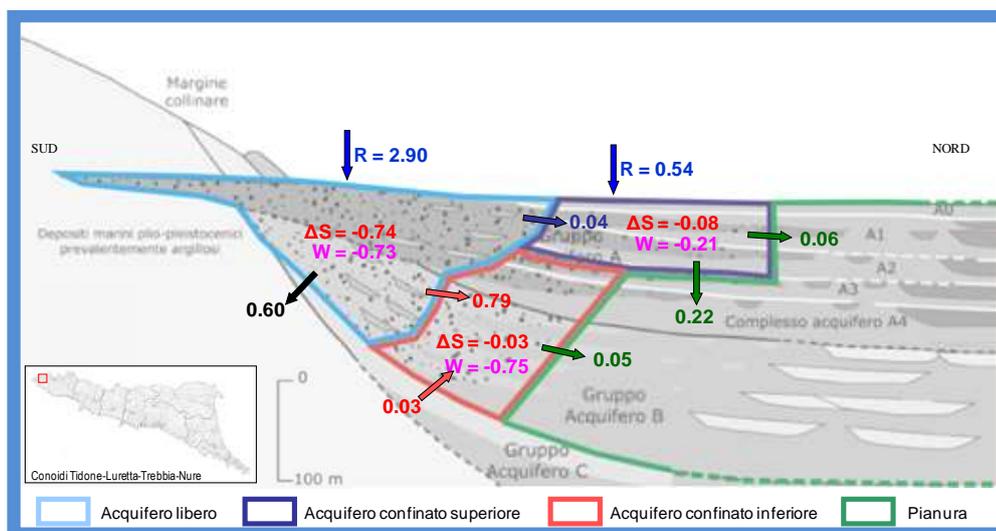




ASSESSORATO ALL'AMBIENTE, DIFESA DEL SUOLO E DELLA COSTA, PROTEZIONE CIVILE

AGGIORNAMENTO DEL MODELLO DI FLUSSO DELLE ACQUE SOTTERRANEE DELLA REGIONE EMILIA- ROMAGNA

ANNI 2012-2017



Attività per conto della Regione Emilia-Romagna a cura del **Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua, Aria e Agenti Fisici** settore "Acqua", responsabile **Dott. Marco Deserti** e coordinatrice dott.ssa Paola Maldini.

Referenti tecnici del Servizio che hanno contribuito alle attività:

- Dott.ssa Sandra Monducci;
- Dott.ssa Addolorata Palumbo;
- Dott.ssa Immacolata Pellegrino;

Coordinatrice dell'attività per Arpaee Dott.ssa **Daniela Lucchini**, responsabile Centro Tematico Regionale Sistemi Idrici.

Referenti tecnici di **Arpaee** che hanno contribuito alle attività:

- Ing. **Andrea Chahoud** della Direzione Tecnica;

Si ringraziano per la collaborazione ed i dati forniti:

- Dott. **Marco Marcaccio** della Direzione Tecnica;
- Ing. **Paolo Spezzani** della Direzione Tecnica.
- Dott. **Mauro Del Longo** Struttura IdroMeteoClima - Servizio idrologia
- Dott. **William Pratzoli** Struttura IdroMeteoClima – Unità territorio e dati
- I **Gestori del Servizio Idrico Integrato** per la fornitura dei dati sui prelievi delle acque sotterranee

INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	AGGIORNAMENTO DEL MODELLO DI FLUSSO DELLE ACQUE SOTTERRANEE.....	1
2.1	LA STRUTTURA	1
2.1.1	Conferma del modello concettuale (schema della circolazione idrica sotterranea)	1
2.1.2	Analisi dei dati dei livelli piezometrici	4
2.1.3	Conferma della discretizzazione spaziale del modello	14
2.1.4	Scelta della discretizzazione temporale del modello	14
2.1.5	Le condizioni iniziali ed al contorno del modello di flusso (analisi del carico idraulico)	15
2.1.6	La geometria e la struttura del sistema	15
2.2	AGGIORNAMENTO DEL MODELLO DI FLUSSO DELLE ACQUE SOTTERRANEE: I DATI IN INGRESSO	16
2.2.1	La valutazione dei prelievi di acque sotterranee nello spazio e nel tempo.....	16
2.2.2	La valutazione della ricarica zenitale	38
3	LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO	45
4	ANALISI DEL BILANCIO IDROGEOLOGICO DA MODELLO NEL PERIODO 2004-2017.....	50
4.1	SCHEMATIZZAZIONE DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA	50
4.1.1	Conoidi Tidone, Luretta, Trebbia e Nure	51
4.1.2	Conoidi Stirone, Taro, Parma-Baganza ed Enza	54
4.1.3	Conoidi Secchia, Tiepido e Panaro	56
4.1.4	Conoidi Samoggia, Ghironda, Reno e Lavino	58
4.1.5	Conoidi Sillaro, Sellustra e Santerno	60
4.1.6	Conoidi Senio e Lamone.....	63
4.1.7	Conoidi Montone, Rabbi e Ronco.....	65
4.1.8	Conoide Savio.....	67
4.1.9	Conoide Marecchia	69
4.1.10	Conoide Conca	71
4.2	ANALISI DEL BILANCIO IDROGEOLOGICO DA MODELLO NEL PERIODO 2004-2017. ANALISI TEMPORALE DEGLI IMMAGAZZINAMENTI.....	74
5	BIBLIOGRAFIA	76

1 PREMESSA

La prima implementazione della modellistica matematica delle acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna è stata inserita quale parte integrante del Piano di Tutela delle Acque regionale come naturale conseguenza e trasposizione in termini numerici del modello concettuale delle acque sotterranee, per la prima volta sintetizzato all'interno del quadro conoscitivo del Piano stesso [4].

Tale modellistica è stata successivamente aggiornata in più riprese come ampiamente documentato in [5], [8], e [12]. In particolare con l'ultimo aggiornamento del 2014 lo strumento attualmente disponibile copre il decennio 2002-2011.

La presente attività riguarda quindi l'aggiornamento del modello numerico del flusso delle acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna attualmente disponibile (che nel corso del presente rapporto verrà chiamato Emiroll-2013), relativamente alle basi di dati che ne regolano il funzionamento relativamente al periodo 2012 -2017; in tal modo il modello verrà a coprire un arco temporale di 16 anni (2002-2017). Nel corso del presente rapporto il modello delle acque sotterranee così aggiornato verrà chiamato Emiroll-2018.

Sulla base delle risultanze del modello di flusso delle acque sotterranee così aggiornato verranno aggiornati/verificati gli schemi di flusso già realizzati e relativi alle principali conoidi/raggruppamento di conoidi. Saranno inoltre effettuate analisi del bilancio idrogeologico in funzione del tempo ed in relazione al nuovo arco temporale disponibile per l'analisi.

2 AGGIORNAMENTO DEL MODELLO DI FLUSSO DELLE ACQUE SOTTERANEE

2.1 LA STRUTTURA

Per l'aggiornamento del modello regionale di flusso delle acque sotterranee (Emiroll-2018) è stato utilizzato il codice di calcolo MODFLOW 2005 [18], versione aggiornata rispetto a quella utilizzata negli aggiornamenti precedenti, MODFLOW-2000 ([17], [19]). L'ambiente di sviluppo del modello è il GMS (Groundwater Modeling System, [1]) già utilizzato per l'implementazione precedente di Emiroll-2013. I diversi passaggi costituenti l'aggiornamento del modello vengono descritti nei paragrafi seguenti.

2.1.1 Conferma del modello concettuale (schema della circolazione idrica sotterranea)

E' noto che uno schema concettuale di circolazione idrica sotterranea debba essere generalmente conosciuto a priori almeno nei suoi tratti essenziali, in modo da poter essere ricostruito, sviluppato e completato nei suoi termini quantitativi dal modello numerico. Il modello numerico deve essere quindi in grado di ricostruire la dinamica di flusso sotterraneo già nota sulla base del modello concettuale.

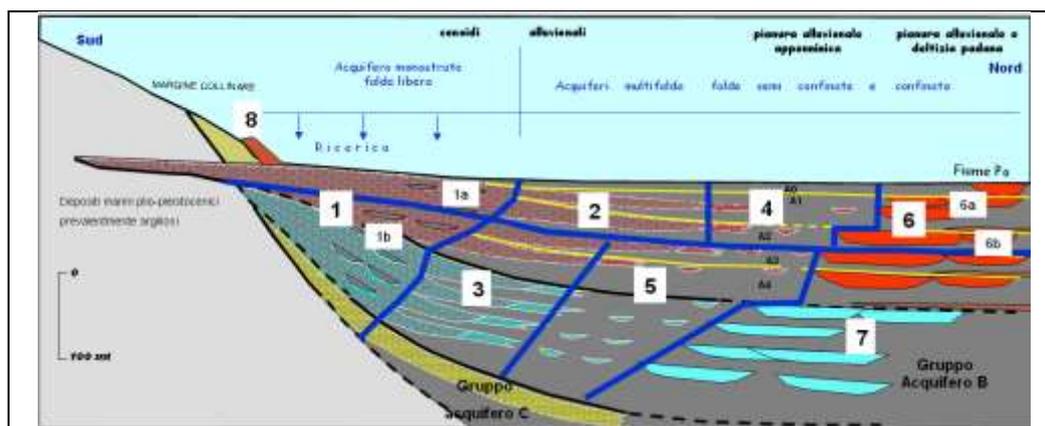
Viene in questa sede confermato il modello concettuale delle acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna così come sintetizzato a livello regionale nell'ambito del quadro conoscitivo del Piano di Tutela delle Acque [4] e come successivamente sviluppato con le attività legate al processo di implementazione ed adeguamento rispetto alle direttive 2000/60/CE e 2006/118/CE che ha portato alla definizione dei corpi idrici sotterranei considerando anche la terza dimensione secondo lo schema richiamato in [21]. Vengono in questa sede utilizzati i corpi idrici sotterranei del secondo Piano di Gestione dei distretti idrografici (2015-2021) ([25] e [14]).

La base del Complesso Acquifero A2 è stata individuata come limite per la separazione degli acquiferi superiori ed inferiori delle porzioni confinate delle conoidi alluvionali e dei sistemi di pianura. Tale limite è origine anche della distinzione in due differenti cartografie delle delimitazioni dei corpi idrici

sotterranei così individuati, per i Complessi Acquiferi A1 ed A2 da una parte (Figura 2.2) e per i Complessi Acquiferi A3 ed A4 e Gruppi Acquiferi B e C dall'altra (Figura 2.3).

Ripercorrendo lo schema di analisi già proposto in precedenza, i corpi idrici sotterranei della Regione Emilia-Romagna, unità sulla quale avviene l'azione di pianificazione e di tutela della risorsa idrica sotterranea, sono assunti come riferimento per le elaborazioni dei dati sia di input sia di output al modello numerico (Figura 2.1). In particolare vengono utilizzati i raggruppamenti di corpi idrici riportati nella successiva Tabella 2.2 già funzionali all'organizzazione del monitoraggio sugli stessi corpi idrici sotterranei.

Figura 2.1 Sezione geologica schematica di sottosuolo della pianura emiliano-romagnola con indicazione dei corpi idrici sotterranei individuati.



Note:

- 1: Conoidi alluvionali "amalgamate" – acquifero libero;
- 2: Conoidi alluvionali "multistrato" - acquiferi confinati superiori (acquiferi A1 ed A2);
- 3: Conoidi alluvionali "multistrato" - acquiferi confinati inferiori (acquiferi A3 - C)
- 4: Pianura alluvionale appenninica - acquiferi confinati superiori (acquiferi A1 ed A2)
- 5: Pianura alluvionale appenninica - acquiferi confinati inferiori (acquiferi A3 - C)
- 6: Pianura alluvionale e deltizia padana - acquiferi confinati superiori (acquiferi A1 ed A2, rispet. 6a e 6b)
- 7: Pianura alluvionale e deltizia padana - acquiferi confinati inferiori (acquiferi A3 - C)
- 8: Conoidi alluvionali pedemontane

Figura 2.2 Corpi idrici sotterranei della pianura: liberi e confinati superiori (A1 e A2).

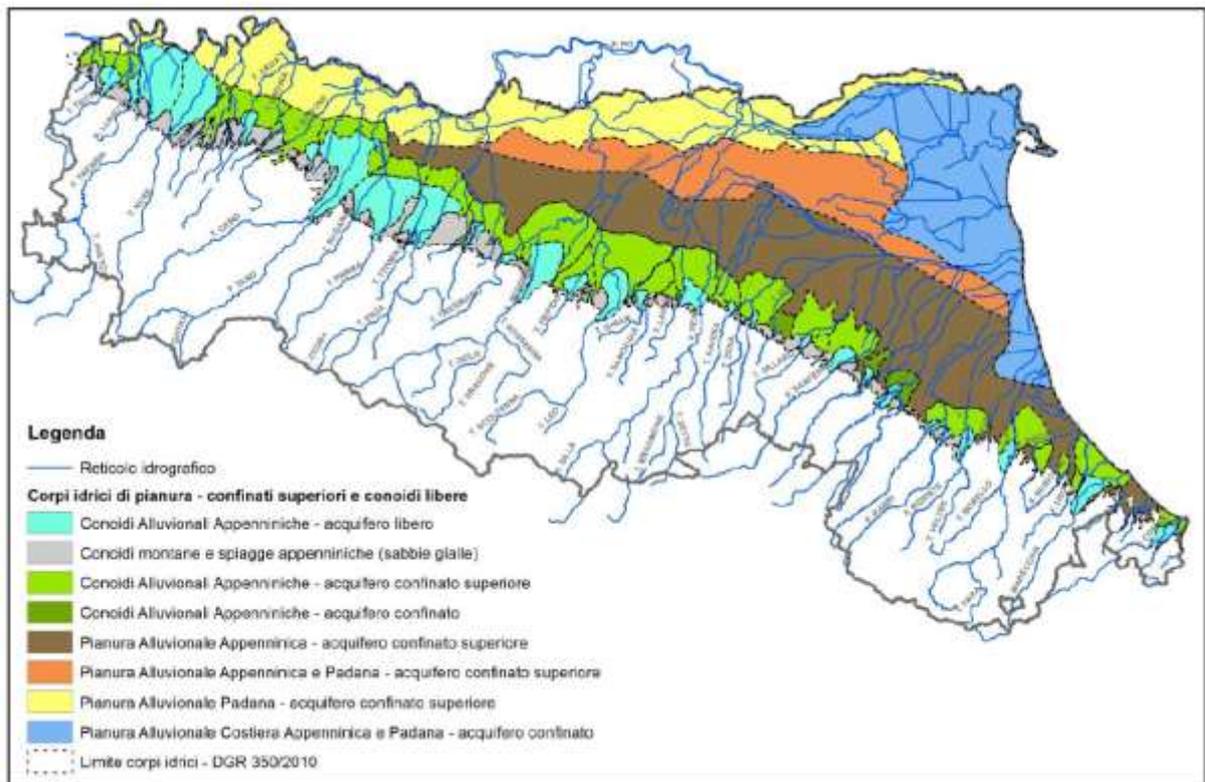
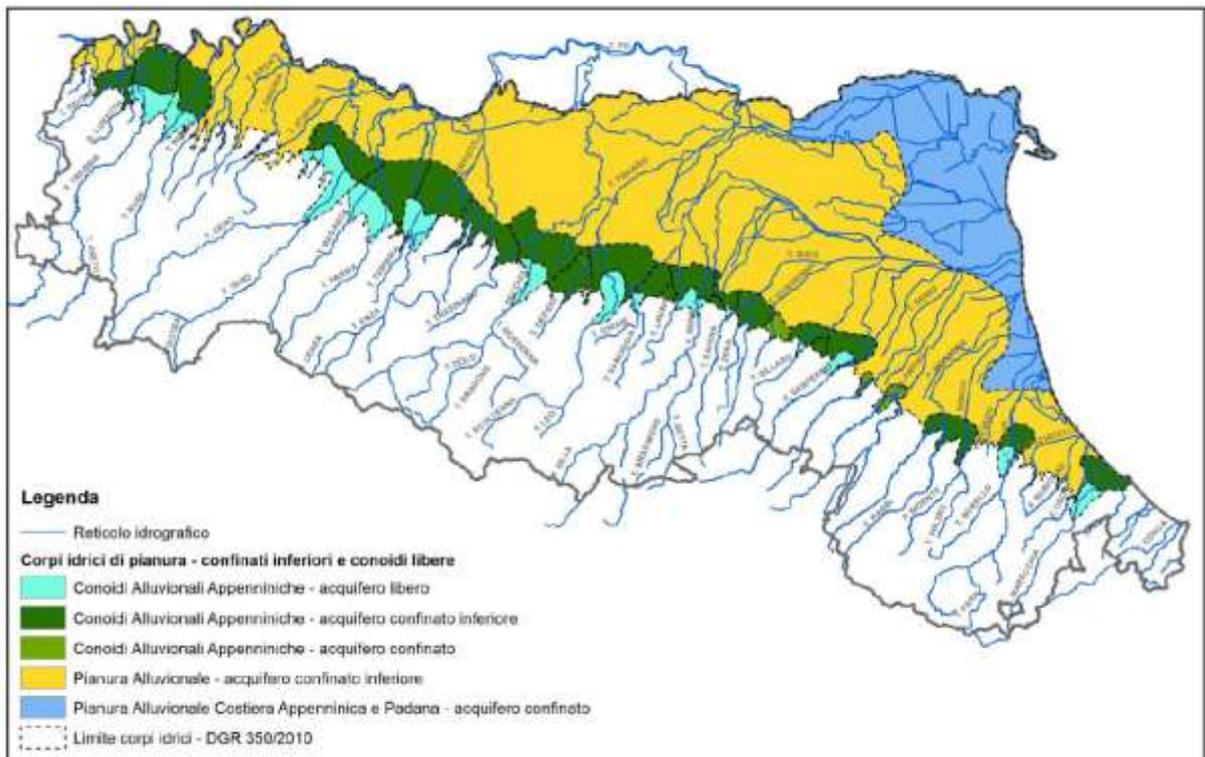


Figura 2.3 Corpi idrici sotterranei della pianura: liberi e confinati inferiori (A3, A4, B e C).



2.1.2 Analisi dei dati dei livelli piezometrici

Al fine della prima implementazione e dei successivi aggiornamenti del modello di flusso delle acque sotterranee della regione Emilia-Romagna, i dati piezometrici di principale riferimento sono quelli della Rete Regionale di Monitoraggio delle Acque Sotterranee, che è attiva dal 1976 per il rilievo del livello piezometrico, con estensione a partire dal 1988 anche alla componente qualitativa. La rete ha subito negli anni diverse ridefinizioni in adeguamento al mutare del quadro normativo di riferimento e dal 2007 è stata integrata con strumenti di misurazione in continuo (40 centraline automatiche) del livello piezometrico ([13] e [14]).

L'utilizzo dei dati piezometrici nelle fasi di implementazione ed aggiornamento del modello di flusso delle acque sotterranee può essere ricondotto ai seguenti aspetti principali:

1. analisi della disponibilità nel tempo delle misure piezometriche al fine della scelta della discretizzazione temporale del modello di flusso, arco temporale e sua suddivisione in stress periods. Si ricorda che gli stress periods sono gli intervalli di tempo all'interno dei quali vengono assunte costanti le variabili esterne costituenti le sollecitazioni imposte al sistema (ricariche, prelievi, condizioni al contorno);
2. costruzione e implementazione nel modello di flusso del carico idraulico iniziale (starting head);
3. costruzione e implementazione nel modello di flusso delle condizioni al contorno (general head boundary) nei diversi stress periods;
4. calibrazione del modello di flusso che deve restituire valori il più possibile prossimi a quelli osservati in corrispondenza dei punti di misura (observation). È quindi necessario conoscere l'esatta posizione dei pozzi sia in planimetria (x, y), sia dei tratti filtranti (z) sulla verticale, in quanto il confronto fra carico idraulico calcolato dal modello e carico idraulico osservato viene riferito in corrispondenza dell'observation e alla quota in cui è stata posta la base del tratto filtrante.

Nella Tabella 2.1 è riportata l'analisi della disponibilità dei pozzi in funzione dei diversi periodi di implementazione ed aggiornamento del modello.

Tabella 2.1: Numero di punti di misura disponibili per le diverse fasi di implementazione ed aggiornamento del modello

Periodo di disponibilità del dato		Totale		Nota
2002-2006	2002-2006	40	40	Pozzi già utilizzati per gli aggiornamenti precedenti del modello di flusso e non più utilizzabili per il presente aggiornamento 2012-2017
2002-2012	2002-2011	36	46	
	2007-2011	10		
2002-2017	2002-2017	322	480	Pozzi utilizzabili per l'aggiornamento corrente del modello di flusso (2012-2017)
	2007-2017	81		
	2012-2017	77		
Totale complessivo		566	566	

Ne risulta che, per l'aggiornamento corrente del modello di flusso relativo all'ultimo periodo (2012-2017), risultano disponibili dati piezometrici relativamente a 480 pozzi, dei quali circa il 70% (322 pozzi) possiede una serie storica continuativa di dati a ritroso nel tempo sino al 2002, quindi a copertura dell'intero arco temporale del modello numerico. Il rimanente 30% è ripartito in parti pressoché uguali tra pozzi con presenza di dati a partire dal 2007 o dal 2012, quindi di inserimento nella rete di

monitoraggio in tempi via via più recenti. Questi ultimi possono quindi essere utilizzati solo per l'aggiornamento del modello numerico attualmente in fase di predisposizione.

Sono stati considerati i dati 2012-2017 per la valutazione del numero di pozzi disponibili per le varie fasi del lavoro. Ulteriori 86 (40+46) pozzi sono da considerare comunque utili per la calibrazione del modello nel suo complesso in quanto riferiti ai periodi antecedenti al 2011. Il numero complessivo di punti di misura a supporto della calibrazione dell'intero arco temporale del modello (indipendentemente dai singoli periodi di disponibilità dei dati sui punti di misura) risulta quindi essere pari a 566. Il dettaglio dei conteggi a livello di singolo corpo idrico è riportato nella successiva Tabella 2.2.

Anche in questo caso il riferimento dei corpi idrici attribuiti ai singoli punti di misura è costituito dall'ultimo aggiornamento degli stessi riportato nella DGR 2067/2015 [25], rappresentato per gli acquiferi liberi e confinati superiori nella precedente Figura 2.2.

Tabella 2.2: Numero di pozzi con misure disponibili per la calibrazione del modello. A: numero di pozzi utili alla calibrazione del modello numerico indipendentemente dal periodo di disponibilità delle misure; B: numero di pozzi utili alla sola fase di aggiornamento previsto del modello nell'ultimo periodo 2012-2017; C: pozzi di cui al punto B con serie storica completa a partire dal 2002. Suddivisione per corpo idrico sotterraneo captato.

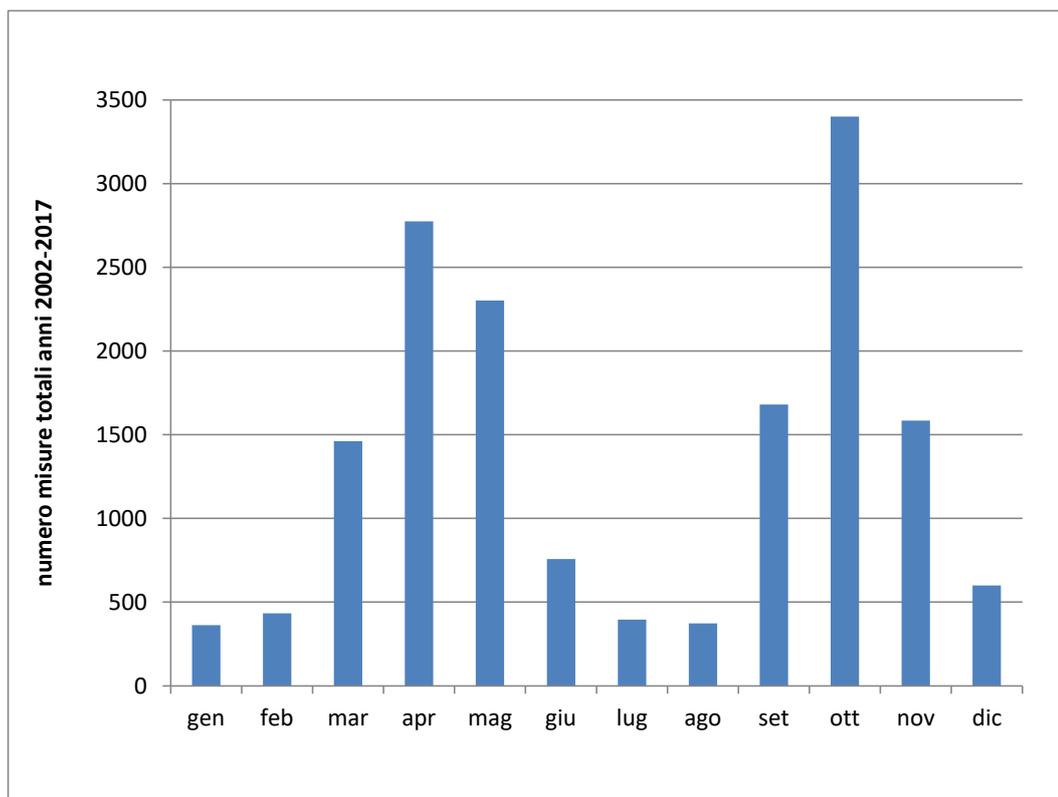
Raggruppamento Corpi idrici	Corpo idrico	Numero di pozzi		
		A	B	C
Tidone-Luretta_Trebbia_Nure	Conoide Tidone - libero	2	1	1
	Conoide Trebbia-Luretta - libero	14	13	9
	Conoide Nure - libero	11	9	9
	Conoide Tidone-Luretta - confinato superiore	4	2	1
	Conoide Trebbia - confinato inferiore	4	4	3
	Conoide Chiavenna-Nure - confinato superiore	1	1	1
Arda-Chiavenna	Conoide Arda - libero	4	3	2
	Conoide Arda - confinato superiore	4	3	3
Stirone-Taro_parma_baganza_Enza	Conoide Taro-Parola - libero	12	8	6
	Conoide Parma-Baganza - libero	12	7	7
	Conoide Enza - libero	8	7	5
	Conoide Stirone-Parola - confinato superiore	1	-	-
	Conoide Taro - confinato superiore	4	2	2
	Conoide Parma-Baganza - confinato superiore	4	2	2
	Conoide Enza - confinato superiore	2	1	1
	Conoide Taro-Parola - confinato inferiore	2	2	1
	Conoide Parma-Baganza - confinato inferiore	1	1	-
	Conoide Enza - confinato inferiore	8	7	6
Crostolo-Tresinaro	Conoide Crostolo - libero	2	2	-
	Conoide Tresinaro - libero	3	2	-
	Conoide Crostolo-Tresinaro - confinato superiore	6	5	5

Raggruppamento Corpi idrici	Corpo idrico	Numero di pozzi		
		A	B	C
	Conoide Crostolo-Tresinaro - confinato inferiore	3	3	3
Secchia-Tiepidi-Panaro	Conoide Secchia - libero	9	9	7
	Conoide Tiepido - libero	3	2	2
	Conoide Panaro - libero	12	10	6
	Conoide Secchia - confinato superiore	9	8	7
	Conoide Tiepido - confinato superiore	3	3	3
	Conoide Panaro - confinato superiore	10	9	7
	Conoide Secchia - confinato inferiore	2	2	2
	Conoide Tiepido - confinato inferiore	2	2	1
	Conoide Panaro - confinato inferiore	1	1	-
Samoggia-Ghironda-Reno-Lavino	Conoide Reno-Lavino - libero	6	5	2
	Conoide Samoggia - confinato superiore	1	1	1
	Conoide Reno-Lavino - confinato superiore	5	5	4
	Conoide Samoggia - confinato inferiore	4	4	3
	Conoide Reno-Lavino - confinato inferiore	6	5	4
Aposa-Savena-Zena-Idice-Quaderna	Conoide Savena - confinato superiore	2	2	2
	Conoide Zena-Idice - confinato superiore	5	3	1
	Conoide Quaderna - confinato superiore	2	1	-
	Conoide Savena - confinato inferiore	3	3	1
	Conoide Zena-Idice - confinato inferiore	3	3	2
Sillaro-Sellustra-Santerno	Conoide Santerno - libero	3	2	-
	Conoide Sillaro-Sellustra - confinato superiore	1	1	-
	Conoide Santerno - confinato superiore	2	-	-
	Conoide Sillaro-Sellustra - confinato inferiore	4	3	3
	Conoide Santerno - confinato inferiore	2	2	2
Senio-Lamone	Conoide Senio - libero	1	1	1
	Conoide Lamone - libero	2	2	1
	Conoide Senio - confinato	2	2	2
	Conoide Lamone - confinato	1	1	1
Montone-Rabbi-Ronco	Conoide Ronco-Montone - libero	3	3	2
	Conoide Ronco-Montone - confinato superiore	4	2	1
	Conoide Ronco-Montone - confinato inferiore	6	6	5
Savio	Conoide Savio - libero	1	1	-
	Conoide Savio - confinato superiore	4	4	3
	Conoide Savio - confinato inferiore	1	-	-

Raggruppamento Corpi idrici	Corpo idrico	Numero di pozzi		
		A	B	C
Pisciattello-Rubicone-Uso	Conoide Pisciattello-Rubicone-Uso - confinato superiore	1	1	-
Marecchia	Conoide Marecchia - libero	3	3	2
	Conoide Marecchia - confinato superiore	12	12	10
	Conoide Marecchia - confinato inferiore	1	1	1
Conca	Conoide Conca - libero	3	3	2
	Conoide Conca - confinato superiore	5	5	4
Totale Conoidi alluvionali appenniniche		262	218	162
Conoidi montane e Sabbie gialle	Conoidi montane e Sabbie gialle occidentali	12	11	9
	Conoidi montane e Sabbie gialle orientali	2	2	2
Depositi vallate Appenniniche	Depositi vallate App. Secchia	1	1	-
	Depositi vallate App. Senio-Savio	3	3	-
	Depositi vallate App. Taro-Enza-Tresinaro	2	2	-
	Depositi vallate App. Trebbia-Nure-Arda	1	1	1
Totale conoidi montane e depositi delle vallate appenniniche		21	20	12
Freatico di pianura	Freatico di pianura fluviale	53	50	3
	Freatico di pianura costiero	8	8	2
Totale corpi idrici freatici di pianura		61	58	5
Pianura Alluvionale Appenninica	Pianura Alluvionale Appenninica - confinato superiore	54	44	33
Transizione Pianura Appenninica-Padana	Transizione Pianura Appenninica-Padana - confinato superiore	20	17	11
Pianura Alluvionale Padana	Pianura Alluvionale Padana - confinato superiore	55	40	32
Pianura Alluvionale Costiera	Pianura Alluvionale Costiera - confinato	29	23	19
Pianura Alluvionale	Pianura Alluvionale - confinato inferiore	64	60	48
Totale corpi idrici confinati di pianura		222	184	143
Totale complessivo per tutti i corpi idrici		566	480	322

L'analisi della distribuzione mensile dei dati piezometrici disponibili nei 16 anni compresi tra il 2002 ed il 2017 è riportata nella Figura 2.4 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e conferma che la disponibilità più consistente delle misure piezometriche può essere ben descritta da una gaussiana con comportamento bimodale; infatti i mesi con il numero maggiore di misure piezometriche ricadono in primavera e in autunno. Nel dettaglio per la stagione primaverile, aprile è il mese in cui sono disponibili il numero maggiore di misure, a cui seguono nell'ambito della stessa stagione maggio e marzo. Per la stagione autunnale, che è quella con le misure in assoluto più numerose dell'anno, ottobre è il mese con più dati, a cui seguono nell'ambito della medesima stagione settembre e novembre.

Figura 2.4 Distribuzione mensile del numero di misure piezometriche totali disponibili per gli anni 2002-2017.



Nelle successive figure (Figura 2.6, Figura 2.7, Figura 2.8 e Figura 2.9) lo stesso andamento viene rappresentato anno per anno suddividendo nelle quattro figure i 4 quadrienni 2002-2005, 2006-2009, 2010-2013 e 2014-2017.

L'analisi condotta ha permesso di confermare le seguenti scelte operative per la definizione della discretizzazione temporale del modello in questa fase di nuovo aggiornamento:

1. è confermata la scelta dell'anno 2002 come anno iniziale del modello; ciò permette di mantenere inalterata la configurazione modellistica già adottata per il decennio 2002-2011, a cui viene fatto seguire il sessennio successivo costituente l'aggiornamento del modello; complessivamente l'arco temporale dello stesso arriverà a coprire tutto il 2017. Verranno quindi agganciati al modello esistente ulteriori 24 stress periods, portando quindi il modello nel suo complesso ad un totale di 64 stress periods;
2. è stata verificata e confermata la scelta del passo trimestrale per la definizione degli Stress Periods secondo lo schema: gennaio-febbraio-marzo, aprile-maggio-giugno, luglio-agosto-settembre e ottobre-novembre-dicembre. Tale scelta operativa ha fatto sì che gli stress period del modello di flusso siano associati ad una distribuzione il più possibile omogenea delle misure piezometriche ed adeguata sia per l'elaborazione del carico idraulico, sia per lo starting head, sia per le condizioni al contorno (general head boundary). Tale scelta è risultata ottimale sia in termini di distribuzione dei dati annuali nei quattro trimestri, sia per la rappresentatività di tali periodi del comportamento stagionale del sistema (alti e bassi piezometrici);
3. dall'analisi di distribuzione della disponibilità nel tempo dei dati piezometrici e dalle opportune verifiche sulla corretta ubicazione dei pozzi e sulle loro caratteristiche costruttive, sono stati individuati e utilizzati come observation nel modello di flusso, 566 pozzi (Tabella 2.2), a cui sono stati attribuiti sia il complesso o gruppo acquifero captato secondo lo schema idrostratigrafico di riferimento, sia il corpo idrico sotterraneo di appartenenza.

In Figura 2.5 sono invece riportati, a titolo di esempio, gli andamenti dei dati disponibili su due punti di misura relativamente al periodo 2002-2017. Su ciascun grafico viene riportato, oltre al codice identificativo del punto di misura, il corpo idrico di appartenenza e gli anni di riferimento utili alla calibrazione del modello numerico. L'ultimo periodo corrispondente agli anni 2012-2017 di possibile aggiornamento del modello numerico viene direttamente evidenziato sui grafici.

Figura 2.5 Esempio di serie storiche 2002-2017 con evidenza del periodo di aggiornamento del modello

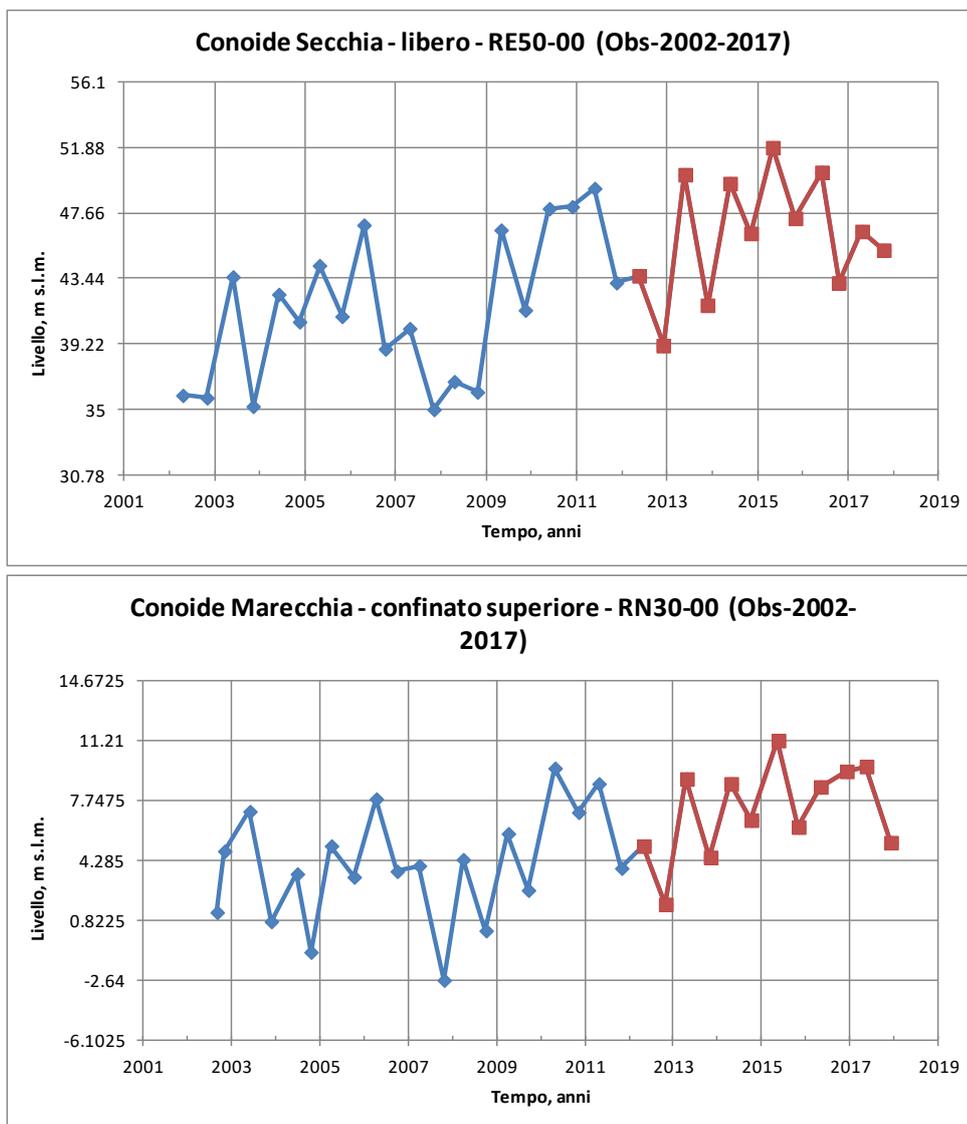


Figura 2.6 Distribuzione mensile del numero delle misure piezometriche disponibili per il periodo 2002-2005, evidenziazione dei primi 16 stress periods del modello numerico (da T1 a T16).

