Un *Web Information System* per la geografia del sottosuolo d'Italia quale strumento di conoscenza, salvaguardia e prevenzione dei rischi.

Mario Petrone*, Massimo Mancini**, Roberto Zarrelli*, Eugenio Pasquariello*, Michele D'Amico***, Marco Meneghin**

* Università degli Studi del Molise, Dip.to di Scienze Economiche, Gestionali e Sociali, Via F. De Sanctis snc, 86100, Campobasso, 0874.4041, petrone@unimol.it.
** Società Speleologica Italiana - Commissione Cavità Artificiali, maxman@unimol.it, marcom73@ libero.it
*** Via S. Giovanni dei Gelsi, 86100, Campobasso, damico.michele@alice.it

Riassunto

Un'elevata percentuale del territorio italiano è occupato da aree carsiche nelle quali si sviluppano numerose cavità naturali, sono oltre 35.000 quelle complessivamente censite in tutti i catasti regionali, coordinati a livello nazionale dalla Commissione Catasto delle Grotte d'Italia della Società Speleologica Italiana (SSI). La stessa organizzazione coordina, altresì, il Catasto Nazionale delle Cavità Artificiali nel quale risultano censiti circa 4.000 ipogei, molti dei quali veri e propri monumenti d'interesse storico e archeologico. Le preziosissime informazioni topografiche, geografiche, geologiche, idrogeologiche, storiche, archeologiche e biologiche, relative a quasi 40.000 ipogei del nostro Paese, molti dei quali situati in aree di elevato pregio naturalistico e già protette dall'Unione Europea, risiedono attualmente nei differenti catasti regionali gestiti con modalità disomogenee e non ancora disponibili secondo un unico standard di riferimento. Emersa, pertanto, l'esigenza di integrare ed armonizzare la gestione di tali informazione nell'ambito delle attività della Commissione Catasto Nazionale della SSI, in collaborazione con il Centro di Ateneo per la Didattica e la Ricerca in Informatica (CADRI) dell'Università degli Studi del Molise, è stato progettato e realizzato un Sistema Informativo Territoriale (SIT) "*web oriented*" utilizzando idonei modelli di archiviazione e moderne strumentazioni telematiche. L'indubbia importanza naturalistica delle grotte, riconosciuta come tale anche dalla Direttiva Habitat 43/92 CEE; il loro interesse strategico come conduttori principali della maggior parte delle acque di elevata qualità oggi destinate ad uso idropotabile; l'importanza storico-archeologica degli ipogei artificiali ed, altresì, il rischio ad essi connesso di incidenti per l'uomo determinati dall'inevitabile incuria degli ingressi, sono le motivazioni principali che hanno mosso la SSI e l'Università degli Studi del Molise a collaborare per la realizzazione di un efficace strumento di gestione di questo inestimabile patrimonio di conoscenze del territorio italiano fino ad ora rimasto "sommerso". Il sistema così come realizzato ha attualmente già trovato applicazione nella gestione del Catasto Nazionale delle Cavità Artificiali in Italia. A livello sperimentale, si sta applicando un modello di WIS dedicato anche alle cavità artificiali del territorio Giordano, nell'ambito delle attività di ricerca condotte a Petra ed a Shawbak dalla missione italiana dell'Università degli Studi di Firenze e dell'Università degli Studi dell'Aquila. La funzionalità di questo SIT "*web oriented*" verrà testata, altresì, attraverso la sua applicazione sperimentale in combinazione con il rilevamento satellitare per le attività di monitoraggio ambientale di cavità situate in aree remote.

Abstract

An high percentage of the Italian territory is occupied by karst areas in which there are numerous natural cavities where those surveyed in regional cadastres are beyond 35.000, coordinated by the National Cadastre Commission of the Italian caves of the Italian Speleological Society (SSI). The same organization coordinates, also, the National Cadastre of artificial cavities in which are sur-

