

# RAPPORTI TECNICI

AREA GEOLOGIA, SISMICA E SUOLI

2021



# ANDAMENTO DEI LIVELLI DI FALDA NELLA CONOIDE DEL MARECCHIA NEL 2021

A cura di:

**Paolo Severi**

Area Geologia, Suoli e Sismica – Regione Emilia-Romagna

**Andrea Chahoud, Luca Gelati**

Direzione tecnica ARPAE Emilia-Romagna

Si ringrazia per la collaborazione

nelle attività di campo:

Patrizia Anelli e Vanessa Rinaldini – ARPAE, Servizio Sistemi Ambientali Area Est

nell'elaborazione dei dati:

Alessandra Aprea, Luciana Bonzi, Alberto Martini e Pier Francesco Sciuto - Area Geologia, Suoli e Sismica - Regione Emilia-Romagna

In copertina:

Monitoraggio nel lago In.Cal System - Archivio Area Geologia, Suoli e Sismica

Immagine coordinata:

Scappini Simonetta – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – Regione Emilia-Romagna

Il presente documento è reso pubblico secondo i termini della licenza Creative Commons 4.0 e possono pertanto essere riprodotti, distribuiti, comunicati, esposti, rappresentati e modificati alle condizioni qui riportate (<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/note-legali>).



Direzione Generale cura del territorio e dell'ambiente  
Settore Difesa del Territorio - Area Geologia, Suoli e Sismica  
Viale della Fiera 8, 40127 Bologna  
telefono: 051 5274798

fax: 051 5274208

e-mail: [segrgeol@regione.emilia-romagna.it](mailto:segrgeol@regione.emilia-romagna.it)

PEC: [segrgeol@postacert.regione.emilia-romagna.it](mailto:segrgeol@postacert.regione.emilia-romagna.it)

Sito web dedicato:

<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/acque/risorse-idriche-pianura/idrogeologia-della-pianura/ricarica-conoide-alluvionale-fiume-marecchia-rimini>

## **Andamento dei livelli di falda nella conoide del Marecchia nel 2021**

La conoide del Marecchia riveste un'importanza strategica per l'approvvigionamento idrico potabile del riminese ed è, insieme alla Diga di Ridracoli, la risorsa idrica più importante dell'intera Romagna. Per questo motivo, sin dal 2001, è attiva una rete di monitoraggio delle acque sotterranee che consente di conoscere in modo dettagliato l'andamento dei livelli di falda di questa conoide.

Le conoscenze sui livelli di falda sono state molto utili nella gestione dei momenti di crisi idrica dovuti alla siccità che, a partire dal 2007, si sono succeduti durante diverse estati.

Nel corso del 2021, sono stati condotti, in collaborazione tra l'Area Geologia, Suoli e Sismica e la Direzione Tecnica di ARPAE Emilia-Romagna, quattro rilievi del livello piezometrico della conoide del Marecchia: inizio marzo, fine maggio, fine agosto e inizio novembre.

La rete di monitoraggio (figura 1) è costituita attualmente da 62 punti che comprendono:

- 38 punti della rete di controllo della conoide del Marecchia (misure di livello);

21 punti della rete di controllo istituita per il progetto di ricarica in condizioni controllate della conoide del Marecchia di cui alla DGR 1649/17 (misure di livello e analisi qualitative)- 3 punti in comune ad entrambe le reti.

I punti rossi di figura 1 sono quelli che hanno sempre avuto letture dal 2001 (32 in totale).

Informazioni aggiuntive su questa rete di monitoraggio e sui relativi dati, sono disponibili in :

<https://dati.arpae.it/dataset/rete-di-dettaglio-conoide-marecchia-e-rete-progetto-ricarica-conoide-marecchia>

[I dati relativi ai monitoraggi effettuati sono invece disponibili all'interno del portale Opendata di Arpae https://dati.arpae.it/dataset/rete-di-dettaglio-conoide-marecchia-e-rete-progetto-ricarica-conoide-marecchia](https://dati.arpae.it/dataset/rete-di-dettaglio-conoide-marecchia-e-rete-progetto-ricarica-conoide-marecchia)

Nella conoide del Marecchia è presente un impianto di ricarica in condizioni controllate delle falde che, dopo un periodo di sperimentazione (2014 – 2016), nel 2017 è stato attivato formalmente (<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/acque/risorse-idriche-pianura/idrogeologia-della-pianura/ricarica-conoide-alluvionale-fiume-marecchia-rimini>).

Nel maggio 2019, a seguito di una forte piena fluviale, è crollata la briglia dalla quale si alimenta il canale che a sua volta alimenta la ricarica della conoide. La briglia è stata ripristinata nel corso del 2021, successivamente sono intercorse altre problematiche di tipo strutturale che hanno impedito per un largo intervallo di tempo l'afflusso idrico al canale e, quindi alla ricarica.

Nel corso del 2021, la ricarica in condizioni controllate è pertanto stata attiva solamente dal 23 novembre sino alla fine dell'anno, contribuendo quindi in modo verosimilmente poco significativo alla ricarica della conoide.

Nel periodo in cui la ricarica in condizioni controllate è stata attiva (2014 – 2019), essa ha contribuito alla ricarica naturale della conoide per un totale di 9.19 milioni di m<sup>3</sup> con una media annua 1.53 milioni m<sup>3</sup>.

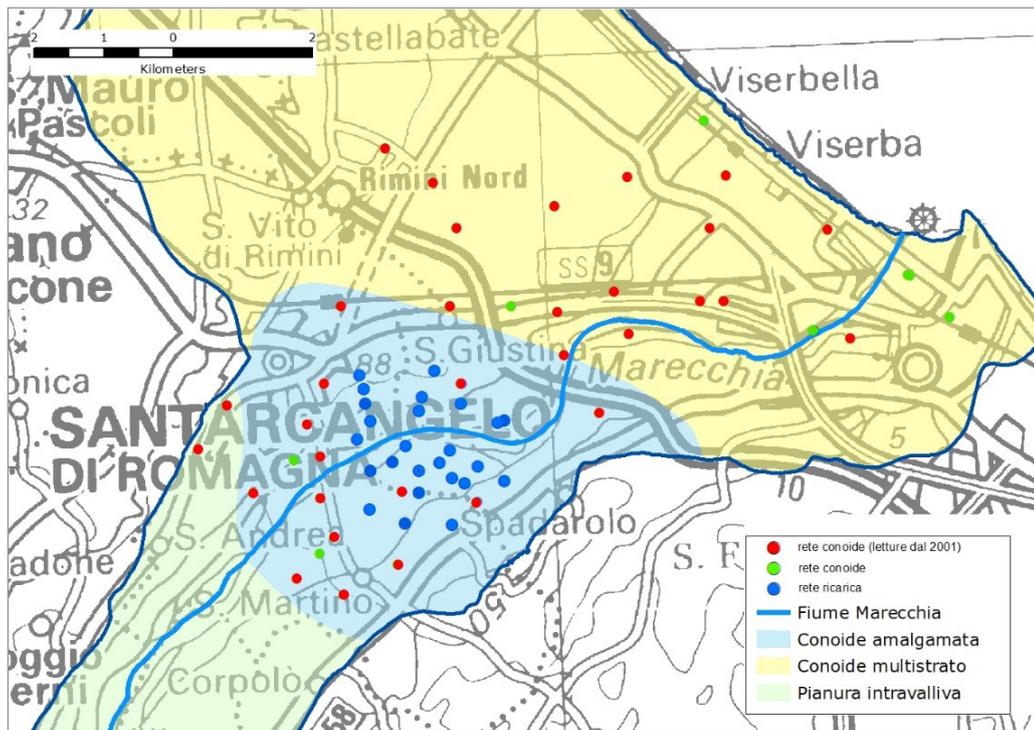


Figura 1: Rete di monitoraggio della conoide del Marecchia (punti verdi e rossi) e rete ricarica in condizioni controllate (punti blu).

I punti di controllo hanno una profondità compresa tra 8 e 154 metri e consentono il monitoraggio di tutti i livelli captati dell'acquifero multistrato della conoide, dal più superficiale (definito A0) ai più profondi (le parti inferiori del Gruppo Acquifero A).

Le misure della rete di monitoraggio della conoide sono disponibili a partire dal 2001 (seppure con un'interruzione dal settembre 2014 al settembre 2015) ed evidenziano che i livelli di falda hanno un andamento più o meno sinusoidale in linea con l'andamento stagionale, con i massimi primaverili e i minimi tardo estivi ed autunnali.

