BOSSEA MMXIII

CONGRESSO NAZIONALE

LA RICERCA CARSOLOGICA IN ITALIA

Frabosa Soprana (Cn) – Grotte di Bossea
22-23 giugno 2013

ATTI

LABORATORIO CARSOLOGICO SOTTERRANEO DI BOSSEA
STAZIONE SCIENTIFICA DI BOSSEA CAI CUNEO – COMITATO SCIENTIFICO CENTRALE DEL CAI

Atti del Convegno Nazionale "La ricerca carsologica in Italia",
22-23 giugno 2013, Laboratorio carsologico sotterraneo di Bossea,
Frabosa Soprana (pubbl. 1 giugno 2016): 155-159.

La gestione dell'emergenza torbidità delle sorgenti carsiche del Tavo (Appennino Centrale)

RUSI S. (*), MARINELLI G. (*), PALMUCCI W.(*)

ABSTRACT

The study analyses the hydrogeology and the hydrodynamics of the karst systems responsible for the flooding and turbidity of the Tavo springs (central Apennines), consisting of the captated springs of Mortaio d'Angri and Vitella d'Oro. The flow and the chemico-physical parameters of the river and spring waters has been monitored for 14 months, whereas the hourly data concerning flow and turbidity has been analysed from 1978 to 2003. The two captations fed by a single aquifer and receive the contribution of a series of karst systems, responsible for the flooding that follows heavy rain. The most intense turbidity occurs at the Vitella d'Oro spring at the beginning of autumn, when the first flood cleans up the karst systems in which the clayey sediments accumulate. If the Vitella d'Oro captation tunnel is continued until it meets the limestone the problem of turbidity could be solved or lessened, however running the risk of depleting the Mortaio d'Angri springs located at higher levels.

PAROLE CHIAVE: *Appennino centrale, piene, sifoni carsici, sorgenti carsiche, torbidità.*

INTRODUZIONE

Lo studio riguarda l'acquedotto del Tavo (MANFREDINI, 1952-1980) che utilizza le acque della sorgente Vitella d'Oro (Q_m: 0,38 m^3/s) e della sorgente Mortaio d'Angri (Q_m: 0,28 m^3/s). Le due emergenze sono poste sul fronte orientale del massiccio carbonatico del Gran Sasso (Appennino Centrale) (Figg. 1 e 2).

Sono state analizzate l'idrogeologia e l'idrodinamica dei circuiti carsici superficiali responsabili delle piene e della torbidità che tuttora costringono l'acquedotto all'utilizzo di sedimentatori e filtri per garantire la potabilità delle acque in occasione degli eventi di torbidità più intensi. Questi si verificano esclusivamente nella captazione di Vitella d'Oro occasionalmente e a seguito di precipitazioni intense e durature che causano aumenti di portata.

Nello specifico lo studio ha analizzato i rapporti tra il fiume Tavo e le due captazioni, l'idrogeologia e l'idrodinamica dei differenti circuiti carsici superficiali responsabili delle piene e della torbidità; inoltre è stata esaminata l'origine dei sedimenti in sospensione e le modalità di innesco del fenomeno della torbidità nella sorgente Vitella d'Oro.