veyed approximately 4.000 hypogeous, many of which are real monuments of historical and archaeological interest. The precious topographical, geographic, geologic, hydrogeological, historical, archaeological and biological information relative nearly 40,000 hypogeous of our Country, many of which situated in areas of high nature value and already protect from the European Union, they currently reside in different regional cadastres managed without omogeneous modalities or standard of reference. In order to integrate and to harmonize management of this information in the scope of the activities of the Commission National Cadastre of the SSI, in collaboration with the University Centre for Teaching and Research in Computer science (CADRI) of the University of Studies of Molise, has been planned and realized a "web oriented" territorial informative system using suitable models and instruments. The certain naturalistic importance of the caves recognized as such also by Habitat Directive 43/92 EEC; their strategic interest as main conductors of the greater part of high quality waters destined today for hydropotable purposes; the historical-archaeological importance of the artificial hypogeous and, also, the connected risk of incidents for humans resulting from the inevitable neglect of the entrances, are the main reasons that have moved the SSI and the University of Studies of Molise to collaborate for the realization of an effective instrument of management of this priceless wealth of knowledge of the Italian territory till now remained "submerged". The system is currently used for the management of the National Cadastre of the Artificial Cavities of SSI.

Introduzione

In Italia il patrimonio di ambienti naturali ipogei (grotte) e di strutture architettoniche del sottosuolo (cavità artificiali) è estremamente diffuso in tutto il territorio. Nonostante le caratteristiche che ne rendono difficile l'individuazione, l'esplorazione e lo studio, sebbene tale patrimonio ipogeo sia ancora poco conosciuto e descritto, tra grotte e cavità artificiali, presenta numeri e tipologie di notevole interesse oltre che pregio naturalistico, storico, archeologico e architettonico. La comunità speleologica, nella quale operano anche ricercatori di differenti discipline (geografi, geologi, biologi, archeologi, storici, chimici, ingegneri etc), sin dai primi decenni del XX secolo, ha condotto con estrema precisione censimenti prima a livello nazionale poi, soprattutto, a livello regionale, delegando il coordinamento del Catasto Nazionale delle Grotte d'Italia e più recentemente anche quello delle Cavità Artificiali, alla Società Speleologica Italiana (SSI). Grazie alle attività condotte dai gruppi speleologici e dalle Federazioni Speleologiche Regionali, coordinate dalle Commissioni Catasto Grotte e Cavità Artificiali della SSI, oggi si conoscono quasi 40.000 ipogei: 35.000 grotte circa e poco meno di 4.000 cavità artificiali di differenti tipologie. Per una più approfondita trattazione, storica e statistica dell'argomento si rimanda ai contributi di G. Badino (2000), P. Mietto (2002), AA.VV. (2007), (Di Fabio, 2004) ed alla ricchissima letteratura sull'argomento reperibile presso il Centro Italiano di Documentazione Speleologica "F. Anelli" di Bologna (Sivelli, 2002). In generale, per ogni ipogeo individuato fino ad oggi, è stata compilata una scheda cartacea contenente ogni tipologia di dato topografico (coordinate, rilievo, quota in m.slm, sviluppo, profondità), storico, esplorativo, geologico ed idrogeologico, biologico, bibliografico ed anche tipologico-architettonico per le cavità artificiali, oltre che informazioni relative allo stato di conservazione ed all'eventuale ancora attuale utilizzo. In considerazione dell'avvento e della diffusione delle nuove tecnologie informatiche, più recentemente, molte Federazioni Regionali stanno procedendo autonomamente all'informatizzazione dei propri catasti regionali, purtroppo in maniera poco coordinata e molto disomogenea nei sistemi di archiviazione prima e di gestione poi di un dato ambientale, quello sugli ipogei del nostro Paese, che potenzialmente, se uniformato, potrebbe configurarsi quale vero e proprio sistema informativo territoriale di estremo interesse per tutte le comunità e gli enti che operano sul territorio. Tali informazioni nel loro complesso avrebbero un'importante e strategica applicazione per la gestione delle risorse idriche sotterranee, ad esempio, o in fase di progettazione, in fase di realizzazione e di successiva gestione di infrastrutture e di attività sia di pubblico interesse sia, più limitatamente ma con maggiori risvolti economici, in ambito privato. In seno alla Commissione Catasto Nazionale delle Grotte della SSI, emersa pertanto l'esigenza di coordinare questa importante mole di dati ambientali attraverso un unico strumento di archiviazione e gestione, nel triennio

2006/2008 in collaborazione con il Centro di Ateneo per la Didattica e la Ricerca in Informatica (CADRI) dell'Università degli Studi del Molise, è stato progettato e realizzato un *Web Information System* (WIS) nel quale far confluire tutti i dati di ogni singolo ipogeo di tutte le regioni d'Italia, un vero e proprio Sistema Informativo Territoriale *web-oriented* su tutte le grotte e le cavità artificiali del nostro Paese.

