

La sperimentazione cartografica su dati numerici idrogeologici

*Experimental cartography on hydrogeological
numeric data*

TACCHIA D. (*)

RIASSUNTO - Vengono descritti i criteri adottati nel trattamento di dati numerici di tipo idrogeologico finalizzati alla rappresentazione cartografica, nell'ambito del "Progetto di verifica sperimentale di applicabilità delle Linee Guida al rilevamento e alla rappresentazione cartografica della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000 (*Quaderno n. 5, serie III, del Servizio Geologico d'Italia, 1995*)", effettuata su aree campione. Sono stati evidenziati i problemi cartografici da affrontare nell'allestimento di una carta idrogeologica, a partire dalla rappresentazione di dati "dinamici", prevalenti nelle informazioni di questa natura, fino alle particolarità presenti nei diversi bacini idrografici delle aree campione prescelte. Da un lato sono stati approfonditi i contenuti dei dati tabellari necessari alla descrizione delle informazioni idrogeologiche, come contributo per la definizione di una banca dati sull'argomento, dall'altro è stato costituito un primo concreto bagaglio operativo da utilizzare nella formazione della carta idrogeologica ufficiale, che costituisce uno dei compiti del Servizio Geologico d'Italia quale "Organo Cartografico dello Stato". Particolare attenzione è stata posta nella traduzione grafica del dato idrogeologico, raccolto e memorizzato sperimentalmente in forma numerica, sintesi descrittiva dell'informazione scientifica da fissare in sede di stampa.

PAROLE CHIAVE: Carta Idrogeologica, Carta Idrogeologica ufficiale, Banca Dati Idrogeologici

ABSTRACT - The criteria for the management of hydrogeologic numerical data aimed at the cartographic representation, in the framework of the "Project for the verification of applicability in test areas of the guideline to survey and cartographic representation of the Hydrogeologic Map of Italy at the 1:50,000 scale (*Quaderno n. 5, serie III, Servizio Geologico d'Italia, 1995*)", have been discussed. The cartographic concerns regarding the setting of a hydrogeologic map have been highlighted, from the representation of "time dependent" data, widely represented in this kind of information, to the peculiar features of the different hydrographic basins of each selected test area. The required records for a suitable data table, contributing to the definition of a specific database, have been characterized in depth, and, on the other hand, a preliminary significant effective knowledge has been delineated for the realization of the Hydrogeologic Map of Italy, representing one of the official mandate of the Geological Survey of Italy, which is charged of the task of "National Cartographic Institution". Specific attention was emphasized to the graphic representation of the hydrogeologic data, collected and stored in numerical form, constituting the descriptive outline of the scientific information to be set during the map realization.

KEY WORDS: Hydrogeologic Map, Official Hydrogeologic Map of Italy, Hydrogeologic database

1. - GENERALITÀ ED ORIENTAMENTI

Tra le carte tematiche che descrivono un determinato territorio la carta idrogeologica assume una particolare peculiarità per la variabilità nel tempo degli eventi esaminati e rappresentati.

Del gruppo di carte tematiche afferenti il tema geologico è forse la carta che si caratterizza per una variabilità temporale dei principali dati interessati alla rappresentazione.

Per meglio descrivere il concetto si pensi alla carta geologica: le variazioni delle caratteristiche generali e dei fenomeni rappresentati si manifestano in periodi di tempo generalmente da lunghi a molto lunghi, e la carta stessa si configura e può in effetti essere considerata come “sostanzialmente statica” nei suoi contenuti complessivi, fatte salve le modifiche interpretative dei processi deposizionali rappresentati.

Il concetto di carta “sostanzialmente statica” può essere utilizzato anche nel caso della carta geomorfologica, pur con le dovute differenze: essa infatti descrive ed evidenzia fenomeni di per se stessi più recenti, almeno se ci si riferisce al Quaternario, ancora di fatto potenzialmente attivi nel corso di rilevamento.

Diversamente dalle carte geologiche e geomorfologiche, la carta idrogeologica descrive e rappresenta fenomeni che, per la grande maggioranza, sono in continua evoluzione.

Si pensi ad un generico flusso di un determinato corpo idrico superficiale. Se si prescinde dalla traccia geometrica georiferita a livello di base topografica, nei vari tratti del suo percorso, durante la fase iniziale di rilevamento e di raccolta dei dati, si possono determinare, misurare e quindi rappresentare con opportuna simbologia, variazioni di portata più o meno repentine. Una diminuzione di portata, nei tratti di corso d'acqua superficiale caratterizzati da una prevalente azione di alimentazione del corpo idrico sotterraneo per infiltrazione verticale e filtrazione laterale, o nei tratti interessati da prelievi e/o derivazioni di determinati quantitativi idrici destinati ai vari usi. Oppure un aumento di portata nei tratti di corso d'acqua superficiale alimentati da una falda acquifera sotterranea, o in presenza di restituzioni e apporti di vario tipo.

Altri esempi possono essere rappresentati dalla portata delle sorgenti, che è strettamente dipendente dalla ampiezza del bacino di alimentazione ma che nello stesso bacino, esprime una sua variabilità, sia in termini quantitativi, con valori minimi e massimi, che in termini qualitativi, con modifiche nei valori di concentrazione di parametri significativi, in relazione a tutti gli altri elementi

coinvolti, ad esempio le precipitazioni, la evapotraspirazione, la infiltrazione efficace, e in relazione alle caratteristiche di variabilità degli elementi stessi.

Altri esempi relativi al tema della variabilità in un ristretto intervallo temporale potrebbero essere indicati: direzioni di deflusso delle acque sotterranee, sia in presenza di falde acquifere che di reti acquifere, livello statico dell'acqua nei pozzi, caratteristiche idrochimiche, scambi idrici tra corsi d'acqua superficiali e acque sotterranee, limiti della intrusione marina, limiti settentrionali e meridionali in presenza di aree con risorgive.

