

Contributo alla definizione delle variazioni delle condizioni idrogeologiche indotte dalla sequenza sismica 2016-2017 in alcune aree del Parco Nazionale dei Monti Sibillini

Contribution to the definition of groundwater variations induced by the seismic sequence 2016-2017 in some areas of the Sibillini Mts National Park

Rossella Maria Gafà - Servizio Geologico d'Italia - ISPRA - Via V. Brancati, 48 - 00154 - Roma, Italia - rossella.gafa@isprambiente.it
 Francesco La Vigna - Servizio Geologico d'Italia - ISPRA - Via V. Brancati, 48 - 00154 - Roma, Italia - francesco.lavigna@isprambiente.it
 Lucio Martarelli - Servizio Geologico d'Italia - ISPRA - Via V. Brancati, 48 - 00154 - Roma, Italia - lucio.martarelli@isprambiente.it
 Gennaro Maria Monti - Servizio Geologico d'Italia - ISPRA - Via V. Brancati, 48 - 00154 - Roma, Italia - gennaro.monti@isprambiente.it
 Angelantonio Silvi - Servizio Geologico d'Italia - ISPRA - Via V. Brancati, 48 - 00154 - Roma, Italia - angelo.silvi@isprambiente.it

Keywords: *Hydrogeology, Central Italy 2016-2017 seismic sequence, Geological Survey of Italy, Sibillini Mts National Park.*

Parole chiave: Idrogeologia, Sequenza sismica 2016-2017 in Italia centrale, Servizio Geologico d'Italia, Parco Nazionale dei Monti Sibillini.

Il Servizio Geologico d'Italia di ISPRA (SGI), nell'ambito di una convenzione (inizio giugno 2018 e termine aprile 2020) con il Parco Nazionale dei Monti Sibillini, sta conducendo alcuni studi finalizzati ad accertare le principali variazioni delle condizioni idrogeologiche di alcune sorgenti e corsi d'acqua verificatesi nel territorio del Parco a seguito degli effetti della sequenza sismica 2016-2017 dell'Italia centrale.

Il Parco ha garantito i permessi per raggiungere alcune aree sottoposte a vincoli e ha fornito i dati idrogeologici in suo possesso. Inoltre, è stata avviata una raccolta di dati presso gli Enti gestori della risorsa idrica ed altri Enti coinvolti nello studio degli effetti sismici sulle risorse idriche dei Monti Sibillini.

I rilievi carbonatici fessurati e subordinatamente carsificati dei Monti Sibillini ospitano importanti acquiferi (e.g. Fiorillo et al. 2015), hanno un elevato grado di infiltrazione efficace (da 500 a 700 e fino a 900 mm/a) ed alimentano varie sorgenti per una portata totale di circa 300 m³/s (Boni et al. 1986, 2010). I sedimenti sinorogenici silicoclastici mio-pliocenici hanno invece ruolo di acquitardo (Petitta et al. 2011). Inoltre, i processi tettonici che hanno interessato l'area di studio hanno indotto la differenziazione della catena dei Monti Sibillini in numerose unità idrogeologiche.

Le aree di studio segnalate dal Parco sono (Fig. 1): 1) sorgente del Rio Torbidone, Piana di Norcia e risorgive delle Marcite, 2) sorgenti e corso dell'alta valle del Fiume Nera, 3) sorgenti del Fiume Tenna e 4) Lago di Pilato. In queste aree il SGI ha effettuato con cadenza mensile/bimestrale sopralluoghi e rilievi idrogeologici (misure di portata sorgiva e fluviale in alveo; misure di livello piezometrico nella Piana di Norcia), geologici e geomorfologici. Nell'area del Lago di Pilato sono state rilevate nel tempo le coordinate dei margini del lago ed eseguite indagini geofisiche e rilievi tramite drone. Negli areali indicati è stata consolidata la conoscenza dello stato della risorsa idrica superficiale e sotterranea e l'elaborazione di modelli concettuali della circolazione idrica sotterranea (vedi es. in Fig. 2).

