

STUDIO PER LA DEFINIZIONE DEI MODELLI CONCETTUALI DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI DI PELORITANI, NEBRODI E RAGUSANO E INDAGINI GEOFISICHE CORRELATE

Gruppo di Lavoro Accordo DAR-INGV: A. Granata¹, G. Castrianni¹, L. Pasotti¹, R. Favara², E. Gagliano Candela², C. Scaletta², P. Madonia², S. Morici², S. Bellomo², L. La Pica², A.L. Gagliano², M. Nicolosi², R. Di Martino², M.G. Di Figlia², N. Costa², A. Bonfardeci², M. Perricone², P. Capizzi², S. Pellerito², M. Cangemi², P. Di Stefano³, P. Renda³, R. Martorana³

¹ DAR Osservatorio delle Acque, Italy

² INGV Palermo, Italy

³ Università di Palermo, Italy

Premessa. Il Dipartimento Regionale Siciliano dell'Acqua e dei Rifiuti (DAR) ha attivato, tramite l'Osservatorio delle Acque, un accordo di collaborazione con l'INGV di Palermo per la definizione dei modelli concettuali dei corpi idrici sotterranei compresi nei bacini idrogeologici dei Monti Peloritani, Monti Nebrodi e Monti Iblei-Ragusano. A tale scopo saranno effettuate una serie di studi e indagini sul campo. Il progetto dovrà definire i modelli concettuali, secondo i criteri stabiliti dalle normative vigenti in materia di tutela delle acque dall'inquinamento (Direttiva 2000/60/CE, D.Lgs. 152/2006, Direttiva 2006/118/CE, D.Lgs. n. 30/2009, D.Lgs. 260/2010), da sviluppare previo l'approfondimento del quadro conoscitivo esistente, con l'effettuazione di indagini geologiche, idrogeologiche, geofisiche, idrogeochimiche ed isotopiche.

L'obiettivo ultimo della normativa è la realizzazione, per ogni corpo idrico, di un modello concettuale che costituisca la base conoscitiva per la progettazione dei programmi di monitoraggio, di valutazione del rischio e con la finalità ultima della redazione di un piano di gestione delle acque della Regione Siciliana che possa infine portare ad una corretta gestione della risorsa.

I modelli concettuali per essere correttamente sviluppati necessitano di una serie di conoscenze, che partono da una semplice descrizione qualitativa delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche fino ad arrivare a complesse descrizioni quantitative (anche modellistiche) sull'assetto idrogeologico e sugli impatti; ciò avviene per successive fasi e secondo processi iterativi che conducono ad un progressivo affinamento delle conoscenze del comportamento degli acquiferi.

Base scientifica di partenza. Il programma delle attività ha come base di partenza lo stato delle conoscenze sulle acque sotterranee della Sicilia acquisite nell'ambito degli studi eseguiti dall'INGV di Palermo per il Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Siciliana nel periodo 2004-2005, nell'aggiornamento al D.Lgs. n. 30/2009 eseguito nel 2014 e recepiti dal Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia (art. 117 del D.Lgs n. 152/2006). Gli studi effettuati per il PTA hanno permesso di delimitare in superficie i corpi idrici e di ipotizzare la loro prosecuzione nel sottosuolo in base alle informazioni disponibili. Tali geometrie devono essere ridefinite con un maggiore dettaglio attraverso studi multidisciplinari che siano in grado di contemperare in un unico modello funzionale informazioni geologico-strutturali, idrogeologiche, geochimiche e geofisiche.

In questa prima fase gli studi si stanno concentrando sui Monti Nebrodi e sui Monti Peloritani (Fig. 1), finalizzati alla ricostruzione delle geometrie sepolte, all'identificazione dei limiti idrogeologici e degli schemi di circolazione idrica, nonché alle interconnessioni tra corpi idrici adiacenti.

Queste attività comprendono: prospezioni geofisiche, rilievi geostrutturali, logs in foro, prospezioni geochimiche, prove di emungimento e tutte le prove ed indagini necessarie per una migliore definizione dei modelli concettuali.