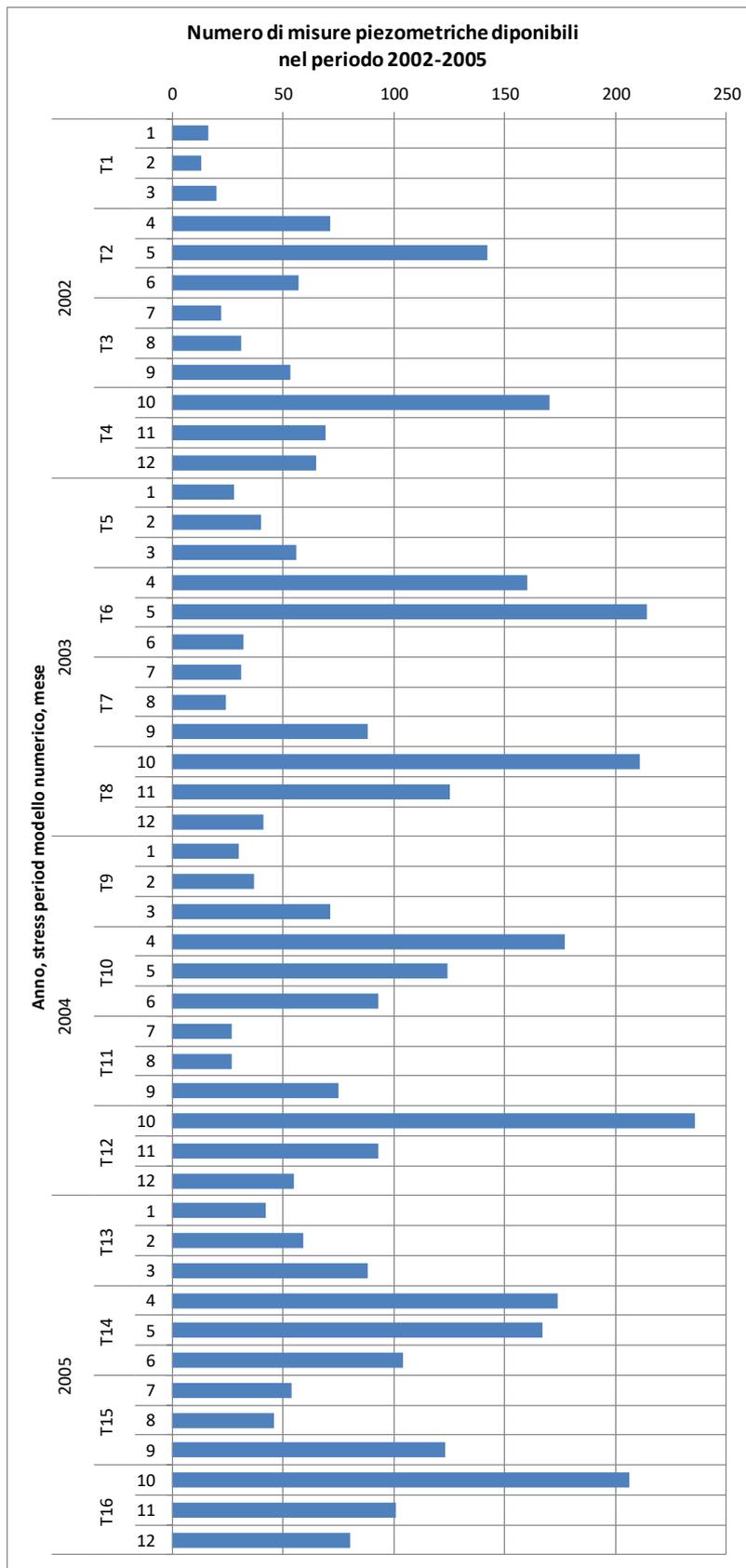


Figura 2.7 Distribuzione mensile del numero delle misure piezometriche disponibili per il periodo 2006-2009, evidenziazione dei successivi 16 stress periods del modello numerico (da T17 a T32).

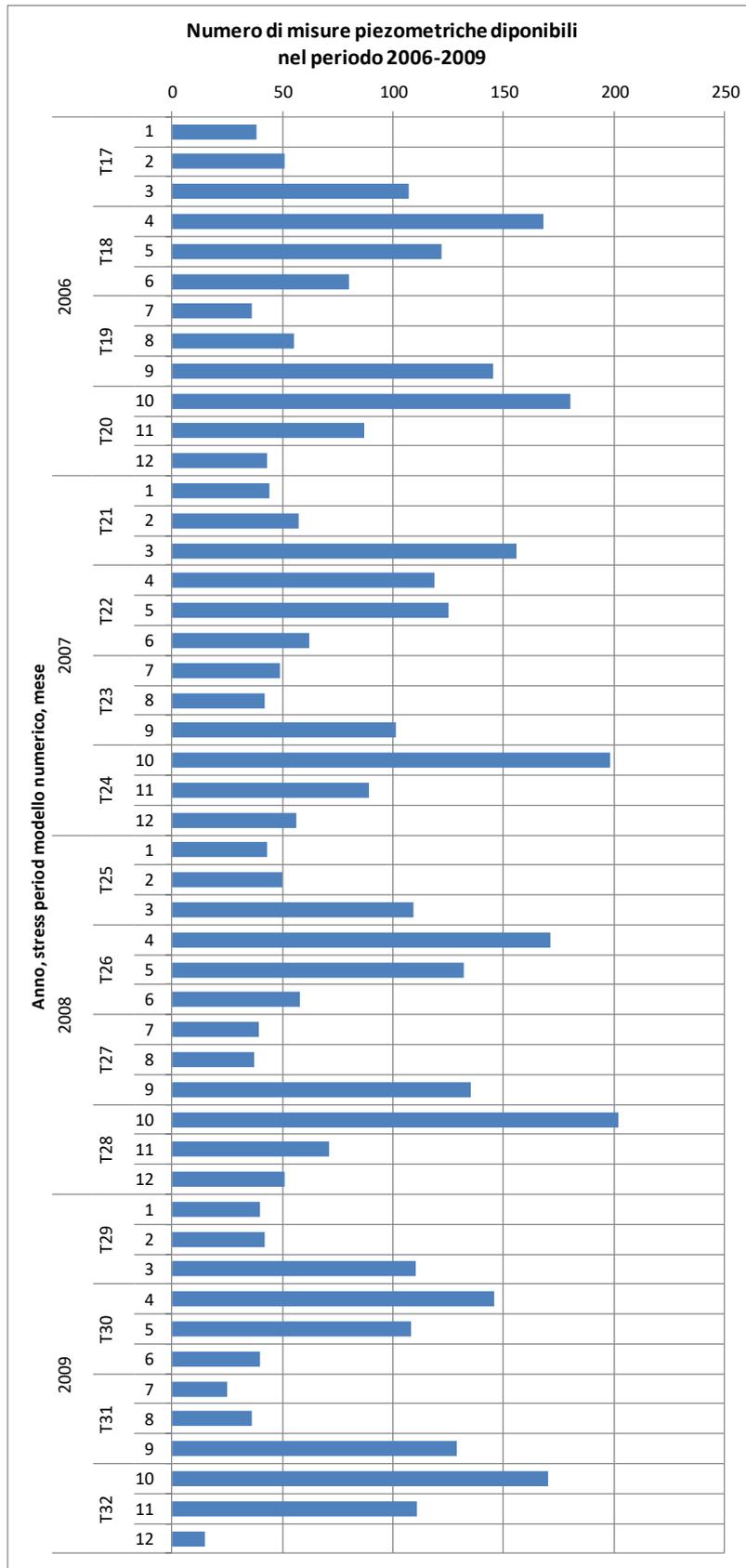


Figura 2.8 Distribuzione mensile del numero delle misure piezometriche disponibili per il periodo 2010-2013, evidenziazione degli ulteriori successivi 16 stress periods del modello numerico (da T33 a T48).

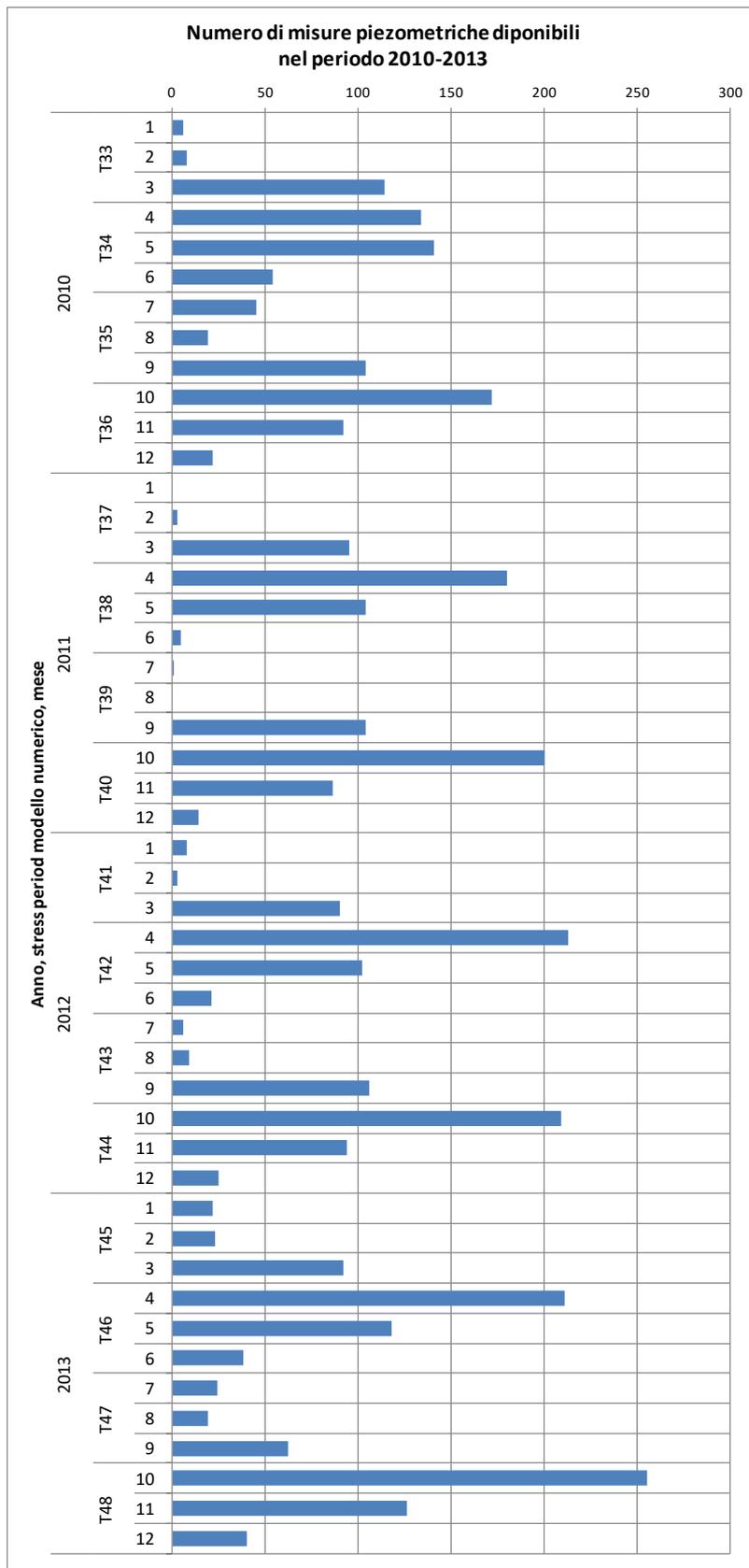
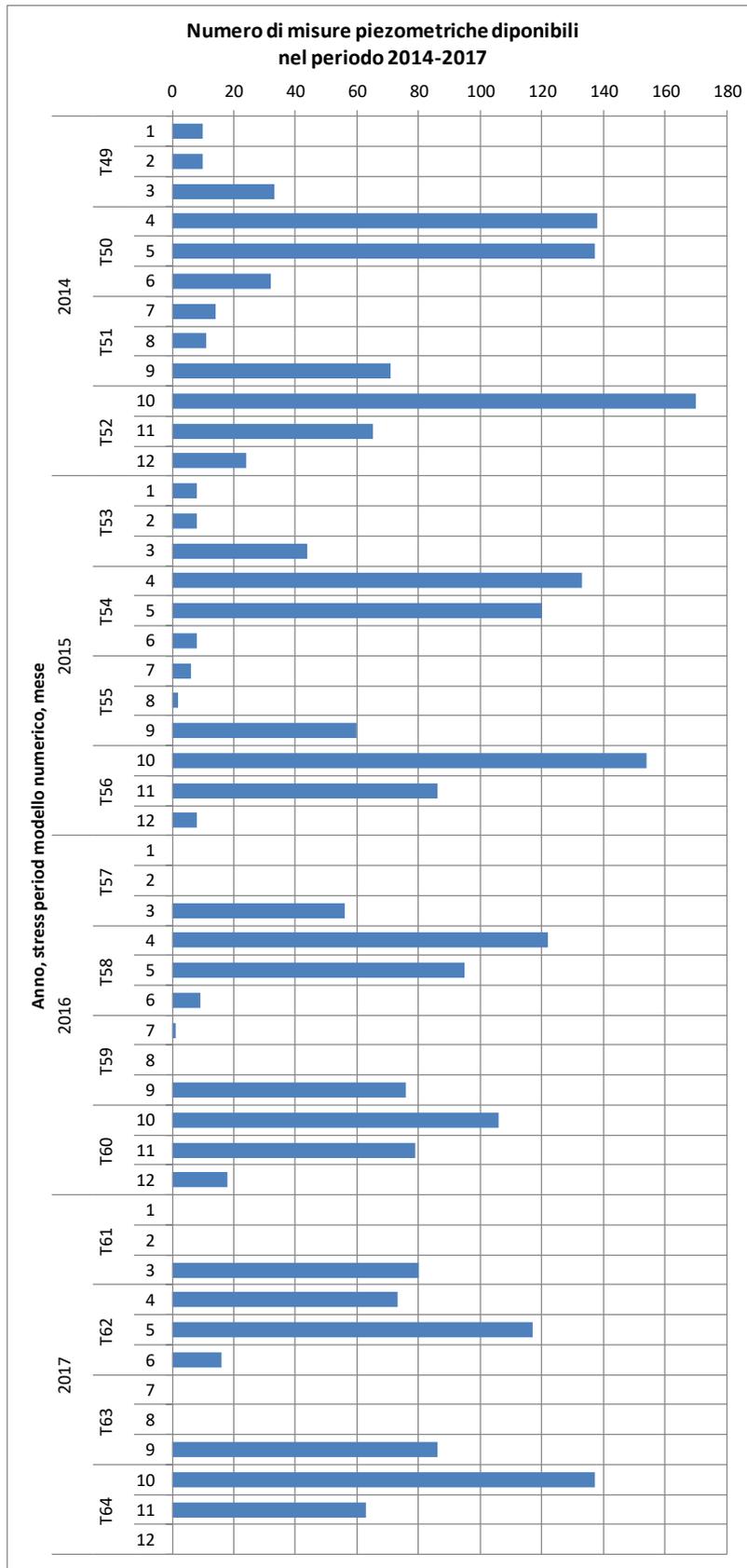


Figura 2.9 Distribuzione mensile del numero delle misure piezometriche disponibili per il periodo 2014-2017, evidenziazione degli ulteriori successivi 16 stress periods del modello numerico (da T49 a T64).



2.1.3 Conferma della discretizzazione spaziale del modello

La discretizzazione spaziale del modello delle acque sotterranee Emiroll-2018 conferma quella già esistente di Emiroll -2013, ampiamente descritta in [7] ed in [12] al quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

Si richiama in questa sede l'estensione areale dell'intero modello che è pari circa 12000 km², discretizzati con maglie quadrate di lato 1 km nel piano orizzontale, mentre in verticale lo spessore complessivo del sistema sedimentario è stato suddiviso in 35 piani (layer). Il numero complessivo di celle attive è pari a 401.000. La discretizzazione verticale adottata ha permesso una diretta attribuzione delle celle del modello ai singoli corpi idrici sotterranei cosa che permetterà successivamente di effettuare una accurata analisi dei dati in uscita dal modello.

2.1.4 Scelta della discretizzazione temporale del modello

La discretizzazione temporale utilizzata è sinteticamente rappresentata in Tabella 2.3. Copre il decennio 2002-2011 ed il passo temporale utilizzato è trimestrale, per un totale di 64 Stress Periods, che sono gli intervalli di tempo all'interno dei quali vengono assunte costanti le variabili esterne costituenti le sollecitazioni imposte al sistema (ricariche, prelievi, condizioni al contorno).

Nel dettaglio le scelte sono state effettuate sulla base dei seguenti elementi:

- analisi di distribuzione della copertura spazio temporale dei dati piezometrici esistenti;
- necessità di cogliere le variazioni stagionali del sistema connesse al diverso regime dei prelievi idrici da pozzo;
- analisi temporale delle serie storiche dei dati piezometrici e dei prelievi idrici da pozzo.

Tabella 2.3 Definizione della discretizzazione temporale del modello Emiroll-2018, numero stress periods.

		Anno															
Trimestre		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1	gennaio-febbraio-marzo	1	5	9	13	17	21	25	29	33	37	41	45	49	53	57	61
2	aprile-maggio-giugno	2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62
3	luglio-agosto-settembre	3	7	11	15	19	23	27	31	35	39	43	47	51	55	59	63
4	ottobre-novembre-dicembre	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64

2.1.5 Le condizioni iniziali ed al contorno del modello di flusso (analisi del carico idraulico)

Nel modello di flusso sono state implementate le seguenti condizioni di carico idraulico.

2.1.5.1 La condizione iniziale (Starting Head)

Per quanto riguarda la condizione iniziale, è stata confermata quella già utilizzata nel modello regionale già disponibile in [7], ed ottenuta dalla distribuzione del carico idraulico corrispondente al periodo di inizio simulazione, con alcuni adattamenti manuali. In pratica ad ogni cella del modello è stato quindi attribuito un valore di carico idraulico, che deriva da interpolazioni 3D (kriging) dei dati piezometrici disponibili nel periodo in oggetto.

2.1.5.2 Le condizioni al contorno (GHB, General Head Boundary)

Per quanto riguarda le condizioni al contorno di carico idraulico, sono state attribuite alle celle del modello che ricadono nei bordi. Sono state implementate le nuove condizioni al contorno sui 24 stress periods 2012-2017 di aggiornamento del modello, che si aggiungono alle precedenti già elaborate in [7] ed in [12] sui precedenti 40 stress periods del modello. Per ogni stress period del modello è stato condotto un kriging 3D, in cui sono stati elaborati i dati piezometrici disponibili in ciascun periodo. Dalle elaborazioni risultanti su tutto il modello, sono poi stati considerati come input per i GHB, i dati ricadenti in corrispondenza delle celle ubicate sui tre bordi:

1. Nord (Fiume Po): per il bordo settentrionale del modello è stato assegnato un carico idraulico imposto alle celle ubicate in corrispondenza del F. Po, con valori che per i primi 4 layer tengono conto delle quote idrometriche del fiume, mentre per i layer sottostanti derivano dalle interpolazioni delle misure piezometriche dei pozzi disponibili;
2. Est (linea di costa): nel bordo orientale i valori assegnati di carico idraulico imposto tengono conto che in corrispondenza della linea di costa, l'acquifero si deve raccordare con il Mare Adriatico, le cui quote di carico idraulico vengono assunte come valori prossimi a 0 m s.l.m.;
3. Sud (margine appenninico): nel bordo meridionale in corrispondenza del margine appenninico sono stati assegnati valori di carico idraulico imposti che derivano dal kriging 3D. In questo caso, per meglio governare la spazializzazione nella zona sud di interesse sono stati inseriti nell'elaborazione alcuni punti fittizi fatti ricadere nel primo layer ed a cui sono stati attribuiti valori di carico idraulico compresi fra il tetto e la base delle celle corrispondenti. In realtà questa condizione è stata fatta successivamente coincidere con una condizione di flusso nullo attraverso l'imposizione di una litologia impermeabile come regolatrice degli scambi della condizione al contorno di tipo General Head Boundary.

2.1.6 La geometria e la struttura del sistema

La geometria del sistema conferma gli elementi già presenti all'interno del modello regionale di flusso delle acque sotterranee Emiroli-2013 ed in particolare la superficie topografica e la suddivisione in verticale tenendo conto degli andamenti delle basi dei principali Gruppi Acquiferi (A, B) definiti in [26]. In particolare le basi dei Gruppi Acquiferi A e B sono state poste in coincidenza delle basi dei layer 23 e 35 del modello numerico.

La distribuzione delle litologie sulle celle del modello rimane quella implementata nell'ultimo aggiornamento effettuato e riportata in [12] con l'inserimento della successiva calibrazione operata sull'areale modenese in [3].

2.2 AGGIORNAMENTO DEL MODELLO DI FLUSSO DELLE ACQUE SOTTERRANEE: I DATI IN INGRESSO

2.2.1 La valutazione dei prelievi di acque sotterranee nello spazio e nel tempo

La valutazione dei prelievi di acque sotterranee da porre in ingresso al modello risulta essere una delle fasi del lavoro maggiormente rilevante. L'aggiornamento dei dati ha riguardato principalmente il sessennio 2012-2017 anche se una verifica dei dati già presenti all'interno del modello per il decennio precedente è stata comunque condotta laddove nuove informazioni sui punti di misura o sulla diversa possibilità di distribuzione spazio-temporale del dato, si sono rese disponibili.

La diversa possibilità di implementazione dei dati dei prelievi di acque sotterranee all'interno del modello è stata mantenuta distinta in relazione alle quattro principali tipologie di prelievo (acquedottistico, industriale, irriguo e zootecnico) il cui aggiornamento realizzato all'interno del modello viene di seguito descritto.

Sono state ulteriormente verificate le collocazioni nello spazio tridimensionale del modello numerico di tutti i prelievi di acque sotterranee insistenti sul territorio di pianura della Regione Emilia-Romagna. Gli emungimenti più significativi, noti anche per ubicazione e profondità di estrazione (acquedottistici e parte degli industriali) sono stati attribuiti direttamente alle celle del modello, per i rimanenti (parte degli industriali, irrigui e zootecnici) si è ricorso a procedure di stima per la ripartizione nello spazio ed in profondità dei volumi noti su base comunale sulla base delle informazioni presenti nel catasto pozzi regionale.

2.2.1.1 I prelievi civili acquedottistici

I prelievi acquedottistici utilizzati per l'aggiornamento modellistico fanno riferimento a:

1. richieste dati per il popolamento del sistema informativo del Servizio Idrico Integrato ex DGR 2087/2015, consegna dati 2018 con dati riferiti al 2017 (Figura 2.10);
2. richieste dati relativi alle annualità precedenti, con profondità temporale sino al 2012 necessari per l'aggiornamento 2021 del Piano di Gestione.

Ai fini dell'aggiornamento è stato effettuato un lavoro di sovrapposizione della banca dati rappresentata in Figura 2.10 con la banca relativa al precedente aggiornamento modellistico. Il lavoro di sovrapposizione effettuato può essere così sintetizzato:

- 1) 915/4085 punti del sistema informativo risultano essere prelievi da pozzo insistenti sul dominio di calcolo del modello numerico; rimangono fuori tutte le sorgenti ed i pozzi di subalveo in zona pedecollinare;
- 2) 716/915 punti del sistema informativo sono stati associati a pozzi già presenti in Emiroll-2013 e per questi i nuovi dati disponibili permettono di prolungare la serie storica dei dati di prelievo; di questi 21 risultano non più attivi nel periodo di aggiornamento del modello;
- 3) 78/915 punti del sistema informativo non erano già presenti in Emiroll-2013 e sono stati inseriti nell'aggiornamento del modello come nuovi punti. Sono punti di nuova costruzione/attivazione, e/o non censiti precedentemente;
- 4) 121/915 punti del sistema informativo non erano già presenti in Emiroll-2013 ma non sono stati inseriti nel modello in quanto non ancora attivi o spenti.

Nella Tabella 2.4 è riportato il numero di punti di prelievo inseriti all'interno del modello numerico in funzione dell'ente gestore e dalla provincia di competenza. Nella successiva Tabella 2.5 sono riportati

i relativi volumi complessivi su base annuale per le 16 annualità di copertura temporale del modello numerico.

Figura 2.10: punti di prelievo acquedottistico presenti all'interno del sistema informativo, consegna dati anno 2018

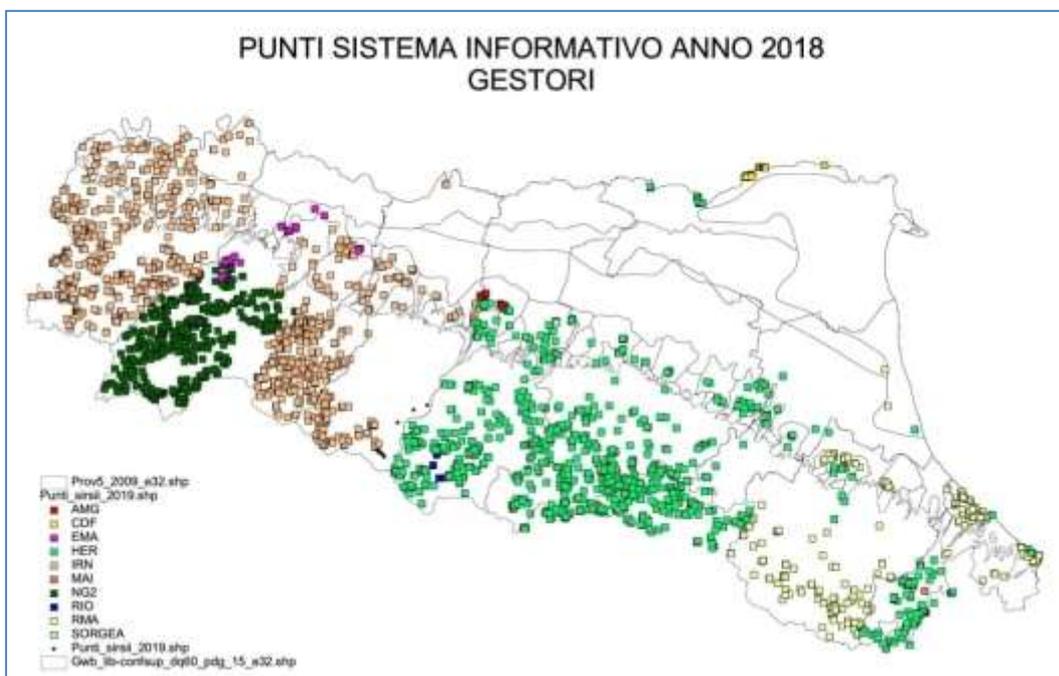


Tabella 2.4 Numero di pozzi acquedottistici inseriti all'interno del modello numerico

GESTORE	PROV	Numero di pozzi
Iren	PC	165
	PR	59
	RE	99
Emiliambiente	PR	18
Aimag	RE	12
	MO	30
Sorgea	MO	11
Hera	MO	95
	BO	77
	RA	18
Romagna Acque	FE	41
	FC	34
Cadf	RN	106
	FE	29
Totale		794

Tabella 2.5 prelievi di acque sotterranee a scopo acquedottistico, analisi per gestore (Mm³/anno)

GESTORE	PROV	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Iren	PC	25.9	26.0	26.1	26.0	26.4	23.1	21.6	24.4	24.9	26.1	26.5	26.3	24.7	26.3	23.5	26.3
	PR	32.1	32.9	33.1	30.4	30.9	31.3	30.7	30.4	31.2	32.5	32.5	33.0	33.9	35.5	35.1	33.3
	RE	43.6	43.7	43.0	41.7	41.3	41.6	39.8	40.6	39.3	39.2	38.5	36.5	34.7	34.7	34.6	37.0
Emiliambiente	PR	15.7	17.2	16.3	14.1	16.3	15.4	14.7	14.6	15.2	16.8	14.7	15.0	14.1	14.9	14.5	13.9
Aimag	RE	7.6	8.1	8.2	7.6	7.5	7.2	7.1	7.8	7.3	7.1	6.9	7.6	6.9	6.3	6.4	6.4
	MO	17.0	16.7	17.1	18.0	17.8	13.6	13.4	14.3	13.9	13.9	13.9	14.3	14.7	15.2	15.5	15.5
Sorgea	MO	7.0	7.2	7.3	7.5	7.5	6.3	5.9	5.6	5.5	5.4	5.7	5.7	5.6	5.7	5.7	6.0
Hera	MO	52.1	55.1	54.8	55.0	56.5	49.4	48.7	45.9	45.5	47.5	46.4	43.6	45.3	44.3	44.3	46.4
	BO	47.8	53.7	52.1	56.5	56.2	60.1	60.1	60.1	43.1	44.7	45.9	38.7	38.1	45.8	47.9	56.4
	RA	1.6	1.6	1.4	1.4	1.4	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
	FE	9.7	10.5	9.7	10.7	8.9	7.8	8.4	8.4	8.6	8.1	8.0	7.9	9.4	10.9	11.9	14.0
Romagna Acque	FC	7.3	6.5	6.9	5.3	6.7	13.7	6.0	6.4	5.3	9.3	12.4	6.2	7.0	7.6	5.2	8.4
	RN	31.8	31.2	25.6	25.3	30.3	31.6	26.3	25.5	23.1	28.2	31.4	21.0	22.4	23.3	20.6	25.5
Cadf	FE	9.9	9.2	8.6	8.0	7.8	7.3	8.9	8.5	8.2	8.2	9.3	8.4	8.5	9.0	8.6	8.2
		309.1	319.8	310.1	307.5	315.6	310.4	293.4	294.1	272.6	288.4	294.0	265.8	267.2	280.9	275.5	298.7

2.2.1.2 I prelievi industriali

I dati che si sono resi disponibili dall'attività in corso di aggiornamento del bilancio idrico regionale sono i seguenti :

- 1) Prelievi medi annui relativamente al periodo 2016-2018 (in migliaia di m³/anno), nel dettaglio:
 - a) dati disponibili in forma aggregata su base comunale, quindi senza informazioni dirette su singoli pozzi;
 - b) dati disponibili in forma puntuale, cioè relativi a singoli pozzi georeferenziati e con ragione sociale definita.
- 2) Alcuni di questi punti sono anche codificati da un codice AIA e per questi sono disponibili anche i dati annuali dal 2008 al 2018

Nel caso dei prelievi disponibili su base comunale, questi sono stati ridistribuiti in Emiroll-2018 sulle celle già individuate in Emiroll-2013 che facevano riferimento sempre a prelievi di tipo aggregato comunale. Nel caso dei prelievi puntuali, questi sono stati attribuiti ad una parte delle celle già individuate in Emiroll-2013 che facevano riferimento sempre a prelievi di tipo puntuale georeferenziato, in funzione della possibilità di creare una corrispondenza tra le informazioni anagrafiche disponibili nei vari aggiornamenti.

La metodologia brevemente descritta ha permesso l'aggiornamento della componente industriale dei prelievi di acque sotterranee i cui dati verranno riepilogati nel successivo paragrafo 2.2.1.4.

2.2.1.3 I prelievi irrigui

I prelievi irrigui sono stati attribuiti utilizzando la banca dati del prelievo irriguo comunale aggiornata al 2017 per le attività connesse al bilancio idrico regionale, e nella quale è indicato per ciascun comune il prelievo medio annuo dal 2012 al 2017.

Il prelievo irriguo annuale è stato stagionalizzato nei diversi stress period dell'anno utilizzando le calendarizzazioni trimestrali comunali disponibili e già utilizzate in Emiroll-2013.

Per l'aggiornamento del file (modulo WELL di Modflow) utile al caricamento dei prelievi irrigui all'interno del modello numerico, i prelievi disponibili su base comunale per i nuovi periodi sono stati distribuiti mantenendo per Emiroll-2018 la stessa distribuzione spaziale dei prelievi che era stata realizzata per Emiroll-2013.

2.2.1.4 I prelievi complessivi

I volumi annui prelevati da acque sotterranee sono sintetizzati in Tabella 2.6 e nella successiva Figura 2.11 per le annualità comprese nel decennio 2002-2017 suddivisi in base all'uso della risorsa.

L'attribuzione dei volumi di prelievo alle celle del modello numerico permette inoltre di rielaborare i dati nell'aggregazione spaziale corrispondente ai singoli corpi idrici regionali. I corpi idrici analizzati sono quelli riportati in Figura 2.2 ed in Figura 2.3 in riferimento alla oramai usuale suddivisione in verticale tra corpi idrici liberi e confinati superiori ed inferiori.

Il risultato dell'elaborazione condotta è riportato in Tabella 2.7 dove i prelievi di acque sotterranee insistenti sui corpi idrici sotterranei regionali vengono riepilogati suddivisi per singolo uso e relativamente alle annualità comprese tra il 2002 ed il 2007. Si è preferito in questa sede, allo scopo di una maggiore confrontabilità dei dati sul lungo periodo, riportare i dati per l'intero arco di simulazione del modello (dal 2002 al 2017) e non solo per gli ultimi 6 anni costituenti l'ultimo aggiornamento (dal 2012).

Tabella 2.6 Prelievi totali per uso inseriti all'interno del modello numerico (Mm³/anno)

USO	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CIVILE	307.8	318.3	308.7	305.9	314.0	309.2	292.2	292.8	271.4	287.2	292.6	264.9	266.0	279.8	274.3	297.3
INDUSTRIALE	207.3	207.3	207.4	207.3	207.3	207.3	208.5	139.7	140.4	139.8	141.7	139.6	139.9	138.6	96.4	96.8
IRRIGUO	117.0	299.1	183.1	199.8	185.7	254.2	196.9	232.5	156.8	264.1	246.4	177.8	163.4	207.2	186.4	261.9
ZOOTECNICO	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	16.3	16.3	16.3
Totale complessivo	647.5	840.0	714.6	728.4	722.4	782.9	709.9	677.3	580.8	703.4	693.0	594.5	581.5	641.8	573.3	672.4

Figura 2.11 Ripartizione dei prelievi complessivi annuali in base all'uso.

