

# Ricarica in condizioni controllate della conoide del Fiume Marecchia (Rimini), avvio della sperimentazione e primi risultati

## *Managed aquifer recharge in the Marecchia alluvial fan (Rimini - Italy), start of the test and first results*

Paolo Severi, Luciana Bonzi, Venusia Ferrari e Immacolata Pellegrino

**Riassunto:** Tra le azioni predisposte per affrontare le crisi idriche che si sono susseguite nelle estati degli ultimi anni nella parte sud orientale della Regione Emilia-Romagna, è stata recentemente avviata una sperimentazione di ricarica in condizioni controllate degli acquiferi della conoide del fiume Marecchia (Rimini), da cui vengono prelevati annualmente circa 28 milioni di m<sup>3</sup> di acqua, 19 dei quali per uso idropotabile.

Tale sperimentazione consiste nell'immettere in un lago di ex cava, localizzato nell'area di ricarica della conoide, un volume idrico aggiuntivo attraverso un canale consortile. L'aumento del volume d'acqua nel lago dovrebbe tradursi rapidamente in un aumento della disponibilità idrica nelle falde.

Per verificare l'efficacia dell'intervento di ricarica è stata implementata un'apposita rete di monitoraggio costituita da 20 punti di misura, di cui 5 sono piezometri perforati appositamente. In 9 di questi punti sono stati installati dei misuratori in continuo del livello, temperatura e conducibilità elettrica specifica a 20°C. Un misuratore di livello in continuo è stato posizionato anche nel canale consortile da cui transita l'acqua che si immette poi nel lago. Per circa un mese sono state fatte le misure di livello della falda in assenza di ricarica. Il 25 febbraio 2014 è iniziata la ricarica in condizioni controllate ed il volume idrico transitato dal canale consortile al lago fino al 30 aprile 2014, è stato di circa 600.000 m<sup>3</sup>. In questo lasso di tempo è stato possibile osservare che l'intervento produce gli effetti attesi, ovvero induce un aumento del livello di falda che è massimo nelle vicinanze del lago e diminuisce allontanandosi da esso. L'aumento del livello idrometrico del lago è stato rapido e considerevole. Entro l'area del lago si sono insediate alcune specie protette di uccelli di interesse comunitario che necessitano di un preciso equilibrio ambientale per la nidificazione;

**Parole chiave:** Ricarica in condizioni controllate; rete di monitoraggio; gestione della risorsa idrica; equilibrio ambientale ed ecosistemi.

**Keywords:** *Managed aquifer recharge; monitoring network; water resource management; environmental balance and ecosystems.*

Paolo SEVERI ✉

Luciana BONZI

Venusia FERRARI

Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli  
pseveri@regione.emilia-romagna.it

Immacolata PELLEGRINO

Regione Emilia-Romagna, Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua

Ricevuto: xxxxxx 2014 / Accettato: xxxxxx 2014

Pubblicato online: xxxxxx 2014

© Associazione Acque Sotterranee 2014

un aumento troppo elevato del livello del lago potrebbe mettere a rischio di allagamento alcuni dei nidi presenti. Obiettivo delle successive fasi di studio sarà quindi la taratura di un livello idrometrico del lago adeguato sia alle finalità della ricarica in condizioni controllate che al mantenimento dell'ecosistema esistente. Al momento, si è provveduto prima interrompendo l'entrata di acqua nel lago e successivamente riprendendola con una portata inferiore. Nell'area della sperimentazione ricade anche un campo pozzi acqueodottistico che attualmente non è utilizzato. Sarà interessante verificarne in futuro, nell'eventualità di un importante attingimento, l'influenza sull'andamento delle linee di flusso in concomitanza con la ricarica in condizioni controllate.

**Abstract:** *Among the actions designed to manage the water crisis that have taken place in the summers of recent years in the southeastern part of the Emilia-Romagna Region, it has recently launched a trial of managed aquifer recharge in the alluvial fan of the Marecchia river (Rimini), where annually are withdrawn about 28 million m<sup>3</sup> of water, 19 of which for drinking water use.*

*This test consists in conveying into quarry lake, located in the recharge area of the alluvial fan, an additional volume of water through a channel. The increase in the volume of water in the lake, should result in a rapid increase in the availability of water in the aquifers.*

*To verify the recharge efficacy a special monitoring network consisting of 20 measuring points, 5 of which are specially drilled, it has been implemented. In 9 of these points a data logger for the continuous measure of level, temperature and electric conductivity at 20°C, it has been installed. A data logger has also been positioned in the channel from which the water flows into the lake.*

