

Censimento di studi e carte idrogeologiche realizzate nel territorio nazionale. Uno strumento per migliorare le conoscenze sulle risorse idriche sotterranee.

Gianluigi Maria Mari, Domenico Tacchia, Renato Ventura, Mauro Roma

APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici - Via Curtatone 3 - 00185 Roma
gianni.mari@apat.it; domenico.tacchia@apat.it; renato.ventura@apat.it; mauro.roma@apat.it

Inventory of studies and hydrogeological maps of Italy. A tool to improve the knowledge on groundwater resources.

ABSTRACT: The paper describes the main results of a research project promoted by APAT since 2003 with the aim to collect the hydrogeological studies realized by universities, research institutes and public administrations, to define the degree of knowledge on groundwater resources in the national territory and to carry out a Geographical Information System. The main scientific journals, the proceedings of the main conferences and meetings, the publications of some research institutes and universities have been collected in specific files. Graphic and cartographic representations (tables, figures), hydrogeological and thematic maps related to about 300 studies have been collected with a scanning procedure and stored in CD Rom. The tools and the computer methodologies have been carefully investigated to define a Geographic Information System now in progress. The data collected constitute a starting point to develop the knowledge on groundwater resources.

Key terms: groundwater resources, hydrogeology, thematic mapping, GIS, Italy.

Termini chiave: idrogeologia, risorse idriche sotterranee, carte tematiche, geodatabase, Italia.

Riassunto

L'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT) ha promosso un progetto di ricerca che ha l'obiettivo di effettuare il censimento di studi e carte idrogeologiche realizzate da strutture pubbliche e istituti di ricerca e organizzare un Sistema Informativo Geografico delle risorse idriche sotterranee del territorio nazionale. Gli studi idrogeologici e tematici censiti sono stati organizzati negli archivi periodici e riviste, congressi e convegni, istituti di ricerca e università. Le carte e le rappresentazioni grafiche e cartografiche (tabelle, figure) riferite a circa 300 studi sono state acquisite mediante scansione e sono state archiviate in Cd Rom su base territoriale. La nota descrive infine schema concettuale, modello logico relazionale e schema di geodatabase in versione preliminare, finalizzati alla realizzazione di un Sistema Informativo Geografico delle risorse idriche sotterranee.

Introduzione

Le attività previste dal Decreto legislativo 152/99, finalizzate alla definizione dello stato ambientale delle risorse idriche sotterranee attraverso la identificazione degli acquiferi, la definizione di modelli idrogeologici e il monitoraggio delle caratteristiche quantitative e qualitative, hanno rappresentato nel contesto italiano la possibilità di promuovere una nuova fase di sviluppo delle conoscenze sulle risorse idriche sotterranee. Queste ultime, pur essendo considerate sia a livello politico-istituzionale che tecnico-

scientifico una risorsa strategica di rilievo e di interesse, non sono conosciute e caratterizzate in modo adeguato in numerosi settori del territorio nazionale.

Il progetto di ricerca promosso da APAT nel 2003 ha l'obiettivo di effettuare il censimento di studi e indagini idrogeologiche realizzate da strutture pubbliche e istituti di ricerca, definire gli studi necessari a completare le conoscenze idrogeologiche del territorio nazionale e organizzare un Sistema Informativo Geografico delle risorse idriche sotterranee. Il Sistema Informativo Geografico può rappresentare un efficace strumento tecnico-scientifico per la gestione sostenibile delle risorse idriche sotterranee. Sarà infatti possibile ottenere quadri sinottici aggiornati sullo stato delle conoscenze, sulla distribuzione e sulle informazioni disponibili riferite alla presenza, quantità, qualità, condizioni di criticità. Questi elementi informativi possono rappresentare la base conoscitiva per il confronto di differenti ipotesi di utilizzazione delle risorse idriche e per identificare le aree meno conosciute o con più numerose o più rilevanti situazioni di criticità.