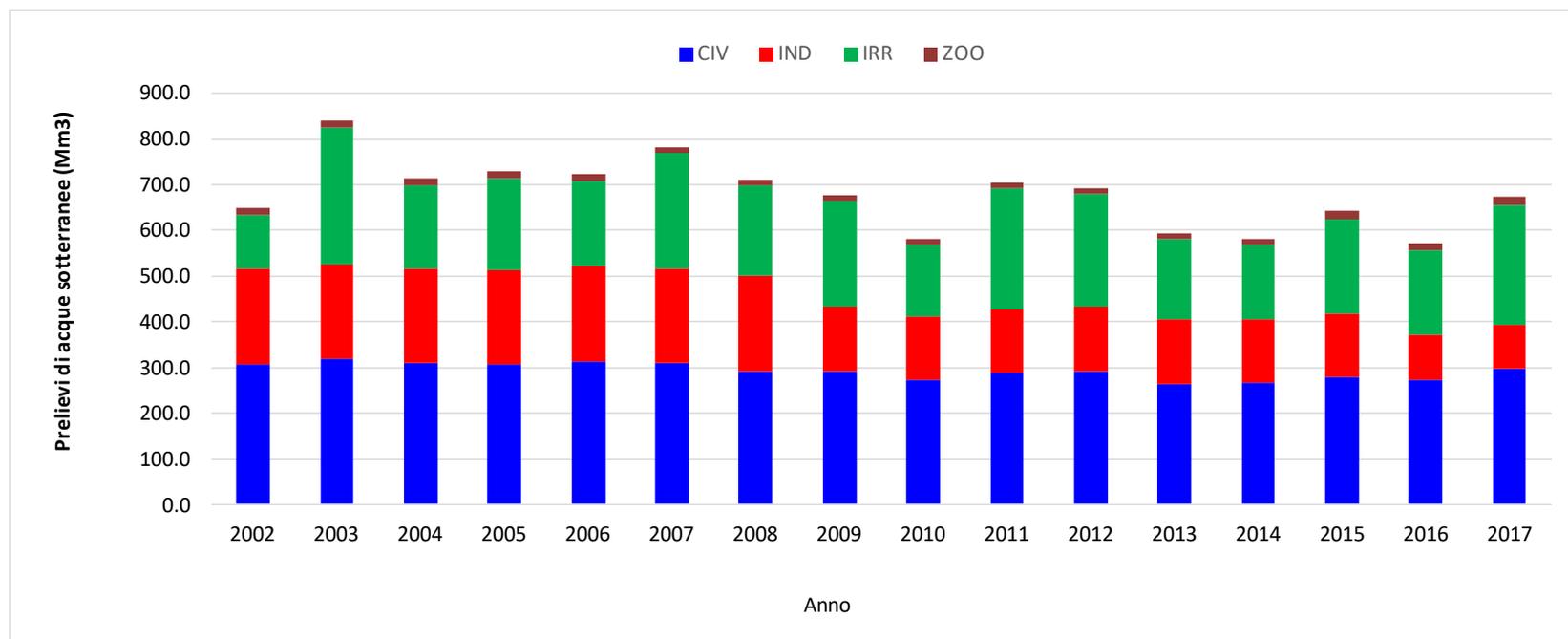


Tabella 2.7 Prelievi totali inseriti all'interno del modello numerico suddivisi per uso e per corpo idrico (Mm3)

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Conoidi montane e Sabbie gialle occidentali	CIV	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.07	0.07	0.06	0.07	0.33	0.34	0.37	0.40	0.42
	IND	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.80	1.14	1.14	1.14	1.16	1.16	1.17	1.20	1.00	1.00
	IRR	1.86	4.91	2.50	3.86	3.23	3.94	3.02	3.62	2.52	4.18	3.72	2.56	2.40	3.09	2.75	3.82
	ZOO	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.38	0.38	0.38
Conoidi montane e Sabbie gialle occidentali Totale		3.1	6.2	3.8	5.1	4.5	5.1	4.2	5.2	4.1	5.7	5.3	4.4	4.3	5.0	4.5	5.6
Conoidi montane e Sabbie gialle orientali	IND	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.23	0.23	0.24	0.23	0.23	0.22	0.22	0.18	0.18
	IRR	0.15	0.43	0.30	0.26	0.30	0.34	0.29	0.31	0.21	0.32	0.34	0.47	0.53	0.45	0.45	0.33
	ZOO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Conoidi montane e Sabbie gialle orientali Totale		0.2	0.5	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.7	0.6	0.5
Conoidi montane e spiagge appenniniche (sabbie gialle) Totale		3.3	6.7	4.1	5.5	4.9	5.5	4.5	5.7	4.5	6.3	5.9	5.1	5.0	5.7	5.2	6.1
Conoide Arda - libero	IND	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.09	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.07	0.07
	IRR	0.93	2.10	1.21	1.23	1.13	2.75	2.02	2.54	1.61	2.89	2.70	1.64	1.55	2.26	1.89	2.94
	ZOO	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.10	0.10	0.10
Conoide Arda - libero Totale		1.1	2.3	1.4	1.4	1.3	2.9	2.2	2.7	1.7	3.0	2.8	1.8	1.7	2.4	2.1	3.1
Conoide Conca - libero	CIV	0.75	0.68	0.16	0.23	0.37	0.39	0.40	0.46	0.34	0.51	0.45	0.20	0.25	0.24	0.28	0.36
	IND	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00
	IRR	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Conca - libero Totale		0.8	0.7	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.6	0.5	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4
Conoide Crostolo - libero	IND	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	IRR	0.11	0.30	0.14	0.27	0.20	0.22	0.17	0.20	0.14	0.24	0.22	0.17	0.16	0.20	0.18	0.24
Conoide Crostolo - libero Totale		0.1	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2						
Conoide Enza - libero	CIV	4.02	3.57	3.60	3.70	3.58	3.53	3.11	3.16	3.16	2.78	2.81	2.89	2.71	2.79	2.66	2.73

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	IND	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.00	1.00
	IRR	6.00	15.25	7.44	13.03	9.60	9.27	6.45	8.46	5.06	9.80	8.20	4.90	4.72	6.80	5.68	8.52
	ZOO	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.49	0.49	0.49
Conoide Enza - libero Totale		11.5	20.3	12.6	18.3	14.7	14.2	11.0	13.3	9.9	14.3	12.7	9.5	9.1	11.3	9.8	12.7
Conoide Lamone - libero	IND	0.21	0.21	0.22	0.21	0.21	0.21	0.22	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.04	0.04
	IRR	0.42	1.19	0.86	0.72	0.64	0.98	0.85	0.90	0.63	0.95	0.81	0.60	0.50	0.58	0.57	0.74
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Lamone - libero Totale		0.6	1.4	1.1	0.9	0.9	1.2	1.1	1.0	0.7	1.0	0.9	0.7	0.6	0.7	0.6	0.8
Conoide Marecchia - libero	CIV	1.91	1.48	1.47	1.71	2.43	2.15	2.01	1.73	1.68	1.58	1.50	0.96	1.17	1.28	1.02	1.26
	IND	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.52	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.15	0.15
	IRR	0.18	0.49	0.42	0.22	0.21	0.65	0.53	0.57	0.34	0.58	0.53	0.39	0.34	0.39	0.38	0.52
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Marecchia - libero Totale		2.6	2.5	2.4	2.4	3.2	3.3	3.1	2.4	2.2	2.3	2.2	1.5	1.6	1.8	1.5	1.9
Conoide Nure - libero	CIV	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	1.53	1.57	1.51	1.71	1.62	1.52	1.61	2.08	2.07
	IND	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61	2.07	2.28	2.05	2.12	2.24	2.26	2.15	1.73	0.67	0.88
	IRR	3.68	7.92	5.15	5.02	4.96	6.81	5.36	6.26	4.56	7.25	6.81	5.13	4.80	5.91	5.42	7.29
	ZOO	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.16	0.16	0.16
Conoide Nure - libero Totale		6.0	10.2	7.4	7.3	7.2	9.1	8.1	10.3	8.4	11.1	11.0	9.2	8.7	9.4	8.3	10.4
Conoide Panaro - libero	CIV	10.89	10.81	10.64	11.23	11.21	10.41	9.61	11.28	12.28	11.26	10.67	10.40	13.00	12.66	12.87	14.33
	IND	3.92	3.92	3.93	3.92	3.92	3.92	4.05	1.99	1.94	1.90	1.91	1.89	1.89	1.86	1.52	1.45
	IRR	0.83	3.11	2.25	2.09	2.12	3.74	2.63	3.42	2.26	3.93	3.78	2.47	2.29	3.14	2.63	4.07
	ZOO	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Conoide Panaro - libero Totale		15.8	18.0	17.0	17.4	17.4	18.2	16.4	16.9	16.6	17.2	16.5	14.9	17.3	17.8	17.2	20.0
Conoide Parma-Baganza - libero	CIV	1.32	1.22	1.26	1.14	1.30	1.24	0.93	1.01	0.96	1.11	0.85	2.21	1.76	1.45	1.17	1.56
	IND	7.13	7.13	7.13	7.13	7.13	7.13	8.32	4.22	4.20	4.15	3.91	3.90	3.88	3.98	3.55	3.52

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	IRR	3.17	8.17	3.88	5.25	5.51	7.67	5.98	7.08	4.98	8.16	7.67	5.54	5.27	6.60	5.92	8.16
	ZOO	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.36	0.36	0.36
Conoide Parma-Baganza - libero Totale		11.9	16.9	12.6	13.8	14.3	16.3	15.5	12.6	10.4	13.7	12.7	11.9	11.2	12.4	11.0	13.6
Conoide Reno-Lavino - libero	IND	2.01	2.01	2.02	2.01	2.01	2.01	2.02	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.41	1.41	1.50	1.51
	IRR	0.17	0.46	0.33	0.27	0.31	0.14	0.12	0.13	0.09	0.14	0.13	0.11	0.09	0.11	0.11	0.14
	ZOO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Reno-Lavino - libero Totale		2.2	2.5	2.3	2.3	2.3	2.2	2.1	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6
Conoide Ronco-Montone - libero	IND	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
	IRR	0.05	0.14	0.11	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.04	0.07	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
	ZOO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Conoide Ronco-Montone - libero Totale		0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1									
Conoide Samoggia - libero	IND	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	IRR	0.07	0.19	0.13	0.11	0.14	0.11	0.10	0.10	0.07	0.11	0.10	0.08	0.06	0.07	0.07	0.10
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Conoide Samoggia - libero Totale		0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.1								
Conoide Santerno - libero	CIV	3.26	3.21	3.24	3.09	3.08	2.89	2.89	2.89	2.42	2.50	2.17	2.71	2.63	2.35	2.47	2.65
	IND	0.83	0.83	0.84	0.83	0.83	0.83	2.94	2.47	2.60	2.34	2.69	2.65	2.24	2.31	2.24	2.35
	IRR	0.44	1.26	0.90	0.76	0.90	0.97	0.84	0.89	0.60	0.94	0.86	0.65	0.55	0.64	0.64	0.84
	ZOO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Conoide Santerno - libero Totale		4.5	5.3	5.0	4.7	4.8	4.7	6.7	6.3	5.6	5.8	5.7	6.0	5.4	5.3	5.4	5.9
Conoide Savena - libero	IND	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
	IRR	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Savena - libero Totale		0.0	0.1	0.0													
Conoide Savio - libero	CIV	0.65	1.13	1.07	0.99	1.19	1.78	1.08	1.12	1.03	1.76	2.30	1.73	1.77	1.92	1.06	1.57
	IND	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	IRR	0.06	0.18	0.14	0.10	0.09	0.15	0.13	0.14	0.10	0.15	0.14	0.12	0.10	0.11	0.11	0.15
	ZOO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Conoide Savio - libero Totale		0.7	1.3	1.2	1.1	1.3	2.0	1.2	1.3	1.2	2.0	2.5	1.9	1.9	2.1	1.3	1.8
Conoide Secchia - libero	CIV	7.43	8.75	8.39	8.54	8.53	6.76	6.64	6.76	6.39	6.63	6.50	5.86	6.06	5.99	6.06	6.27
	IND	5.23	5.23	5.23	5.23	5.23	5.23	4.83	1.57	1.69	1.76	1.79	1.78	1.81	1.85	1.95	1.94
	IRR	0.29	1.08	0.61	0.79	0.68	0.98	0.50	0.91	0.43	1.00	0.88	0.42	0.39	0.65	0.48	0.83
	ZOO	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.18	0.18	0.18
Conoide Secchia - libero Totale		13.2	15.3	14.4	14.8	14.7	13.2	12.2	9.4	8.7	9.6	9.4	8.3	8.5	8.7	8.7	9.2
Conoide Senio - libero	IND	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	IRR	0.10	0.27	0.20	0.16	0.15	0.38	0.33	0.35	0.25	0.37	0.37	0.33	0.27	0.32	0.32	0.41
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Senio - libero Totale		0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.4	0.3	0.4	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
Conoide Sillaro - libero	IND	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	IRR	0.04	0.12	0.08	0.08	0.09	0.11	0.09	0.10	0.07	0.10	0.12	0.20	0.23	0.19	0.19	0.11
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Sillaro - libero Totale		0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1
Conoide Taro-Parola - libero	CIV	9.01	9.26	9.99	8.77	9.54	12.37	12.55	13.13	13.64	13.99	13.30	13.14	13.29	14.05	13.55	12.89
	IND	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	5.60	4.59	4.58	4.64	4.63	4.46	4.48	4.57	2.24	2.10
	IRR	3.63	9.46	4.21	5.67	5.73	8.18	6.18	7.56	5.17	8.66	8.27	5.76	5.64	7.13	6.35	8.90
	ZOO	0.57	0.57	0.57	0.57	0.57	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.52	0.52	0.52
Conoide Taro-Parola - libero Totale		19.3	25.4	20.9	21.1	21.9	27.2	24.8	25.8	23.9	27.8	26.7	23.8	23.9	26.3	22.7	24.4
Conoide Tidone - libero	CIV	0.24	0.24	0.25	0.25	0.25	0.04	0.03	0.01	0.01	0.85	0.85	0.63	0.59	0.63	0.39	0.50
	IND	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.13	0.17	0.19	0.17	0.17	0.14	0.14	0.16	0.13	0.12
	IRR	0.75	1.51	0.92	0.84	0.77	1.10	0.59	0.93	0.43	1.20	0.99	0.34	0.32	0.54	0.39	1.21
	ZOO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.07	0.07	0.07

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Conoide Tidone - libero Totale		1.0	1.8	1.2	1.1	1.1	1.2	0.8	1.2	0.7	2.3	2.0	1.1	1.1	1.4	1.0	1.9
Conoide Tiepido - libero	IND	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.22	0.22
	IRR	0.08	0.32	0.25	0.24	0.25	0.19	0.15	0.17	0.13	0.20	0.19	0.14	0.13	0.16	0.14	0.20
	ZOO	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
Conoide Tiepido - libero Totale		0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4						
Conoide Trebbia-Luretta - libero	CIV	5.66	5.70	5.70	5.66	5.88	4.78	4.63	4.73	4.69	4.59	4.61	3.57	3.35	3.56	3.15	2.92
	IND	3.62	3.62	3.62	3.62	3.62	3.62	3.92	3.26	3.48	3.43	3.45	3.14	3.15	3.39	2.84	3.04
	IRR	3.17	7.32	4.26	4.40	4.11	10.66	7.99	9.72	6.72	11.25	10.70	7.73	7.20	9.15	8.20	11.64
	ZOO	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.26	0.26	0.26
Conoide Trebbia-Luretta - libero Totale		12.7	16.8	13.8	13.9	13.8	19.2	16.7	17.9	15.1	19.4	18.9	14.6	13.9	16.4	14.4	17.9
Conoide Tresinaro - libero	IND	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
	IRR	0.04	0.13	0.05	0.11	0.08	0.12	0.03	0.12	0.03	0.12	0.10	0.03	0.03	0.07	0.04	0.08
	ZOO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Conoide Tresinaro - libero Totale		0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
Conoide Zena-Idice - libero	CIV	0.19	0.20	0.19	0.21	0.23	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.21	0.18	0.20	0.23	0.21	0.23
	IRR	0.07	0.19	0.14	0.11	0.14	0.07	0.06	0.06	0.04	0.07	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05	0.07
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Zena-Idice - libero Totale		0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
Conoidi Alluvionali Appenniniche - acquifero libero Totale		105.7	143.5	115.8	123.2	121.5	137.7	124.5	124.7	108.3	133.4	127.9	108.6	108.2	119.3	107.5	127.5
Conoide Arda - confinato superiore	CIV	0.63	0.63	0.63	0.64	0.64	0.48	0.37	0.41	0.42	0.39	0.37	1.06	1.00	1.06	0.50	1.03
	IND	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.28	0.28
	IRR	1.31	2.92	1.74	1.75	1.66	3.51	2.60	3.22	2.08	3.72	3.56	2.29	2.13	3.05	2.62	3.99
	ZOO	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.13	0.13	0.13
Conoide Arda - confinato superiore Totale		2.7	4.3	3.1	3.2	3.1	4.7	3.7	4.4	3.3	4.9	4.7	4.2	3.9	4.9	3.5	5.4
Conoide Chiavenna-Nure - confinato superiore	CIV	0.32	0.32	0.33	0.33	0.33	0.01	0.10	0.19	0.19	0.19	0.22	0.23	0.22	0.23	0.27	0.23

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	IND	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.04
	IRR	1.37	2.99	1.94	1.93	1.91	2.77	2.10	2.54	1.73	2.95	2.78	1.90	1.76	2.38	2.11	3.06
	ZOO	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.13	0.13	0.13
Conoide Chiavenna-Nure - confinato superiore Totale		2.0	3.6	2.5	2.5	2.5	3.0	2.5	2.8	2.0	3.2	3.1	2.2	2.1	2.8	2.6	3.5
Conoide Conca - confinato superiore	CIV	5.70	5.22	1.24	1.74	2.84	2.99	2.75	3.07	2.44	4.13	4.43	2.18	3.15	3.52	3.01	3.72
	IND	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
	IRR	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Conca - confinato superiore Totale		5.7	5.3	1.3	1.8	2.9	3.0	2.8	3.3	2.7	4.4	4.7	2.4	3.4	3.8	3.2	4.0
Conoide Crostolo-Tresinaro - confinato superiore	CIV	0.87	1.16	1.27	0.96	1.03	1.45	1.51	1.41	1.73	1.71	1.67	1.42	1.29	0.93	0.75	0.98
	IND	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.90	1.69	1.92	1.87	1.93	1.99	1.93	1.80	1.10	1.10
	IRR	1.50	4.13	1.90	3.70	2.62	3.17	2.13	2.92	1.78	3.32	3.07	2.08	1.94	2.59	2.23	3.20
	ZOO	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.28	0.28	0.28
Conoide Crostolo-Tresinaro - confinato superiore Totale		4.4	7.3	5.2	6.7	5.7	6.5	5.8	6.2	5.7	7.1	6.9	5.7	5.4	5.6	4.4	5.6
Conoide Enza - confinato superiore	CIV	10.11	10.81	10.53	9.46	9.14	8.91	8.05	8.13	8.77	9.12	8.95	8.73	8.37	8.27	8.03	8.45
	IND	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.39	0.43	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43	0.52	0.52
	IRR	1.90	5.06	2.39	4.58	3.23	3.67	2.87	3.40	2.41	3.85	3.55	2.63	2.50	3.11	2.78	3.74
	ZOO	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Conoide Enza - confinato superiore Totale		12.8	16.7	13.7	14.8	13.2	13.3	11.7	12.3	11.9	13.7	13.3	12.1	11.6	12.2	11.7	13.0
Conoide Marecchia - confinato superiore	CIV	14.21	16.22	15.08	14.53	16.80	17.44	13.79	12.86	12.22	14.34	16.11	11.92	12.28	12.16	11.55	13.79
	IND	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	0.85	0.85
	IRR	1.95	5.31	4.38	2.57	2.42	3.60	3.09	3.27	2.21	3.42	3.54	3.15	2.64	3.08	3.05	3.97
	ZOO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04
Conoide Marecchia - confinato superiore Totale		16.9	22.3	20.2	17.8	20.0	21.8	17.6	17.3	15.6	18.9	20.8	16.2	16.1	16.4	15.5	18.6
Conoide Panaro - confinato superiore	CIV	11.94	11.83	12.13	12.67	12.80	10.30	10.48	9.61	9.85	10.29	10.09	9.23	9.02	8.87	9.58	9.95
	IND	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	2.91	3.03	1.70	1.70	1.65	1.64	1.63	1.65	1.66	0.82	0.83

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	IRR	1.56	5.57	4.40	3.85	4.00	5.37	4.20	4.94	3.61	5.71	5.61	4.28	3.96	5.05	4.51	6.23
	ZOO	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.24	0.24	0.24
Conoide Panaro - confinato superiore Totale		16.6	20.5	19.7	19.6	19.9	18.9	18.1	16.6	15.5	18.0	17.7	15.5	15.0	15.8	15.2	17.3
Conoide Parma-Baganza - confinato superiore	CIV	13.99	14.23	14.05	13.16	14.99	14.74	14.77	14.62	15.32	15.39	14.50	14.15	14.50	14.39	15.12	13.34
	IND	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	4.87	3.97	3.76	3.66	3.59	3.58	3.53	3.53	0.93	0.93
	IRR	1.92	4.99	2.33	3.43	3.26	5.00	3.91	4.63	3.23	5.30	5.12	3.78	3.62	4.53	4.04	5.57
	ZOO	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.21	0.21	0.21
Conoide Parma-Baganza - confinato superiore Totale		21.2	24.5	21.7	21.9	23.6	25.1	23.7	23.4	22.5	24.5	23.4	21.7	21.8	22.7	20.3	20.1
Conoide Pisciatello-Rubicone-Uso - confinato superiore	IND	0.07	0.07	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.14	0.14
	IRR	0.48	1.38	1.12	0.78	0.76	1.13	0.97	1.03	0.70	1.08	1.03	0.86	0.72	0.84	0.83	1.07
	ZOO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
Conoide Pisciatello-Rubicone-Uso - confinato superiore Totale		0.6	1.5	1.2	0.9	0.9	1.2	1.1	1.2	0.9	1.3	1.3	1.1	0.9	1.1	1.0	1.3
Conoide Reno-Lavino - confinato superiore	CIV	0.54	0.64	0.79	0.65	0.74	0.76	0.76	0.76	0.40	0.45	0.48	0.32	0.32	0.53	0.61	0.72
	IND	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.09	1.92	1.93	1.93	1.93	1.92	1.91	1.91	1.64	1.64
	IRR	0.47	1.37	0.87	0.76	0.83	0.97	0.81	0.88	0.54	0.92	0.92	0.75	0.61	0.73	0.71	1.00
	ZOO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Conoide Reno-Lavino - confinato superiore Totale		3.2	4.1	3.8	3.6	3.7	3.9	3.7	3.6	2.9	3.3	3.3	3.0	2.9	3.2	3.0	3.4
Conoide Ronco-Montone - confinato superiore	CIV	0.48	0.48	0.50	0.45	0.52	1.02	0.49	0.46	0.53	0.66	0.69	0.46	0.54	0.60	0.59	0.69
	IND	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.74	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.44	0.88	0.88
	IRR	0.80	2.25	1.78	1.24	1.19	0.99	0.86	0.91	0.64	0.96	0.82	0.60	0.50	0.59	0.58	0.75
	ZOO	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.11	0.11	0.11
Conoide Ronco-Montone - confinato superiore Totale		2.1	3.6	3.1	2.6	2.6	2.9	2.1	2.9	2.7	3.1	3.0	2.6	2.5	2.7	2.2	2.4
Conoide Samoggia - confinato superiore	IND	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.30	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.34	0.34	0.58	0.58
	IRR	0.55	1.55	1.09	0.90	1.03	1.23	1.05	1.12	0.77	1.19	1.10	0.86	0.72	0.86	0.84	1.10
	ZOO	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.06	0.06	0.06

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Conoide Samoggia - confinato superiore Totale		0.9	1.9	1.5	1.3	1.4	1.6	1.4	1.5	1.1	1.5	1.5	1.2	1.1	1.3	1.5	1.7
Conoide Santerno - confinato superiore	IND	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.43	0.43
	IRR	2.04	5.84	4.11	3.50	4.08	4.14	3.58	3.81	2.57	3.99	3.64	2.80	2.36	2.75	2.73	3.58
	ZOO	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.17	0.17	0.17
Conoide Santerno - confinato superiore Totale		2.6	6.4	4.7	4.0	4.6	4.7	4.1	4.3	3.1	4.5	4.2	3.3	2.9	3.4	3.3	4.2
Conoide Savena - confinato superiore	CIV	0.31	0.31	0.27	0.25	0.20	0.22	0.22	0.22	0.22	0.15	0.23	0.23	0.22	0.25	0.23	0.14
	IND	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.56	0.71	0.72	0.72	0.74	0.73	0.73	0.73	0.59	0.59
	IRR	0.24	0.66	0.47	0.38	0.45	0.16	0.14	0.15	0.10	0.16	0.15	0.12	0.10	0.12	0.12	0.15
	ZOO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Conoide Savena - confinato superiore Totale		1.1	1.5	1.3	1.2	1.2	0.9	0.9	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9
Conoide Savio - confinato superiore	CIV	0.27	0.30	0.30	0.26	0.25	0.50	0.30	0.31	0.29	0.49	0.64	0.23	0.23	0.25	0.14	0.21
	IND	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.44	0.48	0.48	0.47	0.50	0.49	0.48	0.45	0.58	0.58
	IRR	1.29	3.58	2.84	1.95	1.86	3.11	2.71	2.86	1.99	3.00	2.86	2.38	1.97	2.32	2.29	2.95
	ZOO	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.08	0.08	0.08
Conoide Savio - confinato superiore Totale		2.0	4.3	3.5	2.6	2.5	4.1	3.6	3.8	2.9	4.1	4.1	3.2	2.8	3.1	3.1	3.8
Conoide Secchia - confinato superiore	CIV	32.39	32.71	33.43	33.30	33.10	29.00	28.82	28.80	27.20	28.18	28.17	26.31	25.67	25.45	24.63	24.64
	IND	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52	7.71	6.21	5.87	6.38	6.19	5.28	5.97	5.40	3.39	3.27
	IRR	0.98	3.26	2.01	2.48	2.16	2.19	1.57	2.01	1.34	2.30	2.22	1.54	1.44	1.88	1.62	2.40
	ZOO	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.46	0.46	0.46
Conoide Secchia - confinato superiore Totale		41.4	44.0	43.5	43.8	43.3	39.1	38.5	37.4	34.8	37.2	36.9	33.5	33.4	33.2	30.1	30.8
Conoide Sillaro-Sellustra - confinato superiore	CIV	0.13	0.14	0.14	0.12	0.04	0.04	0.04	0.04	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	IND	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	0.50	0.50
	IRR	0.60	1.77	1.22	1.08	1.27	0.97	0.81	0.89	0.58	0.93	0.90	0.88	0.86	0.85	0.85	0.90
	ZOO	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06
Conoide Sillaro-Sellustra - confinato superiore Totale		1.5	2.7	2.1	1.9	2.1	1.7	1.5	2.1	1.8	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	1.4	1.5

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Conoide Stirone-Parola - confinato superiore	IND	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.19	0.19
	IRR	0.40	0.97	0.54	0.70	0.82	0.92	0.74	0.85	0.63	0.98	0.86	0.61	0.57	0.70	0.65	0.86
	ZOO	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.19	0.19
Conoide Stirone-Parola - confinato superiore Totale		0.8	1.4	1.0	1.1	1.2	1.3	1.1	1.1	0.8	1.2	1.1	0.8	0.8	0.9	1.0	1.2
Conoide Taro - confinato superiore	CIV	0.41	0.45	0.76	0.57	0.34	0.47	0.43	0.23	0.12	0.29	0.41	0.44	0.50	0.46	0.48	0.49
	IND	2.52	2.52	2.53	2.52	2.52	2.52	3.31	2.85	2.97	2.64	2.60	2.67	2.68	2.61	1.57	1.60
	IRR	2.55	6.27	2.74	3.51	3.40	5.35	3.76	4.96	2.91	5.63	5.63	3.47	3.74	4.88	4.19	6.27
	ZOO	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.22
Conoide Taro - confinato superiore Totale		5.7	9.5	6.3	6.9	6.5	8.5	7.7	8.2	6.2	8.8	8.8	6.8	7.1	8.2	6.4	8.6
Conoide Tidone-Luretta - confinato superiore	CIV	0.75	0.76	0.77	0.77	0.78	0.62	0.57	0.53	0.54	0.52	0.46	0.83	0.78	0.83	0.61	0.68
	IND	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.14	0.14
	IRR	1.28	2.69	1.67	1.59	1.50	4.11	2.97	3.71	2.45	4.42	3.97	2.49	2.34	3.14	2.71	4.31
	ZOO	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.22	0.22
Conoide Tidone-Luretta - confinato superiore Totale		2.6	4.0	3.0	2.9	2.8	5.3	4.1	5.0	3.8	5.7	5.2	4.1	3.9	4.8	3.7	5.4
Conoide Tiepido - confinato superiore	IND	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.56	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.70	0.64	0.65
	IRR	0.28	1.08	0.76	0.73	0.73	0.80	0.61	0.74	0.52	0.85	0.80	0.56	0.52	0.67	0.58	0.85
	ZOO	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.08
Conoide Tiepido - confinato superiore Totale		0.9	1.7	1.4	1.4	1.4	1.4	1.2	1.5	1.3	1.6	1.6	1.3	1.3	1.4	1.3	1.6
Conoide Zena-Idice - confinato superiore	CIV	0.14	0.15	0.14	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15	0.13	0.14	0.16	0.15	0.17
	IND	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.94	0.94
	IRR	1.10	3.09	2.26	1.89	2.28	1.42	1.23	1.30	0.91	1.37	1.34	1.15	0.96	1.12	1.11	1.42
	ZOO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
Conoide Zena-Idice - confinato superiore Totale		2.3	4.3	3.4	3.1	3.5	2.6	2.4	2.3	1.9	2.3	2.3	2.1	1.9	2.1	2.2	2.5
Conoidi Alluvionali Appenniniche - acquifero confinato superiore Totale		150.0	195.4	167.2	165.5	168.4	175.4	159.2	162.4	144.5	172.8	171.2	146.4	144.1	152.8	137.5	156.7

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Conoide Crostolo-Tresinaro - confinato inferiore	CIV	1.10	1.21	1.19	1.20	1.26	1.38	1.45	1.36	1.41	1.47	1.50	1.65	1.62	1.51	1.41	1.49
	IND	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	3.15	2.02	1.69	1.67	1.67	1.61	1.45	1.45	1.37	1.30
	IRR	0.47	1.31	0.60	1.18	0.84	0.97	0.62	0.90	0.51	1.02	0.93	0.59	0.55	0.77	0.64	0.94
	ZOO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	0.08
Conoide Crostolo-Tresinaro - confinato inferiore Totale		3.9	4.9	4.1	4.7	4.4	4.6	5.2	4.3	3.6	4.2	4.1	3.9	3.6	3.8	3.5	3.8
Conoide Enza - confinato inferiore	CIV	18.04	18.11	17.42	17.89	17.85	18.67	17.55	17.78	16.00	16.05	15.97	14.47	14.11	14.79	15.65	15.67
	IND	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.20	0.28	0.28	0.28	0.28	0.30	0.29	0.29	0.22	0.21
	IRR	3.64	9.31	4.50	8.22	5.65	5.54	3.70	5.03	2.82	5.83	4.71	2.62	2.55	3.89	3.15	4.89
	ZOO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08
Conoide Enza - confinato inferiore Totale		22.0	27.7	22.2	26.4	23.8	24.5	21.5	23.2	19.2	22.2	21.1	17.5	17.0	19.0	19.1	20.9
Conoide Marecchia - confinato inferiore	CIV	9.52	7.71	7.94	7.38	8.09	9.12	7.66	7.76	6.68	7.58	8.99	6.06	5.90	6.38	4.78	6.76
	IND	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.22	0.22
	IRR	0.03	0.08	0.07	0.04	0.03	0.07	0.06	0.06	0.04	0.06	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Marecchia - confinato inferiore Totale		9.6	7.8	8.0	7.5	8.2	9.2	7.8	8.1	7.0	7.9	9.3	6.4	6.2	6.7	5.0	7.0
Conoide Nure - confinato inferiore	CIV	3.94	3.98	3.97	3.96	4.04	4.18	4.23	4.87	5.19	4.88	4.01	3.77	3.54	3.77	3.32	3.45
	IND	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.11	0.11
	IRR	4.27	9.36	6.06	6.01	5.96	8.27	6.54	7.60	5.57	8.81	8.36	6.36	5.95	7.32	6.72	9.02
	ZOO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01
Conoide Nure - confinato inferiore Totale		10.9	16.1	12.7	12.7	12.7	15.2	13.5	13.0	11.2	14.2	12.9	10.6	10.0	11.6	10.2	12.6
Conoide Panaro - confinato inferiore	CIV	4.09	3.85	3.88	4.00	3.94	1.58	2.10	1.75	1.56	1.67	1.67	1.47	1.79	1.70	1.79	1.93
	IND	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.57	0.85	0.88	0.79	0.91	0.93	0.91	0.92	0.69	0.70
	IRR	0.06	0.22	0.18	0.16	0.17	0.18	0.14	0.17	0.12	0.19	0.19	0.15	0.14	0.17	0.15	0.21
	ZOO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Conoide Panaro - confinato inferiore Totale		5.7	5.7	5.7	5.8	5.7	3.4	3.8	2.8	2.6	2.7	2.8	2.6	2.9	2.8	2.7	2.9

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Conoide Parma-Baganza - confinato inferiore	CIV	14.20	14.11	13.54	11.03	10.66	11.14	10.59	10.32	10.60	11.45	11.56	11.06	11.37	13.19	13.38	12.95
	IND	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.85	1.07	1.08	1.10	1.12	1.13	1.17	1.19	1.07	1.16
	IRR	1.48	3.70	1.79	2.39	2.49	3.43	2.68	3.17	2.24	3.65	3.49	2.56	2.44	3.06	2.74	3.77
	ZOO	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Conoide Parma-Baganza - confinato inferiore Totale		17.1	19.2	16.7	14.8	14.5	15.9	15.2	14.6	14.0	16.3	16.2	14.8	15.0	17.5	17.2	18.0
Conoide Reno-Lavino - confinato inferiore	CIV	29.27	35.34	34.47	39.09	39.48	43.32	43.32	43.32	27.91	30.41	29.89	22.82	22.15	29.54	32.18	41.07
	IND	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.29	0.29
	IRR	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Reno-Lavino - confinato inferiore Totale		29.8	35.9	35.0	39.7	40.0	43.9	43.9	43.9	28.5	31.0	30.5	23.4	22.7	30.1	32.5	41.4
Conoide Ronco-Montone - confinato inferiore	CIV	1.76	1.77	2.76	1.74	2.19	5.21	1.94	1.94	1.94	3.44	3.70	1.69	2.06	2.73	2.68	3.42
	IND	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	0.57	0.57	0.58	0.57	0.57	0.56	0.56	0.50	0.50
	IRR	0.19	0.54	0.43	0.30	0.29	0.16	0.14	0.15	0.10	0.16	0.13	0.09	0.07	0.09	0.08	0.11
	ZOO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04
Conoide Ronco-Montone - confinato inferiore Totale		3.2	3.6	4.5	3.3	3.7	6.6	3.4	2.7	2.6	4.2	4.4	2.4	2.7	3.4	3.3	4.1
Conoide Samoggia - confinato inferiore	IND	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14
	IRR	0.09	0.23	0.17	0.13	0.16	0.16	0.14	0.15	0.10	0.15	0.14	0.11	0.09	0.11	0.11	0.14
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Conoide Samoggia - confinato inferiore Totale		0.5	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
Conoide Santerno - confinato inferiore	CIV	2.57	2.54	2.57	2.46	2.44	2.53	2.53	2.53	2.12	2.19	3.02	3.17	3.08	2.75	2.89	3.09
	IND	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.08	0.08
	IRR	0.20	0.57	0.41	0.34	0.40	0.44	0.38	0.40	0.27	0.42	0.38	0.29	0.25	0.29	0.29	0.38
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Conoide Santerno - confinato inferiore Totale		3.1	3.5	3.3	3.1	3.2	3.3	3.2	3.2	2.6	2.9	3.7	3.7	3.6	3.3	3.3	3.6
Conoide Savena - confinato inferiore	CIV	4.89	4.92	4.22	4.00	3.25	3.55	3.55	3.55	3.46	2.39	3.64	3.61	3.48	4.00	3.71	2.30

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	IND	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.37	0.37
	IRR	0.03	0.07	0.05	0.04	0.05	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Savena - confinato inferiore Totale		5.2	5.2	4.5	4.3	3.6	3.8	3.8	4.3	4.2	3.1	4.4	4.3	4.2	4.7	4.1	2.7
Conoide Savio - confinato inferiore	CIV	1.38	1.00	0.93	0.35	0.90	2.90	1.12	1.17	1.08	1.83	2.40	0.78	0.80	0.87	0.48	0.71
	IND	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.40	1.11	1.11
	IRR	0.03	0.07	0.06	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06	0.04	0.06	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06
Conoide Savio - confinato inferiore Totale		3.7	3.3	3.3	2.7	3.2	5.2	3.5	2.6	2.5	3.3	3.9	2.2	2.2	2.3	1.6	1.9
Conoide Secchia - confinato inferiore	CIV	24.31	26.15	26.10	25.16	26.50	25.29	24.91	22.82	22.19	22.87	22.22	24.78	23.48	22.98	22.21	23.95
	IND	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.59	0.88	0.95	0.95	0.94	0.91	0.91	0.91	0.96	0.94
	IRR	0.23	0.85	0.52	0.60	0.54	0.81	0.50	0.75	0.44	0.84	0.74	0.42	0.39	0.57	0.46	0.73
	ZOO	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.30	0.30	0.30
Conoide Secchia - confinato inferiore Totale		28.8	31.3	30.9	30.0	31.3	30.4	29.3	24.8	23.9	25.0	24.2	26.4	25.1	24.8	23.9	25.9
Conoide Sillaro-Sellustra - confinato inferiore	CIV	1.24	1.02	1.06	0.98	0.93	0.91	0.91	0.91	0.77	0.74	0.57	0.41	0.39	0.35	0.32	0.27
	IND	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.06
	IRR	0.10	0.30	0.21	0.18	0.22	0.22	0.19	0.20	0.14	0.21	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20
	ZOO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Conoide Sillaro-Sellustra - confinato inferiore Totale		2.0	2.0	2.0	1.8	1.8	1.8	1.8	1.1	0.9	1.0	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
Conoide Taro-Parola - confinato inferiore	CIV	1.39	2.02	2.87	2.87	2.62	2.80	2.59	2.30	2.31	2.98	3.79	3.56	3.74	3.62	3.30	3.09
	IND	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57	5.68	2.94	3.02	3.29	3.38	3.15	3.37	3.38	2.66	2.49
	IRR	0.80	1.93	0.83	1.03	0.97	1.19	0.80	1.11	0.62	1.24	1.28	0.68	0.84	1.10	0.95	1.45
	ZOO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
Conoide Taro-Parola - confinato inferiore Totale		6.8	8.6	8.4	8.6	8.2	8.6	9.1	6.4	6.0	7.6	8.5	7.5	8.0	8.2	7.0	7.1
Conoide Tidone-Luretta - confinato inferiore	CIV	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.34	0.31	0.28	0.28	1.43	1.13	1.19	1.11	1.18	1.48	0.93
	IND	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.06	0.06

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	IRR	0.02	0.07	0.02	0.04	0.03	0.07	0.06	0.07	0.05	0.08	0.08	0.05	0.05	0.06	0.05	0.11
	ZOO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Conoide Tidone-Luretta - confinamento inferiore Totale		0.5	1.7	1.4	1.4	1.3	1.4	1.6	1.1								
Conoide Tiepido - confinamento inferiore	CIV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.15	0.03	0.03	0.27	0.58	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00
	IND	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	4.70	1.44	1.45	1.47	2.09	2.16	2.05	2.08	2.52	2.52
	IRR	0.25	0.97	0.71	0.69	0.71	0.71	0.54	0.65	0.46	0.75	0.70	0.48	0.45	0.57	0.51	0.73
	ZOO	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06
Conoide Tiepido - confinamento inferiore Totale		5.3	6.1	5.8	5.8	5.8	6.1	5.4	2.2	2.0	2.5	3.4	2.7	2.5	2.7	3.1	3.3
Conoide Trebbia - confinamento inferiore	CIV	6.38	6.35	6.37	6.35	6.38	6.75	6.41	6.42	6.66	6.41	7.20	6.59	6.19	6.58	5.13	5.85
	IND	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.06	0.06
	IRR	1.35	3.13	1.78	1.84	1.69	4.57	3.46	4.17	2.90	4.83	4.56	3.37	3.14	3.92	3.55	4.92
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Trebbia - confinamento inferiore Totale		9.0	10.8	9.4	9.5	9.4	12.6	11.2	10.9	9.9	11.6	12.1	10.3	9.7	10.9	8.7	10.8
Conoide Zena-Idice - confinamento inferiore	CIV	2.81	2.92	2.73	3.07	3.30	3.06	3.06	3.06	2.86	2.96	2.98	2.67	2.92	3.27	3.09	3.34
	IND	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.32	0.32
	IRR	0.16	0.44	0.32	0.27	0.32	0.19	0.17	0.17	0.12	0.18	0.18	0.16	0.13	0.15	0.15	0.20
	ZOO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conoide Zena-Idice - confinamento inferiore Totale		3.2	3.6	3.3	3.6	3.8	3.5	3.4	3.6	3.3	3.5	3.5	3.2	3.4	3.8	3.6	3.9
Conoidi Alluvionali Appenniniche - acquifero confinamento inferiore Totale		170.4	196.4	180.9	185.2	184.6	199.8	186.2	172.4	144.9	165.0	167.4	144.2	141.2	157.8	151.3	171.6
Conoide Lamone - confinamento	IND	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.15	0.15
	IRR	0.98	2.82	2.04	1.69	1.52	2.32	2.02	2.13	1.48	2.24	1.92	1.41	1.17	1.37	1.36	1.75
	ZOO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Conoide Lamone - confinamento Totale		2.0	3.9	3.1	2.8	2.6	3.4	3.1	2.5	1.9	2.6	2.3	1.8	1.6	1.7	1.5	1.9
Conoide Quaderna - confinamento	IND	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.14	0.14

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	IRR	0.10	0.31	0.21	0.19	0.22	0.24	0.21	0.22	0.15	0.23	0.26	0.39	0.45	0.38	0.37	0.25
	ZOO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Conoide Quaderna - confinato Totale		0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4
Conoide Senio - confinato	CIV	0.76	0.78	0.83	0.83	0.80	1.02	1.02	1.02	0.94	0.87	0.99	1.01	0.95	0.97	0.95	0.96
	IND	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.07	0.07
	IRR	1.13	3.23	2.33	1.91	1.71	2.41	2.10	2.21	1.55	2.32	2.04	1.55	1.29	1.51	1.50	1.93
	ZOO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Conoide Senio - confinato Totale		2.0	4.1	3.2	2.8	2.6	3.5	3.2	3.3	2.5	3.2	3.1	2.6	2.3	2.5	2.5	3.0
Conoidi Alluvionali Appenniniche - acquifero confinato Totale		4.3	8.5	6.7	6.0	5.6	7.3	6.7	6.2	4.7	6.2	5.8	5.0	4.4	4.8	4.6	5.3
Pianura Alluvionale Appenninica - confinato superiore	CIV	1.24	1.08	0.76	0.83	0.83	0.86	0.62	0.62	0.64	1.07	1.10	0.56	0.53	0.54	0.46	0.56
	IND	12.70	12.70	12.72	12.70	12.70	12.70	12.84	18.13	18.08	18.02	17.80	17.59	17.58	17.73	11.02	11.16
	IRR	13.26	38.92	25.95	25.29	22.79	23.47	19.49	21.48	14.44	23.25	22.01	17.24	14.87	17.97	16.94	22.96
	ZOO	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.69	2.69	2.69
Pianura Alluvionale Appenninica - confinato superiore Totale		29.5	55.0	41.8	41.2	38.7	39.1	35.0	42.2	35.2	44.4	42.9	37.4	35.0	38.9	31.1	37.4
Pianura Alluvionale Appenninica - acquifero confinato superiore Totale		29.5	55.0	41.8	41.2	38.7	39.1	35.0	42.2	35.2	44.4	42.9	37.4	35.0	38.9	31.1	37.4
Transizione Pianura Appenninica-Padana - confinato superiore	IND	5.11	5.11	5.12	5.11	5.11	5.11	5.25	5.53	5.62	5.54	5.45	5.44	5.45	5.52	3.54	3.51
	IRR	1.76	4.32	3.04	2.95	2.76	4.32	3.57	3.82	2.48	4.37	4.08	3.23	2.74	3.32	2.99	4.26
	ZOO	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.81	0.81	0.81
Transizione Pianura Appenninica-Padana - confinato superiore Totale		7.6	10.1	8.9	8.8	8.6	9.8	9.2	9.7	8.5	10.3	9.9	9.1	8.6	9.7	7.4	8.6
Pianura Alluvionale Appenninica e Padana - acquifero confinato superiore Totale		7.6	10.1	8.9	8.8	8.6	9.8	9.2	9.7	8.5	10.3	9.9	9.1	8.6	9.7	7.4	8.6
Pianura Alluvionale Padana - confinato superiore	CIV	22.38	22.47	21.32	21.42	19.70	18.67	20.27	19.39	19.16	19.15	20.92	19.88	21.19	23.20	23.29	26.61
	IND	42.97	42.97	42.98	42.97	42.97	42.97	37.70	22.19	22.75	22.27	21.45	21.69	21.77	21.03	13.84	13.97
	IRR	21.46	48.35	29.34	31.31	31.63	52.52	40.93	47.98	33.57	55.94	52.55	38.81	35.91	45.24	40.40	56.61

CORPO_IDRICO	Uso	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	ZOO	3.32	3.32	3.32	3.32	3.32	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44	3.60	3.60	3.60
Pianura Alluvionale Padana - confinato superiore Totale		90.1	117.1	97.0	99.0	97.6	116.6	101.3	92.0	77.9	99.8	97.4	82.8	81.3	93.1	81.1	100.8
Pianura Alluvionale Padana - acquifero confinato superiore Totale		90.1	117.1	97.0	99.0	97.6	116.6	101.3	92.0	77.9	99.8	97.4	82.8	81.3	93.1	81.1	100.8
Pianura Alluvionale - confinato inferiore	CIV	15.06	15.70	13.09	13.47	14.24	8.28	6.95	8.62	7.66	8.21	8.15	8.30	7.82	7.81	7.20	8.95
	IND	42.50	42.50	42.52	42.50	42.50	42.50	41.54	19.48	19.75	19.74	19.55	19.14	19.26	18.97	13.11	13.14
	IRR	8.80	21.67	14.79	13.57	13.16	19.70	15.34	17.91	11.84	20.21	18.53	12.61	11.23	14.84	13.32	19.52
	ZOO	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.33	1.33	1.33
Pianura Alluvionale - confinato inferiore Totale		67.5	81.0	71.5	70.7	71.0	71.4	64.8	47.0	40.2	49.1	47.2	41.0	39.3	43.0	35.0	42.9
Pianura Alluvionale - acquifero confinato inferiore Totale		67.5	81.0	71.5	70.7	71.0	71.4	64.8	47.0	40.2	49.1	47.2	41.0	39.3	43.0	35.0	42.9
Pianura Alluvionale Costiera - confinato	IND	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.25	4.01	4.01	4.02	4.02	4.00	3.99	3.99	1.16	1.16
	IRR	1.47	3.01	2.40	2.15	2.01	1.71	1.40	1.47	0.95	1.73	1.63	1.30	1.09	1.33	1.20	1.71
	ZOO	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.67	0.67
Pianura Alluvionale Costiera - confinato Totale		7.1	8.6	8.0	7.8	7.6	7.1	6.8	5.6	5.1	5.9	5.8	5.5	5.2	6.0	3.0	3.5
Pianura Alluvionale Costiera Appenninica e Padana - acquifero confinato Totale		7.1	8.6	8.0	7.8	7.6	7.1	6.8	5.6	5.1	5.9	5.8	5.5	5.2	6.0	3.0	3.5
Oltre-Po	IND	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.04	0.04
	IRR	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
	ZOO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.09	0.09	0.09
Oltre-Po Totale		0.1	0.3	0.1	0.1												
Oltre-Po Totale		0.1	0.3	0.1	0.1												
TOTALE		635.7	822.5	702.0	712.9	708.6	769.8	698.2	668.3	574.1	693.5	681.6	585.2	572.6	631.3	563.7	660.6

Tabella 2.8 Prelievi totali per uso inseriti all'interno del modello numerico (Mm³/anno) suddivisi per tipologia di acquifero

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Conoidi libere e montane	109.0	150.2	119.9	128.6	126.4	143.2	129.0	130.4	112.8	139.7	133.7	113.7	113.2	125.0	112.7	133.7
Conoidi confinate superiori	150.0	195.4	167.2	165.5	168.4	175.4	159.2	162.4	144.5	172.8	171.2	146.4	144.1	152.8	137.5	156.7
Conoidi confinate inferiori	174.7	204.8	187.7	191.2	190.1	207.1	192.8	178.6	149.6	171.2	173.2	149.1	145.6	162.6	155.8	176.9
Pianure confinate superiori	127.2	182.3	147.6	148.9	144.9	165.5	145.5	144.0	121.6	154.5	150.2	129.3	124.9	141.7	119.6	146.7
Pianure confinate inferiori	67.5	81.0	71.5	70.7	71.0	71.4	64.8	47.0	40.2	49.1	47.2	41.0	39.3	43.0	35.0	42.9
Pianura confinato	7.1	8.6	8.0	7.8	7.6	7.1	6.8	5.6	5.1	5.9	5.8	5.5	5.2	6.0	3.0	3.5
	635.6	822.3	701.9	712.7	708.5	769.7	698.2	668.0	573.8	693.2	681.3	584.9	572.3	631.0	563.6	660.5

Figura 2.12 Ripartizione dei prelievi complessivi annuali in funzione della tipologia di acquifero captato.