*For about a month groundwater level was monitored prior to the recharge experiment. On 25 February 2014 managed aquifer recharge began and the volume of water flowing through the canal to lake until April 30, 2014, was approximately 600,000 m<sup>3</sup>.*

*In this period it was possible to observe that the intervention produces the expected effects, thus inducing an increase in the groundwater level which is maximum near the lake and decreases away from it. The rise in the water level of the lake has been rapid and substantial.*

*Within the area of the lake have settled some protected bird species in need of a precise environmental balance for nesting; an excessive increase of the lake level could put at risk of flooding some nests present.*

*The objective of the following phases of the study will be to calibrate an adequate water level of the lake, to the purposes of managed aquifer recharge and to maintain the existing ecosystem. At the moment, it was decided to stop the flow of water into the lake and then to re-set it at a lower flow rate.*

*In the test area also falls a well field that is not currently used. It will be interesting to check in the future, in the event of a major withdrawal, the influence on the progress of the flow lines in conjunction with the managed aquifer recharge.*

## Introduzione

Le risorse idriche della conoide alluvionale del Fiume Marecchia rivestono un'importanza strategica per l'approvvigionamento idropotabile dell'intera area riminese. Dagli acquiferi sotterranei di questa conoide vengono infatti prelevati circa 28 milioni di metri cubi di acqua l'anno, 19 dei quali sono utilizzati a fini idropotabili (Regione Emilia-Romagna, 2005). Il susseguirsi, a partire dal 2007, di alcune estati decisamente siccitose, ha indotto la Regione Emilia-Romagna ad istituire un tavolo tecnico, coordinato dall'Agenzia di Protezione Civile e costituito dagli enti tecnici competenti, per la gestione delle crisi idriche, particolarmente significative nella parte romagnola della Regione. Una delle azioni percorribili per prevenire e contrastare le future crisi idriche, è la ricarica in condizioni controllate delle falde, che permetterebbe di aumentare la disponibilità idrica di sottosuolo della conoide, oltre che di contrastare l'intrusione del cuneo salino e la subsidenza che storicamente interessano l'area in esame. Dopo diversi incontri tra i vari portatori di interesse, nel gennaio 2014 è iniziata una sperimentazione di ricarica in condizioni controllate nella zona apicale della conoide del Marecchia.

## Gli acquiferi della conoide alluvionale del Fiume Marecchia

Il fiume Marecchia è lungo 70 km ed ha un bacino imbrifero montano di circa 600 km<sup>2</sup>; la sua portata media annua all'ingresso nella conoide è stimata in circa 6 m<sup>3</sup> al secondo (Autorità di Bacino Marecchia – Conca, 2004).

La conoide alluvionale del Marecchia (Fig. 1) si sviluppa all'uscita del bacino montano ed è divisibile, dal punto di vista geologico, in tre diversi settori: la pianura intravalliva, formata da uno spessore non superiore a 10 m di depositi prevalentemente ghiaiosi direttamente appoggiati sul substrato impermeabile marino; la conoide amalgamata, costituita anch'essa da ghiaie prevalenti per uno spessore massimo fino a 80 m al di sopra delle argille marine; la conoide multistrato

formata da un'alternanza di livelli prevalentemente ghiaiosi e livelli prevalentemente fini per spessori fino ad oltre 250 m al di sopra dei depositi marini costieri delle Sabbie di Imola (Severi et. alii, 2014, Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna, 2005, Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998; Fig. 2).

Dal punto di vista idrogeologico la piana intravalliva corrisponde a un acquifero freatico, così come la conoide amalgamata, sebbene al suo interno possano trovarsi locali condizioni di confinamento. La porzione amalgamata corrisponde alla zona di massima ricarica di tutta la conoide, che avviene principalmente per infiltrazione efficace delle acque piovane e per dispersione da parte del Fiume Marecchia.

La conoide multistrato è invece formata da un sistema di acquiferi confinati o semiconfinati sovrapposti tra loro. Al di sopra di essi, in diretto contatto con la superficie, è presente un acquifero freatico spesso una decina di metri circa, formato principalmente da depositi sabbioso limosi (Fig. 2).