Nel caso della carta idrogeologica è necessario sottolineare che non solo l'elemento principale, quale ad esempio il flusso di un determinato corpo idrico superficiale, deve essere rappresentato e cartografato, ma può costituire oggetto da rappresentare anche la possibile variazione di portata, misurata in un determinato tratto. La variabilità anche in intervalli temporali relativamente brevi, dell'ordine del mese, degli scambi tra corso d'acqua superficiale e acque sotterranee e la possibilità anche della inversione dei rapporti di scambio, inducono a evidenziare che la rappresentazione cartografica di determinati fenomeni particolarmente complessi assume caratteristiche di parzialità e di fatto la rappresentazione cartografica può solo limitarsi alla descrizione di parte dei contenuti, generalmente quelli considerati maggiormente significativi.

È evidente che la carta idrogeologica stampata è per sua stessa natura statica, tuttavia rappresenta informazioni ed elementi in massima parte variabili, spesso anche repentinamente variabili, nel tempo.

Questa dinamicità intrinseca rappresenta un contenuto importante e discriminante che deve necessariamente trovare non solo una possibile e adeguata rappresentazione nella carta stessa, attraverso una opportuna simbologia, ma anche una sua valorizzazione in termini di tabelle, grafici, modelli interpretativi, schemi, *data base*.

La fotografia della situazione idrogeologica, del suo evolversi (almeno in un indeterminato intervallo temporale) e dell'interpretazione generalizzabile dei dati contenuti è in ogni caso ancor oggi metodo ritenuto accettabile (se non unico), anche se non completamente esaustivo, per descrivere le caratteristiche idrogeologiche di un determinato territorio.

Il concetto della cartografia come rappresentazione sintetica di un determinato contenuto informativo, determina la obbligatorietà della realizzazione del prodotto cartografico proprio per consentire la circolazione delle informazioni territoriali di questa natura tradotte di fatto in dati visi-

bili correttamente interpretati, piuttosto che attraverso elenchi numerici o descrizioni letterali ad esempio di perimetri di aree che, per quanto dettagliate, risultano nella maggior parte dei casi di difficile cognizione comunicativa. Si pensi all'elenco dei valori di portata di una sorgente in periodi determinati (giorno/mese/anno): difficilmente questa tabella risulterà, almeno a un prima lettura, significativa specialmente se confrontata con l'utilizzo di un simbolo cartografico che descrive, con la sua forma grafica, la portata media come dato generalizzato evidenziando contestualmente i valori minimi e massimi riscontrati.

Allo stesso modo la rappresentazione cartografica di un'area attraverso il simbolo associato a un determinato grado di permeabilità relativa riportato sulla superficie topografica risulterà molto più efficace di qualsiasi sua possibile descrizione letterale.

Gli esempi citati hanno l'obiettivo di individuare e proporre un modello logico di approccio cartografico che nel rispondere alla necessità di comprensione immediata, contestuale alla visione del prodotto cartografico, allo stesso modo consente la divulgazione del dato in questo caso idrogeologico.

È evidente che il dato idrogeologico è iconizzato, rappresentato cioè, con simboli in grado di indirizzare correttamente la lettura del fruitore e la comprensione dell'informazione fornita, ovviamente anche attraverso il supporto di una apposita legenda.

Il processo di determinazione di una istantanea significativa del dato idrogeologico di uno specifico contesto territoriale è oggi realizzabile in modo agevole attraverso simulazioni che utilizzano tecnologie GIS. Queste ultime possono disporre della variabile tempo e attraverso *item* correlati all'oggetto idrogeologico georiferito, consentono analisi qualitative e/o quantitative più efficaci e, in ultima analisi, orientano la determinazione verso modelli logici favorendo la scelta di una istantanea cartografica valutabile sperimentalmente e ritenuta più significativa.

Va detto che la derivazione cartografica da GIS appare certamente riduttiva se si considerano le *enue* applicazioni possibili e/o simulabili da esso.

Non è questa la sede per approfondire in modo esauriente l'argomento.

Tuttavia è necessario evidenziare e sottolineare l'approfondimento operato nell'ambito del "Progetto verifiche sperimentali di applicabilità della guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000" (Quaderno SGN n° 5, serie III, IPZS, 1995) dal Servizio Geologico Nazionale con l'obiettivo da un lato di procedere alla individuazione e alla

caratterizzazione di dati memorizzabili e dall'altro di prevederne una utilizzazione finalizzata alla definizione di una banca dati di specifico tematismo idrogeologico.

Le attività di seguito descritte e gli approfondimenti realizzati nell'ambito della sperimentazione sono state dunque ispirate e orientate non solo alla possibilità di derivazione di cartografia ma anche a individuare e definire alcuni parametri base per la fornitura di dati idrogeologici utilizzando sistemi numerici indipendenti, per quanto possibile, da piattaforme e *software* dedicati.

È opportuno evidenziare che, per quanto a conoscenza dell'autore, quello effettuato può essere considerato il primo tentativo realizzato utilizzando dati riferiti alle risorse idriche sotterranee.

2. - INDIRIZZI PER LA FORNITURA DEI DATI

Con riferimento agli obiettivi di "PROGETTO":

1 - verificare la applicabilità delle linee guida a specifici contesti territoriali;

2 - sviluppare strumenti e metodologie informatiche nelle varie fasi (*input* dei dati, organizzazione di modelli concettuali, realizzazione di banche dati, elaborazione cartografica dei risultati) e colmare il *gap informatico* nel frattempo intervenuto dalla pubblicazione del Quaderno 5 (AA.VV., 1995);

3 - procedere alla sperimentazione delle linee guida e, per quanto possibile, alla informatizzazione del Quaderno 5;

sono stati sviluppati e approfonditi gli aspetti metodologici generali e i contenuti pratico-operativi riferiti ai punti 2 e 3, in particolare per quanto attiene alle modalità di organizzazione dei dati, di memorizzazione e di consegna al Servizio Geologico Nazionale.