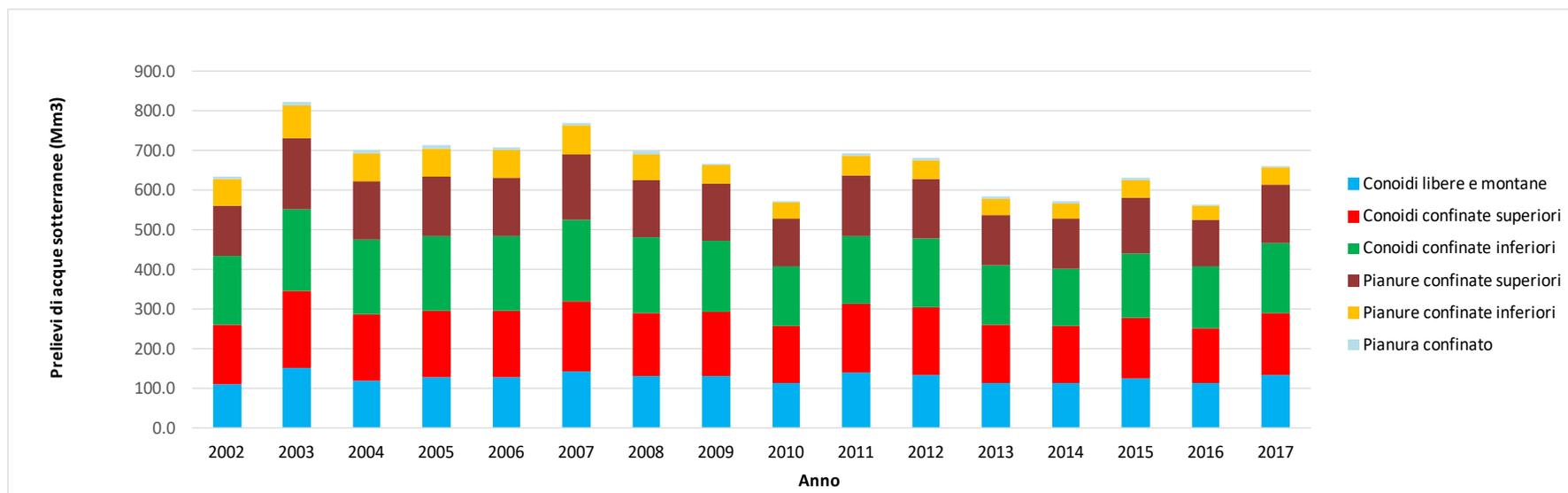


Figura 2.13 Prelievi di acque sotterranee, valori medi per ciascun stress period (trimestri) inseriti all'interno del modello numerico.

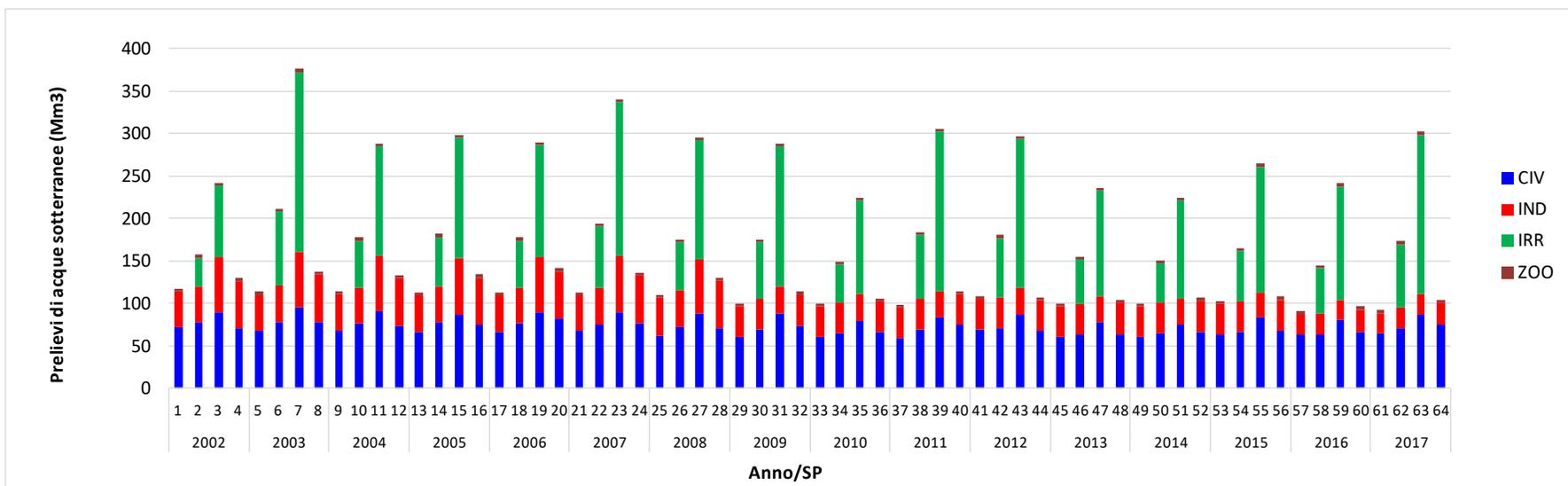


Tabella 2.9 Prelievi totali medi annui nel periodo 2002-2011 (Mm3), suddivisione per tipologia di acquifero

Conoidi libere e montane	126.3	462.6	19%	69%
Conoidi confinate superiori	160.6		24%	
Conoidi confinate inferiori	175.7		26%	
Pianure confinate superiori	143.4	204.7	21%	31%
Pianure confinate inferiori	55.2		8%	
Pianura confinato	6.2		1%	
Totale	667.3		100%	

Le successive Tabella 2.8 e Figura 2.12 riaggregano e rappresentano graficamente la sintesi dei dati della precedente Tabella 2.7 accorpata per tipologia di corpo idrico. La **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** evidenzia infine un prelievo medio relativo al periodo 2002-2017 di circa 670 milioni di metri cubi dei quali circa il 70% risulta a carico delle conoidi alluvionali appenniniche.

Nella Figura 2.13 i dati di Figura 2.11 vengono ulteriormente suddivisi nei trimestri costituenti la discretizzazione temporale del modello numerico.

2.2.2 La valutazione della ricarica zenitale

La ricarica zenitale utilizzata ai fini dell'implementazione del modello di flusso è costituita da due termini: la ricarica meteorica e la ricarica fluviale.

La ricarica meteorica rappresenta quella quota parte della precipitazione, che attraversando il suolo, al netto dell'acqua trattenuta dal suolo stesso e dalle esigenze colturali, raggiunge la falda acquifera alimentandola.

La ricarica fluviale costituisce invece il contributo di alimentazione della falda acquifera dovuto alla quota parte della portata dei corsi d'acqua che si infiltra in alveo.

Operativamente su ciascuna cella del 1° layer del modello viene posto come dato di ingresso un quantitativo di ricarica meteorica. Nel caso delle celle che cadono in corrispondenza dei corsi d'acqua ritenuti rilevanti ai fini della ricarica fluviale (Figura 2.27), tale contributo va a sommarsi a quello della ricarica meteorica.

Per quanto riguarda i quantitativi di ricarica zenitale immessi nel modello si rimanda ai successivi paragrafi 2.2.2.1 e 2.2.2.2.

2.2.2.1 La valutazione della ricarica meteorica

La valutazione della ricarica dovuta alle piogge avviene attraverso opportune elaborazioni dei risultati del modello di bilancio idrico del suolo CRITERIA elaborato da Arpa Servizio Idro-Meteo-Clima ([27] e [20]). Il modello calcola su celle di 5x5 km, in funzione del tipo di suolo e di colture prevalentemente presenti, ed in base all'andamento giornaliero della precipitazione e delle temperature, i quantitativi di acqua disponibili per il drenaggio verso il basso e quindi costituenti l'alimentazione della falda sottostante.

Nelle figure seguenti (dalla Figura 2.14 alla Figura 2.26) sono riportati, per i raggruppamenti dei corpi idrici sotterranei liberi di conoide, secondo le delimitazioni cartografiche di Figura 2.2, gli andamenti a confronto della precipitazione e del drenaggio verso la falda (RCH). I valori sono espressi in millimetri medi per i diversi areali. La scansione temporale dei grafici corrisponde alla discretizzazione temporale del modello numerico (Tabella 2.3). In tal modo i grafici permettono di valutare il livello di rappresentatività delle variazioni stagionali della discretizzazione temporale adottata. Nei grafici vengono riportati tutti gli Stress Periods comprese tra il 2015 ed il 2017 avendo fatto riferimento ad una nuova simulazione di CRITERIA riferita a questo orizzonte temporale.

Figura 2.14 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi ai corpi idrici conoidi Tidone-Luretta – Trebbia-Nure - Acquifero libero.

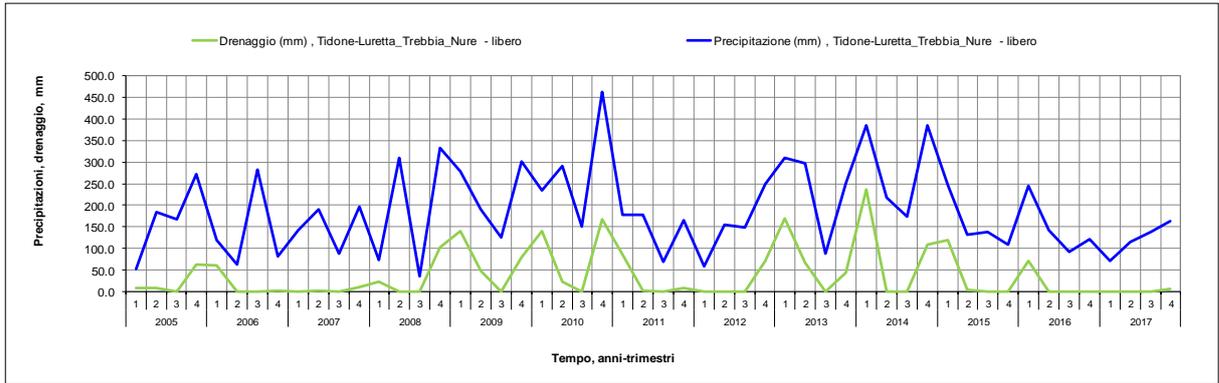


Figura 2.15 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi al corpo idrico conoide Arda - Acquifero libero.

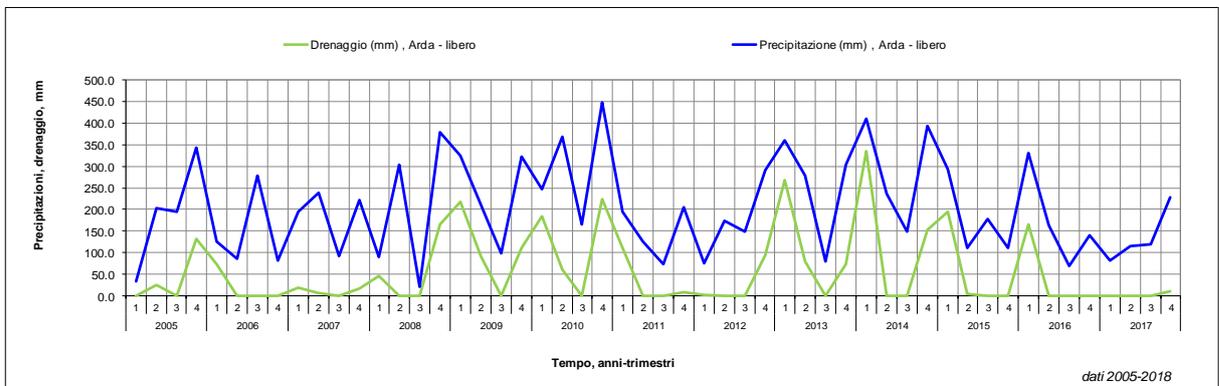


Figura 2.16 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi ai corpi idrici conoidi Stirone-Parola – Tarò – Parma-Baganza - Enza- Acquifero libero.

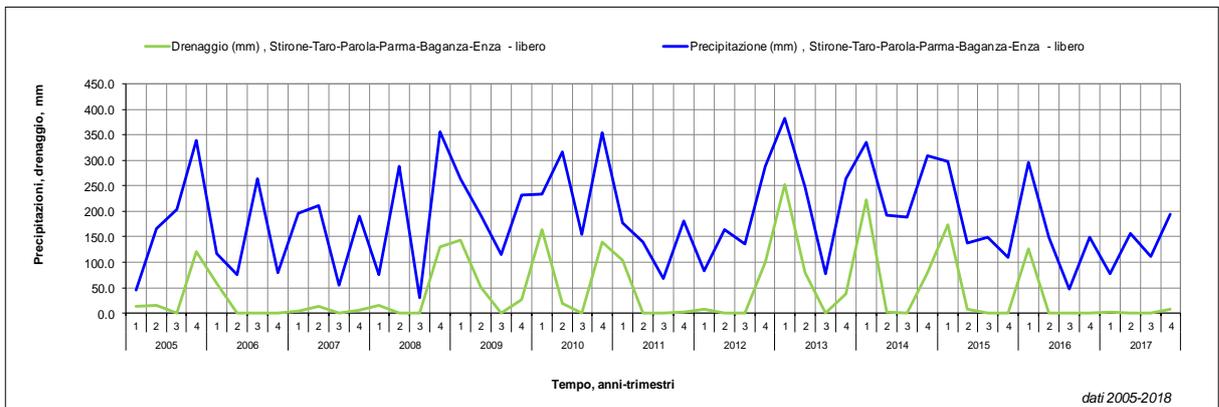


Figura 2.17 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi ai corpi idrici conoidi Crostolo-Tresinaro - Acquifero libero.

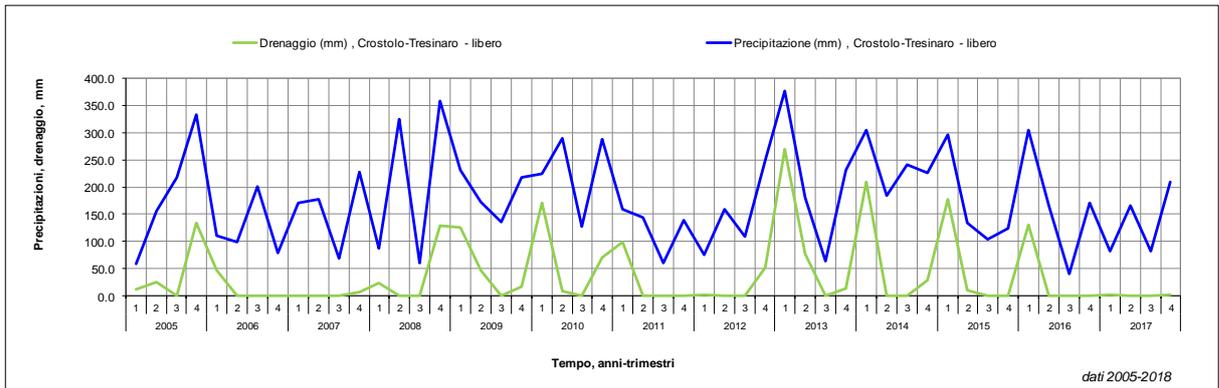


Figura 2.18 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi ai corpi idrici conoidi Secchia-Tiepido-Panaro - Acquifero libero.

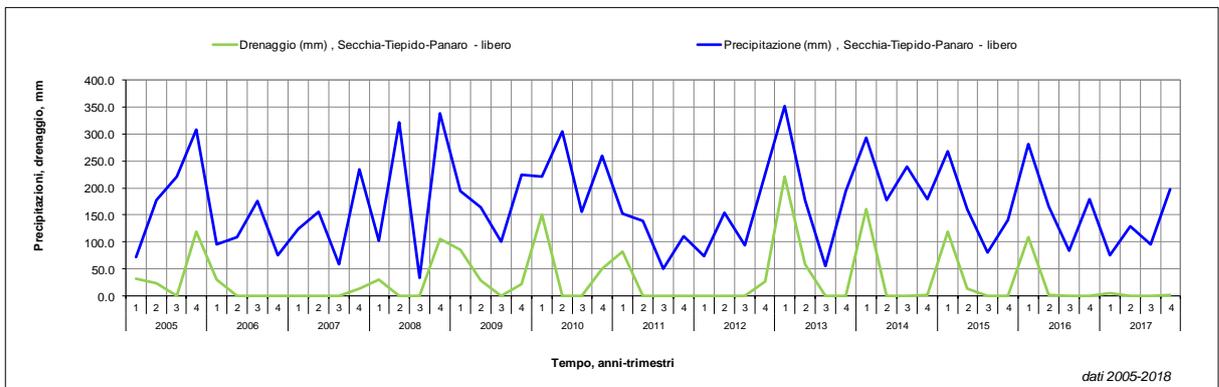


Figura 2.19 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi ai corpi idrici conoidi Samoggia – Reno-Lavino - Acquifero libero.

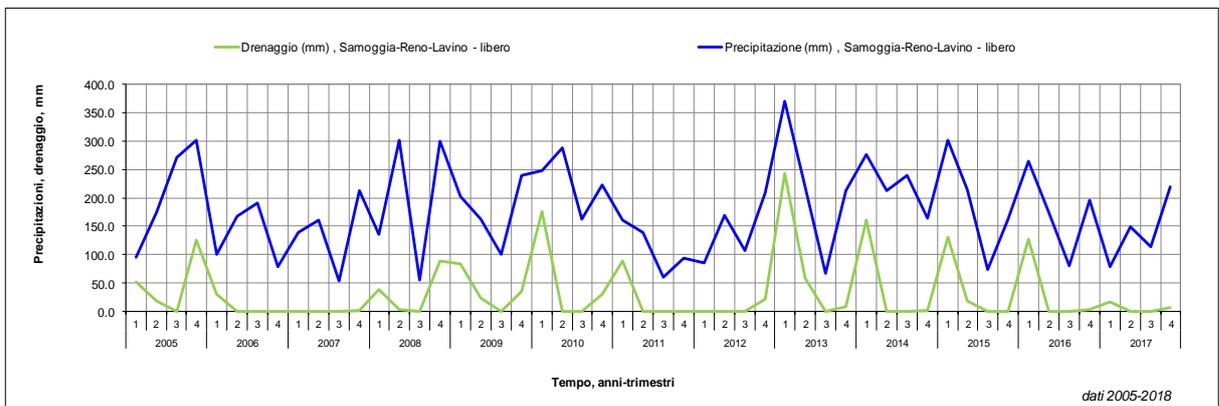


Figura 2.20 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi ai corpi idrici conoidi Savena-Idice – Zena - Acquifero libero.

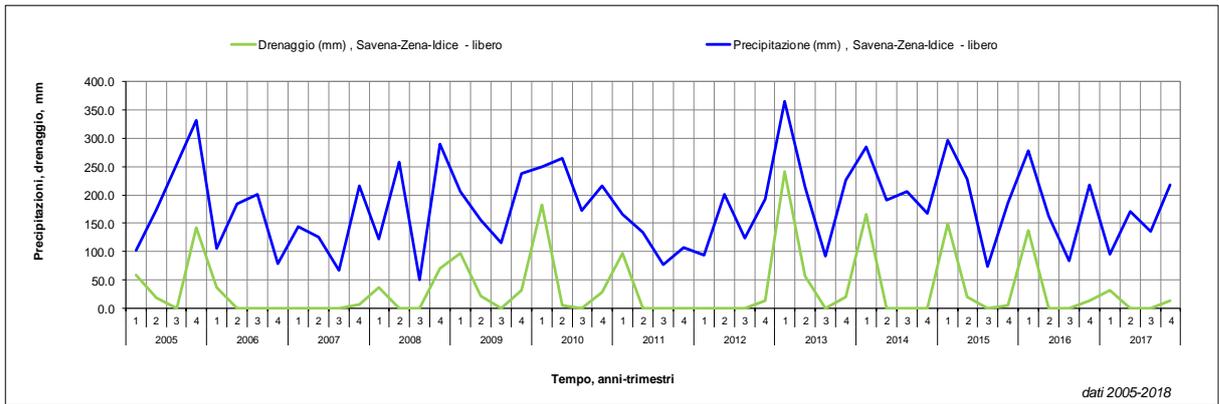


Figura 2.21 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi al corpo idrico conoidi Sillaro-Santerno- Acquifero libero.

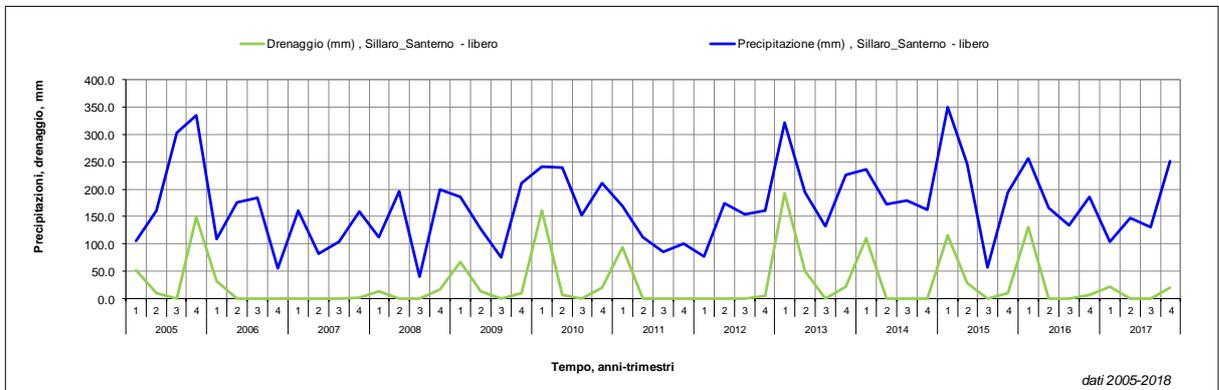


Figura 2.22 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi al corpo idrico conoidi Senio- Lamone -Acquifero libero.

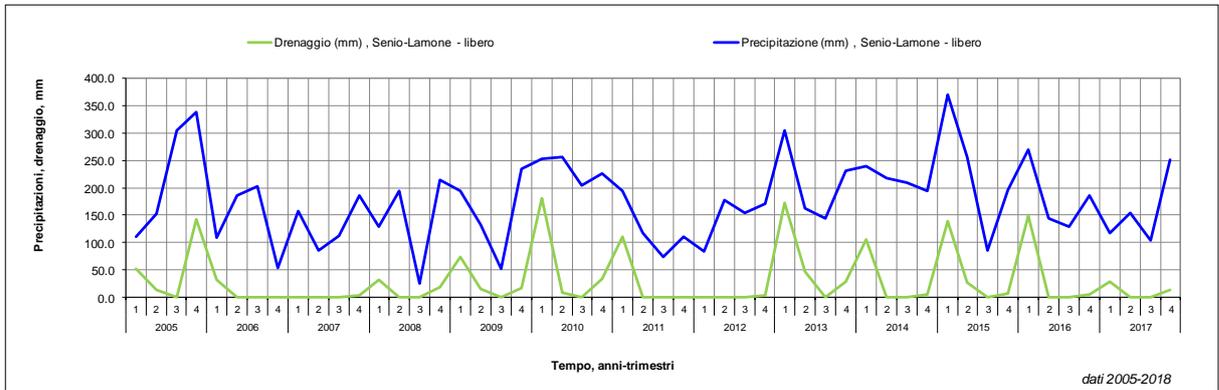


Figura 2.23 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi ai corpi idrici conoidi Montone-Rabbi-Ronco - Acquifero libero.

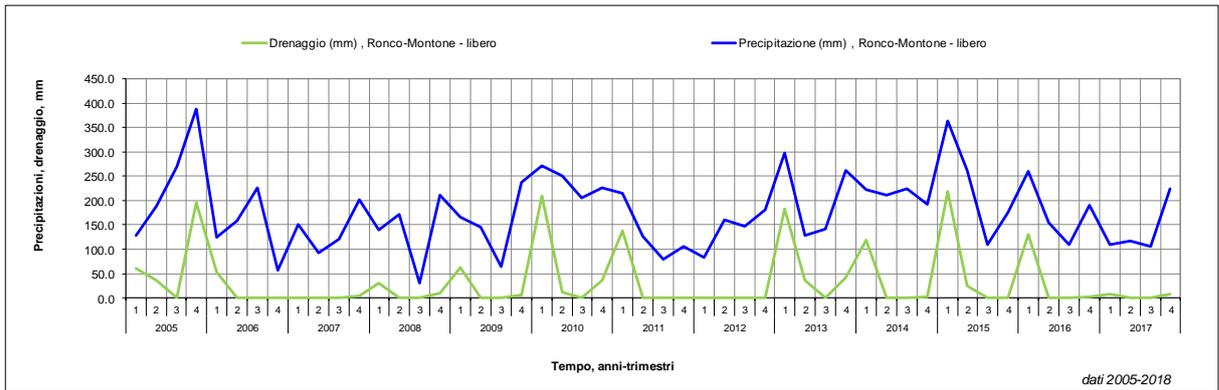


Figura 2.24 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi al corpo idrico conoide Savio - Acquifero libero.

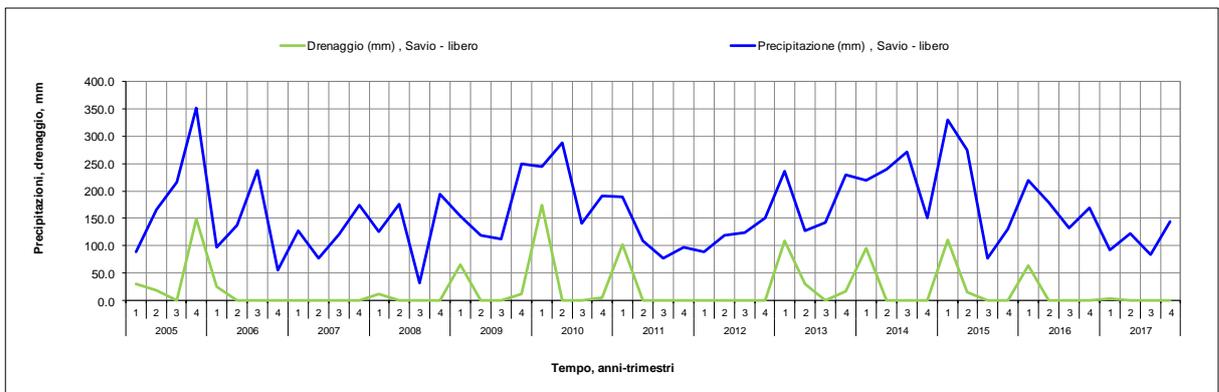


Figura 2.25 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi al corpo idrico conoide Marecchia - Acquifero libero.

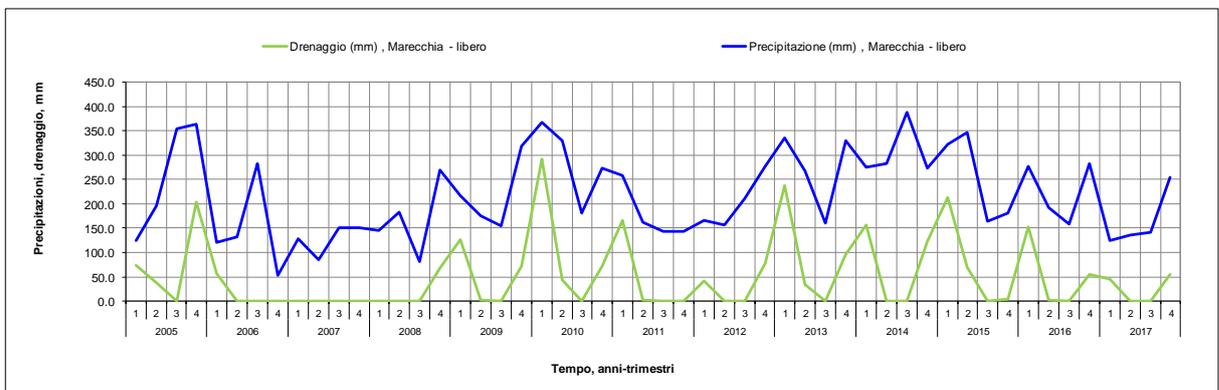
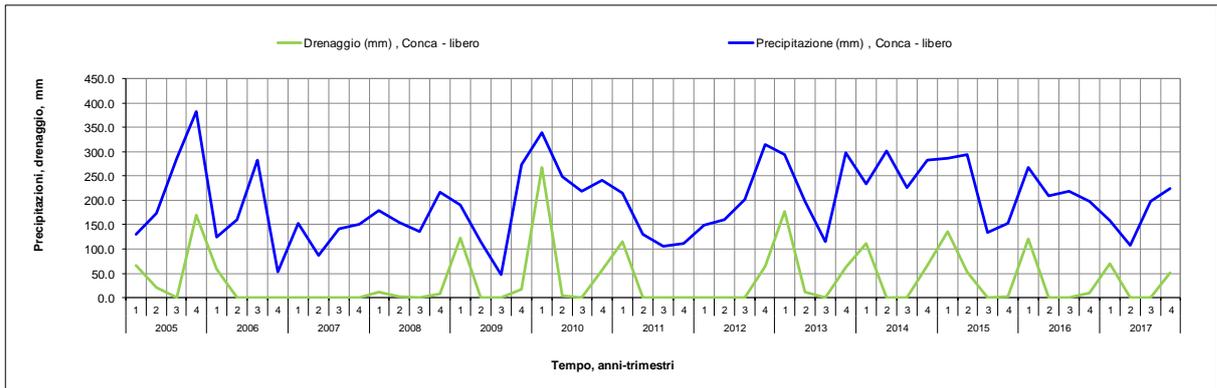


Figura 2.26 Precipitazioni e drenaggi medi verso la falda relativi al corpo idrico conoide Conca - Acquifero libero.

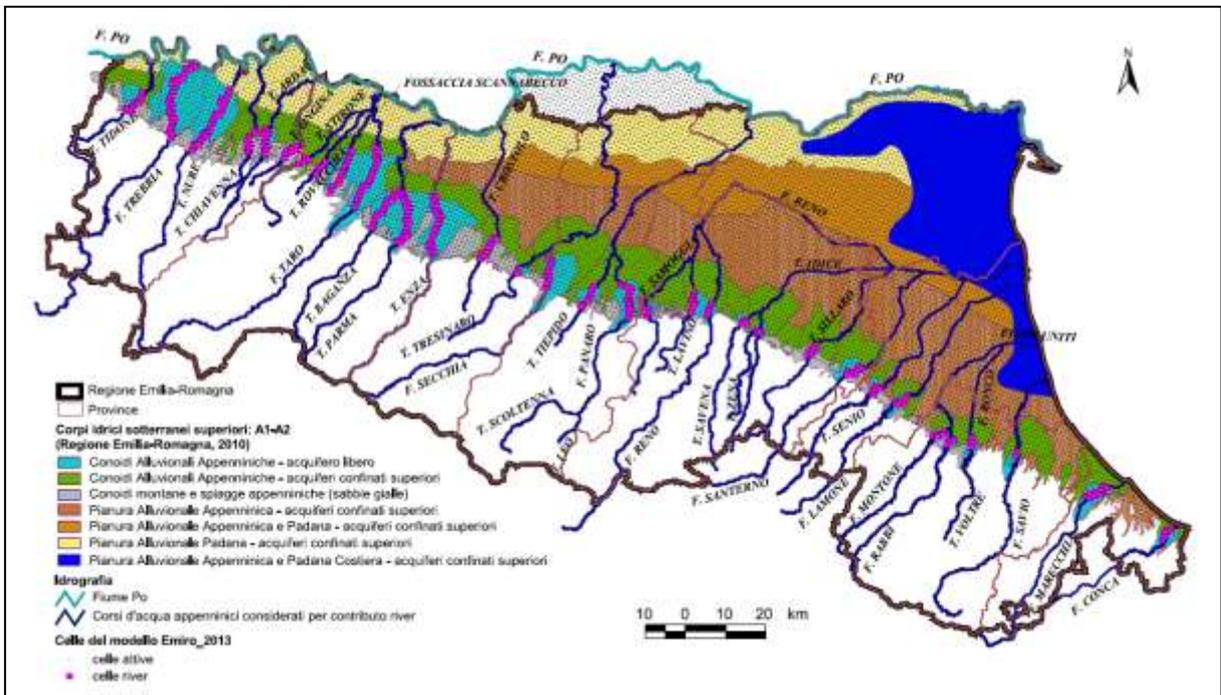


2.2.2.2 La ricarica operata dai principali corsi d'acqua

La valutazione della ricarica operata dai principali corsi d'acqua appenninici è stata condotta per passaggi successivi:

1. individuazione delle aree dove effettivamente avviene la principale ricarica degli acquiferi profondi da parte dei corsi d'acqua, in corrispondenza delle porzioni delle conoidi alluvionali appenniniche che ricadono nei corpi idrici superiori, per lo più in acquifero libero;
2. individuazione del carattere stagionale o permanente dell'alimentazione;
3. quantificazione delle portate in gioco e relativa stagionalizzazione.

Figura 2.27 Mappa delle celle fiume utilizzate nel modello di flusso



È stata quindi impostata come ingresso al modello di flusso una portata di acqua in corrispondenza delle celle dove il corso d'acqua si ritiene operi effettivamente la ricarica (Figura 2.27), ossia nelle porzioni apicali delle conoidi principali sedi degli acquiferi liberi.

