 (settore dei Monti Sibillini) e alle figure 8 e 9 (aree dei Monti del Matese e del Monte Totila).

4. - CONCLUSIONI

Si è delineato il quadro di riferimento del PROGETTO VERIFICHE SPERIMENTALI DI APPLICABILITÀ DELLA GUIDA AL RILEVAMENTO E ALLA RAPPRESENTAZIONE DELLA CARTA IDROGEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50.000 (Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, 1995) e descritto il contesto che ha reso possibile la sua realizzazione. In particolare: i nuovi compiti istituzionali e gli assetti organizzativi del Servizio Geologico Nazionale (1), le norme riferite alle risorse idriche sotterranee, la predisposizione e realizzazione di progetti di cartografia geologica e geotematica estesi al territorio nazionale (CARG), la *Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento e alla rappresentazione* (MARI *et alii*, 1995) prodotta in sede di revisione delle *Norme per la cartografia idrogeologica e del rischio geologico* (JACOBACCI *et alii*, 1985).

Si è poi indicato quale contributo alla realizzazione del PROGETTO la sua *identificazione con un obiettivo* dell'incarico di direzione dell'Ufficio Idrogeologia del Servizio Geologico Nazionale (4).

(5) Responsabile G.M. MARI

Sono state descritte le attività preliminari e tra queste la definizione delle caratteristiche delle aree di indagine, la predisposizione di un *capitolato tecnico tipo*, la individuazione dei potenziali contraenti, la struttura del PROGETTO e le singole convenzioni.

Per una analisi e una valutazione di dettaglio delle ricerche effettuate, dei dati raccolti, delle elaborazioni e dei risultati prodotti in ciascuna area campione, si rimanda al lavoro di altri autori (AA.VV., 2008a; AA.VV., 2008b; AA.VV., 2008c, questo volume).

In relazione alla molteplicità degli obiettivi - verificare l'applicabilità delle linee guida, confermare il contenuto *quantitativo* al rilevamento e alla rappresentazione cartografica, individuare e sperimentare strumenti e metodologie informatiche nelle varie fasi, garantire una omogeneità di contenuti tecnico-scientifici, di elaborazione e di rappresentazione cartografica - si è operato in modo da mantenere un carattere *unitario* al progetto di ricerca, e si è quindi realizzata una attività di coordinamento e di armonizzazione che ha di volta in volta interessato gli aspetti idrogeologici, informatici, cartografici, con integrazioni e rimodulazioni in base alle difficoltà incontrate e ai risultati raggiunti.

Un finanziamento specifico ha reso possibile la realizzazione del PROGETTO, insieme alla collaborazione sviluppata tra Ufficio Informatica e produzione editoriale e Ufficio Idrogeologia del Servizio Geologico Nazionale e tra questi e i gruppi di lavoro costituiti in ambito universitario.

Tutto questo ha rappresentato *un valore aggiunto* e ha contribuito a determinare i risultati del PROGETTO promosso dal SGN, che non sembra oggi riproponibile con le stesse modalità.

Non è tuttavia mutata, anche in relazione ai cambiamenti climatici, all'uso delle risorse idriche sotterranee e ai possibili conflitti sulla loro utilizzazione, la necessità di fornire strumenti tecnico-conoscitivi, di definire presenza e caratteristiche qualitative e quantitative delle risorse idriche sotterranee, e di individuare potenziali rischi di inquinamento. Non è venuta meno l'esigenza di descrivere le caratteristiche idrogeologiche del territorio attraverso strumenti e metodologie informatiche di raccolta, analisi, elaborazione e rappresentazione cartografica dei dati.

L'analisi e la valutazione dei risultati evidenziano la complessità delle problematiche sviluppate nell'ambito della ricerca, che ha approfondito specifici aspetti (idrogeologici in ciascun area campione, riferiti alla utilizzazione di strumenti e

metodologie informatiche e alla rappresentazione cartografica in generale) ma anche evidenziato la necessità di definire ulteriori finalizzazioni e nuove modalità di realizzazione.