Censimento di studi e ricerche idrogeologiche e tematiche

In relazione alle esigenze di semplicità e di sintesi la ricerca è stata impostata con l'obiettivo di utilizzare in primo luogo i dati esistenti, accessibili e disponibili, e di sviluppare aspetti metodologici riferiti alla utilizzazione di strumenti e metodologie informatiche.

A ciascuno degli oggetti censiti (studi o carte) sono state

associate informazioni di tipo geografico, relative alla localizzazione in termini espliciti (coordinate) dove possibile e/o informazioni che consentono di localizzare l'oggetto in funzione di una determinata copertura indice (limiti regionali, provinciali, comunali, autorità di bacino, quadri di unione di fogli a determinate scale). L'obiettivo è quello di rendere possibile la utilizzazione delle informazioni e dei dati attraverso tecnologie GIS (Atzeni *et alii*, 1996; Bracchi, Motta, 1993).

Il censimento ha interessato studi e indagini idrogeologiche e relative a tematismi correlati (ambiente, inquinamento, vulnerabilità intrinseca e integrata, archiviazione ed elaborazione di dati idrogeologici e idrochimici).

Le fonti principali sono rappresentate dalla Biblioteca Apat, dalla documentazione disponibile presso istituti di ricerca e istituti universitari, dai censimenti specifici realizzati in precedenza (Gortani, 1938; Arnone, Faillace, 1975; Rallo, 2001).

Gli studi e le ricerche sono stati organizzati in specifici archivi relativi alle seguenti tipologie: Periodici e Riviste scientifiche (50), Congressi e Convegni (140), Istituti di Ricerca e Università.

Sono stati presi in considerazione (Mari, 2004) periodici e riviste scientifiche di settore (ad esempio: *Acque sotterranee*, *Memorie e note dell'Istituto di Geologia Applicata dell'Università di Napoli*, *Geologia Applicata e Idrogeologia*) e periodici - è il caso di *Quaderni di Geologia Applicata* - che hanno ospitato i risultati di convegni nazionali sulla protezione e gestione delle acque sotterranee organizzati negli anni '90 dal Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche - Consiglio Nazionale delle Ricerche - Linea di Ricerca Valutazione della Vulnerabilità degli Acquiferi (GNDCI-CNR). Essi hanno contribuito a definire un modello logico di realizzazione degli studi idrogeologici nei vari contesti territoriali e a sviluppare specifici tematismi, innovativi dal punto di vista del contenuto e delle metodologie applicate (ad esempio: standardizzazione e ottimizzazione delle reti di monitoraggio, identificazione di risorse idriche sostitutive, rischio di inquinamento, mappature di vulnerabilità).

Sono state prese in considerazione anche gran parte delle riviste scientifiche non specificamente orientate in senso idrogeologico. In questo caso è interessante identificare in senso temporale le prime presenze di studi e indagini sulle risorse idriche sotterranee, che possono essere considerate come prime manifestazioni di interesse per questo tematismo in periodici e riviste di contenuto tipicamente geologico (*Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia*, *Bollettino del Servizio Geologico d'Italia*).

Le indagini e gli studi idrogeologici e tematici presenti nei periodici e nelle riviste scientifiche sono stati organizzati in specifici file.

Gli eventi scientifici considerati si riferiscono a diverse tipologie (congressi, convegni, giornata di studio,

conferenza, seminario, workshop) e a differenti contesti di realizzazione (nazionale, europeo, internazionale). La fonte del censimento è in questo caso rappresentata in modo predominante dalla Biblioteca APAT.

La ricerca e l'individuazione dei lavori di interesse è stata effettuata a partire dal contenuto esplicito del titolo dell'evento scientifico. Per le considerazioni espresse in precedenza e per ragioni di completezza della informazione la ricerca è stata estesa ai lavori presentati in ciascuno degli eventi scientifici e anche in questo caso è stato utilizzato come riferimento il contenuto del titolo. L'adozione di questa procedura di individuazione ha determinato l'esame di un numero assai rilevante di eventi, complessivamente dell'ordine di 1500. Tra questi sono stati individuati 140 eventi scientifici, che per contenuto dei lavori presentati sono risultati di interesse per le finalità della ricerca. Le indagini e gli studi idrogeologici e tematici presenti in ciascuno degli eventi scientifici sono stati organizzati in specifici file.