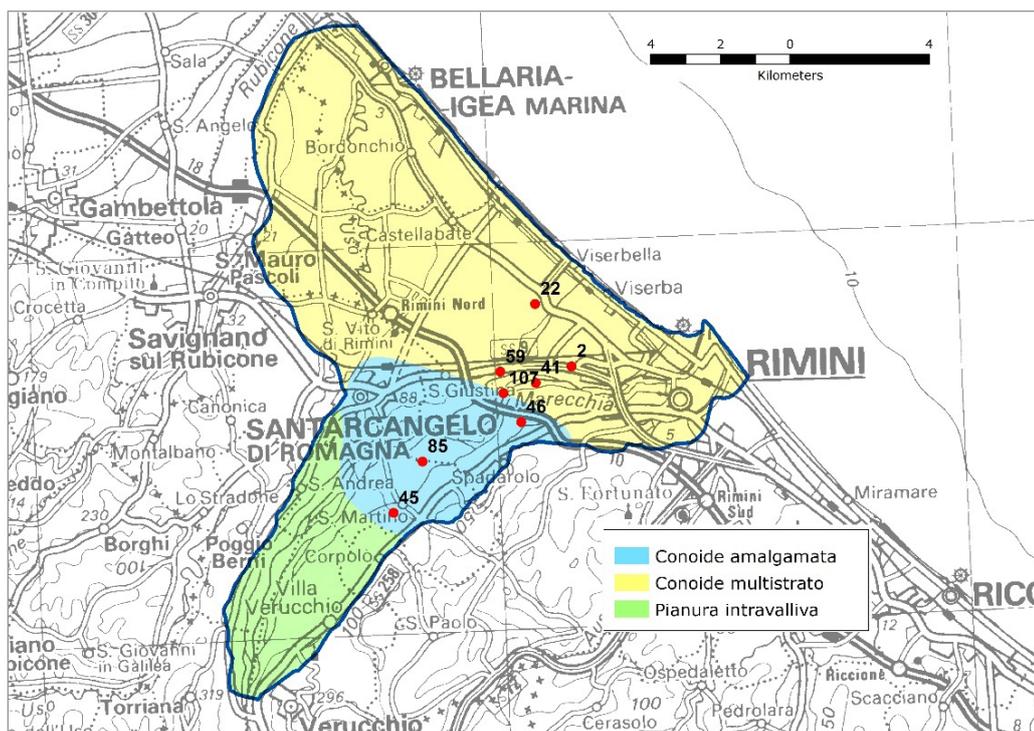


Figura 2: Ubicazione di alcuni punti significativi per il monitoraggio delle falde della conoide

I grafici di Figura 3a e 3b riportano l'andamento del livello piezometrico in una serie di punti di controllo ritenuti significativi dei diversi acquiferi che costituiscono la conoide del Marecchia, la cui ubicazione è riportata in Figura 2.

Nell'intestazione di ogni grafico, oltre al numero identificativo di ciascun punto, è riportata la sua profondità e l'acquifero captato; si osservi che il livello minimo delle falde è stato raggiunto generalmente nell'autunno del 2007, mentre il massimo nella primavera del 2013. Si osservi inoltre che la scala verticale dei grafici, che riporta il livello piezometrico in m s.l.m. non è sempre la medesima.

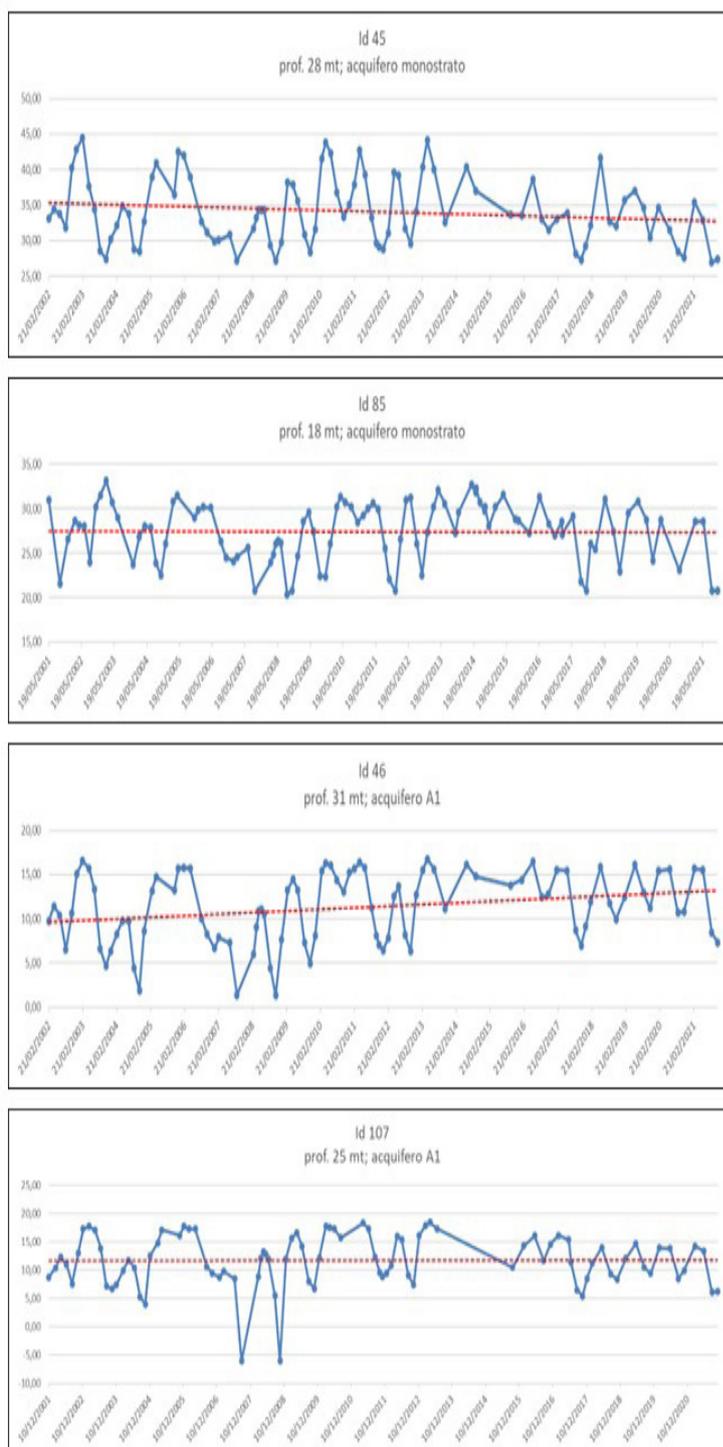
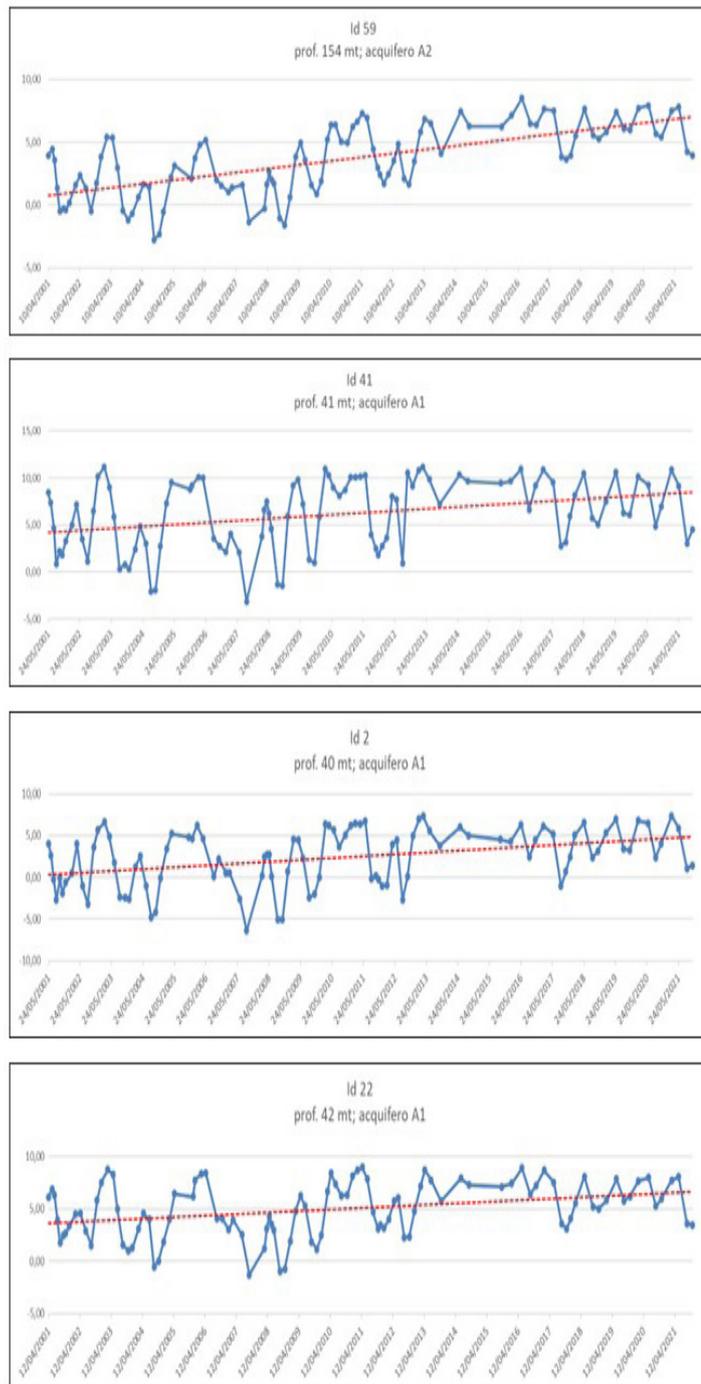