Landamento della piezometria delle falde della conoide del Marecchia è costantemente monitorata grazie ad una rete costituita da oltre 70 punti di misura gestita dalla provincia di Rimini ed attiva già dal 2001. Nella figura 3 è rappresentato il livello piezometrico medio riferito all'acquifero denominato A1, rilevato tra il 2001 e la primavera del 2012 (Severi et. alii, 2014). Il livello piezometrico è compreso tra un massimo di 91 m s.l.m. ed un minimo di 1 m s.l.m.. Il gradiente piezometrico, piuttosto elevato nella zona della pianura intravalliva, diventa via via più blando procedendo verso la porzione distale della conoide. Nella zona di Santarcangelo è evidente l'azione di ricarica del fiume e quindi la sua connessione idraulica con la falda della conoide amalgamata, che viene meno all'altezza dell'Autostrada A14 laddove la conoide diventa compartimentata e l'acquifero A1 risulta confinato.

Nella zona intravalliva la direzione di flusso è sostanzialmente costante verso nord - nord est, fatto salvo un'azione dre-

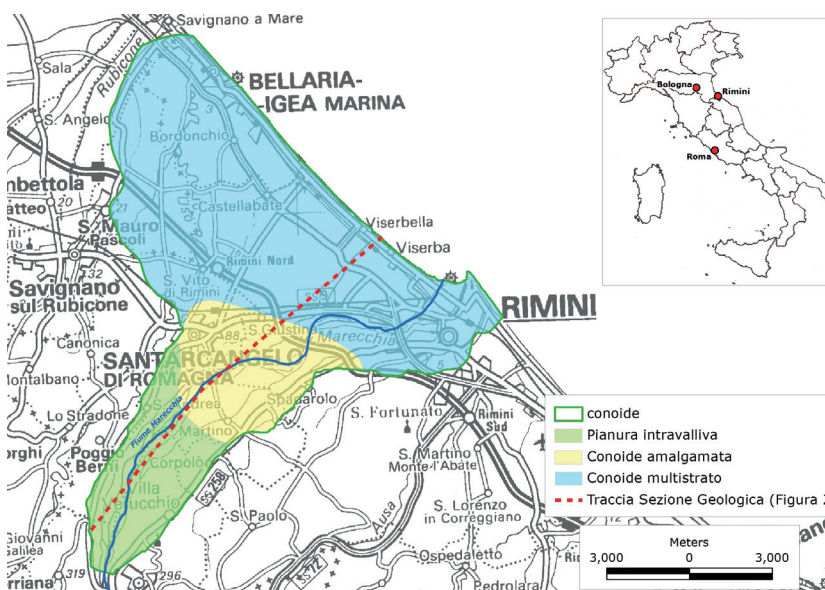


Fig. 1 - Conoide del Fiume Marecchia e suoi diversi ambiti (pianura intravalliva, conoide amalgamata e conoide multistrato).

Fig. 1 - Alluvial fan of Marecchia River and its different areas (intravalluvial plain, amalgamated fan, multilayer fan).