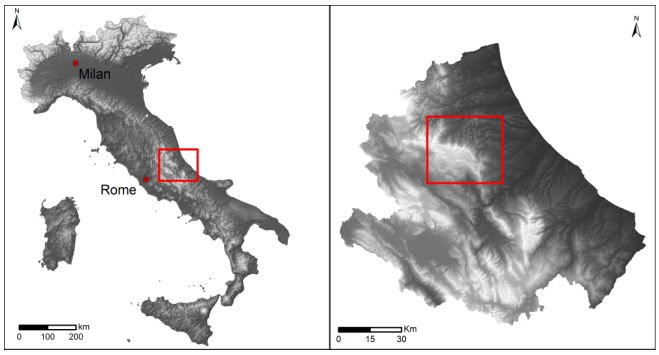

Fig. 1 – Localizzazione area di studio

Fig. 1 – Studied area location

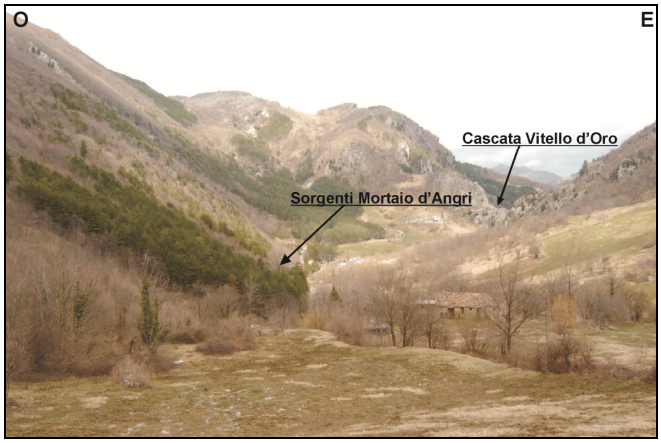

Fig. 2 – Vista panoramica dell'alta valle del Tavo e ubicazione delle captazioni.

Fig. 2 – Panoramic view of Tavo high valley and location of captures.

CARATTERISTICHE GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Il massiccio carbonatico del Gran Sasso è parte di una catena a pieghe e sovrascorrimenti che si è strutturata dal Messiniano al Pliocene sup., nell'ambito dell'evoluzione del sistema catena-avanfossa migrante verso l'avampaese adriatico (CALAMITA *et al.,* 2002).

L'ubicazione delle sorgenti e la circolazione idrica sotterranea sono strettamente correlate all'assetto stratigrafico e strutturale (CELICO, 1979; BONI *et al*., 1986; PETITTA & TALLINI, 2002, AMORUSO *et al*. 2013). Nell'area delle sorgenti

(*) Dipartimento di Ingegneria e Geologia, Università "G. D'Annunzio", Chieti, Italy.
s.rusi@unich.it, william.palmucci@unich.it