Figura 3a: andamento del livello in quattro punti significativi della conoide.



*Figura 3b: andamento del livello in quattro punti significativi della conoide.*

La linea arancione tratteggiata indica il trend del livello piezometrico per tutto il periodo monitorato (2001-2020) che, come si vede, è generalmente stabile nella parte più a monte della conoide mentre risulta positivo proseguendo verso mare. Occorre tuttavia considerare che la frequenza delle letture non è stata sempre uguale nel tempo.

L'escursione tra i minimi ed i massimi è decisamente maggiore nei punti di monitoraggio dell'acquifero monitorato, in alcuni punti dell'A1 (i più prossimali) rispetto al punto dell'A2 (Id 59) e ai più distali dell'A1 (Id 2 e 22). Si osserva che la differenza tra i minimi ed i massimi tende a diminuire nel tempo, specialmente nei punti relativi all'A2.

Con riferimento a tutto il periodo di monitoraggio (2001 – 2021) è stato calcolato il livello piezometrico medio misurato in ciascun anno prendendo in considerazione, però, solo i pozzi per i quali erano sempre disponibili 4 letture stagionali o, in mancanza di queste, i pozzi con le letture di massimo primaverile e minimo autunnale (il numero delle letture effettuate sui pozzi della rete per ogni anno è riportato in tabella 1). Questi pozzi sono complessivamente 32, e la loro ubicazione è riportata in Figura 1 (punti rossi).

Nella tabella 1 il 2021 si colloca all'undicesimo posto, sui 19 anni di cui è riportato il valore della media.

Il 2001 ed il 2015 sono stati esclusi dal conteggio del livello piezometrico medio perché le serie storiche dei pozzi presi in considerazione erano incomplete e non sono state quindi ritenute paragonabili alle altre. Tuttavia, il 2015, in relazione alle letture disponibili e ad altre informazioni di cui si è a conoscenza, risulta essere uno degli anni con livelli piezometrici più alti di tutto il periodo monitorato.

Anno	LP medio	N. letture per anno
2014	19,18	2
2010	18,76	4
2013	18,7	2
2005	18,4	2
2016	18,03	4
2019	17,63	4
2018	17,32	4
2006	17,19	4
2020	16,8	4
2011	16,48	4
2021	16,16	4
2017	15,86	4
2003	15,73	4
2002	15,59	4
2009	15,23	4
2012	14,72	4
2004	13,58	4
2008	12,58	4
2007	11,83	2
2015	-	n.d.
2001	-	n.d.

*Tabella 1: Media aritmetica dei livelli piezometrici rilevati in ogni anno e numero di misure disponibili per ciascun anno.*

Il 2021 è stato un anno caratterizzato da livelli piezometrici inferiori rispetto all'anno precedente.

Nel 2021 i livelli massimi si sono rilevati quasi sempre nella lettura di marzo. I minimi sono stati osservati generalmente nella lettura di settembre, in alcuni casi in novembre.

Il minimo del 2021 è stato sempre più alto rispetto al minimo assoluto rilevato nel settembre 2007, tranne che in 3 casi, due posizionati nella parte apicale della conoide, uno nella parte della conoide multistrato (Figura 4). I valori minimi del 2021 sono mediamente 3.5 m più alti rispetto a quelli minimi del 2007, con punte fino a oltre 12 metri. La differenza tra i due minimi è più significativa nella conoide multistrato (punti verdi in Figura 4).

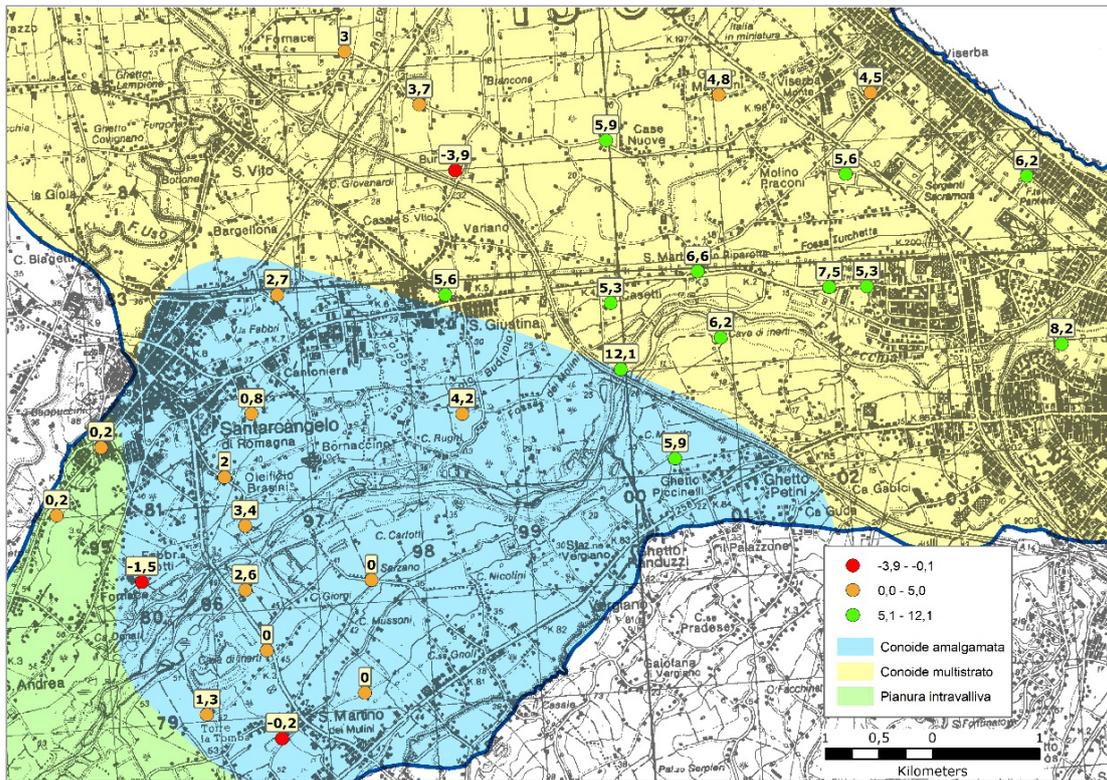


Figura 4: differenza tra il minimo del 2021 ed il minimo storico del 2007.

Nelle campagne di settembre o novembre, 11 pozzi sono risultati secchi ovvero privi di acqua; i pozzi sono indicati in figura 5 dove è evidenziata anche la loro profondità. Dieci di questi pozzi si trovano nella parte più a monte della conoide amalgamata, e individuano localmente un areale di sofferenza per mancanza di risorsa idrica sotterranea, sino alla profondità indicata.