In un contesto normativo e organizzativo di relativa stabilità, diverso da quello che si è determinato, il PROGETTO si sarebbe sviluppato da un lato attraverso le sperimentazioni in nuove aree campione, considerando anche i risultati di ricerche e studi relativi ai criteri e alle metodologie di selezione dei punti della rete di controllo (GIULIANO *et alii*, 2006; MARTELLI *et alii*, 2007), dall'altro con una serie di riflessioni e approfondimenti orientati alla definizione, utilizzazione e gestione numerica di simboli e graficismi, alle elaborazioni e rappresentazioni cartografiche, alla gestione numerica del dato idrogeologico come segmento di una banca dati tematica.

Consolidate con lo sviluppo delle attività di ricerca le *linee guida per la realizzazione della cartografia idrogeologica* sperimentate nei loro molteplici aspetti, e condivise con tecnici, esperti di settore e utenti istituzionali, si sarebbero potuti utilizzare, sulla base di specifici accordi, i dati relativi alle caratteristiche quantitative e qualitative delle risorse idriche sotterranee raccolti dalle ARPA negli ambiti territoriali di competenza.

Alla struttura centrale (APAT, ora ISPRA) il compito di verificare la attendibilità dei dati raccolti e la significatività dei punti di controllo dei corpi idrici sotterranei; di organizzare un sistema informativo territoriale sulle risorse idriche sotterranee con metodologie GIS e realizzare la cartografia operativa e di area vasta.

Questo approccio avrebbe reso possibile la utilizzazione dei dati sia a livello locale che nazionale, il confronto tra i vari corpi idrici e una omogenea elaborazione in differenti contesti idrogeologici. E avrebbe potuto determinare un risparmio di risorse economiche e strumentali e realizzare attraverso un sistema coordinato di attività tra strutture centrali e periferiche, una *banca dati sulle risorse idriche del territorio nazionale* e rappresentazioni cartografiche aggiornabili a determinati intervalli temporali.

Un'altra possibilità di realizzazione della cartografia idrogeologica, orientata alla produzione di fogli scala 1:50.000 ma anche alla rappresentazione di aree di maggiore estensione, potrebbe derivare dalla utilizzazione dei dati raccolti in studi e ricerche di prevalente contenuto idrogeologico effettuati da Università, Istituti di Ricerca e Enti territoriali, con le modalità indicate nel Quaderno SGN n° 5 e definite nella sperimentazione e nelle attività di PROGETTO.