Per quanto riguarda la quantificazione degli apporti fluviali, si è fatto riferimento alle stime disponibili del PTA regionale dove possibile verificate e corrette secondo quanto riportato in [9]. Tali stime hanno portato alla definizione dello schema di valori di ricarica fluviale media annua attualmente utilizzati per i principali corsi d'acqua appenninici (Tabella 2.10). Tali valori potranno subire aggiustamenti nella successiva fase di calibrazione del modello numerico.

Il passo successivo è consistito nella stagionalizzazione degli apporti della ricarica fluviale, realizzata in funzione delle rispettive portate fluenti in alveo disponibili nel periodo 2000-2017. La stima è stata realizzata applicando un sistema di pesi ad hoc per tener conto sia del comportamento stagionale sia di quello interannuale (Tabella 2.11). Tale variabilità è stata poi applicata ad una quota della ricarica fluviale pari al 75% ritenendo il restante 25% indipendente dalla portata fluente in alveo.

Tabella 2.10 Stima dei volumi di ricarica operata dai principali corsi d'acqua appenninici (m³/s)

Fiume	Portate in ingresso (m ³ /s)	
	valor medio invernale	valor medio annuo
Arda	0.30	0.24
Baganza	0.26	0.21
Chiavenna	0.00	0.00
Conca	0.20	0.13
Crostolo	0.30	0.24
Enza	0.60	0.48
Idice	0.40	0.32
Lamone	0.60	0.39
Lavino	0.05	0.04
Marecchia	0.80	0.52
Montone	0.60	0.39
Nure	0.60	0.48
Ongina	0.00	0.00
Panaro	0.70	0.56
Parma	0.90	0.72
Reno	0.30	0.24
Ronco	0.60	0.39
Rubicone	0.13	0.08
Samoggia	0.30	0.24
Santerno	0.50	0.33
Savena	0.09	0.07
Savio	0.70	0.46
Secchia	1.30	1.04
Senio	0.30	0.20
Sillaro	0.28	0.18
Taro	1.80	1.44
Tidone	0.30	0.24
Trebbia	1.40	1.12
Quaderna	0.10	0.08
Rabbi	0.08	0.05
Rovacchia	0.10	0.07
Scannabecco	0.11	0.08
Stirone	0.21	0.17
Tiepido	0.19	0.15
Tresinaro	0.20	0.16
Uso	0.10	0.07
Totale	15.39	11.56

Tabella 2.11: stima dei volumi di ricarica operata dai principali corsi d'acqua appenninici nel periodo 2002-2017 inserita all'interno del modello numerico.

PORTATE DI ALIMENTAZIONE FIUME FALDA (m ³ /s)																	
Asta	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	media 05-17
Tidone	0.27	0.16	0.21	0.17	0.15	0.15	0.27	0.38	0.41	0.21	0.18	0.31	0.46	0.21	0.20	0.10	0.25
Trebbia	1.23	1.02	0.90	0.68	0.90	0.76	1.21	1.57	1.66	0.96	1.00	1.43	2.14	0.81	0.94	0.71	1.14
Nure	0.47	0.43	0.43	0.40	0.40	0.38	0.48	0.59	0.66	0.45	0.40	0.60	0.77	0.46	0.44	0.31	0.49
Arda	0.16	0.20	0.26	0.26	0.20	0.20	0.23	0.30	0.37	0.21	0.19	0.30	0.39	0.22	0.22	0.14	0.25
Taro	1.19	1.29	1.35	1.06	1.09	1.09	1.57	1.96	2.13	1.25	1.33	1.87	2.51	1.03	1.30	1.02	1.48
Stirone	0.11	0.14	0.18	0.15	0.11	0.13	0.17	0.23	0.28	0.13	0.12	0.26	0.28	0.18	0.15	0.08	0.17
Parma	0.63	0.58	0.75	0.59	0.53	0.50	0.66	0.86	1.01	0.60	0.74	0.97	1.20	0.60	0.71	0.59	0.74
Baganza	0.18	0.17	0.22	0.17	0.14	0.14	0.19	0.27	0.29	0.17	0.21	0.28	0.36	0.17	0.19	0.15	0.21
Enza	0.38	0.37	0.46	0.39	0.37	0.35	0.52	0.60	0.70	0.41	0.47	0.66	0.72	0.37	0.46	0.43	0.50
Crostolo	0.16	0.19	0.31	0.28	0.18	0.16	0.23	0.28	0.31	0.20	0.17	0.38	0.36	0.30	0.20	0.14	0.24
Secchia	0.83	0.87	1.04	0.88	0.82	0.69	1.11	1.35	1.51	0.82	0.91	1.36	1.65	0.90	1.07	0.79	1.07
Tresinaro	0.11	0.14	0.22	0.20	0.12	0.08	0.13	0.20	0.26	0.14	0.08	0.24	0.24	0.22	0.14	0.07	0.16
Panaro	0.55	0.46	0.55	0.50	0.43	0.39	0.60	0.66	0.77	0.46	0.49	0.70	0.81	0.51	0.62	0.45	0.57
Tiepido	0.15	0.15	0.19	0.20	0.12	0.09	0.15	0.15	0.19	0.11	0.08	0.21	0.21	0.18	0.13	0.09	0.15
Reno	0.23	0.21	0.27	0.22	0.17	0.14	0.26	0.27	0.33	0.16	0.19	0.32	0.37	0.20	0.28	0.20	0.24
Samoggia	0.25	0.20	0.30	0.26	0.16	0.13	0.24	0.24	0.30	0.18	0.13	0.40	0.34	0.30	0.23	0.14	0.23
Lavino	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.02	0.04	0.04	0.05	0.03	0.02	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04
Idice	0.38	0.34	0.44	0.48	0.28	0.19	0.26	0.32	0.36	0.24	0.18	0.37	0.41	0.36	0.28	0.23	0.30
Savena	0.08	0.08	0.10	0.10	0.07	0.05	0.07	0.08	0.08	0.05	0.05	0.09	0.10	0.08	0.07	0.06	0.07
Sillaro	0.21	0.18	0.25	0.33	0.12	0.08	0.10	0.16	0.23	0.13	0.06	0.24	0.27	0.26	0.15	0.11	0.17
Santerno	0.34	0.31	0.38	0.43	0.27	0.19	0.27	0.33	0.43	0.23	0.22	0.45	0.46	0.35	0.32	0.26	0.32
Senio	0.18	0.18	0.20	0.27	0.16	0.11	0.14	0.18	0.27	0.14	0.13	0.27	0.28	0.26	0.20	0.15	0.20
Lamone	0.38	0.36	0.39	0.49	0.33	0.28	0.31	0.36	0.53	0.30	0.33	0.46	0.52	0.48	0.39	0.33	0.39
Montone	0.46	0.34	0.41	0.58	0.30	0.28	0.34	0.36	0.50	0.29	0.26	0.41	0.53	0.49	0.37	0.30	0.39
Rabbi	0.06	0.05	0.06	0.08	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07	0.04	0.04	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.05
Ronco	0.52	0.33	0.44	0.85	0.24	0.25	0.42	0.37	0.60	0.31	0.22	0.42	0.46	0.34	0.28	0.19	0.38
Savio	0.52	0.39	0.50	0.85	0.31	0.29	0.43	0.38	0.65	0.33	0.36	0.51	0.54	0.49	0.45	0.29	0.45
Marecchia	0.54	0.38	0.58	1.04	0.29	0.26	0.46	0.47	0.80	0.29	0.44	0.66	0.70	0.55	0.55	0.32	0.52
Conca	0.15	0.08	0.11	0.27	0.09	0.05	0.07	0.10	0.19	0.11	0.08	0.16	0.21	0.20	0.13	0.07	0.13

3 LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO

Le operazioni di calibrazione del modello sono state condotte secondo l'usuale metodologia *trial and error* avendo ad obiettivo le serie piezometriche precedentemente descritte al precedente paragrafo 2.1.2. La calibrazione è stata condotta attraverso l'analisi puntuale e complessiva delle serie storiche ricostruite dal modello in confronto a quelle osservate. Questa fase ha permesso innanzitutto di verificare l'impatto sul modello numerico delle serie di dati caricati sullo stesso (prelievi e ricariche) per i sei anni successivi (2012-2017) costituenti il vero e proprio aggiornamento del modello. La calibrazione *trial and error* è quindi proseguita valutando sia l'aderenza dei valori calcolati dal modello in corrispondenza dei punti di controllo con le serie osservate sia l'andamento tendenziale delle osservazioni nel lungo periodo. Nelle figure che seguono sono riportati nella forma consueta gli andamenti osservato/calcolato nel tempo su alcuni punti di controllo distribuiti sull'intero territorio regionale.

Figura 3.1 Confronto fra i carichi idraulici calcolati dal modello e quelli osservati su alcuni pozzi di controllo.

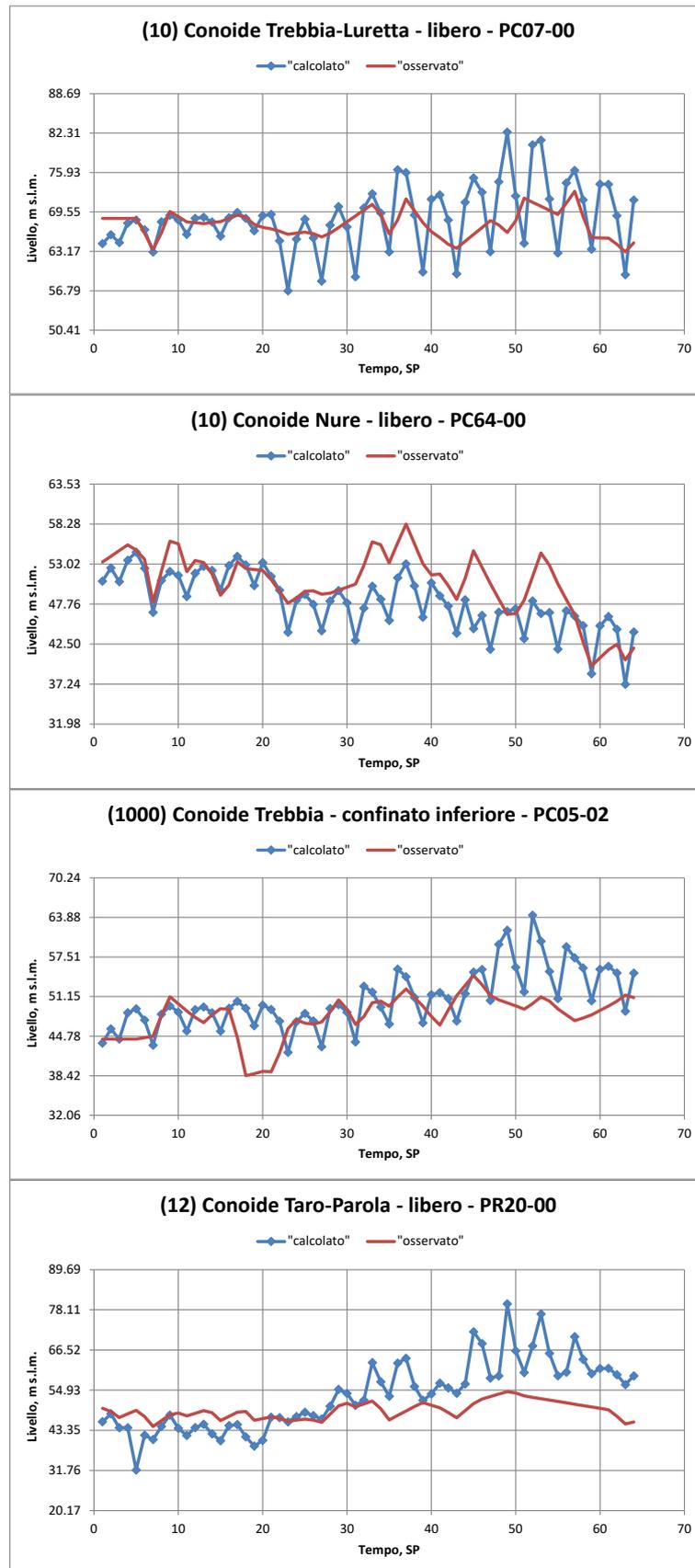


Figura 3.2 Confronto fra i carichi idraulici calcolati dal modello e quelli osservati su alcuni pozzi di controllo

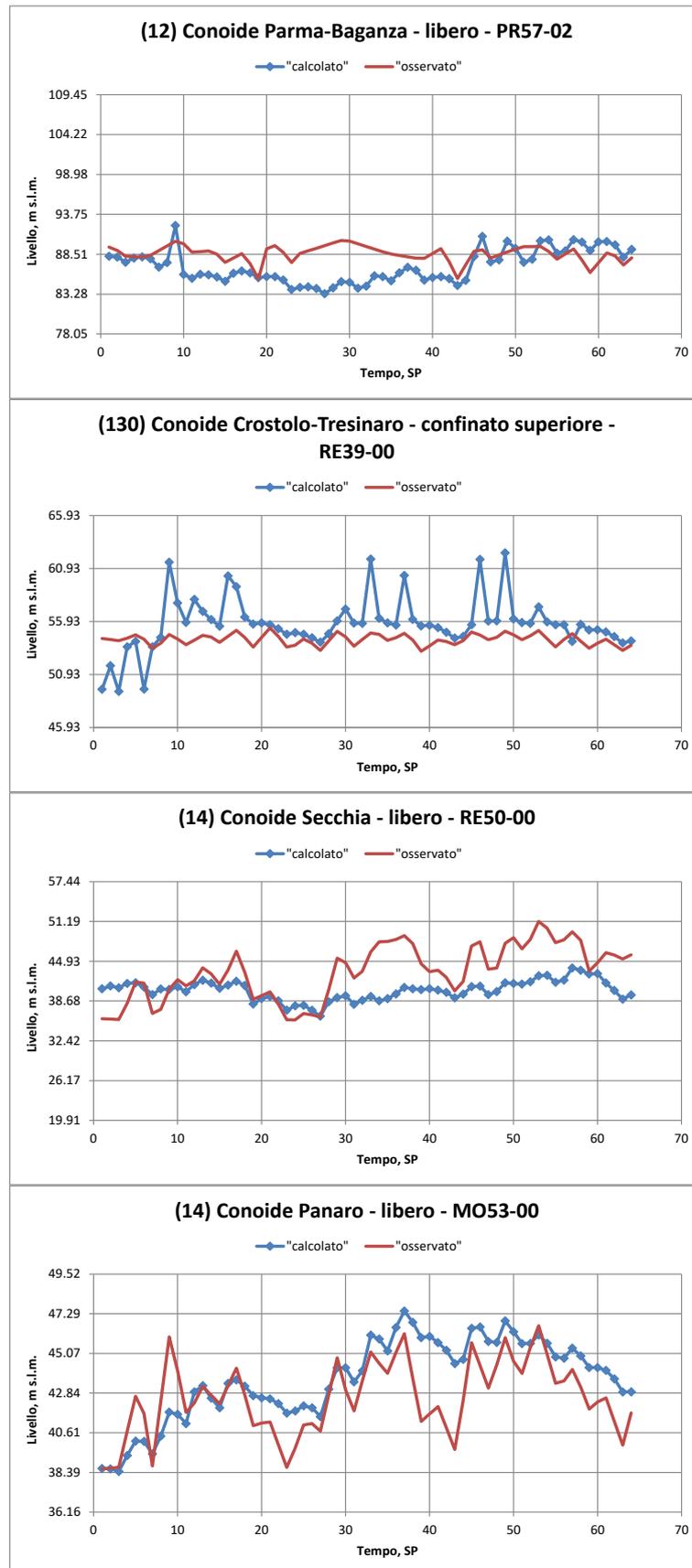


Figura 3.3 Confronto fra i carichi idraulici calcolati dal modello e quelli osservati su alcuni pozzi di controllo

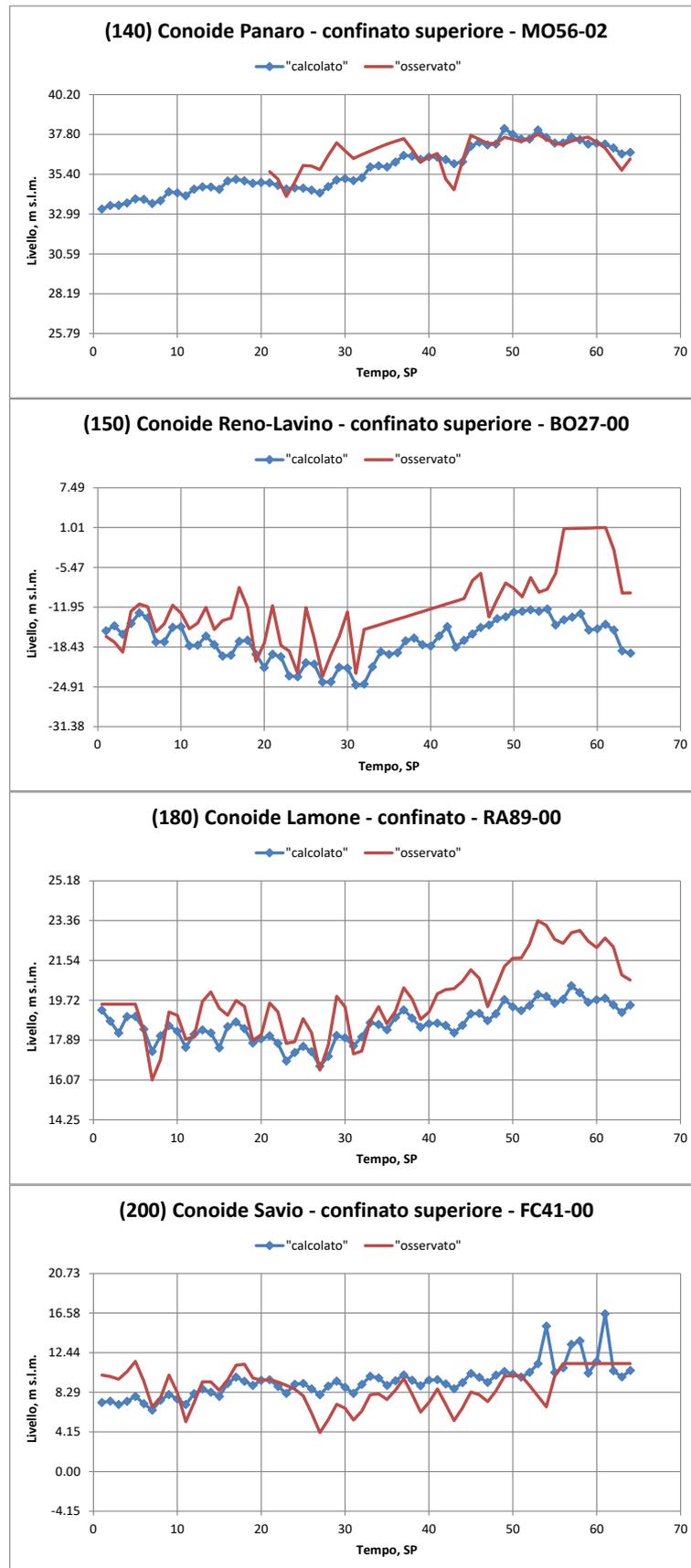
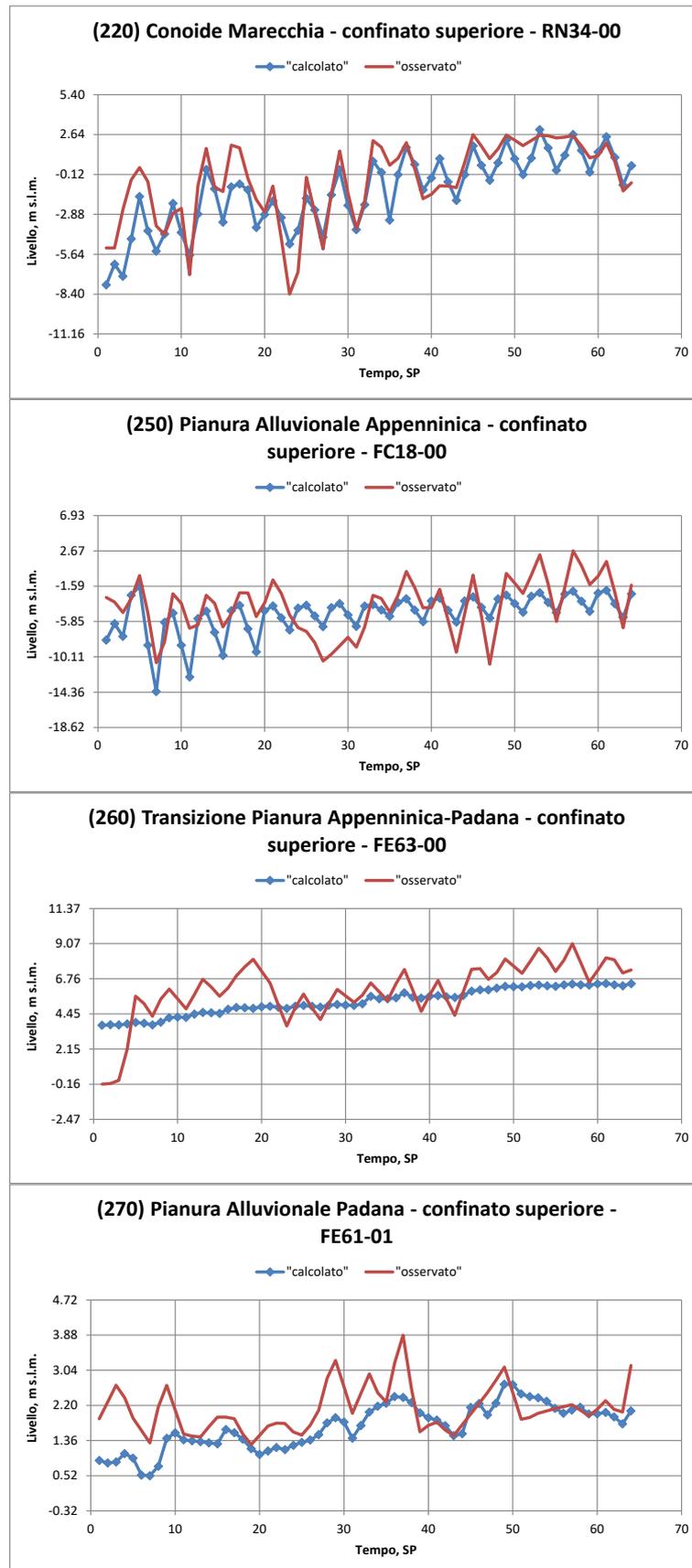


Figura 3.4 Confronto fra i carichi idraulici calcolati dal modello e quelli osservati su alcuni pozzi di controllo.



4 ANALISI DEL BILANCIO IDROGEOLOGICO DA MODELLO NEL PERIODO 2004-2017.

4.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA

Per l'analisi dei risultati restituiti dal modello numerico è stato utilizzato lo strumento del *water budget* che consente di valutare le singole voci costituenti il bilancio dell'acqua su singole celle del modello o su aggregazioni di un maggior numero di celle. Nei paragrafi che seguono sono quindi riportate le analisi di bilancio condotte su di alcune aggregazioni di conoidi costituite a loro volta dall'insieme delle tre tipologie di corpo idrico in esse presenti (libero, confinato superiore e confinato inferiore) evidenziandone quindi sia le voci principali del bilancio (prelievi, ricariche, immagazzinamenti) sia gli scambi di acqua costituenti gli ingressi e le uscite dal singolo raggruppamento di corpi idrici (ad esempio le porzioni libere delle conoidi) da e verso i corpi idrici adiacenti (ad esempio le porzioni confinate delle conoidi). I raggruppamenti di conoidi oggetto dell'analisi del bilancio sono evidenziate nella Tabella 4.1.

Come orizzonte temporale utilizzato per la valutazione si è preferito in questa sede fare riferimento all'intera estensione temporale del modello (tralasciando cautelativamente i primi due anni iniziali di possibile assestamento del modello stesso) in modo da ottenere una rappresentazione media il più possibile di lungo periodo. L'analisi è stata quindi condotta attraverso la valutazione dei flussi di acqua mediati sui quattordici anni di disponibilità temporale del modello (da 2004 al 2017) e riportati all'interno di uno "schema di flusso" quale quello riportato nella successiva Figura 4.2, relativo al raggruppamento di conoidi dal Tidone al Nure e qui richiamato a titolo di esempio.

La figura suddivide concettualmente la conoide nelle porzioni di acquifero libero, confinato superiore e confinato inferiore e riporta su queste sia i termini del bilancio "esterni" (prelievi, alimentazione, variazione dell'immagazzinamento) sia quelli "interni" costituenti i termini di scambio tra le diverse porzioni di conoide. La maggior parte dei termini vengono indicati con delle frecce che individuano la direzione del flusso dell'acqua che è quantificato con un valore rappresentativo di una portata media nei quattordici anni (m^3/s). Fanno eccezione i prelievi e le variazioni degli immagazzinamenti che vengono indicati direttamente all'interno della porzione di conoide cui si riferiscono, in particolare:

- i prelievi (W) vengono indicati con segno meno in quanto sono sempre in uscita dal sistema;
- le variazioni degli immagazzinamenti (ΔS) vengono indicate con la consueta convenzione sui segni utilizzata nel bilancio elaborato dal Water Budget di Modflow ($\Delta S > 0$: mediamente nel periodo si assiste ad una diminuzione della risorsa idrica immagazzinata; $\Delta S < 0$: mediamente nel periodo si assiste ad un accumulo di risorsa idrica all'interno della risorsa idrica immagazzinata).

Tale schema è concettuale in quanto non riporta fedelmente le geometrie e le dimensioni delle singole conoidi che possono differire per estensione areale e spessore dei complessi acquiferi in esse presenti. Tali differenze sono però implicitamente considerate nella espressione dei termini del bilancio che, espressi in m^3/s derivando direttamente dall'analisi del bilancio del modello numerico, tengono conto delle caratteristiche dimensionali e volumetriche delle conoidi o raggruppamento di conoidi considerate.

In linea generale questa analisi del bilancio, che nei paragrafi che seguono viene condotta per i principali raggruppamenti di conoidi individuati, consente di:

- valutare la consistenza delle voci del bilancio tra e per i diversi raggruppamenti di conoidi; i volumi di risorsa idrica sotterranea coinvolti nei raggruppamenti di conoidi della parte emiliana della regione sono, per dimensione e densità di prelievo, molto più consistenti rispetto a quelli della parte romagnola;

- verificare la dinamica generale dell'acqua all'interno delle intere conoidi, evidenziando e quantificando gli scambi idrici tra i corpi idrici individuati al loro interno con particolare interesse agli scambi tra le porzioni di acquifero libero e le porzioni confinate superiori ed inferiori ed a quelli di queste ultime con i sistemi di pianura situati più a valle;
- evidenziare la pressione dei prelievi idrici nella intera conoide ed all'interno dei corpi idrici che la costituiscono, ed il relativo rapporto sia con le variazioni stagionali degli immagazzinamenti al fine di individuare l'eventuale sofferenza stagionale del sistema, sia con i trasferimenti di fluido da altre porzioni del sistema;
- evidenziare il rapporto tra le capacità di immagazzinamento delle alimentazioni del sistema ed i conseguenti trasferimenti di fluido verso altre zone;
- effettuare l'analisi delle variazioni temporali degli immagazzinamenti netti ($\Delta S = \text{Storage IN} - \text{Storage OUT}$) nel periodo 2004-2017 al fine di evidenziare i corpi idrici che manifestano un deficit idrico ($\Delta S > 0$) nei 14 anni di simulazione analizzati.

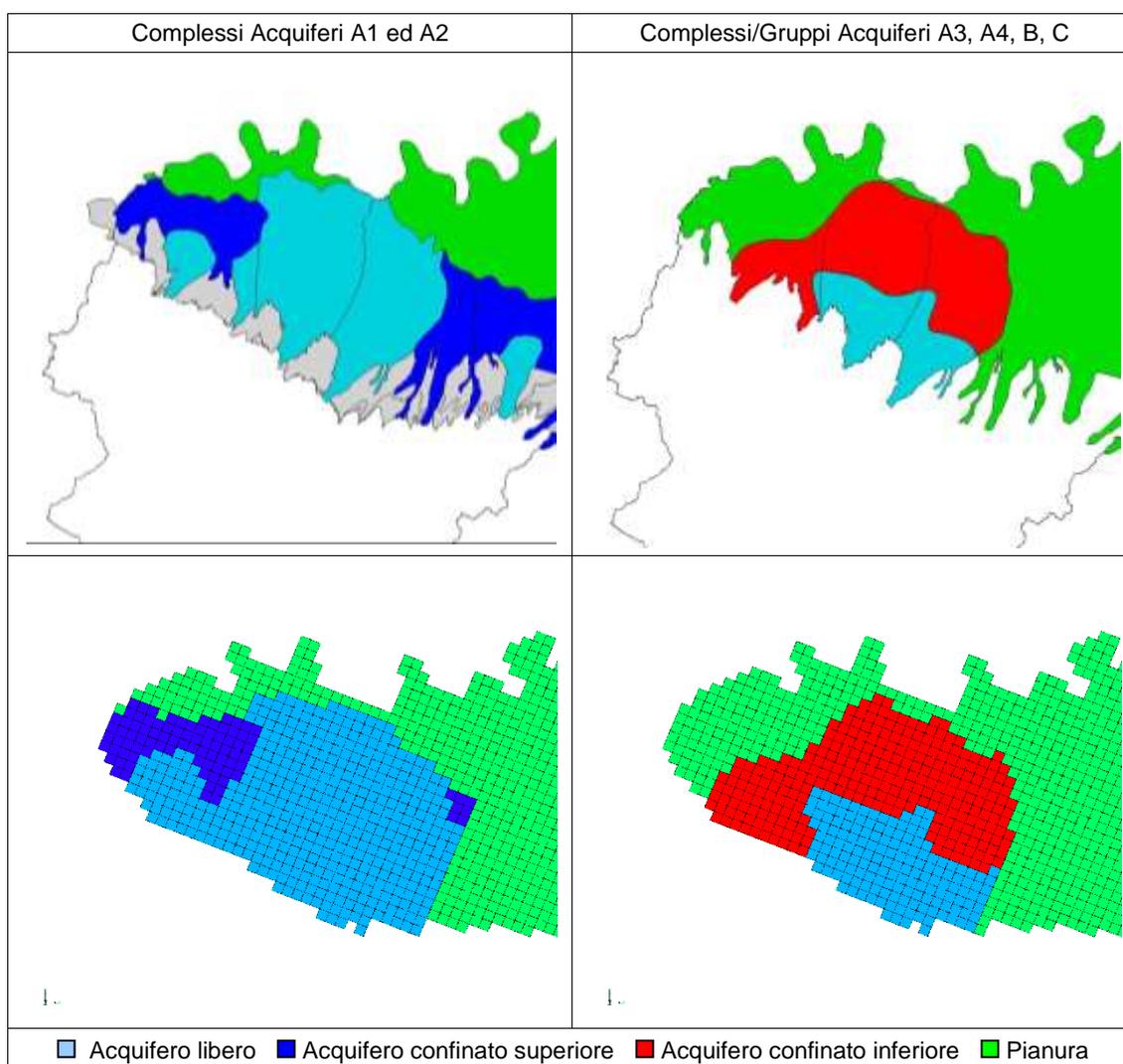
Tabella 4.1: codici numerici associati ai raggruppamenti di corpi idrici utilizzati per l'analisi del bilancio idrogeologico con lo strumento del water budget (In grassetto sono indicati i raggruppamenti la cui analisi di bilancio viene riportata nei paragrafi successivi).

Gruppo	Raggruppamento corpo idrico	libero	Superiore	inferiore	confinato
1	Tidone-Luretta_Trebbia_Nure	10	100	1000	
2	Arda-Chiavenna	11	110		
3	Stirone-Taro_parma_baganza_Enza	12	120	1200	
4	Crostolo-Tresinaro	13	130	1300	
5	Secchia-Tiepido-Panaro	14	140	1400	
6	Samoggia-Ghironda-Reno-Lavino	15	150	1500	
7	Aposa-Savena-Zena-Idice-Quaderna	16	160	1600	
8	Sillaro-Sellustra-Santerno	17	170	1700	
9	Senio-Lamone	18	180	1800	
10	Montone-Rabbi-Ronco	19	190	1900	
12	Savio	20	200	2000	
13	Pisciatello-Rubicone-Uso		210		
14	Marecchia	22	220	2200	
15	Conca	23	230		

4.1.1 Conoidi Tidone, Luretta, Trebbia e Nure

La Figura 4.1 riporta la trasposizione sul modello numerico della delimitazione dei corpi idrici descritta al precedente paragrafo 2.1.1 relativamente al raggruppamento di conoidi Tidone-Luretta-Trebbia e Nure. In particolare la parte a sinistra della figura mostra in alto la delimitazione dei corpi idrici sotterranei libero e confinato superiore per i Complessi Acquiferi A1 ed A2 della precedente Figura 2.2 e in basso la sua proiezione sulle celle del modello numerico con la delimitazione delle porzioni libere delle conoidi (in azzurro) attribuite ai complessi acquiferi "superiori" (A1 ed A2), il passaggio da queste verso gli acquiferi confinati superiori (in blu) e da questi ultimi verso i sistemi di pianura (in verde). La parte destra della figura evidenzia le medesime transizioni relativamente però ai corpi idrici confinati inferiori per i Complessi/Gruppi Acquiferi "inferiori" A3, A4, B, C della precedente Figura 2.3.

Figura 4.1: trasposizione sulle celle del modello numerico della delimitazione dei corpi idrici del raggruppamento Tidone-Luretta-Trebbia-Nure



Nella Figura 4.2 i termini costituenti il bilancio dell'acqua (mediati sul lungo periodo 2004-2017) vengono riportati all'interno di uno schema di flusso attraverso il quale è possibile ricostruire la dinamica del moto dell'acqua all'interno del raggruppamento di conoidi considerato ed evidenziando gli scambi "interni" tra gli acquiferi (raggruppamenti di acquiferi) individuati (acquifero libero, acquifero confinato superiore e acquifero confinato inferiore). Nella figura le portate sono espresse in m^3/s mentre le frecce indicano la direzione prevalente del flusso dell'acqua.

I successivi istogrammi di Figura 4.3 riportano l'analisi del water budget (sempre riferita al periodo 2004-2017), per il raggruppamento in oggetto in cui sono scomposte le singole voci di bilancio: ricarica, prelievi, ingressi/uscite e immagazzinamenti per l'acquifero libero, per l'acquifero confinato superiore e per l'acquifero confinato inferiore.

Figura 4.2: schema di flusso delle acque sotterranee relativo al periodo di aggiornamento del modello 2004-2017 all'interno del raggruppamento di conoidi Tidone-Luretta-Trebbia-Nure (portate in m³/s).

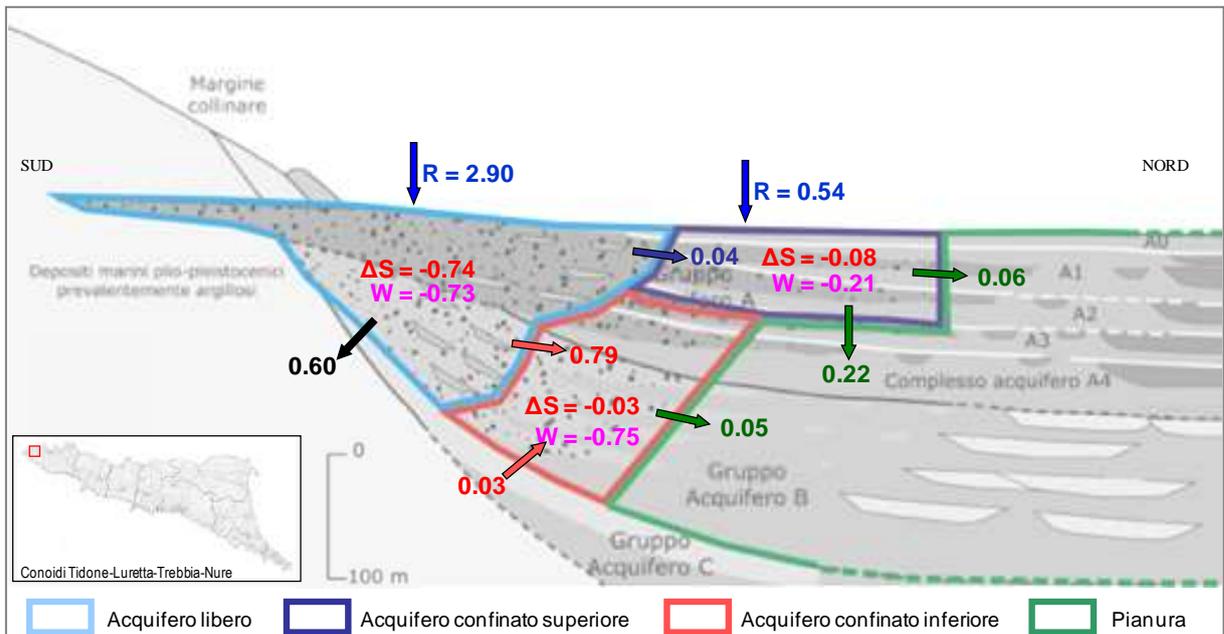
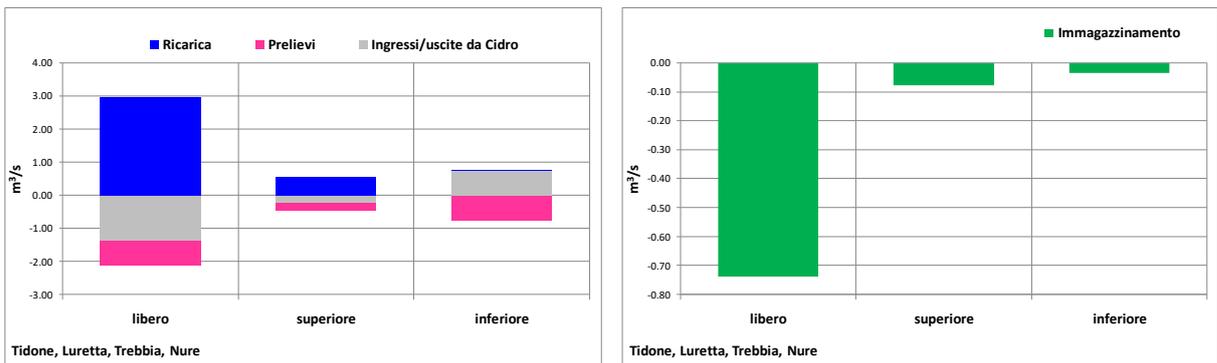


Figura 4.3: analisi del water budget 2004-2017 del raggruppamento Tidone-Luretta-Trebbia-Nure scomposto per gli acquiferi libero, confinato superiore e confinato inferiore.



