

## INDICE

▪ PREMESSA		pag. 3
▪ SCHEDA N. 1 – Acquifero del Casentino	A 01	pag. 5
▪ SCHEDA N. 2 – Acquifero della Valdichiana	A 02	pag. 9
▪ SCHEDA N. 3 – Acquifero della Pianura di Arezzo	A 03	pag. 14
▪ SCHEDA N. 4 – Acquifero del Valdarno Superiore	A 04	pag. 18
▪ SCHEDA N. 5 – Acquifero del Mugello	A 05	pag. 23
▪ SCHEDA N. 6 – Acquifero della Pianura di Firenze	A 06	pag. 28
▪ SCHEDA N. 7 – Acquifero di Prato	A 07	pag. 36
▪ SCHEDA N. 5 – Acquifero di Pistoia	A 08	pag. 49
▪ SCHEDA N. 9 – Acquifero della Pesa	A 09	pag. 56
▪ SCHEDA N. 10 – Acquifero di Empoli	A 10	pag. 61
▪ SCHEDA N. 11 – Acquifero della Valdinievole	A 11	pag. 66
▪ SCHEDA N. 12 – Acquifero dell'Elsa	A 12	pag. 71
▪ SCHEDA N. 13 – Acquifero di Fucecchio - Santa Croce sull'Arno	A 13	pag. 75
▪ SCHEDA N. 14 – Acquifero della Vald'Era	A 14	pag. 86
▪ SCHEDA N. 15 - Acquifero di Lucca	A 15	pag. 91
▪ SCHEDA N. 16 – Acquifero di Bientina	A 16	pag. 101
▪ SCHEDA N. 17 – Acquifero della Piana di Pisa	A 17	pag. 110

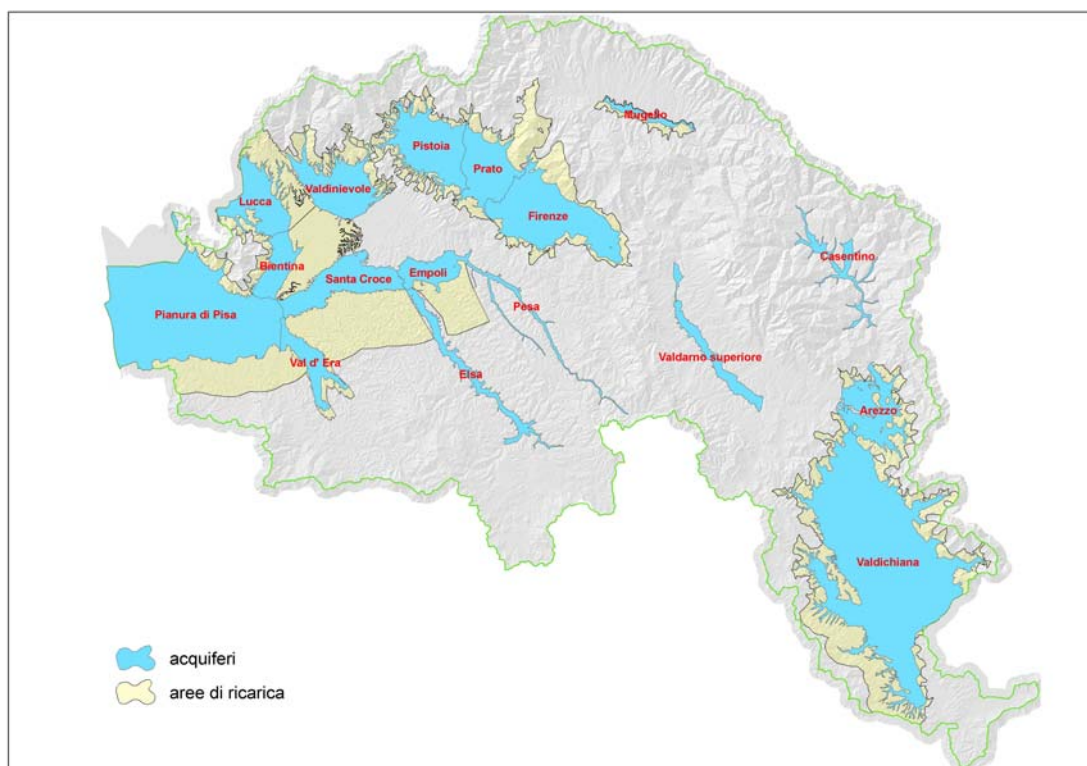


## PREMESSA

Il presente volume contiene le schede di sintesi redatte per i 17 acquiferi alluvionali significativi del bacino dell'Arno oggetto di bilancio idrico.

Nel dettaglio ciascuna scheda contiene:

- la delimitazione geometrica dell'acquifero e delle aree di ricarica;
- gli elementi disponibili per la redazione del bilancio;
- il bilancio medio annuo del periodo 1993-2006 e la stima della ricarica;
- la valutazione della riserva idrica.
- le elaborazione dei dati di monitoraggio piezometrico della falda, dove disponibili.
- cartografia sinottica (a scala di acquifero) relativa alla *"Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura del bacino del fiume Arno"*. La scheda contiene inoltre i riferimenti numerici degli stralci della cartografia di sintesi, contenute nell'Atlante cartografico.



*Acquiferi alluvionali significativi e relative aree di ricarica*





**Acquifero del CASENTINO****A 01**

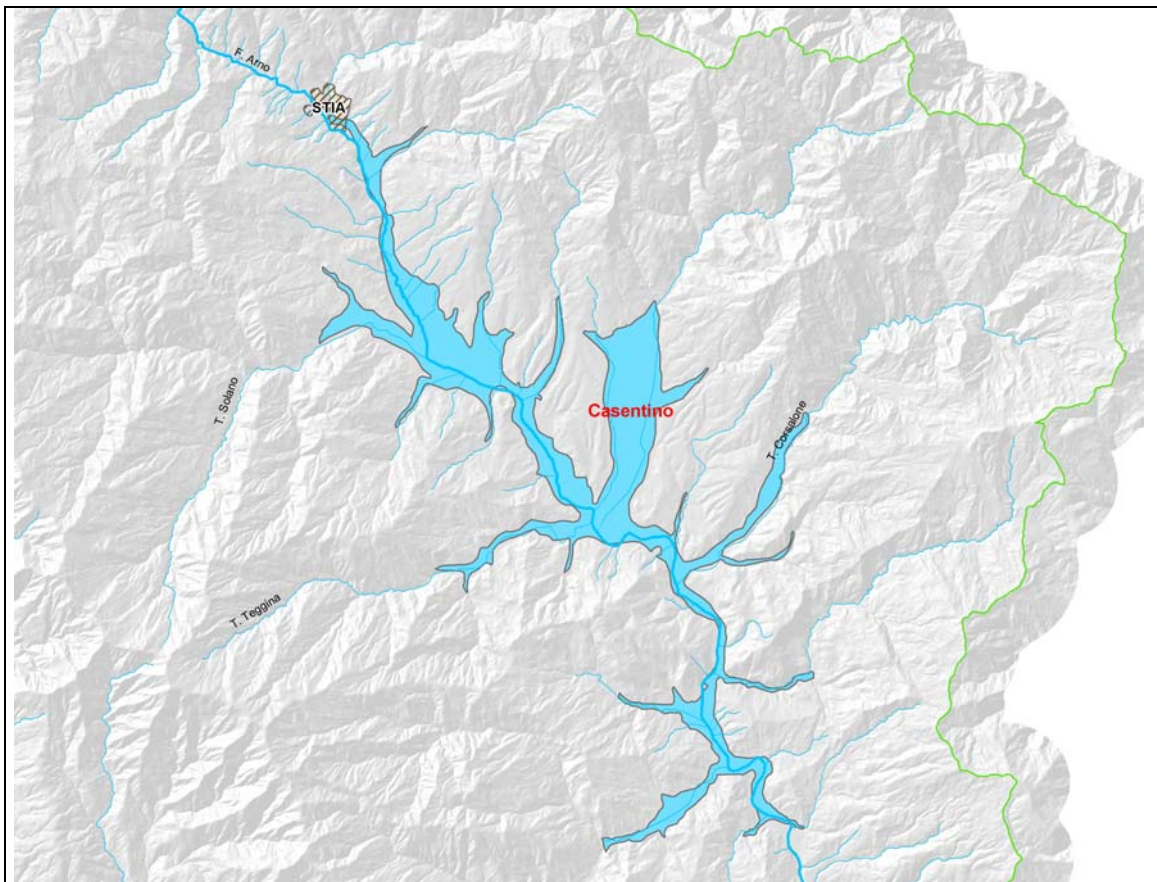
La vallata del Casentino è orientata da Nord-Ovest a Sud-Est ed è circondata da una cornice montuosa che lo isola dai territori circostanti (Valtiberina a est, Valdarno ad ovest e Mugello a nord).

La formazione della valle è iniziata dai 6 ai 10 milioni di anni fa quando è emerso l'Appennino con i suoi contrafforti. A seguito di questo sollevamento si è originato un lago (Villafranchiano) che ha accolto i sedimenti trasportati dall'Arno e dai torrenti montani e che hanno poi, una volta prosciugato il bacino, dato origine alla superficie della valle.

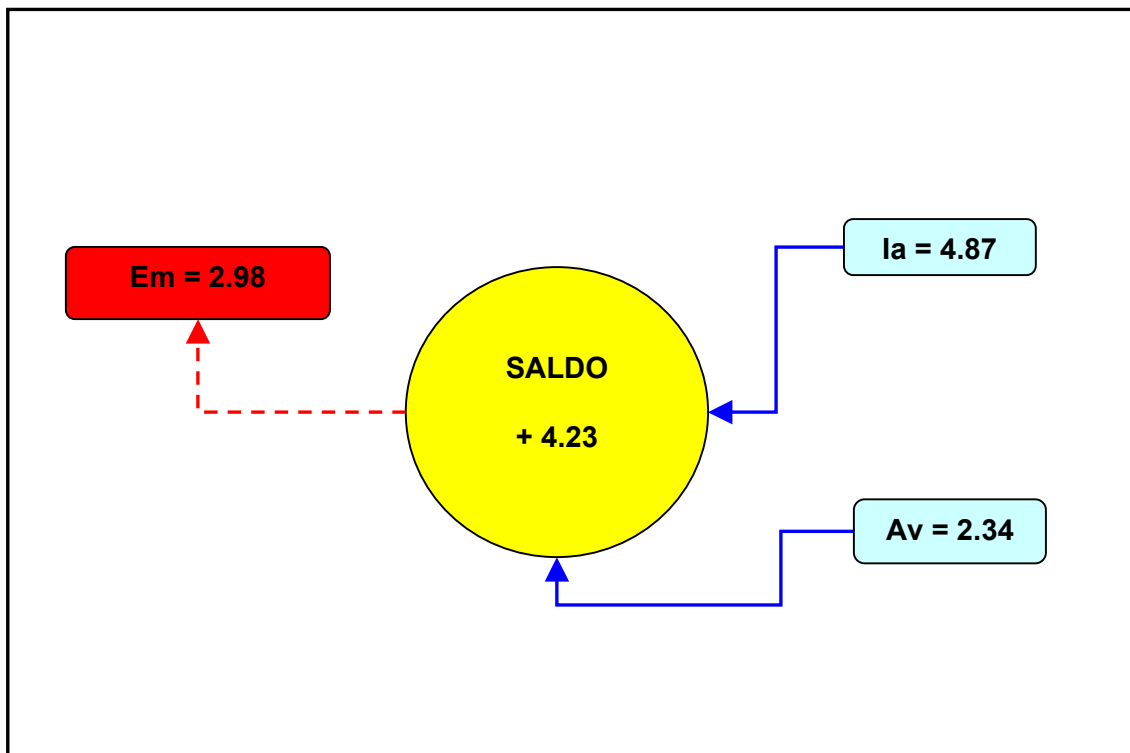
I depositi alluvionali olocenici, sebbene con grado diverso, sono caratterizzati da una permeabilità primaria legata alla porosità interstiziale. Nell'area è presente una falda libera contenuta nel livello di ciottolami in rapporto diretto con il F. Arno. I depositi lacustri sono invece costituiti da argille e limi pseudocoerenti che risultano praticamente impermeabili per l'alta capacità di ritenzione.

Il modello concettuale di ricarica dell'acquifero adottato individua i termini del bilancio in entrata nella infiltrazione areale e negli apporti dai versanti; ritenendo trascurabili gli apporti sotterranei.

L'acquifero risulta a bilancio positivo, che si traduce essenzialmente in apporto dalla falda al fiume. La ricarica per unità di superficie risulta di 222.695 mc/Kmq. La valutazione approssimativa della riserva idrica, stimata in 16 Mmc, deriva dalla ricostruzione tridimensionale dell'acquifero, applicando al volume saturo una porosità efficace del 15% sulla base delle descrizioni litologiche dell'acquifero stesso.

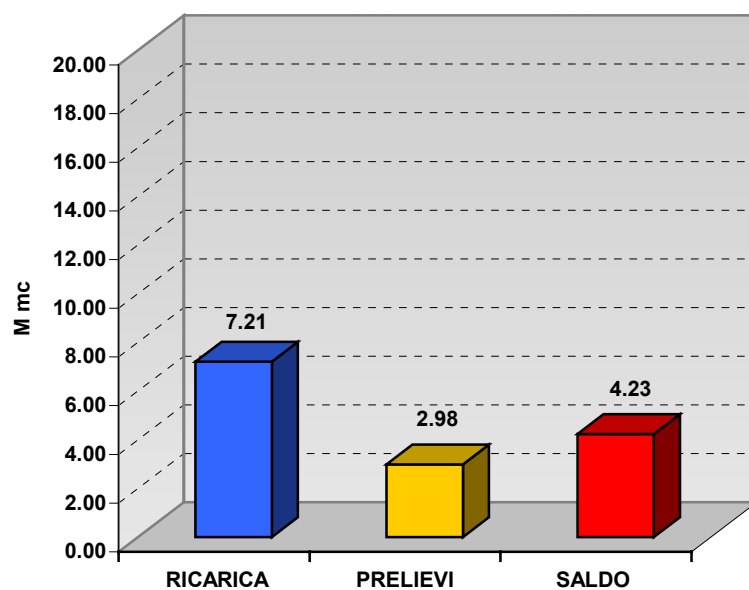


*Acquifero del Casentino*

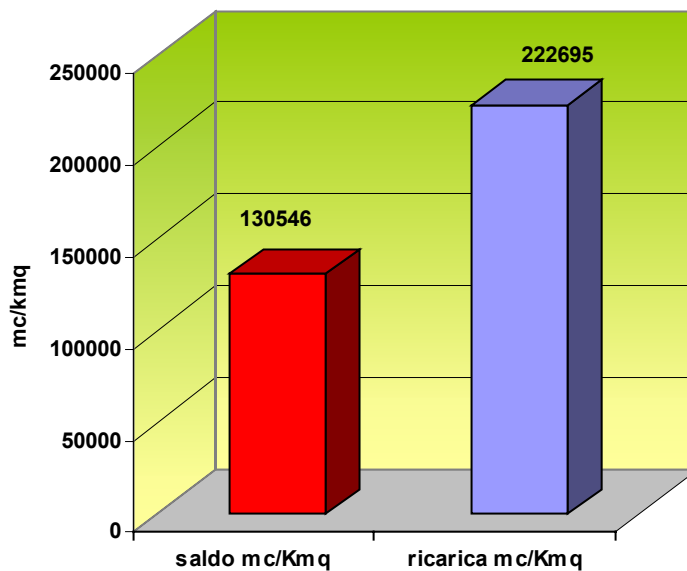


Schema concettuale del bilancio (Mmc/anno)

CASENTINO 32,37Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			4.87
Apporti laterali			2.34
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>7.21</b>
<b>prelievi</b>	acquedottistico	2,18	<b>- 2.98</b>
	domestico	0,20	
	irriguo	0,37	
	produttivo	0,14	
	servizi	0,09	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 2.98</b>
<b>SALDO</b>			<b>4.23</b>



Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



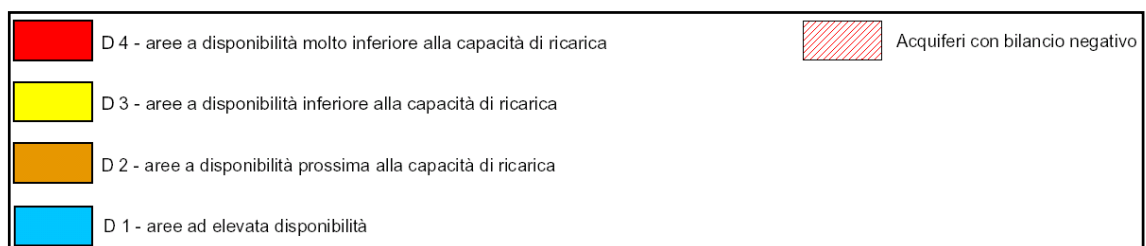
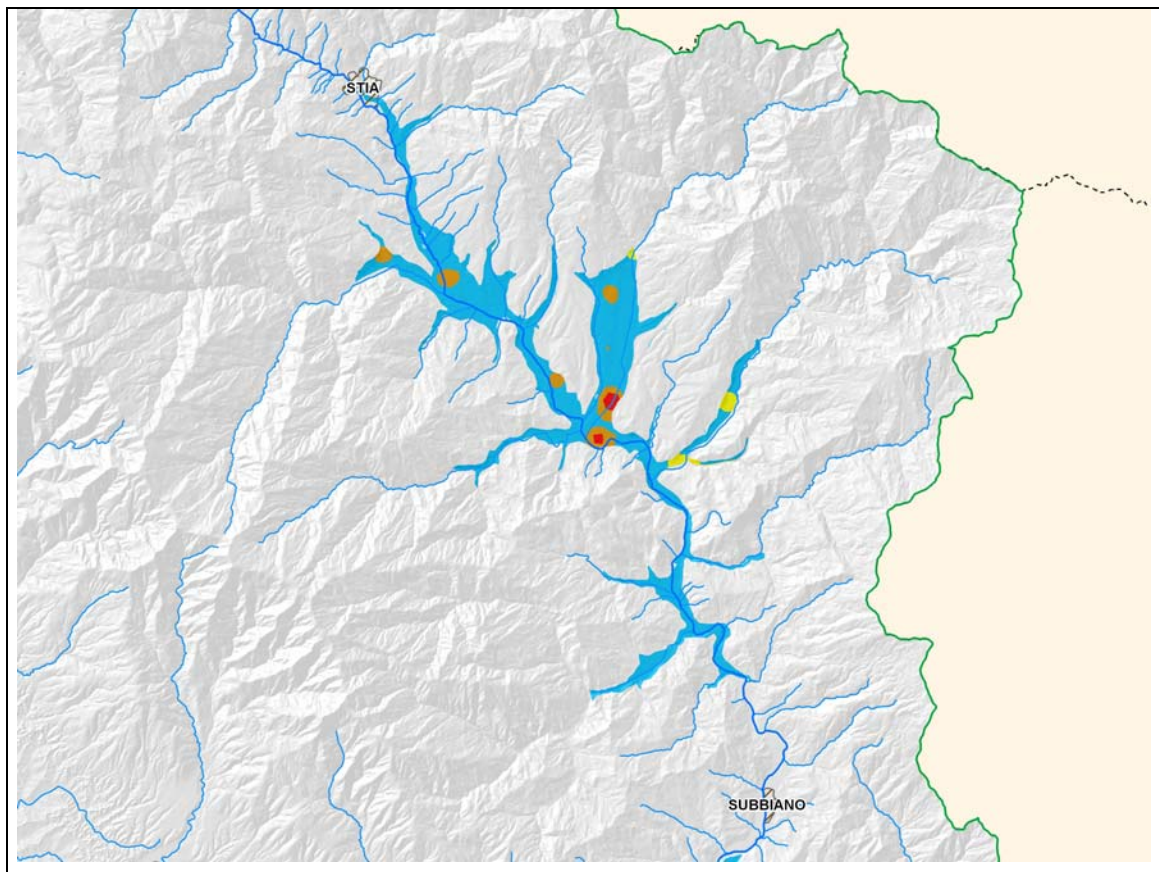
Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci alla scala 1:25.000 relativi alla zonazione dell'acquifero del Casentino ed integralmente riportati nell'Atlante cartografico.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero del Casentino**

Stralci	n.	1	2	3	4	5
---------	----	---	---	---	---	---



**Acquifero della VALDICHIANA****A 02**

Il bacino della Val di Chiana si estende per circa 1300 km<sup>2</sup> nella parte orientale della Toscana, fra le province di Arezzo e Siena. Esso ricopre una lunghezza di circa 57 Km per una larghezza di circa 20 Km. La parte centrale del bacino (fondovalle pianeggiante e poggi e ripiani intermedi) presenta una altitudine media compresa fra i 230 ed i 320 m s.l.m. ed una estensione di circa 850 km<sup>2</sup>.

L'evoluzione strutturale che ha prodotto l'attuale morfologia del territorio ha avuto origine verso la fine del Pliocene. A partire da questo periodo, il bacino si è evoluto secondo un modello tettonico ad horst e graben, con dislocazioni particolarmente attive ai bordi e nella parte centrale del bacino.

Nell'Olocene si è avuta l'ultima fase di colmamento da parte dei depositi recenti, sia nell'ambito delle depressioni vallive principali che in quelle secondarie a ridosso dei margini del bacino.

I terreni affioranti nel territorio studiato sono discretizzabili dall'alto in basso come di seguito esposto:

- . successione continentale, comprendente le formazioni oloceniche, attuali e recenti
- . formazioni fluvio lacustri (pleistocene)
- . successione marina (pliocene)
- . formazioni pre - plioceniche

Successivamente alla deposizione dei sedimenti fluvio – lacustri, il bacino subì un sollevamento, con valori massimi alla sua estremità sud orientale. Il perdurare delle fasi di sollevamento finì per provocare l'inversione del corso della Chiana con la conseguente cattura da parte dell'Arno dopo un periodo di incertezza idrografica.

La distribuzione asimmetrica dell'età dei sedimenti (più giovani da W ad E) ed il loro spessore (maggiore ad E), unitamente alle potenti conoidi sviluppatesi esclusivamente sul lato est può confermare la presenza di una master fault bordiera sul lato orientale.

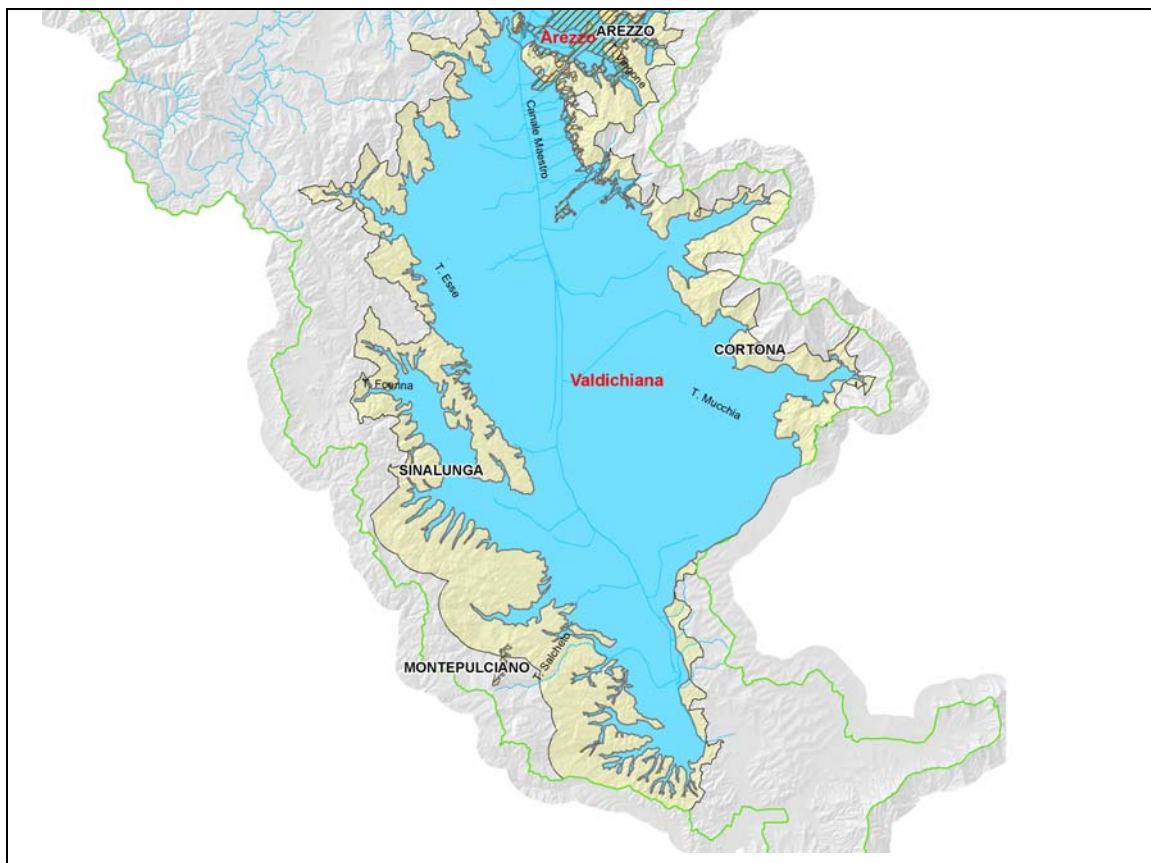
Il bilancio della Valdichiana è stato redatto per agli acquiferi confinati appartenenti ai depositi fluviolacustri e ai depositi superficiali alluvionali.

Le aree di ricarica sono quelle relative agli affioramenti delle arenarie dei margini nord occidentali e nord orientali ed agli affioramenti di sabbie plioceniche nella zona sud orientale del bacino della Chiana.

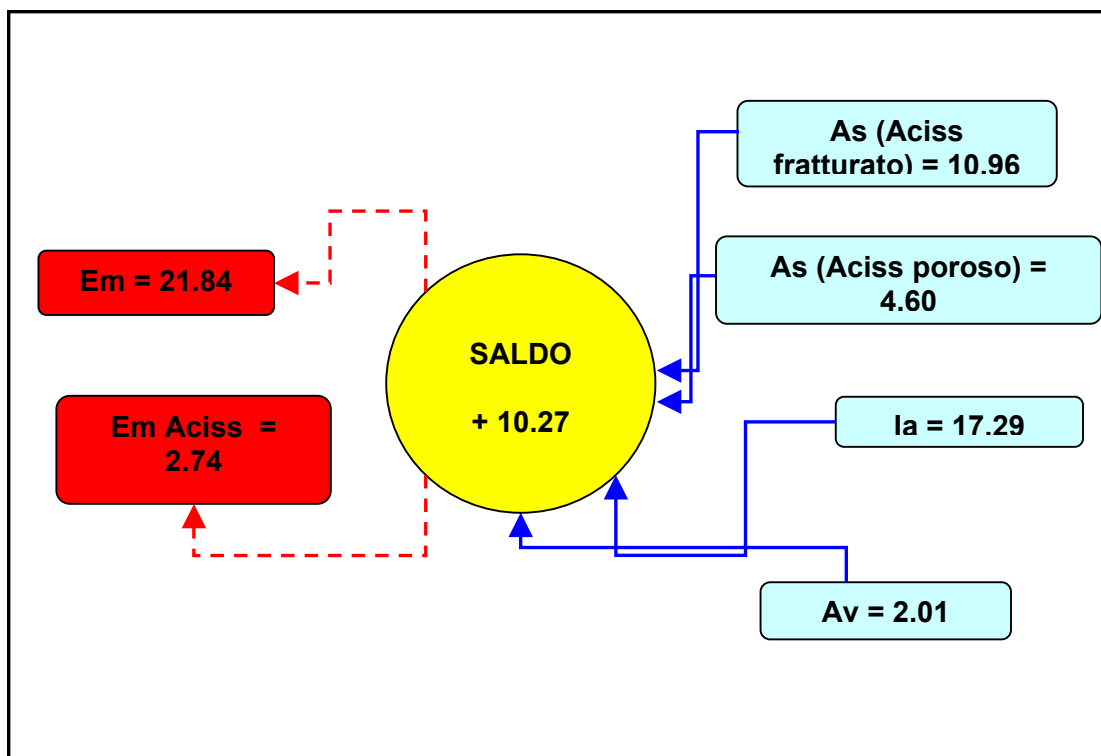
Per quanto riguarda l'infiltrazione areale è stata distinta quella diretta, relativa ai depositi fluviolacustri e dei conoidi, da quella relativa ai termini granulometricamente più fini delle alluvioni, calcolata come rapporto fra il coefficiente d'infiltrazione delle alluvioni e quello delle argille.

L'equazione del bilancio da un saldo positivo; risulta in ogni caso importante evidenziare che la ricarica per unità di superficie risulta assai modesta (circa 54.000 mc/kmq).





Acquifero della Valdichiana ed aree di ricarica



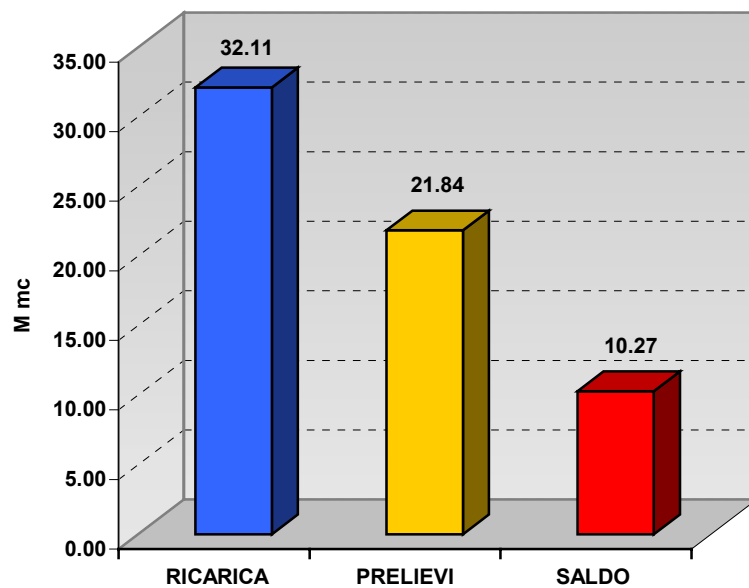
Schema del bilancio (in Mmc/anno)

VALDICHIANA 593,95 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			17.29
Apporti sotterranei (Aciss fratt. + Aciss por. – Em Aciss)			12.81
Apporti dai versanti			2.01
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>32.11</b>
<b>prelievi</b>	acquedottistico	3,27	<b>- 21.84</b>
	domestico	3,92	
	irriguo	13,67	
	produttivo	1,03	
	servizi	0,97	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 21.84</b>
<b>SALDO</b>			<b>10.27</b>

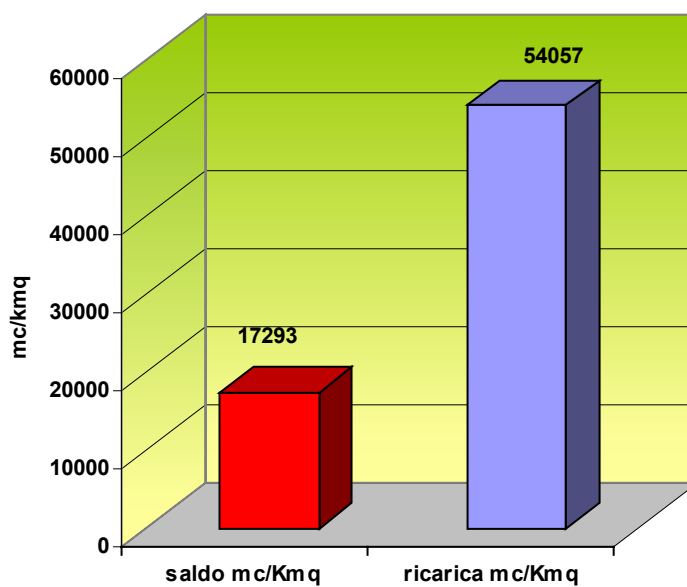
La valutazione approssimativa della riserva idrica contenuta nei depositi alluvionali è stata ottenuta moltiplicando lo spessore medio dell'acquifero per la porosità efficace derivante da una stima delle descrizioni litostratigrafiche.