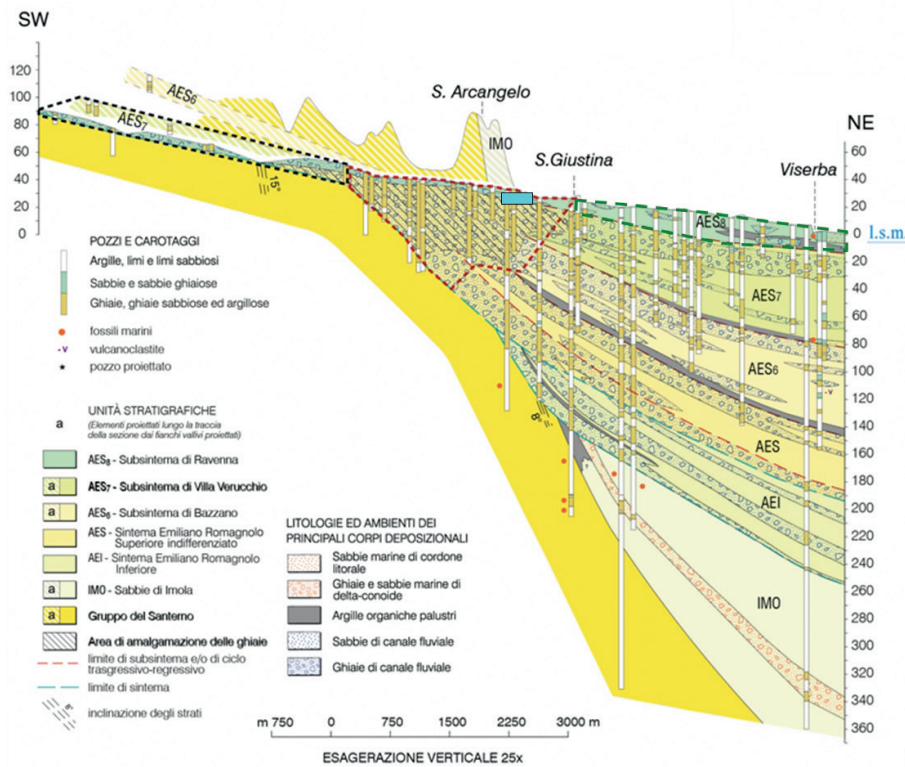


Fig. 2 - Sezione geologica longitudinale della Conoide del Marecchia con schematizzazione degli acquiferi e ubicazione del lago di ricarica Incal System (box azzurro). Sono indicate la piana intravalliva (area con tratteggio nero); la conoide amalgamata (area con tratteggio rosso), la conoide multistrato (a valle delle precedenti) e l'acquifero freatico di pianura (area con tratteggio verde), (da Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna 2005, modificata).

Fig. 2 - Longitudinal geological section of Marecchia River fan with aquifers scheme and recharge lake site Incal System (blue box). Indication of the different areas: intravalley plain (black dashed box), amalgamated fan (red dashed box), multilayer fan (downstream) and phreatic plain aquifer (green dashed box), (from Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna 2005, modified).

nante del fiume, non riportata in figura per motivi di scala. Anche nella conoide amalgamata la direzione di flusso è verso nord - nord est, mentre nell'area della conoide multifalda la situazione è più articolata: nella porzione settentrionale il flusso

ha direzione est – nord est e questo è verosimilmente dovuto alla ricarica proveniente dai torrenti Rubicone ed Uso; nella zona tra l'autostrada e la costa il flusso ha direzione nord est con alcune variazioni dovute probabilmente ai prelievi.

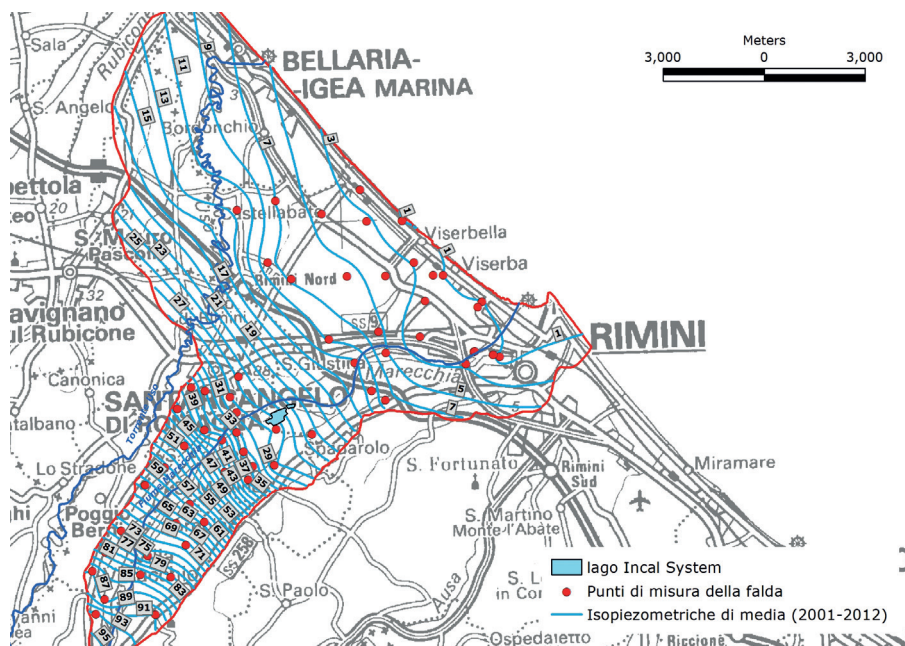


Fig. 3 - Superficie piezometrica media della conoide del Marecchia (2001-2012).

Fig. 3 - Average piezometric surface of Marecchia fan (2001-2012).

## Ricarica in condizioni controllate della conoide

Nella porzione della conoide amalgamata in destra idrografica del Marecchia, sono presenti tre laghi, residuo di precedenti attività estrattive, in cui affiora direttamente la falda freatica. Trovandosi nella zona di massima ricarica, questi laghi sono idraulicamente connessi con tutto l'acquifero della conoide.