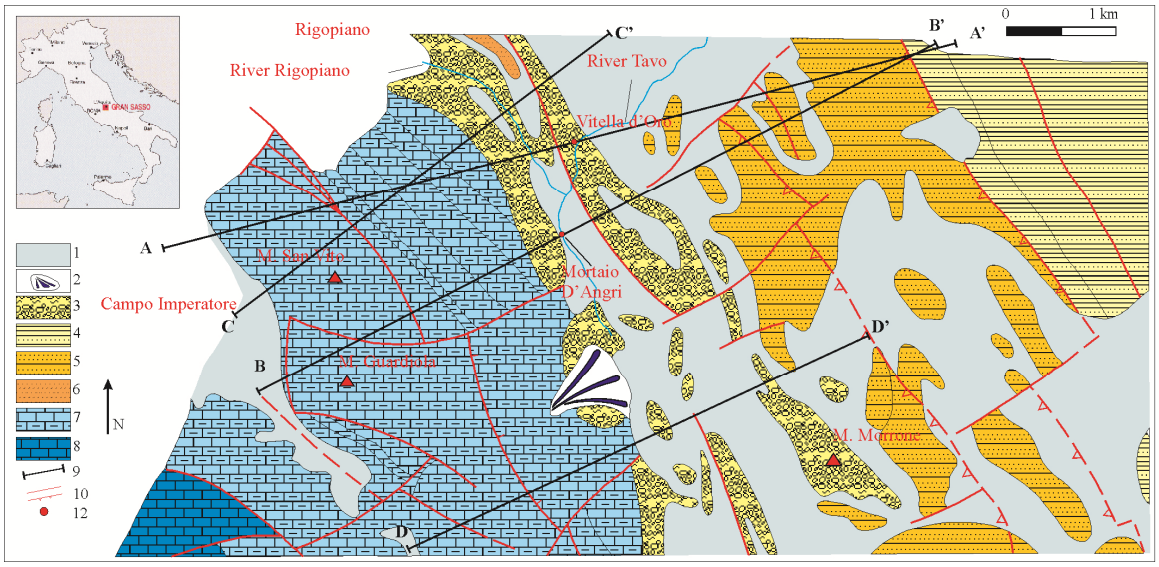

Fig. 3 – Carta geologica dell'alta valle del fiume Tavo (BIGI *et al.* 1995, modificata) - 1) coperture; 2) conoidi alluvionali; 3) "Conglomerati di Rigopiano" (Pliocene inf.); 4) Unità arenaceo pelitica del Cellino, (Pliocene-Messiniano sup.); 5) Unità pelitico arenacea della Laga, (Messiniano sup.); 6) marne siltose delle "Calcareniti di M. Fiore", (Tortoniano-Messiniano); 7) successione carbonatica di scarpata del Gran Sasso (Cretacico sup.- Lias) 8) "Calcare Massiccio", Lias inf.; 9) tracce sezioni; 10) faglie e sovrascorrimenti; 11) captaioni.

Fig. 3 – Geological scheme of Tavo high valley: 1) overburdens; 2) alluvial fan; 3) "Conglomerati di Rigopiano" unit (lower Pliocene); 4) "Cellino" arenaceus-pelitic unit, (Pliocene - upper Messinian); 5) "Laga" pelitic-arenaceous unit, (upper Messinian); 6) siltstone and marls of "Calcareniti di M. Fiore" unit, (Tortonian - Messinian); 7) slope carbanate sediments of Gran Sasso (upper Cretaceous - Lias) 8) "Calcare Massiccio" limestone unit (lower Lias); 9) cross sections; 10) faults and overthrusts; 11) captures.

(Fig. 3) è possibile distinguere tre unità stratigrafiche sovrapposte, con vergenza nord orientale, tramite i relativi sovrascorrimenti: l'Unità Gran Sasso, l'Unità Laga e l'Unità Cellino e i "Conglomerati di Rigopiano".

In base alle caratteristiche di permeabilità possono essere distinti quattro complessi idrogeologici: - complesso calcareo, permeabile per fratturazione e carsismo e sede della falda di base; - unità della Laga (aquiclude); complesso marnoso delle Calcareniti di M. Fiore, impermeabile relativo (acquitard); - Conglomerati di Rigopiano, permeabili per fratturazione e carsismo (Fig. 3 e 4).

MATERIALI E METODI

Al fine di analizzare i rapporti tra fiume Tavo e le due captazioni è stato effettuato il monitoraggio mensile delle portate e dei parametri fisico chimici delle acque del fiume e delle sorgenti in 14 mesi (9/2002–10/2003). E' stato eseguito, inoltre, il confronto tra le precipitazioni e l'andamento della fusione delle nevi.

In particolare nel presente lavoro vengono analizzate e confrontate le serie storiche di registrazioni analogiche delle portate e della torbidità di Vitella d'Oro per un periodo di ventisei anni (1978–2003). Per lo studio dei circuiti carsici superficiali di Mortaio d'Angri si è ricorso al confronto tra precipitazioni e idrogrammi giornalieri storici. Lo studio dei circuiti carsici che raggiungono la sorgente Vitella d'Oro è avvenuto mediante l'analisi e il confronto tra le serie orarie dei dati storici di torbidità e portata registrati.

RISULTATI

Il monitoraggio delle portate e dei parametri chimico fisici delle acque del fiume Tavo e delle sorgenti Mortaio d'Angri ha permesso di individuare consistenti scambi idrici tra il complesso calcareo e quello dei Conglomerati di Rigopiano (Fig. 3 e 4). L'acqua circolante nei conglomerati, oltre ad alimentare il Tavo, viene veicolata attraverso circuiti carsici verso la captazione di Vitella d'Oro.

I due gruppi sorgivi Mortaio d'Angri e Vitella d'Oro, come confermato anche dalle quote di emergenza, dai parametri idrodinamici (α Mortaio d'Angri = 0,004 g-1, α Vitella d'Oro = 0,005 g-1), dal confronto tra temperatura e conducibilità elettrica, dalle analisi chimiche e dai rapporti caratteristici, traggono alimentazione dallo stesso acquifero, ovvero dalla falda di base del Gran Sasso (Fig. 5). L'analisi delle serie storiche delle portate e il confronto con le precipitazioni, indicano il carattere carsico delle sorgenti e l'esistenza di circuiti carsici superficiali che si sovrappongono alla circolazione di base (FERRACUTI *et al.*, 2006).