Per questi aspetti si è stabilito di adottare in una prima fase un orientamento di carattere generale, che prevede per ciascuna convenzione una fornitura di massima, con l'obiettivo da un lato, di permettere la sperimentazione delle linee guida e dei contenuti informativi del Quaderno 5, mantenendo uno *standard* equivalente e confrontabile nei contesti territoriali prescelti, dall'altro, in senso più generale, di rafforzare e sostanziare il carattere unitario del "PROGETTO".

Di conseguenza, come evidenziato da altri autori (MARI, questo volume) si sono utilizzati, sia in sede di "Capitolato tecnico tipo" (paragrafo 3.3.) che nei capitolati delle convenzioni stipulate con le strutture universitarie, riferimenti generali 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.

Ad esempio: 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 anche: 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.

A partire dunque dall'orientamento di carattere generale e dalla previsione di una fornitura di massima, si è ritenuto che i molteplici obiettivi di "PROGETTO"⁽¹⁾ potessero essere raggiunti attraverso la sua concreta realizzazione con le modalità di seguito specificate.

In particolare attraverso le attività di verifica di criteri e metodologie utilizzate nelle varie fasi, di scambio di dati e informazioni di interesse, di sviluppo di approfondimenti e di realizzazione di confronti tecnico - scientifici che hanno coinvolto gli aspetti idrogeologici, informatici, cartografici, e prodotto sperimentazioni, integrazioni e adeguamenti, fino alla individuazione di soluzioni condivise/accettabili e praticabili.

Sono stati definiti gruppi omogenei di dati che hanno una relazione diretta con la rappresentazione della legenda della carta idrogeologica, articolata in 8 tavole (capoversi) distinte per tipologia di informazione:

- Idrologia di Superficie;
- Idrologia Sotterranea;
- Complessi Idrogeologici distinti in funzione del loro grado di permeabilità relativa;
- Opere Artificiali;
- Aree Carsiche;
- Simboli Litologici;
- Limiti relativi alla Cartografia Idrogeologica;
- Complessi Idrogeologici distinti in funzione della infiltrazione efficace e/o della trasmissività (carta complementare).

L'analisi compiuta, più che di ordine scientifico o cartografico, è finalizzata a qualificare ciascun dato analizzandone gli elementi oggetto di consegna e stabilendo per essi la tipologia di memorizzazione e in ultima analisi la documentazione digitale attesa.

L'esempio che segue potrà specificare quanto detto e allo stesso tempo esplicitare il percorso metodologico adottato.

Nell'ambito della Tavola B: "Idrologia Sotterranea", sono comprese le Emergenze di acque sotterranee distinte in Emergenze localizzate e Emergenze diffuse.

Tra le Emergenze localizzate, le Sorgenti sono indicate e descritte nella carta idrogeologica a scala 1:50.000, con un gruppo di 8 simboli differenti, in relazione alla Portata media annua, e nel solo caso di sorgenti con portate medie annue superiori a 10 l/sec, con la ulteriore indicazione e descrizione del Regime attraverso 6 simboli diversi.

La scelta del simbolo da utilizzare nella rappresentazione cartografica deriva dalla elaborazione dei dati delle misure di portata delle sorgenti, effettuate secondo le indicazioni dei capitoli tecnici delle convenzioni a determinati intervalli temporali (mensile, stagionale), e dalla disponibilità dei dati necessari alla valutazione del regime (rapporto tra portata di magra e portata media annua) delle sorgenti con portata media annua maggiore di 10 l/s.

Il dato si qualifica dunque per almeno due aspetti: la posizione in carta e la tabella dei dati delle misure di portata delle sorgenti.

Nel caso in esame e per tutti gli altri con le stesse caratteristiche, si è quindi richiesto di fornire la posizione geografica in carta (attraverso GIS con punto georiferito) e la tabella relativa (in genere nel formato *.xls), con l'unico legame dell'attributo nome/numero in carta uguale al nome/numero sul *record* presente nella tabella che memorizza i dati corrispondenti.

L'esempio chiarisce che si tratta di una implementazione/esplosione delle usuali forniture attraverso metodologie GIS. In queste la tabella è generalmente interna o direttamente collegabile perché inserita in un disegno logico di banca dati preordinata.

Non essendo possibile questa soluzione, si è stabilito di scegliere una soluzione intermedia tra: consegna cartacea, con stampa della carta e della tabella, e consegna del solo dato digitale inserito in una struttura di banca dati che ne vincola posizione, nome degli *item* e attributi utilizzabili, tutti elementi da verificare attraverso precisi vincoli alfanumerici.

Questo approccio ha una doppia motivazione. Da un lato la necessità di sperimentare la possibilità di fornitura di dati digitali di tipo idrogeolo-

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

gico con le loro intrinseche implicazioni, in attesa della definizione di un banca dati specifica da realizzare, validare e standardizzare da parte del Servizio Geologico Nazionale e, dall'altra, verificare le difficoltà, i limiti oggettivi e le eventuali carenze di organizzazione e fornitura del dato digitale (e non digitale) da parte degli operatori coinvolti nelle sperimentazioni.

Opportuno a questo punto è, chiarire che l'esperienza della realizzazione e della complessa fase di metabolizzazione e di attuazione della banca dati CARG ha contribuito a indirizzare verso le soluzioni descritte.

In questo senso e per maggiore chiarezza serve ricordare che il Servizio Geologico Nazionale ha pubblicato il Quaderno n° 3: "Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Guida alla informatizzazione" nel 1995, quindi sette anni dopo l'inizio del Progetto CARG (1988) ed anche che, nella concreta realizzazione del medesimo progetto è utilizzato in realtà il Quaderno n° 6: "Banca dati geologici. Linee guida per l'informatizzazione e per l'allestimento per la stampa dalla banca dati", pubblicato nel 1997.