La fase propedeutica all'esecuzione delle indagini ha previsto l'organizzazione di una banca dati interfacciata in un Sistema Informatico Territoriale (SIT), che consente il costante

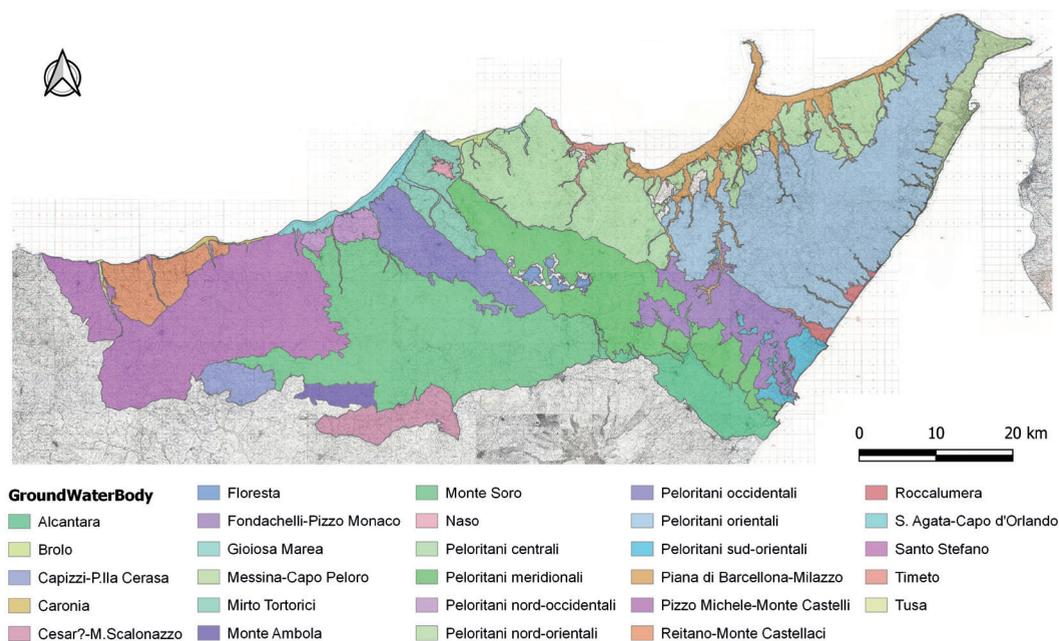


Fig. 1 - Corpi idrici Monti Nebrodi e Peloritani (Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia, art. 117 del D.Lgs n. 152/2006).

aggiornamento delle informazioni derivanti dalle attività conoscitive già svolte (PTA 2004-2005 ed aggiornamento 2014 INGV), nonché dall'elaborazione dei dati già acquisiti o in corso di acquisizione dalle attuali reti di rilevamento.

Il primo schema di modello concettuale comprenderà l'ipotesi dei flussi idrici dalle aree di ricarica verso i recapiti dei corpi idrici, costituiti da sorgenti e pozzi che ne consentono lo sfruttamento finale, generalmente per scopi idropotabili, irrigui e/o industriali. Al fine di dare indicazioni utili ad un corretto monitoraggio dei corpi idrici sotterranei sarà curata in maniera particolare la rappresentatività dei punti d'acqua considerati rispetto al corpo idrico che li alimenta.

Indagini geologiche. Sui corpi idrici già delimitati, ove ritenuto necessario, sono in corso specifici rilievi geologico strutturali e geofisici di superficie (sismica, geoelettrica, elettromagnetica), sia per migliorare la definizione dei limiti superficiali delle unità geologiche ed idrogeologiche, sia per la valutazione delle geometrie degli acquiferi, con identificazione degli spessori e dell'andamento del substrato.

Gli studi geologici saranno mirati anche alle analisi mesostrutturali, finalizzate all'identificazione e/o ad una migliore definizione dell'orientamento dei reticoli di frattura dei corpi idrici. Il riconoscimento dell'orientamento e del grado di pervasività delle fratture all'interno delle compagini rocciose, tenendo conto dei dati di superficie, permetterà di schematizzare le direzioni principali del flusso idrico sotterraneo all'interno di acquiferi fratturati. A ciò andranno integrate le campagne di rilievi piezometrici volte alla realizzazione di mappe piezometriche.

Indagini idrogeologiche, idrogeochimiche e geofisiche. Allo stato attuale delle conoscenze si è in grado di attribuire un valore di permeabilità orientativo dei singoli corpi idrici, confortato da dati bibliografici disponibili e, talora, da dati relativi a test di emungimento. Non è comunque possibile definire in dettaglio l'esistenza e/o la tipologia delle eventuali connessioni idrauliche esistenti tra differenti corpi idrici, che in affioramento appaiono idraulicamente isolati. Risulta pertanto necessario approfondire adeguatamente le conoscenze relative alle caratteristiche

idrogeologiche di ciascun corpo idrico, attraverso una fase di indagine che preveda la raccolta e l'analisi dei dati disponibili relativi a test di emungimento eseguiti in pozzi gestiti da enti pubblici (EAS, Genio Civile, Aziende Acquedottistiche, Comuni, Province, Consorzi irrigui, ENEL, ecc.).