I circuiti carsici superficiali di Mortaio d'Angri sono stati esaminati confrontando le precipitazioni e gli idrogrammi giornalieri storici. Dal confronto si nota che le piogge più intense sono seguite da un evento di piena direttamente proporzionale all'intensità e alla durata delle precipitazioni. I circuiti superficiali riescono a provocare delle variazioni apprezzabili di portata solo per piogge che durano più giorni consecutivi, in almeno uno dei quali cadono più di 20 mm d'acqua; negli altri casi gli aumenti di portata non sono apprezzabili. Il monitoraggio della torbidità effettuato sulla

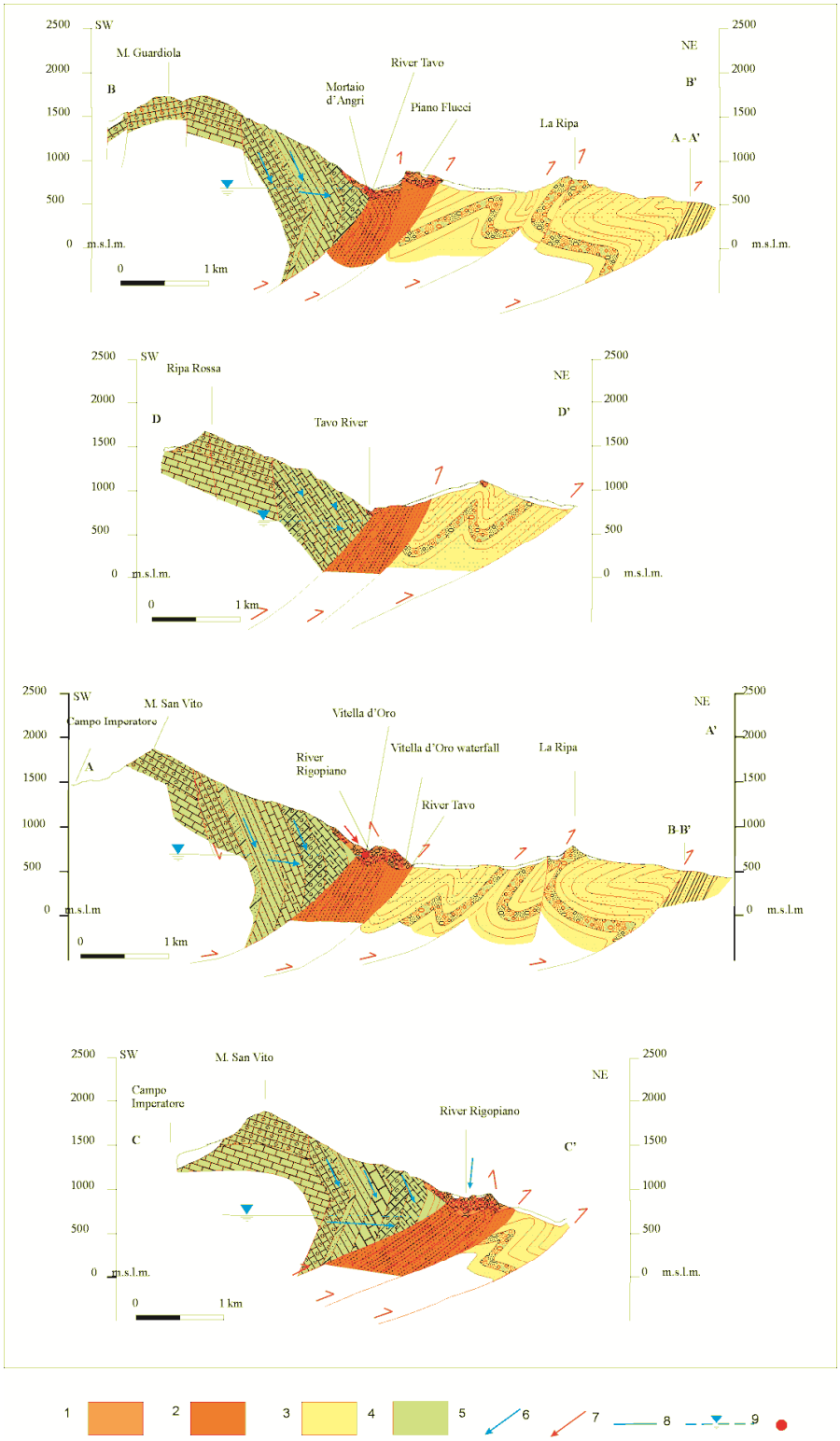

Fig. 4 – Sezioni geologiche ed idrogeologiche. 1) complesso dei "Conglomerati di Rigopiano", 2) complesso delle "Calcareniti di M.Fiore", 3) complesso dell'Unità Laga, 4) Complesso calcareo, 5) Circuiti carsici responsabili delle piene e circolazione di base, 6) Circuiti carsici responsabili della torbidità 7) Quota sorgenti (661,4 m Vitella d'Oro - 675 m Mortaio d'Angri) e presunta sup. di falda.