Dalla ricostruzione dell'acquifero tridimensionale lo spessore dell'acquifero confinato risulta di circa 12 metri. Nella parte aretina è stato considerato un acquifero monostrato, con spessore medio di circa 12 metri, al quale si è attribuita una porosità efficace dell'8% mentre nella parte senese è stato distinto un acquifero superiore, spesso in media 6 metri, cui si è attribuita una me del 6%, ed uno profondo, che presenta uno spessore medio di circa 7 metri, cui è stata assegnata un me del 10%.

Utilizzando questi valori si è stimato un volume di riserva idrica di 549,76 Mmc.



Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

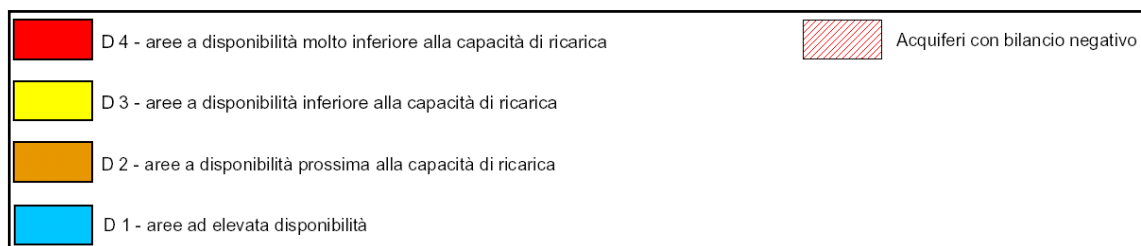
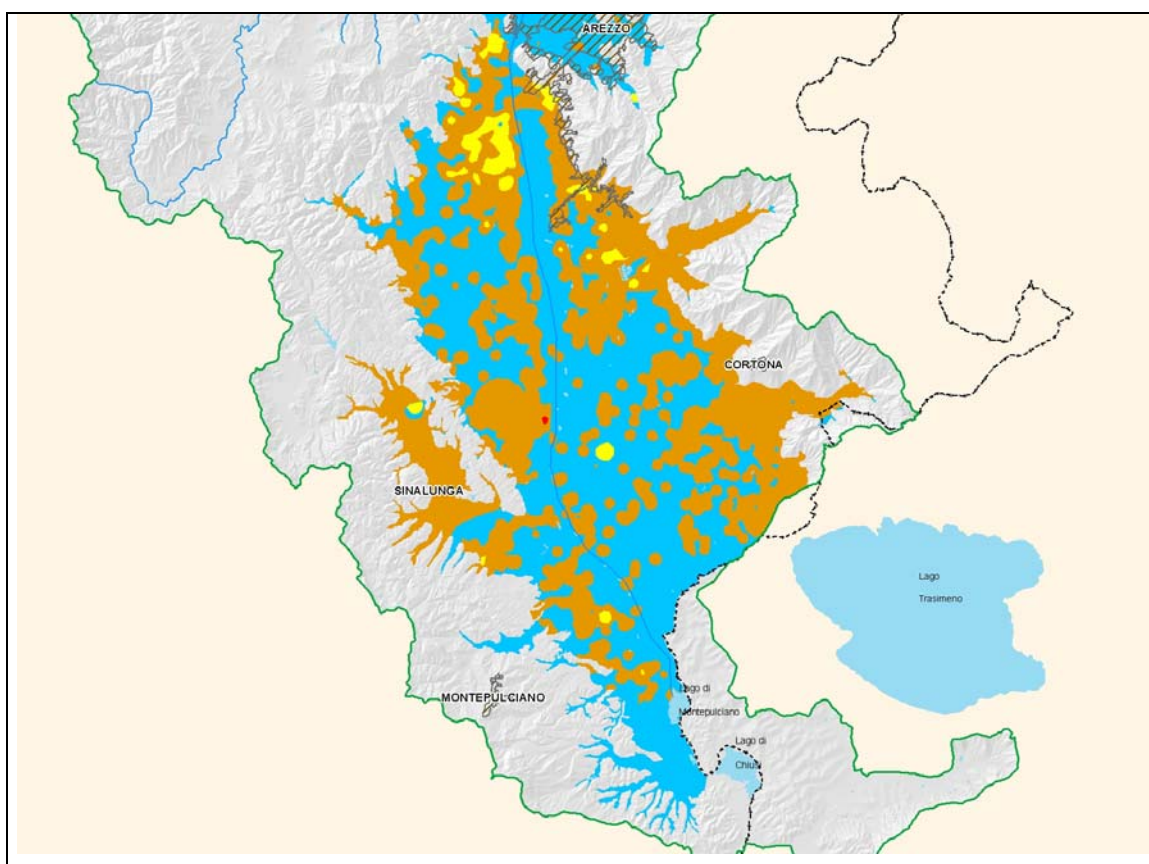


Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci alla scala 1:25.000 relativi alla zonazione dell'acquifero della Valdichiana ed integralmente riportati nell'Atlante cartografico.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero della Valdichiana**

Stralci	n.	7	8	9	10	11	12
		13	14	15	16	17	18
		19	20	21			



**Acquifero della PIANURA DI AREZZO**

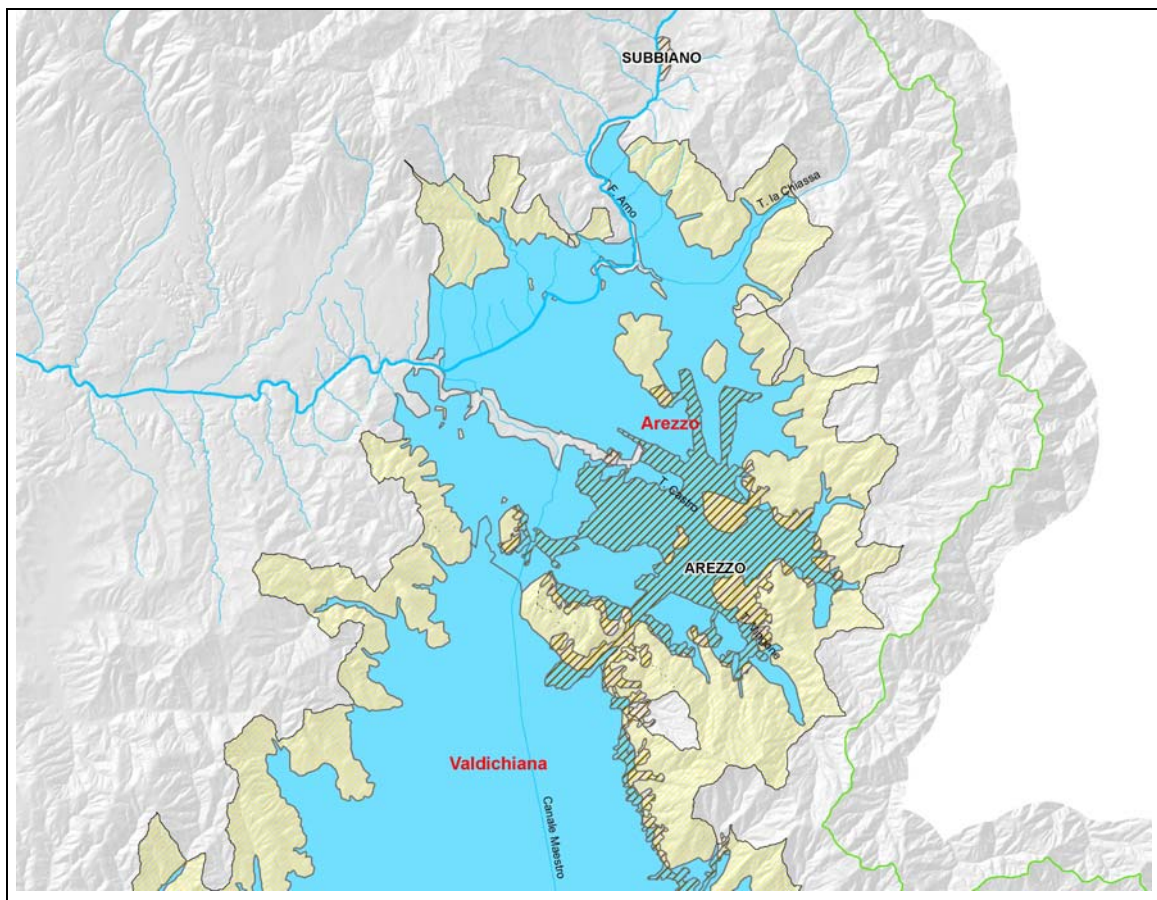
**A 03**

La geologia della zona di Arezzo è caratterizzata dalle pianure fluvio-lacustri pleistoceniche del bacino di Arezzo e della Chiana, circondate da rilievi collinari e dorsali montuose costituite prevalentemente dalle rocce turbiditiche arenacee e marnose delle Arenarie del Cervarola.

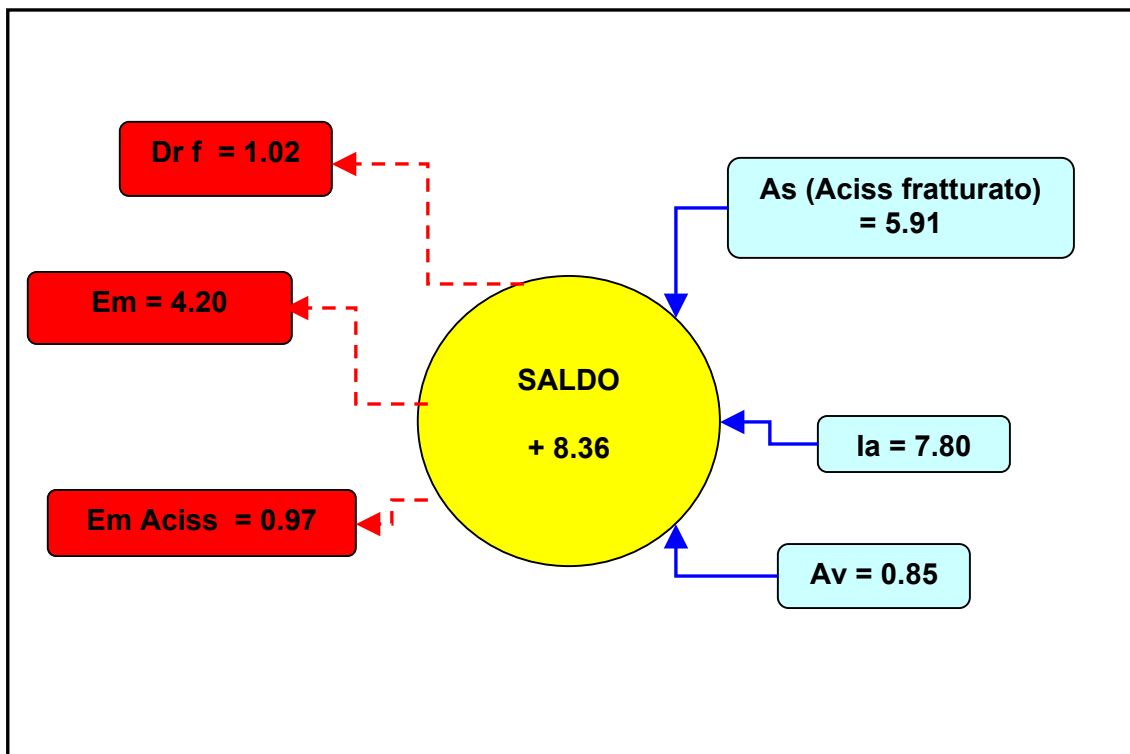
Nella pianura di Arezzo esiste una falda superficiale freatica attestata nelle alluvioni recenti in genere scarsamente produttiva. Il principale livello acquifero è costituito dai Ciottoli del Maspino, sfruttato da pozzi profondi mediamente 25÷30 m, livello acquifero che presenta nell'area di Quarata una buona produttività idrica

La valutazione della riserva idrica nell'acquifero principale è basata sulle litostratigrafie raccolte ed elaborate dall'Autorità di Bacino, da cui risulta uno spessore medio di 12,20 metri; con tale spessore ed assumendo una porosità efficace del 10% (in considerazione della presenza di una matrice limosa in una parte della formazione) la riserva è stata valutata in 101,91 Mmc.

La ricarica per unità di superficie risulta pari a 162.315 mc/Kmq

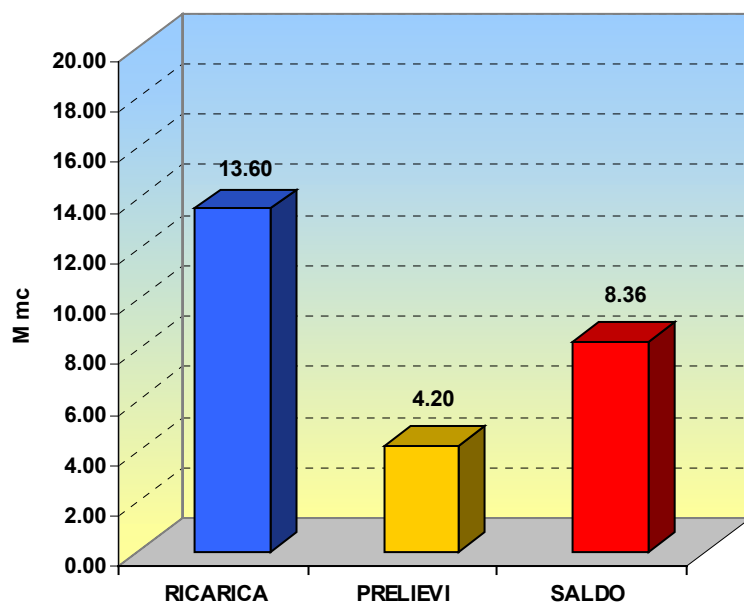


Acquifero di Arezzo con evidenziate le aree di ricarica

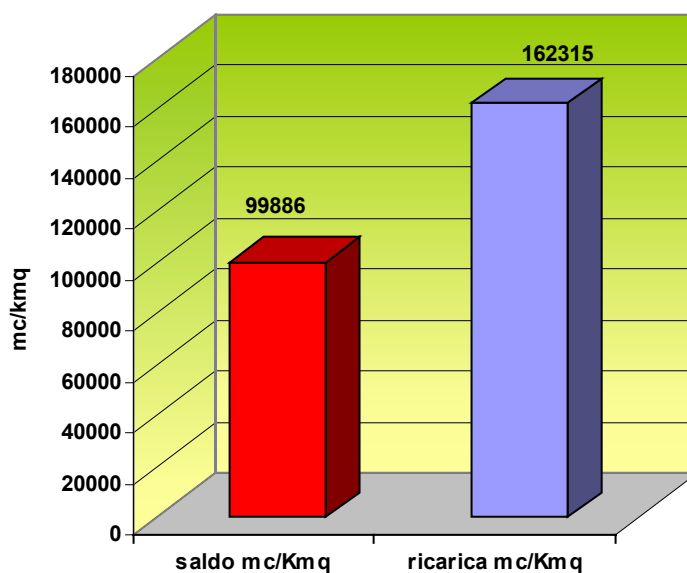


Schema concettuale del bilancio (in Mmc/anno)

PIANURA DI AREZZO 83,69 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			7.80
Apporti sotterranei (Aciss fratt. – Em Aciss)			4.93
Apporti dai versanti			0.85
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>13.58</b>
Drenaggio dai fiumi			- 1.02
<b>prelievi</b>	acquedottistico	1,00	<b>- 4.20</b>
	domestico	1,33	
	irriguo	1,40	
	produttivo	0,35	
	servizi	0,12	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 5.22</b>
<b>SALDO</b>			<b>8.36</b>



Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



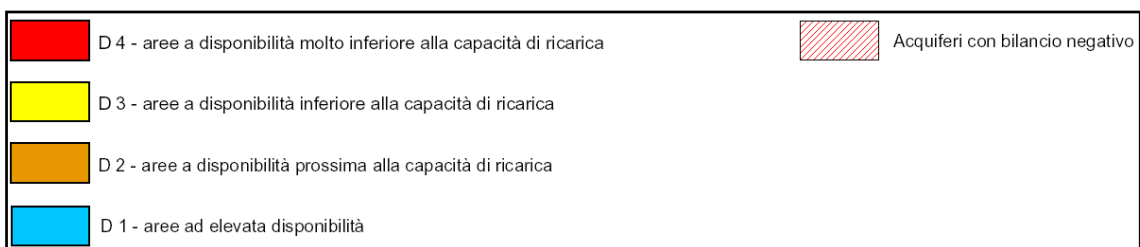
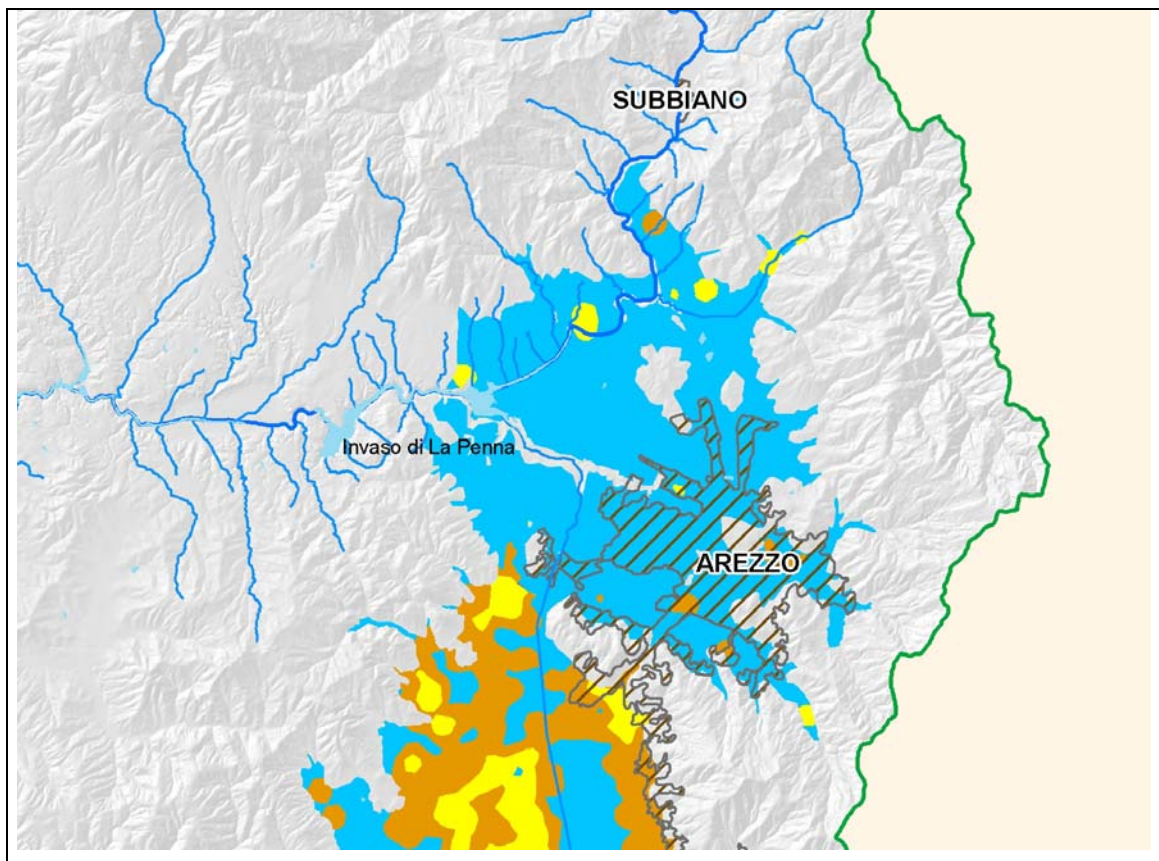
Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci alla scala 1:25.000 relativi alla zonazione dell'acquifero della Pianura di Arezzo ed integralmente riportati nell'Atlante cartografico.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero della pianura di Arezzo**

Stralci	n.	6	7	8	9	10
---------	----	---	---	---	---	----





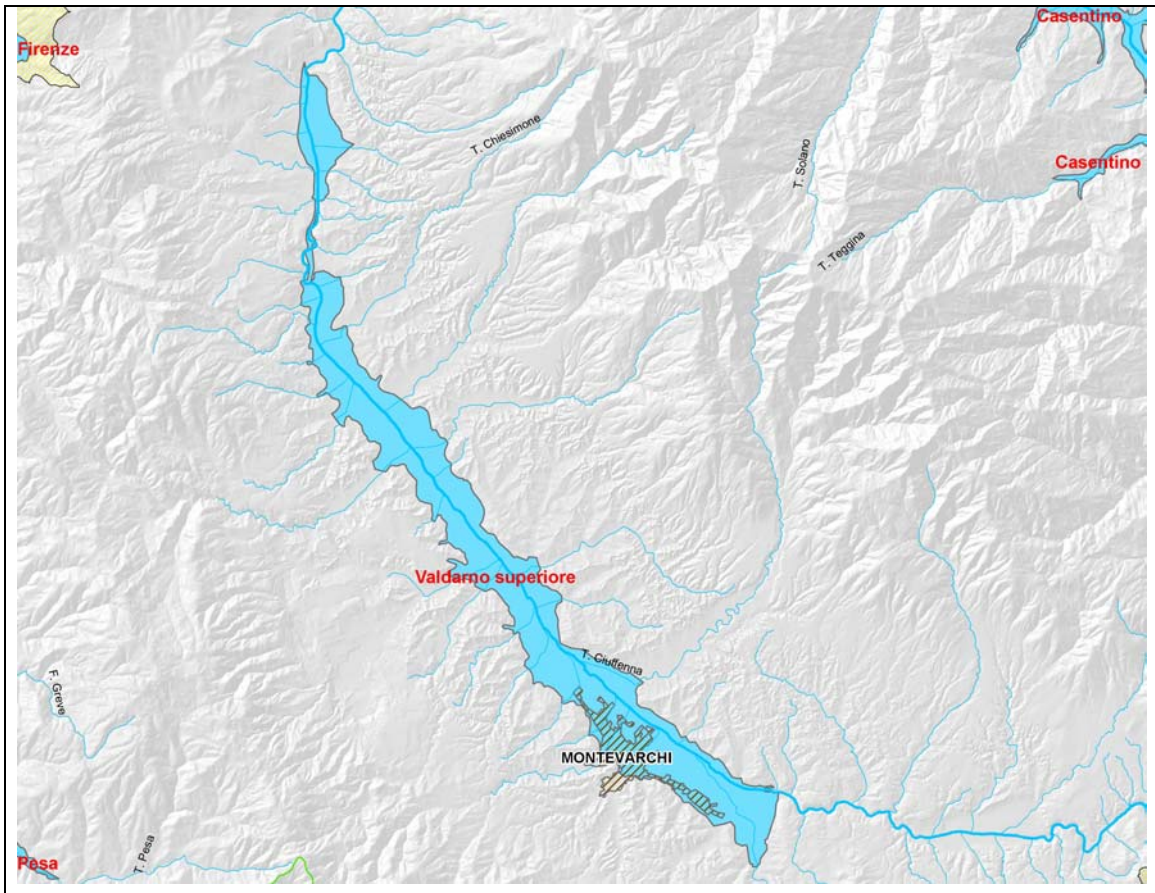
**Acquifero del VALDARNO SUPERIORE****A 04**

Il Valdarno superiore è una valle intrappenninica delimitata a NE dal Pratomagno e a SW dai Monti del Chianti, solcata dall'Arno, che vi entra nella piana di Arezzo e ne esce a Rignano con un percorso di poco più di 50 Km.

Al di sopra del substrato composto dai sedimenti fluviolacustri pliocenici e dalle formazioni rocciose del Macigno e delle Arenarie del M. Cervarola e del Pratomagno, si sviluppano i depositi alluvionali che si sviluppano per una larghezza media di circa 1,5 km, costituiti nella maggior parte da ciottoli, ghiaie e sabbie, con poche lenti di limo; lo spessore massimo è di 15 metri (Francalanci e al., 1988; Gabbani e al., 1989).

La differenziazione geologica e litologica fra le formazioni del bacino e quelle dei fianchi, determinano situazioni idrogeologiche variabili. I meccanismi di circolazione idrica nelle formazioni rocciose antiche del substrato e dei fianchi (permeabilità secondaria per fratturazione) sono completamente diversi da quelli presenti nei depositi recenti e attuali e nel complesso fluvio lacustre, la cui permeabilità è primaria per porosità.

La falda freatica costituente l'acquifero è contenuta nei depositi alluvionali recenti di fondo valle. Le ghiaie di tale orizzonte costituiscono un discreto acquifero, a dispetto dello spessore complessivamente non alto (massimo 15 metri), ma dotato di una permeabilità medio alta ( $10^{-3}$  -  $10^{-4}$  m/s) e ben alimentato sia dalle acque piovane che dal subalveo dell'Arno e dei suoi affluenti.

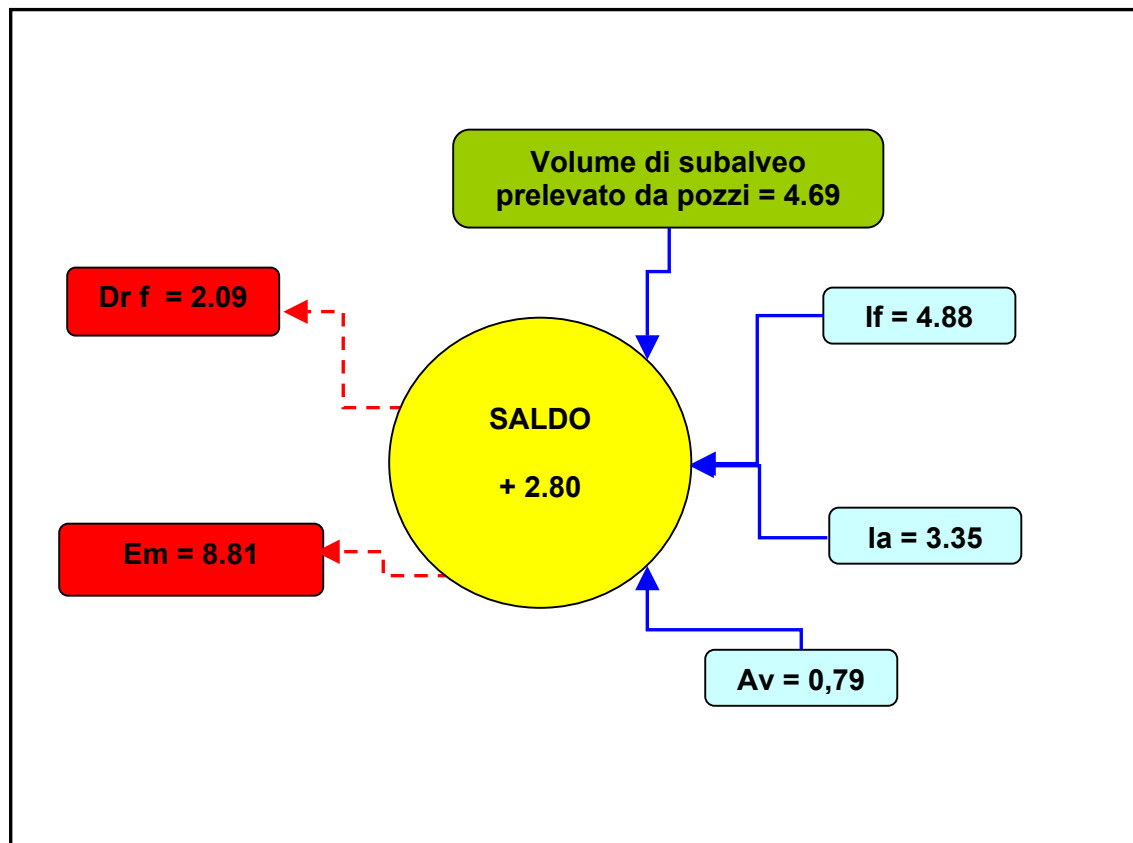


*Acquifero del Valdarno Superiore*

Gli altri termini dell'equazione sono l'infiltrazione areale e gli apporti dai versanti; le formazioni incassanti vengono considerate impermeabili, con flusso nullo in entrata verso l'acquifero.

La ricarica per unità di superficie è di 230.656 mc/Kmq

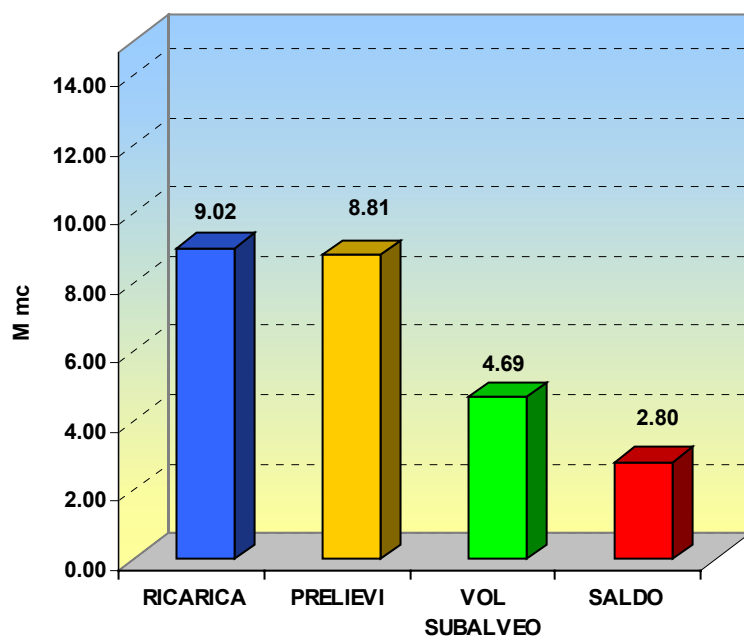
Il volume della riserva idrica nei depositi alluvionali è stato calcolato con buona approssimazione sulla base delle isopache dell'acquifero. La riserva risulta di 36,18 Mmc.