Descrizione del sistema

Il sistema è stato progettato in modo tale da essere scalabile, in quanto consente di aggiungere nodi di elaborazione in grado di adeguare le capacità elaborative in base alla quantità dei dati e degli utenti da gestire; inoltre, è stato sviluppato utilizzando il framework P4A (http://p4a.crealabsfoundation.org/) ed impiegando le seguenti tecnologie software:

- webserver Apache versione 2;
- linguaggio PHP versione 5;
- DBMS Mysql versione 5.

In considerazione del profilo utente, l'applicazione offre differenti funzionalità; sono, infatti, stati definiti quattro diversi profili utente:

- ospite: l'unica possibilità offerta a questo tipo di utente è quella di registrarsi nel sistema;
- registrato: ha la possibilità di effettuare ricerche e consultare i contenuti del sistema;
- amministratore di primo livello: è rappresentato dal responsabile del catasto regionale ed oltre ad avere le stesse funzionalità dell'utente registrato ha la possibilità di proporre modifiche ai dati, di cui è responsabile, all'amministratore di secondo livello;
- amministratore di secondo livello: è rappresentato dal responsabile del catasto nazionale ed oltre ad avere le stesse funzionalità dell'amministratore di primo livello ha la possibilità di approvare le modifiche proposte dai responsabili regionali.

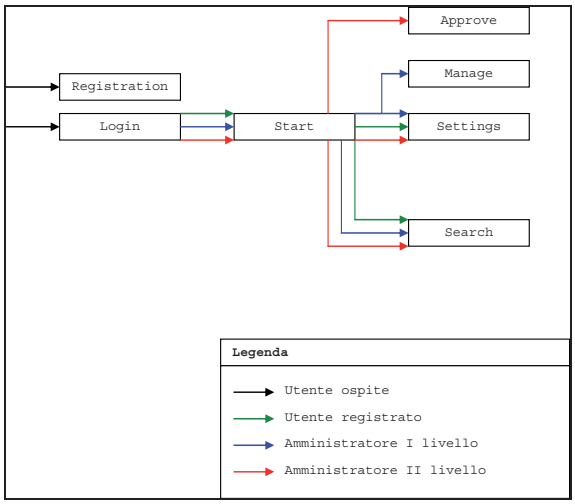

Figura 1 - funzionalità del sistema in relazione ai differenti profili

Lo schema logico della base dati è stato modellato sui requisiti funzionali, dopo un'esaustiva analisi condotta su diversi prototipi software, in modo da essere, oltre che coerente nella rappresentazione dei dati, soprattutto ottimizzato ai fini della ricerca e della gestione dei dati. La struttura studiata permette un'organizzazione dei dati ben classificata. Ogni cavità, infatti, può appartenere ad una categoria principale ed, eventualmente, anche a più categorie secondarie che, a loro volta, possono essere ulteriormente estese. La gestione delle proposte di modifica o eliminazione delle cavità da parte dei responsabili regionali al responsabile nazionale del catasto è organizzata in modo da tenere

traccia di tali informazioni oltre a registrare la relativa data e ora della richiesta ed il relativo stato di approvazione. Per quanto riguarda la parte di georeferenziazione, ad ogni risorsa nel sistema sono collegati i parametri spaziali utili alla visualizzazione grafica su una cartina di riferimento.

