

Integrazioni geotematiche al rilevamento geologico: il caso del foglio “Antrodoco”

Geothematic Integration to Geological Map Survey: the “Antrodoco” Case Study

AMANTI M. (*)

ABSTRACT – The Antrodoco project starts in 2004 in order to directly test “in house” the entire procedure to survey and print a geological map together with its related notes. In the project, geothematic maps are surveyed too, to add additional information to those that constitute the geological base map.

From a general point of view geothematic maps can be obtained by extraction from an already existing set of data, selecting one or more features of outcropping terrains, can be surveyed *ad hoc*, through the work of specialists, or may be elaborated combining information coming from both the previous ones.

An example of the first possibility is a map of the terrain according to their genesis, information already existing on a geological map.

An example of the second hypothesis is the landslide distribution map, information gathered directly in the field by expert surveyors.

An example of the third case is an hydrogeological map, which takes into account the information obtained from underground and surface geology, but that requires qualitative and quantitative information on water, obtained from surveys and direct measurements on springs and river beds. In this paper the results obtained so far are briefly presented; in particular, the covered topics are: hydrogeology and source for geological hazard of slope instability, human activities (quarries and landfill), karstification. Field surveys have been carried on by Applied Geology and Hydrogeology Service of the Soil Protection Department / Geological Survey of Italy.

PAROLE CHIAVE: Cave, Carsismo, Dissesti, Geotematismi, Idrogeologia.

KEY WORDS: Quarries, karstification, landslides, geothematic maps, hydrogeology.

1. – INTRODUZIONE

Il progetto Foglio “Antrodoco” nasce nel 2004 con lo scopo di testare direttamente “in casa” l’intera procedura per il rilevamento e la stampa di un foglio geologico e delle relative note illustrative.

Nel progetto, al rilievo geologico vengono affiancati dei geotematismi, ovverosia dei *set* di informazioni selezionate o aggiuntive rispetto a quelle geologiche che costituiscono la carta di base.

Dal punto di vista generale un geotematismo può essere ricavato per estrazione da un set di dati già esistente, evidenziando una o più caratteristiche dei terreni affioranti, può essere rilevato *ad hoc*, attraverso il lavoro di specialisti del settore, o può essere elaborato da un insieme dei set di dati precedenti.

Un esempio della prima possibilità è una carta dei terreni in base alla loro genesi, informazione già presente sulla carta geologica.

Un esempio della seconda ipotesi è rappresentato dalla carta dei movimenti di versante, o della distribuzione delle sorgenti, informazioni raccolte direttamente in campagna da esperti del settore.

Il terzo caso è rappresentato ad esempio dalla carta idrogeologica, che tiene conto delle informazioni superficiali e sotterranee ricavate dalla geologia, ma che necessita di informazioni qualitative sulle acque, ricavabili da indagini e misurazioni dirette su sorgenti e alvei fluviali.

In questo lavoro vengono brevemente presen-

(*) ISPRA - Servizio Geologico d'Italia/ Servizio Geologia Applicata e Idrogeologia

tati i risultati finora acquisiti su alcuni dei rilievi geotematici che hanno affiancato il rilevamento geologico, più specificamente quelli prodotti dal Servizio di Geologia Applicata e Idrogeologia del Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia. In particolare i temi trattati sono: idrogeologia e sorgenti, pericolosità geologica per instabilità dei versanti, attività antropiche (cave e discariche), carsismo.

2. - IDROGEOLOGIA

Nell'ambito dei rilievi idrogeologici sono stati realizzati: 1) censimento delle principali sorgenti (circa 250); 2) esecuzione di misure della portata di magra dei principali corsi d'acqua (fiumi Velino, Ratto e Aterno) e dei loro tributari a regime perenne (circa 45 sezioni di misura); 3) costituzione di una rete di monitoraggio con cadenza mensile delle portate di sorgenti (circa 70) e dei corsi d'acqua principali (circa 10 sezioni); 4) acquisizione *in situ* dei parametri chimico-fisici delle acque (temperatura, conducibilità elettrica specifica e pH) e analisi chimica delle acque sorgive ritenute più rappresentative.