Per quanto riguarda le Università e gli Istituti di Ricerca si è soprattutto considerata la localizzazione territoriale (Milano, Pavia, Padova, Firenze, Roma, Napoli, Messina, Palermo, Sassari) con l'obiettivo di ottenere un quadro rappresentativo delle attività svolte a livello nazionale. Il censimento è stato esteso a Istituti di ricerca che operano in particolari contesti territoriali (*C.N.R. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse*, ora *Istituto di Scienze Marine - Venezia*) o che svolgono attività specifiche correlate alle risorse idriche sotterranee (*C.N.R. Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica CNR-IRPI* sedi di Torino, Padova, Perugia e Cosenza, *Gruppo di Ricerca in Geologia Applicata - Università degli Studi di Modena*, *Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria del CNR - Milano*).

Acquisizione e archiviazione dei dati

La cartografia idrogeologica e tematica fornisce spesso la rappresentazione di una parte dei dati degli studi e delle ricerche effettuate. In molti casi dalla finalizzazione e dall'obiettivo dello studio derivano necessariamente le specifiche cartografie prodotte.

In generale il completamento della informazione idrogeologica relativa a una determinata porzione di territorio può essere favorito dalla analisi di dati contenuti nelle rappresentazioni grafiche e cartografiche che costituiscono parte integrante degli studi e delle ricerche. Si fa riferimento ad esempio alle tabelle di identificazione dei complessi idrogeologici con indicazione di tipo e grado di permeabilità relativa, alle schede dei pozzi e delle sorgenti, alle misure di livello di falda e alle analisi chimiche di laboratorio, alle carte piezometriche in differenti condizioni di regime.

Si è pertanto stabilito di procedere alla acquisizione attraverso scansione delle carte e di tutte le rappresentazioni grafiche e cartografiche presenti. L'acquisizione e

l'archiviazione dei dati ha interessato circa 300 studi idrogeologici e tematici.

Tabella 1 - Localizzazione degli studi e delle ricerche considerati.
Localization of considered studies and researches.

Regione/ Provincia autonoma	N° lavori localizzati a livello regionale/ provincia autonoma	N° lavori localizzati a livello provinciale	N° lavori localizzati a livello comunale
Piemonte	11	7	1
Valle d'Aosta	1	1	0
Lombardia	18	8	1
Prov. Aut. Trento	1	0	1
Veneto	24	8	2
Friuli V. G.	5	1	1
Liguria	4	0	2
Emilia Romagna	50	23	7
Toscana	26	8	4
Umbria	8	0	7
Marche	12	1	1
Abruzzo	4	1	0
Molise	1	0	0
Campania	28	3	7
Puglia	3	0	1
Basilicata	5	0	1
Calabria	2	0	0
Sicilia	15	4	3
Sardegna	4	1	2
Lazio	14	3	4
TOTALE	236	69	45
Area vasta	42	3	0
Territorio nazionale	3		
TOTALE	281	72	45

L'attività è stata organizzata attraverso le fasi successive di seguito indicate:

- identificazione dello studio e della ricerca idrogeologica e/o tematica e acquisizione in formato cartaceo;
- valutazione e identificazione di figure, tabelle, carte, diagrammi, foto;
- acquisizione mediante scansione di carte e di rappresentazioni grafiche e cartografiche;
- archiviazione dei documenti acquisiti in una specifica cartella nella stazione di lavoro con indicazione di titolo dello studio, periodico o rivista scientifica, anno di pubblicazione;
- inserimento dello studio nell'*elenco di carte e di rappresentazioni grafiche e cartografiche acquisite mediante scansione*. Le informazioni si riferiscono a:

titolo del lavoro, fonte, anno di pubblicazione. Figure, tabelle, grafici e carte sono descritte attraverso le didascalie;

- trasformazione delle carte e delle rappresentazioni grafiche e cartografiche dal formato tiff al formato jpeg;
- archiviazione in Cd Rom organizzati in territorio nazionale, aree vaste, specifiche regioni;
- archiviazione dello studio e della ricerca in formato cartaceo.