Fig. 4 – Geologic - hydrogeologic cross sections. 1) Conglomerati di Rigopiano complex, 2) Calcareniti di M.Fiore complex, 3) Laga and Cellino complex, 4) calcareous complex, 5) karstic conduits responsible of the floods, 6) karstic conduits responsible of turbidity, 7) Springs altitude (661,4 m Vitella d'Oro - 675 m Mortaio d'Angri).

captazione di Mortaio d'Angri ha rivelato che questa non è interessata da eventi di torbidità.

MONITORAGGIO DI TORBIDITÀ E PORTATA

Lo studio dei circuiti carsici che raggiungono la sorgente Vitella d'Oro è avvenuto mediante l'analisi e il confronto tra le serie orarie dei dati storici di torbidità e portata registrati. L'analisi ha permesso di constatare che non esiste una relazione biunivoca tra torbidità e portata; sebbene le torbidità siano sempre precedute da una piena, non tutti gli aumenti di portata innescano una torbidità. Si è visto inoltre che il

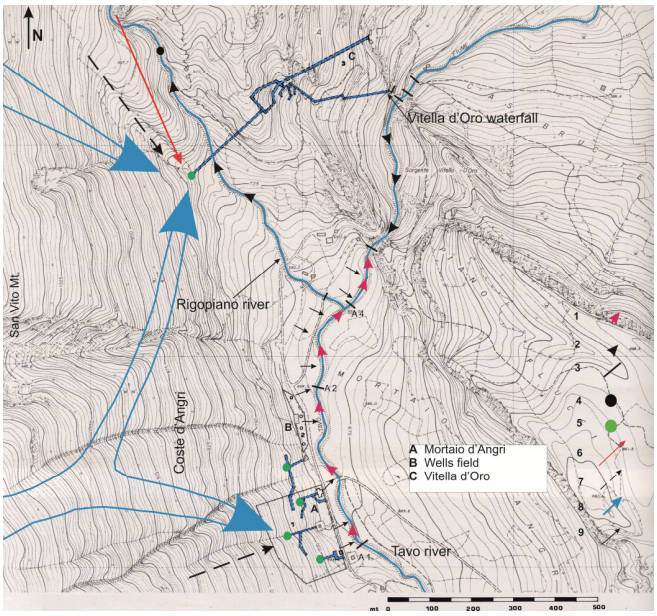

Fig. 5 – Schema idrodinamico. 1) incrementi in alveo 2) decrementi in alveo 3) punto di misura 4) inghiottitoio 5) captazioni 6) circuito carsico responsabile della torbidità, proveniente dalla zona di Rigopiano, o dal Fosso Rigopiano 7) circuito carsico 8) circolazione legata alla falda di base 9) scambi idrici sotterranei tra il complesso carbonatico e quello dei conglomerati.