Inoltre, sono stati definiti in via preliminare i complessi idrogeologici, le principali strutture idrogeologiche, le relazioni di scambio idraulico tra le acque sotterranee e superficiali, le direttrici di flusso delle acque sotterranee, nonché le variazioni e relazioni stagionali, annuali e storiche dei parametri idrogeologici delle sorgenti rispetto alle informazioni termo-pluviometriche. Un geodatabase idrogeologico è stato appositamente costruito per gestire i dati raccolti, a valle di un dettagliato lavoro di organizzazione e validazione dei dati stessi.

Riguardo alla discussione dei dati idrogeologici misurati nelle varie stazioni della rete di monitoraggio, è stato evidenziato un simile andamento della portata fluviale rispetto al tempo (morbida marzo-aprile, magra ottobre-novembre) ed è stato possibile nel dettaglio raggruppare le sorgenti aventi *trend* portata-tempo compatibili. Tali gruppi potranno essere quindi associati a strutture idrogeologiche specifiche e/o aventi simili caratteristiche. Invece, i valori di temperatura, pH e conducibilità elettrica delle acque sorgive non mostrano *trend* significativi rispetto al tempo. Ad ogni modo, riguardo alla conducibilità elettrica, è stato possibile distinguere in intervalli discreti i valori medi caratteristici delle varie sorgenti (228-305, 306-390, 391-460, 461-520, 521-660, 661-880, >880 mS/cm), che sarà possibile prendere in considerazione per una discussione di dettaglio.

La cartografia idrogeologica preliminare proposta in figura 1, oltre alle caratteristiche relative

ai bacini idrografici ed alle linee tettoniche principali, rappresenta anche i complessi idrogeologici distinti in base alla permeabilità relativa, le sezioni di misura in alveo, le sorgenti e le caratteristiche dei principali corsi d'acqua. In particolare, questi ultimi due elementi sono stati rappresentati utilizzando i dati quantitativi raccolti in campagna.

Infatti, sulla base delle misure di portata sequenziali in regime di magra dei principali corsi d'acqua, è stato elaborato un bilancio degli scambi tra acque sotterranee e superficiali lungo le aste fluviali stesse. È stato evidenziato che il F. Velino ha settori discontinui sia drenanti (circa 50 l/s per km lineare) nella zona di monte del bacino idrografico (MARTARELLI *et alii*, 2007), sia disperdenti (circa 100 l/s per km) nella restante porzione ricadente nell'area del foglio Antrodoco. Il F. Ratto è sede di una moderata azione drenante delle acque sotterranee (circa da 2-5 a 10-15 l/s per km; MARTARELLI *et alii*, 2007) lungo tutto il suo corso. Il F. Aterno mostra settori drenanti discontinui (media 25 l/s per km), ma localmente anche settori dove elevate quantità di acqua vengono disperse verso la falda acquifera (circa 50-150 l/s per km). All'interno dell'area del Foglio sono stagionalmente secchi il settore d'origine del F. Ratto, il settore di valle del F. Velino (interessato da una consistente derivazione di acque a scopo idroelettrico) ed il settore di valle del F. Aterno.

I valori delle portate sorgive sono generalmente bassi (<10 l/s), ad eccezione di alcune sorgenti pedemontane o di fondovalle (10-100 l/s) e di una sorgente che raggiunge poche centinaia di l/s, e quindi è stato ritenuto opportuno rappresentare le sorgenti in relazione ai valori di conducibilità elettrica specifica. Escludendo le poche sorgenti sulfuree, è possibile riconoscere che la conducibilità delle acque delle emergenze che hanno interagito con i terreni dei complessi idrogeologici calcareo, calcareo-marnoso, marnoso-calcareo e marnoso è compresa tra valori da bassi ad intermedi (228-460 mS/cm), mentre quella delle acque associate al complesso dei flysch ha valori medio-alti (391-880 mS/cm).

3. - PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

La valutazione della pericolosità geologica relativa alla instabilità dei versanti è un argomento trattato nell'ambito del programma CARG attraverso specifici finanziamenti. Al momento sono 4 i fogli sperimentali realizzati o in fase di realizzazione e più precisamente: Deigo (Piemonte), Castelnuovo in Garfagnana (Toscana), Marmolada (Trento, Bolzano, Veneto) e S. Bartolomeo in Galdo (Puglia).