In sintesi l'analisi del bilancio nel periodo 2004-2017 per questo raggruppamento di conoidi consente di effettuare le seguenti valutazioni:

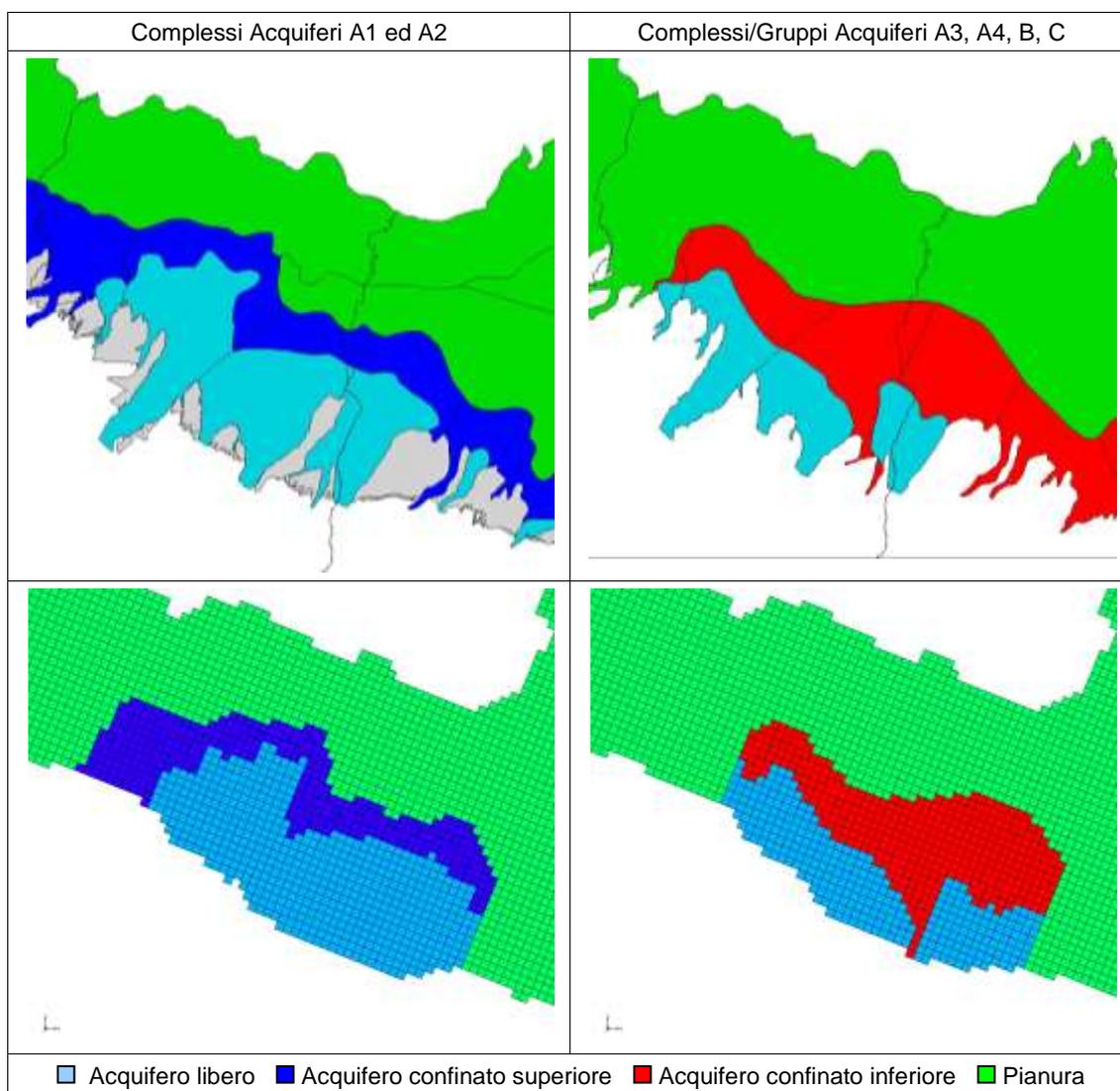
- i corpi idrici confinati superiori sono di estensione limitata e riconducibili alla sola conoide del Tidone; prevalgono nettamente le porzioni di acquifero libero che per le conoidi del Trebbia e del Nure si estendono quasi fino al Fiume Po;
- i prelievi di acqua sotterranea (circa 1.70 m³/s) si concentrano per lo più (87%) nelle porzioni di acquifero libero e negli acquiferi confinati inferiori;
- complessivamente i corpi idrici delle conoidi dal Tidone al Nure operano un rilascio di acqua verso valle fino alla pianura ed in particolare le porzioni di acquifero libero alimentano quelle compartimentate, soprattutto le confinate inferiori (0.79 m³/s) dove insistono i maggiori prelievi che contribuiscono a richiamare acqua da monte; vi è anche un trasferimento di acqua dagli acquiferi confinati superiori e da quelli inferiori verso la pianura (0.33 m³/s complessivamente);
- nel periodo in esame si evidenzia un immagazzinamento della risorsa idrica nelle porzioni libere delle conoidi pari a 0.74 m³/s e secondariamente nelle porzioni confinate superiori delle

conoidi ($0.08 \text{ m}^3/\text{s}$) ed in quelle confinate inferiori ($0.03 \text{ m}^3/\text{s}$); si può infatti osservare che il bilancio idrico risulta positivo per l'acquifero libero ed è dovuto alla ricarica che supera il saldo fra i flussi in entrata e in uscita ed i prelievi; i bilanci comunque positivi dell'acquifero confinato superiore e del confinato inferiore sono dovuti rispettivamente alla ricarica maggiore dei prelievi ed saldo fra i flussi in entrata/uscita che compensano interamente i prelievi, superandoli leggermente.

4.1.2 Conoidi Stirone, Taro, Parma-Baganza ed Enza

La Figura 4.4 riporta la trasposizione sul modello numerico della delimitazione dei corpi idrici descritta al precedente paragrafo 2.1.1 relativamente al raggruppamento di conoidi Stirone, Taro, Parma-Baganza ed Enza.

Figura 4.4: trasposizione sulle celle del modello numerico della delimitazione dei corpi idrici del raggruppamento Stirone-Taro-Parma-Baganza-Enza



In particolare la parte a sinistra della figura mostra in alto la delimitazione dei corpi idrici sotterranei libero e confinato superiore per i Complessi Acquiferi A1 ed A2 della precedente Figura 2.2 e in basso la sua proiezione sulle celle del modello numerico con la delimitazione delle porzioni libere delle

conoidi (in azzurro) attribuite ai complessi acquiferi "superiori" (A1 ed A2), il passaggio da queste verso gli acquiferi confinati superiori (in blu) e da questi ultimi verso i sistemi di pianura (in verde). La parte destra della figura evidenzia le medesime transizioni relativamente però ai corpi idrici confinati inferiori per i Complessi/Gruppi Acquiferi "inferiori" A3, A4, B, C della precedente Figura 2.3.

Nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** i termini costituenti il bilancio dell'acqua (mediati sul periodo di simulazione 2004-2017) vengono riportati all'interno di uno schema di flusso attraverso il quale è possibile ricostruire la dinamica del moto dell'acqua all'interno del raggruppamento di conoidi considerato ed evidenziando gli scambi "interni" tra gli acquiferi (raggruppamenti di acquiferi) individuati (acquifero libero, acquifero confinato superiore e acquifero confinato inferiore). Nella figura le portate sono espresse in m³/s mentre le frecce indicano la direzione prevalente del flusso dell'acqua.

I successivi istogrammi di Figura 4.6 riportano l'analisi del water budget, per il raggruppamento in oggetto in cui sono scomposte le singole voci di bilancio: ricarica, prelievi, ingressi/uscite e immagazzinamenti per l'acquifero libero, per l'acquifero confinato superiore e per l'acquifero confinato inferiore.

Figura 4.5: schema di flusso delle acque sotterranee relativo al periodo di aggiornamento del modello 2004-2017 all'interno del raggruppamento di conoidi Stirone-Taro-Parma-Baganza-Enza (portate in m³/s).

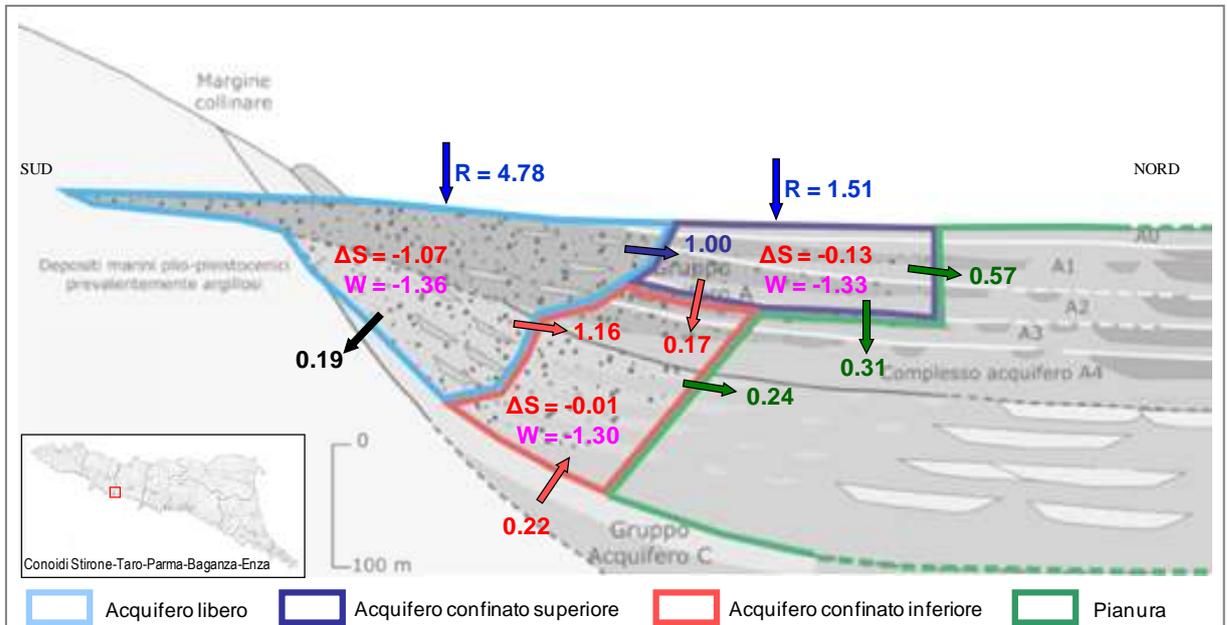
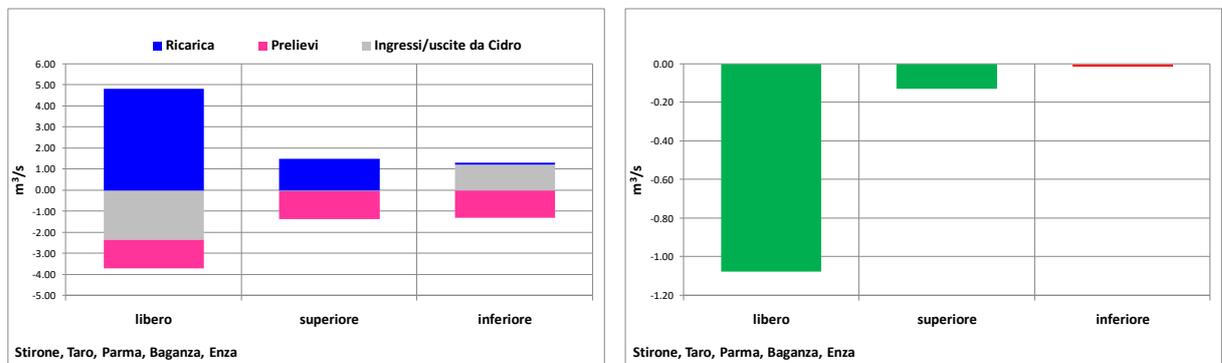


Figura 4.6: analisi del water budget 2004-2017 del raggruppamento Stirone-Taro-Parma-Baganza-Enza scomposto per gli acquiferi libero, confinato superiore e confinato inferiore.



In sintesi l'analisi del bilancio per questo raggruppamento di conoidi consente di effettuare le seguenti valutazioni:

- i prelievi di acqua sotterranea sono ben distribuiti tra le porzioni di conoidi libere e quelle confinate. Sulle conoidi confinate insistono circa il 66 % dei prelievi totali (che sono mediamente pari a $1.31 \text{ m}^3/\text{s}$) ripartiti in ugual misura tra le parti superiori ed inferiori;
- complessivamente i corpi idrici delle conoidi dallo Stirone all'Enza operano un rilascio di acqua verso valle fino alla pianura ed in particolare le porzioni di acquifero libero alimentano quelle compartimentate: $1.16 \text{ m}^3/\text{s}$ verso le confinate inferiori e $1.00 \text{ m}^3/\text{s}$ verso le confinate superiori; Vi è anche un trasferimento di acqua dagli acquiferi confinati superiori a quelli inferiori ($0.17 \text{ m}^3/\text{s}$) e da entrambi verso la pianura ($1.12 \text{ m}^3/\text{s}$ complessivamente).
- nel periodo in esame si evidenzia un rilevante immagazzinamento della risorsa idrica nelle porzioni libere delle conoidi pari a $1.07 \text{ m}^3/\text{s}$ e secondariamente nelle porzioni confinate superiori ($0.13 \text{ m}^3/\text{s}$), mentre il bilancio idrico è pressoché in pareggio in quelle confinate inferiori ($0.01 \text{ m}^3/\text{s}$); si può infatti osservare che il bilancio idrico sensibilmente positivo dell'acquifero libero è dovuto alla ricarica che supera il saldo fra i flussi in entrata e in uscita ed i prelievi; il bilancio comunque positivo dell'acquifero confinato superiore è dovuto alla ricarica maggiore dei prelievi, mentre il bilancio idrico in pareggio del confinato inferiore deriva dalla equivalenza del saldo fra i flussi in entrata/uscita ed i prelievi.

4.1.3 Conoidi Secchia, Tiepido e Panaro

La Figura 4.7 riporta la trasposizione sul modello numerico della delimitazione dei corpi idrici descritta al precedente paragrafo 2.1.1 relativamente al raggruppamento di conoidi Secchia, Tiepido e Panaro.

In particolare la parte a sinistra della figura mostra in alto la delimitazione dei corpi idrici sotterranei libero e confinato superiore per i Complessi Acquiferi A1 ed A2 della precedente Figura 2.2 e in basso la sua proiezione sulle celle del modello numerico con la delimitazione delle porzioni libere delle conoidi (in azzurro) attribuite ai complessi acquiferi "superiori" (A1 ed A2), il passaggio da queste verso gli acquiferi confinati superiori (in blu) e da questi ultimi verso i sistemi di pianura (in verde). La parte destra della figura evidenzia le medesime transizioni relativamente però ai corpi idrici confinati inferiori per i Complessi/Gruppi Acquiferi "inferiori" A3, A4, B, C della precedente Figura 2.3.

Nella Figura 4.8 i termini costituenti il bilancio dell'acqua (mediati sull'ultimo periodo di simulazione di aggiornamento del modello 2004-2017) vengono riportati all'interno di uno schema di flusso attraverso il quale è possibile ricostruire la dinamica del moto dell'acqua all'interno del raggruppamento di conoidi considerato ed evidenziando gli scambi "interni" tra gli acquiferi (raggruppamenti di acquiferi) individuati (acquifero libero, acquifero confinato superiore e acquifero confinato inferiore). Nella figura le portate sono espresse in m^3/s mentre le frecce indicano la direzione prevalente del flusso dell'acqua.

I successivi istogrammi di Figura 4.9 riportano l'analisi del water budget, per il raggruppamento in oggetto in cui sono scomposte le singole voci di bilancio: ricarica, prelievi, ingressi/uscite e immagazzinamenti per l'acquifero libero, per l'acquifero confinato superiore e per l'acquifero confinato inferiore.

Figura 4.7: trasposizione sulle celle del modello numerico della delimitazione dei corpi idrici del raggruppamento Secchia-Tiepido-Panaro

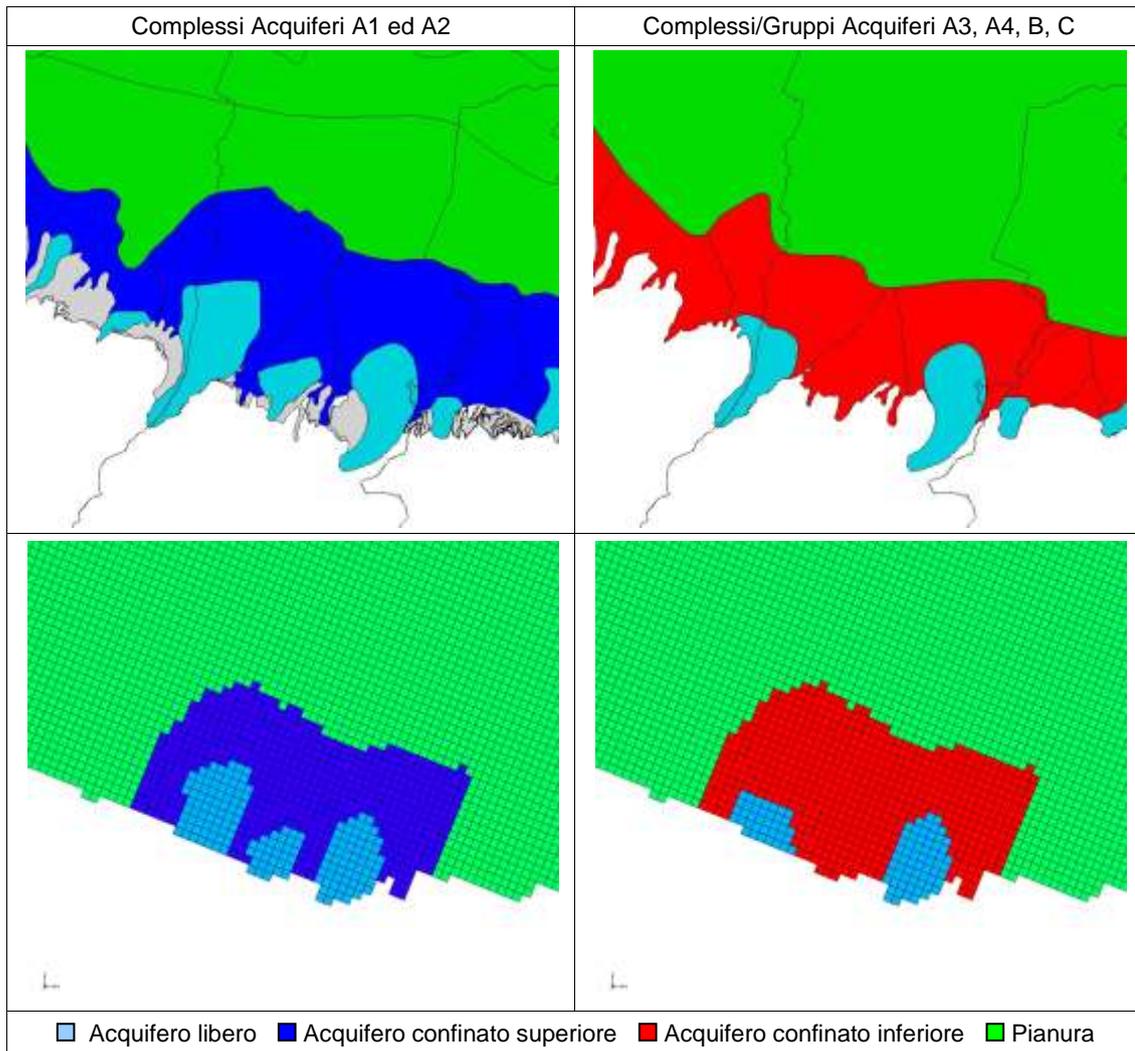


Figura 4.8: schema di flusso delle acque sotterranee relativo al periodo di aggiornamento del modello 2004-2017 all'interno del raggruppamento di conoidi Secchia-Tiepido-Panaro (portate in m³/s).

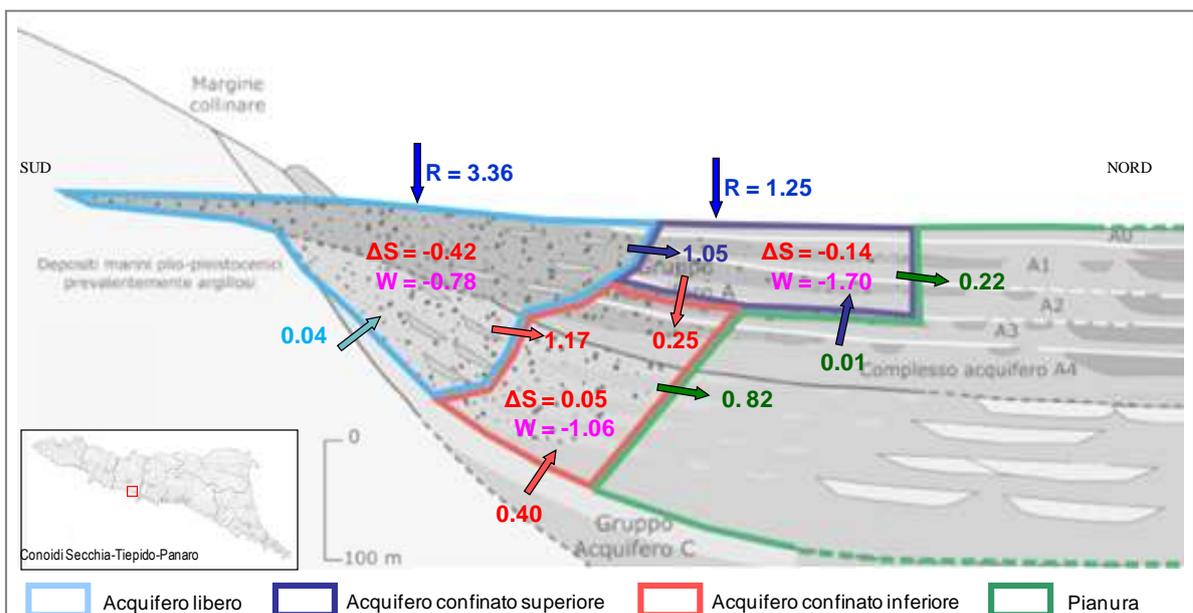
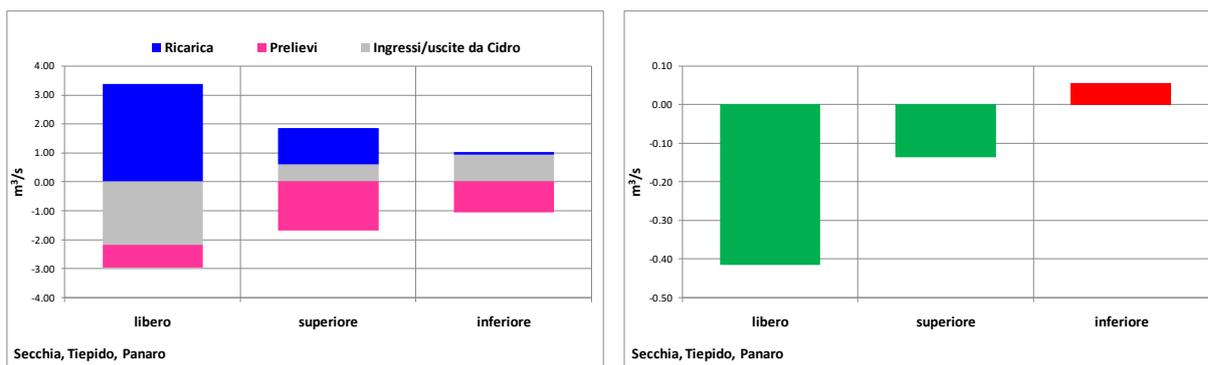


Figura 4.9: analisi del water budget 2004-2017 del raggruppamento Secchia-Tiepido-Panaro scomposto per gli acquiferi libero, confinato superiore e confinato inferiore.



In sintesi l'analisi del bilancio per questo raggruppamento di conoidi consente di effettuare le seguenti valutazioni:

- i prelievi di acqua sotterranea sono distribuiti tra le porzioni di conoidi libere e quelle confinate. Sulle conoidi confinate insistono circa il 78 % dei prelievi totali, con valori complessivi pari a 2.76 m³/s ripartiti in maggior misura (60%) sulle parti superiori rispetto alle inferiori (40%);
- complessivamente i corpi idrici delle conoidi dal Secchia al Panaro operano un rilascio di acqua verso valle fino alla pianura ed in particolare le porzioni di acquifero libero alimentano quelle compartimentate: 1.17 m³/s verso le confinate inferiori e 1.05 m³/s verso le confinate superiori; Vi è anche un trasferimento di acqua dagli acquiferi confinati superiori a quelli inferiori (0.25 m³/s) e da entrambi verso la pianura (superiori ad 1 m³/s complessivamente).
- si evidenzia un immagazzinamento della risorsa idrica nelle porzioni libere e confinate superiori delle conoidi (pari a 0.42 e 0.14 m³/s rispettivamente), mentre si osserva un deficit idrico a carico delle porzioni confinate inferiori (0.05 m³/s);
- si può infatti osservare che il bilancio idrico positivo dell'acquifero libero e dei confinati superiori, dovuto alla ricarica che supera il saldo fra i flussi in entrata/uscita ed i prelievi; il bilancio idrico leggermente negativo del confinato inferiore deriva dal fatto che i prelievi arrivano a superare di poco il saldo fra i flussi in entrata/uscita e la ricarica.

4.1.4 Conoidi Samoggia, Ghironda, Reno e Lavino

La Figura 4.10 riporta la trasposizione sul modello numerico della delimitazione dei corpi idrici descritta al precedente paragrafo 2.1.1 relativamente al raggruppamento di conoidi Samoggia, Reno e Lavino.

In particolare la parte a sinistra della figura mostra in alto la delimitazione dei corpi idrici sotterranei libero e confinato superiore per i Complessi Acquiferi A1 ed A2 della precedente Figura 2.2 e in basso la sua proiezione sulle celle del modello numerico con la delimitazione delle porzioni libere delle conoidi (in azzurro) attribuite ai complessi acquiferi "superiori" (A1 ed A2), il passaggio da queste verso gli acquiferi confinati superiori (in blu) e da questi ultimi verso i sistemi di pianura (in verde). La parte destra della figura evidenzia le medesime transizioni relativamente però ai corpi idrici confinati inferiori per i Complessi/Gruppi Acquiferi "inferiori" A3, A4, B, C della precedente Figura 2.3.

Figura 4.10: trasposizione sulle celle del modello numerico della delimitazione dei corpi idrici del raggruppamento Samoggia-Ghironda-Reno-Lavino

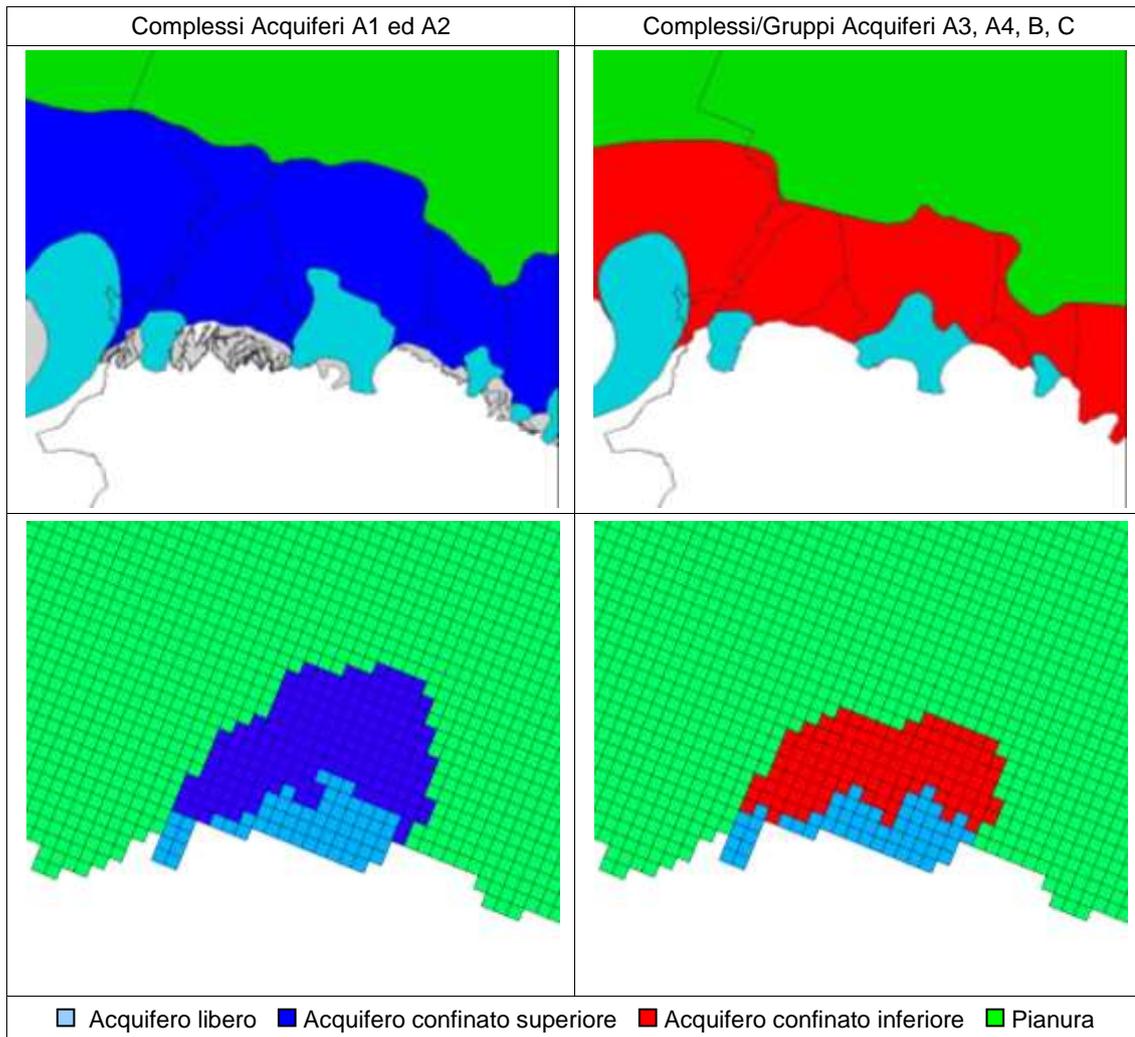
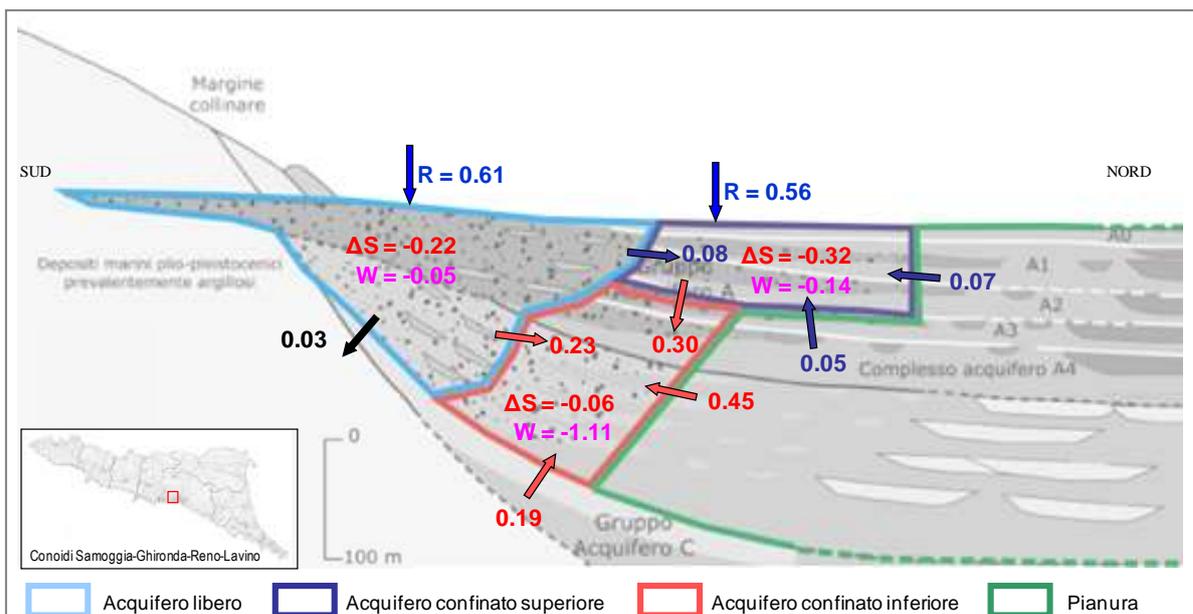


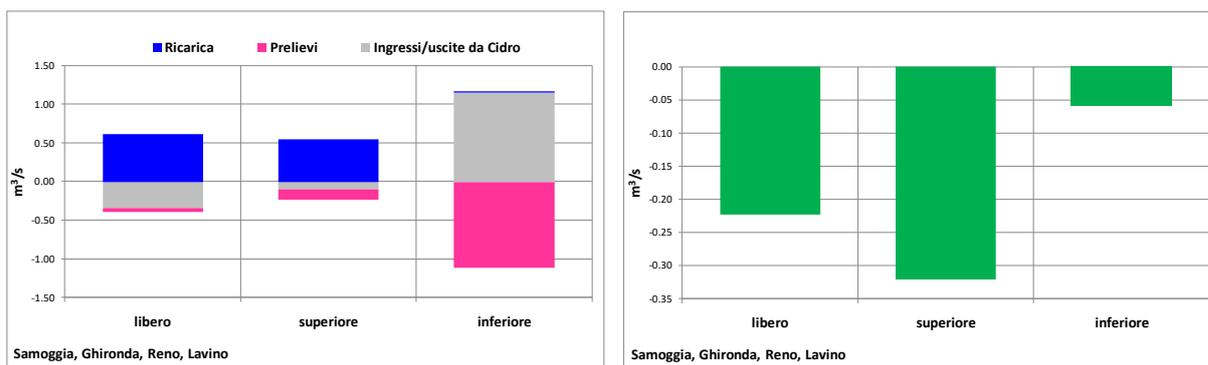
Figura 4.11: schema di flusso delle acque sotterranee relativo al periodo di aggiornamento del modello 2004-2017 all'interno del raggruppamento di conoidi Samoggia-Ghironda-Reno-Lavino (portate in m³/s).



Nella Figura 4.11i termini costituenti il bilancio dell'acqua (mediati sul periodo di simulazione del modello 2004-2017) vengono riportati all'interno di uno schema di flusso attraverso il quale è possibile ricostruire la dinamica del moto dell'acqua all'interno del raggruppamento di conoidi considerato ed evidenziando gli scambi "interni" tra gli acquiferi (raggruppamenti di acquiferi) individuati (acquifero libero, acquifero confinato superiore e acquifero confinato inferiore). Nella figura le portate sono espresse in m³/s mentre le frecce indicano la direzione prevalente del flusso dell'acqua.

I successivi istogrammi di Figura 4.12 riportano l'analisi del water budget, per il raggruppamento in oggetto in cui sono scomposte le singole voci di bilancio: ricarica, prelievi, ingressi/uscite e immagazzinamenti per l'acquifero libero, per l'acquifero confinato superiore e per l'acquifero confinato inferiore.

Figura 4.12: analisi del water budget 2004-2017 del raggruppamento Samoggia-Ghironda-Reno-Lavino scomposto per gli acquiferi libero, confinato superiore e confinato inferiore.



In sintesi l'analisi del bilancio per questo raggruppamento di conoidi consente di effettuare le seguenti valutazioni:

- i prelievi di acque sotterranee ricadono per l'85 % negli acquiferi confinati inferiori della conoide del Fiume Reno (1.11 m³/s);
- in conseguenza dei prelievi, nelle porzioni di conoidi confinate, in primo luogo nelle inferiori, ma anche nelle superiori, si verifica un richiamo di acqua sia da monte (acquifero libero, 0.31 m³/s) sia da valle (pianura, 0.57 m³/s); tale anomalia di circolazione dell'acqua rispetto al classico deflusso sotterraneo monte-valle è giustificata dalla presenza della nota situazione riguardante la forte depressione piezometrica presente da più di 35 anni in conoide Reno che continua a richiamare acqua a sé dalle zone circostanti;
- si evidenzia un immagazzinamento della risorsa idrica nelle porzioni libere delle conoidi ed in quelle confinate superiori pari a 0.22 m³/s e 0.32 m³/s rispettivamente sia per le une che per le altre. Andamento simile anche se con valori più contenuti per gli immagazzinamenti (0.06 m³/s) è riscontrabile nelle porzioni confinate inferiori delle conoidi; si può infatti osservare che il bilancio idrico positivo dell'acquifero libero e dei confinati è dovuto alla ricarica che supera il saldo fra i flussi in entrata/uscita ed i prelievi.

4.1.5 Conoidi Sillaro, Sellustra e Santerno

La Figura 4.13 riporta la trasposizione sul modello numerico della delimitazione dei corpi idrici descritta al precedente paragrafo 2.1.1 relativamente al raggruppamento di conoidi Sillaro e Santerno. In particolare la parte a sinistra della figura mostra in alto la delimitazione dei corpi idrici sotterranei libero e confinato superiore per i Complessi Acquiferi A1 ed A2 della precedente Figura 2.2 e in basso

la sua proiezione sulle celle del modello numerico con la delimitazione delle porzioni libere delle conoidi (in azzurro) attribuite ai complessi acquiferi “superiori” (A1 ed A2), il passaggio da queste verso gli acquiferi confinati superiori (in blu) e da questi ultimi verso i sistemi di pianura (in verde). La parte destra della figura evidenzia le medesime transizioni relativamente però ai corpi idrici confinati inferiori per i Complessi/Gruppi Acquiferi “inferiori” A3, A4, B, C della precedente Figura 2.3.

Nella Figura 4.14 i termini costituenti il bilancio dell’acqua (mediati sul periodo di simulazione del modello 2004-2017) vengono riportati all’interno di uno schema di flusso attraverso il quale è possibile ricostruire la dinamica del moto dell’acqua all’interno del raggruppamento di conoidi considerato ed evidenziando gli scambi “interni” tra gli acquiferi (raggruppamenti di acquiferi) individuati (acquifero libero, acquifero confinato superiore e acquifero confinato inferiore). Nella figura le portate sono espresse in m³/s mentre le frecce indicano la direzione prevalente del flusso dell’acqua.

I successivi istogrammi di Figura 4.15 riportano l’analisi del water budget, per il raggruppamento in oggetto in cui sono scomposte le singole voci di bilancio: ricarica, prelievi, ingressi/uscite e immagazzinamenti per l’acquifero libero, per l’acquifero confinato superiore e per l’acquifero confinato inferiore.