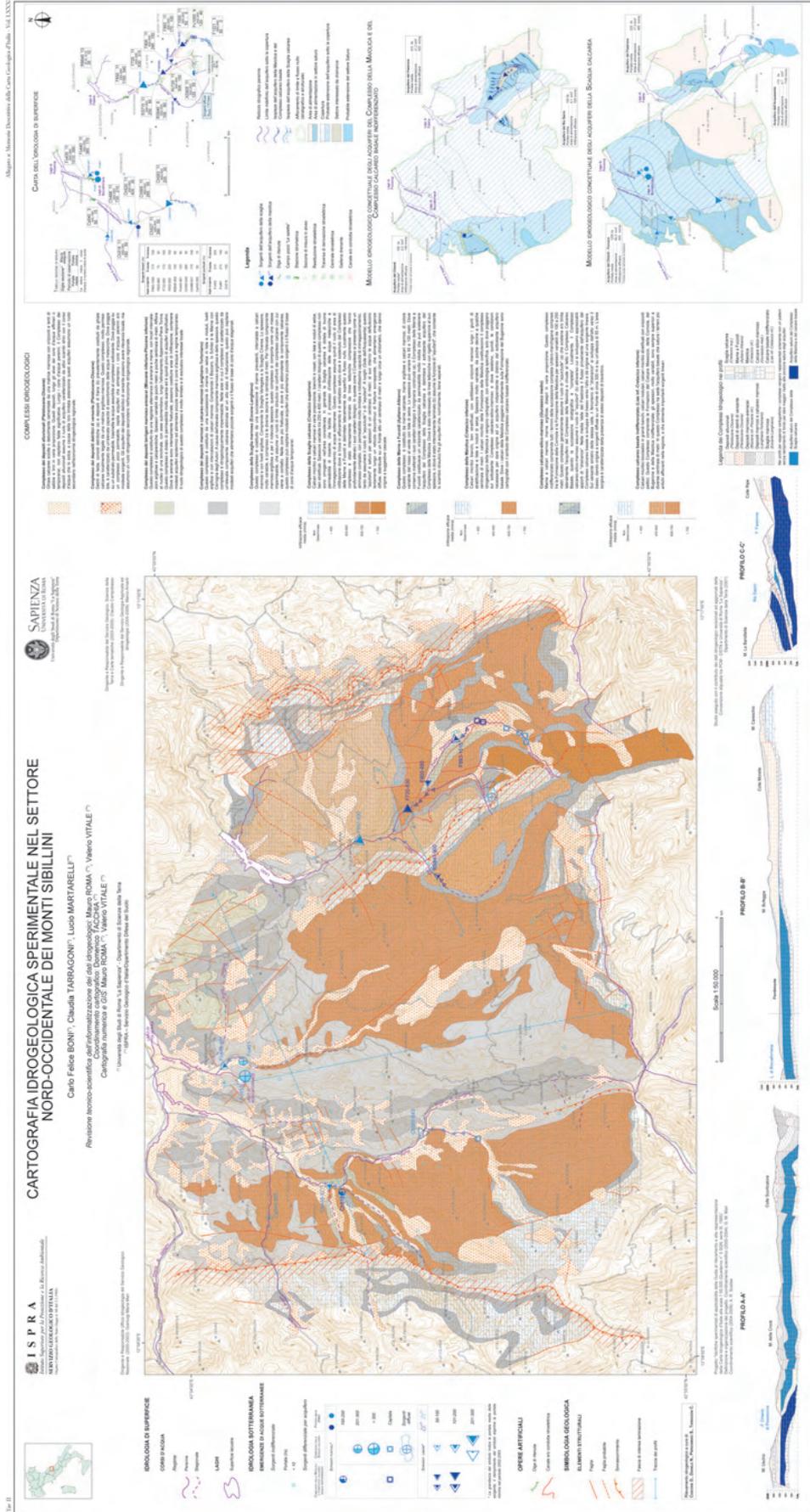


Fig. 7 - Carta Idrogeologica del settore nord occidentale dei Monti Sibillini (AA.VV., 2008b).
- Hydrogeological map of the north western sector of Sibillini ms.(A.A.V.V., 2008b).