Dunque sono stati necessari quasi dieci anni per individuare una soluzione condivisa ed accettata da operatori e contraenti esterni.

La partecipazione diretta di esperti, nelle fasi di raccolta, organizzazione ed elaborazione dei dati idrogeologici, indirizza le modalità di costruzione di una banca dati specificamente dedicata al tematismo e, si ritiene, che possa contribuire ad avvicinare le attese non solo del fornitore del dato ma anche dei possibili fruitori e utilizzatori dello stesso quali tecnici, esperti di settore e utenti istituzionali.

Va precisato che come nel Progetto CARG, anche nella verifiche di applicabilità della "Carta Idrogeologica d'Italia. Guida al rilevamento e alla rappresentazione" (AA.VV., 1995) si utilizza il termine *banca dati* per definire in realtà una fornitura strutturata di dati da sistematizzare in un ambito digitale organizzato.

Le sperimentazioni realizzate nell'ambito del "PROGETTO" sono state dunque indirizzate sia alla consegna di una carta idrogeologica corredata dei dati e stampata, con relazione allegata (documentazione questa necessaria alla validazione della ricerca) sia alla definizione dei criteri da utilizzare per fornire il dato, che tiene conto e considera la intrinseca predisposizione digitale del dato stesso.

Rimane evidente e non modificata dagli approfondimenti relativi alla utilizzazione di strumenti e di metodologie informatiche, nelle varie fasi, la necessità di mantenere lo specifico contenuto

idrogeologico alla ricerca e alle attività svolte dai vari operatori senza limitarne o incasellarne i risultati scientifici per forzature o necessità informatiche.

Il valore aggiunto del "PROGETTO", direttamente e esplicitamente definito dal contenuto del capitolato tecnico delle convenzioni, specificamente rappresentato dalla previsione di una restituzione dei dati necessari ad illustrare le caratteristiche idrogeologiche del territorio oggetto di studio è stato quello di utilizzare anche un formato numerico.

Questa scelta, operata in relazione alla necessità di definire un modello logico di strutturazione dell'informazione idrogeologica e della sua rappresentazione cartografica attraverso la sperimentazione di strumenti e metodologie informatiche, è stata compiuta anche non tenendo conto delle perplessità e/o delle aspettative di una parte dei contraenti.

L'intuizione di questa necessità e la decisione di verificarne la sua applicabilità *in progress* nonostante le difficoltà da più parti segnalate ha di fatto permesso una prima sperimentazione sulla modalità di organizzazione e trasferibilità digitale di dati di tipo idrogeologico.

Con questo percorso si è cercato di coniugare da un lato i compiti istituzionali del Servizio Geologico Nazionale, derivanti dalla legge 183/1989 sulla Difesa del Suolo con le esigenze di realizzazione della attività conoscitiva riferite a uno specifico tematismo, le risorse idriche sotterranee, dall'altro le aspettative della comunità scientifica circa la possibilità di archiviazione, organizzazione, elaborazione e distribuzione digitale dei dati idrogeologici, secondo modelli di riferimento predisposti da un Organo Cartografico di Stato con caratteristiche di scientificità e qualità formale e sostanziale.

3. - CRITERI OPERATIVI DI MEMORIZZAZIONE DEI DATI

Come descritto nel paragrafo precedente, l'analisi compiuta sugli elementi informativi contenuti nella "Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione" (AA.VV., 1995) e quindi la definizione dei dati e dei prodotti attesi dalla sperimentazione, ha permesso una prima macrovalutazione circa la loro restituzione su supporto digitale.

Tuttavia alle attività previste nei capitolati tecnici è stato associato un carattere sperimentale e una elevata flessibilità, anche in relazione alla scelta di effettuare la ricerca in contesti territoriali e in

ambiti idrogeologici fortemente differenziati tra di loro.

L'esempio prima descritto sulla modalità di scomposizione del dato atteso, secondo le modalità previste nella "Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione" (AA.VV., 1995) ha permesso di evidenziare gli ambiti numerici nei quali predisporre i singoli contenuti. In generale le specifiche di massima fornite si riferiscono: all'ordine geografico, con il posizionamento e georeferenziazione del dato acquisito o derivato dalla ricerca sul campo e alla costruzione di singole tabelle per la descrizione dei contenuti variabili (in genere nel tempo) e fissi se presenti nell'ambito delle informazioni di tipo idrogeologico.

Gli elementi di ordine cartografico richiesti sono stati volutamente semplificati rispetto ai contenuti del Quaderno n° 5. Non è stata richiesta ad esempio la costruzione esatta e la relativa applicazione del simbolo definito, ma piuttosto la corretta collocazione geografica dell'elemento di riferimento (punto, linea o poligono) e la definizione/indicazione di un suo legame provvisorio con la legenda della carta.

Le semplificazioni grafiche, anche accentuate rispetto ai criteri compositivi previsti nella "Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione" (AA.VV., 1995) sono derivate dalla esigenza di non vincolare gli sviluppi della ricerca idrogeologica a precostituiti ordini numerici o di resa cartografica.

La validazione è stata basata sulla presenza del dato e sulla sua identificazione univoca con la voce di legenda collegata e ovviamente sulla correttezza del riferimento geo-spaziale, registrato su *raster* della base topografica IGM, con l'obiettivo di semplificare la attività di acquisizione del dato attraverso l'utilizzazione di strumenti *software*, già in dotazione degli operatori esterni, stabilendo di mantenere libertà di scelta dell'ambiente CAD/GIS da utilizzare.