Figura 4.13: trasposizione sulle celle del modello numerico della delimitazione dei corpi idrici del raggruppamento Sillaro-Sellustra-Santerno

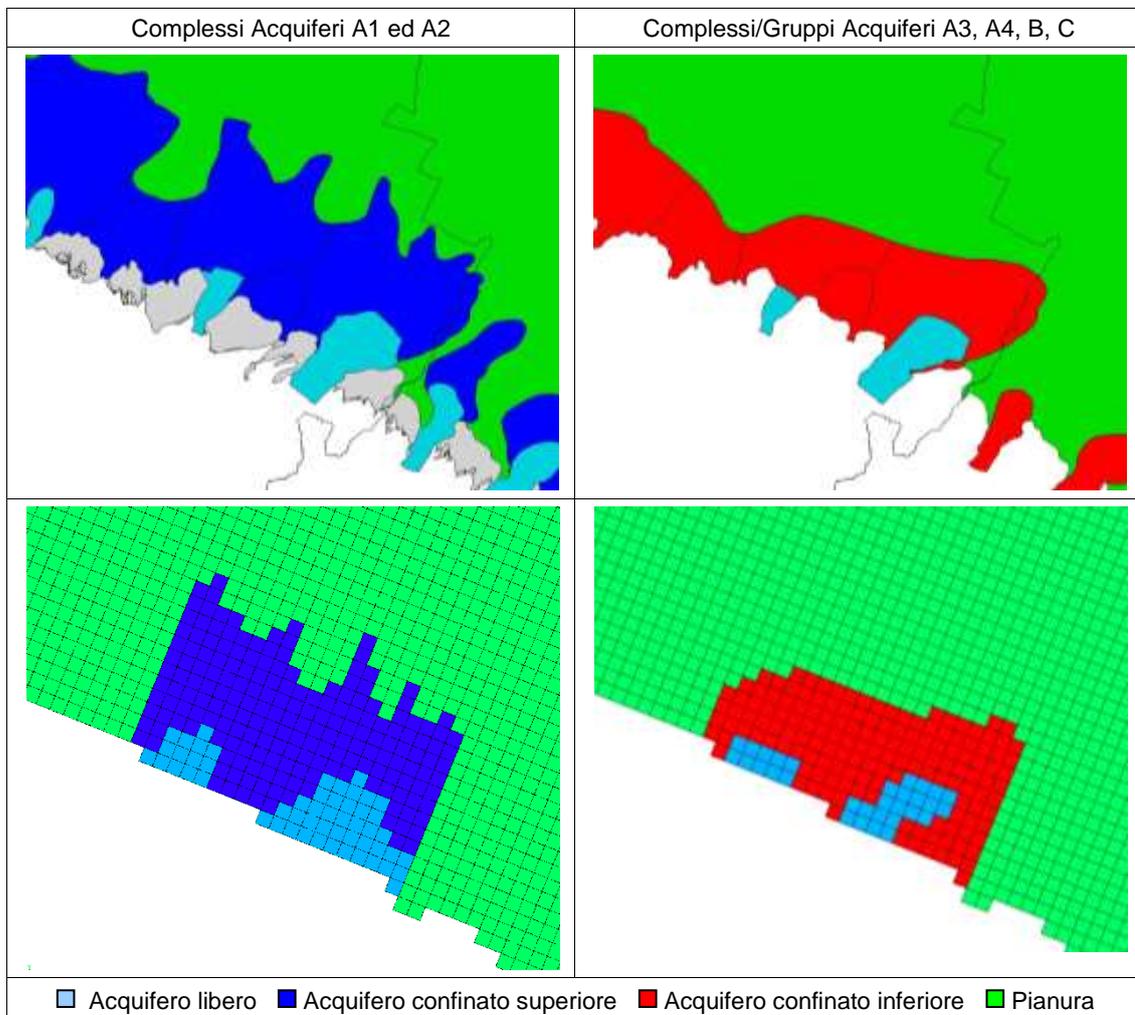


Figura 4.14: schema di flusso delle acque sotterranee relativo al periodo di aggiornamento del modello 2004-2017 all'interno del raggruppamento di conoidi Sillaro-Sellustra-Santerno (portate in m³/s).

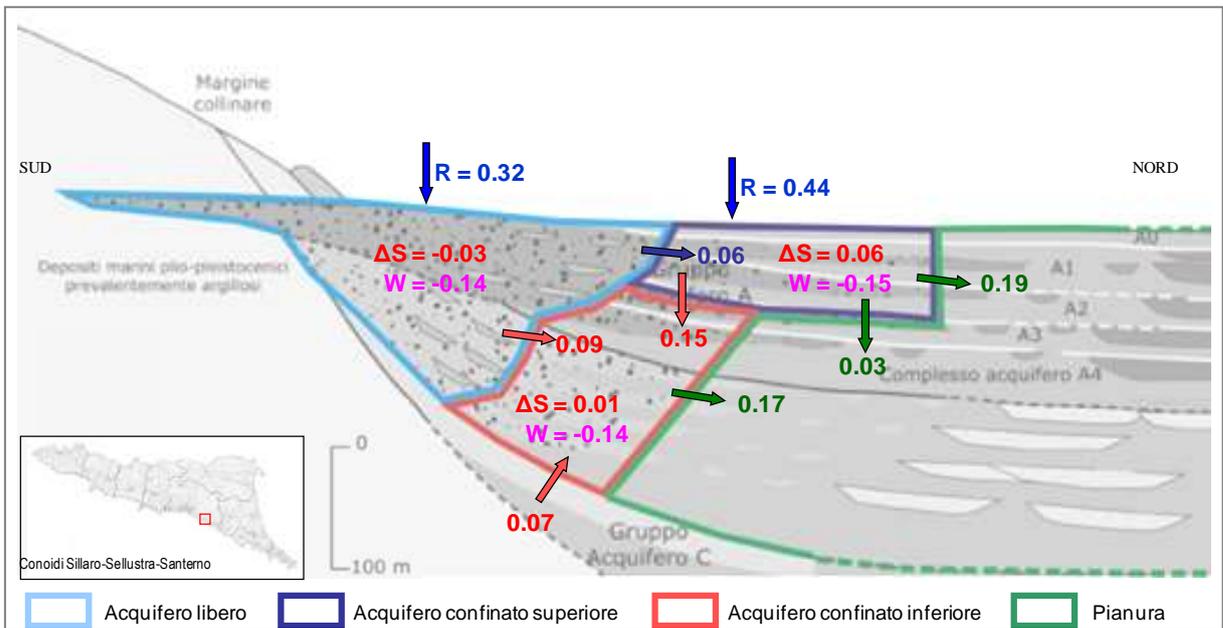
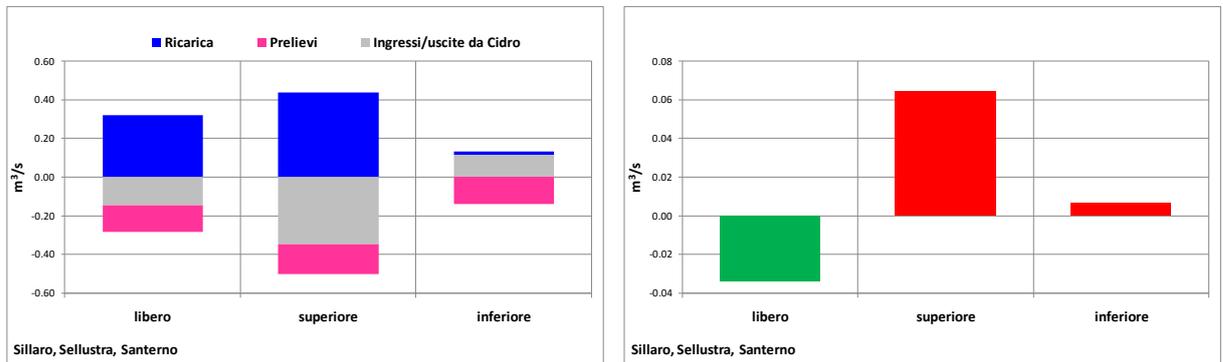


Figura 4.15: analisi del water budget 2004-2017 del raggruppamento Sillaro-Sellustra-Santerno scomposto per gli acquiferi libero, confinato superiore e confinato inferiore.



In sintesi l'analisi del bilancio per questo raggruppamento di conoidi consente di effettuare le seguenti valutazioni:

- i prelievi di acqua sotterranea sono ripartiti in ugual misura tra le porzioni di conoide libera e le due confinate e si attestano su valori medi di circa 0.14 m³/s per ciascun corpo idrico;
- si evidenzia un immagazzinamento, anche se contenuto, della risorsa idrica nelle porzioni libere delle conoidi pari a 0.03 m³/s, mentre si osserva un deficit idrico contenuto a carico delle porzioni confinate superiori ed inferiori (0.07 m³/s complessivi). Si può infatti osservare che il bilancio idrico positivo dell'acquifero libero è dovuto alla ricarica che supera il saldo fra i flussi in entrata/uscita ed i prelievi; i bilanci negativi dell'acquifero confinato superiore e del confinato inferiore sono dovuti nel caso del confinato superiore ai prelievi ed al saldo fra i flussi in entrata/uscita che sono maggiori della ricarica, e nel caso del confinato inferiore ai prelievi che sono maggiori del saldo fra i flussi in entrata/uscita.

4.1.6 Conoidi Senio e Lamone

La Figura 4.16 riporta la trasposizione sul modello numerico della delimitazione dei corpi idrici descritta al precedente paragrafo 2.1.1 relativamente al raggruppamento di conoidi Senio e Lamone. In particolare la parte a sinistra della figura mostra in alto la delimitazione dei corpi idrici sotterranei libero e confinato superiore per i Complessi Acquiferi A1 ed A2 della precedente Figura 2.2 e in basso la sua proiezione sulle celle del modello numerico con la delimitazione delle porzioni libere delle conoidi (in azzurro) attribuite ai complessi acquiferi "superiori" (A1 ed A2), il passaggio da queste verso gli acquiferi confinati superiori (in blu) e da questi ultimi verso i sistemi di pianura (in verde). La parte destra della figura evidenzia le medesime transizioni relativamente però ai corpi idrici confinati inferiori per i Complessi/Gruppi Acquiferi "inferiori" A3, A4, B, C della precedente Figura 2.3. In questo caso però la figura rappresenta solo la limitata porzione della conoide del Lamone alla quale corrisponde l'acquifero confinato inferiore come mostrato nella precedente. Non viene infatti rilevata per gli acquiferi più profondi (A3-C) di questa conoide la presenza di una porzione di acquifero libero. Discorso analogo vale per la conoide del Senio la cui porzione di acquifero confinato inferiore è situata in posizione troppo apicale per essere considerata all'interno del modello numerico. L'ultima revisione dei Corpi Idrici sotterranei (PdG 2021) vede l'accorpamento delle porzioni confinate superiori ed inferiori delle conoidi del Senio e del Lamone come rappresentato in Figura 4.16.

Figura 4.16: trasposizione sulle celle del modello numerico della delimitazione dei corpi idrici del raggruppamento Senio-Lamone

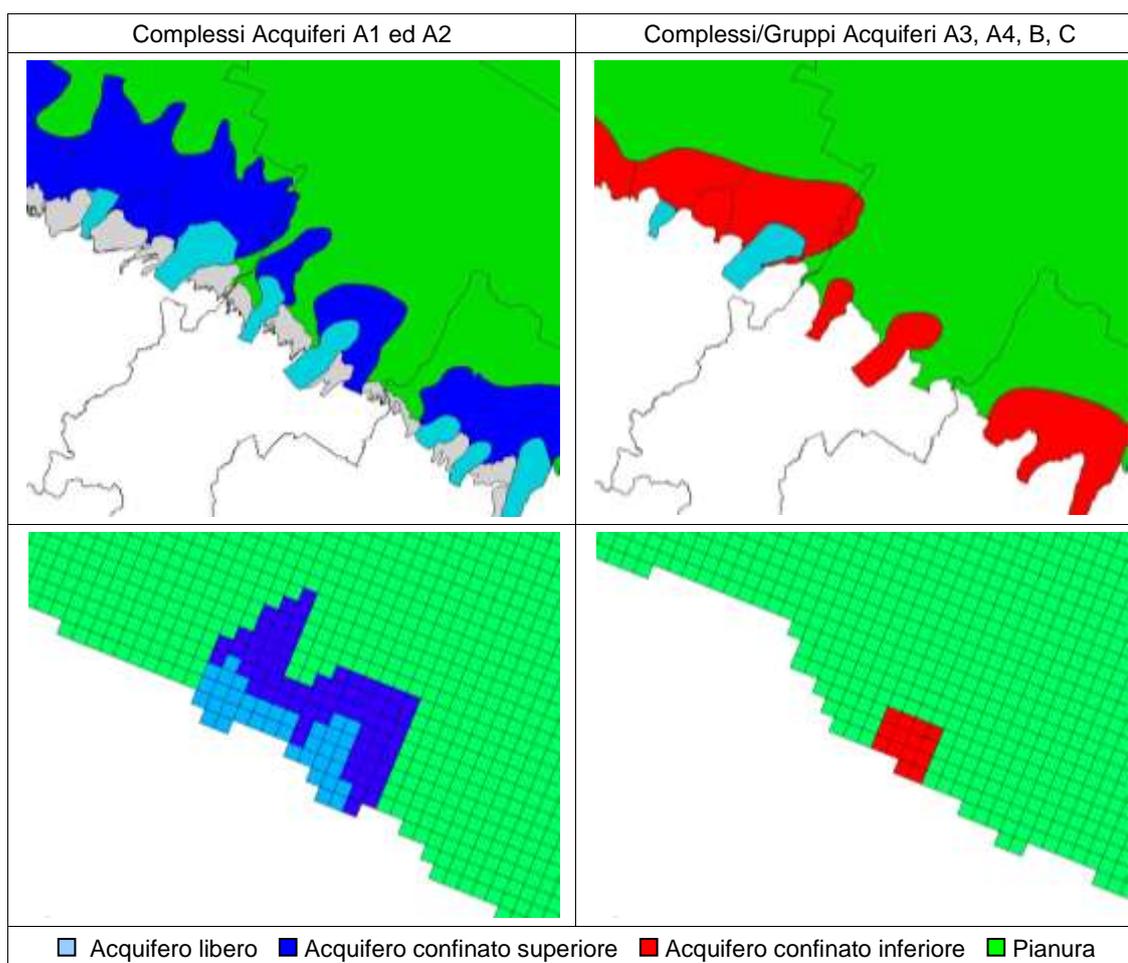
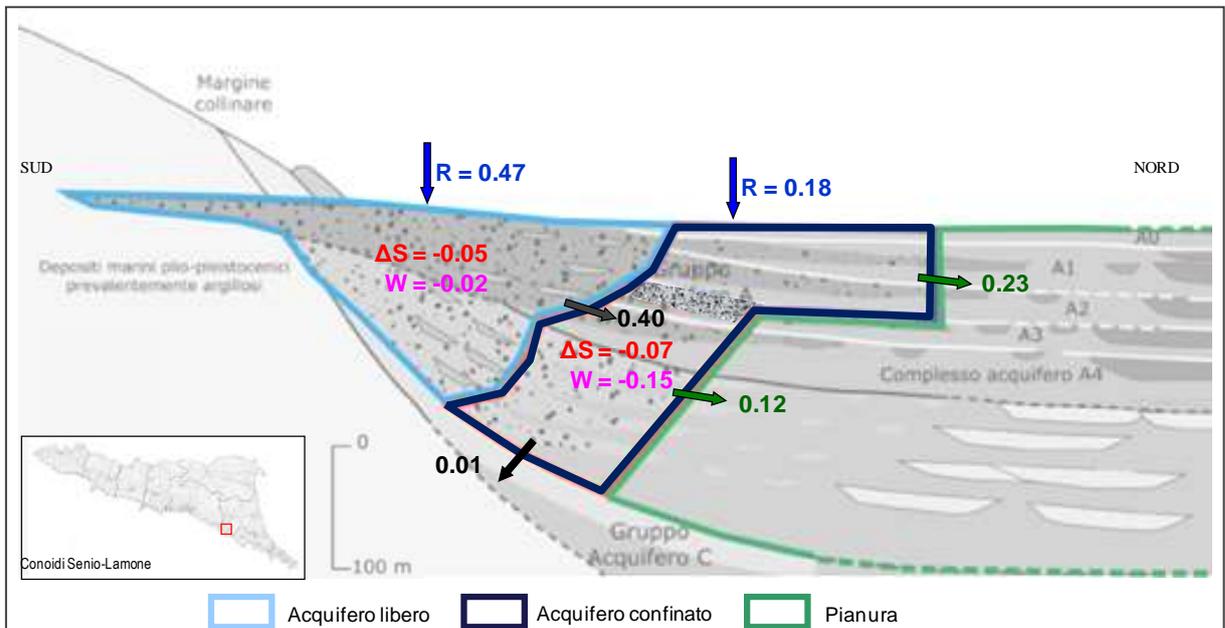


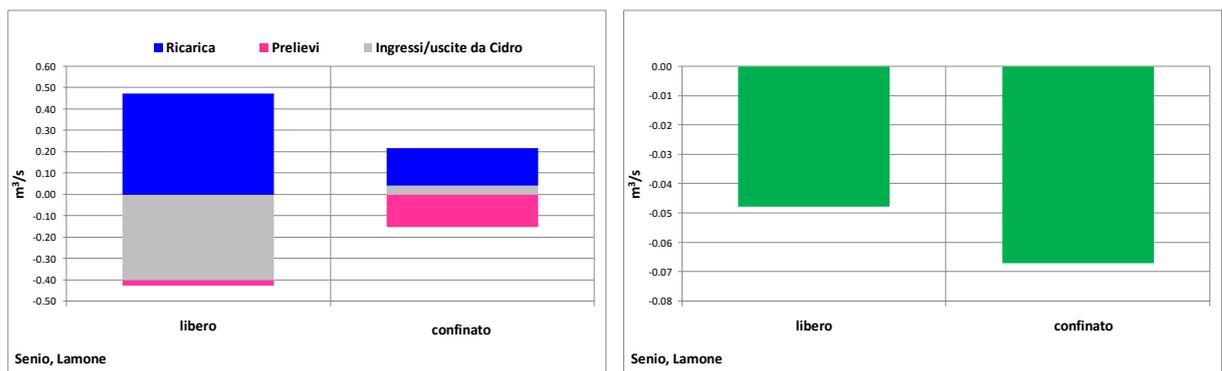
Figura 4.17: schema di flusso delle acque sotterranee relativo al periodo di aggiornamento del modello 2004-2017 all'interno del raggruppamento di conoidi Senio-Lamone (portate in m³/s).



Nella Figura 4.17 i termini costituenti il bilancio dell'acqua (mediati sul periodo di simulazione del modello 2004-2017) vengono riportati all'interno di uno schema di flusso attraverso il quale è possibile ricostruire la dinamica del moto dell'acqua all'interno del raggruppamento di conoidi considerato ed evidenziando gli scambi "interni" tra gli acquiferi (raggruppamenti di acquiferi) individuati (acquifero libero, acquifero confinato superiore e acquifero confinato inferiore). Nella figura le portate sono espresse in m³/s mentre le frecce indicano la direzione prevalente del flusso dell'acqua.

I successivi istogrammi di Figura 4.18 riportano l'analisi del water budget, per il raggruppamento in oggetto in cui sono scomposte le singole voci di bilancio: ricarica, prelievi, ingressi/uscite e immagazzinamenti per l'acquifero libero e per l'acquifero confinato.

Figura 4.18: analisi del water budget 2004-2017 del raggruppamento Senio-Lamone scomposto per gli acquiferi libero, e confinato.



In sintesi l'analisi del bilancio per questo raggruppamento di conoidi consente di effettuare le seguenti valutazioni:

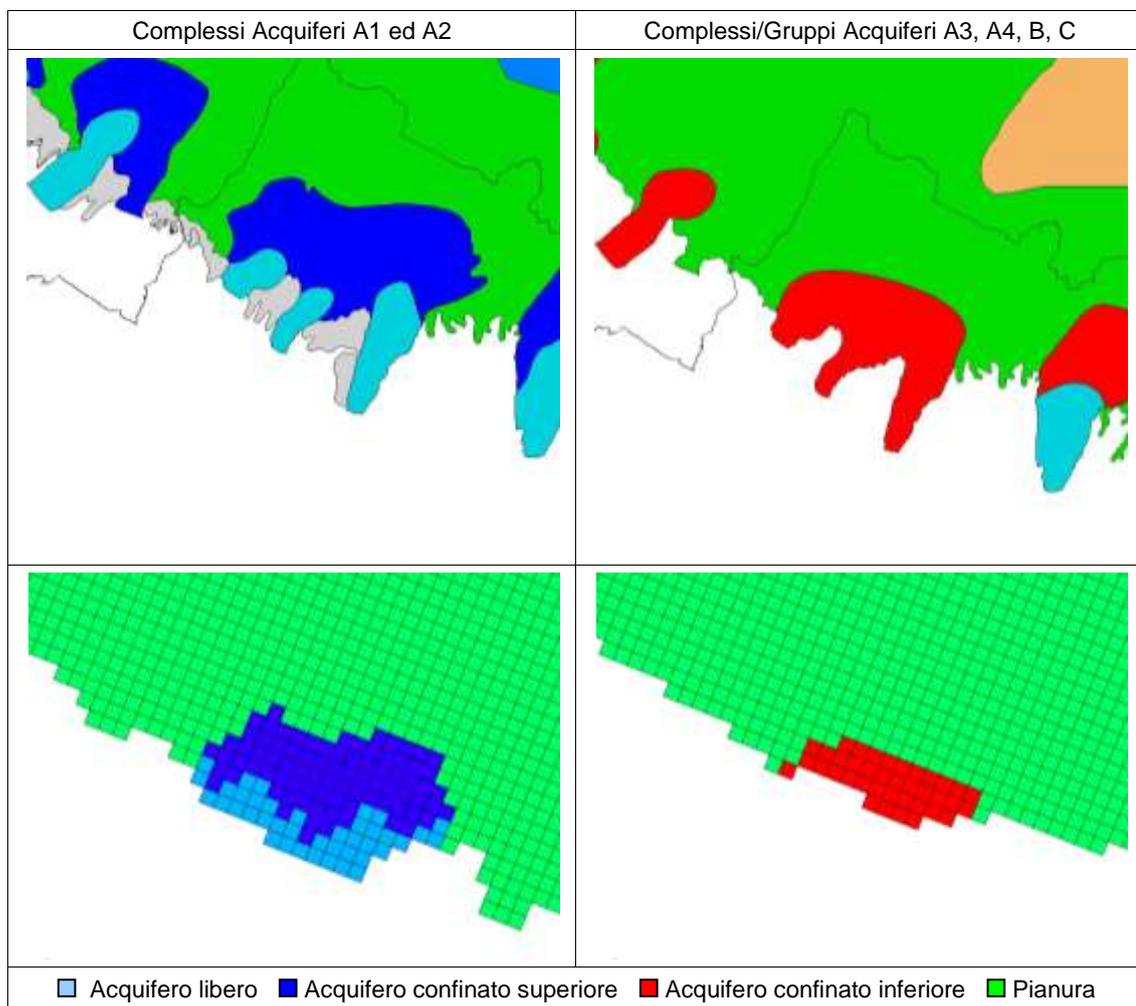
- i prelievi di acqua sotterranea sono complessivamente pari a 0.17 m³/s e in prevalenza interessano gli acquiferi confinati (0.15 m³/s);
- l'analisi degli immagazzinamenti mostra una tendenza media all'immagazzinamento di acqua nel periodo di riferimento del modello per le porzioni di conoide libera e confinata;

- la dinamica generale della conoide porta ad un trasferimento di parte dell'alimentazione dell'acquifero libero verso le zone compartimentate della conoide poste più a valle;
- l'acquifero confinato cede a sua volta acqua ai sistemi di pianura posti più a valle. Le portate in transito negli acquiferi confinati tengono conto anche della sovrastante parte freatica del sistema.

4.1.7 Conoidi Montone, Rabbi e Ronco

La Figura 4.19 riporta la trasposizione sul modello numerico della delimitazione dei corpi idrici descritta al precedente paragrafo 2.1.1 relativamente al raggruppamento di conoidi Montone e Ronco.

Figura 4.19: trasposizione sulle celle del modello numerico della delimitazione dei corpi idrici del raggruppamento Montone-Rabbi-Ronco



In particolare la parte a sinistra della figura mostra in alto la delimitazione dei corpi idrici sotterranei libero e confinato superiore per i Complessi Acquiferi A1 ed A2 della precedente Figura 2.2 e in basso la sua proiezione sulle celle del modello numerico con la delimitazione delle porzioni libere delle conoidi (in azzurro) attribuite ai complessi acquiferi "superiori" (A1 ed A2), il passaggio da queste verso gli acquiferi confinati superiori (in blu) e da questi ultimi verso i sistemi di pianura (in verde). La parte destra della figura evidenzia le medesime transizioni relativamente però ai corpi idrici confinati inferiori per i Complessi/Gruppi Acquiferi "inferiori" A3, A4, B, C della precedente Figura 2.3.

Nella Figura 4.20 i termini costituenti il bilancio dell'acqua (mediati sul periodo di simulazione del modello 2004-2017) vengono riportati all'interno di uno schema di flusso attraverso il quale è possibile ricostruire la dinamica del moto dell'acqua all'interno del raggruppamento di conoidi considerato ed evidenziando gli scambi "interni" tra gli acquiferi (raggruppamenti di acquiferi) individuati (acquifero libero, acquifero confinato superiore e acquifero confinato inferiore). Nella figura le portate sono espresse in m³/s mentre le frecce indicano la direzione prevalente del flusso dell'acqua.

I successivi istogrammi di Figura 4.21 riportano l'analisi del water budget, per il raggruppamento in oggetto in cui sono scomposte le singole voci di bilancio: ricarica, prelievi, ingressi/uscite e immagazzinamenti per l'acquifero libero, per l'acquifero confinato superiore e per l'acquifero confinato inferiore.

Figura 4.20: schema di flusso delle acque sotterranee relativo al periodo di aggiornamento del modello 2004-2017 all'interno del raggruppamento di conoidi Montone-Rabbi-Ronco (portate in m³/s).

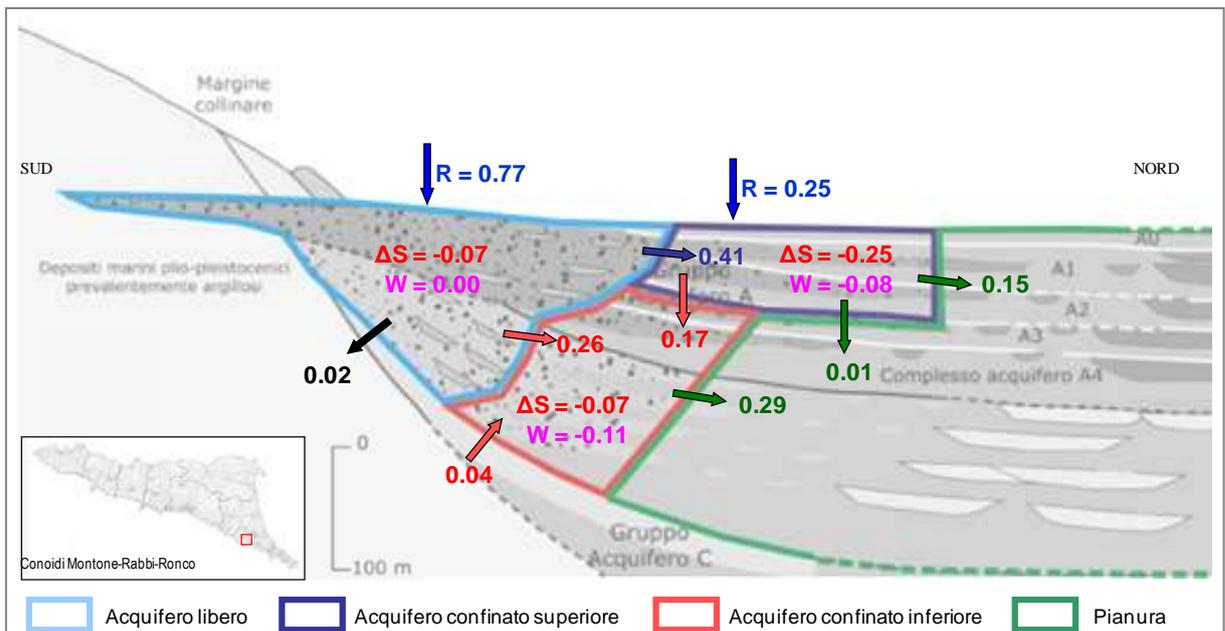
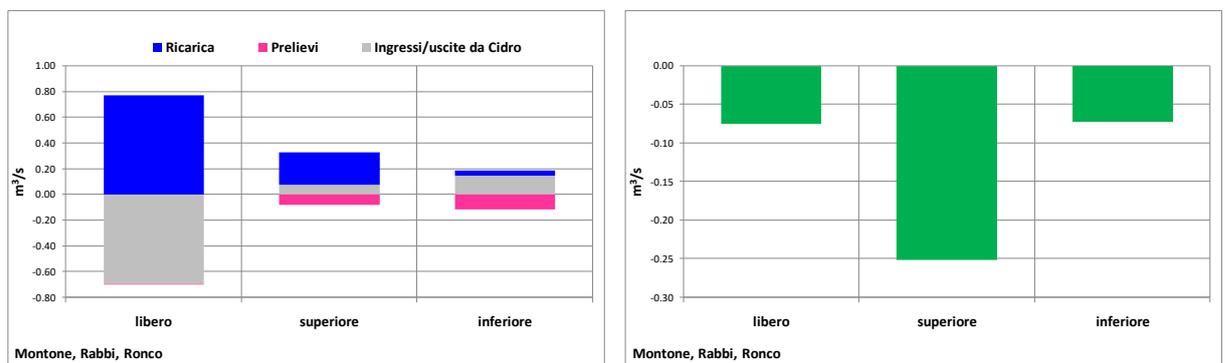


Figura 4.21: analisi del water budget 2004-2017 del raggruppamento Montone-Rabbi-Ronco scomposto per gli acquiferi libero, confinato superiore e confinato inferiore.



In sintesi l'analisi del bilancio per questo raggruppamento di conoidi consente di effettuare le seguenti valutazioni:

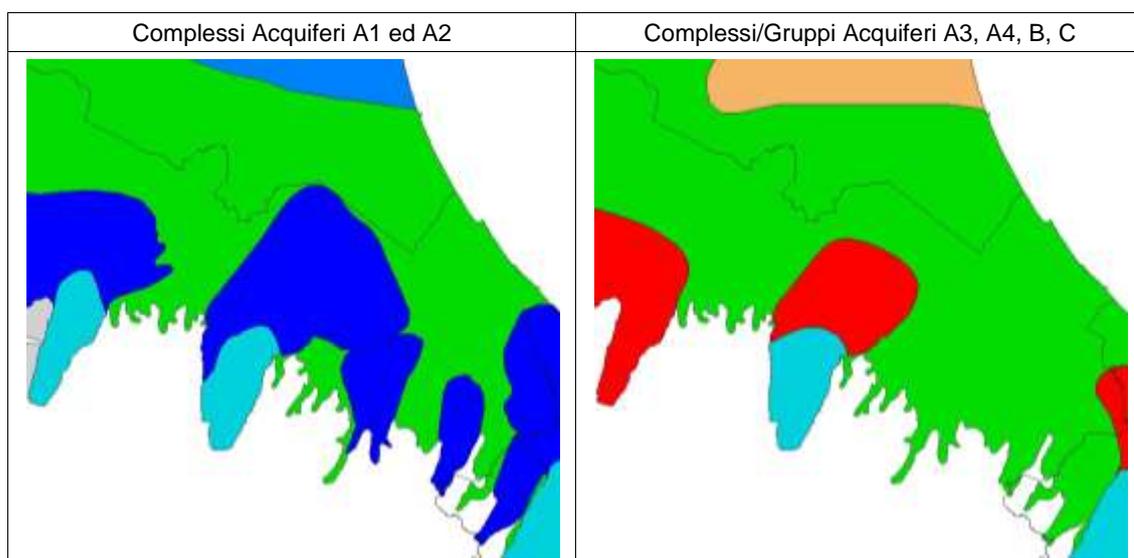
- i prelievi di acqua sotterranea sono complessivamente pari a 0.19 m³/s e sono in prevalenza concentrati negli acquiferi confinati inferiori (0.11 m³/s). I prelievi nelle porzioni di acquifero libero sono pressoché assenti;
- la dinamica generale della conoide porta ad un trasferimento di gran parte dell'alimentazione dell'acquifero libero verso le zone compartimentate della conoide poste più a valle;
- gli acquiferi confinati superiori ed inferiori cedono a loro volta acqua ai sistemi di pianura posti più a valle. Le portate in transito negli acquiferi confinati superiori tengono conto anche dell'alimentazione della sovrastante parte freatica del sistema.
- i prelievi degli acquiferi confinati inferiori denotano una variazione stagionale che condiziona i richiami di acqua dalle zone circostanti. In particolare durante i periodi estivi il maggior prelievo determina un più elevato drenaggio di acqua dalle parti più alte del sistema;
- l'analisi degli immagazzinamenti mostra una tendenza media all'immagazzinamento di acqua nel periodo di riferimento del modello in misura maggiore per le porzioni confinate superiori rispetto alle porzioni libere e confinate inferiori poste rispettivamente a monte e ad al di sotto delle precedenti.

4.1.8 Conoide Savio

La Figura 4.22 riporta la trasposizione sul modello numerico della delimitazione dei corpi idrici descritta al precedente paragrafo 2.1.1 relativamente alla conoide del Savio.

In particolare la parte a sinistra della figura mostra in alto la delimitazione dei corpi idrici sotterranei libero e confinato superiore per i Complessi Acquiferi A1 ed A2 della precedente Figura 2.2 e in basso la sua proiezione sulle celle del modello numerico con la delimitazione delle porzioni libere delle conoidi (in azzurro) attribuite ai complessi acquiferi "superiori" (A1 ed A2), il passaggio da queste verso gli acquiferi confinati superiori (in blu) e da questi ultimi verso i sistemi di pianura (in verde). La parte destra della figura evidenzia le medesime transizioni relativamente però ai corpi idrici confinati inferiori per i Complessi/Gruppi Acquiferi "inferiori" A3, A4, B, C della precedente Figura 2.3.

Figura 4.22: trasposizione sulle celle del modello numerico della delimitazione dei corpi idrici della conoide del Savio



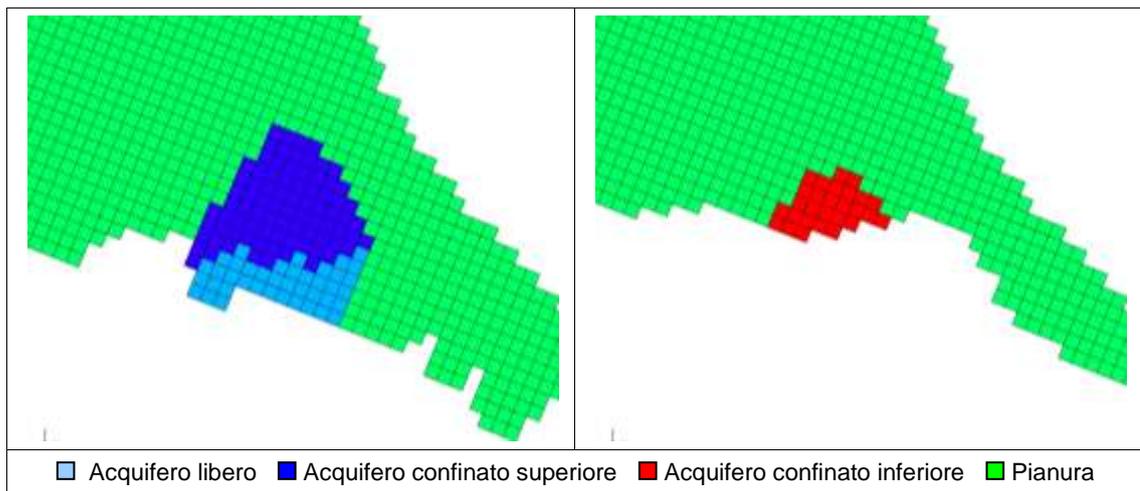
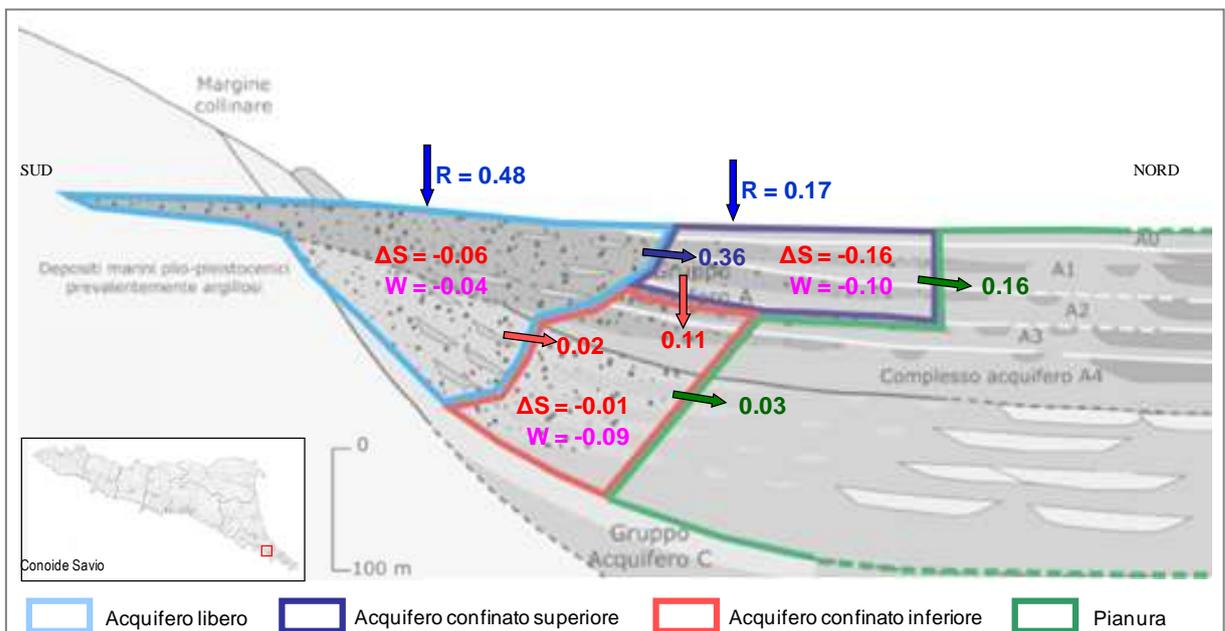


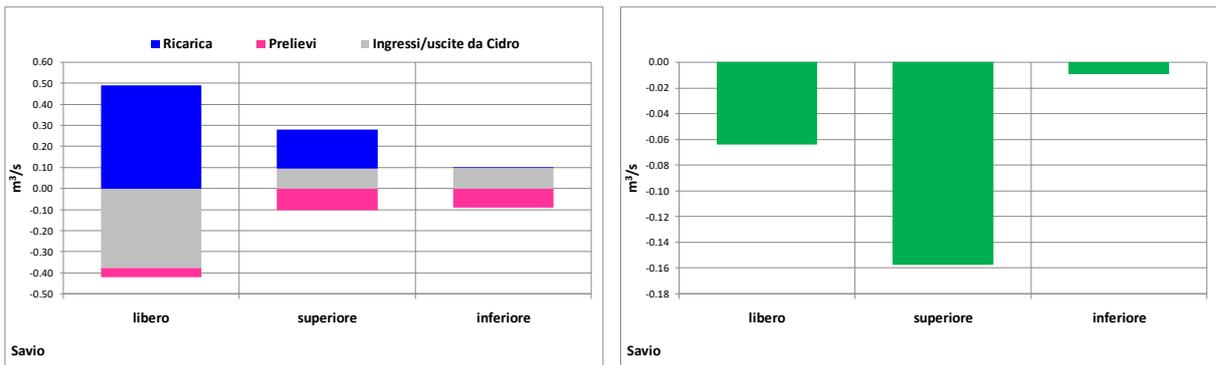
Figura 4.23: schema di flusso delle acque sotterranee relativo al periodo di aggiornamento del modello 2004-2017 all'interno della conoide del Savio (portate in m³/s).