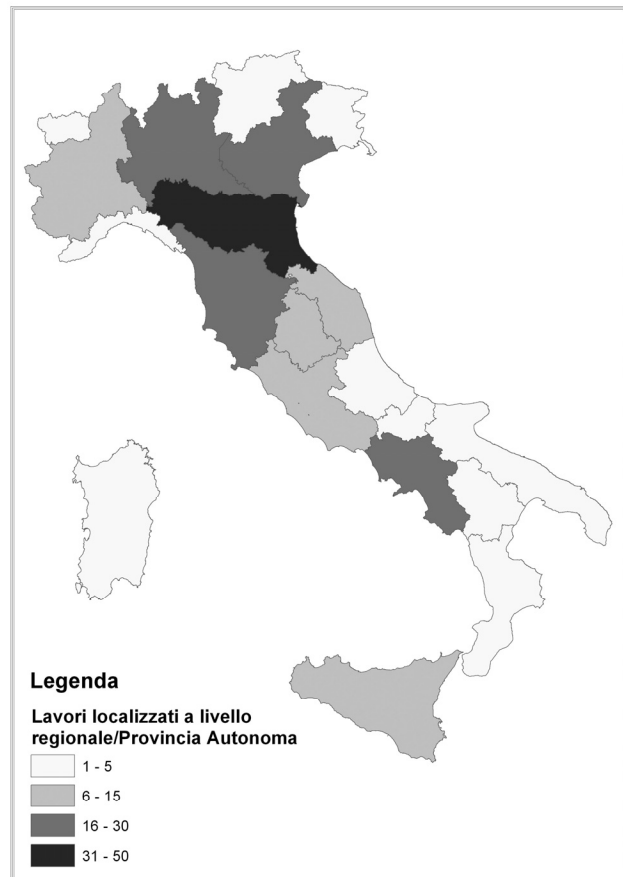


Figura 1 - Distribuzione degli studi e delle ricerche a livello regionale/provincia autonoma.

Regional distribution of studies and researches.

La Tab. 1 e la Fig. 1 evidenziano il numero degli studi localizzati in una determinata regione, provincia o comune. La definizione speditiva della localizzazione è in qualche caso possibile già a partire dal titolo oppure deriva dalla analisi delle rappresentazioni grafiche e cartografiche allegate. In tutti i casi la localizzazione attribuita non determina l'estensione dello studio alla totalità del territorio di volta in volta considerato.

Il termine area vasta è stato utilizzato nel caso di studi che interessano due o più territori regionali confinanti e due o più territori provinciali confinanti, appartenenti a regioni diverse.

Sistema informativo territoriale

L'elenco di carte e di rappresentazioni grafiche e cartografiche acquisite mediante scansione e l'elenco dei lavori pubblicati da un determinato periodico o rivista scientifica o presentati a un congresso sono in generale utilizzabili come un catalogo. È possibile costruire un unico catalogo che comprenda tutto l'elenco della documentazione e dei dati censiti. Attraverso semplici interrogazioni, se si utilizzano come parole chiave termini, espressioni o anche localizzazioni geografiche, ad esempio acquifero carbonatico, pozzi, carta idrogeologica, regione Toscana, provincia di Milano, comune di Milano, è possibile ricostruire l'elenco degli studi, delle indagini e delle rappresentazioni grafiche e cartografiche censite.