I prodotti sviluppati sia in ambiente ArcView che AutocadMap sono stati validati pur nella consapevolezza dei limiti oggettivi imposti dai rispettivi *software*. Nel primo caso, l'impossibilità di gestione di simboli lineari orientati, nel secondo la particolarità di composizione dei medesimi elementi descritti con "blocchi grafici" riportati, ma non concretamente *fusi*, con la linea di base.

Si è stabilito di consentire una certa flessibilità nell'utilizzo dei simboli indicati nella "Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000-Guida al rilevamento e alla rappresentazione" (AA.VV., 1995) nelle fasi di rappresentazione dei dati e di derivazione cartografica.

Questa determinazione è derivata dal fatto che il Servizio Geologico Nazionale avrebbe poi effettuato una attività specifica di allineamento unitario dei prodotti realizzati nell'ambito delle convenzioni per la sperimentazione del Quaderno n° 5, e in questo ambito verificato le difficoltà di traduzione cartografica della simbologia, le possibili discordanze di carattere scientifico e infine confrontato le rappresentazioni cartografiche proposte dai contraenti con quelle derivate dal Servizio Geologico Nazionale utilizzando lo stesso dato.

I dati tabellari sono stati acquisiti in genere in formato *.xls non essendovolutamente richiesta dal capitolato tecnico la costruzione di tabelle interne al GIS, comunque di non semplice definizione in mancanza di indirizzi ordinativi univoci o *item* con completa ed esatta definizione dei valori numerici o alfanumerici attribuibili.

È necessario tuttavia sottolineare che in questo modo è stato possibile verificare la possibilità di gestione di tabelle di dati idrogeologici variabili, almeno nel tempo, e orientare la scelta alla unificazione e alla associazione di singoli elementi omogenei dal punto di vista informativo (pozzi, sorgenti, portate dei corsi d'acqua superficiali, etc.). È evidente che gli operatori già esperti in metodologie GIS hanno costruito e memorizzato le tabelle relative, ove possibile, nell'ambito del data base collegato.

In ogni caso i dati sono stati comunque riprocessati e riutilizzati dal Servizio Geologico Nazionale per formalizzare la derivazione cartografica sperimentale.

4. - L'ACQUISIZIONE DEL DATO CARTOGRAFICO

Come già precedentemente accennato, il capitolato tecnico delle convenzioni non indicava specifiche metodologie da utilizzare nella fase di restituzione dei risultati e dei prodotti cartografici, in ragione di diverse motivazioni:

- valorizzare le capacità, l'esperienza e le professionalità informatiche presenti nei gruppi di lavoro dei dipartimenti universitari;

- verificare le differenze tra i contenuti previsti nel Quaderno n° 5 e le modalità di descrizione dei dati idrogeologici adottate dai gruppi di lavoro dei dipartimenti universitari e/o dagli autori;

- valorizzare le specifiche professionalità informatiche e cartografiche presenti nel Servizio Geologico Nazionale con una attività finalizzata alla restituzione dei dati e alla rappresentazione cartografica utilizzando i contenuti della legenda del Quaderno n° 5.

È opportuno sottolineare che in generale le esigenze di rappresentazione di dati riferite a specifici tematismi scientifici sono difficili da conciliare con una cartografia che necessariamente deve essere orientata alla semplificazione e alla possibile generalizzazione in campo nazionale.

Tuttavia la sperimentazione effettuata ha permesso una duplice verifica cartografica, dei contraenti/autori da un lato, dei cartografi/informatici del Servizio Geologico Nazionale dall'altro, e insieme un approfondimento delle problematiche connesse alla trattazione digitale delle informazioni di ordine idrogeologico in ambito cartografico.

La sperimentazione effettuata dai gruppi di lavoro dei dipartimenti universitari coinvolti nella ricerca e i risultati scientifici ottenuti sono descritti da altri autori in questo volume.

Si ritiene interessante invece approfondire i risultati ottenuti dai cartografi/informatici del Servizio Geologico Nazionale attraverso un complesso di attività che hanno prodotto come risultato finale nuove restituzioni cartografiche sulla base dei dati geografici e tabellari forniti al termine delle attività convenzionali.

Si segnala per completare le informazioni che le nuove restituzioni cartografiche sono state analizzate e validate dai gruppi di lavoro e dagli autori.

La prima questione affrontata si riferisce alla necessità di omogeneizzare i dati forniti da ciascun gruppo di lavoro in un unico ambiente GIS per permettere di comparare e confrontare gli elementi geografici e tabellari.

Il trasferimento dei dati è stato tutt'altro che agevole. I vari *export* permettono in genere la sola acquisizione georeferita delle primitive geometriche (punti, linee, poligoni) e la ricostruzione degli attributi dei vari elementi e la loro collocazione in tabelle coordinate in ambiente GIS è legata, in genere, a procedure semiautomatiche.

Il processo semiautomatico è comunque soggetto alla verifica diretta degli operatori, dal momento che non avviene quasi mai direttamente ma si realizza attraverso una serie di identificativi delle varie entità geometriche, esclusivi di ciascun *software* (colore, *layer* di appartenenza, etc.), spesso recuperabili in modo univoco solo se si utilizzano serie di *query* incrociate.

A completamento delle varie operazioni sono stati confrontati i risultati ottenuti con quanto riportato nelle carte originali fornite dai contraenti/autori e accertata la presenza di tutti gli elementi e la loro corretta attribuzione.

Il processo di trasferimento dei dati nel nuovo ambiente GIS è stato complicato dalla scelta operata da alcuni gruppi di lavoro/autori di forzare in modo consapevole le potenzialità dei *software* uti-

lizzati per la costruzione della simbologia, con l'obiettivo, del tutto condivisibile dal punto di vista tecnico-scientifico, di ottenere una rappresentazione a stampa più soddisfacente e più aderente alla situazione idrogeologica da descrivere.