Nell'area di Antrodoco si è programmata una sequenza di attività iniziate con la raccolta, l'organizzazione e l'integrazione dei dati esistenti. Partendo dall'inventario frane di IFFI (APAT, 2008) i dati relativi ai fenomeni di versante sono stati raccolti e inseriti in un apposito database cartografico, integrati con verifiche e osservazioni di campagna, rilievi foto interpretativi, indagini storiche su archivi.

Il risultato è la carta della distribuzione dei dissesti, avente un grado di dettaglio alla scala 1:10.000, in cui ad ogni fenomeno è collegata una scheda contenente i dati sul modello IFFI.

In totale, sono state censite ad oggi 367 aree in frana, per una superficie complessiva di circa 10 km².

Le frane interessano prevalentemente la formazione del flysch della Laga (41%) e le successioni carbonatiche di piattaforma, scarpata e bacino (30%). In misura minore sono interessate la formazione delle Marne a Cerrognana (17%), le successioni calcareo-marnoso-argillose (10%) e i depositi di detrito (2%).

Per quanto riguarda la tipologia del movimento, se si considera il numero degli eventi franosi, prevalgono le frane da crollo (56%), cui seguono gli scivolamenti traslativi (18%). Se si considera l'estensione delle aree in frana, ponendo a parte le DGPV, i fenomeni di crollo continuano a essere tra i più rappresentati, anche se superati in estensione dalle frane complesse.

Ai fini di un approfondimento dell'analisi delle relazioni tra tipologia e distribuzione dei fenomeni franosi e caratteristiche del paesaggio, si è proceduto alla individuazione di areali caratterizzati da una relativa omogeneità dell'assetto morfologico, litologico e strutturale, e dal prevalere di alcuni processi morfodinamici rispetto ad altri, che costituiscono le Unità di Paesaggio.

Le Unità di Paesaggio individuate sono:

- 1) Rilievi carbonatici molto elevati della successione Umbro-marchigiana;
- 2) Rilievi carbonatici della successione Umbro-marchigiana;
- 3) Rilievi carbonatici della unità M. Giano-M. Gabbia;
- 4) Rilievi carbonatici della unità G. Sasso-Cittareale;
- 5) Rilievi calcarei, calcareo-argillosi e marnosi;
- 6)