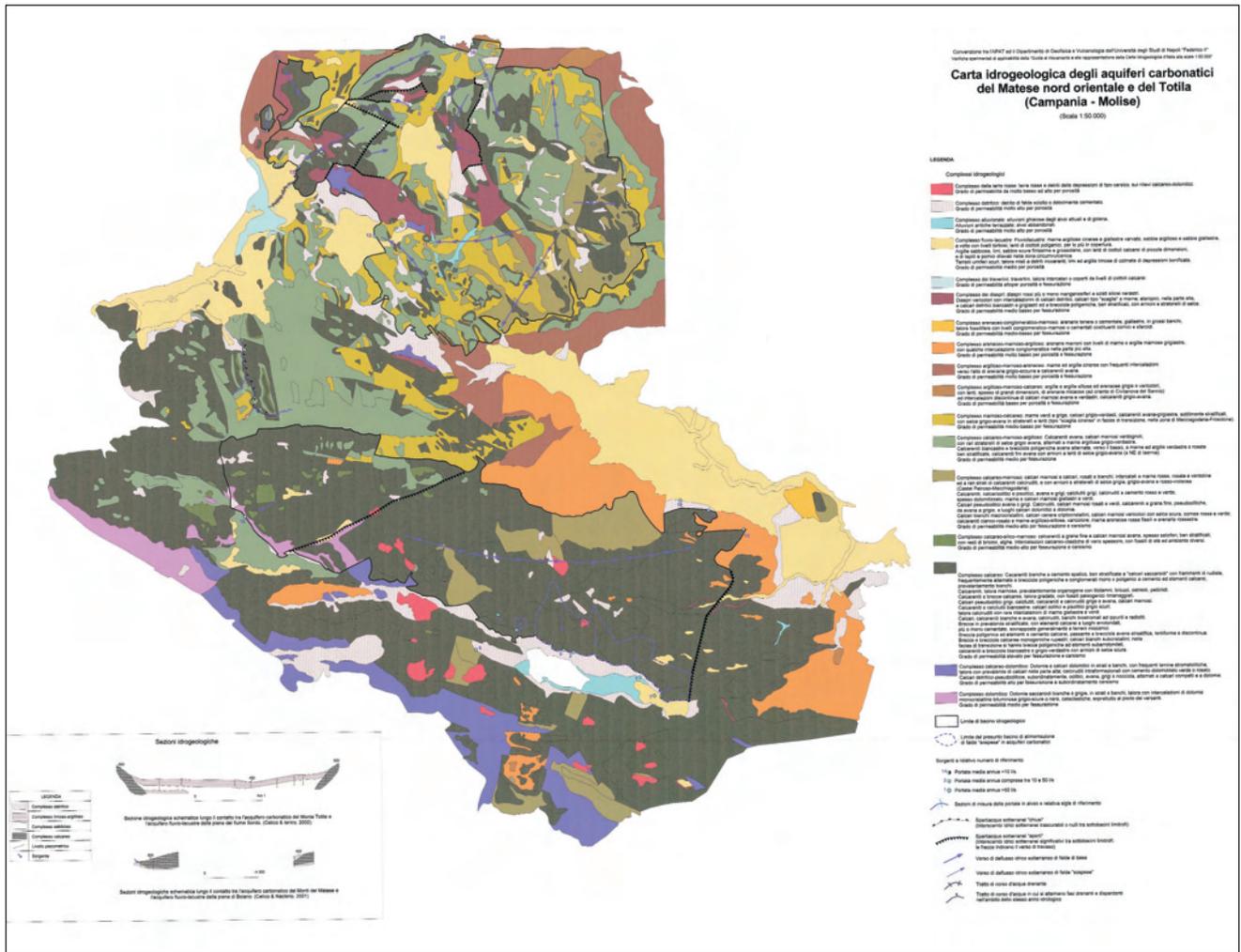


Fig. 8 - Carta Idrogeologica delle aree dei Monti del Matese e del Monte Totila (AA.VV., 2004) inedito.
 - Hydrogeological map of the Matese and Totila mts. districts (AA.VV., 2004).

Ringraziamenti e collaborazioni

Renato VENTURA e Domenico TACCHIA (Ufficio Informatica e produzione editoriale del Servizio Geologico Nazionale e Servizio Cartografico, coordinamento base dati e tavoli europei APAT), hanno collaborato nella fase preliminare, con la definizione degli aspetti relativi alla utilizzazione di strumenti e metodologie informatiche e degli aspetti cartografici; nella fase di realizzazione delle attività, attraverso la definizione delle modalità di organizzazione, di memorizzazione e di consegna dei dati e degli elaborati cartografici in formato numerico al Servizio Geologico Nazionale; nella fase di controllo e in quella di preparazione alla stampa, con le indicazioni delle procedure per la realizzazione delle rappresentazioni cartografiche. A questo si deve aggiungere la utilizzazione degli elementi informativi orientati anche alla definizione di una banca dati di tematismo idrogeologico.

Mauro ROMA (Servizio Cartografico, coordinamento base dati e tavoli europei APAT), e Valerio VITALE (Servizio Geologia applicata e Idrogeologia, Dipartimento Difesa del Suolo, APAT), hanno collaborato nelle fasi di realizzazione delle rappresentazioni cartografiche e di preparazione alla stampa.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1988) – *Proposta di normativa per l'istituzione delle fasce di rispetto delle opere di captazione di acque sotterranee* - FRANCANI & CIVITA (Eds.) Geograph, Milano.
 AA.VV. (1990) – *Protezione e gestione delle acque sotterranee: metodologie, tecnologie e obiettivi* - Atti 1° Convegno Nazionale, Marano sul Panaro (Modena), 20-22 settembre 1990.
 AA.VV. (1995) – *Protezione e gestione delle acque sotterranee: metodologie, tecnologie e obiettivi*. Convegno Nazionale. Nonantola (Modena) 17-18-19 maggio 1995 - Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora (Ed.), Bologna.
 AA.VV. (1999) – *Protezione e gestione delle acque sotterranee per il III millennio*. 3° Convegno Nazionale, Parma 13-15 ottobre 1999. Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora (Ed.), Bologna.
 AA.VV. (2003a) – *Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000. Verifiche di applicabilità nel settore sud-orientale dei Monti Cimini. Relazione finale inedita della Convenzione tra DSTN-SGN e Università di RomaTre*. Luglio 2003.