In questo ambito un simbolo orientato è stato costruito con più forme geometriche, utilizzando più *layer* sovrapposti, per mantenere e evidenziare determinate e peculiari informazioni cartografiche, pur mantenendo un unico riferimento geografico, ad esempio la combinazione di un cerchio con un triangolo per indicare una direzione di flusso.

Questa modalità ha comportato la necessità di una identificazione preliminare degli elementi presenti, ridondanti rispetto alla nuova destinazione, e la necessità di trattare ciascuno di essi con i criteri utilizzati nel nuovo ambiente. Con riferimento all'esempio citato: una sola posizione geografica, la relativa topologia e l'attributo di orientamento.

È opportuno sottolineare che per migliorare il risultato cartografico spesso si è costretti a utilizzare il *software* a disposizione in modo improprio o non del tutto consono ai comandi disponibili. Il problema in realtà è presente in modo più o meno accentuato con tutti i *software* disponibili, se consideriamo il legame con la gestione di una banca dati e la necessità di una sua restituzione cartografica relativamente semplificata.

Se ci si riferisce alle fasi iniziali del Progetto CARG, i miglioramenti conseguiti nelle nuove *release* sono del tutto evidenti, anche se sono ancora presenti problemi di restituzione cartografica che non soddisfano del tutto le attese di un Organo Cartografico dello Stato quale il Servizio Geologico. Con riferimento al Quaderno n° 5 ad esempio la non traduzione digitale dei simboli grafici comporta, ancor oggi, la restituzione in modo analogico attraverso il segno grafico riportato a lato delle varie voci di legenda.

Per semplificare le restituzioni cartografiche degli autori e permettere un maggiore approfondimento dei vari temi scientifici da trattare, sono state indicate e validate le basi topografiche IGM da utilizzare in formato raster georeferito disponibili alle varie scale, in genere 1:25.000.

Le informazioni di ordine cartografico sono state registrate su questi elementi. In questo contesto una ulteriore problematica affrontata, certamente significativa per una carta idrogeologica, è rappresentata dalla possibilità di utilizzare le aste fluviali come *template* di una buona parte delle informazioni da riportare. Per consentire la restituzione dei dati si è quindi effettuata l'acquisizione vettoriale del reticolo idrografico per utilizzarlo nelle informazioni di tipo idrogeologico.

5. - LA CARTOGRAFIA SPERIMENTALE DERIVATA

Per quanto riguarda gli aspetti strettamente cartografici della sperimentazione del Quaderno n° 5, numerose e significative sono le indicazioni provenienti dalle sperimentazioni effettuate sia in sede di realizzazione del "PROGETTO" che nell'ambito della attività svolta dai cartografi/informatici del Servizio Geologico Nazionale, successiva come si è detto alla consegna dei dati e del materiale cartografico previsto nei capitoli tecnici delle convenzioni.

Due sono le questioni che si ritiene necessario sottolineare.

La prima legata presumibilmente alla semplificazione talvolta eccessiva derivante dalla applicazione della legenda del Quaderno n° 5, la seconda strettamente dipendente dalla scelta di utilizzare simboli grafici non facilmente correlabili, in termini di gestione e di descrizione, a sistemi numerici.

Come già in precedenza accennato, le indagini effettuate su uno specifico contesto territoriale riportate alla scala 1:50.000 della cartografia ufficiale non sempre si conciliano con la generalizzazione descrittiva simbolica e grafica prevista nella legenda della "Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione" (AA.VV., 1995).

Gli autori hanno segnalato la non completezza espositiva e/o la difficoltà talvolta l'impossibilità di una adesione letterale alla legenda del Quaderno n° 5.

È il caso della rappresentazione dei Complessi Idrogeologici da distinguere secondo il loro grado di permeabilità relativa (Tav. C). È prevista una distinzione in 5 classi, tre catalogate rispettivamente come altamente, mediamente e scarsamente permeabili, una impermeabile e una classe con il grado di permeabilità relativa diverso da quello del complesso cui appartengono.

E anche il caso della distinzione dei complessi idrogeologici in funzione della infiltrazione efficace e/o della trasmissività (Tav. H). Nella elaborazione di questa carta, tuttavia considerata complementare, effettuate da alcuni autori sono state differenziate oltre 10 classi, ben superiori alle 6 previste è evidente che in questo caso non è stato possibile ai cartografi/informatici del Servizio Geologico Nazionale rappresentare l'elemento informativo in questione come previsto dalla legenda del Quaderno n° 5.

In realtà il problema si presenta con una complessità maggiore di quella qui sinteticamente espressa, infatti il dato da rappresentare, nel caso di complessi idrogeologici altamente permeabili AP e mediamente permeabili AM, ha almeno 2

parametri di riferimento variabili in modo relativamente indipendente e non prevedibile: la combinazione/sovrapposizione cartografica dei colori della carta geologica ufficiale e i simboli litologici indicati nella Tavola F. È peraltro questo uno degli elementi principali di cartografia idrogeologica, che riguarda in genere l'intera area del campo carta.

La mediazione cartografica adottata in questo caso dai cartografi/informatici del Servizio Geologico Nazionale in sede di riformulazione degli elaborati cartografici a partire dai dati forniti dai gruppi di lavoro dei dipartimenti universitari ha comportato l'inserimento di sottoclassi per tutte le situazioni necessarie e, come scelta di base, la logica dell'attenuazione o dell'esaltazione dei cromatismi di fondo per distinguere ambiti dei complessi idrogeologici compresi tra quelli prestabiliti.

Nel caso della restituzione cartografica dei simboli litologici si sono adottate spaziature della trama diverse per le classi non previste dalla legenda del Quaderno n° 5.

La individuazione e la definizione di queste soluzioni, come di altre non specificamente descritte in questa sede, ha comportato una attività complessa e articolata, con numerose e diverse prove successive, analisi, elaborazioni, ulteriori prove.