I dati esistenti, che appaiono carenti per numero e distribuzione territoriale, devono essere integrati ed aggiornati procedendo con la realizzazione di campagne di test di pompaggio a gradini, di risalita e prove di falda in pozzi, mirate alla determinazione di alcune caratteristiche idrogeologiche puntuali, di portata specifica degli impianti di emungimento e per la determinazione dei parametri idraulici. Con tali prove sarà possibile stabilire il rapporto tra la portata di ciascun pozzo e l'entità della risorsa sfruttata.

Saranno inoltre effettuate campagne idrogeochimiche finalizzate, specialmente in corpi idrici complessi, alla valutazione delle eventuali interconnessioni tra gli acquiferi e alle modalità di circolazione dei deflussi sotterranei.

Infine, si stanno acquisendo diverse indagini geofisiche, calibrate con dati di tipo diretto (pozzi, sondaggi), particolarmente utili ai fini della definizione della geometria degli acquiferi (profondità del substrato e spessore della zona satura). Nella prima parte del progetto è stata eseguita una revisione di tutti i dati disponibili nelle aree in esame, allo scopo di definire in modo preliminare le strutture sepolte costituenti la prosecuzione di quelle riconosciute in superficie, permettendo quindi di stimare i volumi idrici immagazzinati. Tuttavia i settori dell'isola per i quali sono disponibili studi geofisici di sottosuolo sono comunque limitati e distribuiti in maniera disomogenea sul territorio. Pertanto, oltre alla reinterpretazione dei dati pregressi, sono in corso nuove campagne di indagini geofisiche nelle aree geologiche complesse e/o sui territori carenti di dati. Le tecniche di prospezione geofisica utilizzate comprendono i sondaggi elettrici verticali (SEV), le tomografie elettriche e sismiche, indagini elettromagnetiche, misure di microtremore e logs in foro di vario tipo. La scelta delle metodologie dipende dalle profondità da raggiungere, dalla disponibilità degli spazi e ovviamente dalla litologia dei corpi idrici.

In funzione della densità di pressioni (ai sensi del D.Lgs. 30/2009) qualitative e quantitative sono stati scelti i primi corpi idrici da analizzare. In particolare le prime indagini ed analisi sono state eseguite per il corpo idrico Piana di Barcellona-Milazzo.

Il corpo idrico Piana di Barcellona-Milazzo. Il corpo idrico Piana di Barcellona-Milazzo si trova all'interno del complesso dei Monti Peloritani, il settore più orientale e geometricamente più elevato della "Sicilian Fold and Thrust Belt" (Catalano *et al.*, 2013a-d; Gasparo Morticelli *et al.*, 2015). Esso, insieme al Massiccio dell'Aspromonte, rappresenta la terminazione meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano (ACP) (Amodio Morelli *et al.*, 1976). L'orogene Peloritano risulta formato da una serie di scaglie tettoniche sud-vergenti, costituite da un basamento cristallino Paleozoico e relative coperture sedimentarie Meso-Cenozoiche, impilate le une sulle altre a partire dall'Oligocene superiore-Miocene inferiore (Giunta e Nigro, 1999; Lentini e Carbone, 2014). In particolare, il corpo idrico in esame ricade interamente sul versante tirrenico della dorsale dei Monti Peloritani che rappresenta l'elemento orografico dominante della Sicilia nord-orientale. Il settore costiero è invece caratterizzato da un'estesa piana alluvionale parallela alla linea di costa, sviluppata in corrispondenza di una depressione tettonica. Questo sistema è controllato da due sistemi principali di faglie orientate NO-SE e NE-SO (Nigro e Sulli, 1995). Una coltre di depositi alluvionali recenti (Olocene), con spessore massimo di 90-100 m, colma questa depressione (Ferrara, 1999). Procedendo verso i settori più interni invece affiorano i terreni di copertura sin-post collisionali. Infine, il settore centro-orientale dell'area in esame è caratterizzato da estesi affioramenti di metamorfiti erciniche appartenenti all'Unità dell'Aspromonte e dell'Unità di Alì (Lentini, 2000).