La possibilità di utilizzare questi laghi per la ricarica in condizioni controllate della conoide era stata presentata già diversi anni fa (Circondario di Rimini, 1992; Giulierti, 1993; Regione Emilia-Romagna, Comune di Rimini, Comune di Santarcangelo, 2004), e più di recente è stata oggetto di un ulteriore specifico approfondimento, finalizzato a valutare l'efficacia di un intervento di ricarica in condizioni controllate mediante un modello matematico di flusso (ARPA Emilia-Romagna, 2008).

La sperimentazione in corso, tenendo conto degli studi precedenti, prevede che venga immessa una certa quantità idrica d'acqua, nel lago di ex cava "Incal System", che ha una superficie di 15 ettari ed è di proprietà del comune di Rimini (Fig. 3), attraverso il Canale consortile dei Mulini (in concessione al Consorzio di Bonifica della Romagna) che prende acqua direttamente dal fiume, corre parallelo ad esso per circa 9 km, ed arriva infine al lago. Come già detto il lago è localizzato nell'area di ricarica della conoide, dove l'acquifero è amalgamato ed affiorante. In queste condizioni, un aumento del volume d'acqua nel lago dovrebbe tradursi rapidamente in un aumento del livello piezometrico della falda, traducibile con una maggiore disponibilità d'acqua nel sottosuolo.

Per verificare l'efficacia dell'intervento di ricarica è stata implementata un'apposita rete di monitoraggio (Fig. 4) costituita da 20 punti di misura, di cui 5 sono piezometri perforati appositamente. In 9 di questi punti sono stati installati dei misuratori in continuo del livello, temperatura e conducibilità elettrica specifica a 20°C. Un misuratore di livello in continuo è stato posizionato anche nel canale consortile da cui transita l'acqua che si immette poi nel lago.

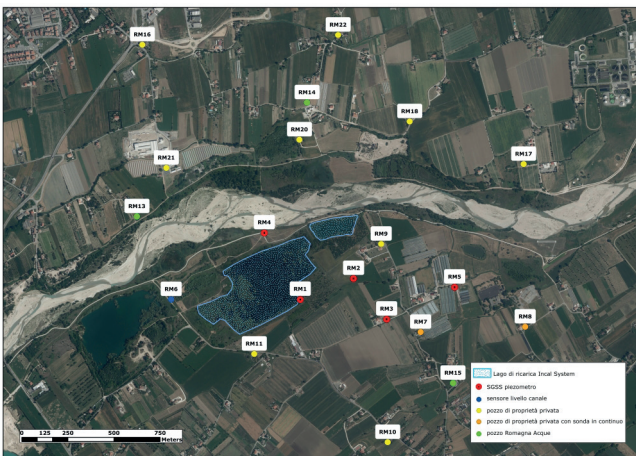


Fig. 4 - Rete di monitoraggio per la verifica dell'efficacia dell'intervento di ricarica in condizioni controllate.

Fig. 4 - Monitoring network to verify the managed aquifer recharge efficacy.

L'immissione d'acqua dal canale è iniziata il 25 febbraio 2014, dopo che per circa un mese è stato misurato il livello della falda in assenza di ricarica per meglio valutarne l'innalzamento atteso in seguito all'aumento del volume d'acqua nel lago.

## Primi risultati

Vengono di seguito illustrati e commentati i dati di monitoraggio del livello idrometrico raccolti nel periodo gennaio – aprile 2014. I dati di conducibilità e temperatura non sono stati al momento oggetto di valutazione, trattandosi attualmente di una fase sperimentale in cui si è dato maggior peso alla pianificazione del sistema di monitoraggio.

La figura 5 rappresenta il livello idrometrico misurato nel canale di adduzione e permette di visualizzare in quali momenti è transitata l'acqua che poi ha ricaricato il lago e in quali, invece, per motivi diversi, la ricarica è stata interrotta. Come si vede, infatti dal 25 febbraio al 30 aprile 2014, l'afflusso di acqua al lago di ricarica non è stato continuo; ad esempio, la ricarica è stata interrotta dal 5 all'11 marzo a causa del maltempo e dal 28 marzo al 15 aprile, invece, perché l'eccessivo aumento del livello lago rischiava da un lato di allagare l'adiacente pista ciclabile, dall'altro di compromettere l'ecosistema che dal lago dipende. Infatti entro l'area del lago sono presenti alcune specie protette di uccelli di interesse comunitario, che necessitano di un preciso equilibrio ambientale per la nidificazione e la sopravvivenza.