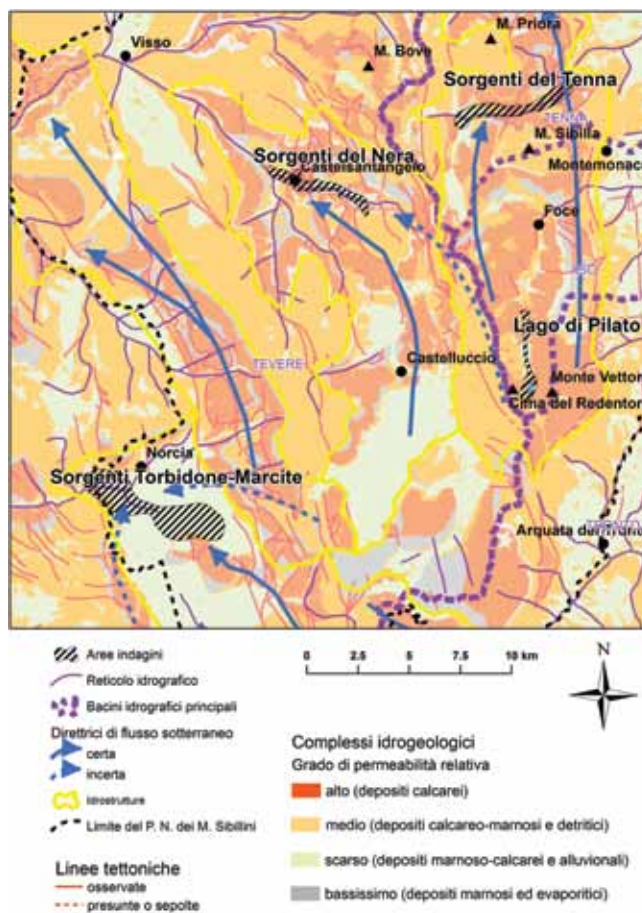


Fig. 1: Schema idrogeologico dei settori del Parco Nazionale dei Monti Sibillini in cui ricadono le aree oggetto delle indagini svolte dal Servizio Geologico d'Italia di ISPRA.

Fig. 1: Hydrogeological sketch map of the Monti Sibillini National Park areas where the investigation by the Geological Survey of Italy were conducted.

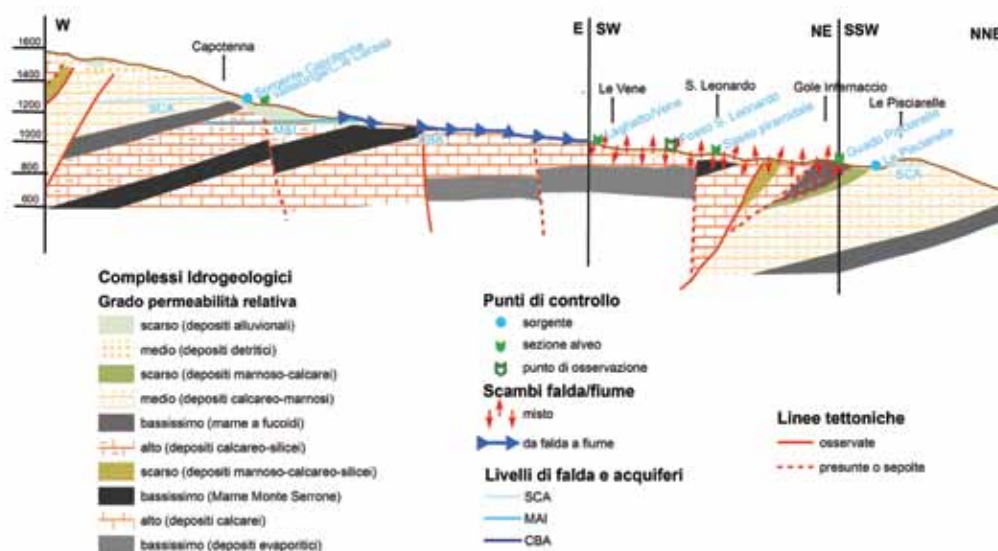


Fig. 2: Modello idrogeologico schematico in 2D lungo il corso del Fiume Tenna (la scala orizzontale è la stessa di quella verticale). Per una migliore visibilità, gli spessori dei depositi detritici e alluvionali sono stati esagerati. Sigle acquiferi: SCA = Scaglia calcarea; MAI = Maiolica; CBA = Calcarea basale.

Fig. 2: Hydrogeological sketch model 2D along the Tenna River course (horizontal and vertical scales are the same). For a best readability, thicknesses of detrital and alluvial deposits have been exaggerated. Aquifer acronyms: SCA = Scaglia calcarea; MAI = Maiolica; CBA = Calcarea basale.