Nella Figura 4.23 i termini costituenti il bilancio dell'acqua (mediati sul periodo di simulazione del modello 2004-2017) vengono riportati all'interno di uno schema di flusso attraverso il quale è possibile ricostruire la dinamica del moto dell'acqua all'interno del raggruppamento di conoidi considerato ed evidenziando gli scambi "interni" tra gli acquiferi (raggruppamenti di acquiferi) individuati (acquifero libero, acquifero confinato superiore e acquifero confinato inferiore). Nella figura le portate sono espresse in m³/s mentre le frecce indicano la direzione prevalente del flusso dell'acqua.

I successivi istogrammi di Figura 4.24 riportano l'analisi del water budget, per il raggruppamento in oggetto in cui sono scomposte le singole voci di bilancio: ricarica, prelievi, ingressi/uscite e immagazzinamenti per l'acquifero libero, per l'acquifero confinato superiore e per l'acquifero confinato inferiore.

Figura 4.24: analisi del water budget 2004-2017 del raggruppamento Savio scomposto per gli acquiferi libero, confinato superiore e confinato inferiore.



In sintesi l'analisi del bilancio per questo raggruppamento di conoidi consente di effettuare le seguenti valutazioni:

- i prelievi di acqua sotterranea sono complessivamente pari a 0.23 m³/s e presenti in leggera prevalenza nella conoide confinata superiore;
- la dinamica generale della conoide porta ad un trasferimento di parte dell'alimentazione dell'acquifero libero verso le zone compartimentate della conoide poste più a valle
- gli acquiferi confinati superiori ed inferiori cedono a loro volta acqua ai sistemi di pianura posti più a valle. Le portate in transito negli acquiferi confinati superiori tengono conto anche dell'alimentazione della sovrastante parte freatica del sistema. Le portate trasferite dalla parte confinata inferiore verso valle sono decisamente più basse;
- l'analisi degli immagazzinamenti mostra una tendenza media all'immagazzinamento di acqua nel periodo di riferimento del modello. Questo andamento è evidente negli acquiferi liberi e confinati superiori con prevalenza in questi ultimi. Gli immagazzinamenti degli acquiferi confinati inferiori denotano una situazione di sostanziale equilibrio.

4.1.9 Conoide Marecchia

La Figura 4.25 riporta la trasposizione sul modello numerico della delimitazione dei corpi idrici descritta al precedente paragrafo 2.1.1 relativamente alla conoide del Marecchia.

In particolare la parte a sinistra della figura mostra in alto la delimitazione dei corpi idrici sotterranei libero e confinato superiore per i Complessi Acquiferi A1 ed A2 della precedente Figura 2.2 e in basso la sua proiezione sulle celle del modello numerico con la delimitazione delle porzioni libere delle conoidi (in azzurro) attribuite ai complessi acquiferi "superiori" (A1 ed A2), il passaggio da queste verso gli acquiferi confinati superiori (in blu) e da questi ultimi verso i sistemi di pianura (in verde). La parte destra della figura evidenzia le medesime transizioni relativamente però ai corpi idrici confinati inferiori per i Complessi/Gruppi Acquiferi "inferiori" A3, A4, B, C della precedente Figura 2.3.

Nella Figura 4.26, i termini costituenti il bilancio dell'acqua (mediati sul periodo di simulazione del modello 2004-2017) vengono riportati all'interno di uno schema di flusso attraverso il quale è possibile ricostruire la dinamica del moto dell'acqua all'interno del raggruppamento di conoidi considerato ed evidenziando gli scambi "interni" tra gli acquiferi (raggruppamenti di acquiferi) individuati (acquifero libero, acquifero confinato superiore e acquifero confinato inferiore). Nella figura le portate sono espresse in m³/s mentre le frecce indicano la direzione prevalente del flusso dell'acqua.

I successivi istogrammi di Figura 4.27 riportano l'analisi del water budget, per il raggruppamento in oggetto in cui sono scomposte le singole voci di bilancio: ricarica, prelievi, ingressi/uscite e immagazzinamenti per l'acquifero libero, per l'acquifero confinato superiore e per l'acquifero confinato inferiore.

Figura 4.25: trasposizione sulle celle del modello numerico della delimitazione dei corpi idrici della conoide del Marecchia

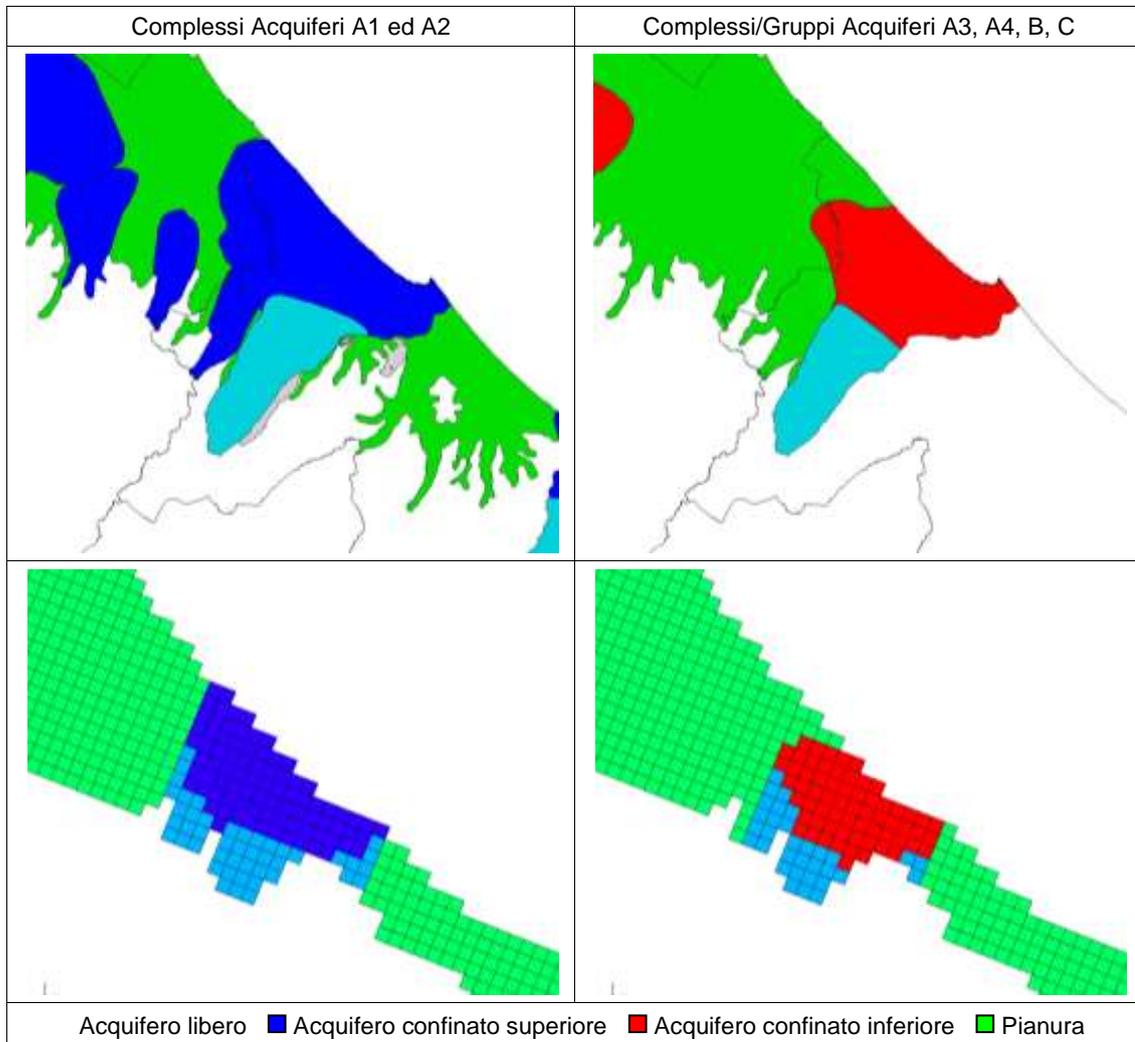


Figura 4.26: schema di flusso delle acque sotterranee relativo al periodo di aggiornamento del modello 2004-2017 all'interno della conoide Marecchia (portate in m³/s).

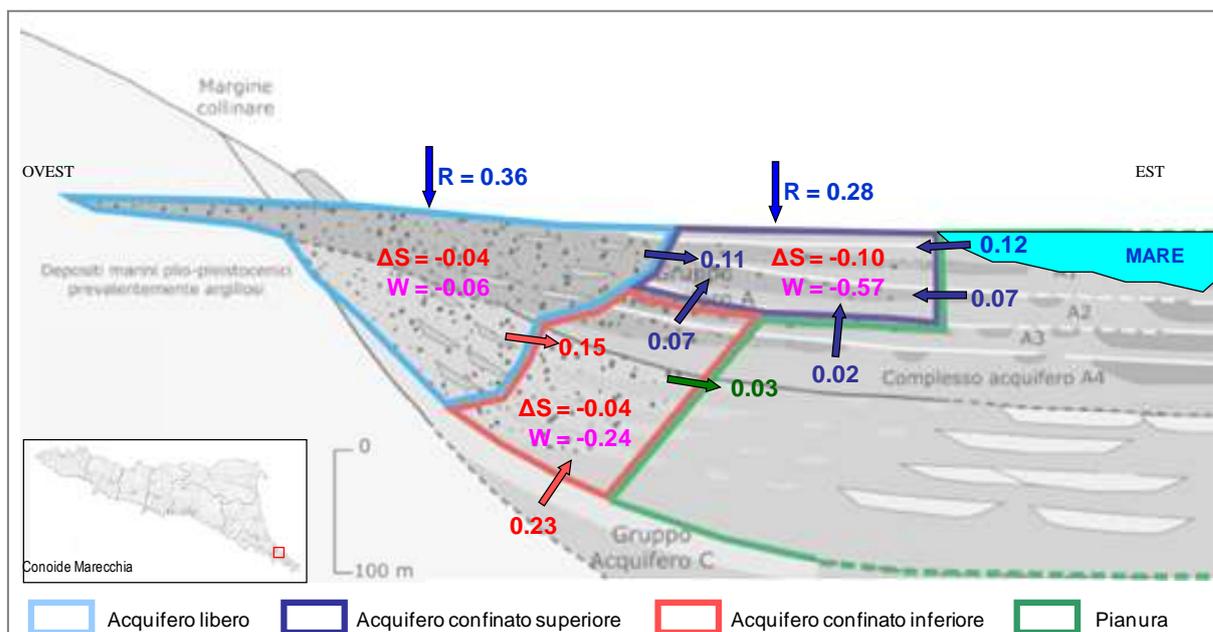
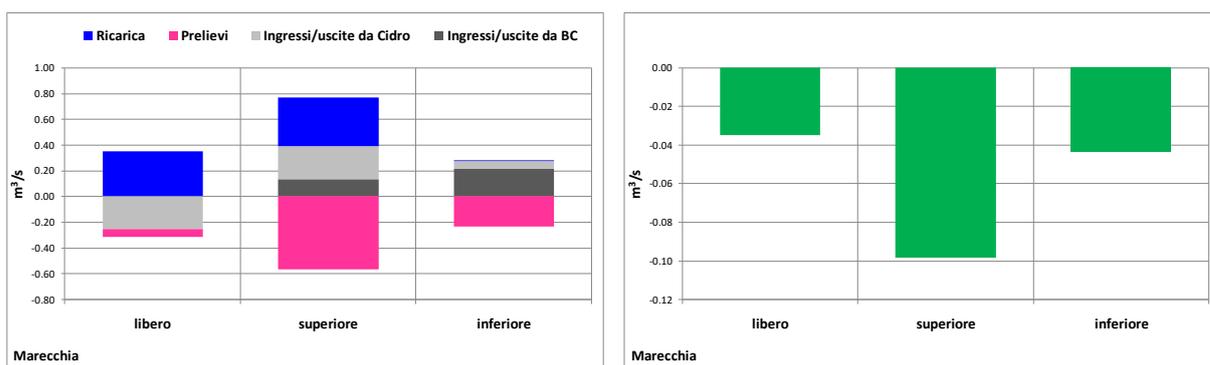


Figura 4.27: analisi del water budget 2004-2017 del raggruppamento Marecchia scomposto per gli acquiferi libero, confinato superiore e confinato inferiore.



In sintesi l'analisi del bilancio per questo raggruppamento di conoidi consente di effettuare le seguenti valutazioni:

- i prelievi di acqua sotterranea sono complessivamente pari a 0.87 m³/s e presenti in prevalenza negli acquiferi confinati (65% nei superiori, 28% negli inferiori). IL 7% del prelievo è riferibile alle porzioni di acquifero libero;
- la dinamica generale della conoide porta ad un trasferimento di parte dell'alimentazione dell'acquifero libero verso le zone compartimentate della conoide poste più a valle;
- Il bilancio complessivo dell'intera conoide mostra una tendenza media all'immagazzinamento di acqua nel periodo di simulazione del modello.

4.1.10 Conoide Conca

La Figura 4.28 riporta la trasposizione sul modello numerico della delimitazione dei corpi idrici descritta al precedente paragrafo 2.1.1 relativamente alla conoide del Conca. In particolare la parte a sinistra

della figura mostra in alto la delimitazione dei corpi idrici sotterranei libero e confinato superiore per i Complessi Acquiferi A1 ed A2 della precedente Figura 2.2 e in basso la sua proiezione sulle celle del modello numerico con la delimitazione delle porzioni libere delle conoidi (in azzurro) attribuite ai complessi acquiferi “superiori” (A1 ed A2), il passaggio da queste verso gli acquiferi confinati superiori (in blu) e da questi ultimi verso i sistemi di pianura (in verde). La parte destra della figura evidenzia le medesime transizioni relativamente però ai corpi idrici confinati inferiori per i Complessi/Gruppi Acquiferi “inferiori” A3, A4, B, C della precedente Figura 2.3. Lo spessore complessivo dei sedimenti della conoide del Conca sono riferibili ai soli complessi acquiferi A1 ed A2.

Nella Figura 4.29 i termini costituenti il bilancio dell’acqua (mediati sul periodo di simulazione del modello 2004-2017) vengono riportati all’interno di uno schema di flusso attraverso il quale è possibile ricostruire la dinamica del moto dell’acqua all’interno del raggruppamento di conoidi considerato ed evidenziando gli scambi “interni” tra gli acquiferi (raggruppamenti di acquiferi) individuati (acquifero libero, acquifero confinato superiore e acquifero confinato inferiore). Nella figura le portate sono espresse in m³/s mentre le frecce indicano la direzione prevalente del flusso dell’acqua.

Figura 4.28: trasposizione sulle celle del modello numerico della delimitazione dei corpi idrici della conoide del Conca

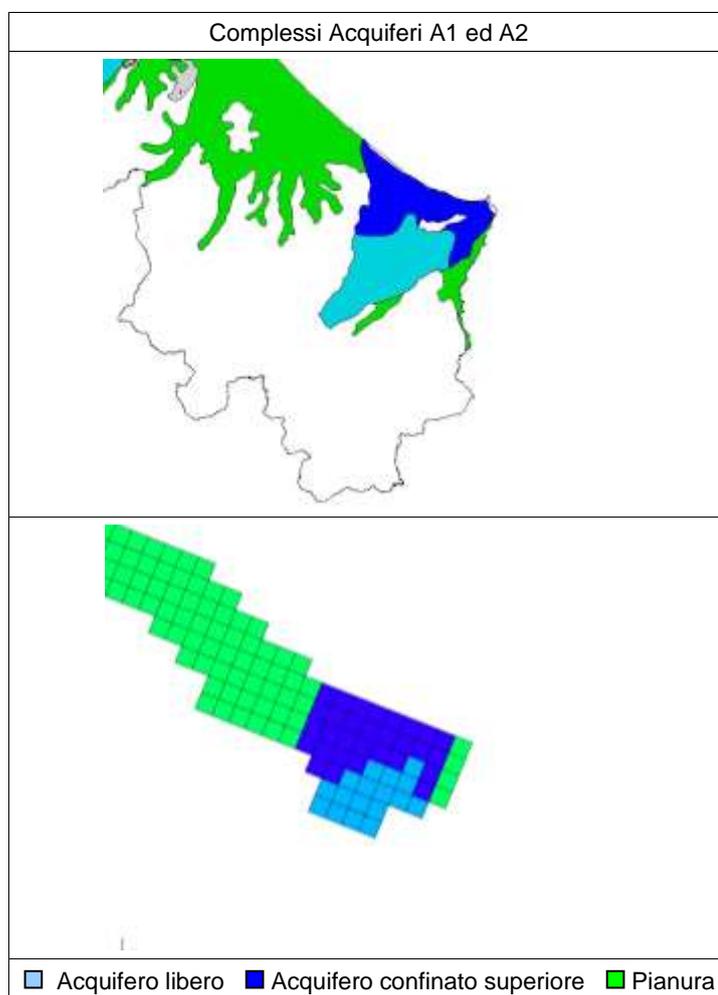
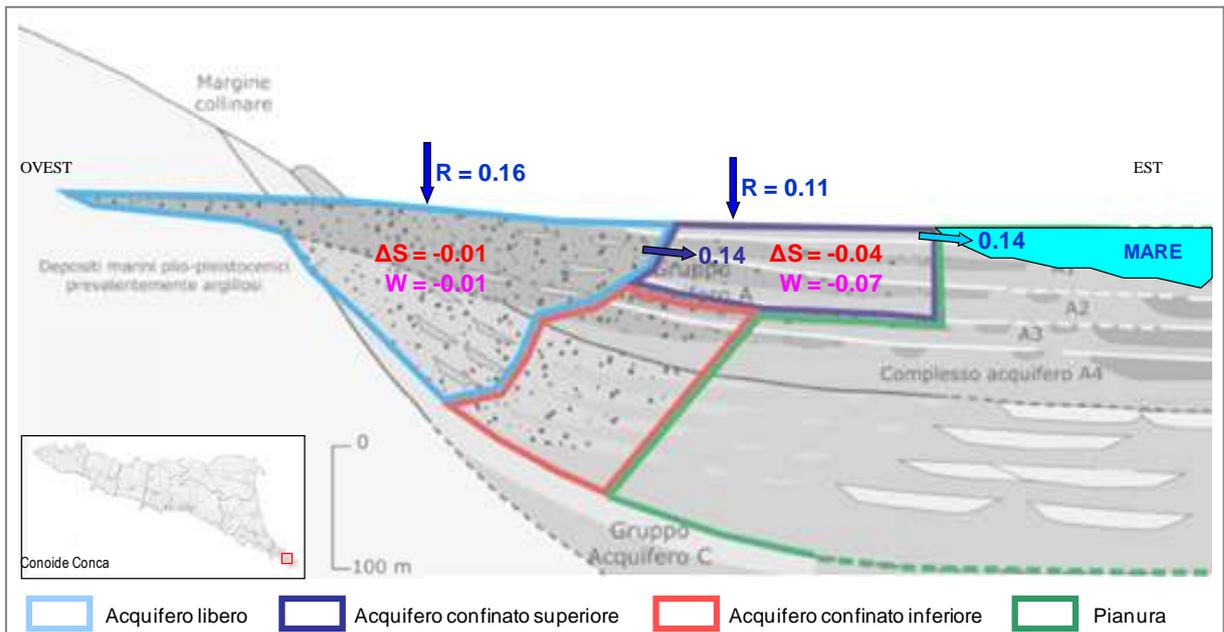
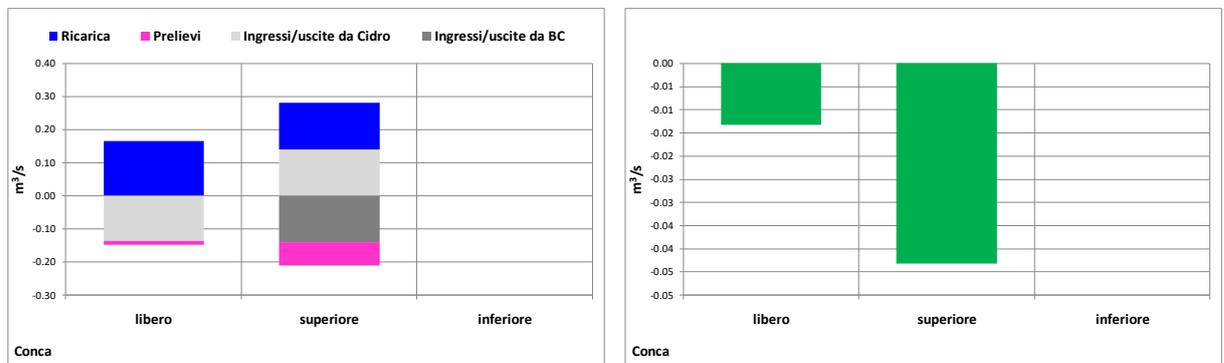


Figura 4.29: schema di flusso delle acque sotterranee relativo al periodo di aggiornamento del modello 2004-2017 all'interno della conoide del Conca (portate in m³/s).



I successivi istogrammi di Figura 4.30 riportano l'analisi del water budget, per il raggruppamento in oggetto in cui sono scomposte le singole voci di bilancio: ricarica, prelievi, ingressi/uscite e immagazzinamenti per l'acquifero libero, per l'acquifero confinato superiore e per l'acquifero confinato inferiore.

Figura 4.30: analisi del water budget 2004-2017 del raggruppamento Conca scomposto per gli acquiferi libero, confinato superiore e confinato inferiore.



In sintesi l'analisi del bilancio per questo raggruppamento di conoidi consente di effettuare le seguenti valutazioni:

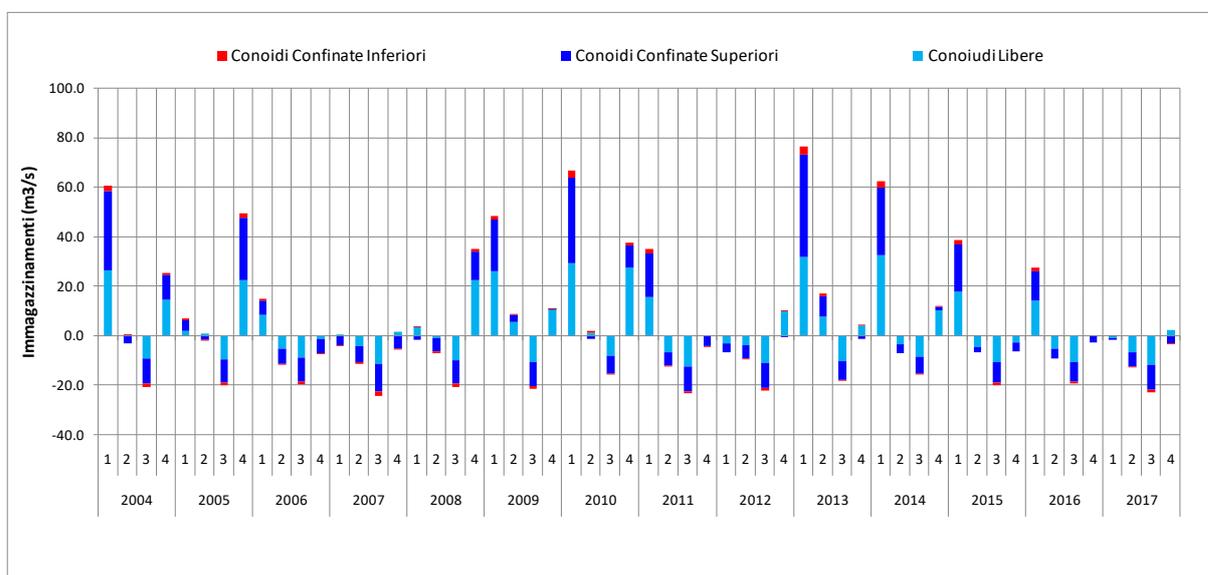
- i prelievi di acqua sotterranea sono complessivamente inferiori a 0.10 m³/s;
- la dinamica generale della conoide porta ad un trasferimento di parte dell'alimentazione dell'acquifero libero verso le zone compartimentate della conoide poste più a valle (acquifero confinato superiore);
- Nel periodo di riferimento del modello il bilancio complessivo dell'intera conoide, presenta una tendenza media all'immagazzinamento di acqua, in misura maggiore per le porzioni confinate superiore rispetto alle porzioni libere.

4.2 ANALISI DEL BILANCIO IDROGEOLOGICO DA MODELLO NEL PERIODO 2004-2017. ANALISI TEMPORALE DEGLI IMMAGAZZINAMENTI

I valori degli immagazzinamenti dei vari raggruppamenti di corpi idrici derivanti dal bilancio descritto nel precedente paragrafo 4, possono essere ulteriormente aggregati tra loro nello spazio in modo da evidenziare l'immagazzinamento complessivo delle conoidi libere, confinate superiori e confinate inferiori nel loro insieme, e nello stesso tempo essere sviluppati nel tempo come riportato nella Figura 31 e nella successiva Figura 32.

È importante sottolineare che, rispetto alle elaborazioni proposte nel precedente paragrafo 4.1, la convenzione sui segni degli immagazzinamenti viene ora invertita evidenziando con segno positivo gli immagazzinamenti che rappresentano un accumulo di acqua nel sistema e viceversa con segno negativo quelli che rappresentano una netta perdita di acqua dal sistema. Trattando singolarmente la voce di bilancio costituita dagli immagazzinamenti, tale inversione (rispetto al bilancio in uscita da Modflow) rende più intuitiva la rappresentazione grafica delle elaborazioni che vengono di seguito presentate. Nella prima (Figura 31) sono dettagliati gli immagazzinamenti espressi in m³/s per ogni trimestre del periodo 2004-2017 e sono quindi relativi ai 56 istanti costituenti la discretizzazione temporale del modello in tale periodo; gli istogrammi evidenziano i contributi relativi delle porzioni libere, confinate superiori ed inferiori di tutte le conoidi nel loro insieme. La scansione temporale evidenzia l'alternanza stagionale dei periodi di prevalente ricarica da quelli a prevalente consumo di risorsa idrica sotterranea.

Figura 31 Analisi degli immagazzinamenti nel tempo, valori aggregati per tipologia di acquifero (conoidi libere, confinate superiori e confinate inferiori). Dati in m³/s.



Nella successiva Figura 32 i valori sono invece espressi in termini volumetrici (Mm³) e cumulati nel tempo. Le curve di Figura 32 evidenziano bene la presenza di sei fasi distinte, alternate, di prevalente ricarica e perdita:

1. ricarica (gennaio 2004-marzo 2006)
2. perdita (aprile 2006-settembre 2008)
3. ricarica (ottobre 2008 - marzo 2011)
4. perdita (aprile 2011-settembre 2012)

5. ricarica (ottobre 2012 - marzo 2015)
6. perdita (aprile 2015-dicembre 2017)

All'interno di ciascuna fase pluriennale appena descritta le curve evidenziano le variazioni stagionali che avvengono all'interno di ciascun anno solare, maggiormente accentuate nelle fasi di accumulo della risorsa.

Nella Figura 33 i dati sono accorpati spazialmente per tipologia di acquifero e temporalmente secondo la scansione temporali dei sei periodi appena descritti.

Figura 32 Analisi degli immagazzinamenti nel tempo, valori aggregati per tipologia di acquifero (conoidi libere, confinate superiori e confinate inferiori). Dato cumulato nel tempo (Mm³)

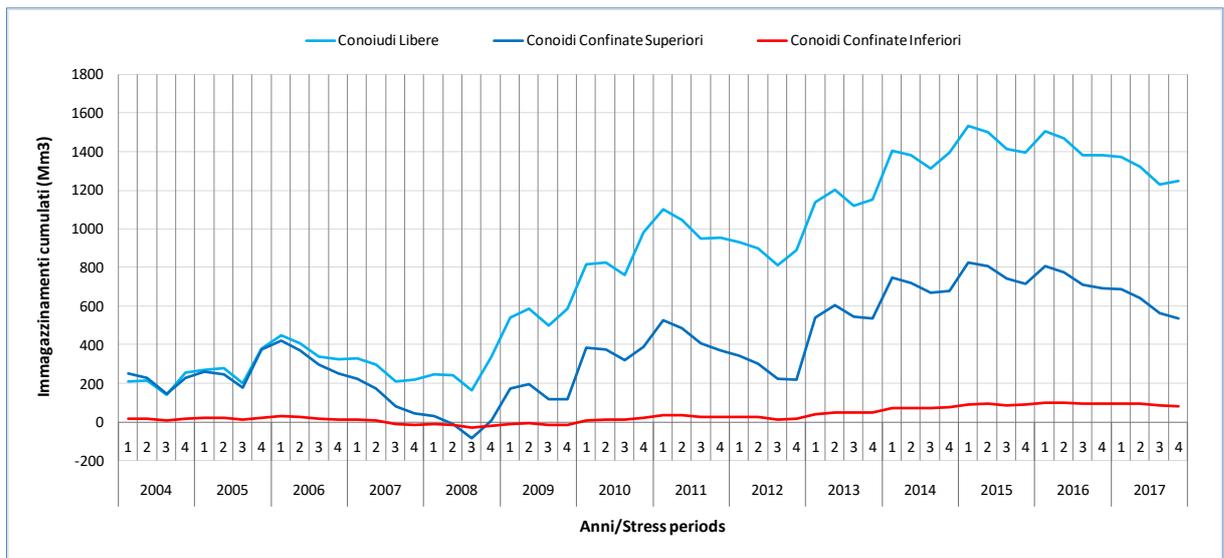
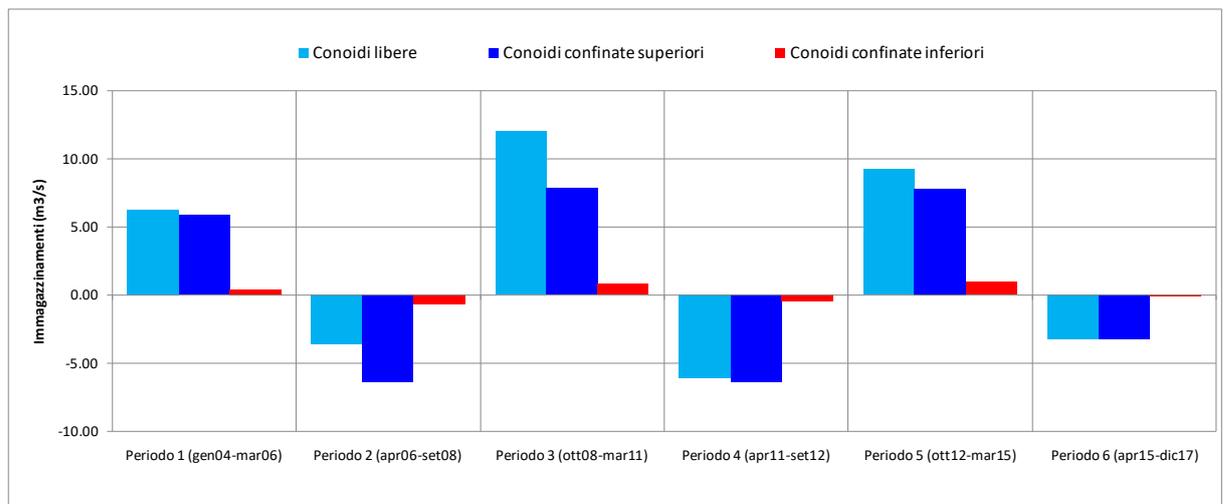


Figura 33 Analisi degli immagazzinamenti medi nei sei periodi alternati di accumulo (gennaio 2004-marzo 2006), perdita (aprile 2006-settembre 2008), accumulo (ottobre 2008 – marzo 2011), perdita (aprile 2011-settembre 2012), accumulo (ottobre 2012 – marzo 2015) e perdita (aprile 2015-dicembre 2017) di risorsa idrica sotterranea (dati in m³/s), confronto tra tipologia di acquiferi.



5 BIBLIOGRAFIA

- [1] Aquaveo. *The New Groundwater Modeling System*. <http://www.aquaveo.com/gms>.
- [2] Arpa Emilia-Romagna e Atersir (2013). Implementazione della modellistica di flusso delle acque sotterranee della provincia di Modena a supporto della pianificazione e gestione della risorsa idrica. Rapporto tecnico, 85 pp.
- [3] Arpa Emilia-Romagna e Atersir (2016). Applicazione della modellistica delle acque sotterranee della provincia di Modena: aggiornamento del modello di flusso, implementazione del modello di trasporto dei nitrati e loro applicazione a supporto di specifici obiettivi di pianificazione e gestione della risorsa idrica. Rapporto tecnico, 142 pp.
- [4] Arpa Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna (2003a) *Le acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna: modello concettuale*. In: Supporto tecnico alla Regione Emilia-Romagna, alle Province ed alle Autorità di Bacino per la elaborazione del Piano Regionale Di Tutela delle Acque e Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (Art. 44 del D. Lgs. 152/99 e Art. 115 L.R. 3/99) - Quadro conoscitivo Attività B. Rapporto tecnico, Bologna.
- [5] Arpa Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna (2003c). *Modello matematico di simulazione delle acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna (Emiro3D)*, Elaborato di supporto Relazione Generale del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna. Rapporto tecnico, Bologna.
- [6] Arpa Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna (2005). *Le caratteristiche degli acquiferi della regione Emilia-Romagna. Report 2003*.
- [7] Arpa Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna (2007). *Elaborazione ed analisi dati raccolti sulle acque superficiali e sotterranee a livello locale per lo sviluppo dei piani di tutela delle acque. Attività B. Modello di flusso e di trasporto dei nitrati nelle acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. Rapporto tecnico.
- [8] Arpa Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna (2009a). *Applicazione della modellistica matematica di simulazione. Fase I: analisi del flusso delle acque sotterranee in relazione a scenari caratterizzati da particolari criticità nel rapporto ricarica-prelievi*. Rapporto tecnico.
- [9] Arpa Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna (2010a). *Individuazione dei fattori correttivi costituenti la componente morfologia-ambientale del DMV e definizione dei tratti di loro applicazione, come da Art. 55 delle norme del Piano di Tutela delle Acque regionale. Elaborato: relazione valutazione del drenaggio verso le falde*. Rapporto tecnico, 64 pp.
- [10] Arpa Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna (2010b). *La Rete Regionale di Monitoraggio delle Acque Sotterranee. Relazione annuale dati 2008 e Relazione triennale 2006-2008*. Rapporto tecnico, Bologna, 59pp.
- [11] Arpa Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna (2011a). *Elaborazione dati acquisiti dalla rete automatica di monitoraggio della piezometria con restituzione e visualizzazione in continuo dei dati sul portale web*. Rapporto tecnico, 27 pp.
- [12] Arpa Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna (2014). Aggiornamento del modello di flusso delle acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna. In Supporto all'aggiornamento del quadro conoscitivo del piano di Tutela delle Acque – Parte I, Macroattività 1: Aggiornamento bilanci idrici. Rapporto tecnico.
- [13] Arpa Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna (2016). Valutazione dello stato delle acque sotterranee, 2014-2019. Rapporto tecnico.
- [14] Arpa Emilia-Romagna e Regione Emilia-Romagna (2020). Valutazione dello stato delle acque sotterranee, 2014-2019. Rapporto tecnico.

- [15] Chahoud A., Gelati L., Palumbo A., Patrizi G., Pellegrino I., Zaccanti G. (2013). *Modellistica delle acque sotterranee: gestione dei modelli ed esempi applicativi in Emilia-Romagna (Italia)*. Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater , Vol. 2 n. 1, anno 2013.
- [16] Domenico P.A. (1972). *Concepts and Models in Groundwater Hydrology*. McGraw-Hill, New York.
- [17] Harbaugh A.W., Banta E.R., Hill M.C. & McDonald M.G. (2000). *MODFLOW-2000, The U.S. Geological Survey Modular Ground-water model – User Guide to Modularization concepts and the Ground-water Flow Process*. U.S. Geological Survey, Open-File Report 00-92.
- [18] Harbaugh, A.W., 2005, MODFLOW-2005, the U.S. Geological Survey modular ground-water model -- the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16.
- [19] Mc Donald M.G. e Harbaugh A.W. (1988). *A modular three-dimensional finite difference ground water flow model*. Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, Book 6, chapter A1.
- [20] Pratzzoli W. (2009). *Validazione di un modello di bilancio idrico per colture "idroesigenti" .. ARPA Rivista N. 3 maggio-giugno 2009*.
- [21] Regione Emilia-Romagna (2010a). *Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°350 del 8/2/2010 – Allegato 2 "Tipizzazione/caratterizzazione e individuazione dei corpi idrici superficiali e sotterranei, prima individuazione delle reti di monitoraggio"*.
- [22] Regione Emilia-Romagna (2010b). *Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°350 del 8/2/2010 – Allegato 3 "Programma di monitoraggio del Distretto Idrografico Padano"*.
- [23] Regione Emilia-Romagna (2010c). *Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°350 del 8/2/2010 – Allegato 4 "Programma di monitoraggio del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale"*.
- [24] Regione Emilia-Romagna (2015a). *Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°1781 del 12/11/2015 – Aggiornamento del quadro conoscitivo di riferimento (carichi inquinanti, bilanci idrici e stato delle acque) ai fini del riesame dei Piani di Gestione Distrettuali 2015- 2021*.
- [25] Regione Emilia-Romagna (2015b). *Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n°2067 del 14/12/2015 – attuazione della direttiva 2000/60/ce: contributo della Regione Emilia-Romagna ai fini dell'aggiornamento/riesame dei piani di gestione distrettuali 2015-2021*.
- [26] Regione Emilia-Romagna e ENI-AGIP (1998). *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di G. Di Dio, Selca, Firenze.
- [27] Tomei F., Antolini G., Bittelli M., Marletto V., Pasquali A., Van Soetendael M. (2007) . *Validazione del modello di bilancio idrico criteria*. AIAM 2007 - 10° Convegno nazionale di Agrometeorologia.