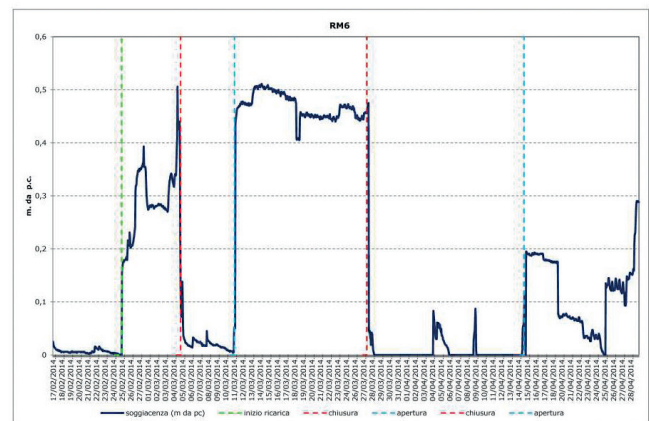


Fig. 5 - Livello idrometrico del canale di adduzione al lago di ricarica.

Fig. 5 - Water level of the channel bringing water to the lake.

Grazie alla collaborazione di ARPA Regione Emilia-Romagna sono state realizzate alcune misure di portata nel Canale dei Mulini ed è quindi stato possibile redigere una scala di deflusso utile al calcolo del volume complessivo d'acqua immesso nel lago, che è risultato di circa 600.000 m<sup>3</sup>.

La figura 6 riporta l'andamento del monitoraggio in continuo del livello piezometrico nei piezometri più prossimi al lago. Come si vede dai grafici, in questi punti esiste una relazione diretta e molto chiara tra l'inizio della ricarica e l'aumento del livello di falda e tra i successivi interventi di

chiusura e il suo abbassamento. Nei piezometri RM1 (posto a pochi metri dal lago) ed RM2 (distante 200 m dal lago), la risposta è più immediata ed evidente. Nel punto RM3 (posto a 470 m dal lago), si nota la stessa relazione, ma con tempi di risposta meno rapidi e con un aumento di livello più contenuto.

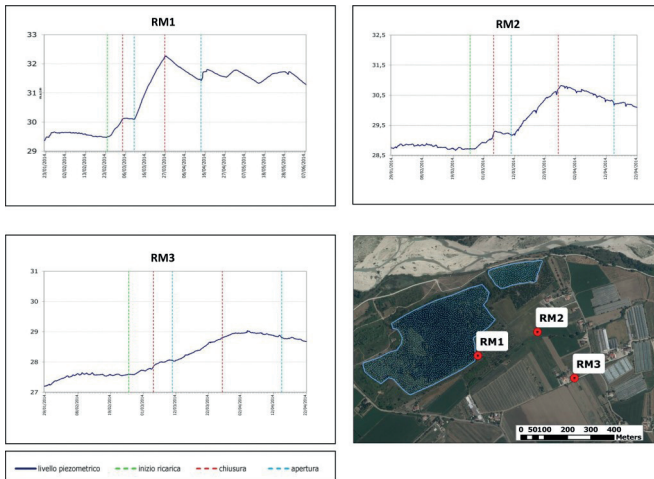


Fig. 6 - Andamento del livello piezometrico in 3 punti vicini al lago di ricarica.

Fig. 6 - Piezometric level trend in 3 points near the recharge lake.

La figura 7 mostra invece l'andamento del livello piezometrico nei punti più distanti dal lago (da 700 a 1.250 m dal lago). Anche in questo caso si vede un aumento del livello, ma è meno chiaramente correlabile con la ricarica esercitata attraverso il lago.

L'innalzamento massimo misurato è stato di 2.75 m nel piezometro RM1 posto a pochi metri dal lago di ricarica, l'innalzamento minimo (0.8 m) si è invece osservato a partire dal piezometro RM5, posto a 800 m circa dal lago, in poi.