In Fig.2 sono riportati i dati pregressi relativi al corpo idrico Piana di Barcellona-Milazzo, costituiti in prevalenza da Sondaggi Elettrici Verticali e pozzi. Questi dati sono in fase di elaborazione per la costituzione di un modello geofisico 3D di resistività elettrica, estrapolato da più di 150 sondaggi elettrici verticali. Questo modello, utilizzando le tarature fornite dalle

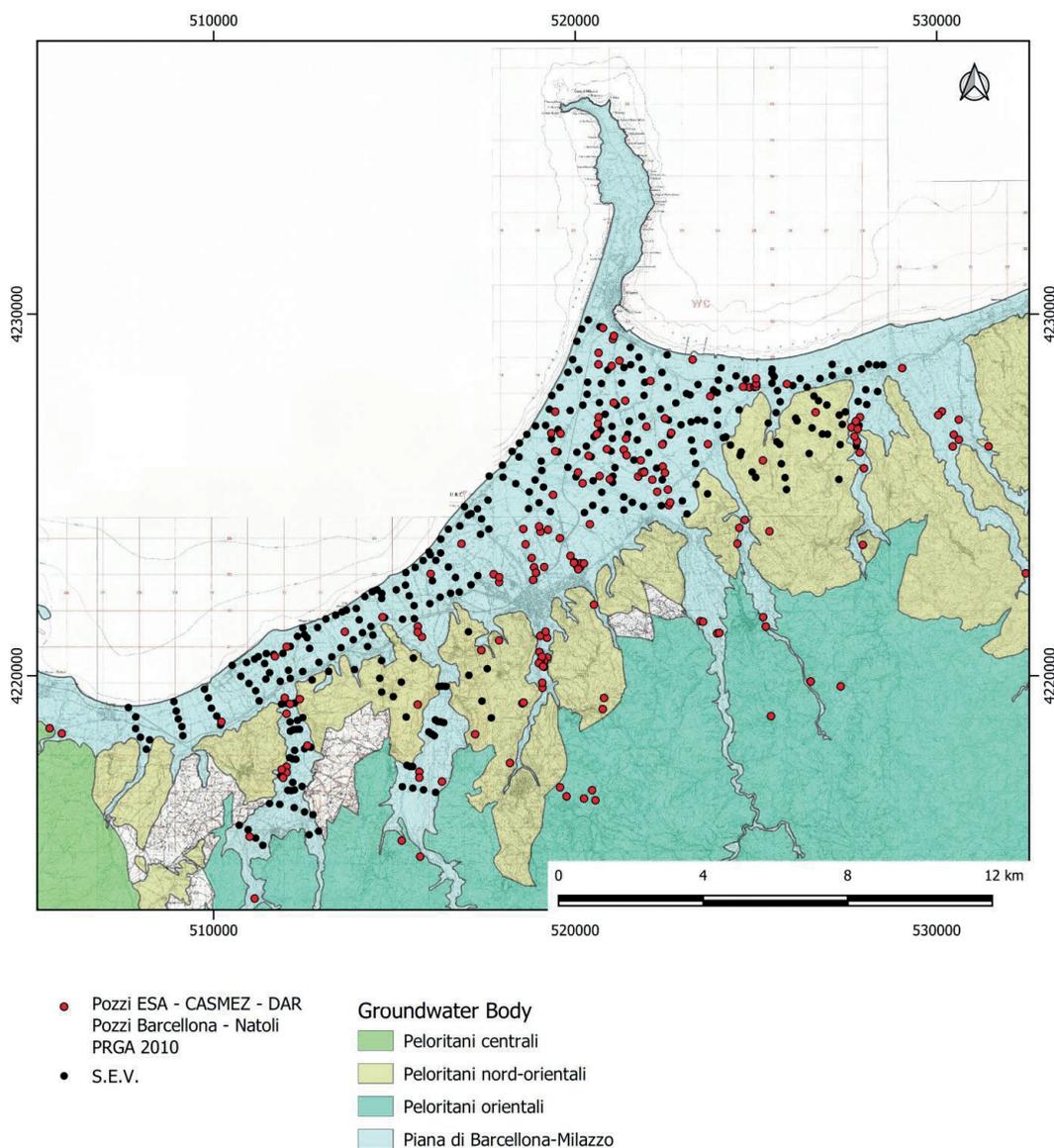


Fig. 2 - Dati geofisici, stratigrafici e idrologici nel corpo idrico Pian di Barcellona-Milazzo.

informazioni stratigrafiche ricavate dai pozzi presenti nell'area e da misure di microtremore sismico costituirà la base per la costruzione di un modello geologico del corpo idrico e per le successive valutazioni idrogeologiche.