- Orientali-Vicenza*). Bollettino Servizio Geologico d'Italia, **109**, IPZS, Roma. Pubbl. n. 539 del GNDICI - CNR Linea di Ricerca 4.
- ANTONELLI R. & MARI G.M. (1993) – *Ricerca sulla vulnerabilità naturale e sul rischio di inquinamento delle acque sotterranee nelle valli dell'Agno-Guà e del Chiampo e nella antistante pianura (M.Lessini Orientali-Vicenza). Carta della vulnerabilità naturale con note illustrative, scala 1:25.000*. Regione del Veneto - Dipartimento Ecologia e Tutela Ambiente - Presidenza del Consiglio dei Ministri - Servizio Geologico Nazionale - Venezia. Pubbl. n. 947 del GNDICI - CNR Linea di Ricerca 4.
- ANTONELLI R., CAMILLA S. & MARI G.M. (1996) – *Ricerca sulla vulnerabilità naturale e sul rischio di inquinamento delle acque sotterranee nelle valli dell'Agno - Guà e del Chiampo e nella antistante pianura (M. Lessini Orientali - Vicenza). Carta della distribuzione degli insediamenti produttivi e dell'uso del suolo e del sottosuolo, scala 1:25.000*. Regione del Veneto, Dipartimento Ecologia e Tutela dell'Ambiente e Presidenza del Consiglio dei Ministri. Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Servizio Geologico Nazionale, Venezia. Pubbl. n. 1364 del GNDICI - CNR Linea di Ricerca 4.
- ANTONELLI R., FABBRI P., MARI G.M., MARTARELLI L., SILVI A. & TAGLIAPIETRA A. (2001) – *Sperimentazioni e proposte per una rete di controllo dei corpi idrici sotterranei nella pianura veneta - Atti Convegno Nazionale: "Le risorse idriche sotterranee: conoscerle per proteggerle"*, 14-15 novembre 2001 Venezia.
- ANTONELLI R. & MARI G.M. (2003) – *Valutazioni sulla evoluzione del chimismo nei sistemi acquiferi della media e bassa valle dell'Agno-Guà e del Chiampo (M. Lessini Orientali - Vicenza) attraverso osservazioni pluriennali non sistematiche - Memorie di Scienze Geologiche* **55**, Padova.
- ARTIOLI G.P., BONANSEA E., CARA P., CAVALLIN A., FANTOZZI P.L., FORLATI F., GARBERI M.L., GUAZZETTI F., MANDRIE L., RIGHINI G., SPAZIANI A., TOMMASI G., VENTURA F.A., VISICCHIO F., ANGELELLI A., TACCHIA D. & OMENIGRANDI A. (1997) – *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Banca dati geologici. Linee guida per l'informatizzazione e per l'allestimento per la stampa dalla banca dati*. Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, **6**, IPZS, Roma.
- BARROCU G. (a cura di) (1998) – *Valutazione della vulnerabilità degli acquiferi. Rapporto 1986/1995 - Grafiche Ghiani Monastir (CA)*.
- BONDESAN A., CAVALLIN A., GIULIANO G., MARI G.M., FLORIS B. & DE AMICIS M. (1994) – *La carta della infiltrabilità regionale della pianura padana e veneto-friulana*. Quaderni di Geologia Applicata 2/1994 - Pitagora Editrice Bologna.
- BRANCACCIO L., CASTIGLIONI G.B., CHIARINI E., CORTEMIGLIA G., D'OREFICE M., DRAMIS F., GRACIOTTI R., LA POSTA E., LUPA CALMIERI E., ONORATI G., PANIZZA M., PANNUZI L., PAPASODARO F., PELLEGRINI G.B. & RODOLFI G. (1994) – *Carta Geomorfologia d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento*. Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, **4**, IPZS, Roma.
- BRGM (1980) – *Carte hydrogéologique de la France a l'échelle de 1:500.000. Systemes aquiferes*. BRGM, Orleans, France.
- CARA P., GIOVAGNOLI M.C., SPAZIANI A., VENTURA F.A., VISICCHIO F., BONFATTI F. & MONARI P.D. (1995) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Guida alla informatizzazione*. Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, **3**, IPZS, Roma.