In parallelo alle indagini di campagna (Fig. 3), si sta procedendo alla caratterizzazione meteo-climatica degli areali in studio mediante l'acquisizione e l'analisi delle serie di dati di precipitazione (anche nevose laddove disponibili) e di temperatura, in un arco temporale almeno trentennale, ove possibile. Le stazioni selezionate sono Norcia per l'area del Torbidone, Visso per l'alta Valnerina e Montemonaco e Monte Prata per l'alta valle del Tenna ed il Lago di Pilato.

Sono stati caratterizzati gli scambi idrici reciproci tra acque sotterranee e superficiali e sono state stimate le variazioni stagionali della quantità di risorsa idrica disponibile, al fine di avere indicazioni sulla loro probabile evoluzione nel breve-medio termine.



Fig. 3: Alcune attività di misura delle campagne di monitoraggio in corso.

Fig. 3: Some survey activities of ongoing measurement campaigns.

Per quanto concerne i parametri idrochimici analizzati (conducibilità elettrica specifica, CE; temperatura; pH) sono state riscontrate alcune differenze riguardo ai valori di CE delle acque. Infatti, nell'area del Torbidone-Piana di Norcia-Marcite, si hanno valori di CE (intervallo 515-643 $\mu\text{S}/\text{cm}$) più elevati rispetto a quelli, più bassi e sostanzialmente più simili tra loro, misurati alle sorgenti del Tenna (176-275 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e del Nera (235-315 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Di seguito sono riportate le principali considerazioni derivate dalle indagini finora svolte dal SGI nelle aree di studio. Lungo l'alveo del Rio Torbidone, tra le quote 602-580 m s.l.m., si alternano periodi con portate in diminuzione (acqua sorgiva del Torbidone che alimenta la Piana di Norcia) e in aumento (acqua proveniente dalla parte di monte delle risorgenze delle Marcite) in varia entità. Le Marcite sono costantemente alimentate, in quel tratto di alveo fluviale, da contributi provenienti dagli acquiferi della Maiolica e della Scaglia calcarea. Considerando alcuni dati pre-sisma (anni 2010-2011), alle Marcite si registravano portate di circa la metà rispetto a quelle misurate dopo il sisma (0.8-1.4 m^3/s). Le portate alla sorgente del Torbidone, salite fino a oltre 1,8 m^3/s dal 30/10/2016 a maggio 2017, sono in costante diminuzione nel tempo (circa 0,6-0,8 m^3/s tra dicembre 2017 e maggio 2018; attualmente circa 0,05 m^3/s). Il campo piezometrico abbozzato della Piana di Norcia rivela che le aste fluviali del Rio Torbidone e del Fiume Sordo svolgono funzione di assi di drenaggio. Rispetto a prima del sisma, le quote piezometriche sono incrementate di circa un metro nel settore di valle e in circa 10 m nel settore di monte, ma sono anch'esse in diminuzione.

Nell'area delle sorgenti del Fiume Nera, a monte dell'area sorgiva prevale la funzione di ricarica e infiltrazione delle acque delle sorgenti di alta quota. La disponibilità di risorsa idrica nell'alveo del Fiume Nera è almeno raddoppiata tra prima e dopo del sisma, anche se il valore delle portate nell'ultimo periodo è sostanzialmente in diminuzione. Una prima ricostruzione del modello concettuale idrogeologico locale evidenzia che le acque di sorgenti d'alta quota nella Vallin-

fante (valori medi relativamente bassi di CE, circa 231-251 $\mu\text{S}/\text{cm}$) possono verosimilmente derivare dal locale Acquifero sovrappeso della Scaglia calcarea e/o dall'Acquifero della Maiolica. Invece, le sorgenti e le acque del Fiume Nera (valori medi di CE relativamente più alti, circa 279-313 $\mu\text{S}/\text{cm}$) probabilmente scaturiscono per processi di drenance da acque provenienti dall'Acquifero calcareo basale, favoriti dalla presenza di elementi tettonici. E' comunque all'altezza del settore nell'intorno della Sorgente San Chiodo che l'Acquifero basale inizia ad affiorare estesamente dando luogo a diffusi fronti sorgivi e sorgenti lineari (incremento di portata massima di 1,0 m^3/s).