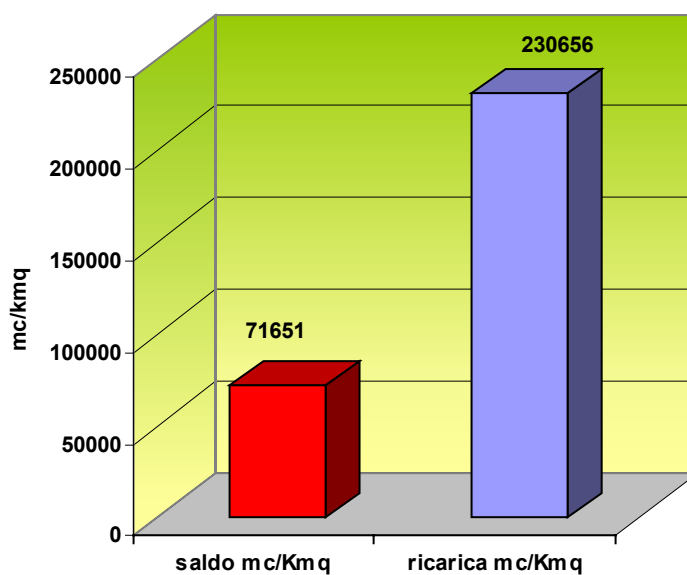
Schema del bilancio (in Mmc/anno)

VALDARNO SUPERIORE 39,11 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			3.35
Apporti dai versanti			0.80
Infiltrazione dagli alvei			4.88
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>9.02</b>
<b>Volume di subalveo prelevato da pozzi</b>			<b>4.69</b>
Drenaggio dei fiumi			- 2.09
<b>Prelievi</b>	acquedottistico	5,36	
	domestico	0,73	
	irriguo	1,73	<b>- 8.81</b>
	produttivo	0,85	
	servizi	0,15	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 10.90</b>
<b>SALDO</b>			<b>2.80</b>





Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



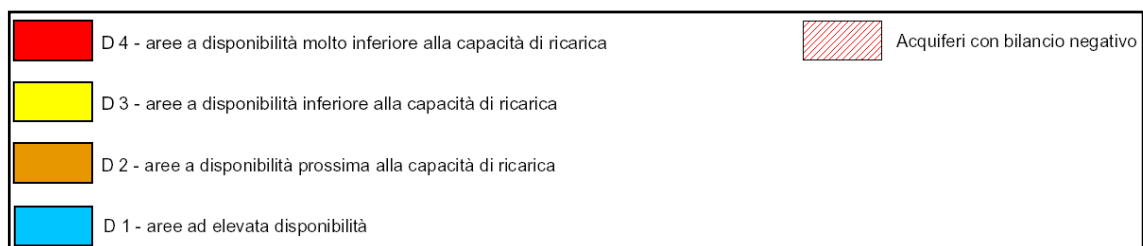
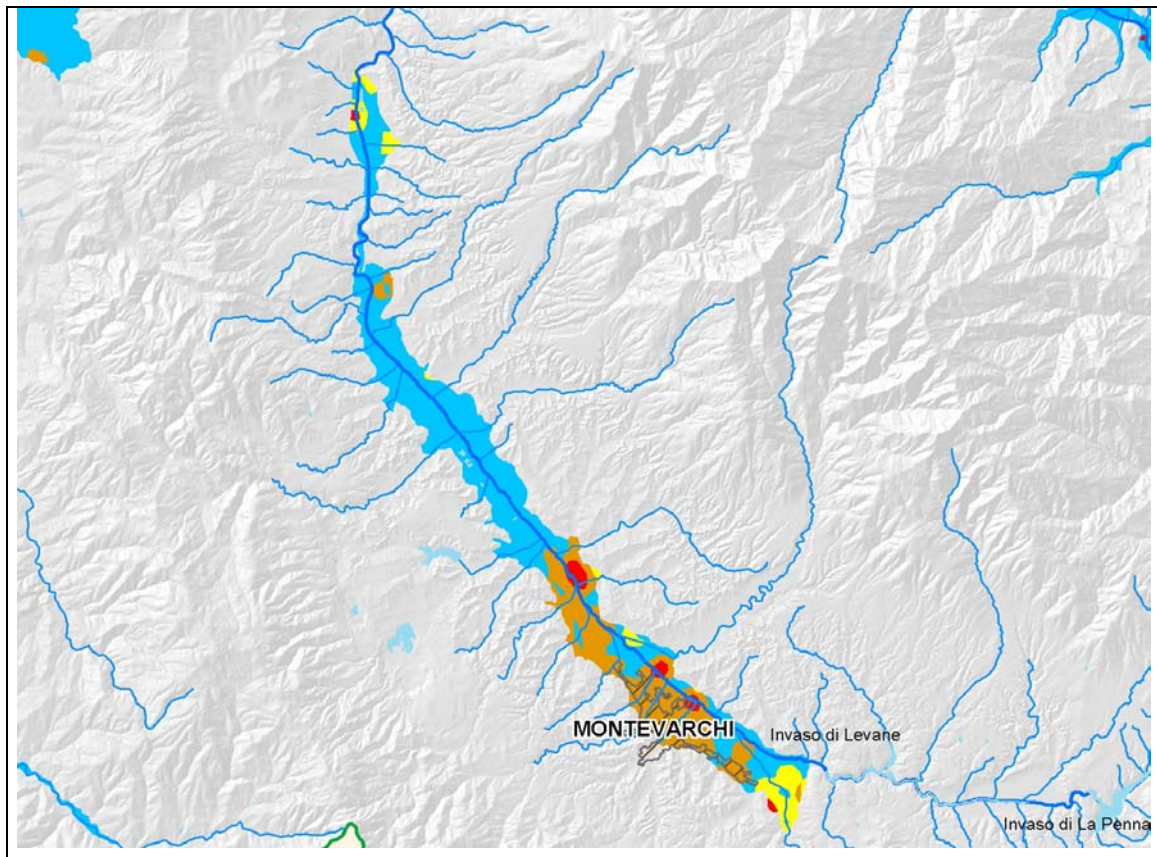
Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero del Valdarno Superiore ed integralmente riportati in cartografia.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero del Valdarno Superiore**

Stralci	n.	28	29	30	31		
---------	----	----	----	----	----	--	--



**Acquifero del MUGELLO****A 05**

La pianura alluvionale del Fiume Sieve si trova all'interno della conca del Mugello che deriva da un bacino lacustre di età villafranchiana, disposto parallelamente alle direttrici appenniniche (NW-SE).

La sua formazione sembra essere stata causata da movimenti tettonici distensivi di età pliocenica, successivi alle fasi parossistiche dell'orogenesi appenninica. Risulta costituita da un livello superficiale prevalentemente sabbioso limoso; tale strato, con potenza variabile di 3-4 m, poggia su un livello formato da lenti di ghiaie e ciottolami in matrice sabbiosa dello spessore variabile tra 4 e 6 m. Tali depositi affiorano al piede delle sponde che delimitano l'alveo. I depositi fluviali poggiano in discordanza su quelli lacustri che affiorano, generalmente coperti da sottili depositi colluviali, lungo i versanti di raccordo fra le superfici terrazzate. I depositi alluvionali di piena ordinaria, presenti nell'alveo del F. Sieve, sono anch'essi costituiti da alternanze di ghiaie, ciottolami e lenti sabbiose.

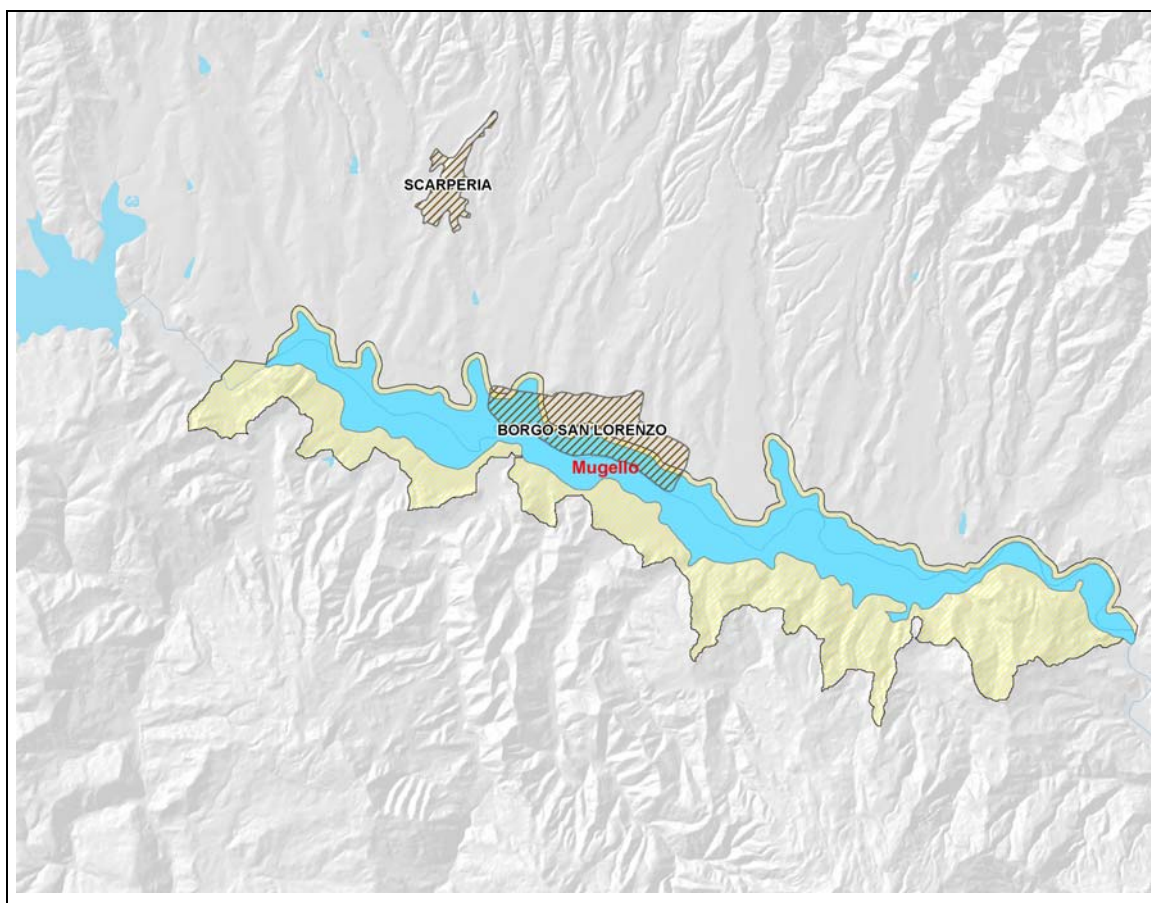
I depositi alluvionali olocenici, sebbene con grado diverso, sono caratterizzati da una permeabilità primaria legata alla porosità interstiziale. Nell'area indagata è presente una falda libera contenuta nel livello di ciottolami in rapporto diretto con il F. Sieve. I depositi lacustri sono invece costituiti da argille e limi pseudocoerenti che risultano praticamente impermeabili per l'alta capacità di ritenzione.

I termini del bilancio sono infiltrazione areale, apporti dai versanti, apporti sotterranei dalle formazioni incassanti sia fratturate che porose. Molto importanti sono i rapporti fiume falda: in condizioni naturali la Sieve, nel suo complesso, drena la falda, mentre in condizioni modificate dal regime dai prelievi, l'apporto di acque superficiali risulta determinante.

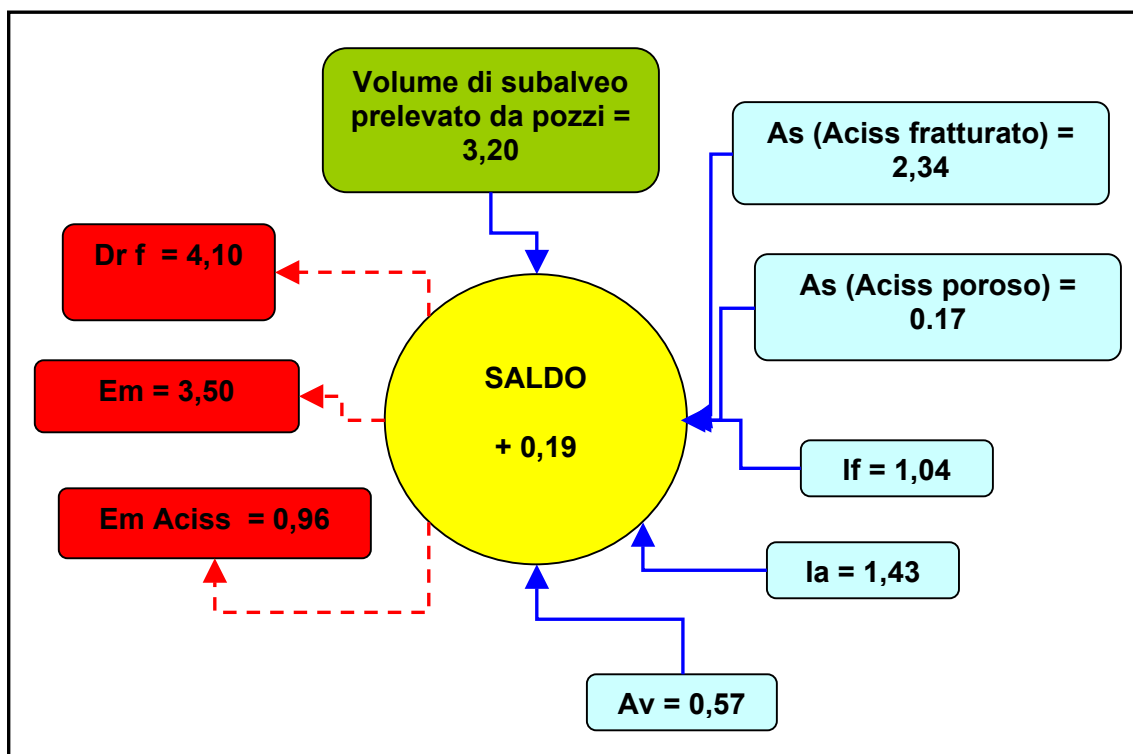
Ai fini del bilancio costituisce elemento favorevole allo stato della falda la regimazione delle portate di magra della Sieve conseguente alla realizzazione dell'invaso di Bilancino che ha prodotto un aumento dell'infiltrazione in alveo, della quale hanno beneficiato, ad esempio, i pozzi dell'acquedotto di Borgo San Lorenzo.

La ricarica specifica risulta di 352.484 mc/Kmq, il saldo di bilancio è praticamente in pareggio (0,19 Mmc) con un saldo % (ricarica totale / saldo) del 3,40 %.

La valutazione della riserva, pari a 7,8 Mmc, è stata ottenuta assumendo uno spessore medio dell'acquifero saturo pari a 4 metri (valutazione di massima, in assenza di una ricostruzione della geometria dell'acquifero) moltiplicato per la me del 15%.

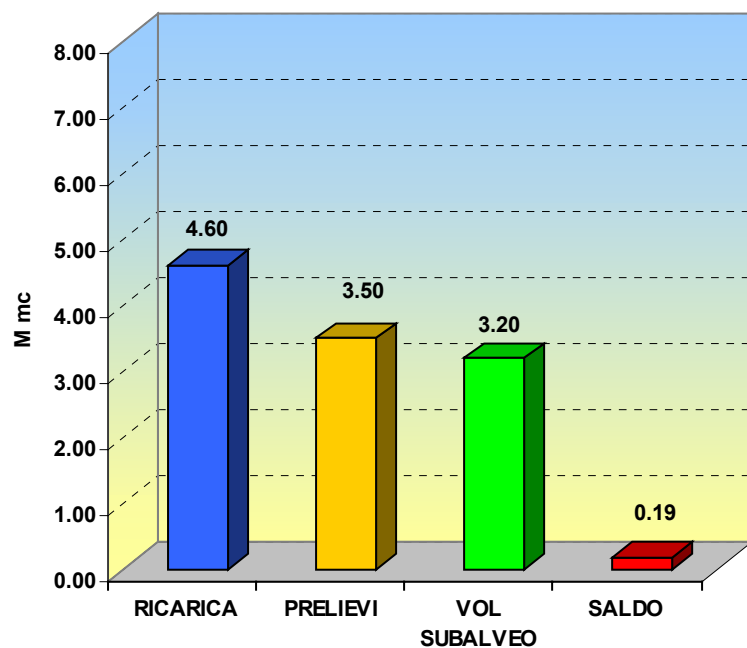


Acquifero del Mugello con evidenziate le aree di ricarica

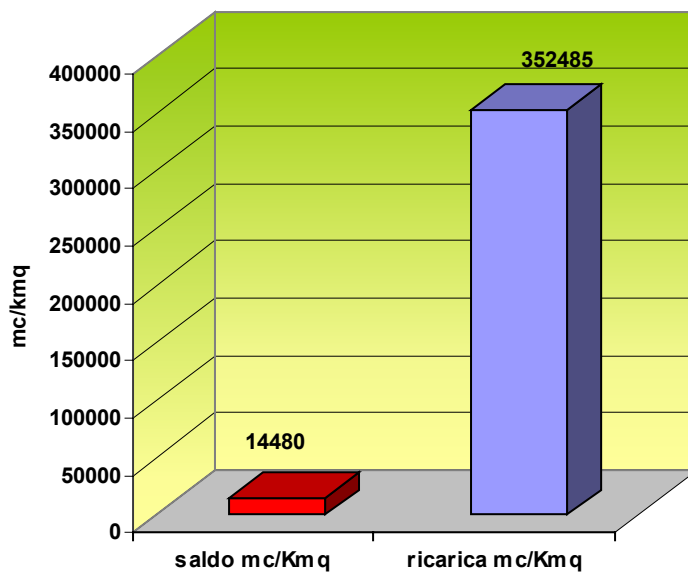


Schema del bilancio (in Mmc/anno)

MUGELLO 13,03 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			1.43
Apporti sotterranei			1.55
Apporti dai versanti			0.57
Infiltrazione dai fiumi			1.04
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>4.60</b>
<b>Volume di subalveo prelevato da pozzi</b>			<b>3.20</b>
Drenaggio dai fiumi			- 4.10
<b>prelievi</b>	acquedottistico	3,31	<b>- 3.50</b>
	domestico	0,03	
	irriguo	0,09	
	produttivo	0,07	
	servizi	0,00	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 7.60</b>
<b>SALDO</b>			<b>0.19</b>



Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

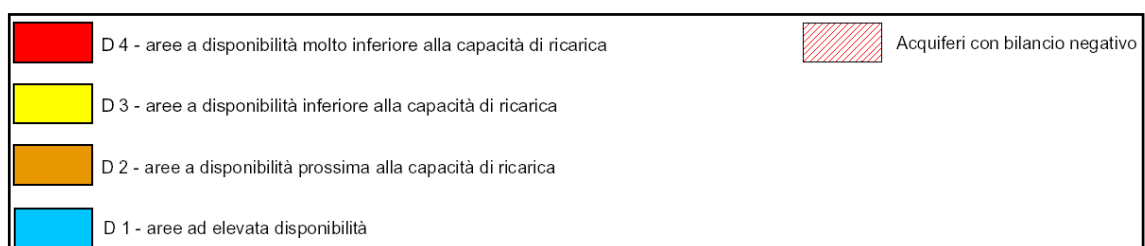
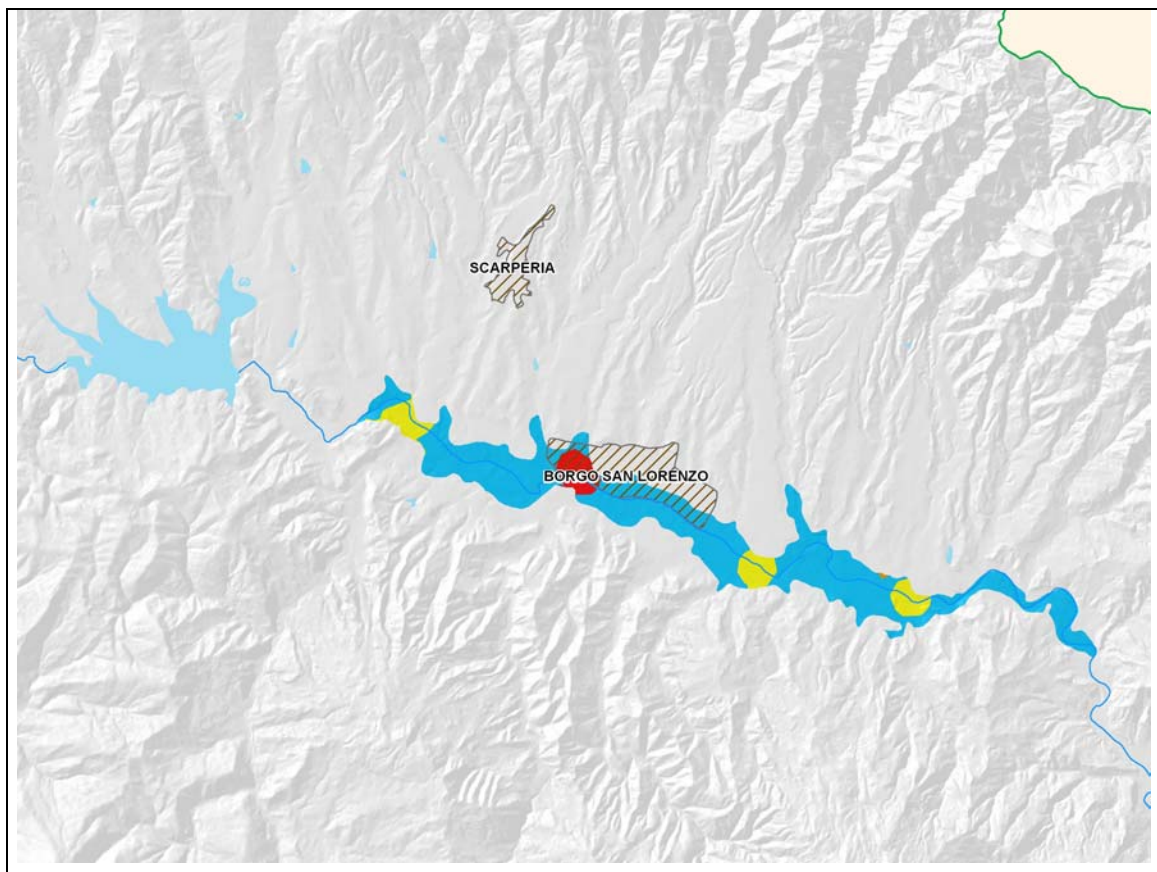


Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci alla scala 1:25.000 relativi alla zonazione dell'acquifero del Mugello ed integralmente riportati nell'Atlante cartografico.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero del Mugello**

Stralci	n.	32	33				
---------	----	----	----	--	--	--	--



**Acquifero della PIANURA DI FIRENZE****A 06**

La pianura di Firenze-Prato-Pistoia rappresenta l'evoluzione di un bacino lacustre, nel quale si sono accumulati fino a 600 metri di sedimenti.

L'unità paleogeografica ha una forma allungata con l'asse maggiore orientato NW-SE ed è costituita da uno spessore variabile di depositi fluvio-lacustri non litificati, sedimentatisi entro una fossa tettonica, la cui formazione è connessa con le fasi distensive post-parossistiche dell'orogenesi appenninica (Pliocene).

Il bacino lacustre presenta la sua profondità massima nella zona tra Campi Bisenzio e Calenzano (500-550 m); minori profondità si sono riscontrate tra Prato e Pistoia (400-450 m); la profondità minima caratterizza il centro storico di Firenze (50 m).

L'emissario di questo antico lago era probabilmente ubicato alla stretta della Gonfolina: i principali immissari erano costituiti da un paleo-Ema nella conca di Firenze, dall'Ombrone all'estremo opposto del bacino e dal Bisenzio nella sua parte centrale.

Il progressivo abbassamento del fondo del lago era compensato dal forte trasporto solido dei corsi d'acqua, in considerazione del fatto che l'area appenninica di provenienza era in forte sollevamento e quindi in accentuata erosione.

Ulteriori faglie, trasversali all'asse maggiore (localizzate lungo l'asse Castello-Scandicci) interessarono il substrato pre-lacustre, causando il sollevamento (di circa 150-200 m) della conca di Firenze rispetto al resto del bacino.

Nella pianura così prosciugata si instaurò un reticolo idrografico il cui corso principale sfociava nel lago residuo in corrispondenza delle Cascine, formando una pseudocoide (argille con inclusioni ghiaiose derivanti dallo smantellamento dei precedenti sedimenti lacustri) che si estendeva verso Osmannoro e Campi Bisenzio. Ciò causò un raccorciamento dell'area occupata dal lago, che veniva così ad essere delimitato a Sud-Est dall'allineamento Castello-Scandicci.

Nel restante bacino di Prato-Pistoia, invece, continuò senza soluzione di continuità la deposizione lacustre fino al totale colmamento.

Nella successiva fase alluvionale si instaurò un reticolo idrografico facente capo all'Arno che, con numerosi cicli di erosione e deposizione (che seguirono il ritmo delle glaciazioni quaternarie), rimaneggiò l'originaria superficie depositandovi una spessa coltre di sedimenti sciolti.

Questi ultimi, provenienti in prevalenza dalle sponde appenniniche settentrionali, erano in genere a granulometria grossolana in prossimità dei corsi d'acqua o entro gli alvei, ed a granulometria decisamente più fine nelle zone più distali.

L'ultima fase evolutiva del bacino vide l'instaurarsi di estese zone palustri, specialmente ai margini della pianura neoformata ed in prossimità dei corsi d'acqua principali, alcune delle quali perdurarono fino in epoca storica. In tali ambienti di bassa energia si depositarono sedimenti fini con intercalazioni torbose.

Gli acquiferi principali corrispondono ai depositi alluvionali recenti dell'Arno nella pianura di Firenze, nonché ai paleoconoidi del Bisenzio a Prato e dell'Ombrone a Pistoia.

L'acquifero di seguito descritto è quello contenuto nei depositi fluvio-lacustri del bacino del Medio Valdarno, fino al limite della provincia di Firenze con quella di Prato.

Le falde più produttive e utilizzate sono quelle presenti nelle ghiaie deposte dall'Arno nell'ultima fase sedimentaria importante (Orizzonti Firenze 2 e Firenze 3 di Capeccchi et

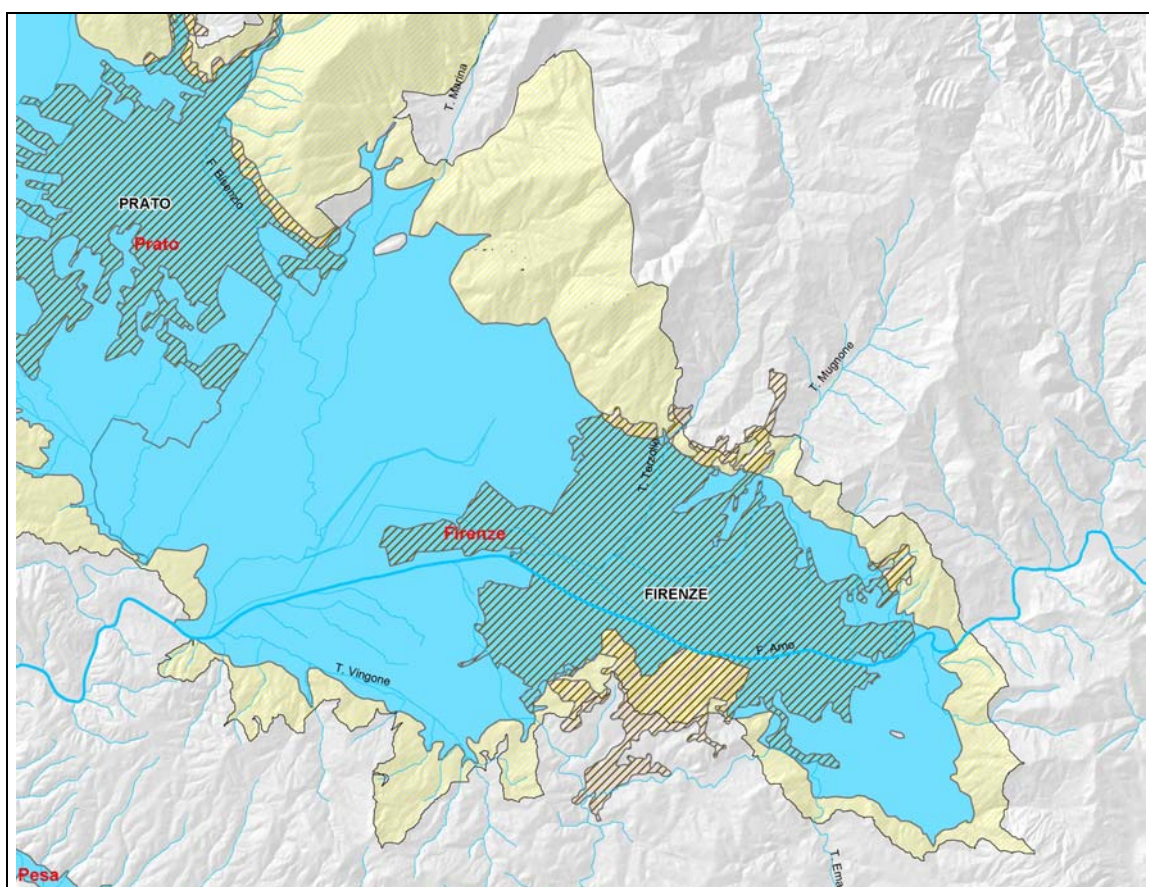


al., 1976); altre falde d'interesse sono quelle dei conoidi degli affluenti di destra dell'Arno, Mugnone, Terzolle, Rimaggio e Marina.

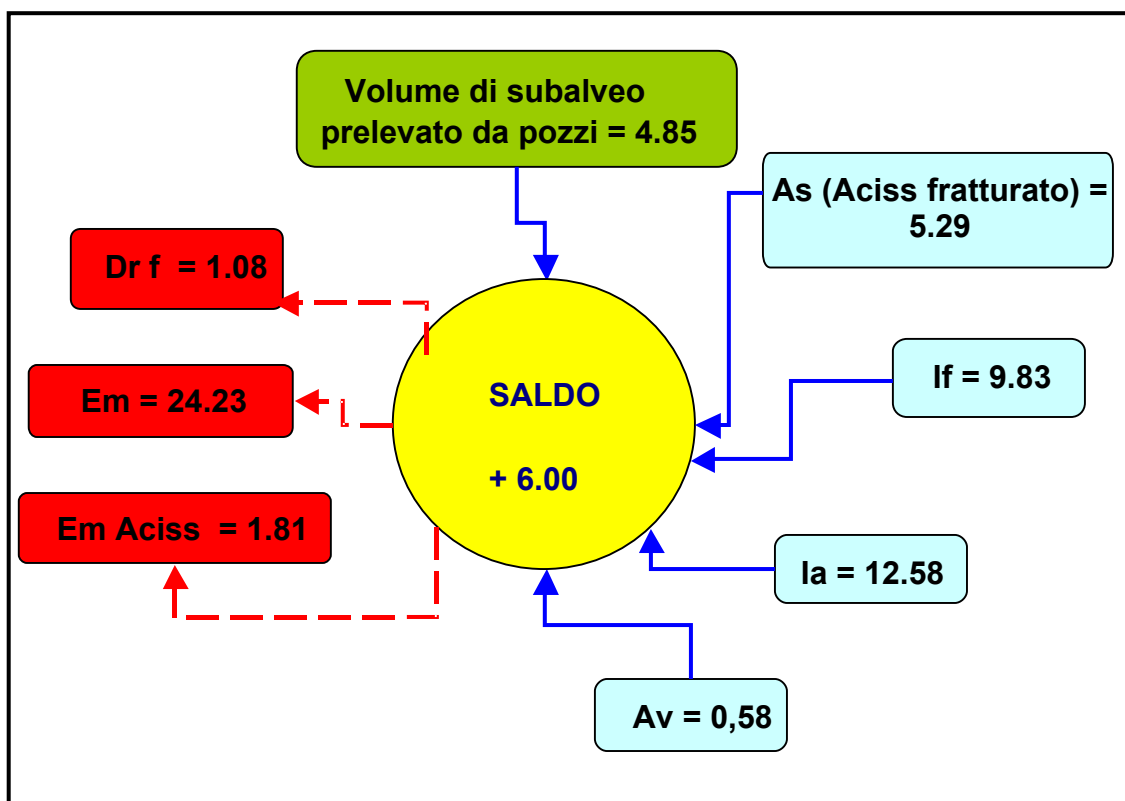
Si deve però rilevare che anche i livelli di ghiaie e sabbie dei depositi fluviolacustri più antichi (Orizzonte Firenze 4) sono sedi di falde confinate, sfruttate soprattutto da pozzi ad uso industriale dell'area compresa fra Osmannoro e Calenzano. Essendo impossibile, con i dati attuali, distinguere i prelievi da queste falde da quelli dalle falde alluvionali recenti, si è ritenuto di redigere il bilancio complessivo del sistema acquifero della pianura.

I termini di bilancio in entrata considerati, oltre all'infiltrazione areale e agli apporti dei versanti, sono gli apporti sotterranei dalle aree di ricarica e quelli dovuti al rapporto falda – fiume.

Il saldo di bilancio risulta positivo per circa 6.00 Mmc/anno



Acquifero della pianura di Firenze con evidenziate le aree di ricarica

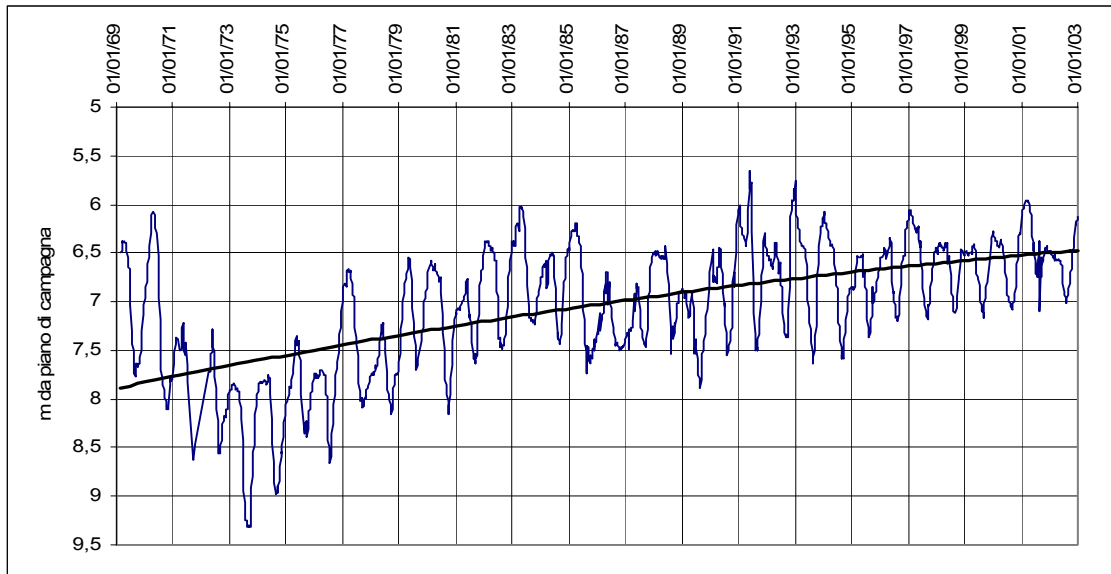


Schema del bilancio – (in Mmc/anno)

PIANURA DI FIRENZE 172,22 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			12.58
Apporti sotterranei			3.48
Apporti dai versanti			0.58
Infiltrazione dai fiumi			9.83
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>26.46</b>
<b>Volume di subalveo prelevato da pozzi</b>			<b>4.85</b>
Drenaggio dai fiumi			- 1.08
<b>prelievi</b>	acquedottistico	8,93	<b>- 24.23</b>
	domestico	2,15	
	irriguo	4,18	
	produttivo	8,28	
	servizi	0,70	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 25.31</b>
<b>SALDO</b>			<b>6.00</b>

Indicazioni sullo stato di sfruttamento della risorsa emergono confrontando i dati delle piezometrie storiche. Livelli idrici in abbassamento si registrano nell'area industriale compresa fra Osmannoro, Sesto e Calenzano. Al contrario, nell'area urbana di Firenze la falda risulta in riasalita (Fig. 1, Pranzini, 2003; Pranzini e De Rosa, 2003) per la chiusura dei pozzi dell'acquedotto alle Cascine e anche di pozzi privati.