Questa possibilità di discriminazione dei dati raccolti e di immediata utilizzabilità del catalogo come prodotto della ricerca è tuttavia sembrata in parte riduttiva rispetto alle caratteristiche di quantità e qualità dei dati raccolti e alle potenzialità offerte dai Sistemi Informativi Geografici.

Coerentemente con l'utilizzazione nelle varie fasi della ricerca di strumenti e metodologie informatiche, si è quindi ritenuto opportuno approfondire specifici aspetti con l'obiettivo di realizzare un Sistema Informativo Geografico in grado di collocare la documentazione e i dati nella loro ubicazione geografica reale e di effettuare operazioni di ricerca e estrazione per coordinate, di sovrapposizione e confronto (Mari *et alii*, 2005).

Una prima sperimentazione ha prodotto, attraverso un sistema di almeno 4 punti di orientamento o in caso di contorni non definiti attraverso l'overlay di punti omologhi, la visualizzazione geografica del dato raster della cartografia. Sono stati considerati due raggruppamenti, costituiti dalle scale di rappresentazione (1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000, 1:500.000 e 1:1.000.000) e dalle caratteristiche tipologiche.

Un ulteriore approfondimento ha riguardato sia aspetti metodologici generali che specifiche applicazioni, secondo un approccio: analisi dei requisiti, schema concettuale, modello logico relazionale, schema di geodatabase e analisi funzionale.

L'analisi dei requisiti consiste nella identificazione degli oggetti e delle loro caratteristiche significative e nella definizione delle modalità di organizzazione delle informazioni disponibili.

Il contenuto informativo degli studi e delle rappresentazioni grafiche e cartografiche acquisite mediante scansione, esaminato in termini di presenza/assenza (Si/No), si riferisce a:

Ubicazione: coordinate vertici, regione, provincia, comune, autorità di bacino

Tipologia: studio – carte.

Idrogeologia, vulnerabilità, permeabilità, caratteristiche quantitative, caratteristiche qualitative, risorse idriche sotterranee, acque minerali e termali, subsidenza, inquinamento, carsismo, speleologia, geofisica, modelli

matematici, intrusione salina.

Caratteristiche principali e elementi identificativi: complessi idrogeologici, permeabilità relativa, infiltrazione efficace, trasmissività, portata dei corsi d'acqua, portata delle sorgenti lineari, precipitazioni, temperature, evapotraspirazione.

Pozzi: numerazione, schede, stratigrafia, acquifero, profondità falda, livello statico, livello dinamico, data misure, chimismo, data analisi.

Sorgenti: numerazione, schede, schema idrogeologico, acquifero, portata, data misure, chimismo, data analisi.

Direzioni deflusso sotterraneo, reti monitoraggio quantitativo, reti monitoraggio qualitativo, tabelle dati, dati prelievi, bilancio idrogeologico, base topografica, scala, informatizzazione dati, prodotti informatici.

Titolo, autori, anno, fonte, collocazione, nome file, immagine, note e osservazioni.

La attribuzione della tipologia dello studio è nella maggior parte dei casi derivata dal titolo stesso o dal titolo in associazione con le parole chiave. Sono presenti come si vede i principali contenuti degli studi idrogeologici insieme ai tematismi sviluppati negli ultimi due decenni, che hanno acquisito interesse in termini di gestione, tutela e salvaguardia delle risorse idriche sotterranee.

A partire da modelli formali generici e attraverso approfondimenti sistematici e consultazione di documenti si è realizzato lo schema concettuale della base dati geografica, evidenziato in Fig. 2, che identifica gli elementi significativi, rappresentati con un rettangolo, e definisce le relazioni esistenti tra gli oggetti, rappresentate con un rombo (Batini *et alii*, 1991).

La necessità di integrazione con altre banche dati APAT ha determinato la scelta di un modello logico relazionale del tipo Entità-Relazioni per l'organizzazione dei dati. Un geodatabase consente di realizzare la componente spaziale attraverso una georeferenziazione implicita (regioni, province, comuni, autorità di bacino) o esplicita.