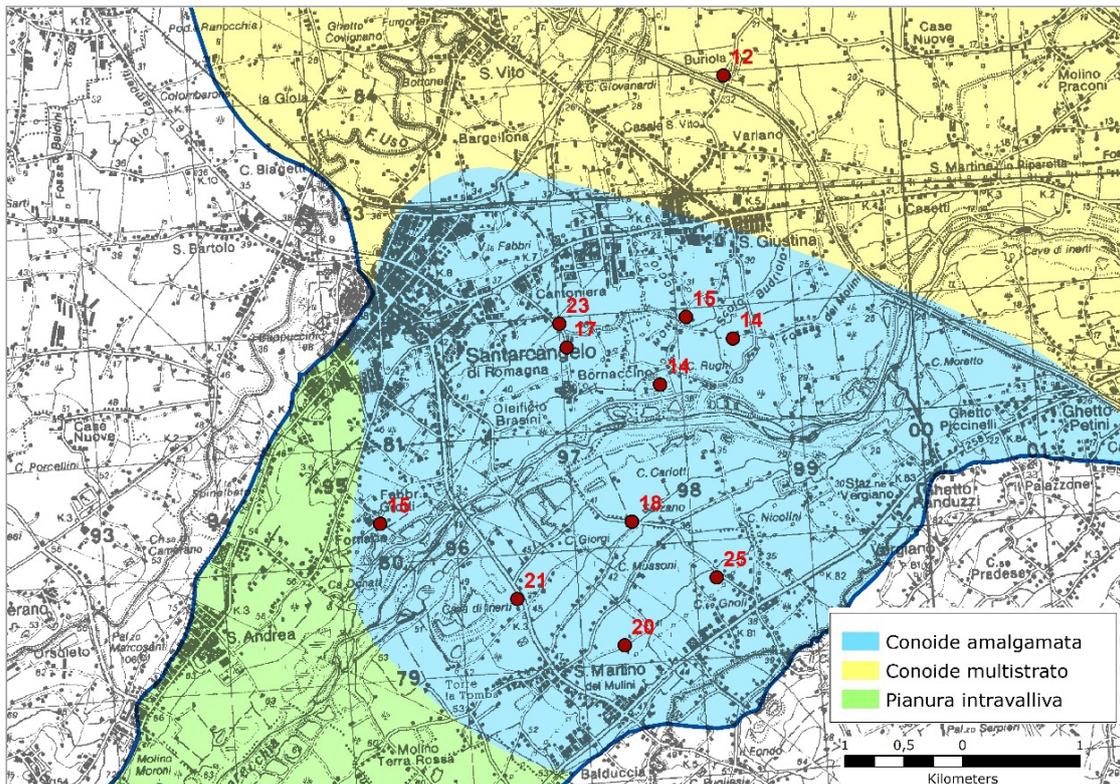


Figura 5: pozzi rinvenuti secchi nel settembre 2021 e loro profondità in mt.

Nelle campagne di settembre e di novembre è stata misurata anche la conducibilità elettrica specifica delle falde (funzione della salinità delle acque sotterranee), in alcuni punti di monitoraggio posizionati soprattutto nella zona di conoide amalgamata, per un totale di 33 misure.

I valori misurati, riportati variano da 543 a 1105 microS /cm, e sono riportati come singole misure, oppure come media dei valori rilevati nei casi in cui si siano effettuate più misure nel tempo (Figura 6).

I valori più bassi rilevati nelle falde indicano, se pur in modo grossolano, le zone maggiormente influenzate dalla ricarica del fiume e dei laghi di cava presenti nella porzione apicale della conoide.

Generalmente i punti più vicini al fiume, specie in destra idrografica, hanno valori di conducibilità inferiori a 750 microS /cm, mentre quelli più lontani hanno valori maggiori.

L'unico punto al di fuori dalla conoide amalgamata, posizionato nei pressi della stazione di Rimini e fenestrato nella parte superiore dell'acquifero A1, indica un valore di poco superiore ai 1.100 microS /cm, in linea con il contesto idrogeologico.

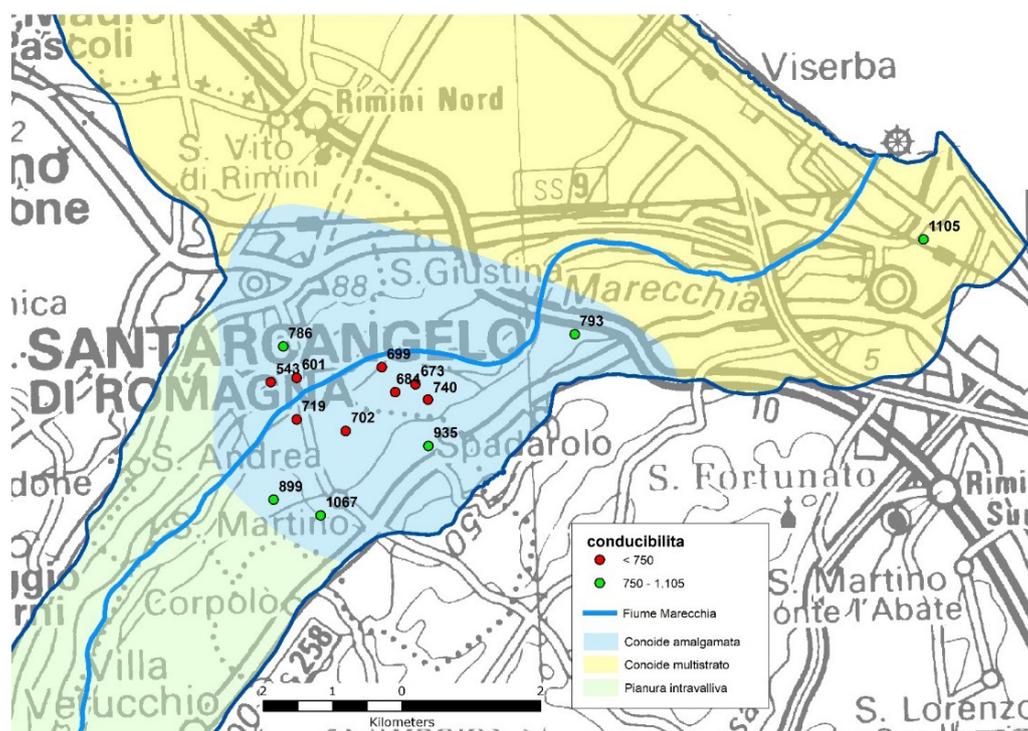


Figura 6: Conducibilità elettrica specifica (in microS/cm; funzione della salinità delle falde) in alcuni punti della rete di monitoraggio.

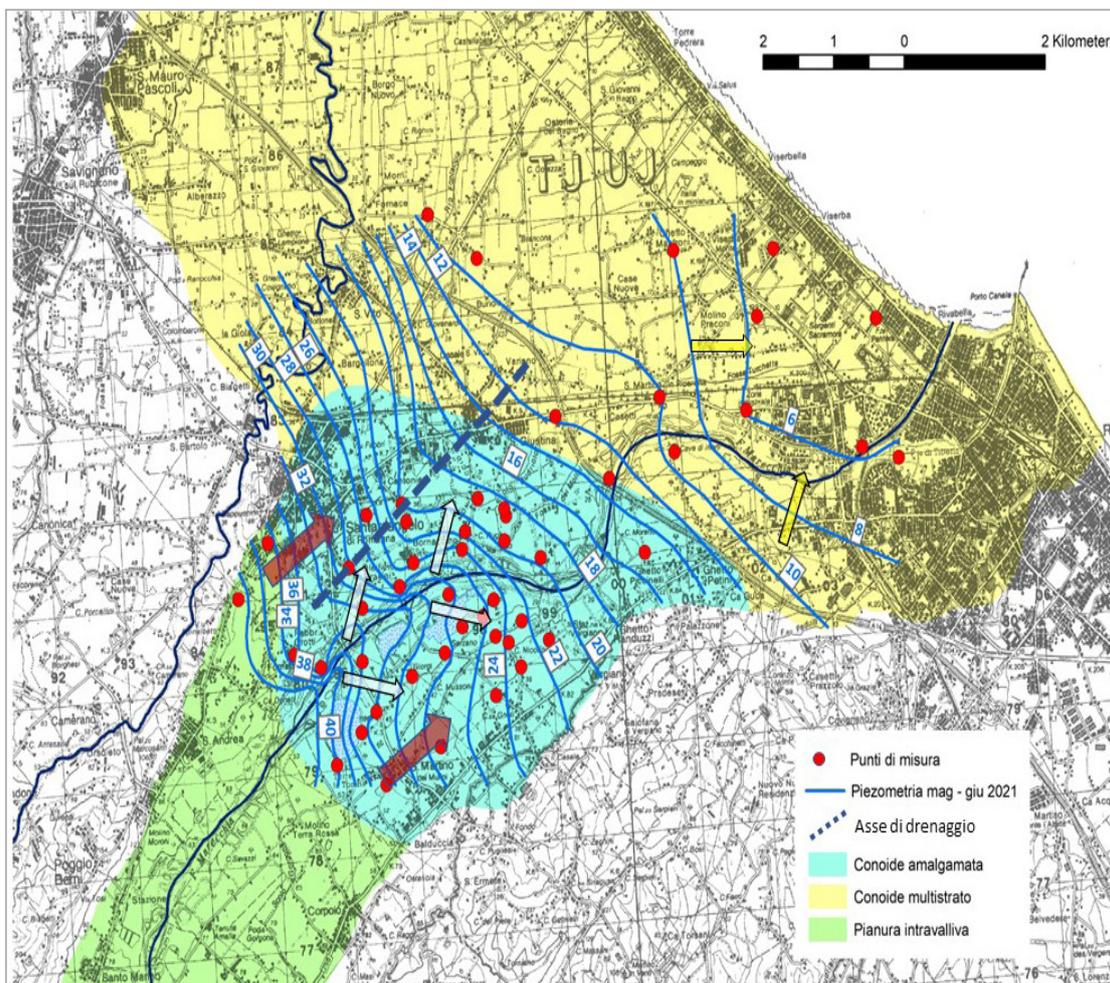
La piezometria della fine maggio 2021 (massimo piezometrico) riportata in figura 7 è riferita a tutti i punti di rilevati nella conoide amalgamata e solamente ai punti fenestrati in A1 nella conoide multifalda. L'andamento rilevato concorda con quello degli anni passati.