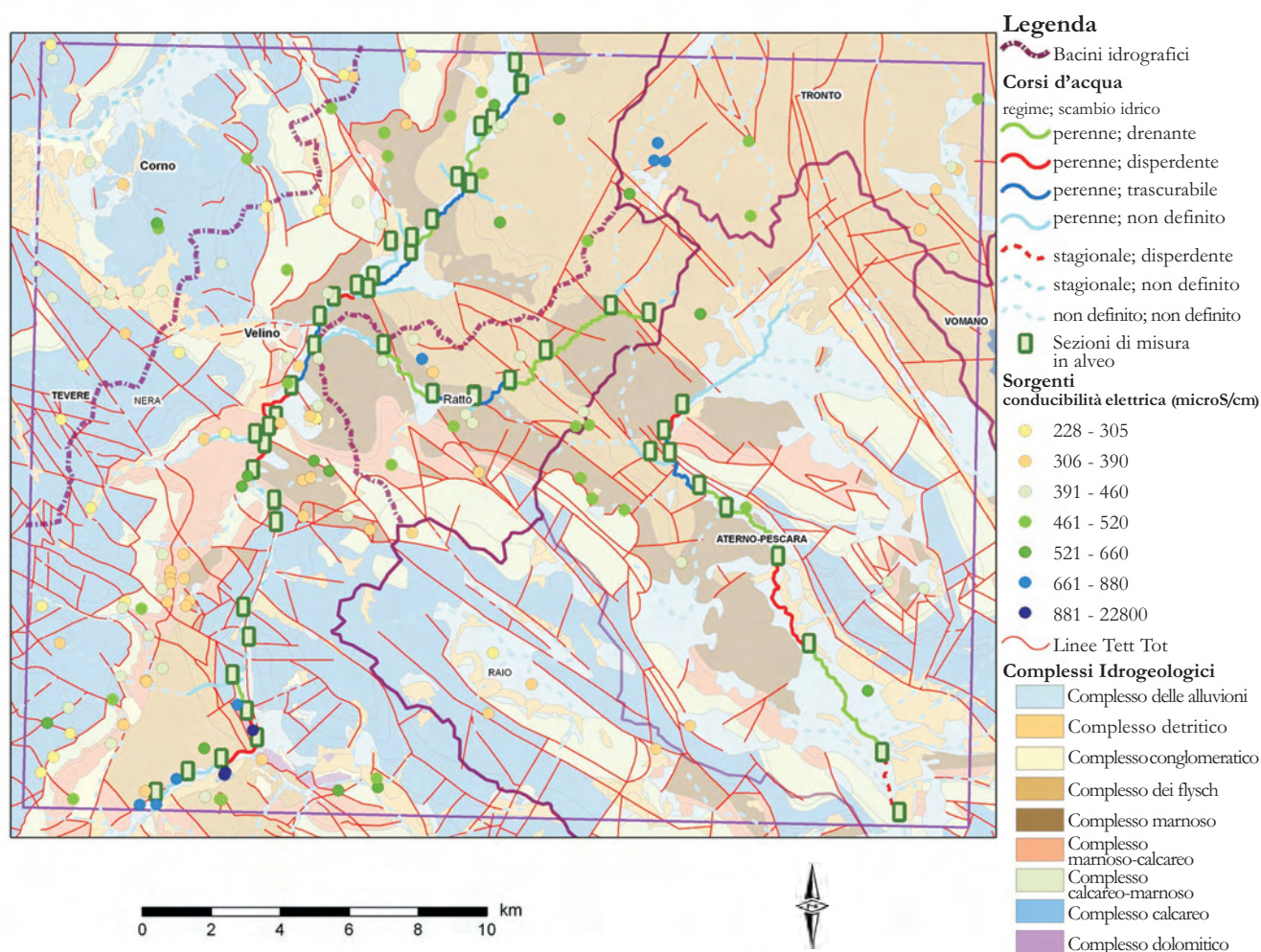


Fig. 1 - Carta Idrogeologica preliminare dell'area del Foglio Antrodoco. Le sorgenti sono state distinte rispetto alla conducibilità elettrica.
- Preliminary hydrogeological map of Antrodoco sheet area. Springs are classified according to their electrical conductivity.

Rilievi marnosi; 7) Rilievi in successioni flyschoidi arenaceo-siltose; 8) Conche intramontane e valli principali.

Lo studio della distribuzione delle frane in funzione delle Unità di paesaggio consente di analizzare in maniera più mirata i settori del foglio maggiormente interessati dai fenomeni, segnatamente quelli ricadenti nelle unità 1 (fig. 2), 5 e 7.

Nell'unità 4. *Rilievi carbonatici della unità G. Sasso-Cittareale*, un aspetto peculiare è dato dalle caratteristiche forme di erosione pseudocalanchive presenti nelle aree di affioramento delle formazioni calcareo-dolomitiche del Calcare Massiccio e della Corniola (fig. 3).

4. - ATTIVITÀ ANTROPICHE

Le attività estrattive, soprattutto quelle in superficie, hanno da sempre dato origine ad uno dei maggiori impatti negativi per l'ambiente.

Per anni il controllo sulle attività è stato attuato dal Corpo delle Miniere del Min. Industria (R.D. 29.07.1927 n. 1443), poi con l'istituzione delle Regioni, le competenze ed i controlli in materia di "cave" sono diventate competenze regionali (D.P.R. 616/1977).

Nonostante le normative regionali ed i regolamenti vigenti in materia di impatto Ambientale (D.P.C.M. 10/08/88 n. 377) in special modo sul "Recupero delle aree degradate a seguito di attività estrattive", ancor'oggi si notano moltissime attività di cava abbandonate che lasciano un segno indelebile per moltissimi anni all'ambiente circostante.

In generale si nota che sono pochi gli interventi di recupero ambientale e di regimazione ma, soprattutto, pochi sono i controlli sull'utilizzo delle aree di cava un volta abbandonate o dismesse.

Dall'esame delle varie banche dati è emerso che esse sono prevalentemente finalizzate all'acquisizione dei dati sulle nuove concessioni e nello specifico riguardanti quelli: minerari, vincolistici, statistico-amministrativi (tipo di lavorazioni, metodi di estrazione, quantità di materiale estratto, ecc.). Risultano però carenti per gli aspetti geologici, morfologici, lo stato dell'ambiente, gli impatti sul recupero ambientale a seguito dei lavori, soprattutto non riportano notizie sulle cave dismesse e/o abbandonate e sui lavori di ripristino ambientale.