L'analisi funzionale consente invece di esplicitare la tipologia di richieste degli utenti al Sistema Informativo Geografico, riconducibili a operazioni di inserimento, modifica, cancellazione, consultazione e interrogazione. Il risultato della interrogazione è costituito da un *report* con le informazioni richieste, l'indicazione del numero totale di oggetti e/o la visualizzazione cartografica degli studi.

Le principali modalità di interrogazione considerate si riferiscono alle seguenti tipologie di ricerca:

- per aree geografiche, con indicazione di id, tipo (articolo o carta), autore, titolo, anno di pubblicazione;
- come sopra, con possibilità di filtrare le informazioni in base alla tipologia degli studi;
- come sopra, con possibilità di filtrare le informazioni in base e alla presenza di almeno uno dei seguenti elementi identificativi: complessi idrogeologici, permeabilità relativa oppure infiltrazione efficace e trasmissività;
- per aree geografiche, con indicazione di id, tipo, autore, titolo, anno di pubblicazione dei lavori in cui siano

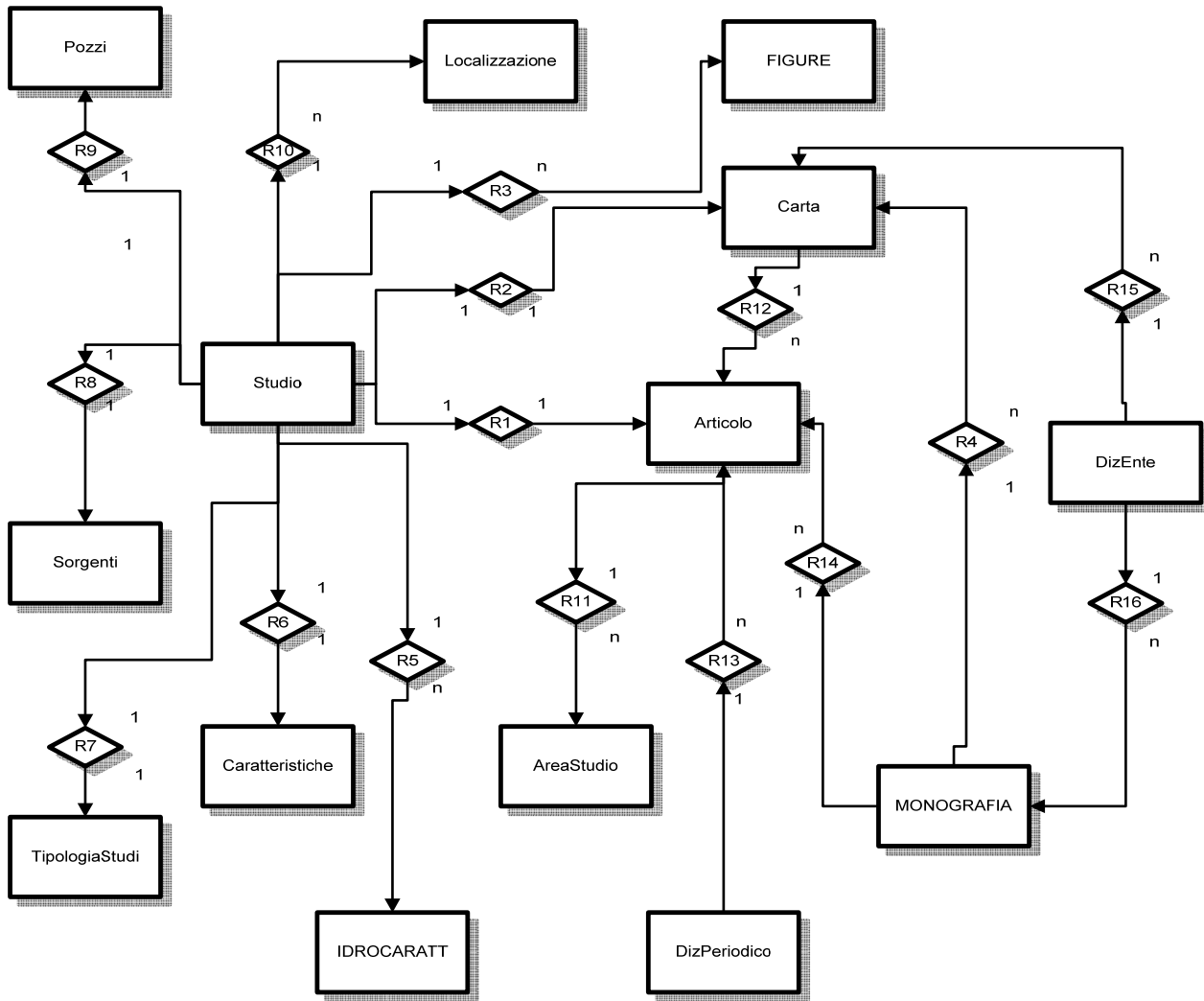


Figura 2 - Schema concettuale della base dati geografica. *Geodatabase conceptual scheme.*

presenti pozzi oppure sorgenti;

- per aree geografiche, con indicazione di id, tipo, autore, titolo, anno di pubblicazione dei lavori in cui sia presente almeno uno dei seguenti elementi identificativi: precipitazioni, temperatura, evapotraspirazione e portate dei corsi d'acqua;

- per aree geografiche, con indicazione di id, tipo, autore, titolo, anno di pubblicazione dei lavori, con almeno uno dei seguenti elementi identificativi: reti monitoraggio quantitativo, reti monitoraggio qualitativo;

- per aree geografiche, con indicazione di id, tipo, autore, titolo, anno di pubblicazione dei lavori in cui siano presenti: tabelle dati oppure base topografica oppure dati informatizzati;

- per aree geografiche, con indicazione di id, tipo, autore, titolo, anno di pubblicazione dei lavori aventi la scala comprese in un determinato range oppure anno di pubblicazione compreso in un determinato range.