Nella zona prossimale della conoide (conoide amalgamata) il gradiente della falda è maggiore e tende via via a diminuire andando verso la zona distale (conoide multistrato).

Nell'area della conoide amalgamata la falda è alimentata dal fiume (sino grosso modo all'isofreatica "18"), dai laghi di ex cava presenti in destra idrografica del Marecchia (freccie bianche), e dalle porzioni di monte della conoide (freccie rosse).

Nella zona della conoide multistrato (isofreatiche riferite solamente all'acquifero A1) si osserva un cono di depressione della falda nella zona ad ovest di Rimini (freccie arancioni), dovuta probabilmente ai prelievi da pozzo.

Si evidenzia un asse di drenaggio in sinistra idrografica dalla zona di Santarcangelo di Romagna sino grossomodo all'Autostrada A14.



*Figura 7: piezometria di massimo (giugno 2020). Le frecce rosse indicano la direzione di flusso da monte; le frecce bianche la ricarica dal fiume e dai laghetti di ex cava; le frecce arancio un cono di depressione ad Ovest di Rimini.*

## Considerazioni conclusive

Le quattro letture effettuate nel 2021 nella rete di monitoraggio della conoide hanno permesso di aggiornare le conoscenze sulle falde del Marecchia e, in generale, sulla loro disponibilità idrica.

Il livello medio delle falde nel 2021 si colloca poco sotto la metà rispetto ai valori medi annuali misurati a partire dal 2001.

L'analisi del livello piezometrico in alcuni punti significativi della conoide a partire dal 2001 evidenzia una sostanziale stabilità nella parte amalgamata della conoide ed una certa tendenza positiva nella parte multistrato.

La lettura di settembre e novembre ha evidenziato la presenza di alcuni pozzi secchi, presenti quasi esclusivamente nella parte conoide amalgamata.



**ANDAMENTI DEI  
LIVELLI PIEZOMETRICI  
IN CONTINUO, CON  
PARTICOLARE  
RIFERIMENTO ALLA  
RICARICA IN CONDIZIONI  
CONTROLLATE**

**ALLEGATO**

## Premessa

In sette punti della rete di monitoraggio della conoide del Marecchia vengono rilevate misure con frequenza oraria del livello piezometrico, tramite appositi sensori posizionati nei tubi piezometrici.

Cinque di questi punti sono ubicati nei pressi del lago InCal in cui dalla primavera del 2014 è attivo un impianto di ricarica artificiale della conoide (o per meglio dire di “ricarica in condizioni controllate”), gli altri due punti sono posizionati più a valle. Tutti i punti sono ubicati nella Conoide amalgamata, caratterizzata da un acquifero monostrato freatico; solo nel punto 46 l’acquifero monitorato è in condizione confinate (figura 1a e 1b). In figura 1b è ubicato anche l’idrometro posizionato nel tratto terminale del canale che rifornisce il lago di ricarica.

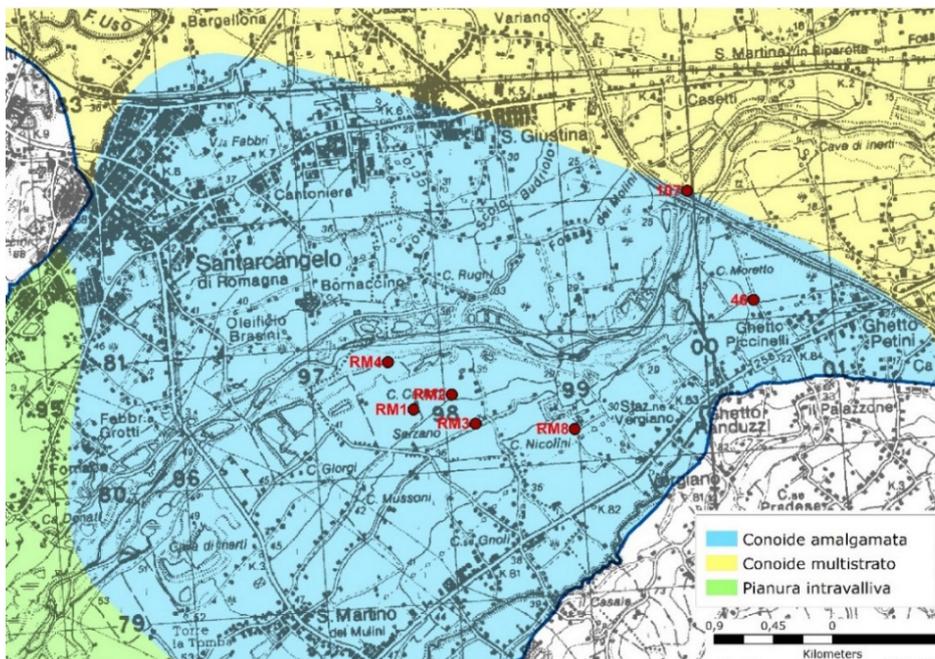


Figura 1a: ubicazione dei punti con lettura oraria del livello piezometrico

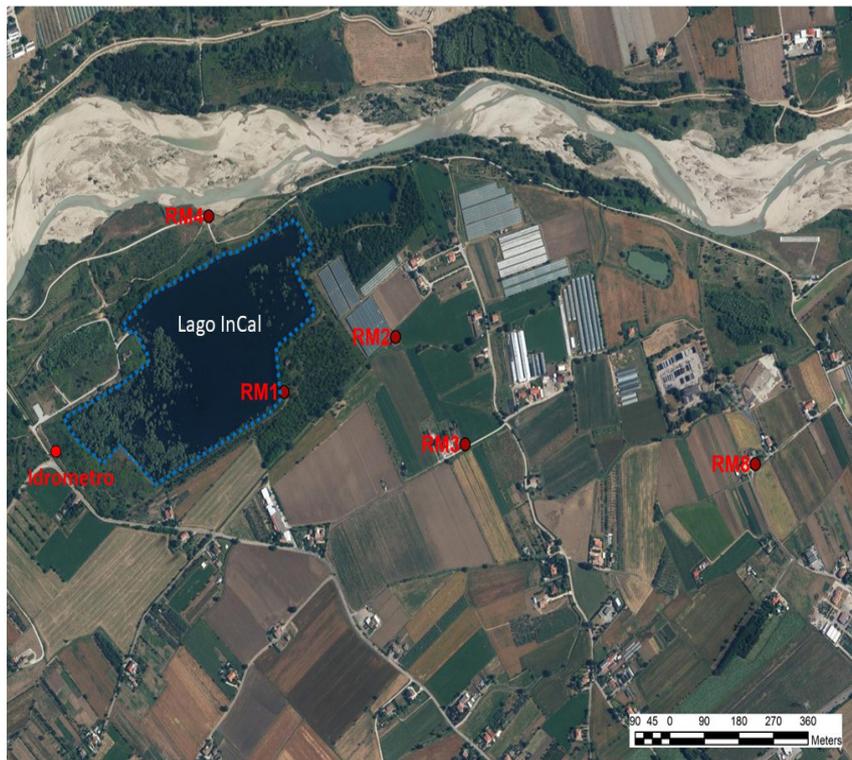


Figura 1b. particolare di fig. 1a nei pressi del lago InCal di ricarica. Indicata anche la posizione dell’idrometro

## Analisi dei dati rilevati

In RM1, RM2, RM3, RM4 le misure sono disponibili dall'inverno del 2014 all'estate del 2022; per il punto 46 le letture iniziano dall'estate del 2009, per il 107 dalla primavera del 2011 (figura 2).