Definizione della rete di controllo della composizione isotopica delle precipitazioni. Negli ultimi decenni si è sempre più consolidato, nelle indagini di tipo idrologico ed idrogeologico, l'uso degli isotopi stabili dell'acqua (ossigeno ed idrogeno) come traccianti naturali per ottenere informazioni difficilmente conseguibili con altre metodologie di indagine. Il principio guida sta nel fatto che le acque sotterranee derivano dall'accumulo in rocce serbatoio, a permeabilità medio-alta, dell'aliquota di precipitazione che si infila nel sottosuolo. Ciò implica l'esistenza di una correlazione diretta tra le precipitazioni e le acque delle sorgenti, dei pozzi e delle gallerie drenanti che vengono utilizzati per gli usi umani.

Ad oggi nelle aree in esame, è stato eseguito un allineamento del geodataset relativo alla caratterizzazione chimico-isotopica delle acque sotterranee (pozzi, sorgenti, gallerie drenanti), popolato da dati provenienti da precedenti progetti, con le basi acquisite per lo sviluppo della rete quantitativa. La finalità risiede nella rimozione di eventuali entità duplicate e nella correzione degli errori di congruenza tra strati informativi, generati da errori di posizione, in parte dipendenti dalla diversa scala nominale di acquisizione delle informazioni spaziali.

Inoltre è stata eseguita un'analisi geostatistica dei dati di composizione isotopica di precipitazioni atmosferiche (Liotta *et al.*, 2013) ed acque sotterranee (sorgenti) e lo sviluppo di un modello preliminare della loro distribuzione spaziale, finalizzato alla ricostruzione delle aree di alimentazione dei corpi idrici sotterranei.

Tutto questo è preliminare alla progettazione di una rete di pluviometri totalizzatori mensili collocati a quote diverse, necessaria per la caratterizzazione della composizione isotopica delle precipitazioni meteoriche, che costituirà il riferimento per l'individuazione delle aree di ricarica e la ricostruzione dei circuiti idrologici sotterranei e le loro interazioni.

Bibliografia

- Amodio Morelli, G., Bonardi, G., Colonna, V., Dietrich, D., Giunta, G., Ippolito, F., Liguori, V., Lorenzoni, S., Paglionico, A., Perrone, V., Piccarreta, G., Russo, M., Scandone, P., ZanettinLorenzoni, E., Zuppeta, A.; 1976: *L'arco Calabro-Peloritano nell'orogene Appenninico-Maghrebide*. Mem. Soc. Geol. It., 17, 1-60.
- Catalano, R., Agate, M., Avellone, G., Basilone, L., Gasparo Morticelli, M., Gugliotta, C., Sulli, A., Valenti, V., Gibilaro, C., Pierini, S.; 2013: *Walking along a crustal profile across the Sicily fold and thrust belt*. AAPG *International Conference and Exhibition*. Post Conference Field Trip Guide, 5 (2.3), p. 1-213.
- Catalano, R., Valenti, V., Albanese, C., Accaino, F., Sulli, A., Tinivella, U., Gasparo Morticelli, M., Zanolta, C., Giustiniani, M.; 2013: *Sicily's fold/thrust belt and slab rollback: The SI.RI.PRO. seismic crustal transect*. J. Geol. Soc., London, 170, 451-464.
- Ferrara, V.; 1999: *Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi: 14. Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi dell'area Peloritana (Sicilia Nord-Orientale)*. Quaderni tecniche protezione ambientale, protezione Acque Sotterranee, 66, Ed. Pitagora, 119 pp. + carta.
- Gasparo Morticelli, M., Valenti, V., Catalano, R., Sulli, A., Agate, M., Avellone, G., Albanese, C., Basilone, L., Gugliotta, C.; 2015: *Deep controls on foreland basin system evolution along the Sicilian fold and thrust belt*. Bulletin de la Societégéologique de France 186 (4-5), 273-290.
- Giunta, G., Nigro, F.; 1999: *Tectono-sedimentary constraints to the Oligocene-to-Miocene evolution of the Peloritani thrust belt (NE Sicily)*. Tectonophysics 315, 287-299.
- Lentini F.; 2000: *Carta Geologica della Provincia di Messina, scala 1:50.000, 3 fogli*, S.EL.CA., Ed., Firenze.
- Lentini, F., Carbone, S.; 2014: *Geologia della Sicilia – Geology of Sicily*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. XCV, pp.7-414.
- Liotta, M., Grassa, F., D'Alessandro, W., Favara, R., Gagliano Candela, E., Pisciotta, A., Scaletta, C.; 2013: *Isotopic composition of precipitation and groundwater in Sicily, Italy*. Applied Geochemistry 34, 199-206.
- Nigro, F., Sulli, A.; 1995: *Plio-Pleistocene extensional tectonics in the Western Peloritani area and its offshore (northeastern Sicily)*. Tectonophysics 252, 295-305.