Tale tendenza potrebbe essere tuttavia invertita a causa della forte crescita di richiesta di pozzi ad uso condizionamento dell'aria nel centro storico, fenomeno che potrebbe provocare un nuovo abbassamento freatico localizzato.



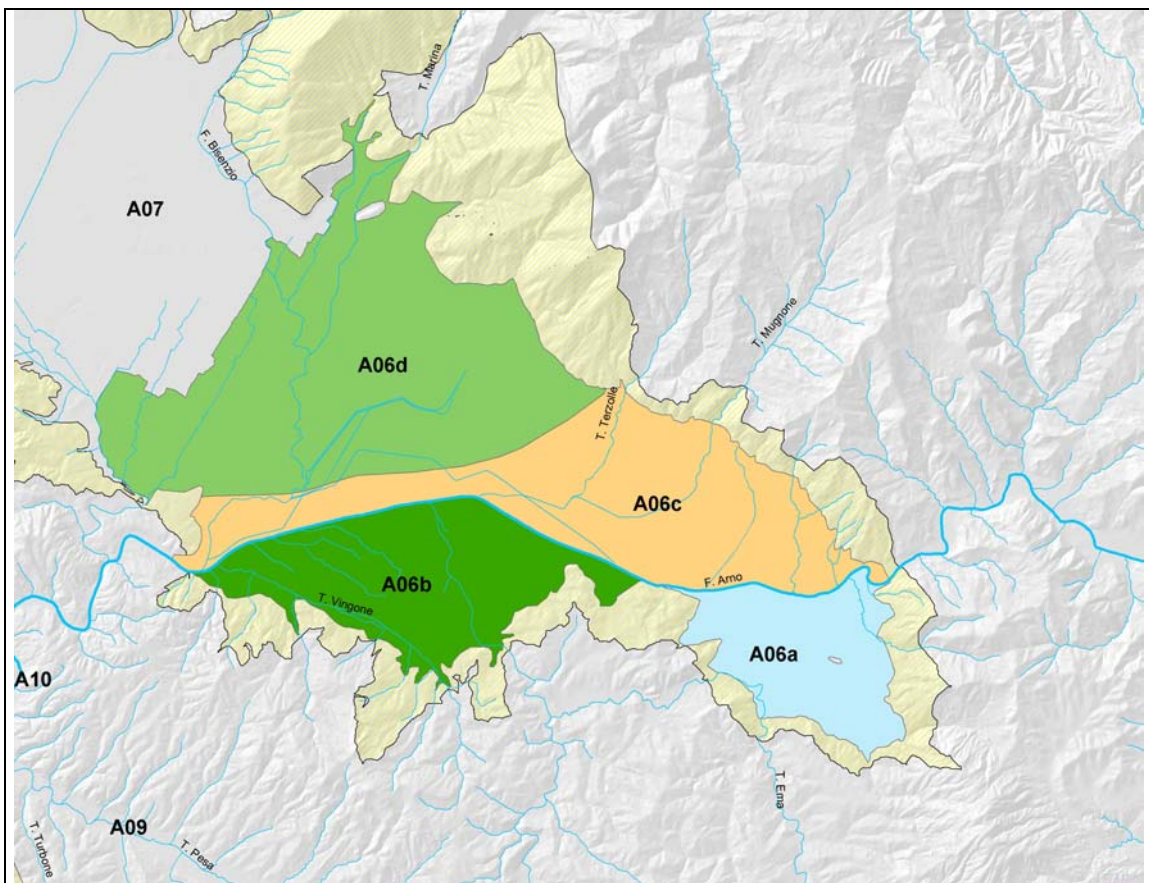
Livello settimanale al freatimetro di Piazza D'Azeglio (Firenze) con linea di tendenza.

La ricarica su unità di superficie è pari a 153.663 mc/Kmq.

La valutazione della riserva è stata fatta solo per l'area ricadente del comune di Firenze, per la quale è disponibile la piezometria relativa al febbraio 2002. Lo spessore dell'acquifero saturo è stato moltiplicato per la sua porosità efficace  $me = 15\%$ , ottenendo una riserva pari a circa 68,16 Mmc.

Per la restante parte della pianura i dati litostratigrafici disponibili non sono sufficienti per valutare, anche in maniera approssimativa, il volume degli acquiferi.

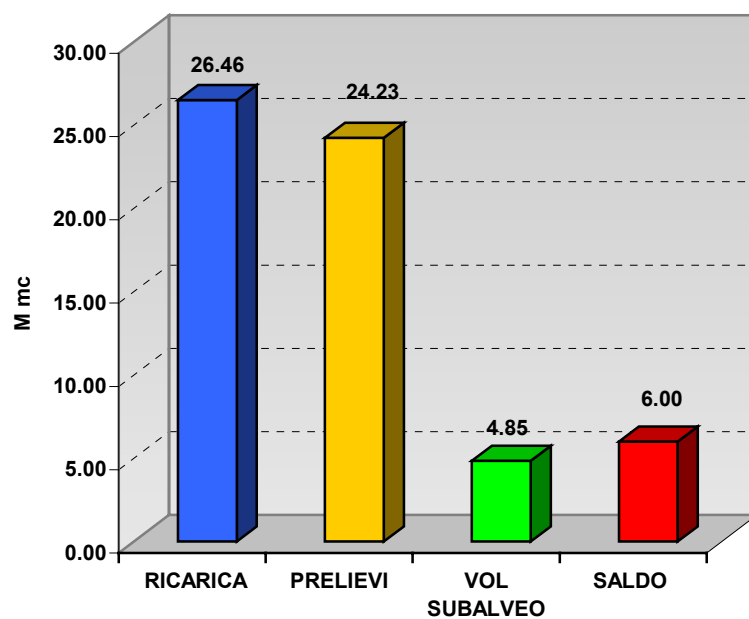
Per la zonazione delle disponibilità idriche si è suddiviso l'intero corpo idrico sotterraneo della pianura di Firenze in quattro settori omogenei per meccanismo di ricarica. I valori del bilancio complessivo sono stati ridistribuiti in funzione del settore di interesse.



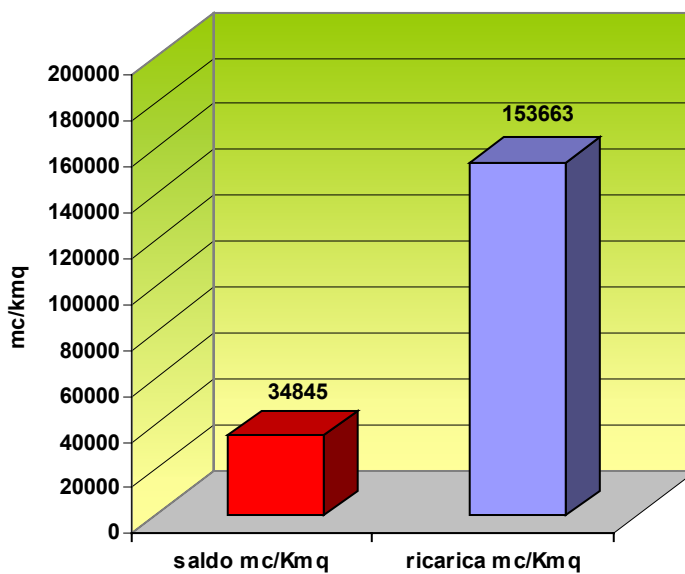
*Settori in cui è stato suddiviso l'acquifero*

La ricarica totale per ognuno dei settori è la seguente:

<b>codice</b>	<b>area</b>	<b>Ricarica (Mmc)</b>
A06a	Firenze sud –Bagno a Ripoli	4.07
A06b	Firenze ovest - Scandicci	5.95
A06c	Firenze	7.49
A06d	Piana Sesto Fiorent. - Campi Bisenzio - Calenzano	9.69



Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

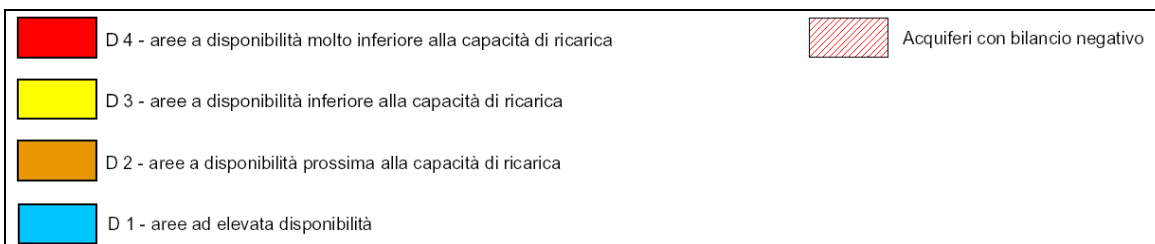
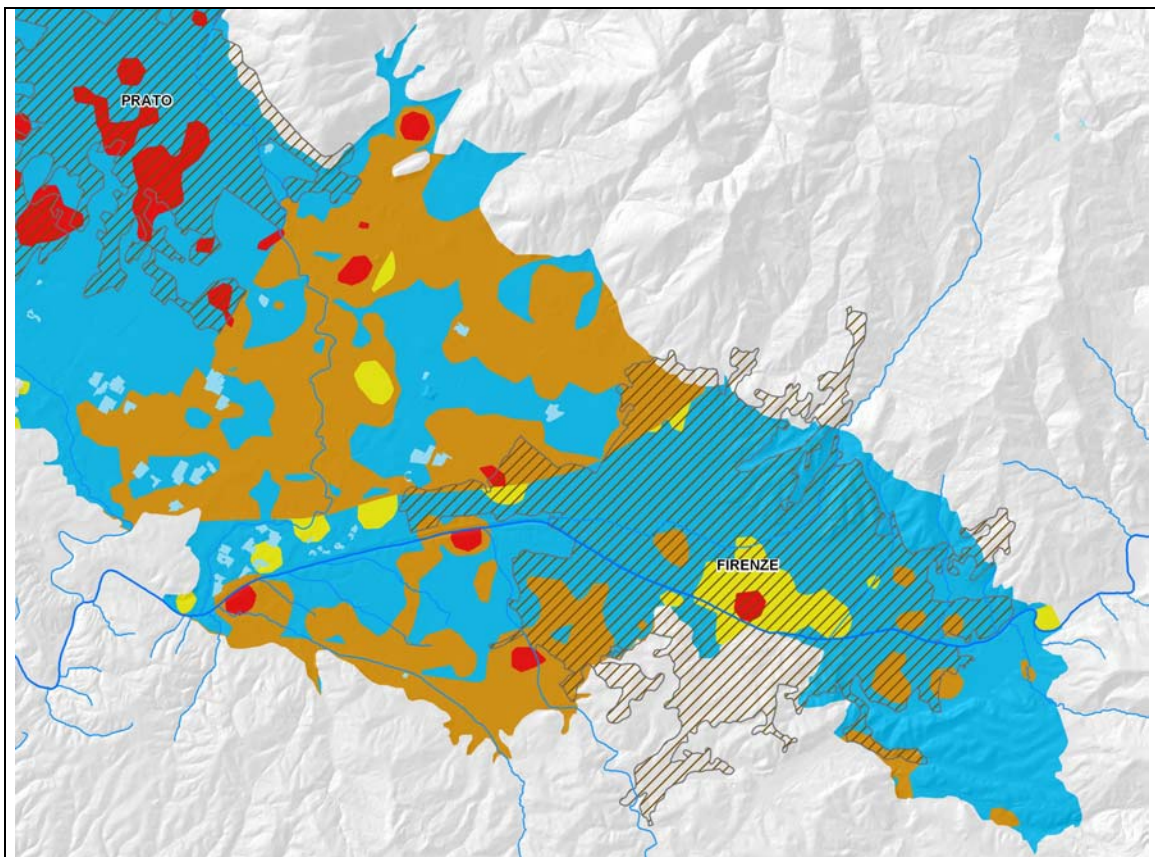


Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero di Firenze ed integralmente riportati in cartografia.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero della pianura di Firenze**

Stralci	n.	34	35	36	37	38	39
---------	----	----	----	----	----	----	----



**Acquifero di PRATO****A 07**

Dal punto di vista geologico l'area in oggetto rappresenta la parte centrale del bacino sedimentario di Firenze-Prato-Pistoia. Più nel dettaglio i depositi fluviolacustri che hanno riempito il bacino possono essere divisi in tre unità:

- depositi lacustri
- depositi di delta conoide del Bisenzio
- depositi recenti di esondazione

I depositi lacustri sono costituiti da argille limose, talvolta leggermente sabbiose, con livelli di lignite e torba; strati di ghiaie, generalmente in matrice limosa, si intercalano alle argille: lo spessore delle ghiaie diminuisce procedendo dai margini verso il centro della pianura.

Tutto ciò è da mettere in relazione con il fatto che l'area di Prato corrispondeva già in questa fase a quella di un delta conoide. Il progressivo abbassamento del bacino veniva compensato dal notevole trasporto solido dei corsi d'acqua, fra i quali il Bisenzio rivestiva un ruolo preminente, dato che, in conseguenza dell'area appenninica di provenienza in forte sollevamento e quindi in accentuata erosione, si determinava un'evoluzione sedimentaria tendente ad un aumento dell'apporto macroclastico. Nell'area di Prato le ghiaie diventavano prevalenti via via che la conoide avanzava nella pianura, fin quasi al margine opposto. Terminata nell'Olocene questa fase sedimentaria, il Bisenzio ha cominciato a incidere la sua conoide.

La successione sedimentaria termina con la deposizione di materiali limoso-argillosi più o meno sabbiosi corrispondenti agli episodi alluvionali recenti.

Il sottosuolo della pianura pratese è sede di un acquifero fra i più importanti del bacino dell'Arno: le ghiaie ed i ciottolami del conoide del Bisenzio raggiungono uno spessore massimo di 50 metri e forniscono ai pozzi portate piuttosto alte. Anche al di sotto del corpo acquifero principale, fino alla profondità di oltre 300 m, sono presenti livelli di ghiaie con falde in pressione.

La caratterizzazione idrogeologica e stratigrafica dell'area è stata oggetto di molti studi e indagini; in questa sede si fa riferimento a quanto indicato in quanto indicato da *Landini, Pranzini e Venturucci*, nel lavoro *"La falda idrica della conoide di Prato"*.

Nel sottosuolo dell'area di Prato è possibile riconoscere un sistema acquifero composto da una serie di livelli permeabili (ghiaie con matrice sabbiosa e/o limosa) intercalati da strati acquiclude o acquitardi (limi e argille), che comportano la presenza di più falde.

La prima falda, libera, è contenuta nel corpo principale della conoide, e risulta costituita da ghiaie e ciottolami che a partire da profondità di 2 – 10 m dal piano di campagna arrivano fino a profondità di 60 m, profondità che diminuisce procedendo verso i margini della conoide. I livelli limoso-argillosi all'interno di questa falda principale sono scarsi nella zona apicale e centrale della conoide, mentre aumentano verso le aree marginali, comunque non raggiungono mai per estensione e spessore una continuità tale da impedire la circolazione idrica fra i livelli più permeabili di ghiaie. Tale falda, pertanto, può essere considerata un acquifero monostrato.

Al di sotto del corpo acquifero principale sono presenti, soprattutto nella zona apicale e centrale, altri livelli permeabili inter-comunicanti ed ospitanti falde; in esse si evidenziano scambi idrici sia tra loro che con la falda libera sovrastante.



Nello schema interpretativo adottato si è considerato un unico acquifero che raggruppa sia l'acquifero principale che i livelli di ghiaie più profondi, idraulicamente connessi con la falda soprastante.

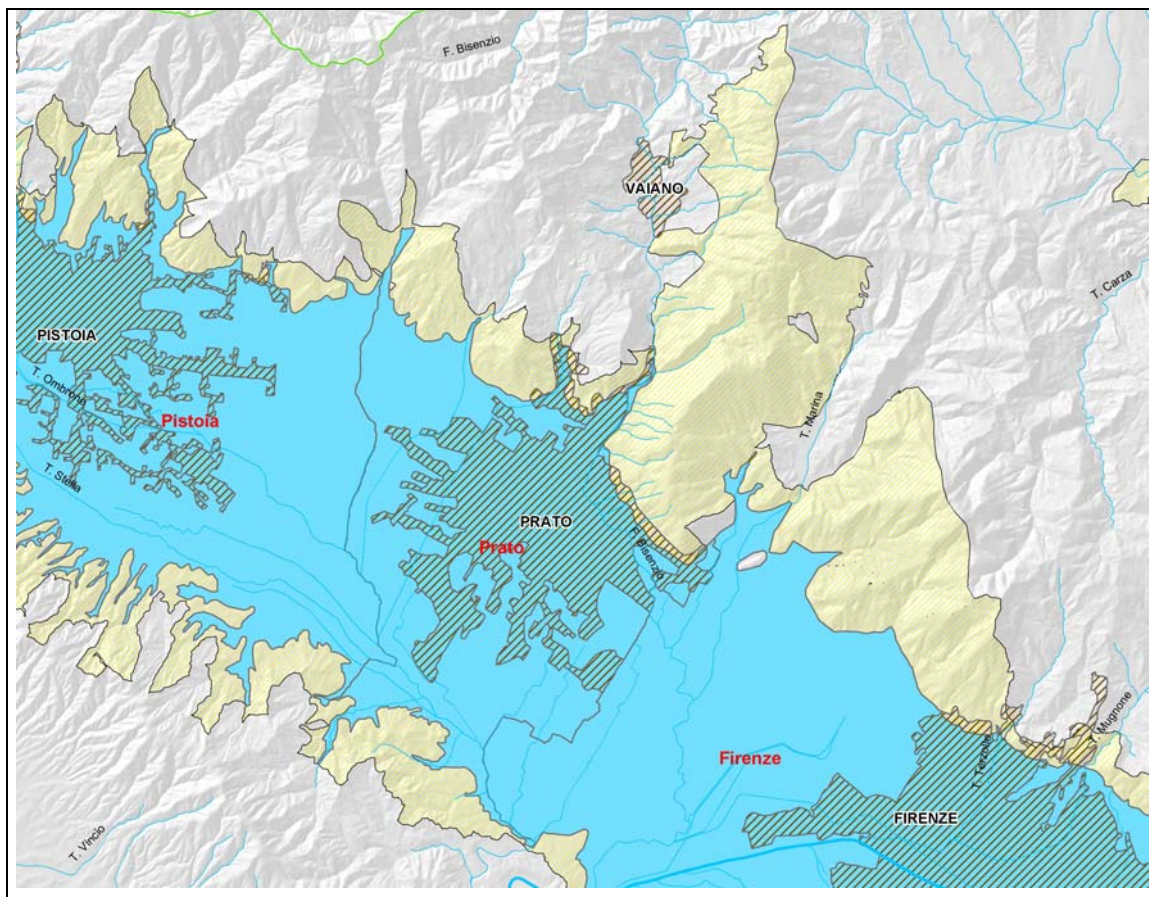
Per quanto riguarda le condizioni al contorno possiamo notare che il solo limite naturale è N e N-E dove lo spessore dell'acquifero si azzerà contro le rocce prelacustri: tali formazioni sono quasi tutte a bassa permeabilità (Ofioliti e Flysch argilloso – calcareo) ad eccezione della F. di Monte Morello, tale condizione permette degli scambi idrici fra queste rocce e le ghiaie del conoide. Nelle altre direzioni le ghiaie del conoide si uniscono con quelle deposte dai corsi d'acqua contigui al Bisenzio: il T. Agna a ovest, il T. Ombrone a sud, L'Arno a sud ovest ed il T. Marina a est. I depositi alluvionali di questi corsi d'acqua si trovano tutti a profondità modeste (non oltre i 25 – 30 m), in quanto solo nella ultima fase deposizionale del bacino i sopraccitati corsi d'acqua hanno formato la pianura.

La falda pratese è la più importante ed utilizzata fra quelle del Medio Valdarno e più in generale del bacino, con consistenti prelievi ad uso sia potabile che industriale.

Le ghiaie ed i ciottolami del conoide del Bisenzio raggiungono uno spessore massimo di 50 metri e forniscono ai pozzi portate piuttosto alte. Anche al di sotto del corpo acquifero principale, fino alla profondità di oltre 300 m, sono presenti livelli di ghiaie con falde in pressione.

La conoide di Prato, proprio per la sua ricchezza, è stata oggetto, nel corso degli anni, di un eccessivo sfruttamento, provocando una notevole riduzione delle riserve permanenti.

Nel 1988 il bilancio idrico coinvolgeva un volume d'acqua pari a circa la metà della riserva totale. Questa situazione di deperimento della falda, peraltro monitorata già da fine anni cinquanta, ha necessariamente indirizzato verso la ricerca di soluzioni atte a migliorare il suo utilizzo ed evitare di portare la riserva all'esaurimento: Negli ultimi anni i prelievi, soprattutto ad uso industriale, sono diminuiti, mentre il leggero aumento risulta l'utilizzo idropotabile.

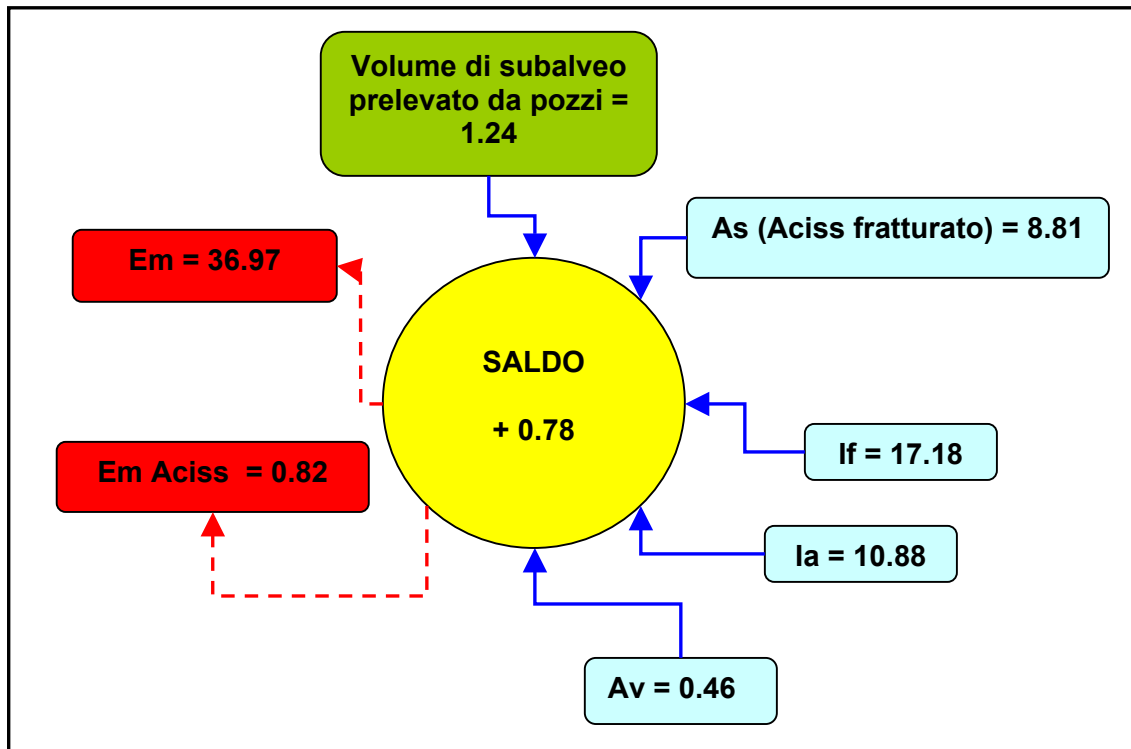


Acquifero di Prato con evidenziate le aree di ricarica

Il bilancio riguarda tutta l'area di pianura della provincia di Prato; le voci di ricarica che incidono maggiormente sono quelle relative all'infiltrazione areale dal fiume Bisenzio e agli apporti sotterranei, soprattutto dai Monti della Calvana.

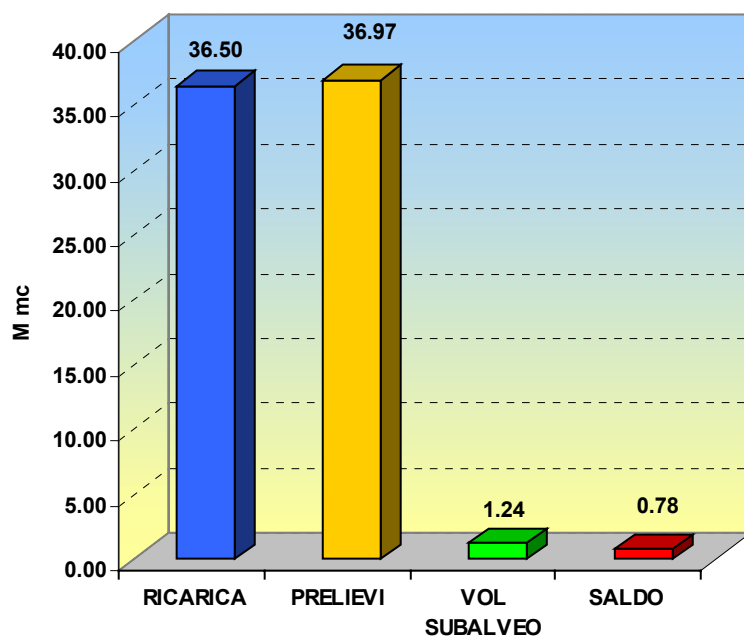
Il saldo del bilancio risulta sostanzialmente in pareggio ( + 0.78 Mmc), con una ricarica per unità di superficie pari a 424.792 mc/Kmq.

Il volume medio di acqua immagazzinata nell'anno idrologico 2000-2001 (Landini, 2005) è stimato in 107,70 Mmc, contro un volume massimo invasabile, considerando i livelli piezometrici degli anni '50, di 176,32 Mmc.

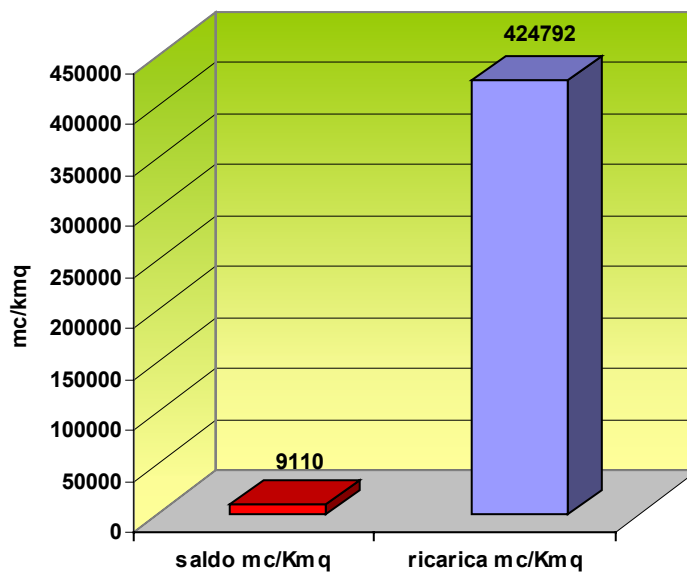


Schema del bilancio (in Mmc/anno)

Falda di PRATO 85.97 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			10.88
Apporti sotterranei (Aciss fratt. – Em Aciss)			7.99
Apporti dai versanti			0.46
Infiltrazione da i fiumi			17.18
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>36.51</b>
<b>Volume di subalveo prelevato da pozzi</b>			<b>1.24</b>
<b>prelievi</b>	acquedottistico	14,50	<b>- 36.97</b>
	domestico	0,27	
	irriguo	2,09	
	produttivo	19,99	
	servizi	0,13	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 36.97</b>
<b>SALDO</b>			<b>0.78</b>

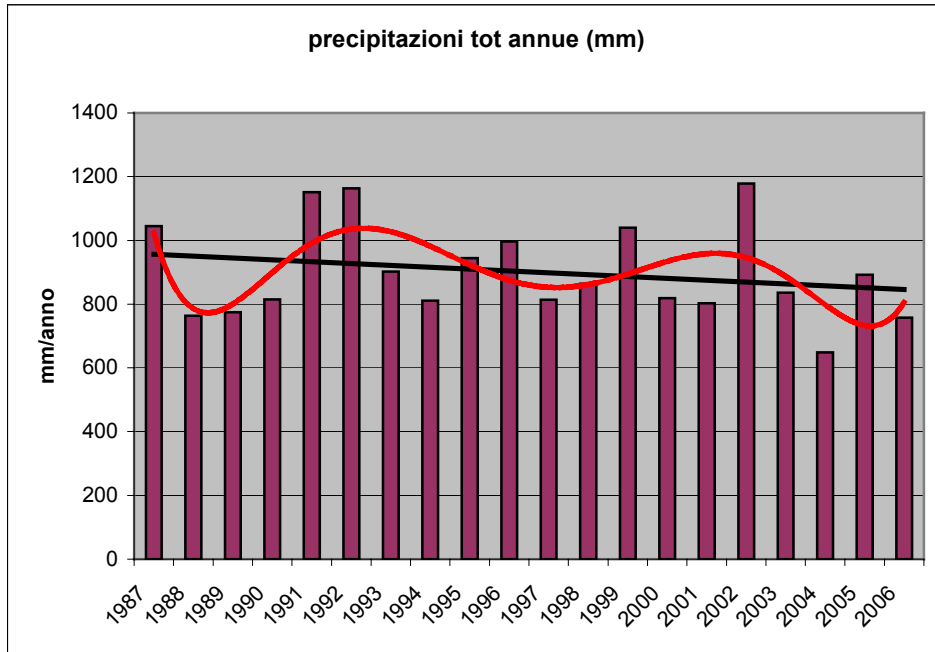


Confronto Ricarica/Prelevi/saldo



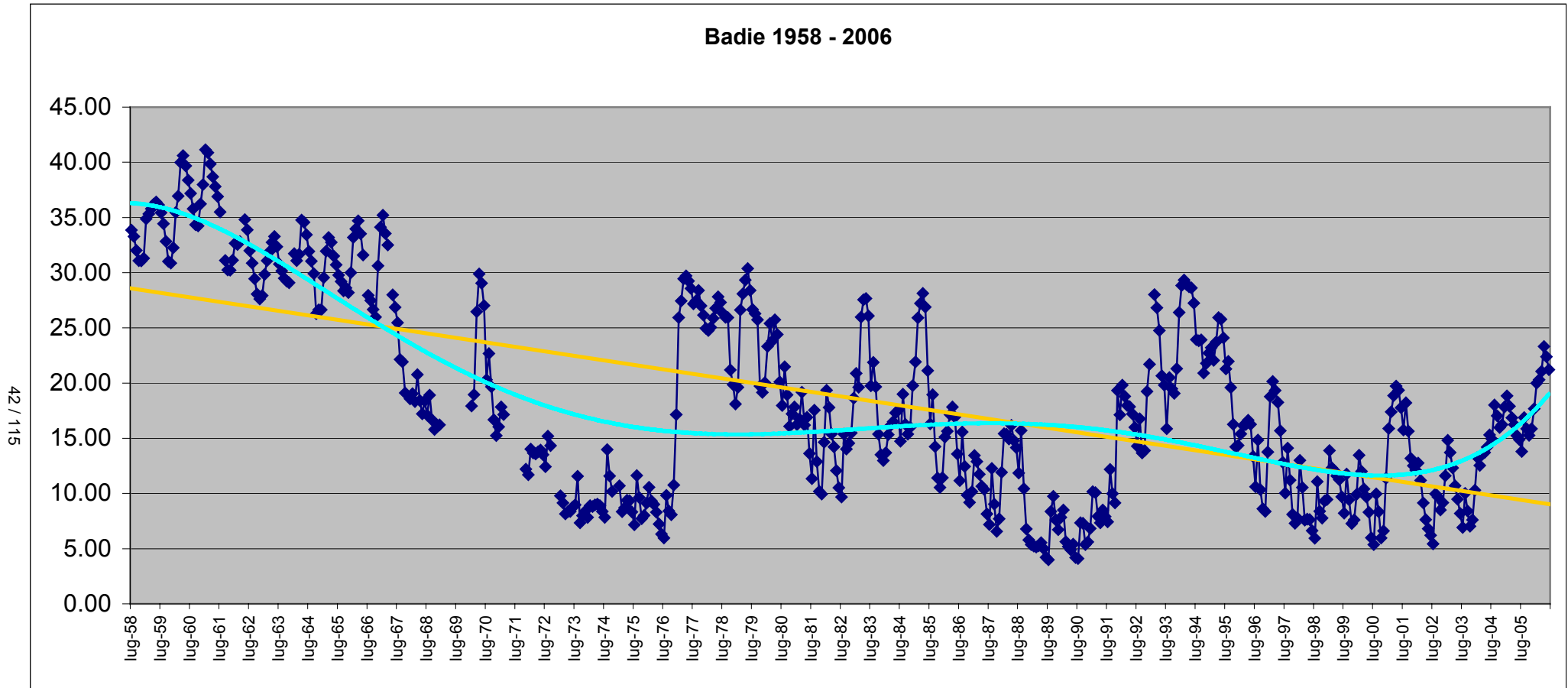
Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

Dall'esame multitemporale delle rilevazioni piezometriche succedutesi negli anni (ed in particolare quelle del maggio 1987, del maggio 1994 e del luglio 2006), si assiste progressivamente ad un rialzamento della falda con una netta attenuazione dei coni di depressione. Questo dato è confermato in tutti i piezometri nel periodo di riferimento 1987 / 2006, con episodi di deciso innalzamento nei primi anni 90, legati probabilmente ad eventi pluviometrici molto consistenti.