- CENTAMORE E., IDROTECNECO & VALLETTA M. (1976) – *Carta Idrogeologica: Foglio 291 Pergola della Carta a scala 1:50.000*. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- CIVITA M. (1988) – *Una metodologia per la definizione e il dimensionamento delle aree di salvaguardia delle opere di presa delle sorgenti normali* - Boll. Ass. Min. Subalpina, **25** (4), Torino.
- CIVITA M. (1990a) – *La valutazione della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Relazione Generale - Atti I° Convegno Nazionale: "Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee: Metodologie, Tecnologie e Obiettivi"*, Marano sul Panaro, Modena.
- CIVITA M. (1990b) – *Legenda unificata per le carte di vulnerabilità dei corpi idrici sotterranei / Unified legend for the aquifer pollution vulnerability maps*. Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi, I (Append.), Pitagora (Ed.), Bologna.
- CIVITA M. (1994) – *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica - Quaderni di Tecniche di Protezione ambientale. Protezione delle acque sotterranee*, Pitagora (Ed.) Bologna, 1994.
- CIVITA M. & DE MAIO M. (a cura di) (2002) – *Atlante delle carte di vulnerabilità delle regioni italiane - Compendio delle cartografie realizzate dal GNDICI - CNR Linea di Ricerca 4 "Valutazione della vulnerabilità degli acquiferi". Responsabile M. CIVITA 1985 - 2002, DBMAP Torino, Firenze 2002*.
- COSCI M., FALCETTI S. & TACCHIA D. (1996) – *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Guida alla rappresentazione cartografica*. Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, **2**, IPZS, Roma.
- COSCI M., MASELLA G., & PANNUTI V. (2007) - *Carta Geomorfologica d'Italia 1:50.000 - Guida alla rappresentazione cartografica*. Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, **10**, S.EL.CA., Firenze.
- D'ANGELO S. & VENTURA G. (2002) – *Carta geologica dei Mari italiani alla scala 1:250.000. Guida al rilevamento*. Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, **8**, S.EL.CA., Firenze.
- DELFRATI L. & GROPELLI G. (2000) – *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni*, a cura della Commissione Italiana di Stratigrafia della Società Geologica Italiana: accordo di programma S.G.N. - C.N.R. - Servizio Geologico Nazionale - Quaderni serie III, **7**, IPZS, Roma.
- FERRARA V. (1970) – *Carta Idrogeologica: Foglio 611 Mistretta della Carta a scala 1:50.000*. Servizio Geologico d'Italia, con il contributo del C.N.R., Comitato per le Scienze Geologiche e Minerarie, Grafica Editoriale Cartografica, Roma.
- GERMANI D., ANGIOLINI L. & CITA M.B. (supervisione di) (2003) – *Guida italiana alla classificazione e alla terminologia stratigrafica*, a cura della Commissione Italiana di Stratigrafia della Società Geologica Italiana, APAT, Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia, Quaderni serie III, **9**, S.EL.CA., Firenze.
- GIULIANO G., MARI G.M., CAVALLIN A. & DE AMICIS M. (1998) – *Ricerca sulla vulnerabilità naturale e sul rischio di inquinamento delle acque sotterranee nella pianura padana, veneta e friulana. Carta della infiltrabilità regionale, carta idrogeologica regionale, carta della vulnerabilità regionale (scala 1:500.000)*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, **56**, IPZS, Roma.
- GIULIANO G., PREZIOSI E., PETRANGELI A.B., VIVONA R., PATERA A., DE LUCA A. & BARBIERO G. (2006) – *Integrazione fra rete di monitoraggio delle acque sotterranee e cartografia di vulnerabilità delle falde. Proposta metodologica e sperimentazione in provincia di Roma - Mem. Desc. della Carta Geol. d'It.,* **73**, IPZS, Roma.
- IRSA (1996) – *Cartografia della vulnerabilità degli acquiferi: dagli aspetti conoscitivi alla applicazione normativa*. Atti della Giornata di Studio, Milano 16 gennaio 1996, Quaderni