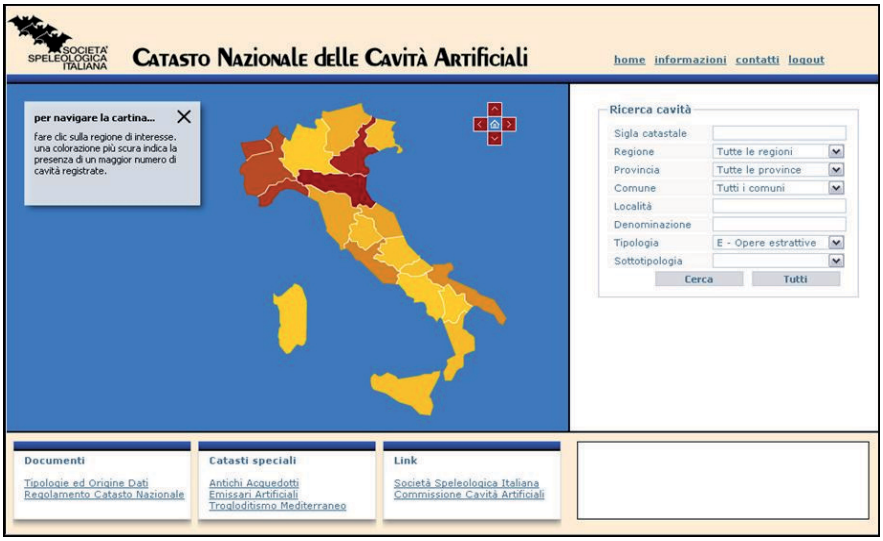

Figura 2 - Esempio di visualizzazione grafica

Potenzialità del WIS

Quale strumento di conoscenza e salvaguardia il WIS consentirà, ad ogni categoria di utente abilitato, di poter disporre facilmente di tutte le informazioni relative agli ipogei d'interesse. Oltre ai dati topografici, in esso risiederanno infatti anche dati storici, biologici, naturalistici in genere, archeologici ed architettonici, tutti utili all'individuazione degli ipogei già in fase di programmazione nei casi di progettazione di strutture e di infrastrutture da realizzarsi in superficie; dati utili, quindi, alla tutela degli ipogei stessi già nelle preventive fasi di valutazioni d'impatto (VIA), d'incidenza (VINCA) o più ampiamente strategica (VAS) per territori molto estesi. La loro possibile individuazione, informaticamente sovrapposta ad altri "livelli" di conoscenze, quale ad esempio quello delle tipologie di protezione del territorio (Aree Protette, SIC, ZPS, IBA, etc) consentirà, altresì, nei casi di interventi di valorizzazione, di attribuire valore aggiunto alle località nelle quali si stanno promuovendo anche azioni di conservazione. Più in particolare, l'uso di tale WIS può trovare applicazione anche in combinazione con il rilevamento satellitare per la raccolta e l'archiviazione i dati ambientali relativi a cavità per le quali si sta progettando un'eventuale valorizzazione turistica, nelle quali sono dunque in essere attività di monitoraggio dei parametri chimico-fisici rilevati da idonei *data-loger*; o il monitoraggio dei parametri relativi ad emissioni di radon da porre in relazione con attività microsismica associati anche alla gestione di sismometri o accelerometri appositamente ubicati in zone profonde di grotte ubicate in aree remote. Sono questi solo alcuni esempi di applicazioni del WIS progettato. L'importanza di far risiedere tutte le informazioni relative agli ipogei del nostro Paese in un solo Sistema Informativo Territoriale "*web oriented*", nel quale sia possibile controllare inconfutabilmente il flusso di dati, oltre che per motivi di natura pratica e logica, ha motivo di prevedere la sua strutturazione in un unico "contenitore", essenzialmente, per quelle particolari utenze legate alla sicurezza dei luoghi e delle persone involontariamente o deliberatamente coinvolte in incidenti nei quali è richiesto l'intervento della Protezione Civile o in particolare del Corpo Nazionale di Soccorso Alpino e Speleologico. Per tali Corpi, poter ricorrere istantaneamente, anche tramite connessione remota (telefonino palmare o minipc) al SIT, così come strutturato, consenti-

rebbe al primo soccorritore di poter disporre di dati, importantissimi per abbattere, ad esempio, i tempi di intervento, quali:

- coordinate del punto d'ingresso o di altri accessi;
- itinerario di avvicinamento;
- rilievo dell'ipogeo;
- note d'armo relative alla presenza, ove esistenti, di attacchi artificiali già installati per la progressione o loro grado di obsolescenza;
- segnalazione della casistica di incidenti già avvenuta;
- nominativi e recapiti di tecnici esperti quali speleologi, ad esempio, che già conoscono bene la cavità.