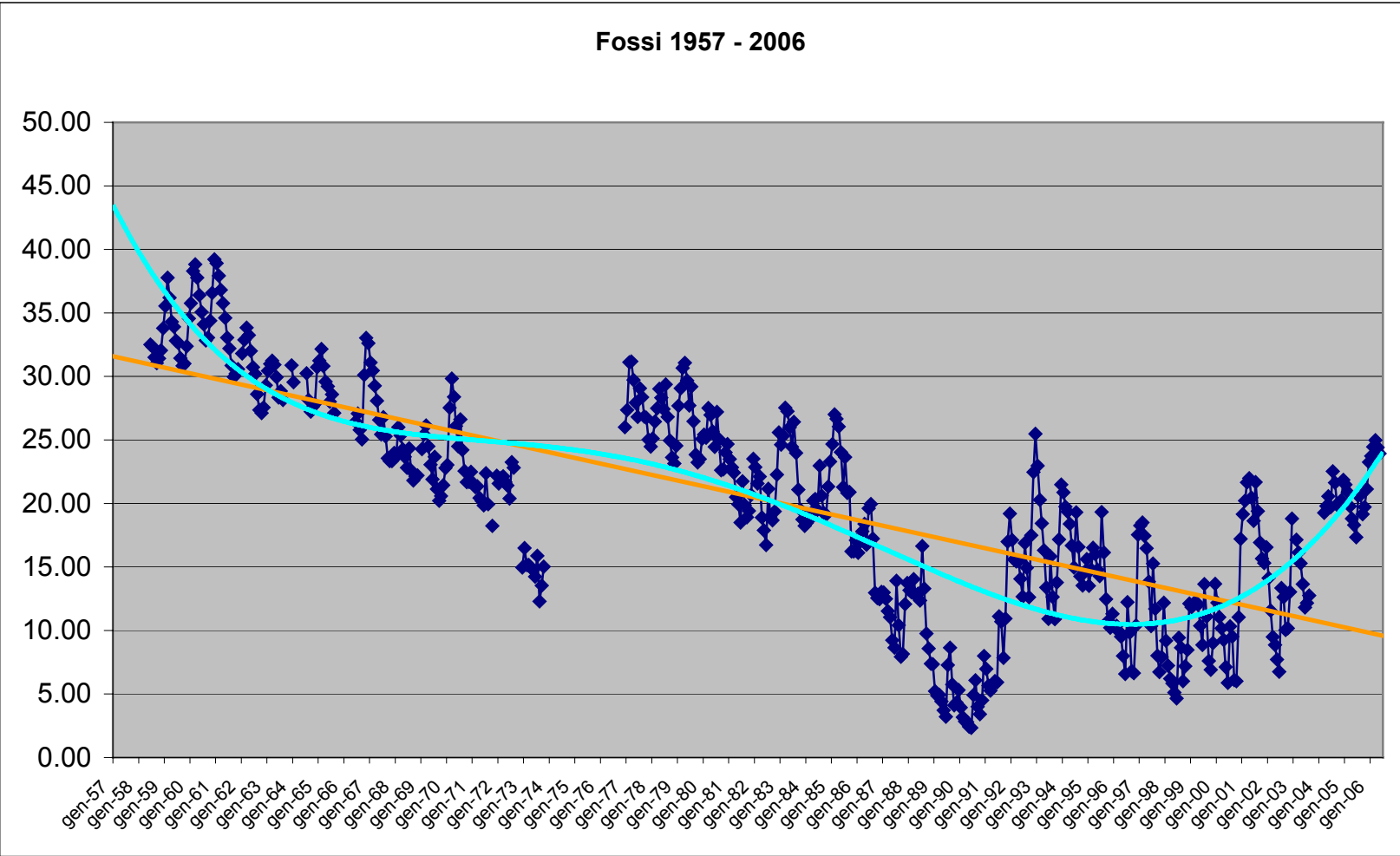


L'esame dei dati storici rileva comunque che i livelli di fine anni 70 non sono ancora stati raggiunti: la falda è in ripresa ma ancora non ha recuperato tutto.

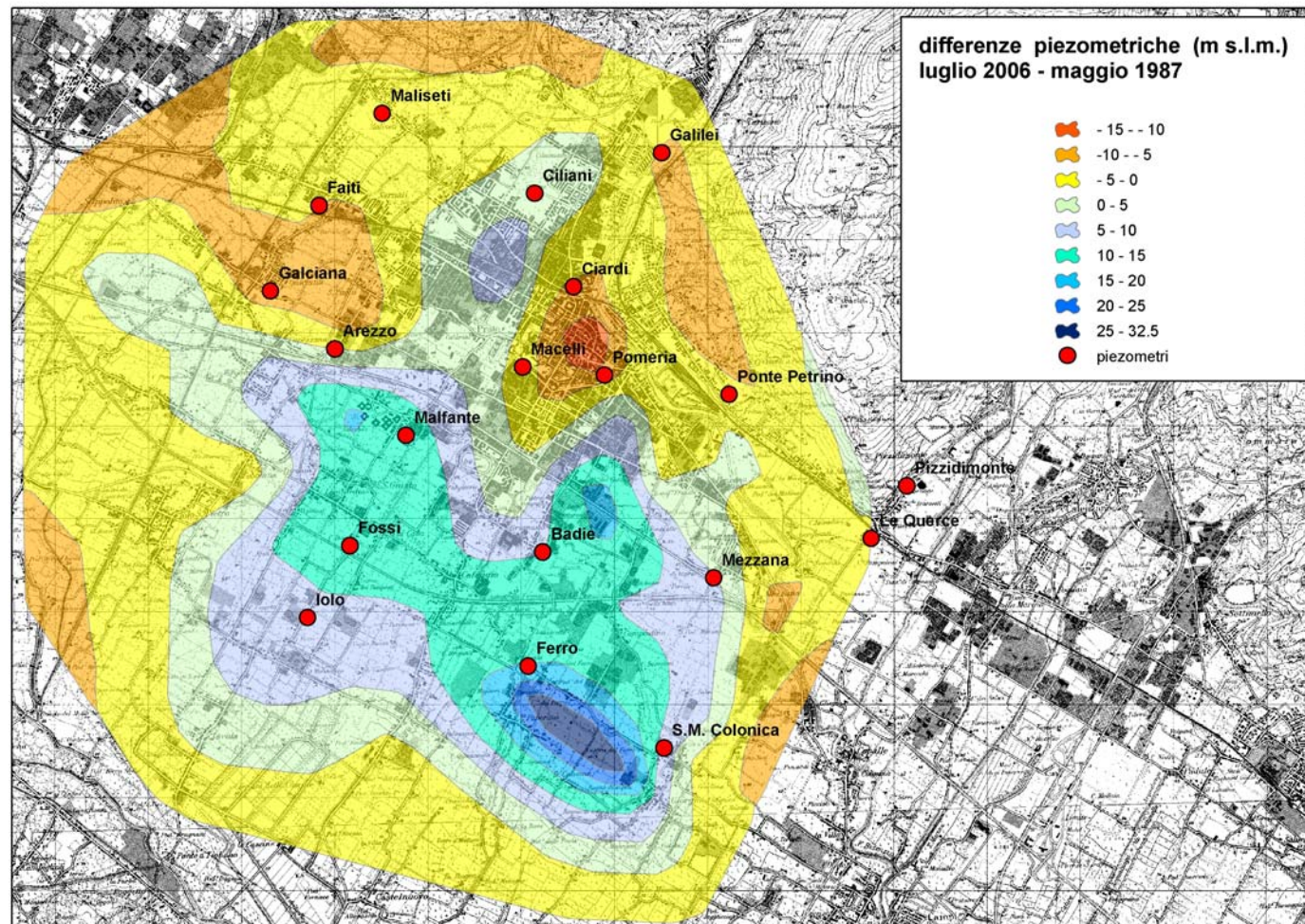
Viene riportato l'andamento del piezometro "Badie" e "Fossi", caratterizzati da serie storiche più lunghe (dati forniti da Publiacqua).



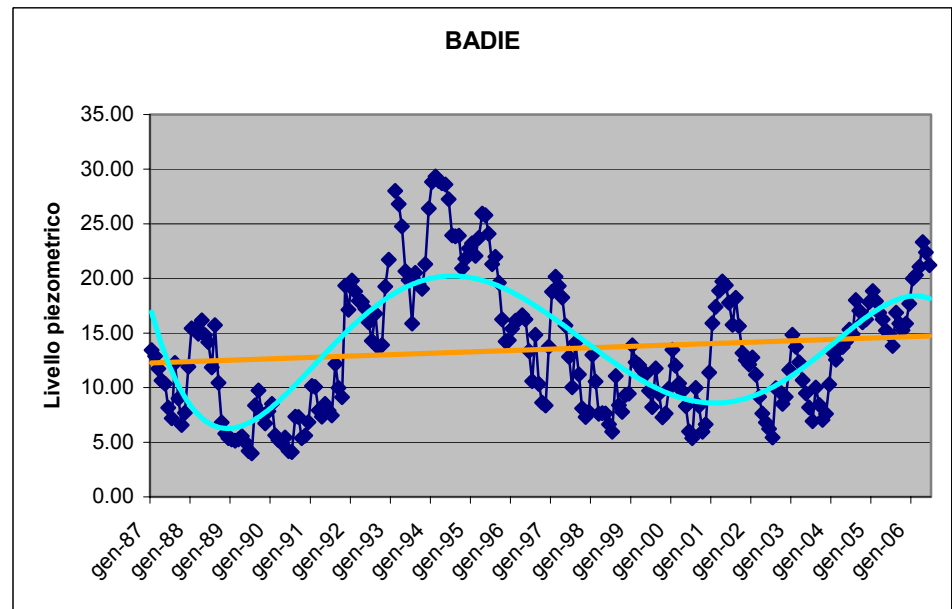
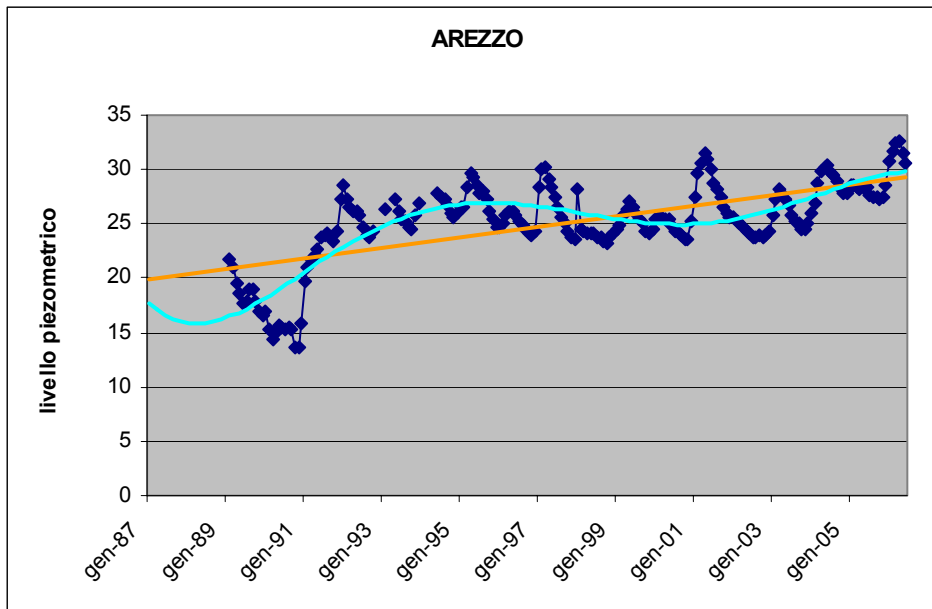


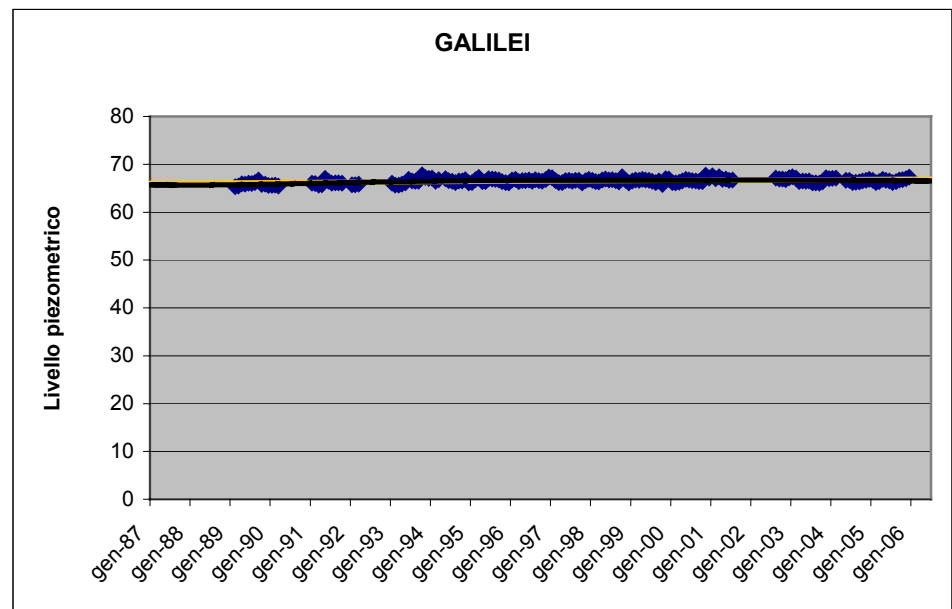
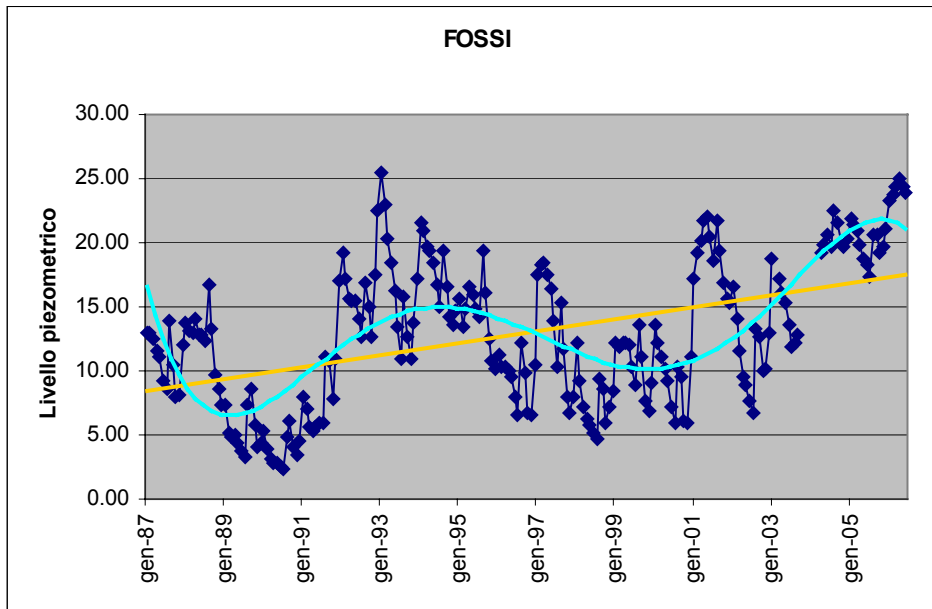
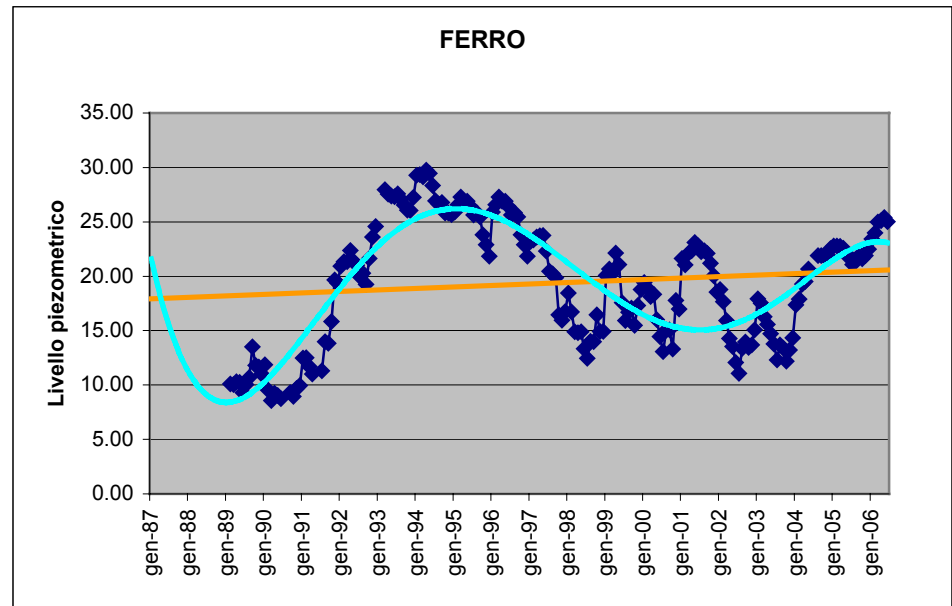
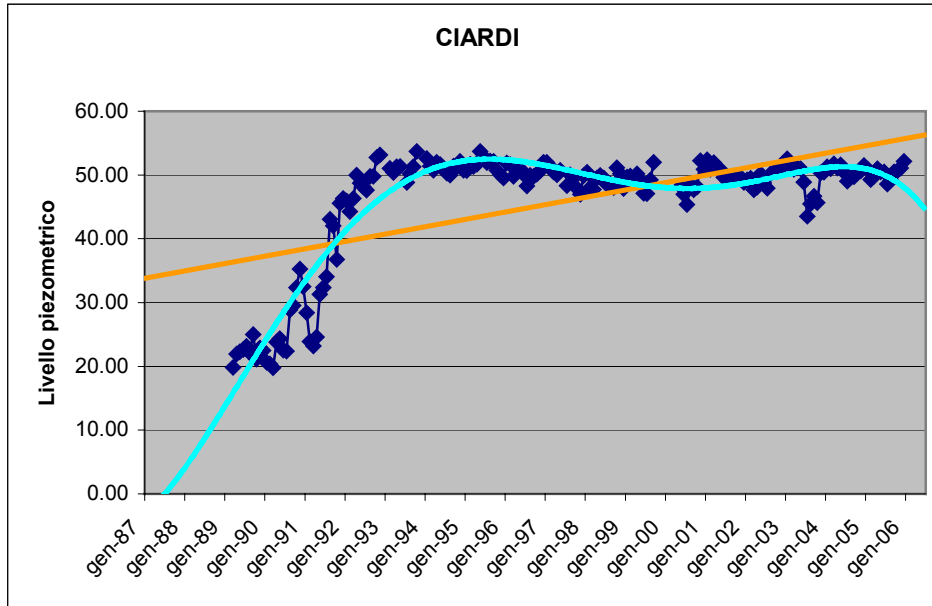


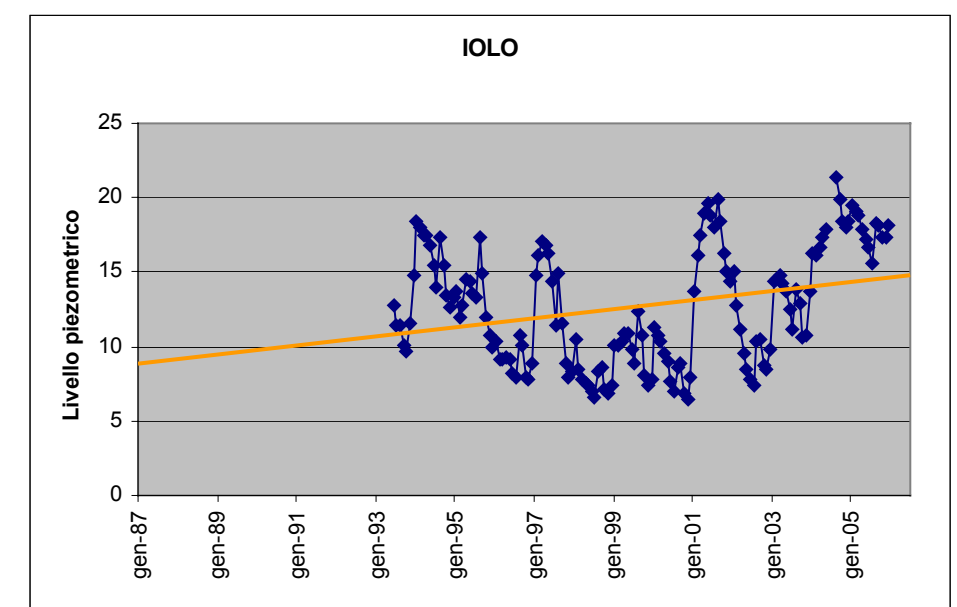
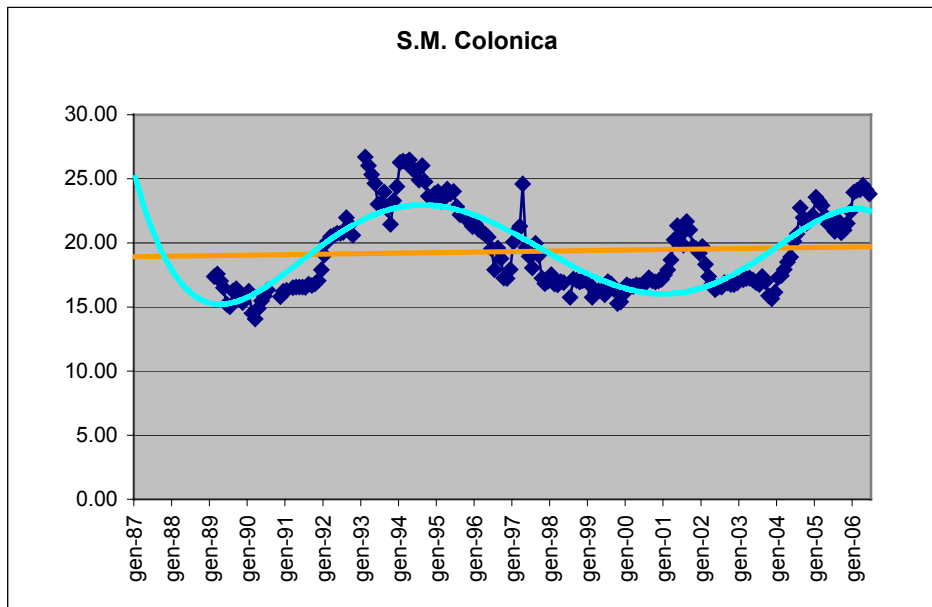
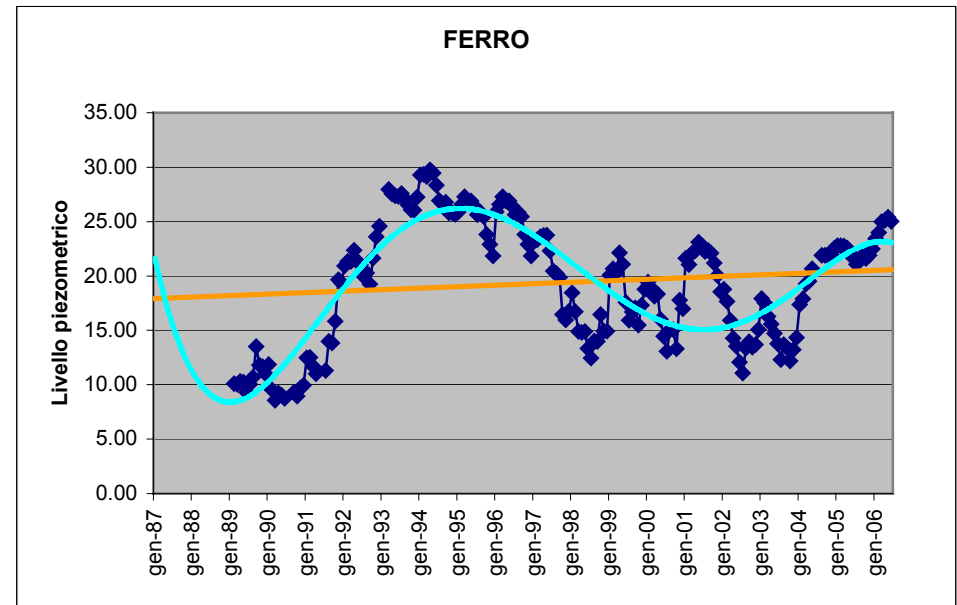
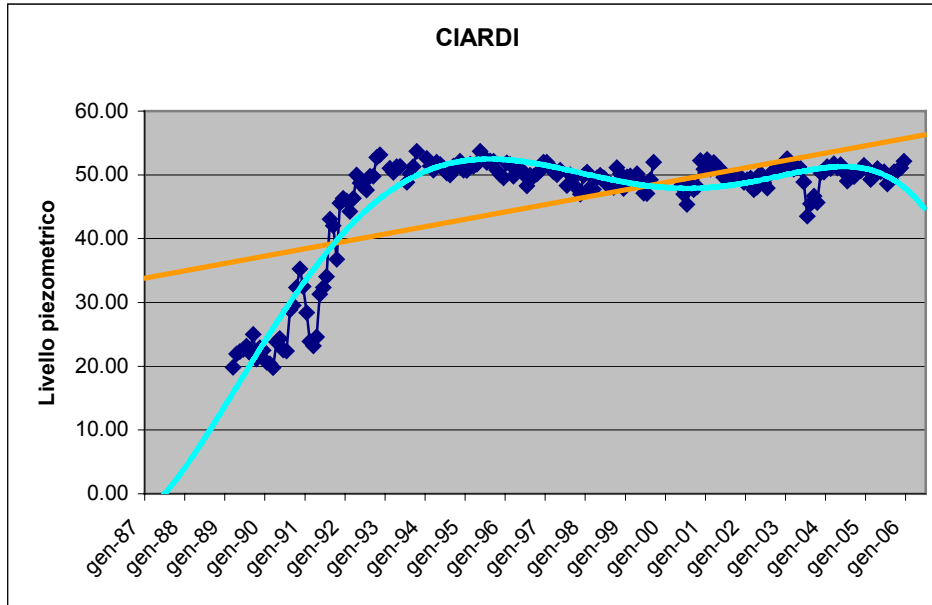
Il trend di rialzo della falda è ben visibile elaborando le piezometrie succedutesi dal 1987 ad oggi, come viene mostrato nella seguente figura:



Di seguito vengono mostrati gli andamenti della falda nei piezometri che hanno funzionato nel periodo 1987 – 2006. L' andamento risulta in tutti positivo







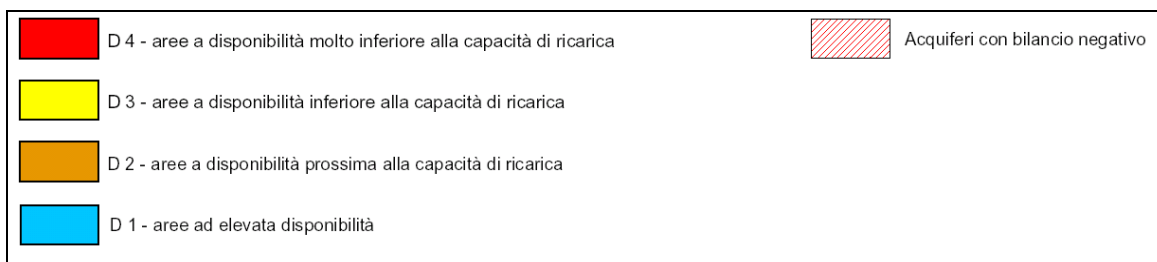
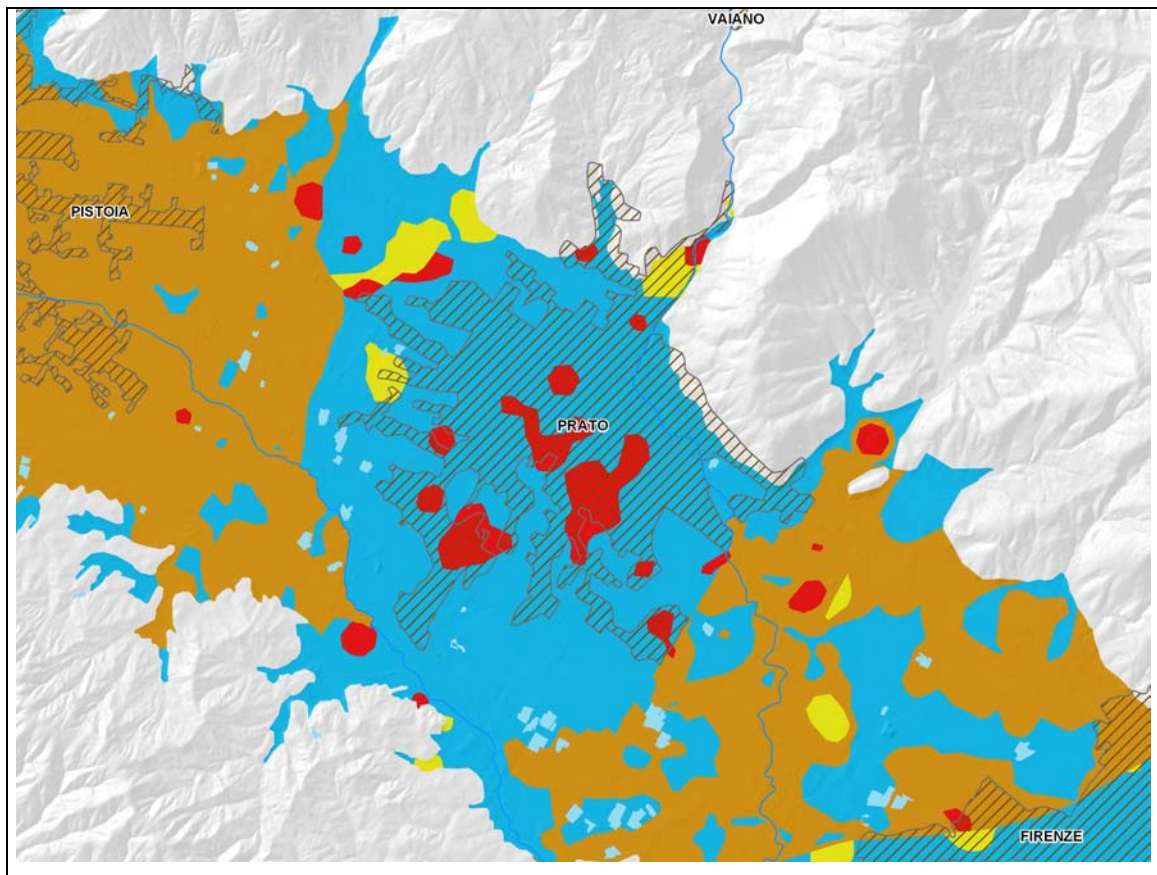


Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero di Prato ed integralmente riportati in cartografia.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero di Prato**

Stralci	n.	38	39	40	41	42	43
---------	----	----	----	----	----	----	----





**Acquifero della PIANURA DI PISTOIA****A 08**

La pianura di Pistoia corrisponde alla parte nord-occidentale della più ampia pianura del Medio Valdarno.