- Istituto di Ricerca sulle Acque, **99**, Roma.
- JACOBACCI A., BONI C.F., GOVI M., MERLO C., PANNUZI L., VALDINUCCI A., ZATTINI N., BONO P., MESSINA P. & VENTURA C. (1985) – *Norme per la cartografia idrogeologica e del rischio geologico*, Serv. Geol. d'It., Quad. Serie II, **1**, IPZS, Roma.
- LETTIERI M.T. & CARA G. (1998) – *Carta Geologica d'Italia 1:50.000: stato di attuazione del progetto C.A.R.G. (aggiornamento maggio 1998)*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- LETTIERI M.T. & CARTA R. (2004) – *Carta Geologica d'Italia 1:50.000: stato di attuazione del progetto C.A.R.G. (aggiornamento aprile 2004)*, SystemCart s.r.l., Roma.
- LETTIERI M.T. & CARTA R. (2005) – *Carta Geologica d'Italia 1:50.000: stato di attuazione del progetto C.A.R.G. (aggiornamento settembre 2005)*, I.G.E.R. s.r.l., Roma.
- LETTIERI M.T., CARTA R. & APUZZO R. (2007) – *Carta Geologica d'Italia 1:50.000: stato di attuazione del progetto C.A.R.G. (aggiornamento giugno 2007)*.
- MARI G.M., MOTTERAN G., SCALISE A.R., TERRIBILI D. & ZATTINI N. (1995) – *Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento ed alla rappresentazione*, Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, **5**, IPZS, Roma.
- MARI G.M., BAGNAIA R. & VENTURA R. (1999) – *Rete di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei. Risultati preliminari delle indagini e delle sperimentazioni effettuate nella pianura veneta*. Atti 3° Convegno Nazionale sulla protezione e Gestione delle acque sotterranee per il III millennio, Parma - Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora (Ed.), Bologna.
- MARI G.M., BAGNAIA R. & VENTURA R. (2000) – *Rete di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei nella pianura veneta. Approfondimento di alcuni elementi conoscitivi di base*. Atti Convegno: "Le Pianure. Conoscenza e salvaguardia. Il contributo delle Scienze della Terra", Ferrara, 1999.
- MARI G.M., CECILI A., CINNIRELLA A., LISI A., MARTARELLI L., SCALISE A.R., TACCHIA D. & VENTURA R. (2003) – *Proposta di modello dati G.I.S. per la strutturazione dell'informazione idrogeologica a partire dalla Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Quaderni SGN n° 5, serie III, IPZS, Roma, 1995)*. Poster, Atti FIST Geoitalia, 4° Forum Italiano Scienze della Terra, Bellaria 2003.
- MARI G.M., CECILI A., LISI A., SCALISE A.R., TACCHIA D. & VENTURA R. (2004) – *GIS proposal for a structured hydrogeological information*. Poster, 32nd International Geological Congress, Firenze 2004.
- MARI G.M., TACCHIA D., VENTURA R. & ROMA M. (2005) – *Dal censimento di studi e carte idrogeologiche alla organizzazione di un G.I.S. sulle risorse idriche sotterranee del territorio nazionale*. Poster, Atti 9° Conferenza Nazionale ASITA, Catania.
- MARI G.M., TACCHIA D., VENTURA R. & ROMA M. (2007a) – *Censimento di studi e carte idrogeologiche realizzate nel territorio nazionale. Uno strumento per migliorare le conoscenze sulle risorse idriche sotterranee*. Giornale di Geologia Applicata, **5**.
- MARI G.M., ROMA M., TACCHIA D. & VENTURA R. (2007b) – *The APAT library-owned documents related to the groundwater resources: an example of utilization by means of a Geographical Information System*. Atti FIST Geoitalia 2007, 6° Forum Italiano Scienze della Terra, Rimini.
- MARTELLI G., GRANATI C. & RODA C. (2007) – *Criteri per la realizzazione di una rete di monitoraggio quantitativo e sperimentazione*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, **75**, IPZS, Roma.