E' molto evidente l'andamento sinusoidale del livello piezometrico, con massimi primaverili e minimi autunnali. I valori massimi sono stati raggiunti generalmente nelle primavere del 2014 e 2015, il minimo nell'autunno del 2021. Fatta esclusione per il 2014 e 2015, si riscontrano sempre delle oscillazioni del livello molto forti, soprattutto nel 2021, con differenze di oltre 10 metri (massimo 12.5 metri nel RM4).

In tutti i punti di controllo si evidenzia un trend negativo del livello piezometrico.

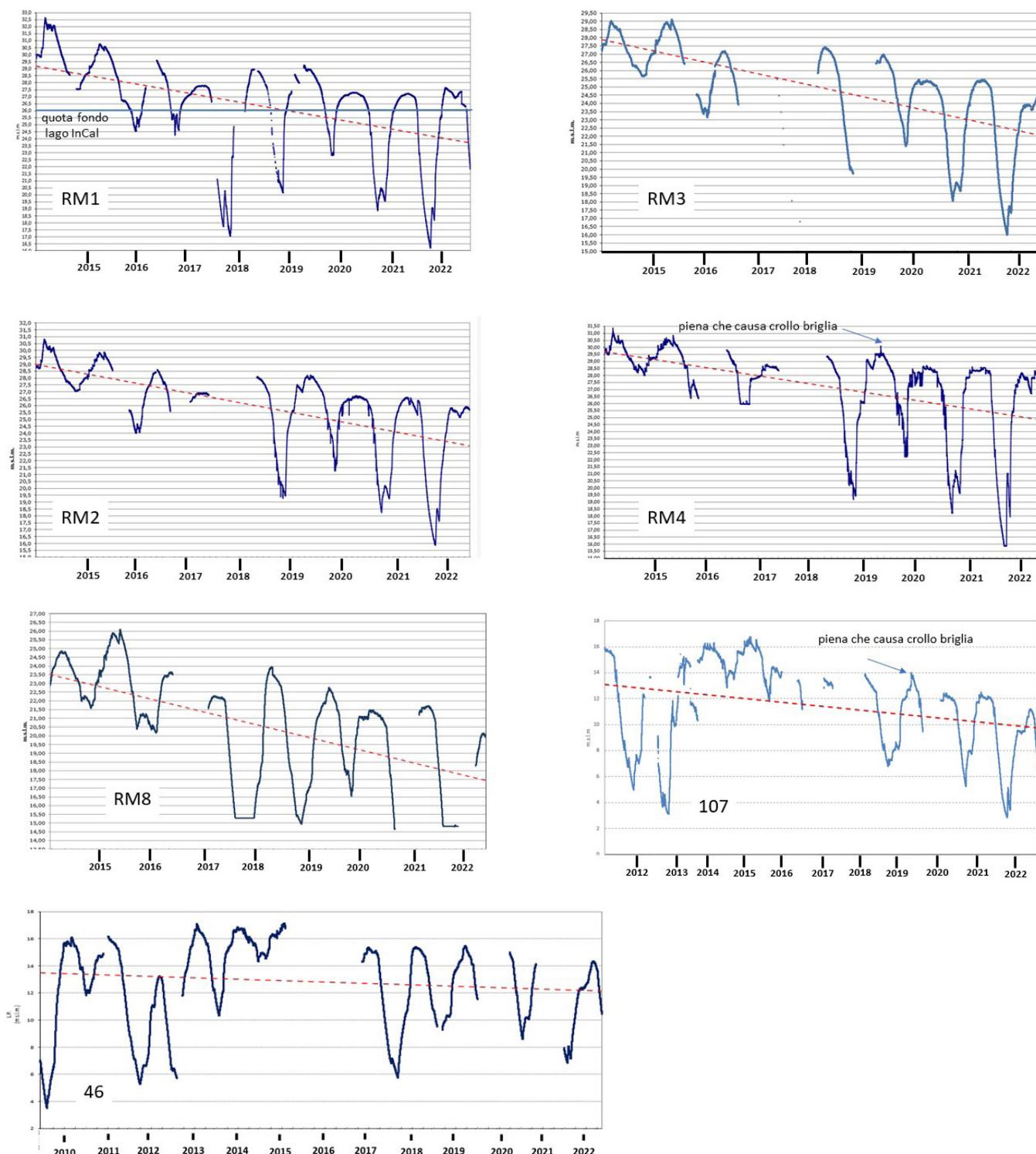


Figura 2. Misure orarie dei livelli. Le linee rosse tratteggiate indica il trend temporale della piezometria.

In RM1 è evidenziata la quota del fondo del lago di Ricarica InCal; si osserva che, fatta eccezione per il 2014, durante tutte le estati la falda è molto più bassa del fondo del lago, che pertanto rimane asciutto.

Nei punti molto prossimi al Marecchia (RM4 e 107, vedi figura 1a) il grafico permette di osservare l'evento di piena che nel maggio del 2019 ha causato il crollo della briglia che, come conseguenza, ha interrotto la ricarica artificiale della conoide.

In alcuni grafici sono state riportate anche le misure di livello piezometrico acquisite manualmente durante le varie campagne di rilevamento. Ciò permette di colmare in parte la lacuna di informazioni nei casi in cui, per motivi tecnici, la registrazione oraria non risulta disponibile (figura 3).

Si osservi che in RM8 nell'autunno del 2017 e del 2021 il livello piezometrico rimane per diverso tempo fermo sullo stesso valore (Figura 3). Ciò è dovuto al fatto che la falda è scesa al di sotto della quota in cui è stato posizionato il sensore per la misura in continuo del livello. In questi casi l'andamento orario del livello non è attendibile, e occorre considerare l'andamento ottenuto tramite le misure manuali.