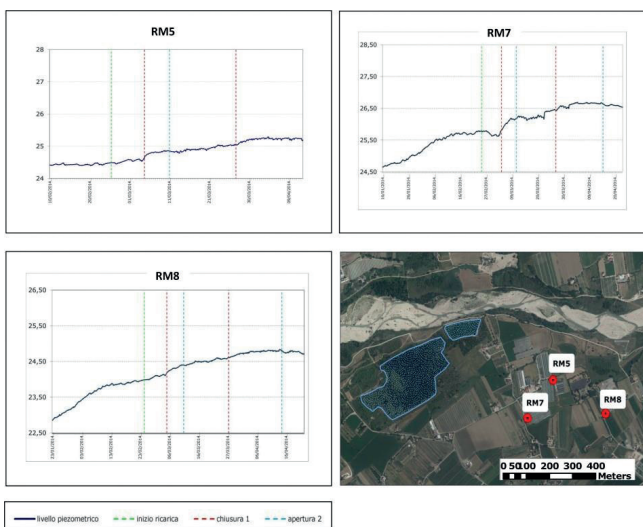


Fig. 7 - Andamento del livello piezometrico in 3 punti lontani dal lago di ricarica.

Fig. 7 - Piezometric level trend in 3 points far away the recharge lake.

I massimi valori di innalzamento si sono registrati tra la fine di marzo, per i piezometri più vicini al lago, e l'inizio di aprile, per quelli più lontani.

Poiché l'intervento di ricarica è stato fatto tra l'inverno e la primavera, l'aumento di livello osservato è di certo dovuto sia alla ricarica in condizioni controllate che alla normale dinamica dell'acquifero durante questo periodo dell'anno.

Come detto, il massimo innalzamento del livello piezometrico è stato di 2.75 metri ed è stato registrato nel punto RM1. Considerando che questo punto è ubicato a pochi metri dal lago, e che il sottosuolo è qui costituito da terreni molto permeabili (ghiaie prevalenti), è verosimile che questo aumento di livello possa corrispondere all'innalzamento di livello del lago. Visto che la superficie del lago è di circa 150.000 m<sup>2</sup>, il massimo aumento di volume d'acqua del lago è stato quindi di circa 410.000 m<sup>3</sup> che, chiaramente, risente anche del contributo alla ricarica delle precipitazioni e della dinamica tra il lago, il fiume e l'acquifero.

L'azione di ricarica svolta dal lago risulta evidente anche dall'interpretazione della piezometria rilevata nell'aprile 2014: l'acqua si diffonde dal lago verso est, sud est e nord est, alimentando la conoide e in parte il fiume Marecchia (Fig. 8).

Al fine di evitare che l'acqua di ricarica della conoide venga parzialmente drenata dal fiume sarà quindi necessario modulare le portate in gioco in modo da mantenere il livello del lago ad una quota adeguata.

Va tuttavia considerato che durante la sperimentazione qui descritta non era attivo un importante campo pozzi acquedottistico ubicato a circa un chilometro dal lago di ricarica (RM15 nelle figure 4 e 8), il cui funzionamento potrebbe di certo modificare le direzioni di flusso delle acque sotterranee, richiamando potenzialmente acqua dal lago di ricarica. Sarà pertanto necessario nel prossimo futuro fare delle verifiche anche in questo senso, al fine di rendere maggiormente efficiente la ricarica dell'acquifero.

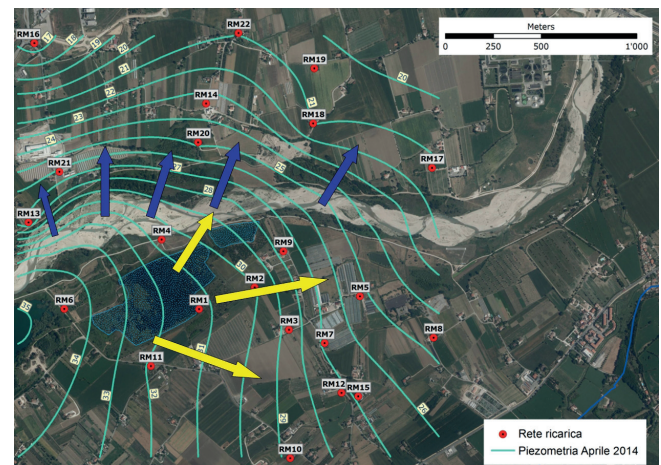


Fig. 8 - Piezometria nelle vicinanze del lago di ricarica nell'Aprile 2014. Le frecce gialle indicano il flusso dal lago di ricarica alla conoide, quelle blu il flusso verso il Fiume Marecchia e la parte nord della conoide.

Fig. 8 - Piezometry near the recharge lake in April 2014. Yellow arrows show the flow from the lake to the alluvial fan, blue arrows show the flow toward the Marecchia River and the north side of the alluvial fan.