Sotto la pianura pistoiese il substrato roccioso prelacustre si trova ad una profondità massima di 400 metri. I pochi pozzi che hanno raggiunto questo substrato indicano la presenza di calcari marnosi appartenenti alla Formazione di Monte Morello ("alberese") nel sottosuolo della città di Pistoia; nelle altre zone i sedimenti fluvio-lacustri risultano appoggiati su arenarie tipo Macigno, salvo nella parte meridionale della pianura dove si vengono a trovare su rocce prevalentemente argillitiche, appartenenti alle Unità Liguri.

I numerosi dati di sottosuolo disponibili hanno consentito una buona ricostruzione dell'evoluzione sedimentaria (Capecchi e al., 1976 a; Capecchi e Pranzini, 1986).

In una prima fase ha prevalso nettamente l'ambiente lacustre, con deposizione di materiali fini (limi ed argille, anche con lignite) e pochi intervalli di ghiaie e sabbie: in questo periodo la subsidenza prevaleva sulla sedimentazione, determinando il permanere dell'ambiente lacustre sulla maggior parte del bacino. Nel Pleistocene Superiore l'apporto sedimentario, assai consistente nelle fasi glaciali, prevalse sulla subsidenza ed i corsi d'acqua distribuirono sedimenti in tutto il bacino, trasformandolo da lago in pianura alluvionale. Solo nelle aree più lontane dal percorso dei principali corsi d'acqua rimasero ampi specchi palustri, la cui bonifica fu iniziata forse dagli Etruschi, proseguita dai Romani e dal Granducato di Toscana, ed è ancora in atto da parte dei consorzi di bonifica.

Nella successione sedimentaria più recente troviamo una maggiore frequenza di sedimenti grossolani, soprattutto in prossimità dei rilievi appenninici: questi materiali costituiscono i sedimenti di delta-conoide dei corsi d'acqua appenninici: l'Ombrone, la Brana, la Bure e l'Agna. Soprattutto il delta-conoide dell'Ombrone appare piuttosto esteso, spingendo le sue ghiaie fino ben a sud della città di Pistoia.

Nella parte meridionale della pianura, quella a ridosso del Monte Albano, troviamo modesti spessori di ghiaie e sabbie anche nella successione sedimentaria più recente. Ciò dipende dal fatto che i corsi d'acqua che scendevano da questo rilievo erano piccoli e con scarsa portata solida.

Nella parte centro-meridionale della pianura prevalgono ancora i sedimenti fini; anche se si trovano, a profondità relativamente modeste, sabbie (soprattutto) e ghiaie deposte dall'Ombrone e dai suoi affluenti durante i maggiori episodi alluvionali dell'ultima fase glaciale.

Di solito lo strato di terreno superficiale, per uno spessore di 1-7 metri, è formato da limo più o meno sabbioso, con poca ghiaia sparsa, corrispondente al sedimento lasciato dai corsi d'acqua in occasione degli eventi alluvionali. Solamente in corrispondenza dell'apice dei conoidi, lungo il margine nord-orientale, i ciottoli e le ghiaie affiorano direttamente in superficie.

L'acquifero principale coincide con il delta-conoide dell'Ombrone, le cui ghiaie raggiungono uno spessore massimo 20-25 metri, ma presentano frequenti anche se sottili intercalazioni di limi. Acquiferi di minore importanza si trovano quasi ovunque nella pianura, sempre in corrispondenza dei sedimenti fluviali; essi sono più frequenti lungo il margine appenninico, in relazione alla provenienza dei materiali sedimentari. Nella parte centrale della pianura le sabbie e le ghiaie fluviali, discontinue, sono da collegare con i paleolavei dell'Ombrone e dei suoi affluenti.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno possiamo notare che, ad eccezione del limite ovest, in cui le falde acquifere risultano in continuità nell'area di pianura

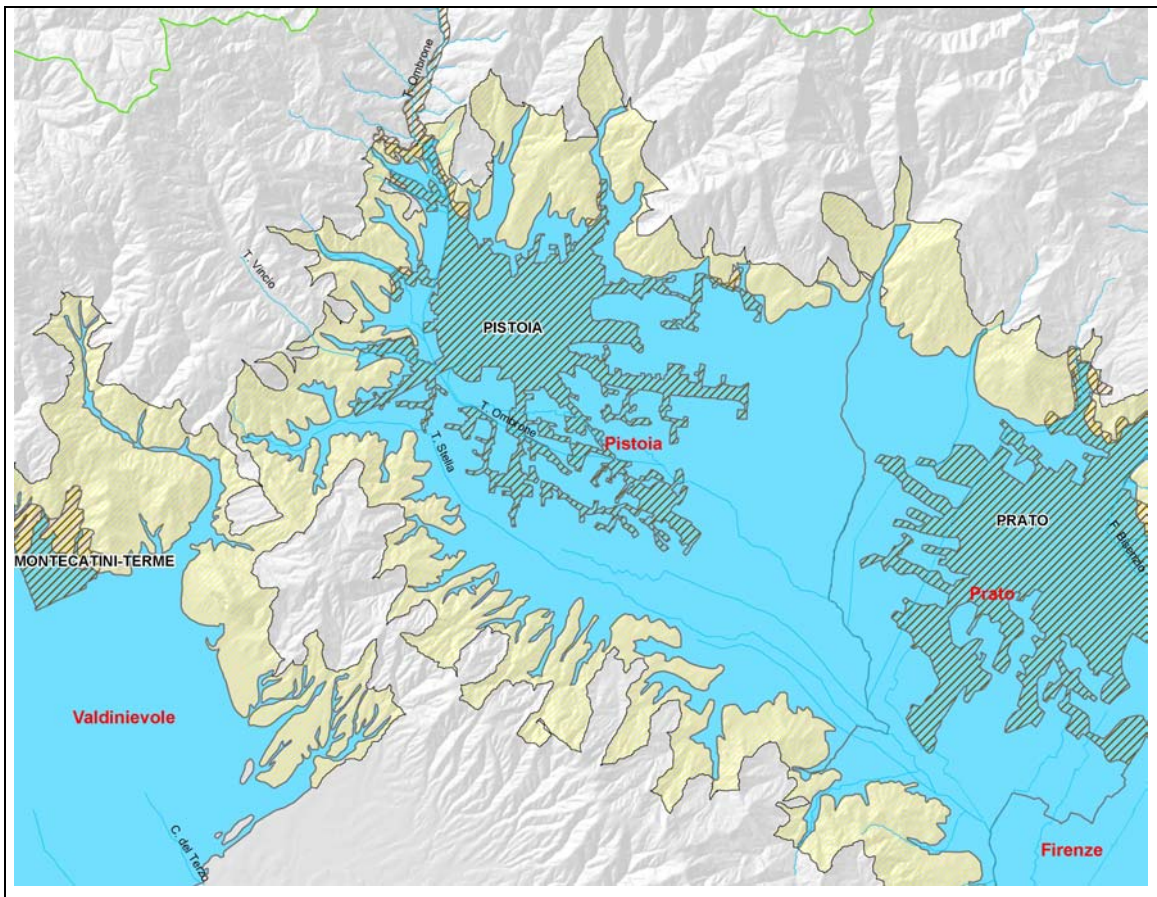
compresa tra Pistoia e Prato (anche se al confine della provincia di Pistoia con quella di Prato la piezometria più recente indica che non c'è flusso), lo spessore dell'acquifero si azzerava contro le rocce prelacustri: tali formazioni risultano quasi tutte a bassa permeabilità, pertanto si può supporre che gli scambi idrici di sottosuolo fra queste formazioni e l'acquifero alluvionale, siano di entità non rilevante.

L'area per la quale è stato redatto il bilancio è quella relativa a tutta la pianura compresa nella provincia e appartenente al bacino di Firenze Prato Pistoia.

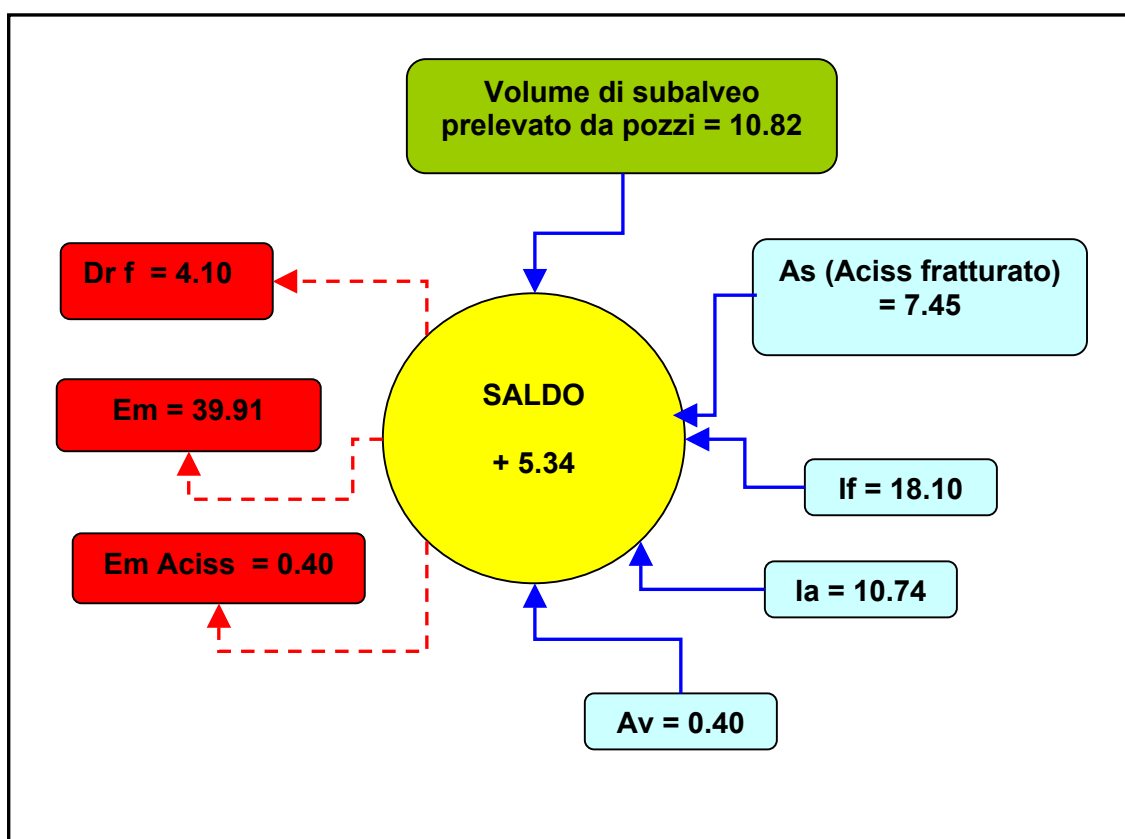
Il modello concettuale di ricarica dell'acquifero prevede che i termini in entrata siano dovuti all'infiltrazione areale e agli apporti sotterranei dalle aree di ricarica contraddistinte da formazioni di natura prevalentemente arenacea. L'interazione falda fiume (soprattutto con il Bisenzio) gioca un ruolo fondamentale, sia come infiltrazione dagli alvei, che come ricarica indotta da acque superficiali.

L'equazione del bilancio da un saldo positivo di 5.34 Mmc, la ricarica per unità di superficie risulta di 326.059 mc/Kmq.

Una valutazione approssimativa della riserva idrica, stimata in 90 Mmc, è stata fatta sulla base delle litostratigrafie disponibili (quindi si riferisce agli acquiferi sfruttati), applicando al volume complessivo degli acquiferi il coefficiente me 0,06.

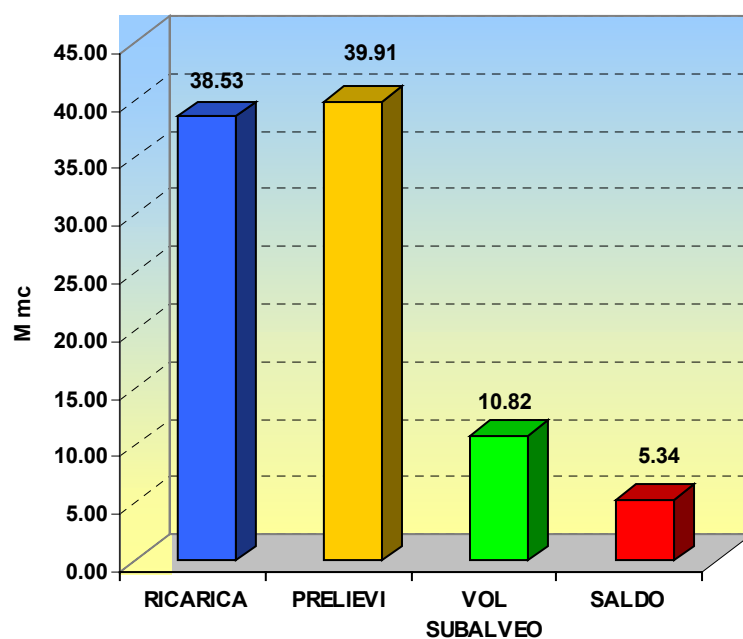


Acquifero della pianura di Pistoia con evidenziate le aree di ricarica

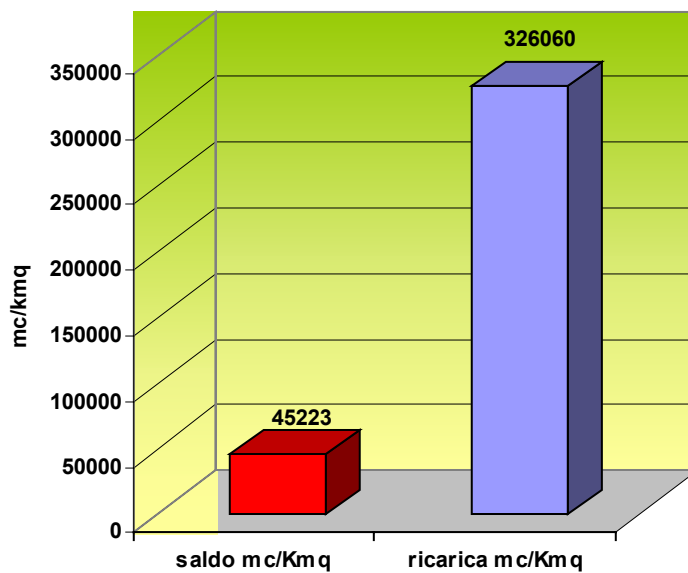


Schema del bilancio – (in Mmc/anno)

Pianura di PISTOIA 118.19 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			10.74
Apporti sotterranei			7.05
Apporti dai versanti			0.40
Infiltrazione dai fiumi			18.10
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>38.53</b>
<b>Volume di subalveo prelevato da pozzi</b>			<b>10.82</b>
Drenaggio dai fiumi			- 4.10
<b>prelievi</b>	acquedottistico	11,52	<b>- 39.91</b>
	domestico	0,34	
	irriguo	22,62	
	produttivo	4,87	
	servizi	0,57	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 44.01</b>
<b>SALDO</b>			<b>5.34</b>



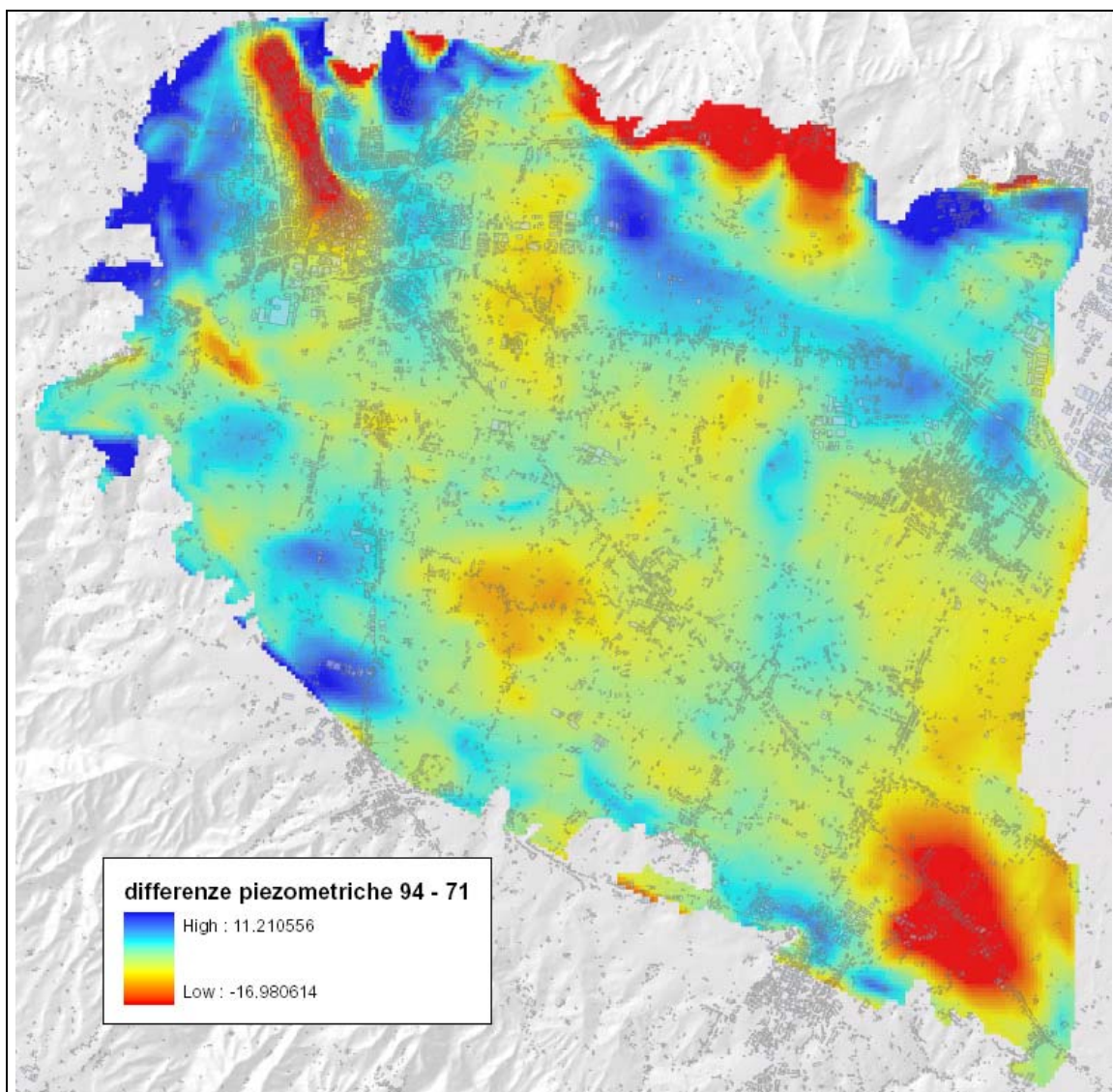
Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie



Il confronto fra le piezometrie del 1978 e quella del 1996 indica che gli acquiferi non sono sovrasfruttati, salvo forse nell'area sud-est della pianura (zona di Casini-Caserana) dove si registra un abbassamento di circa 5 metri, in corrispondenza, comunque, di un acquifero poco produttivo.



*Differenze piezometriche nel periodo 1971 - 1994*

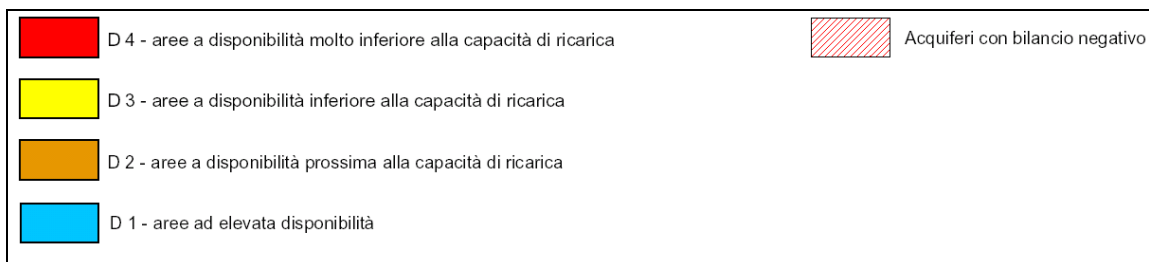
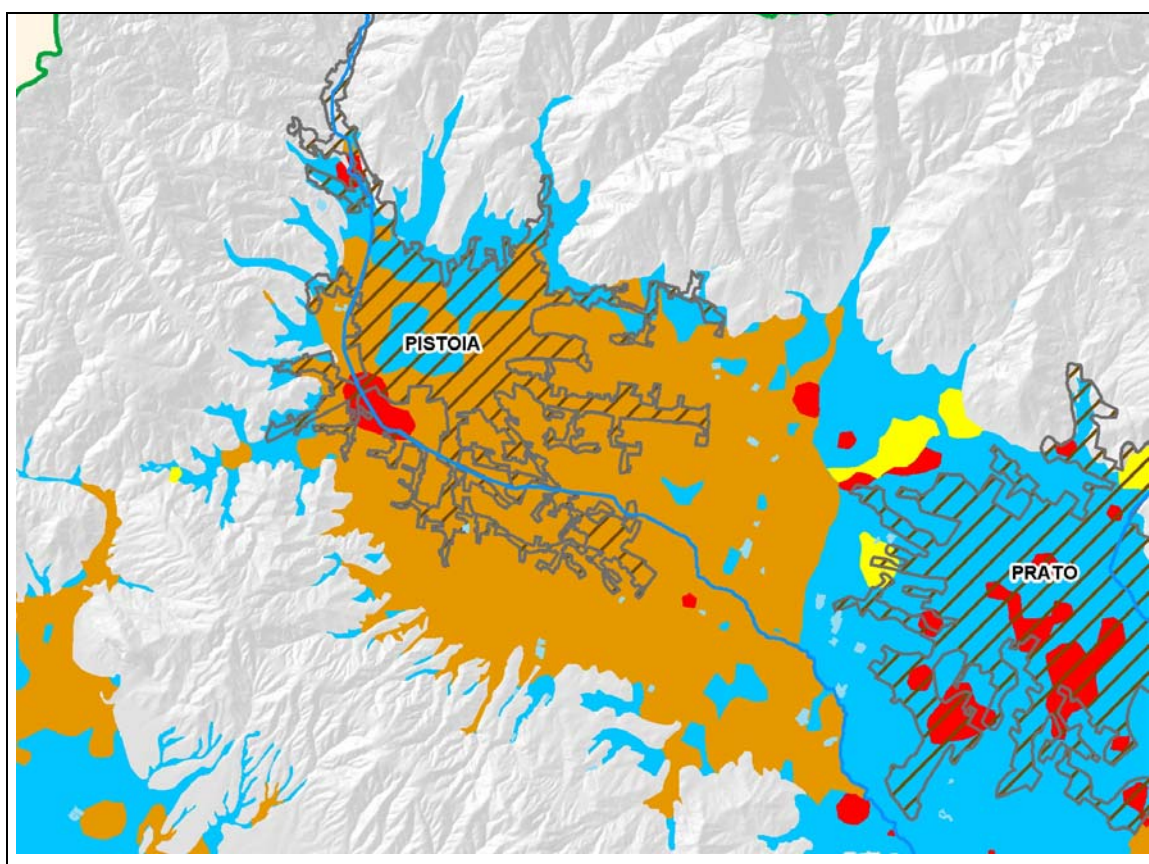


Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero di Pistoia ed integralmente riportati nella cartografia.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero di Pistoia**

Stralci	n.	40	41	42	43	44	45
---------	----	----	----	----	----	----	----



**Acquifero della PESA****A 09**

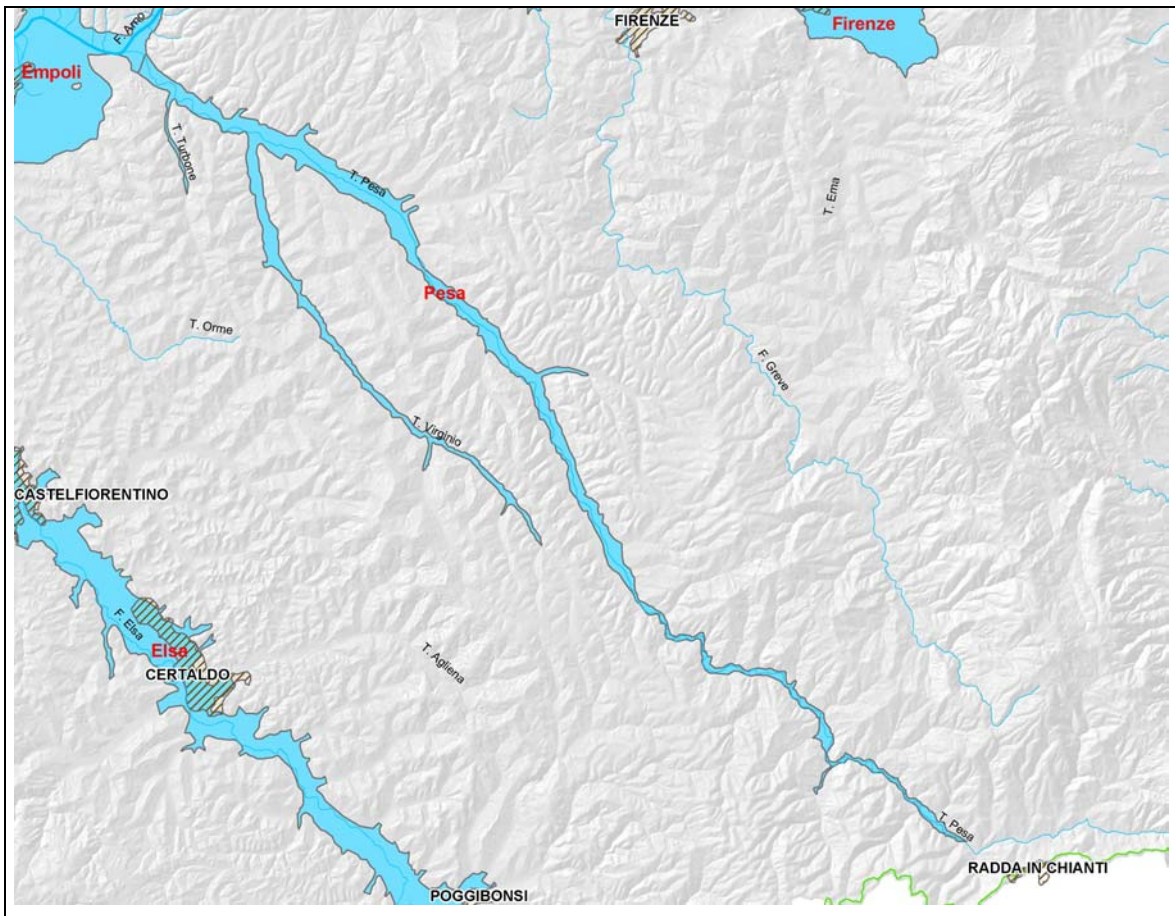
L'acquifero ricade nel fondovalle del torrente Pesa, posto ai margini dell'ampio bacino pliocenico marino, allungato in direzione NW-SE, compreso tra le dorsali dei Monti del Chianti e la Montagnola Senese.

Tale bacino è stato colmato dai depositi della fase distensiva post-parossistica dell'orogenesi appenninica. L'emersione generale avvenuta nel Miocene medio-superiore, creò diversi bacini lacustri e salmastro-marini, mentre ulteriori movimenti di subsidenza instaurarono poi l'estesa trasgressione marina del Pliocene.

Il generale sollevamento si ha nel Pleistocene con movimenti verticali di alcune centinaia di metri (bacini dell'Elsa e Pesa). Nella successiva fase evolutiva si instaurò un reticolo idrografico facente capo all'Arno che, con successivi cicli d'erosione e deposizione (che seguirono il ritmo delle glaciazioni quaternarie), rimaneggiò l'originaria superficie depositandovi una spessa coltre di sedimenti sciolti.

Il fondovalle del torrente Pesa è geologicamente costituito dai "Depositi alluvionali terrazzati", di età quaternaria, che rappresentano, con i depositi alluvionali recenti, la fase deposizionale terminale del materasso di riempimento del bacino, posta sopra una fase iniziale più antica prevalentemente lacustre, fluvio-lacustre o marina.

I depositi marini pliocenici affiorano estesamente lungo la valle, in posizione trasgressiva sui terreni pre-pliocenici che costituiscono l'ossatura del M. Albano e delle colline a SO di Firenze.

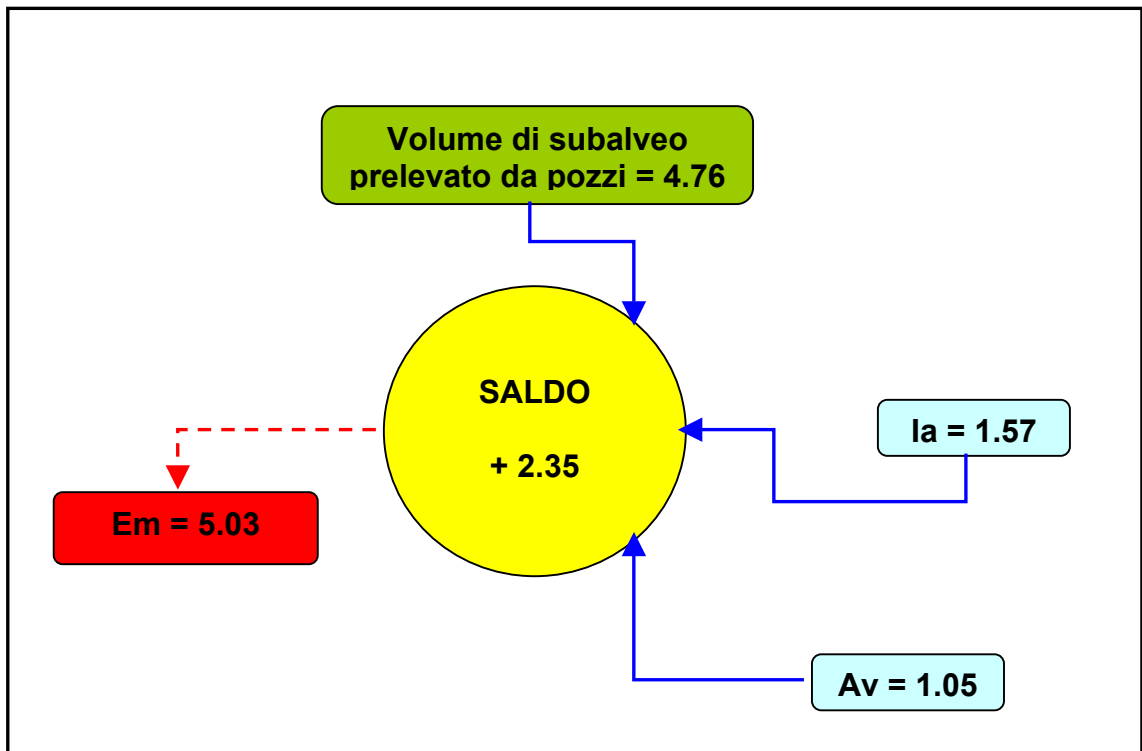


Acquifero della Pesa

Il fondovalle del torrente Pesa contiene un acquifero alluvionale di buona permeabilità (ghiaie con sabbia) ma di modesto spessore. Infatti lo spessore del materasso alluvionale è modesto (dagli 8 ai 10m): lo spessore netto ei livelli acquiferi (ghiaie con sabbie) è di circa 4 m.