Il risultato della attività svolta dai cartografi/informatici del Servizio Geologico Nazionale è visibile nelle cartografie (tavv. I, II, III f.t. allegate in tasca di copertina) riconducibili alla realizzazione del "Progetto verifiche sperimentali di applicabilità della guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000" (Quaderno SGN n° 5, serie III, IPZS, 1995).

Per quanto si riferisce invece ai soli aspetti cartografici e di utilizzazione grafica dei simboli si rimanda alle altre cartografie (tavv. IV, V f.t. allegate in tasca di copertina).

Un problema cartografico che non ha avuto una soluzione ritenuta accettabile è costituito dalla previsione di rappresentare la mancanza di dato con l'assenza di qualsiasi tipologia cromatica.

Nelle carte geologiche la presenza di aree prive di indicazione di colore è, come noto, limitata a pochi e circoscritti casi; ad esempio aree in frana oppure conoidi prive della indicazione del periodo di formazione, aree caratterizzate da un contenuto intuibile a livello concettuale, anche da un fruitore non esperto, e comunque sempre grafizzate con specifici simboli.

La questione cartografica è appunto in che modo, in assenza di qualsiasi elemento che può consentire una corretta lettura e interpretazione, indicare a un utilizzatore, più o meno esperto, le aree in attesa di informazione.

Rispetto agli interrogativi che ne derivano non si deve dimenticare che la questione si pone in una carta tematica ufficiale dello Stato.

In generale in una carta topografica un'area *bianca* può, ad esempio, rappresentare, analizzate le quote dell'immediato intorno e le isoipse, una zona di pianura. Nelle carte tematiche l'assenza di cromatismo non è immediatamente riconducibile a assenza o non disponibilità di dato, anche se il relativo tassello si riporta in legenda. Spesso, soprattutto se ubicata all'interno delle aree oggetto di studio, l'assenza di cromatismo è interpretata come refuso di stampa e in ogni caso introduce elementi di incertezza dell'informazione non accettabili dal punto di vista cartografico.

La questione deve quindi essere opportunamente approfondita.

Un altro aspetto che è necessario evidenziare è relativo alla scelta di simbologie che con difficoltà si conciliano con la descrizione digitale del dato.

Dalla pubblicazione della "Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione" (AA.VV., 1995) si sono realizzate numerose evoluzioni dell'approccio cartografico derivato da dati numerici. Nel 1995 la cartografia idrogeologica, come quella geologica, era sostanzialmente realizzata con metodi e procedure pressoché tradizionali, anche se il Servizio Geologico Nazionale aveva effettuato una prima sperimentazione con dato numerico del foglio 389 "Anagni" della Carta Idrogeologica d'Italia a scala 1:50.000 (AA.VV., 1993).

Il foglio 389 "Anagni" pur se restituito con pellicole fotolitografiche a matrici singole, è stato interamente studiato con metodologie GIS, utilizzando peraltro una interfaccia e una restituzione grafica notevolmente limitata rispetto alle *release* odierne. Numerose questioni sono emerse durante la sperimentazione: la complessità di aggregazione delle aree, peraltro non necessariamente coincidenti con i litotipi da rappresentare, la definizione dei bacini idrografici attraverso la lettura combinata di elementi della base topografica (isoipse, quote), la difficoltà della rappresentazione cartografica delle portate delle numerose aste fluviali e degli elementi puntuali di tipo idrogeologico (pozzi, sorgenti).

Un ulteriore aspetto da approfondire evidenziato nell'ambito della realizzazione del "PROGETTO" si riferisce alla utilizzazione della simbologia prevista nel Quaderno n° 5 e in particolare alle difficoltà incontrate nella descrizione del dato con sistemi numerici, come evidenziato nell'esempio che segue.

Tra le Caratteristiche degli acquiferi è indicata la direzione di flusso che, in relazione alla presenza di falda libera, falda in pressione e sistemi multifalde, reti acquifere, è rappresentata con una freccia di diversa forma (pagg. 12, 13 del Q. 5). Il

simbolo è applicato, nel foglio 389 Anagni, come una unica freccia con ancoraggio (coda) in un punto predefinito indicato dall'autore: una parte (corpo) che si snoda in modo variamente flessibile e non prevedibile e un triangolo (punta) che indica la direzione del flusso verso un altro punto dell'area interessata.

Nella rappresentazione su stampa della carta, corredata dalla descrizione di legenda, un fruitore, più o meno esperto, non incontra una particolare difficoltà a definire il senso del simbolo stabilito dall'autore e tradotto dal cartografo.

Si riscontrano invece difficoltà oggettive se si vuole fare leggere lo stesso simbolo in modo automatico ad un sistema che prevede una banca dati. Infatti la forma del simbolo indicata nella legenda del Quaderno n° 5 non trova una descrizione topologica immediatamente catalogabile nei criteri previsti in un ambiente GIS: non è traducibile in un punto orientato variando il corpo della freccia, né assimilabile ad un poligono orientato per il repentino e non prevedibile percorso di direzione.

Una soluzione possibile è quella lineare orientata che quantomeno, anche se riferita all'asse centrale della freccia graficamente definita, descrive in modo relativamente completo il senso della simbologia adottata: dal punto di inizio, attraverso un percorso stabilito, al punto di arrivo con orientamento finale di direzione (freccia). Tuttavia la linea orientata è tutt'altro che facilmente traducibile nella forma grafica indicata nella legenda del Quaderno n° 5, sia per mancanza di idonei algoritmi sia per la presenza di numerosi elementi con lunghezze diverse e non legabili ad elementi definiti reperibili nella carta.

Nell'ambito della realizzazione del "PROGETTO" non è stato possibile orientare la sperimentazione allo sviluppo di specifici algoritmi grafici in grado di definire in modo più o meno completo la forma indicata nella legenda del Quaderno n° 5.