Gli approfondimenti successivi sono stati finalizzati alla

realizzazione di due software orientati rispettivamente alla gestione della banca dati (inserimento, modifica e validazione dei dati) e alla consultazione (interrogazione, visualizzazione, report) con metodologie GIS.

Per quanto riguarda il software relativo alla gestione della banca dati è stata realizzata una interfaccia utente in ambiente Windows che permette di inserire i dati degli studi e delle carte attraverso una serie di maschere riferite alle caratteristiche generali (ubicazione, tipologia), alle caratteristiche principali e agli elementi identificativi individuati attraverso l'analisi dei requisiti.

Si vuole sottolineare che il termine "carta" è esclusivamente riferito a studi costituiti da uno o più oggetti cartografici con almeno 4 punti di coordinate note. Negli altri casi gli oggetti cartografici sono stati considerati come "figure" inserite in determinati studi.

Il termine "studio" identifica un articolo presente in un periodico, un lavoro presentato a un convegno e pubblicato negli atti, una monografia. In tutti i casi possono essere

presenti “figure” allegate come specificato.

È sempre possibile, anche in momenti successivi, procedere a modifiche e a integrazioni dei dati inseriti utilizzando le medesime maschere. È altrettanto possibile procedere alla cancellazione dei dati relativi a uno studio o una carta attraverso una specifica procedura che garantisce l'integrità della banca dati.

Infine, alle funzioni tipicamente riconducibili alla gestione della banca dati (inserimento, modifica, cancellazione) sono state aggiunte quelle relative alla manutenzione (backup, compattazione) direttamente fruibili attraverso l'interfaccia.

Sono in corso le attività di inserimento dei dati relativi alle carte e agli studi censiti e l'approfondimento di problematiche generali e di aspetti specifici connessi alla tecnologia da utilizzare per consentire in ambito APAT e se possibile anche all'utenza esterna la fruibilità dei dati attraverso le funzionalità di ricerca tipiche dei GIS.