Diversamente, ai fini di un intervento necessariamente rapido, l'attuale frammentazione dei dati residenti in server differenti ed ognuno dipendente da un gestore e da un manutentore diverso, oltre che da alimentazioni diverse, e molto spesso in sottodirectory di difficile reperibilità, potrebbe determinare la non assoluta possibilità di accedere istantaneamente alle risorse informative necessarie. Un'altra casistica particolare, molto spesso sottovalutata, è quella relativa agli incendi in aree carsiche o in aree nelle quali sono presenti cavità ad ingresso verticale, delle vere e proprie trappole per chi deve intervenire. In fase di programmazione di un intervento di contenimento e di spegnimento dell'incendio, in aree dove la concentrazione di cavità può essere pericolosamente alta, può essere senza dubbio utile avere l'immediata distribuzione e localizzazione degli ipogei. Ed ancora per le amministrazione competenti nella gestione del territorio (Regioni, Province, Comuni, Comunità Montane, etc), poter disporre di elenchi di ipogei e dei dati relativi significa, inoltre, poter prendere in considerazione interventi sia di messa in sicurezza sia di controllo e prevenzione di attività illecite quali ad esempio la gestione di rifiuti. Anche per le Forze dell'Ordine impegnate nella ricerca di dispersi o in caso di rapimenti, poter disporre in breve tempo delle ubicazioni degli ipogei presenti nelle aree più prossime a quella di sparizione, può determinare risvolti anche risolutivi. Non meno rilevante, è l'aspetto legato alla ricerca ed al monitoraggio di risorse idriche sotterranee; i sistemi carsici accessibili all'uomo consentono di monitorare direttamente le falde che alimentano sorgenti di acqua di elevata qualità importanti quanto strategiche, nel momento storico climatico in cui viviamo, per l'approvvigionamento idrico di aree urbane, poli industriali e località turistiche.

Risultati e applicazioni in itinere.

L'attuale modello è stato realizzato, in una fase preliminare, per esigenze legate prevalentemente all'individuazione ed alla descrizione degli ipogei secondo le indicazioni della Società Speleologica Italiana. Realizzato per la gestione del Catasto Nazionale delle Grotte d'Italia, il primo modello ha suscitato subito molto interesse; presentato ufficialmente nel 2007 anche ad un apposita commissione del Dipartimento della Protezione Civile, tuttavia, per la sua applicazione la Società Speleologica Italiana e le Federazioni Speleologiche Regionali hanno ritenuto di dover provvedere ad una più approfondita fase di concertazione ancora in essere. La Commissione Cavità Artificiali della stessa SSI ne ha invece approvato l'intera struttura proponendone dapprima un'applicazione sperimentale agli ipogei di loro interesse, le cavità artificiali, e subito la compilazione in forma sintetica delle singole schede di ogni ipogeo (circa 3000) oggi attualmente in uso e consultabile on-line secondo precise modalità opportunamente regolamentate. Attualmente sono in fase sperimentazione sia un nuovo modello da applicarsi al costituendo catasto delle cavità artificiali della Giordania sia un modello che consenta di visualizzare, scaricare e archiviare, con tecniche di telerilevamento, dati ambientali monitorati in ipogei ubicati in aree remote. Il primo sta realizzandosi nell'ambito delle pluriennali missioni italiane dell'Università degli Studi di Firenze e dell'Aquila impegnate in attività di ricerca, censimento e rilevamento topografico dei numerosi villaggi rupestri, dei luoghi di culto ipogei e dei sistemi sotterranei di approvvigionamento idrico. Il sistema integrato con il telerilevamento sarà testato su di una grotta oggetto di valorizzazione turistica nella quale dovranno essere rilevati i parametri ambientali, senza dover ricorrere a periodici sopralluoghi, salvo quelli necessari

per il controllo delle strumentazioni. Il ricorso al telerilevamento dovrebbe consentire di abbattere costi e tempi di impiego di personale dedicato.

Ringraziamenti
Fondamentali sono stati i contributi diretti, le conoscenze messe a disposizione e, non meno importanti, le sollecitazioni a realizzare questo lavoro, giunte da più amici. Un sentito ringraziamento va a William Formella, responsabile del Catasto Regionale delle Grotte dell'Emilia Romagna; Giovanni Badino, Fisico dell'Università degli Studi di Torino; Ezio Burri, Geografo dell'Università degli Studi dell'Aquila; Carla Galeazzi e Carlo Germani infaticabili pilastri della Commissione Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana.

Bibliografia
AA.VV. (2007), "Carta degli antichi acquedotti italiani", Opera Ipogea, Anno 9, 1/2007:3-74.
Di Fabio E. a cura di (2004), "Il Catasto Nazionale delle Cavità Artificiali" Opera Ipogea, Anno 4, 2-3/2004:3-79.
Badino G. (2000), "Le terre della notte", Geologia dell'Ambiente, periodico della SIGEA, Anno VIII, 3:39-48.
Mietto P. (2002), "Il patrimonio speleologico in Italia", Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie II, 13:43-51.
Sivelli M., (2002), "Il Centro Italiano di Documentazione Speleologica "F. Anelli", Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie II, 13:93-95.