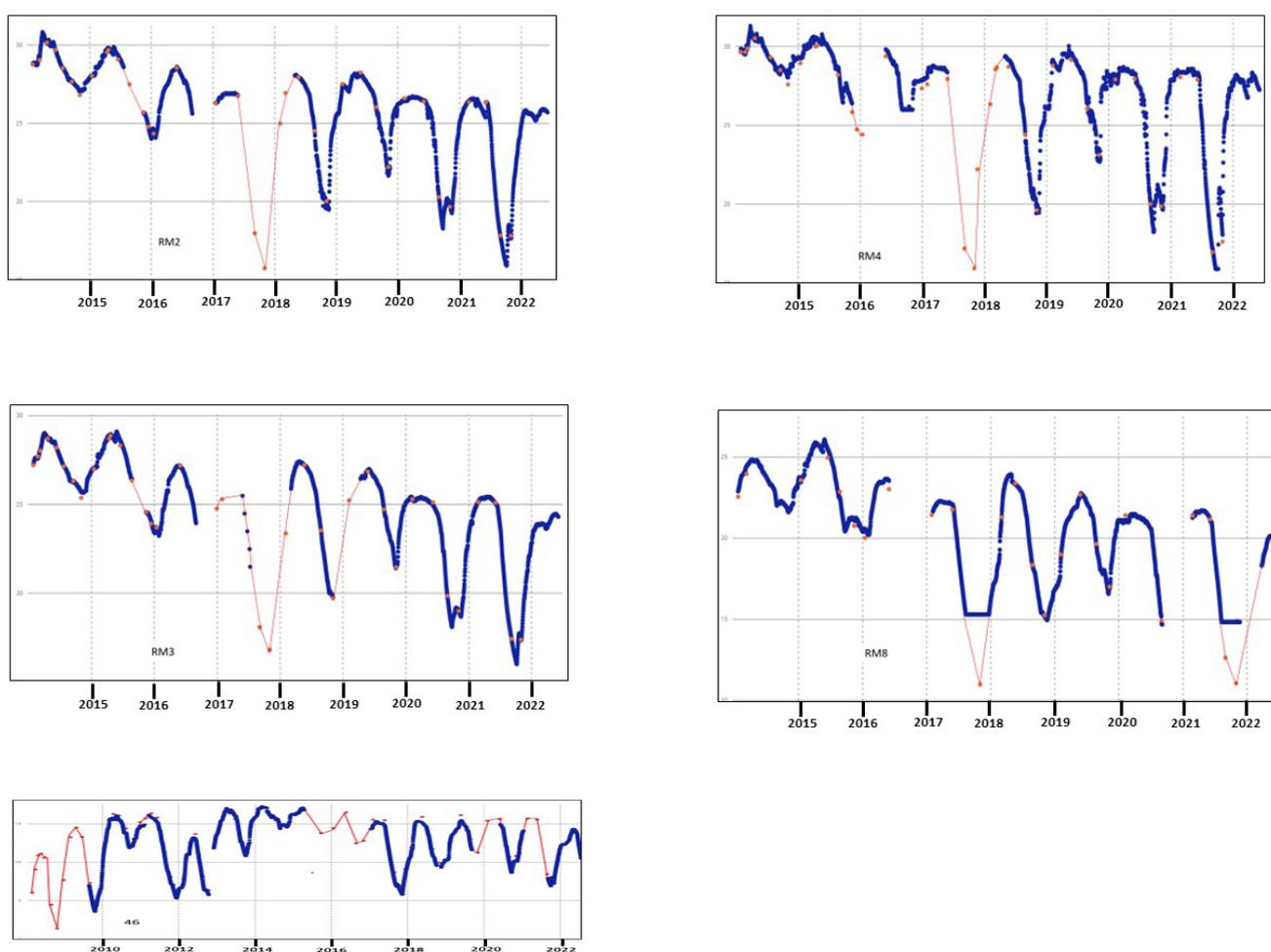


Figura 3. Misure orarie dei livelli (linee blu), misure manuali (punti rossi) e loro interpolazione (linee rosse).

## Analisi dei monitoraggi effettuati nell'area interessata dalla ricarica in condizioni controllate

Le misure in continuo in RM1, RM2, RM3 ed RM8 sono state acquisite per verificare l'efficacia dell'impianto di ricarica della conoide, e sono iniziate un paio di mesi prima che l'impianto iniziasse ad operare.

L'impianto ha funzionato dal febbraio del 2014 al maggio del 2019, quando, come anticipato, una forte piena del Marecchia ha causato il crollo della briglia che alimenta il canale che fornisce l'acqua per la ricarica.

La ricarica è stata generalmente sospesa nei mesi estivi, ed in gran parte del 2017, anno durante il quale l'impianto è stato sottoposto ad una procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, conclusasi positivamente (Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n. 1649 del 2017).

Un ulteriore sensore rileva con cadenza oraria l'altezza idrometrica del canale che trasferisce l'acqua al lago di ricarica Incal (figura 4). Grazie ai dati raccolti è stato possibile quantificare la portata idrica trasferita al lago e quindi all'acquifero. Durante tutto il periodo di funzionamento dell'impianto, la ricarica artificiale della conoide è stata di 9.19 milioni di m<sup>3</sup>, con una media annua 1.53 milioni m<sup>3</sup>.

Si consideri che la ricarica annua della conoide è stimata in circa 25 milioni di m<sup>3</sup> (Piano di Gestione del Distretto idrografico del Fiume Po, 2021), quindi il contributo della ricarica artificiale alla ricarica naturale dell'acquifero è stato dal 2014 al 2019 di circa il 6%.

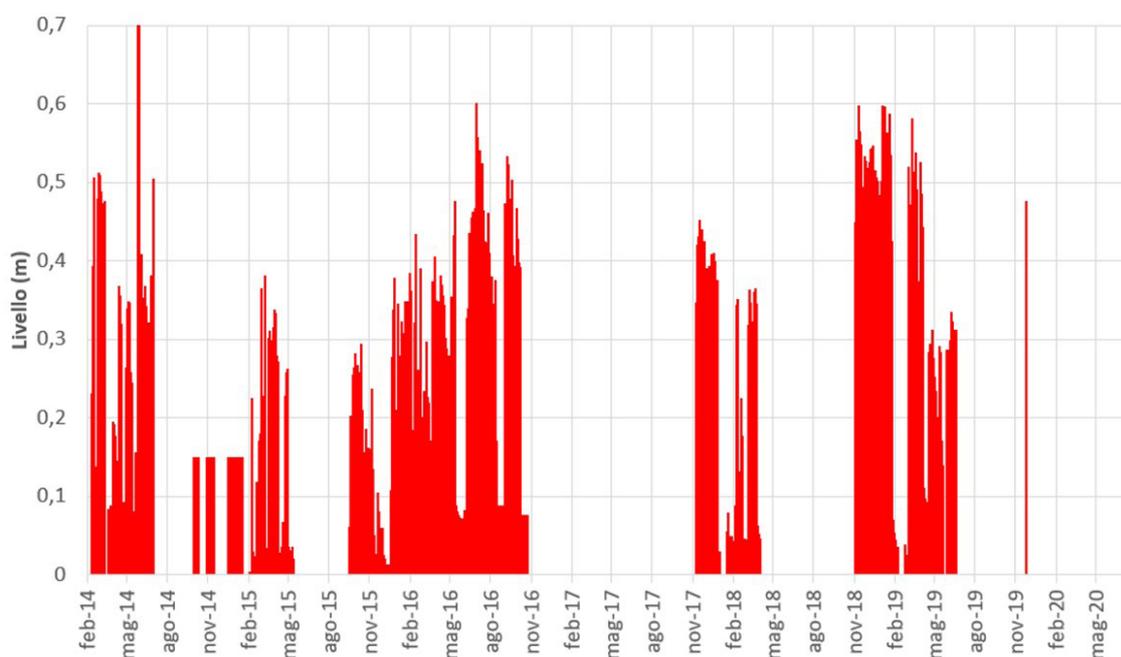


Figura 4: altezza idrometrica del canale che rifornisce il lago di ricarica.

A testimoniare l'efficacia dell'impianto di ricarica, si osserva che quando aumenta il livello idrometrico del canale che adduce acqua al lago di ricarica, aumenta conseguentemente il livello piezometrico del punto RM1, posto vicino al lago InCal (figura 5a e figura 5b).

L'afflusso di acqua al lago durante i periodi estivi (esempio estate 2014 in figura 5b, ed estate 2016 in figura 5a) non produce un aumento del livello in RM1, ovvero questo afflusso non è tale da invertire l'andamento piezometrico stagionale della conoide, che durante l'estate è in diminuzione.

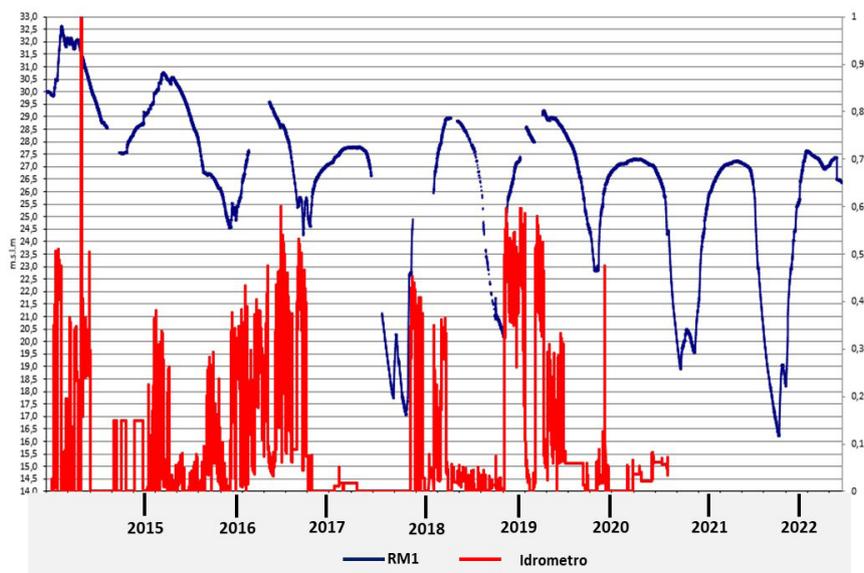


Figura 5a. Livello piezometrico di RM1 (in blu, valori asse a sinistra) e altezza idrometrica del canale adduttore al lago di ricarica (in rosso, valori asse a destra).