Fig. 5 – Hydrodynamic scheme. 1) Linear springs, 2) decrease of discharge in river bed, 3) sections of discharge measurement, 4) insurgence, 5) captures, 6) karstic circuit responsible ot turbidity from Rigopiano river or Rigopiano zone, 7) karstic circuit, 8) directions of the basal flow, 9) subterranean flow from calcareous complex to Conglomerati di Rigopiano complex.

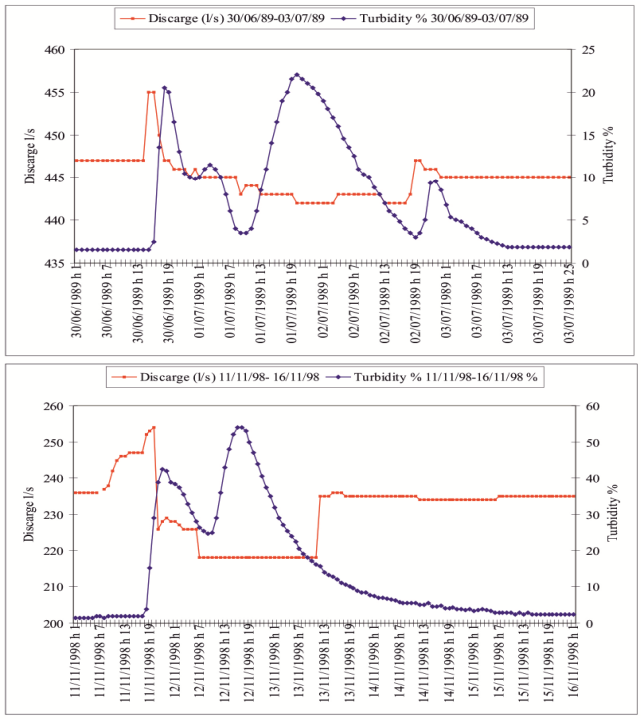

Fig. 6 – Esempio di confronti tra dati orari di portata (l/s) e torbidità (%).

Fig. 6 – Example of comparison between hourly data of discharge (l/s) and turbidity (%).

trasporto solido segue le piene con un ritardo variabile tra le 0 e le 9 ore. E' stata evidenziata l'esistenza di più circuiti responsabili della torbidità, infatti nell'ambito di un solo evento di piena si possono registrare fino a quattro episodi torbidi consecutivi. In media tra l'inizio di una torbidità e il primo massimo vi è un ritardo di 3 ore, mentre tra il primo minimo relativo e il secondo massimo relativo, passano tra le 6 e le 11 ore (Fig. 6). Queste informazioni possono essere usate nella gestione delle crisi di torbidità, perché permettono di prevedere la durata della crisi e programmare, quindi, il ripristino delle normali condizioni di erogazione dell'acqua.

MONITORAGGIO DI PORTATA-TORBIDITÀ-PRECIPITAZIONI

Un'ulteriore analisi è stata eseguita confrontando dati storici di portata, torbidità e precipitazioni. L'indagine ha confermato che tutte le piogge provocano aumenti di portata proporzionali alla loro intensità e durata, contemporaneamente o con un giorno di ritardo dal loro inizio (Fig. 7a). Si è visto inoltre, che sono necessari 2 giorni di precipitazioni consecutive per causare una torbidità in grado di generare una crisi, e 3 per una di intensità inferiore.

Come per le piene, anche l'intervallo temporale tra piogge e arrivo della sospensione è nullo, o ammonta al massimo ad un giorno per gli eventi minori (Fig. 7b).

Anche tra precipitazioni e torbidità non esiste una relazione biunivoca. Ogni torbidità è preceduta dalle piogge, tuttavia non è vero che ad ogni precipitazione si verifica l'arrivo della sospensione alla sorgente. Non esiste inoltre una relazione tra le precipitazioni massime annuali e le torbidità più intense. Dopo un evento di torbidità intensa, anche se a distanza di giorni si verificano precipitazioni elevate, queste non riescono a provocare una seconda torbidità di pari intensità. In genere bisogna attendere almeno un mese perchè un'altro evento faccia scattare le condizioni di emergenza.