Questo acquifero è sede di campi pozzi ad uso idropotabile, che in gran parte prelevano dalla falda freatica contenuta nelle alluvioni fluviali; ad esso localmente si aggiunge l'emungimento da alcuni profondi livelli ciottolosi del Pliocene marino, nei quali si localizza una falda in pressione

La produttività dei pozzi dipende dalla portata del Pesa, in quanto i pozzi usufruiscono della ricarica indotta dai coni di depressione.



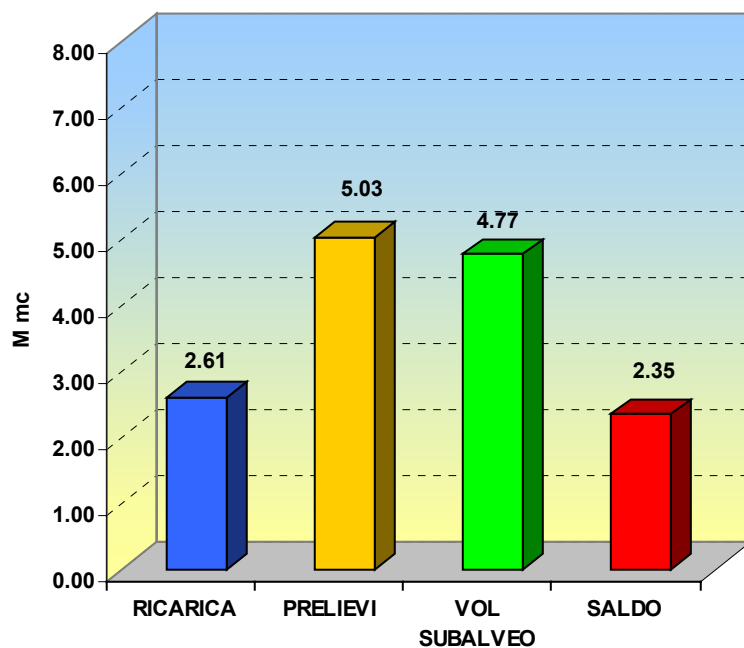
Schema del bilancio (in Mmc/anno)

La ricarica per unità di superficie è di 130.408 mc/Kmq

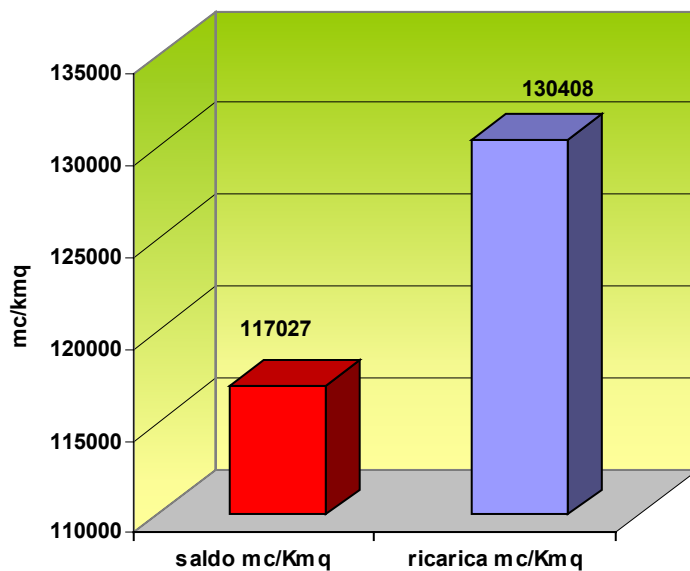
Il saldo di bilancio positivo si traduce essenzialmente in apporto dalla falda al fiume.

Una valutazione approssimativa della riserva, stimata in 10,52 Mmc, è stata calcolata considerando uno spessore medio delle ghiaie pari a 4 metri, con me del 15%.

PESA 20.06 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			1.56
Apporti dai versanti			1.05
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>2.61</b>
<b>Volume di subalveo prelevato da pozzi</b>			<b>4.77</b>
<b>Prelievi</b>	acquedottistico	4,56	
	domestico	0,09	
	irriguo	0,18	<b>- 5.03</b>
	produttivo	0,16	
	servizi	0,04	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 5.03</b>
<b>SALDO</b>			<b>2.35</b>



Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

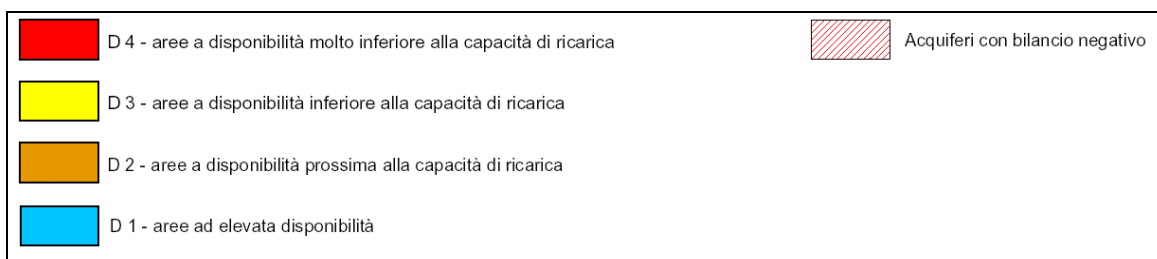
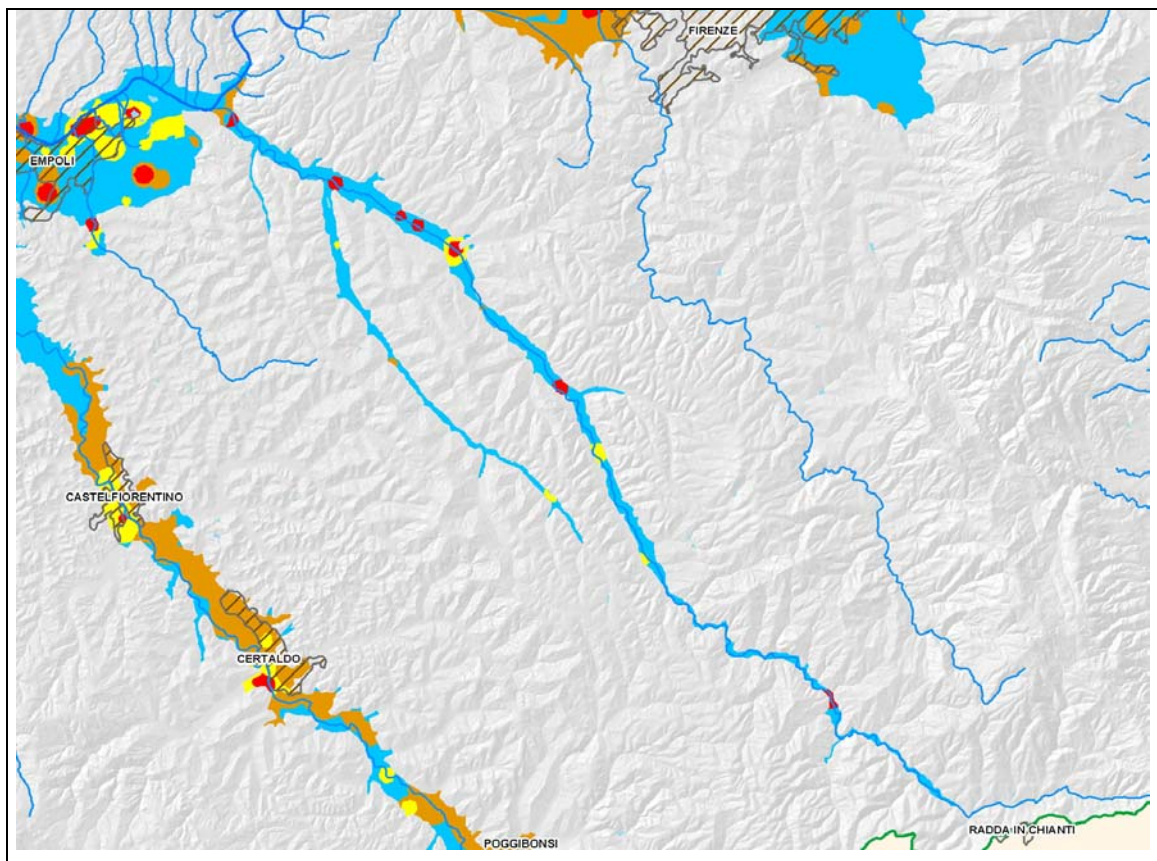


Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero della Pesa ed integralmente riportati nella cartografia.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero della Pesa**

Stralci	46	47	48	49	50	
---------	----	----	----	----	----	--





<b>Acquifero di EMPOLI</b>	<b>A 010</b>
----------------------------	--------------

L'acquifero ricade nell'ampio bacino pliocenico marino, compreso tra le dorsali dei Monti del Chianti e la Montagnola Senese, bacino colmato dai depositi della fase distensiva post-parossistica dell'orogenesi appenninica.

La litologia del deposito alluvionale è caratterizzata da un livello clastico basale ghiaioso-sabbioso, non necessariamente continuo ma presente con buona uniformità nella sezione inferiore del complesso: può mancare talvolta sul fianco degli alti paleo-morfologici modellati nei sottostanti terreni pliocenici. Segue verso l'alto una serie prevalentemente argilloso-limosa alla quale si intercala un secondo livello clastico, sabbioso e solo a tratti ciottoloso, ricollegabile alla fascia ristretta dei depositi d'Arno del periodo più recente. I due livelli clastici sono frequentemente in contatto tra di loro, quando viene a mancare per eteropia di facies il setto argilloso che li separa.

Dal punto di vista idrogeologico il modello locale è semplice ed omogeneo: a valle di Montelupo, nella coltre alluvionale sono presenti uno o due orizzonti acquiferi, con falde freatiche e artesiane, che si identificano con i due livelli clastici prima descritti. I parametri idraulici dei due orizzonti sono variabili in funzione della granulometria dei clasti e, soprattutto, della componente fine della matrice.

Il sistema alluvionale della pianura di Empoli è formato da due acquiferi principali:

- l'Acquifero A1 (superiore), da freatico a semiconfinato, è essenzialmente un livello sabbioso, localmente ciottoloso, lenticolare e di spessore variabile fino a 20 m.
- l'Acquifero A2 (inferiore); confinato, è legato ad un livello ciottoloso-ghiaioso presente alla base del ciclo sedimentario, di spessore variabile (fino ad un massimo di 10 metri); il tetto dell'acquifero si trova tra i 10 e i 20 metri dal piano di campagna.

L'acquifero corrisponde alle ghiaie e sabbie deposte dall'Arno e dai suoi affluenti nel Pleistocene Superiore e nell'Olocene.

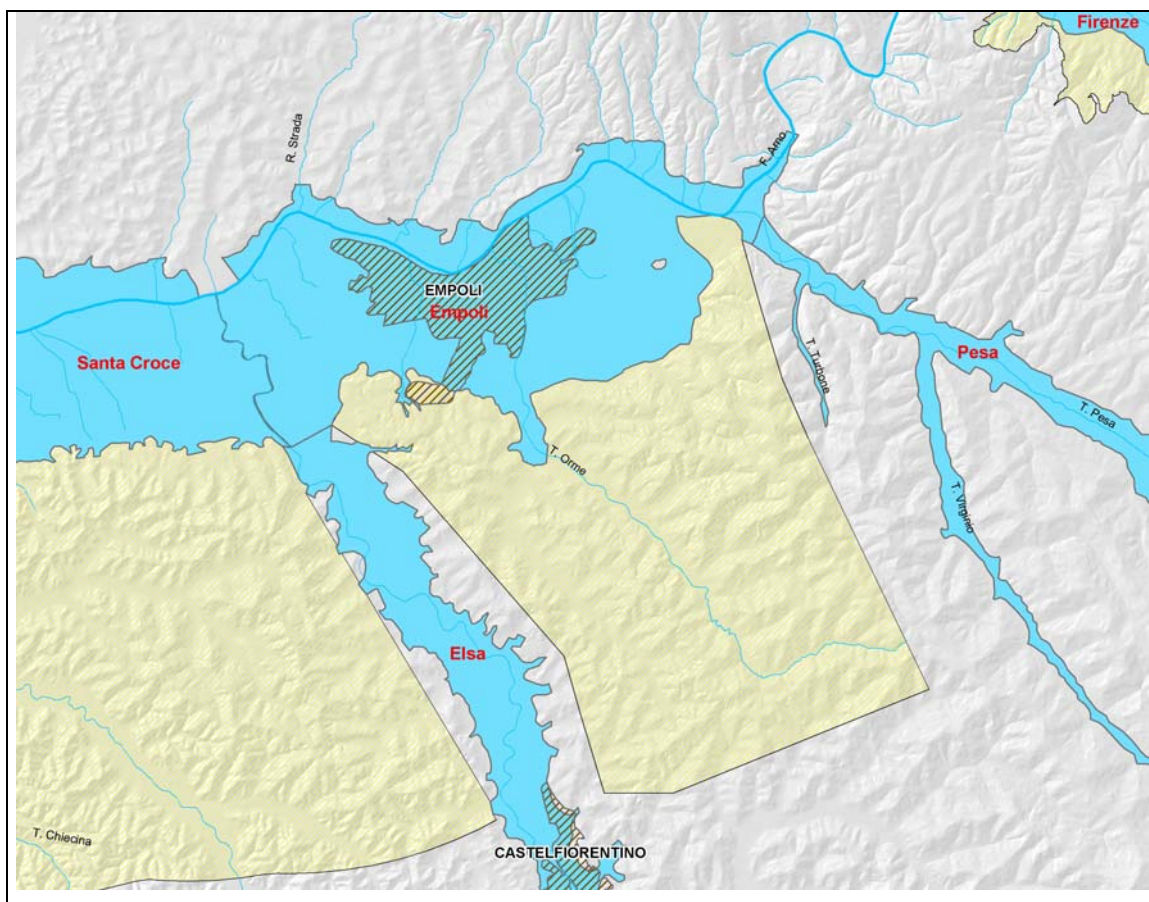
I due acquiferi sono tra loro separati da un setto argilloso di spessore molto variabile: localmente tale livello impermeabile viene a mancare permettendo ai due livelli di venire a contatto.

Lo schema geologico e idrogeologico prima descritto, che caratterizza tutta la pianura del medio Valdarno – zona Empoli, si delinea in particolare nel settore di Arnovecchio, con le alluvioni che si appoggiano sui due fianchi pliocenici argillosi; nella parte centrale della pianura sono presenti i due acquiferi (A1 ed A2), mentre sui bordi essi sono riuniti nell'unico livello indicato come A2.

Lo spessore di A1 è variabile fino a 20 metri, mentre A2 non supera 10 metri.

L'acquifero inferiore (A2) è l'acquifero principale dell'area, infatti da esso attinge la maggior parte dei pozzi delle centrali acquedottistiche: l'acquifero A1 presenta permeabilità molto variabile in funzione delle variazioni laterali di granulometria, in particolare è a carattere ghiaioso-sabbioso solo in una fascia prossima al fiume o ai paleo meandri più recenti, mentre allontanandosi da questa fascia la granulometria passa a sabbie limose e limi argillosi, fino all'annullamento del suo spessore.

L'acquifero A2 presenta permeabilità abbastanza uniforme e le variazioni di trasmissività seguono le variazioni di spessore, tipiche di paleovalvei incisi nel substrato. La base dell'acquifero A2 è costituita dal substrato pliocenico: alcuni pozzi presenti nell'area sfruttano i livelli acquiferi presenti nei ciottolami pliocenici.

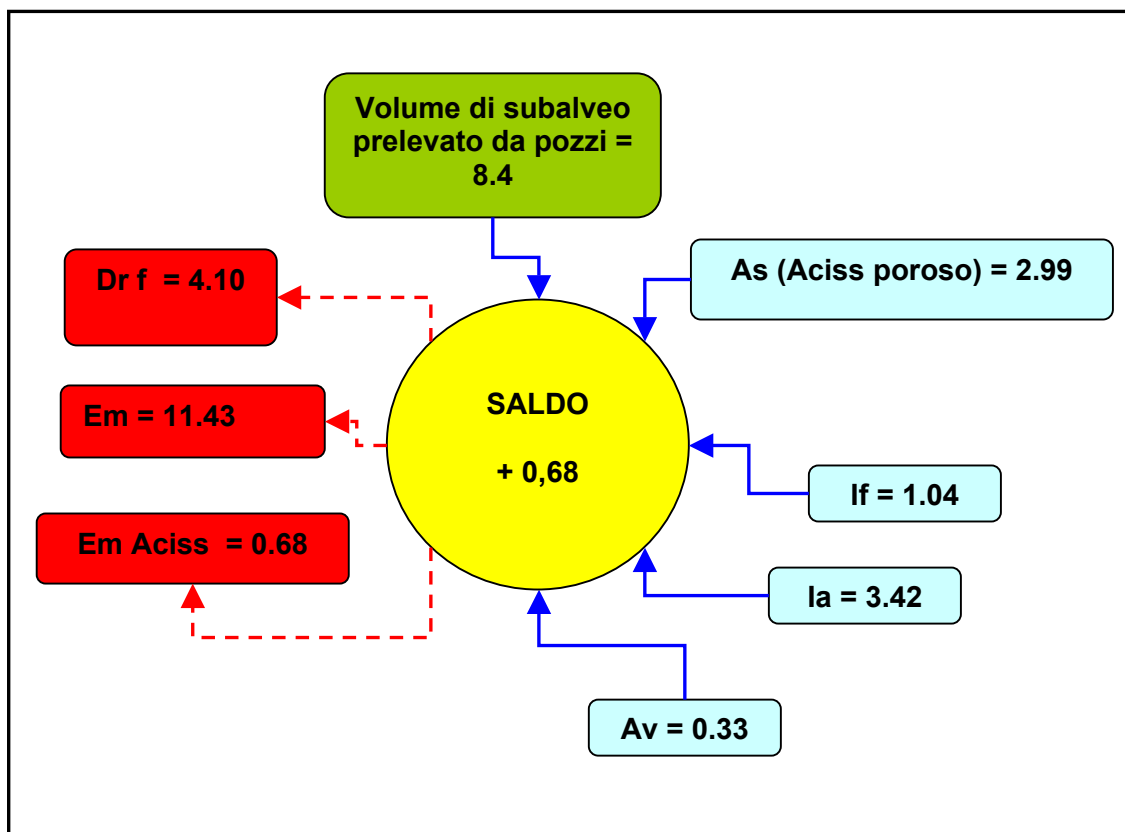


Acquifero di Empoli con evidenziate le aree di ricarica

In condizione naturali, il bilancio d'insieme dell'acquifero è abbastanza modesto; tra gli apporti domina l'infiltrazione areale e subordinatamente gli apporti dalle colline, l'infiltrazione dall'Arno incide sulla ricarica in modo non significativo, drenando, nel suo complesso, la falda. Invece, in condizioni modificate da rilevanti pompaggi (principalmente ad uso acquedottistico), l'interazioni falda – fiume, nella zona di subalveo dell'Arno, determina una ricarica indotta tale da consentire la sostenibilità dell'attuale regime dei prelievi.

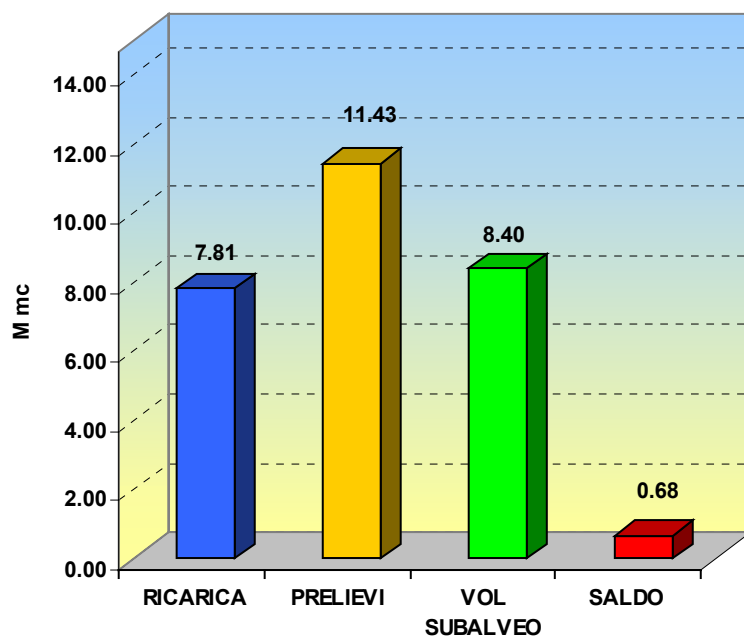
Il saldo del bilancio risulta positivo di 0.68 Mmc, molto vicino quindi all'equilibrio.

La ricarica per unità di superficie risulta di 179.320 mc/Kmq.

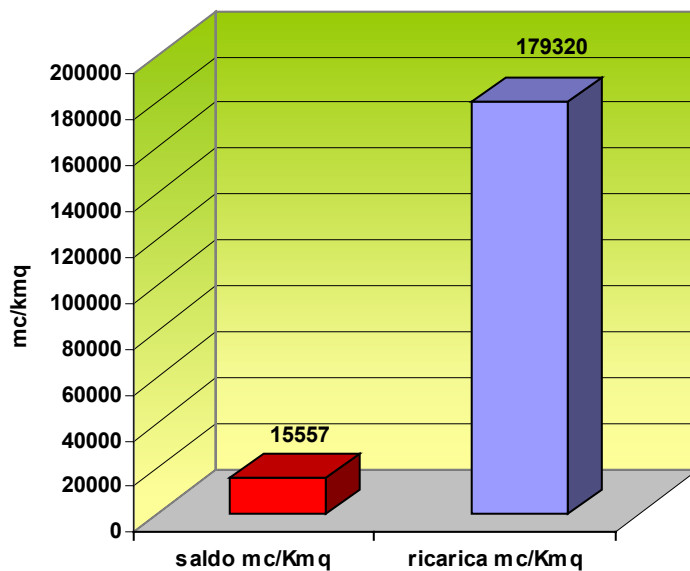


Schema del bilancio – (in Mmc/anno)

Pianura di EMPOLI Sup. 43.57 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			3.42
Apporti sotterranei (Aciss por. – Em Aciss)			2.32
Apporti dai versanti			0.33
Infiltrazione da i fiumi			1.04
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>7.81</b>
<b>Volume di subalveo prelevato da pozzi</b>			<b>8.40</b>
Drenaggio dai fiumi			- 4.10
<b>prelievi</b>	acquedottistico	7,72	<b>- 11.43</b>
	domestico	0,51	
	irriguo	0,90	
	produttivo	2,23	
	servizi	0,07	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 15.53</b>
<b>SALDO</b>			<b>0.68</b>



Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



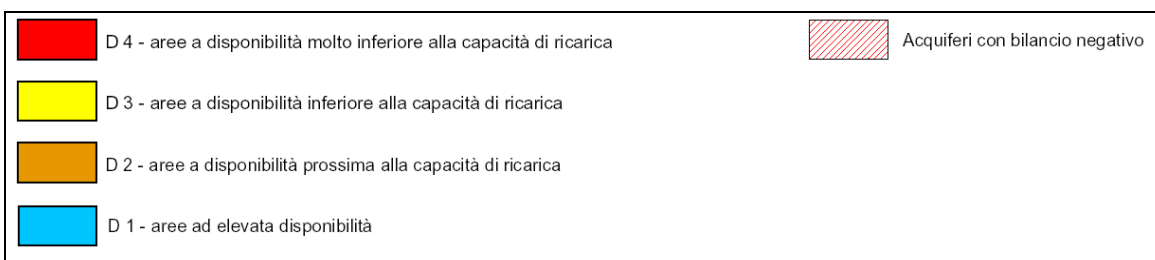
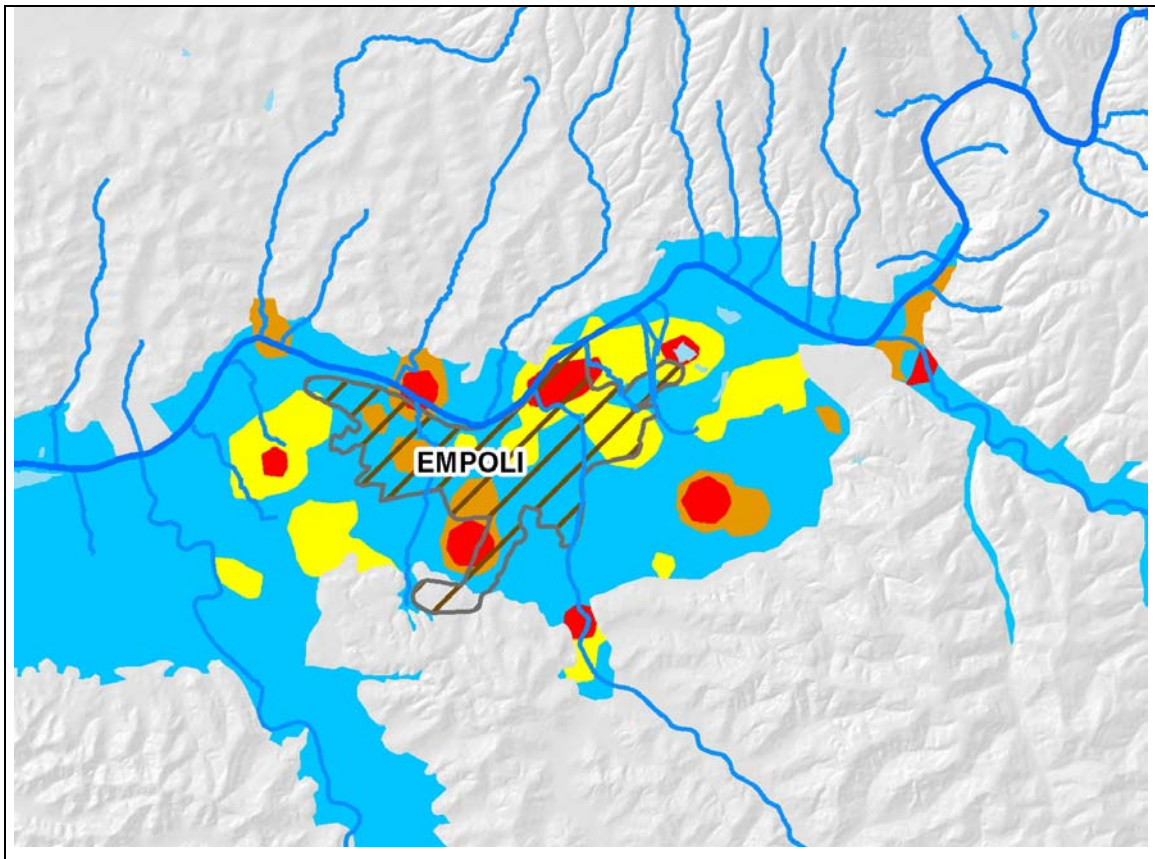
Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero di Empoli ed integralmente riportati nella cartografia.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero di Empoli**

Stralci	n.	50	56				
---------	----	----	----	--	--	--	--





**Acquifero del VALDINIEVOLE****A 011**

Il sistema idrogeologico della pianura comprende i depositi alluvionali recenti dei corsi d'acqua che solcano la pianura (Nievole, Pescia di Pescia, Pescia di Collodi), depositi caratterizzati da permeabilità maggiore nella zona pedemontana (Pescia, Montecatini, Monsummano), dove sono frequenti le ghiaie, minore man mano che si procede verso il Padule di Fucecchio.

I livelli più produttivi risultano in genere sviluppati in fregio ai corsi d'acqua, in particolare nelle zone in cui l'acquifero è direttamente ravvenuto dai torrenti

In corrispondenza dei campi pozzi principali (Pittini, Zamponi, Parlanti, Campolasso, ecc.) le alluvioni raggiungono in genere spessori nell'ordine di una ventina di metri e, al loro interno, le ghiaie acquifere possono arrivare ad uno spessore di 4 -10 metri.

Al di sotto delle alluvioni si sviluppa la formazione fluvio lacustre: il villafranchiano ha una produttività bassa (2-3 l/sec) e richiede perforazioni molto profonde in relazione allo spessore dell'acquifero e alle produttività ottenibili.

Le caratteristiche salienti di questo tema idrogeologico, che si ripetono identiche in tutti i comuni della Val di Nievole fino ad una profondità di 120 - 150 metri sono:

- intercalazioni di ghiaie sabbiose (spesso con forte matrice fine) di spessore generalmente debole (2-3 metri), all'interno di un potente complesso argillo – limoso;
- trasmissività dell'ordine di  $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  e produttività bassa (circa 2 l/s).

Sia i livelli acquiferi superficiali (nelle alluvioni) che quelli posti tra i 30 e 50 mt di profondità (complesso lacustre) risultano sfruttati da un ingente numero di pozzi privati ad uso vivaistico e pozzi comunali acquedottistici.

In linea generale possiamo così schematizzare:

- un primo intervallo acquifero compreso entro i primi 10 metri dal piano di campagna con uno spessore medio intorno ai 4 metri (acquifero freatico sfruttato dai pozzi ad uso domestico, più raramente irriguo, di grande diametro)
- un secondo intervallo permeabile individuabile fra i 20 e i 40 m di profondità;
- un terzo livello fra i 50 e i 70 metri.

Tutti questi intervalli fanno parte della successione fluviolacustre pleistocenica-olocenica.

Nell'area pedecollinare, dove le profondità del substrato sono relativamente modeste (100 - 150 metri) un discreto numero di pozzi produttivi oltrepassano le alluvioni e i sedimenti lacustri che poggiano sul substrato roccioso per andare ad attivare attraverso una serie di fratture gli acquiferi più profondi.

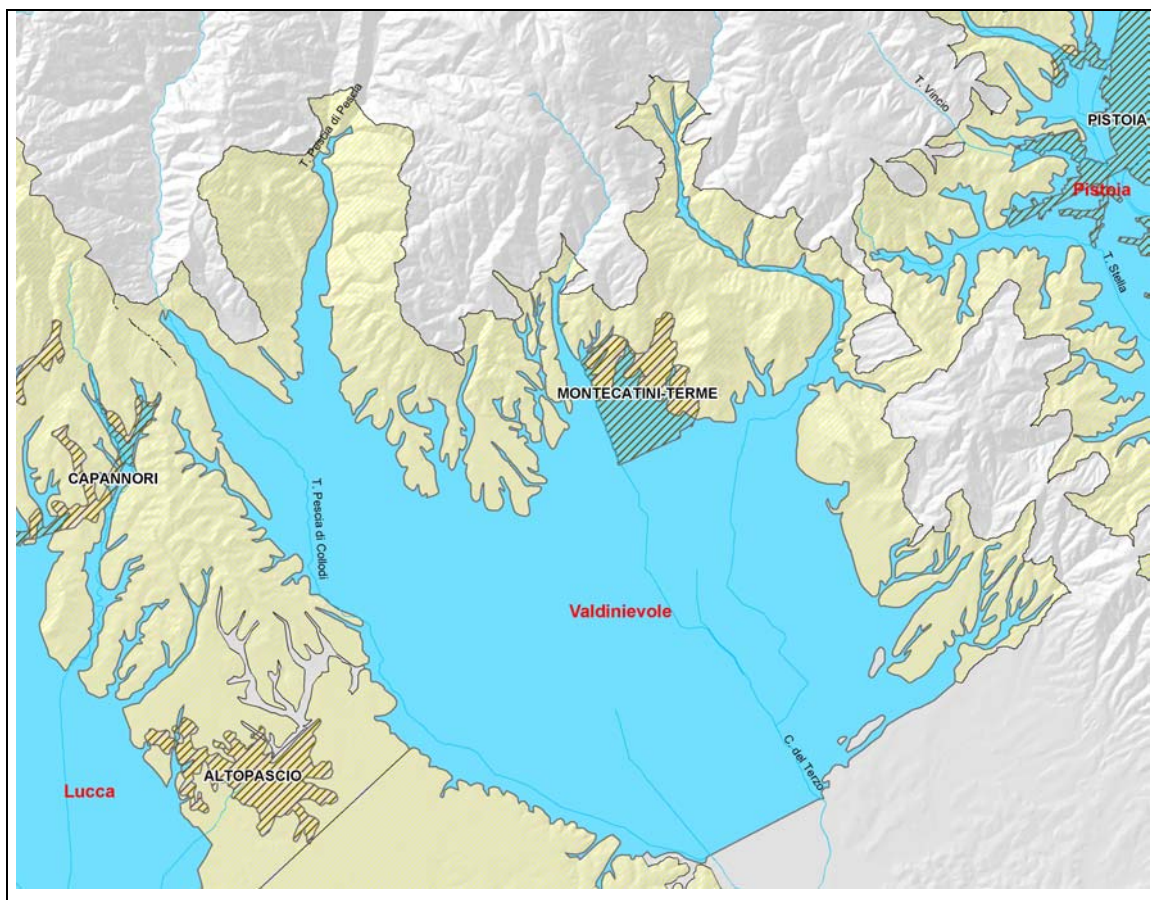
Per quanto riguarda la bassa pianura, i dati sono scarsi e le conoscenze non vanno oltre i 70 – 80 metri di profondità da p.c.