## Conclusioni

L'intervento sperimentale di ricarica in condizioni controllate della conoide del Marecchia attraverso il lago di ex cava Incal System produce gli effetti attesi: un incremento del volume d'acqua nel lago, induce infatti l'innalzamento del livello della falda freatica, che è massimo nelle vicinanze del lago e diminuisce allontanandosi da esso. Parte dell'acqua che si infiltra dal lago defluisce anche verso il fiume. Il forte aumento del livello dell'acqua nel lago, se non correttamente calibrato, potrebbe creare difficoltà alla nidificazione ed alla sopravvivenza di alcune specie di uccelli presenti nell'area. La ricarica va quindi modulata in modo che non arrechi danno all'ecologia dell'area. Per fare ciò occorre conoscere i reali volumi in gioco, tramite una misura il più possibile precisa dei livelli di lago e fiume e della portata che transita nel canale. Con la collaborazione di ARPA Regione Emilia-Romagna è stata realizzata una scala di deflusso della parte finale del canale, utile al calcolo del volume complessivo d'acqua immesso nel lago, che è risultato di circa 600.000 m<sup>3</sup>. Nel prossimo futuro sarà interessante valutare l'influenza del vicino campo pozzi acquedottistico sull'andamento delle linee di flusso e sull'eventuale richiamo di acqua dal lago. Altri aspetti da considerare nel prosieguo del lavoro saranno indubbiamente la valutazione delle caratteristiche qualitative di base delle acque sotterranee e la stima dell'eventuale "clogging" del fondo del lago che potrebbe influire riducendo l'efficacia della ricarica. In una fase più avanzata dello studio, sarà interessante confrontare i dati osservati con quelli attesi dallo studio modellistico specificamente realizzato da ARPA Emilia-Romagna nel 2008 (ARPA Emilia-Romagna, 2008).

## BIBLIOGRAFIA

- Bouwer H., (2002) Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering, *Hydrogeology Journal*, 10, 121-142.
- ARPA Emilia-Romagna, Regione Emilia-Romagna (2005) Le caratteristiche degli acquiferi della Regione Emilia-Romagna. Report 2003. A cura di A. Fava, M. Farina e M. Marcaccio.
- ARPA Emilia-Romagna, Regione Emilia-Romagna (2005) Studio della Conoide alluvionale del Fiume Marecchia: analisi quali-quantitativa a supporto della corretta gestione della risorsa idrica. Rapporto tecnico.
- ARPA Emilia-Romagna, Regione Emilia-Romagna (2006) Studio della Conoide alluvionale del Fiume Marecchia: analisi quali-quantitativa a supporto della corretta gestione della risorsa idrica. Rapporto tecnico.
- ARPA Emilia-Romagna, Hera Rimini (2007) Applicazione della modellistica matematica di simulazione del flusso delle acque sotterranee della Conoide alluvionale del Fiume Marecchia. Rapporto tecnico.
- ARPA Emilia-Romagna (2008) Studio sulla ricarica artificiale delle falde in Emilia-Romagna. <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/acque/informazioni/documenti/studio-sulla-ricarica-artificiale-delle-falde-in-emilia-romagna/view>
- Autorità di Bacino Marecchia-Conca (2004) Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/suolobacino/sezioni/pianificazione/autorita-bacino-marecchia-conca/Piano-Stralcio-Assetto-Idrogeologico-PAI>
- Circondario di Rimini (ora Provincia di Rimini) (1992) Piano delle Acque del Circondario di Rimini. A Cura di Idroser S.p.A.
- Giulietti Claudio (1993) Tesi di laurea inedita "Prime valutazioni sulla efficacia degli interventi effettuati per la ricarica artificiale del conoide marecchiese, Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Bologna, A.A. 1993-94"
- Regione Emilia-Romagna (2005) Piano di Tutela delle Acque. Approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 40 del 21 dicembre 2005.
- Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998) Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna. A cura di Gian Marco Di Dio Regione Emilia-Romagna, Comune di Rimini, Comune di Santarcangelo, 2004 – Progetto di riassetto territoriale delle aree periurbane della Bassa Val Marecchia al fine di definire il recupero ambientale delle cave Incal System e Adria Scavi nel Fiume Marecchia. Rapporto Tecnico.
- Servizio Geologico d'Italia-Regione Emilia-Romagna (2005) Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio Geologico "256 – Rimini
- Severi Paolo, Bonzi Luciana e Ferrari Venusia (2014) Geologia ed idrogeologia della conoide del fiume Marecchia (Rimini). <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/acque/geologia-e-idrogeologia-della-conoide-del-fiume-marecchia>