È stata quindi approntata una nuova scheda raccolta dati, modificando quanto proposto in VALLARIO & DE GAUDIO (2007), che tenesse conto di tali esigenze di tipo ambientale, quali la scelta dei luoghi e dei metodi di coltivazione, con un maggior rispetto dell'ambiente, una migliore

pianificazione dello sfruttamento delle risorse e un migliore recupero ambientale.

La scheda cartacea è composta di 4 parti.

La prima parte riporta a dati generali quali: ubicazione regione, comune con codice istat, località, bacino principale e secondario; Tipo di attività (Cava o Miniera), materiale estratto, stato dell'attività (attiva, sospesa, dismessa, abbandonata, ecc.).

La seconda parte raccoglie indicazioni morfologiche quali: contesto dell'attività di pianura di collina e di monte (piedimonte, mezzacosta, culmine); indicazioni morfometriche: quote, lunghezza, esposizione; sistema di coltivazione (gradoni, ad imbuto, a platea, altro); tipo d'escavazione (unico, rettilineo, subsferico, multiplo, ecc.).

La terza parte comprende le indicazioni sulle caratteristiche litologiche, sull'aspetto geomeccanico, sul grado di fratturazione; è data una indicazione sul tipo e grado di permeabilità (porosità, fatturazione carsismo, ecc.), valutata sulla base della litologia affiorante. Nel campo descrittivo sono riportate le principali caratteristiche geologiche in senso lato e note non indicabili in scheda (l'impatto visivo, l'alterazione della morfologia, ecc.) e notizie di recupero ambientali (quali opere di rimodellamento dei versanti, di regimazione delle acque e piantumazioni, ecc.).

La quarta parte si riferisce infine all'iconografia, una o due foto significative dell'area, con uno stralcio cartografico in scala adeguata (IGMI 1:25.000, CTR 1:10.000).

Il progetto Antrodoco ha permesso di testare operativamente la "Scheda censimento attività estrattiva".

L'obiettivo principale è stato quello di eseguire, non solo un mero censimento ma, in particolare modo quello di valutare le attività estrattive nel rispetto del contesto geologico, geomorfologico, geomeccanico, idrogeologico ed ambientale.

Dall'esame della documentazione disponibile è stato possibile tracciare un quadro abbastanza completo della situazione attuale nell'area di studio. Sopralluoghi di campagna su segnalazione dei rilevatori del foglio geologico hanno permesso di integrare le informazioni disponibili e di testare l'utilizzazione della scheda.

I dati sono stati implementati nel database collegato al GIS del progetto Antrodoco.

È risultato che nell'area sono presenti 8 attività estrattive in esercizio (fig. 4), di cui 4 nella provincia di Rieti e 4 nella provincia de L'Aquila; una trentina sono quelle abbandonate e solo alcune sospese.

È stato infine effettuato un tentativo di valutazione speditiva delle cubature estratte da ciascun sito attraverso semplificazioni di tipo geometrico, a partire di dati planimetrici ed altimetrici ricavati



Fig. 2 - Scivolamenti superficiali di detrito.
- *Superficial debris slides.*



Fig. 3 - Forme di erosione pseudocalanчивe.
- *Pseudocalanchi erosion features.*



Fig. 4 - Cava attiva nell'area di studio.
- Active quarry in the study area.

dal modello digitale del terreno. Tali dati calcolati hanno trovato una discreta corrispondenza con quelli direttamente calcolati sul terreno in 2 cave abbandonate usate come aree test. Tale metodologia potrebbe essere usata per la valutazione del prelievo delle risorse sul territorio.

In conclusione il test di raccolta dati nell'area ha evidenziato che l'utilizzo di una scheda di censimento delle attività estrattive su basi informatizzate assume una grande importanza per raccogliere dati non solo geologici e morfologici ma anche per una valutazione delle risorse disponibili e già utilizzate.

La raccolta dei dati tramite tale scheda potrebbe essere inserita anche nel programma CARG per il rilevamento della Carta Geologica di base alla Scala 1:50.000. In questo caso i rilevatori geologici dovrebbero soltanto aggiungere, al loro lavoro di rilevamento geologico, ulteriori notizie geologico-tecniche facilmente rilevabili su un fronte d'escavazione che già di per se costituisce per un rilevatore un profilo geologico sul quale fare misurazioni e campionamenti.