Si è ritenuto, considerati i molteplici e complessi obiettivi di "PROGETTO", di rinviare a specifici studi gli approfondimenti necessari e la ricerca di soluzioni adeguate.

Le soluzioni adottate, per quanto a volte riduttive, sono state analizzate, valutate e considerate tuttavia soddisfacenti dai gruppi di lavoro dei dipartimenti universitari/autori della rappresentazione cartografica e dai cartografi/informatici del Servizio Geologico Nazionale.

Come evidenziato nelle carte allegate il simbolo è stato tradotto con un lineare orientato rappresentato da una sequenza di frecce con caratteristiche geometriche, ma non di curvatura, come indicato nella legenda del Quaderno n° 5. È intuitivo che il tipo di freccia utilizzato corrisponde alle diverse descrizioni di legenda.

6. - CONCLUSIONI

La sperimentazione effettuata nell'ambito della realizzazione del "Progetto verifiche sperimentali di applicabilità della Guida al Rilevamento e alla Rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000" (Quaderno SGN n° 5, serie III, IPZS, 1995), promosso dal Servizio Geologico Nazionale nel 2000 ha permesso di affrontare concretamente numerosi aspetti della rappresentazione cartografica e della acquisizione numerica dei dati di ordine idrogeologico. Nell'ambito della ricerca è stato possibile per la prima volta coinvolgere operatori e tecnici esperti delle varie fasi di attività, dalla acquisizione del dato, alla interpretazione scientifica, alla definizione dei criteri di trasformazione/memorizzazione numerica fino alla rappresentazione cartografica con sistemi automatici.

La sperimentazione ha avuto come riferimento oggettivo la "Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione" (AA.VV., 1995), con modulazioni, variazioni e integrazioni riferite agli specifici contesti territoriali scelti come aree campione.

Le problematiche sviluppate hanno interessato le metodologie per la fornitura dei dati, i criteri operativi di loro memorizzazione, le modalità di acquisizione del dato cartografico e la cartografia sperimentale derivata a partire da dati numerici idrogeologici.

I risultati della ricerca effettuata forniscono un contributo rilevante alla definizione di metodologie e di procedure da utilizzare nella realizzazione della cartografia idrogeologica a scala 1:50.000 o ad altre scale, tuttavia non possono essere adottati in via definitiva per l'allestimento e la realizzazione della cartografia idrogeologica ufficiale.

Si ritiene necessario infatti lo sviluppo di ulteriori sperimentazioni in diversi contesti idrogeologici rappresentativi del territorio nazionale e insieme l'approfondimento delle problematiche emerse nel corso della ricerca, relative alla utilizzazioni di strumenti e metodologie informatiche dall'*input* dei dati alla rappresentazione cartografica dei risultati. In molti casi gli approfondimenti effettuati hanno consentito di individuare e di definire soluzioni accettabili e condivisibili. Per altri sono necessarie ulteriori finalizzazioni e specifici orientamenti in particolare per quanto riguarda la utilizzazione e la gestione numerica di simboli e graficismi.

È in ogni caso necessario evidenziare due

aspetti significativi del processo di sperimentazione descritto.

In primo luogo la validità dei contenuti della "Carta Idrogeologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento e alla rappresentazione" (AA.VV., 1995) come riferimento per la produzione cartografica ufficiale a scala 1:50.000, pur considerando i limiti di applicabilità evidenziati dalle verifiche sperimentali effettuate, del resto in parte comprensibili, considerato il tempo trascorso dalla pubblicazione e lo sviluppo di metodologie e tecnologie informatiche nel frattempo intervenute.

In secondo luogo la possibilità di gestione numerica del dato idrogeologico come segmento di una banca dati tematica che, si ritiene, debba essere oggetto di uno specifico approfondimento.

È infine il caso di segnalare che il valore aggiunto del "PROGETTO" e della sperimentazione effettuata è rappresentato dalla interazione e dalla collaborazione sviluppata tra tecnici e operatori diversi, coinvolti in tutte le fasi della attività, che hanno fornito specifici contributi agli aspetti connessi alla restituzione del dato attraverso sistemi numerici, definito una prima modalità per la fornitura dei dati e degli elementi informativi e orientato gli approfondimenti finalizzati alla restituzione cartografica e alla costruzione di una banca dati.

Per il futuro si ritiene che le risorse debbano essere orientate alla realizzazione di ulteriori sperimentazioni, all'approfondimento della utilizzazione di strumenti e metodologie informatiche e alla soluzione di specifiche problematiche evidenziate nell'ambito del "PROGETTO".

In un momento successivo, dopo il consolidamento delle linee guida, sarà possibile valutare le integrazioni e/o le modifiche da apportare alla normativa.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1985) - *Norme per la cartografia idrogeologica e del rischio geologico* - Serv. Geol. d'It., Quad. Serie II, 1, IPZS, Roma.
- AA.VV. (1992) (PASQUARÈ G., ABBATE E., BOSI C., CASTIGLIONI G.B., MERENDA L., MUTTI E., OROMBELLI G., ORTOLANI F., PARLOTTO M., PIGNONE R., POLINO R., PREMOLI SILVA I., SASSI F.P.) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento*. C.N.R. Commissione per la cartografia geologica e geomorfologica, IPZS, Roma.
- AA.VV. (1993) (MOTTERAN G., SCALISE A.R., TERRIBILI D., VENTURA G., ZATTINI N.) - *Carta Idrogeologica d'Italia in scala 1:50.000 - Foglio n. 389 Anagni*, IPZS, Roma.
- AA.VV. (1995) (MARI G.M., MOTTERAN G., SCALISE A.R., TERRIBILI D., ZATTINI N.) - *Carta Idrogeologica d'Italia in scala 1:50.000 - Guida al rilevamento ed alla rappresentazione*. Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, 5, IPZS, Roma.