Considerazioni e conclusioni

L'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT) ha sviluppato dal 2003 al 2005 un progetto di ricerca con l'obiettivo di effettuare il censimento di studi e carte idrogeologiche realizzate da strutture pubbliche e istituti di ricerca e organizzare un Sistema Informativo Geografico delle risorse idriche sotterranee del territorio nazionale.

Gli studi e le ricerche censite sono stati organizzati negli archivi Periodici e Riviste scientifiche, Congressi e Convegni, Istituti di Ricerca e Università. Le carte idrogeologiche e tematiche e le rappresentazioni grafiche e cartografiche (tabelle, figure) riferite a circa 300 studi e ricerche sono state acquisite mediante scansione e archiviate

in Cd Rom relativi al territorio nazionale, alle aree vaste, ai singoli territori regionali.

La ricerca ha evidenziato nel complesso una discreta diffusione degli studi e delle indagini in tutto il territorio nazionale e la presenza di una molteplicità di tematismi riferiti alle risorse idriche sotterranee sia in termini di conoscenza generale che di gestione e di tutela.

Come si è detto è stata realizzata una prima versione di schema concettuale, modello logico relazionale e schema di geodatabase. Si ritiene che gli approfondimenti e i prodotti derivati, anche se finalizzati alla costruzione di un Sistema Informativo Geografico delle risorse idriche sotterranee del territorio nazionale, possano essere utilizzati con opportune modifiche anche in altre discipline geologico-applicate.

Un ulteriore elemento di interesse è rappresentato dalla possibilità di trasferire la metodologia e le modalità di organizzazione dei dati in altri settori dell'APAT, ad esempio nel Dipartimento Attività Bibliotecarie, documentali e per l'informazione, che è stato tra l'altro una delle principali fonti di informazione per la realizzazione del progetto. In questo caso un possibile sviluppo della ricerca potrebbe essere finalizzato a organizzare in specifici ambiti disciplinari i periodici, le monografie e le carte disponibili, con l'obiettivo di valorizzare il patrimonio e di fornire una informazione georiferita.

Il censimento degli studi e delle carte idrogeologiche e tematiche, i prodotti realizzati (archivi cartacei e archivi informatici, elenco di carte e rappresentazioni grafiche e cartografiche acquisite mediante scansione, versione preliminare del Sistema Informativo Geografico) saranno resi disponibili in ambito APAT e se possibile fruibili anche alla utenza esterna.

Bibliografia

- Arnone G., Faillace C., 1975. *Bibliografia Idrogeologica Italiana (1930-1973). Acque sotterranee*. Bollettino Servizio Geologico d'Italia, XCV (II), IPZS Roma.
- Atzeni P., Ceri S., Paraboschi S., Torlone R., 1996. *Basi di dati: concetti, linguaggi e architetture*. McGraw-Hill Italia, Milan.
- Batini C., De Petra G., Lenzerini M., Cantucci G., 1991. *La progettazione concettuale dei dati*, F. Angeli
- Bracchi G., Motta G., 1993. *Progetto di sistemi informativi*. ETAS Libri.
- Gortani M., 1938. *Le acque sotterranee in Italia*. *Bibliografia Generale - Ministero LL.PP. Consiglio Superiore*. Servizio Idrografico, IPZS Roma
- Mari G.M., 2004. *Risorse idriche sotterranee del territorio nazionale. Primi risultati di un progetto di ricerca*. *Giornata Mondiale dell'acqua. Acqua e copertura vegetale*. *Atti dei Convegni Lincei* 216, 113-126.
- 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*. *Atti 9° Conferenza Nazionale ASITA*, 1441-1446.
- Rallo F., 2001. *Cartografia geologica dell'Italia pubblicata da scala 1:5.000 a 1:50.000 nel periodo 1967-1998*. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*, LIX, IPZS Roma.