5. - CARSISMO

La natura litologica dei terreni affioranti nell'area evidenzia, in generale, uno sviluppo limitato delle forme carsiche ipogee ed epigee. In particolare le forme carsiche riscontrabili sul terreno sono essenzialmente superficiali e direttamente ricollegabili alla tettonica dell'area.

Nell'area ad Est, compresa lungo la dorsale tra Capitignano e Zizzoli, le forme carsiche superficiali sono rappresentate da piani alti con assorbimento molto lento.

Nell'area centrale, inclusa tra Cagnano Amiterno, Gabbia e Vallemare, i terreni affioranti sono eminentemente rappresentati dai "Calcarei Liassici-Cretacici". In questa vasta zona le forme carsiche superficiali sono rappresentate da un paesaggio riconducibile a un carso d'alta quota. In particolare sono evidenti le forme di bacini endoreici allungati secondo la direzione SE-NW quali i Piani di Cascina, di Termine, Prata di Foce, Piani di Cinno, Pozzo di Nunzio, Piano del Monte, Piana di Brignola e Piana delle Sorgenti del Lago.

Una dolina dalla forma classica è presente sul versante Ovest di Monte Gabbia, a sud della località Pozzo della Stalla.

Nella Piana di Cascina è situato l'evidente "Inghiottitoio attivo di Palanzano". Le acque superficiali, che vengono convogliate nel suo interno, vanno ad alimentare le "Sorgenti Cascinesi", poste ai piedi di Monte Giano lungo il corso del Velino. Queste sorgenti presentano un regime di carattere fondamentalmente intermittente con portate improvvise (anche di alcuni metri cubi al secondo) ma con tempi di ritorno anche decennali.

Anche nella Piana di Monte Cagno, la cui morfologia è il risultato di una superficie carsica, è presente un inghiottitoio attivo (fig. 5).

Le forme carsiche superficiali più scenografiche si possono notare lungo tutto il versante Ovest della dorsale compresa tra Monte Giano, Monte Cagno, nel tratto delle Gole del Velino (Grotte di Romualdo), lungo le Gole di Antrodoco (Madonna delle Grotte) ed in particolare nella località "La Portella" (al termine della Via Salaria dismessa) dove la forma della forra ricorda quella di un pozzo verticale crollato.

All'altezza di Sigillo, in riva sinistra del Velino, si riscontrano due forme subaeree particolari il cui fenomeno carsico è stato fortemente influenzato dalla tettonica, riconducibili a doline di crollo: Pozzo dell'Arnaro e Pozzo dei Corvi.

In generale le forme carsiche ipogee sono piuttosto limitate e poco sviluppate. Nell'area sono state catalogate dal "Catasto Grotte" soltanto due "grotte percorribili":

la prima, posta nella Piana del Termine (Grotta di Zarrante) e la seconda alla base delle pendici di Monte Porrillo prossima alla località di San Quirico.



Fig. 5 - L'inghiottitoio di Prata Cagno.
- Prata Cagno Carsic sinkhole.

Ringraziamenti

Il gruppo di lavoro che ha effettuato i rilievi geotematici nel foglio "Antrodoco" è composto da: Giovanni Conte, Vittorio Chiessi, Guido Motteran, Lucio Martarelli, Angelantonio Silvi, Roberto Serafini, Paolo Guarino, Gennaro Monti. Per il rilievo dei fenomeni carsici ha collaborato Laura Bortolani. Per la parte informatica hanno contribuito Valerio Vitale e Renato Ventura.

BIBLIOGRAFIA

- DEL GAUDIO A. & VALLARIO A. (2007) - *Attività estrattive: cave, recuperi, pianificazione*. Liguori Editore (Na).
- MARTARELLI L., SCALISE A.R. & SILVI A. (2007) - *Preliminary results of a hydrogeologic study in the upstream sector of the Velino River Basin (Rieti, Latium, Central Italy) (poster abs.)*. In: Atti del 6° Forum FIST GeoItalia 2007, Rimini, settembre 2007.
- APAT (2007) - *Rapporto sulle frane in Italia – Il progetto IFFI, Metodologia, risultati e rapporti regionali*. APAT, Rapporti, 78/2007, Roma.