Le suddette osservazioni hanno permesso di comprendere le modalità con cui si esplica il fenomeno della torbidità e l'origine dei sedimenti in sospensione. Non essendoci infatti una relazione biunivoca tra piene e torbidità è da escludere che la sospensione possa derivare dall'infiltrazione di acqua già carica di sedimenti, mentre è probabile che questi vengano acquisiti nel tragitto sotterraneo. L'origine dei sedimenti in sospensione è probabilmente legata alla presenza di livelli argillosi all'interno della formazione dei Conglomerati di Rigopiano. Questi livelli sono soggetti a continui cicli di imbibizione ed essiccamento che spiegano la presenza di materiale fine in sospensione. Il meccanismo con cui si esplica il fenomeno della torbidità sarebbe riconducibile ad una ripulitura dei condotti carsici nei conglomerati. É probabile che i condotti carsici in cui si raccolgono i sedimenti fungano da sifone o da serbatoi di decantazione e che la pulizia dei circuiti carsici consista nello svuotamento improvviso di questi. Tali ipotesi sono rafforzate dal fatto che il tempo trascorso tra l'inizio di un evento di torbida e il suo massimo è sempre lo stesso e dal fatto che c'è corrispondenza tra portate e torbidità.

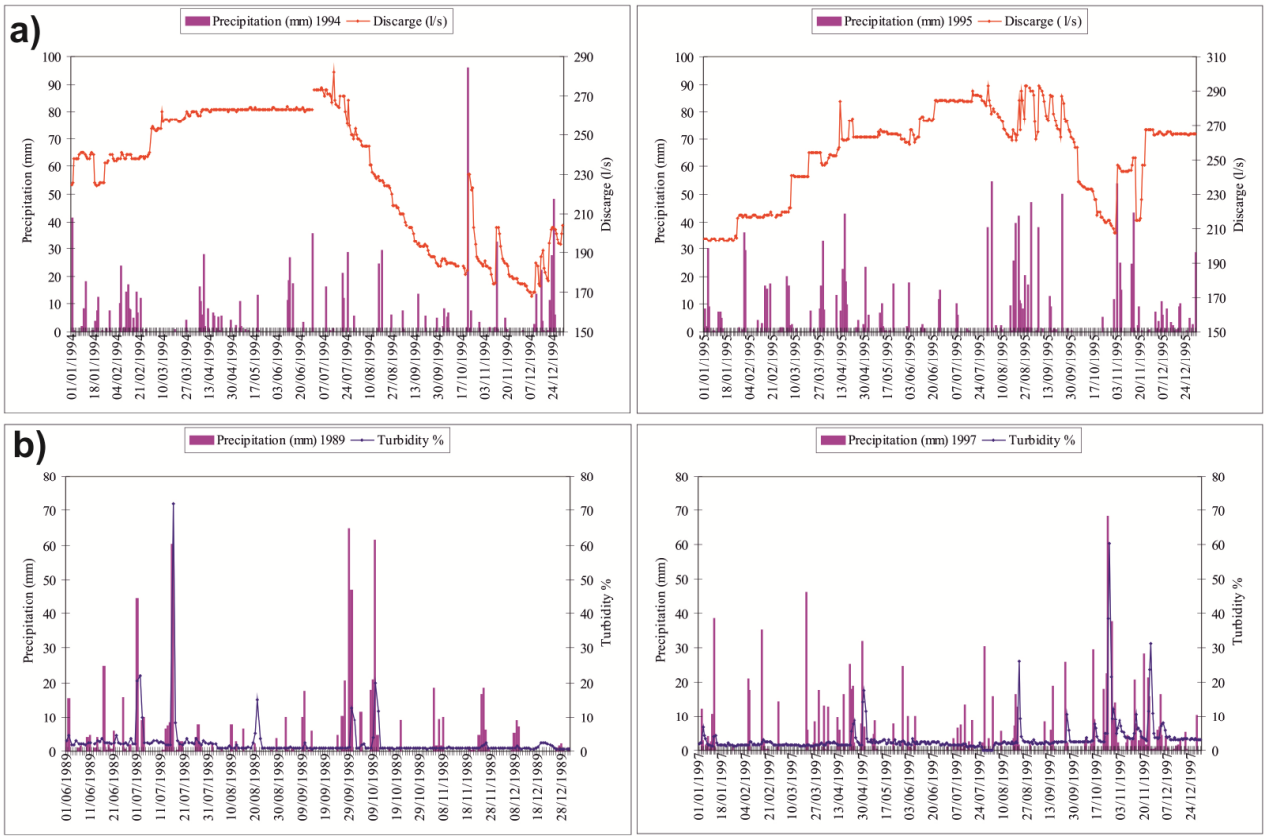

Fig. 7 – a) Confronto tra dati giornalieri di precipitazioni (mm) e portata (l/s). b) Confronto tra dati giornalieri di precipitazioni (mm) e di torbidità (%).

Fig. 7 – a) Comparison between daily data of precipitation (mm) and and discharge (l/s). b) Comparison between daily data of precipitation (mm) and turbidity (%).

CONCLUSIONI

Sono state riconosciute due tipologie di circuiti: quelli responsabili delle piene e i sifoni carsici responsabili della torbidità. La circolazione carsica che veicola le acque di infiltrazione verso le sorgenti Mortaio d'Angri avviene all'interno della dorsale carbonatica, mentre i circuiti che interessano Vitella d'Oro sono almeno in parte localizzati all'interno dei Conglomerati di Rigopiano. I condotti