Riguardo all'area delle sorgenti del Fiume Tenna (Fig. 2), è stata definita la funzione di area di ricarica del settore di Capotenna e si è evidenziato che l'acquifero della Scaglia calcarea, interessato da prelievo per scopo acquedottistico, nel periodo monitorato ha avuto solo raramente un sufficiente potenziale idraulico da permettere il trabocco di acque dalla soglia costituita dalle Marne a Fucoidi. Nel tratto fluviale tra le quote 1175-990 m s.l.m. si è avuto un incremento di portata rappresentato da acqua proveniente dall'Acquifero calcareo basale e, per trabocco sul livello impermeabile di base (Marne di Monte Serrone), dall'Acquifero della Maiolica. Riguardo ai successivi settori di bassa quota dell'Acquifero calcareo basale (tra le quote 985 e 845 m s.l.m.) si evidenziano scambi complessi tra falda e fiume, verosimilmente dovuti alla presenza a profondità relativamente più bassa del livello impermeabile di base (unità evaporitica) e/o alla compartimentazione per motivi tettonici. Più a valle, le acque del gruppo sorgivo delle Pisciarelle (in destra idrografica) provengono dall'Acquifero della Scaglia calcarea con il probabile contributo dell'Acquifero della Maiolica. Pertanto, la crisi idrica post-sisma sembrerebbe essere soprattutto a carico dell'Acquifero della Scaglia calcarea, che alimenta la sorgente Capotenna.

Per quanto attiene all'area del Lago di Pilato (Fig. 4), l'evoluzione geomorfologica è dapprima consistita nella formazione di una valle glaciale e nello sviluppo di processi carsici con fratture di sprofondamento, mentre più recentemente il principale agente morfogenico è il crioclastismo. Il meccanismo di riempimento idrico del bacino lacustre è principalmente

dovuto allo scioglimento delle nevi e dall'apporto delle piogge. Analizzando i dati meteo-climatici si è notato che potrebbero essere le temperature stagionali elevate rispetto alla media e la concomitante presenza di un limitato manto nevoso primaverile a causare l'essiccamento del lago nel 2017 e 2019. Il modello idrogeologico concettuale elaborato ha permesso di definire che il progressivo svuotamento del lago avviene dapprima piuttosto velocemente per l'azione di sfioro di acque attraverso la Fonte del Lago, quindi prosegue per evaporazione dalla superficie del lago e per infiltrazione e drenance attraverso i depositi detritici e glaciali verso l'Acquifero calcareo basale saturato a quote più basse. Le recenti indagini geofisiche eseguite con metodo Ground Probing Radar permetteranno di avere un maggiore dettaglio della geometria dei depositi nel sottosuolo dell'area del lago, mentre i rilievi aerei tramite drone aiuteranno nell'elaborazione della batimetria del bacino lacustre.

Tutte le suddette considerazioni dovranno comunque essere verificate ed eventualmente confermate dalle osservazioni e misure che sono state e saranno eseguite nel corso dell'ultimo periodo di attività previsto in convenzione e dal confronto con ulteriori dati che potranno essere consultati o messi a disposizione dagli Enti che operano sul territorio.

BIBLIOGRAFIA

- Boni C, Baldoni T, Banzato F, Cascone D, Petitta M (2010) Hydrogeological study for identification, characterization and management of groundwater resources in the Sibillini Mountains National Park (central Italy). *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, 2: 21–39. ([HTTPS://DOI.ORG/10.4408/IJEGE.2010-02.O-02](https://doi.org/10.4408/IJEGE.2010-02.O-02))
- Boni C, Bono P, Capelli G (1986) Schema idrogeologico dell'Italia Centrale "Hydrogeological sketch map of Central Italy". *Memorie Società Geologica d'Italia*, 35: 991–1012.
- Fiorillo F, Petitta M, Preziosi E, Rusi S, Esposito L, Tallini M (2015) Long-term trend and fluctuations of karst spring discharge in a Mediterranean area (central-southern Italy). *Environmental Earth Sciences* 74(1):153–172. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3946-6>
- Petitta M, Primavera P, Tuccimei P, Aravena R (2011) Interaction between deep and shallow groundwater systems in areas affected by quaternary tectonics (central Italy): a geochemical and isotope approach. *Environmental Earth Science*, 63: 11–30.



Fig. 4: Il Lago di Pilato visto da Nord nel Luglio 2019.

Fig. 4: The Pilato Lake taken from the north on July 2019.