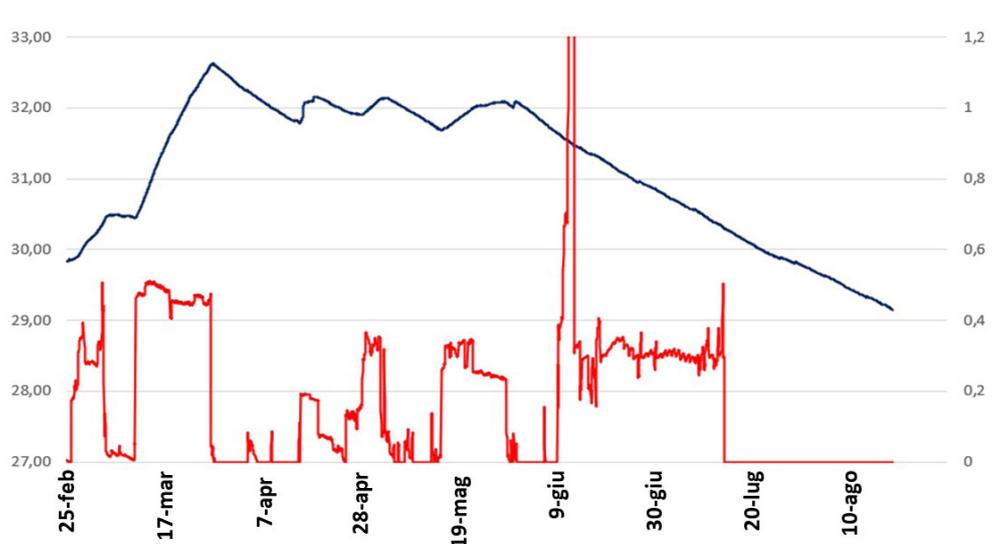


Figura 5b particolare di figura 3a nella primavera-estate 2014

L'efficacia dell'impianto di ricarica è mostrata anche dal confronto tra i livelli piezometrici dei punti posti a distanza crescente dal lago InCal.

Le figura 6a e 6b mostrano i livelli di RM1 che è posto a 5 metri dal lago, RM2 a 270 metri, RM3 a 470 metri ed RM 8 a 1250 metri (figura 1b). Quando si attiva la ricarica (linee rosse in figure 6) l'acqua si disperde all'interno dell'acquifero procedendo dal lago di ricarica verso la conoide.

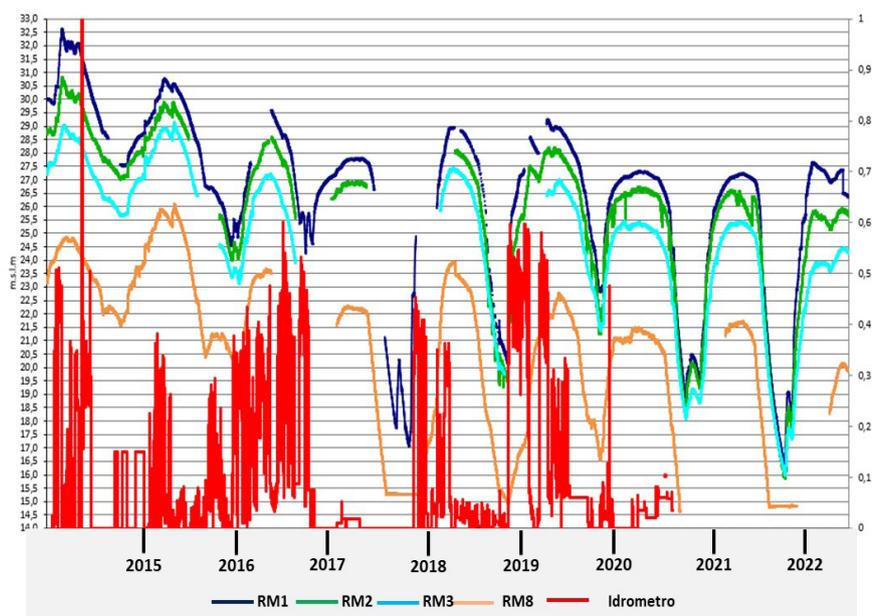


Figura 6a. Livelli piezometrici di punti RM1, RM2, RM3, RM8 (valori asse di sinistra), e livello idrometrico del canale ricarica (valori asse destra)

Nel breve periodo (gennaio-marzo 2014, figura 6b) si osserva che il livello in RM1, RM2 e RM3 aumenta o diminuisce contemporaneamente alle variazioni del livello idrometrico del canale.

Si vede inoltre che l'ampiezza delle variazioni è massima in RM1 e via via minore in RM2 e RM3, testimoniando quindi che l'acqua che dal canale entra nel lago si distribuisce gradualmente all'interno dell'acquifero.

L'andamento di RM8 indica che questo punto non risente delle variazioni idrometriche del lago di ricarica. Come detto, RM8 dista 1.250 metri dal lago, e quindi, a questa distanza, l'acqua di ricarica si è completamente distribuita nell'acquifero assieme all'acqua della ricarica naturale.

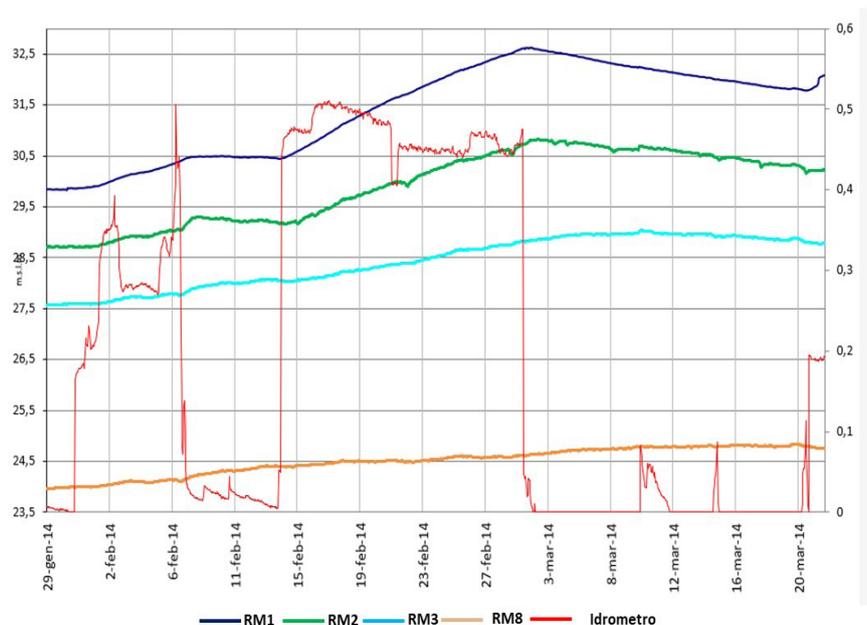


Figura 6b. Particolare del grafico di fig. 6a nel gennaio – marzo 2014

## Conclusioni

In sette punti della rete di monitoraggio della conoide del Marecchia vengono rilevate misure con frequenza oraria del livello piezometrico, tramite appositi sensori posizionati nei tubi piezometrici.

Queste misure consentono di osservare l'andamento dei livelli in modo molto più accurato rispetto alle letture manuali effettuate nel resto della rete di monitoraggio, e permettono di apprezzare correttamente le escursioni piezometriche, i momenti di massimo e di minimo e gli andamenti complessivi del livello nei punti analizzati.

In tutti i sette punti considerati, nel periodo per cui si dispongono i dati (generalmente dall'inverno 2014 all'estate del 2022) il trend della piezometria risulta in diminuzione.

I dati raccolti consentono di osservare che quando si attiva la ricarica l'acqua si disperde all'interno dell'acquifero procedendo dal lago di ricarica verso la conoide.

Le misure orarie rilevate nell'idrometro che trasferisce l'acqua al lago di ricarica hanno consentito di quantificare la portata della ricarica artificiale, che nel periodo dal 2014 al 2019 è stata di 9.19 milioni di m<sup>3</sup>, con una media annua 1.53 milioni m<sup>3</sup>, rappresentando circa il 6% della ricarica naturale della conoide.