- MOTTERAN G., SCALISE A.R., TERRIBILI D., VENTURA G. & ZATTINI N. (1993) – *Carta Idrogeologica d'Italia : Foglio 389 Anagni scala 1:50.000*, IPZS, Roma.
- PASQUARÈ G., ABBATE E., BOSI C., CASTIGLIONI G.B., MERENDA L., MUTTI E., OROMBELLI G., ORTOLANI F., PAROTTO M., PIGNONE R., POLINO R., PREMOLI SILVA I. & SASSI F.P. (1992) – *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento*. C.N.R. Commissione per la cartografia geologica e geomorfologica, Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, **1**, IPZS, Roma.
- REPUBBLICA ITALIANA (1976) - *Legge 10.05.1976. Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento*. G.U. n. 141 del 29.05.1976.
- REPUBBLICA ITALIANA (1977) - *Deliberazione Comitato dei Ministri per la tutela delle acque dall'inquinamento 4.02.1977. Criteri, metodologie e norme tecniche generali di cui all'art. 2 lettere b), d) ed e) della legge 10.05.1976 recante Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento*. Suppl. Ord. G.U. n. 48 del 21.2.1977.
- REPUBBLICA ITALIANA (1988) - *D.P.R. 24.05.1988 n. 236. Attuazione della Direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16.04.1987 n. 183*. G.U. n. 60 del 30.6.1988.
- REPUBBLICA ITALIANA (1989) - *D.P.C.M. 28.10.1988. Organizzazione del Servizio Geologico d'Italia*. G.U. n. 4 del 5.1.1989.
- REPUBBLICA ITALIANA (1989) - *Legge 18.05.89 n. 183. Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*. G.U. n. 38 del 25.5.1989.
- REPUBBLICA ITALIANA (1991) - *D.P.R. 24.01.1991 n. 85. Regolamento concernente la riorganizzazione ed il potenziamento dei Servizi Tecnici Nazionali Geologico, Idrografico e Mareografico, Sismico e Dighe nell'ambito della Presidenza del Consiglio dei Ministri, ai sensi dell'art. 9 della legge 18.05.1989 n. 183*. G.U. n. 65 del 18.3.1991.
- REPUBBLICA ITALIANA (1993) - *D.P.R. 5.04.1993 n° 106. Regolamento concernente la riorganizzazione e il potenziamento dei Servizi tecnici nazionali nell'ambito della Presidenza del Consiglio dei Ministri, ai sensi dell'art. 9 della legge 18.05.1989 n° 183* - G.U. n. 84 del 10.4.1993.
- REPUBBLICA ITALIANA (1993) - *D.Lgs. 12.07.1993 n° 275. Riordino in materia di concessione di acque pubbliche*. G.U. n. 182 del 5.8.1993.
- REPUBBLICA ITALIANA (1994) – *Legge 05.01.1994. Disposizioni in materia di risorse idriche*. G.U. n. 14 del 19.1.1994.
- REPUBBLICA ITALIANA (1999) – *D.Lgs. 11.05.1999 n° 152. Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole, a seguito delle disposizioni correttive ed integrative di cui al decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 258*. G.U. n. 246 del 20.10.2000.
- ROMA M. & VITALE V. (questo volume) - *Studi sperimentali finalizzati alla cartografia idrogeologica*. Mem. descr. della Carta Geol. d'It., **81**, pp. 47-58, Geda, Torino.
- TACCHIA D. (2007) - *Carta Geologica d'Italia - 1:50.000. Guida all'uso del manuale cromatico di riferimento per la stampa delle carte geologiche*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, serie III, **11**, Firenze 2007.
- TACCHIA D. (questo volume) - *Studi sperimentali finalizzati alla cartografia idrogeologica*. Mem. descr. della Carta Geol. d'It., **81**, pp. 37-47, Geda, Torino.
- UNESCO (1963) – *International legend for Hydrogeological Maps*. UNESCO document NS/NR 20.
- UNESCO, IASH, IAH, IGS (1970) – *International legend for Hydrogeological Maps*, London.