carsici responsabili degli episodi annuali di torbidità dovrebbero essere contenuti integralmente all'interno della formazione dei Conglomerati di Rigopiano e si riuniscono alla circolazione principale solo in prossimità della captazione. Proseguendo la galleria di captazione di Vitella d'Oro fino ad incontrare i calcari si potrebbe risolvere o attenuare il problema della torbidità correndo però il rischio di depauperare le sorgenti Mortaio d'Angri ubicate a quote superiori.

BIBLIOGRAFIA

AMORUSO A., CRESCENTINI L., PETITTA M., TALLINI M., 2013 - *Parsimonious recharge/discharge modeling in carbonate fractured aquifers: The groundwater flow in the Gran Sasso aquifer (Central Italy)*. Journal of Hydrology, 476: 136-146.

BIGI S., CALAMITA F., CENTAMORE E., 1995 - *Carta geologico strutturale dell'area compresa tra il Gran Sasso d'Italia e il F.Pescara, scala 1:50.000*. "Tipografia S.G.S", Roma.

BONI C., BONO P., CAPELLI G., 1986 - *Schema idrogeologico dell'Italia Centrale*. Mem. Soc. Geol. It., 35: 991-1012, Carte Idrogeologiche, Scala 1 : 500 000.

CALAMITA F., SCISCIANI V., ADAMOLI L., BEN M'BAREK M., PELOROSSO M., 2002 - *Il sistema a thrust del Gran Sasso d'Italia (Appennino centrale)*. Studi Geologici Camerti, Nuova Serie, 1: 19-32.

CELICO P., 1979 - *Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale*. Memorie e Note dell'Ist. di Geol. Appl., 14: 1-97.

FERRACUTI L., MARINELLI G., RUSI S., 2006 - *Idrogeologia e monitoraggio delle sorgenti carsiche del Tavo (massiciio carbonatico del Gran Sasso) e loro implicazioni nella gestione dell'emergenza torbidità*. Giornale di Geologia Applicata, 3: 47-52.

MANFREDINI M., 1952-1980 - *Studi Geologici sulla sorgente della Vitella d'Oro (Pescara)*, inediti. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

PETITTA M., & TALLINI M., 2002 - *Idrodinamica sotterranea del massiccio del Gran Sasso (Abruzzo): Nuove indagini idrologiche, idrogeologiche e idrochimiche (1994-2001)*. Boll. Soc. Geol. It., 121(3): 343-363.

E. Lana digit. VI.2016