Lo schema di ricarica dell'acquifero utilizzato individua i termini in entrata nell'infiltrazione areale e negli apporti sotterranei dalle aree di ricarica, contraddistinte da formazioni di natura arenacea.

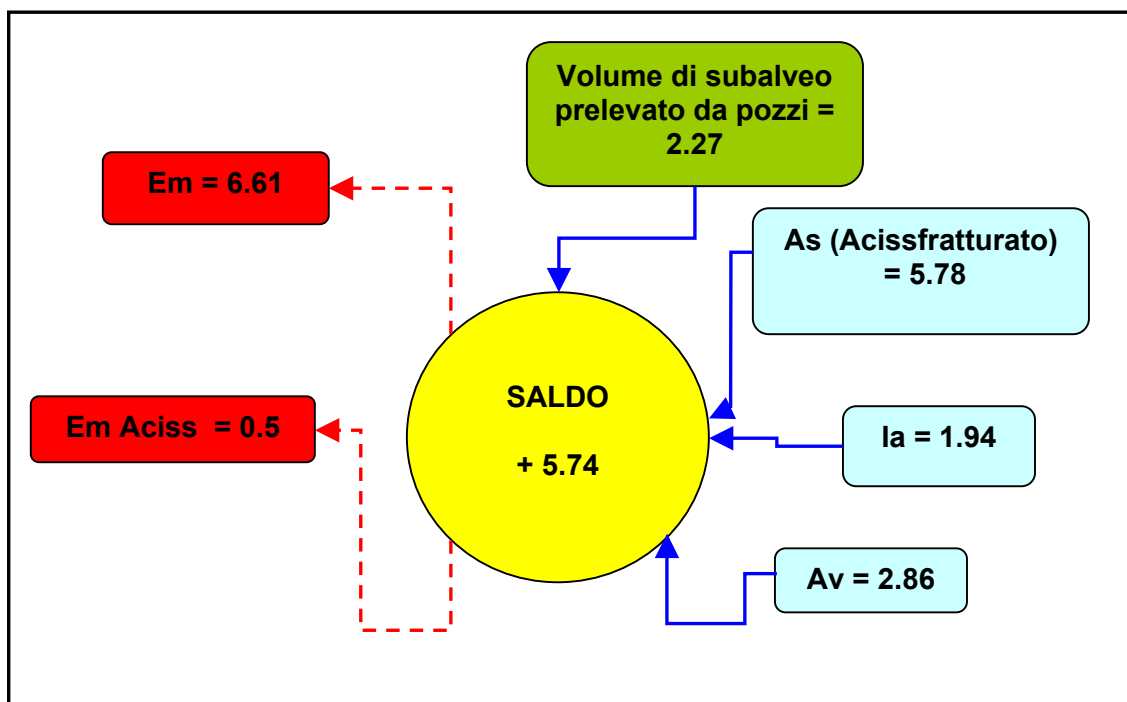
Il saldo del bilancio risulta positivo di 5.74 Mmc, mentre la ricarica per unità di superficie risulta di 58.075 mc/Kmq.



La riserva è stata calcolata sulla base degli spessori netti degli acquiferi, attribuendo loro una porosità efficace del 6%. Il risultato è una riserva d'acqua di 60,43 Mmc.

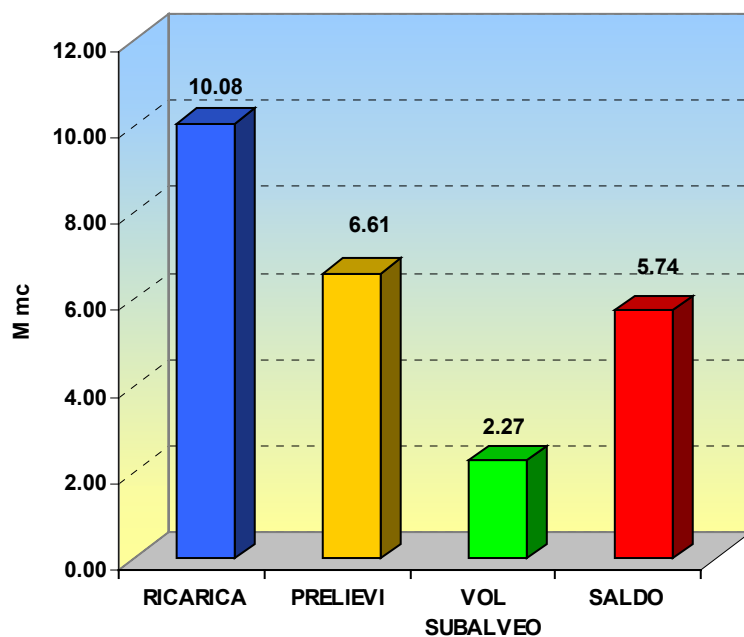


Acquifero della Valdinevole con evidenziate le aree di ricarica

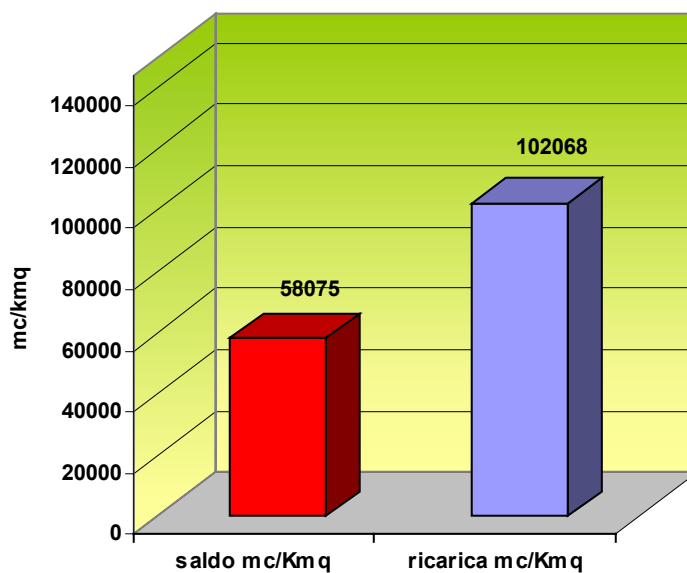


Schema del bilancio – (in Mmc/anno)

PIANURA DELLA VALDINIEVOLE 98.8 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			1.94
Apporti sotterranei (Aciss fratt. – Em Aciss)			5.28
Apporti dai versanti			2.86
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>10.08</b>
<b>Volume di subalveo prelevato da pozzi</b>			<b>2.27</b>
<b>prelievi</b>	acquedottistico	2,01	<b>- 6.61</b>
	domestico	0,22	
	irriguo	2,37	
	produttivo	1,71	
	servizi	0,31	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 6.61</b>
<b>SALDO</b>			<b>5.74</b>



Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



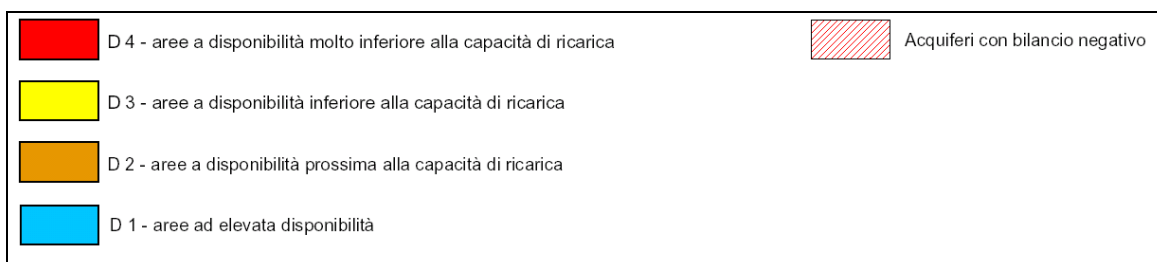
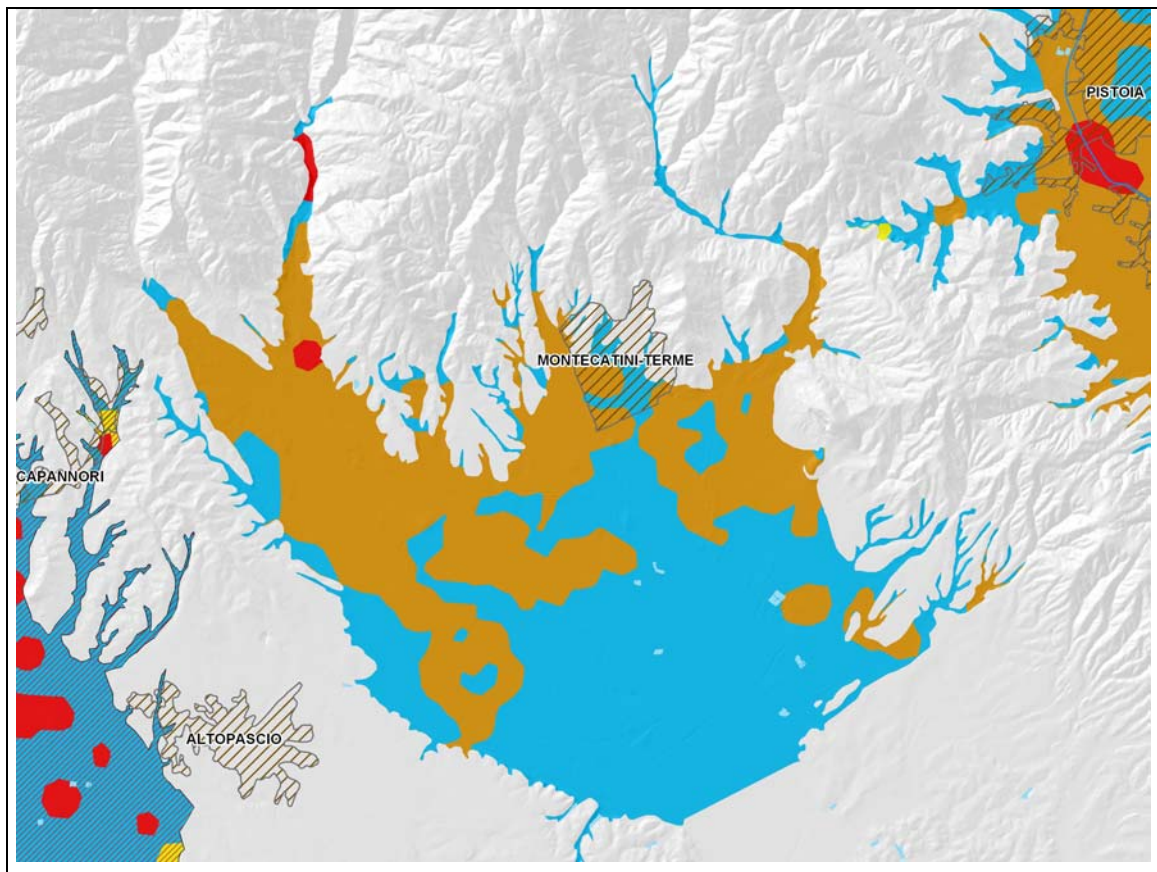
Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero della Valdinievole ed integralmente riportati negli atlanti cartografici.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero della Valdinievole**

Stralci	n.	66	67	68	69	70
---------	----	----	----	----	----	----





**Acquifero dell' ELSA****A 012**

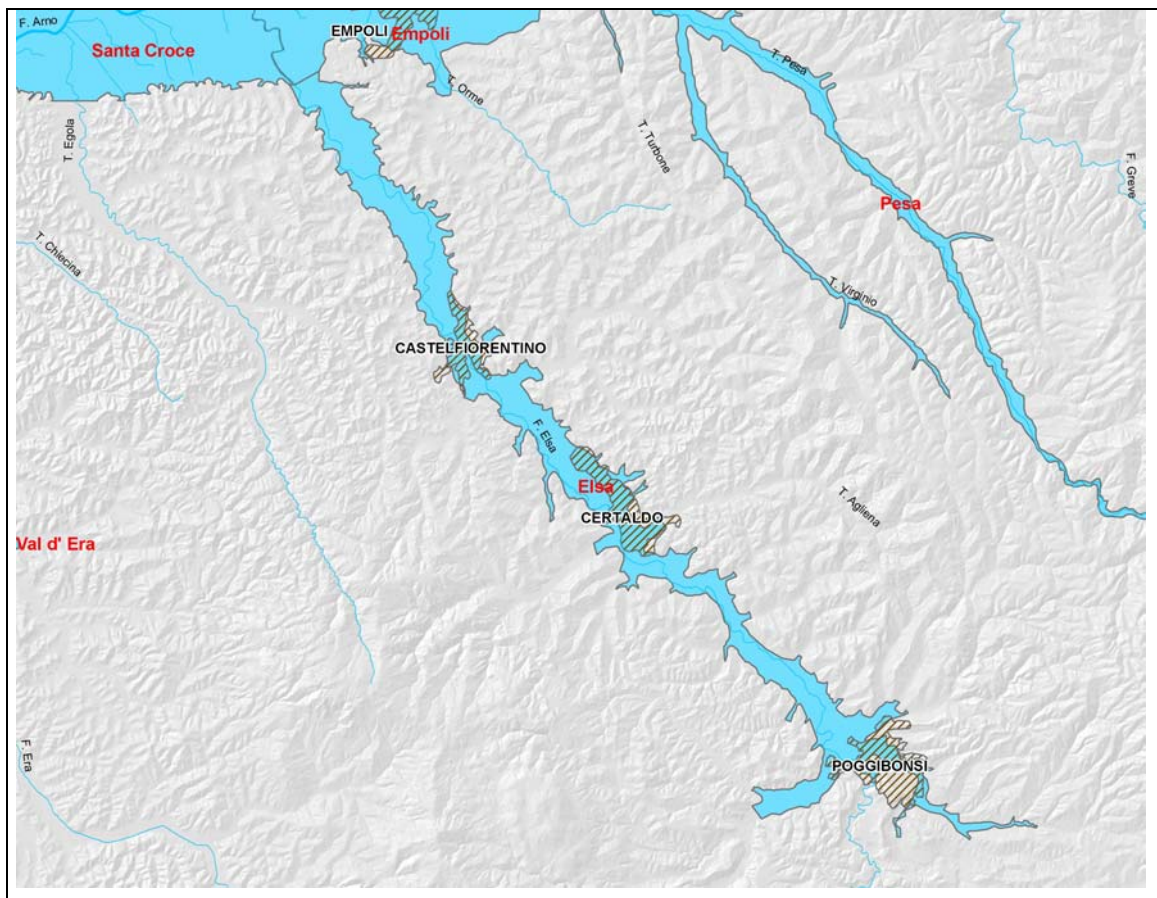
L'acquifero risiede nei sedimenti alluvionali "Alluvioni recenti". Si tratta di depositi recenti in prevalenza sabbioso-limosi che costituiscono il fondovalle dell'Elsa e dei suoi tributari principali.

E' una coltre alluvionale recente, spessa mediamente circa 20 metri, costituita in prevalenza da sabbie e ghiaie, che sovrasta il substrato pre-alluvionale costituito da sedimenti marini pliocenici argillosi e argilloso-limosi.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, ad eccezione del limite nord, in cui la falda acquifera è in continuità con l'area di pianura d'Arno, lo spessore dell'acquifero si azzerava contro le formazioni plioceniche, che possono essere sede di falde acquifere di una certa importanza, riscontrabili a profondità maggiori di 20 m. L'interazione di queste formazioni con le alluvioni risulta tuttavia limitata.

La ricarica per unità di superficie è di 97.962 mc/Kmq

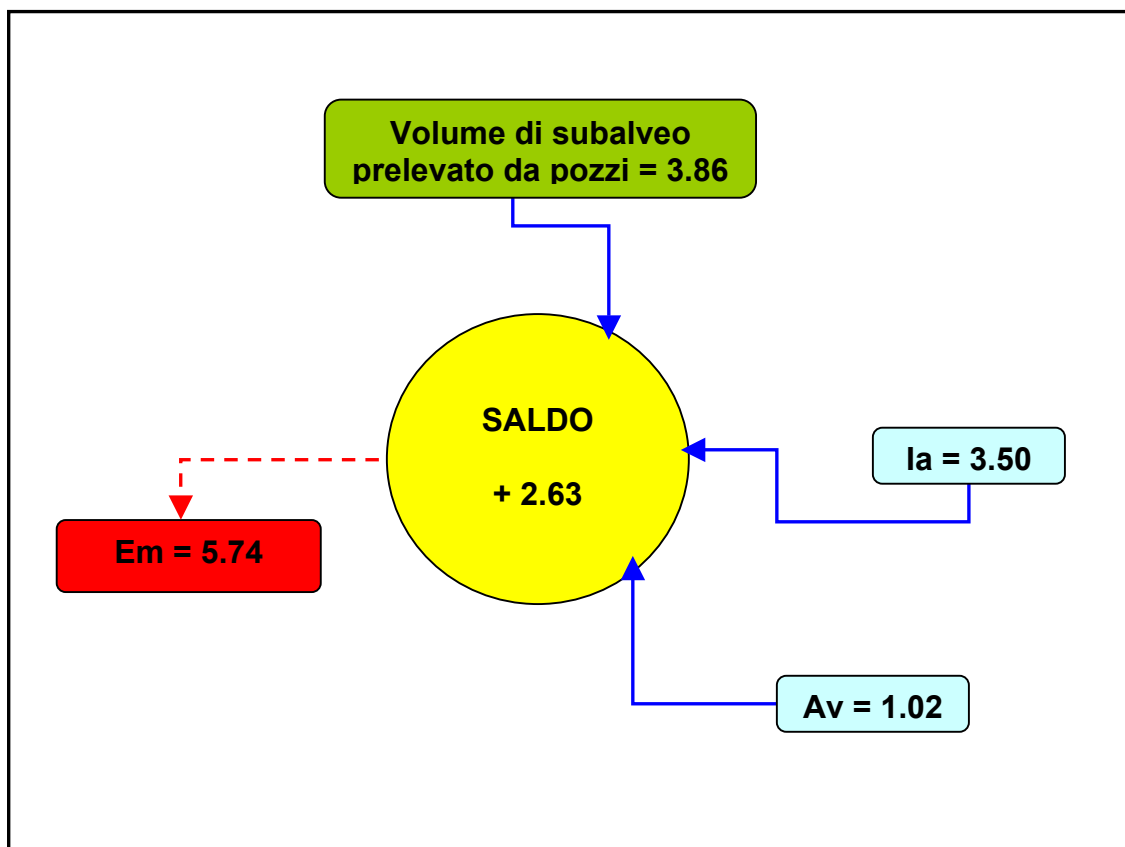
La riserva, pari a circa 30,8 Mmc, è stata calcolata sulla base dello spessore medio dell'acquifero alluvionale, valutato con le litostratigrafie disponibili ed attribuendo loro una porosità efficace del 15%.



Acquifero dell'Elsa

Autorità di bacino del fiume Arno

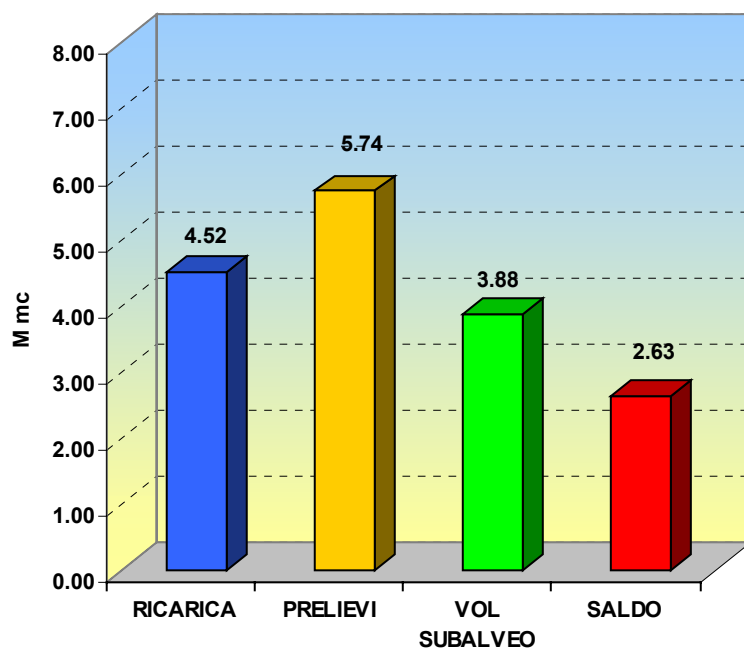
Progetto di Piano di bacino  
stralcio "Bilancio Idrico"



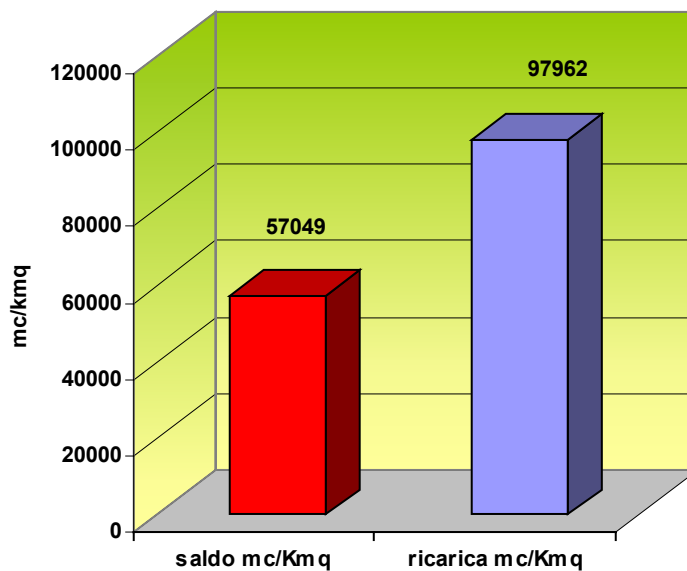
Schema del bilancio (Mmc/anno)

ELSA 46,14 Km <sup>2</sup>		Mmc/a
Infiltrazione areale		3.50
Apporti dai versanti		1.02
<b>TOTALE RICARICA</b>		<b>4.52</b>
<b>Volume di subalveo prelevato da pozzi</b>		<b>3.88</b>
<b>Prelievi</b>	acquedottistico	3,88
	domestico	0,35
	irriguo	0,83
	produttivo	0,44
	servizi	0,25
<b>TOTALE USCITE</b>		<b>- 5.74</b>
<b>SALDO</b>		<b>2.63</b>





Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

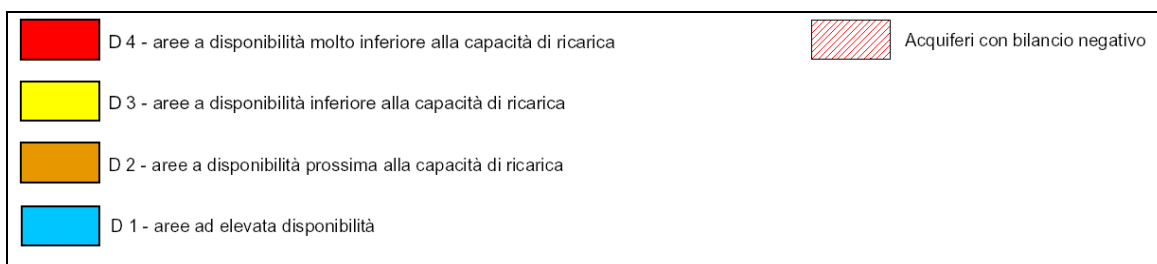
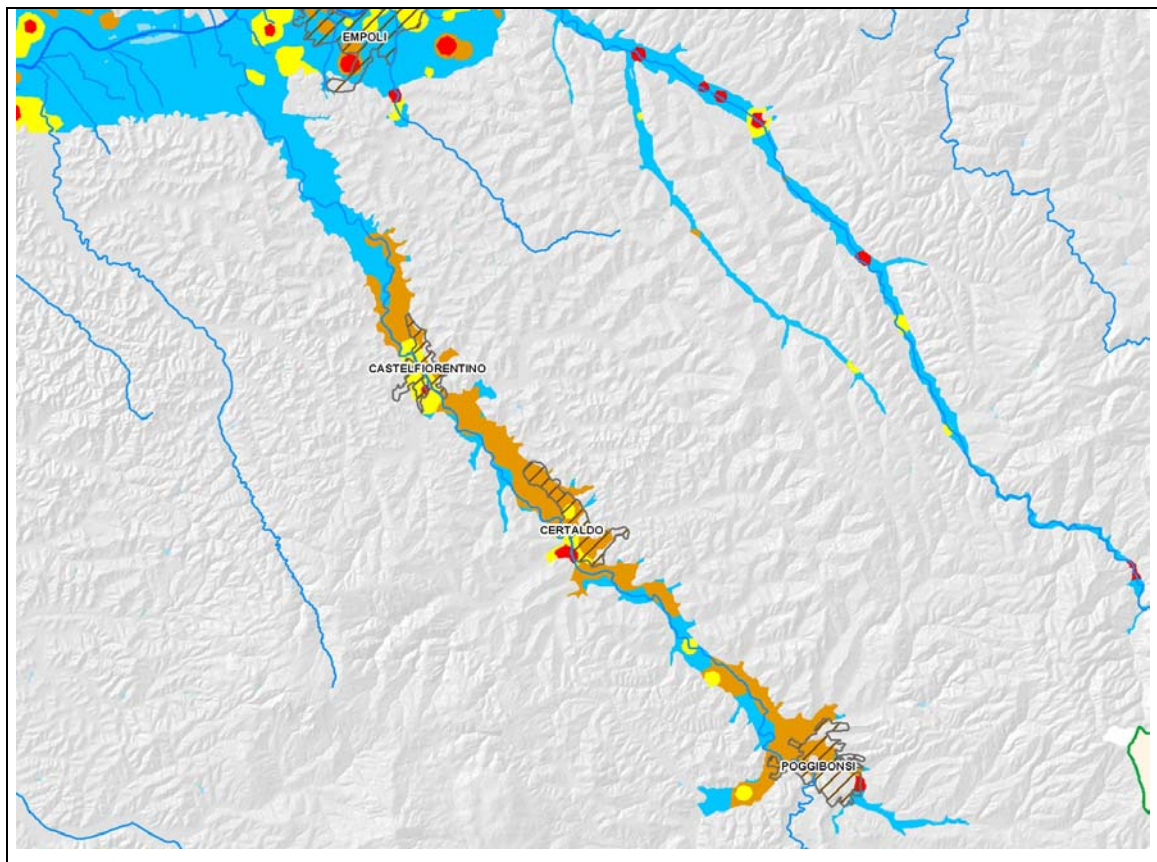
Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata

considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero dell'Elsa ed integralmente riportati negli atlanti cartografici.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero dell' Elsa**

Stralci	51	52	53	54	55	56	
---------	----	----	----	----	----	----	--



<b>Acquifero della PIANURA DI FUCECCHIO - SANTA CROCE</b>
---

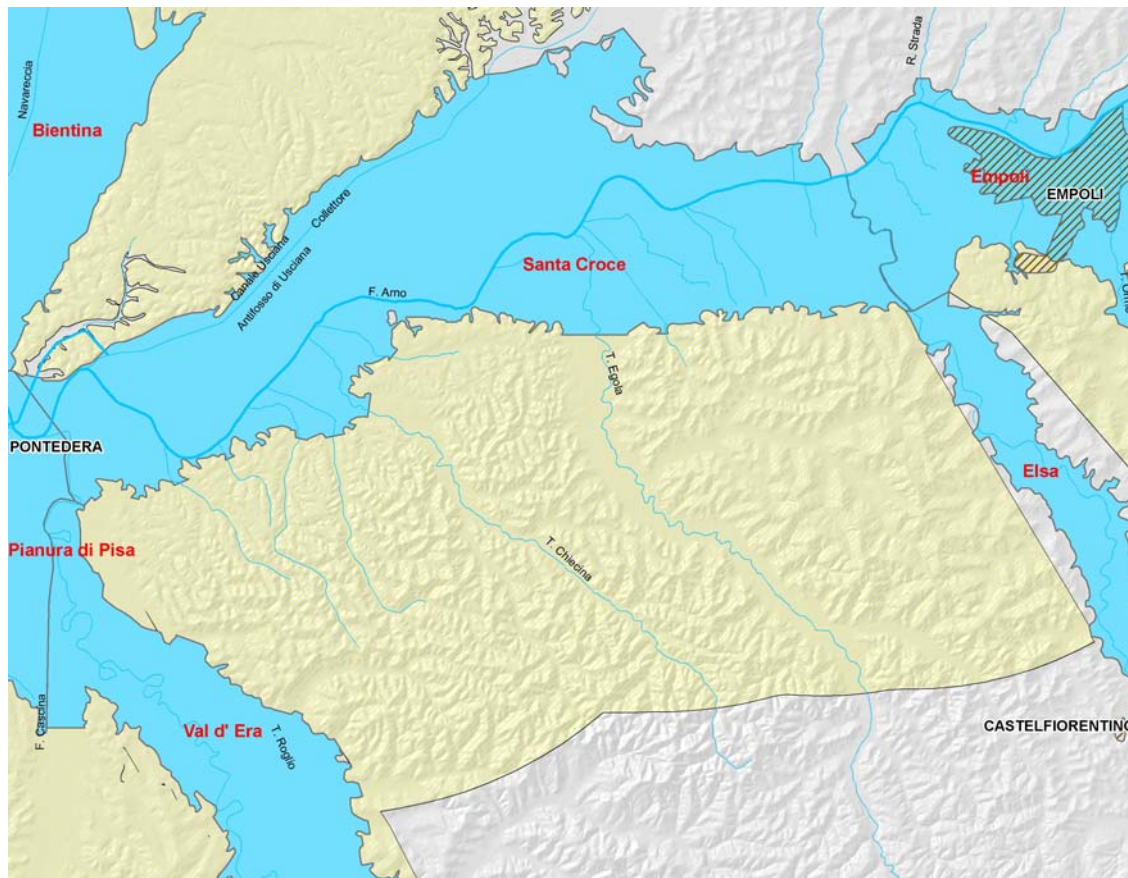
<b>A 013</b>
--------------

L' area in esame è quella che comprende la pianura d' Arno tra Pontedera e Fucecchio fino alla confluenza del F. Elsa con l' Arno.

Nella zona compresa tra Pontedera e San Miniato Basso (SPANDRE 2002) si riconoscono tre acquiferi, due dei quali il 2° e 3° individuati con certezza solo nella zona del comprensorio del cuoio:

- 1° acquifero confinato in sabbie e ghiaie, di spessore normalmente inferiore ai 10m, il cui tetto si attesta ad una profondità compresa tra i -25 ed i -45m dal piano di campagna. Potrebbe in via ipotetica corrispondere all'acquifero dei *Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina*..
- 2 °acquifero confinato in sabbie a profondità comprese tra -70 e -75m e con spessori compresi tra 3 e 6 m ed è associato a depositi Pliocenici.
- 3 °acquifero confinato in sabbie interpretate come plioceniche a profondità comprese tra -95 e -105 m e spessori compresi tra 3 e 6m.

L'analisi dell'assetto stratigrafico dei depositi affioranti sulle colline Pisane e sul margine meridionale delle colline delle Cerbaie permette di fare alcune considerazioni aree di ricarica di questi acquiferi: infatti i depositi plio-pleistocenici delle colline pisane immergono verso l'asse della pianura di pochissimi gradi.



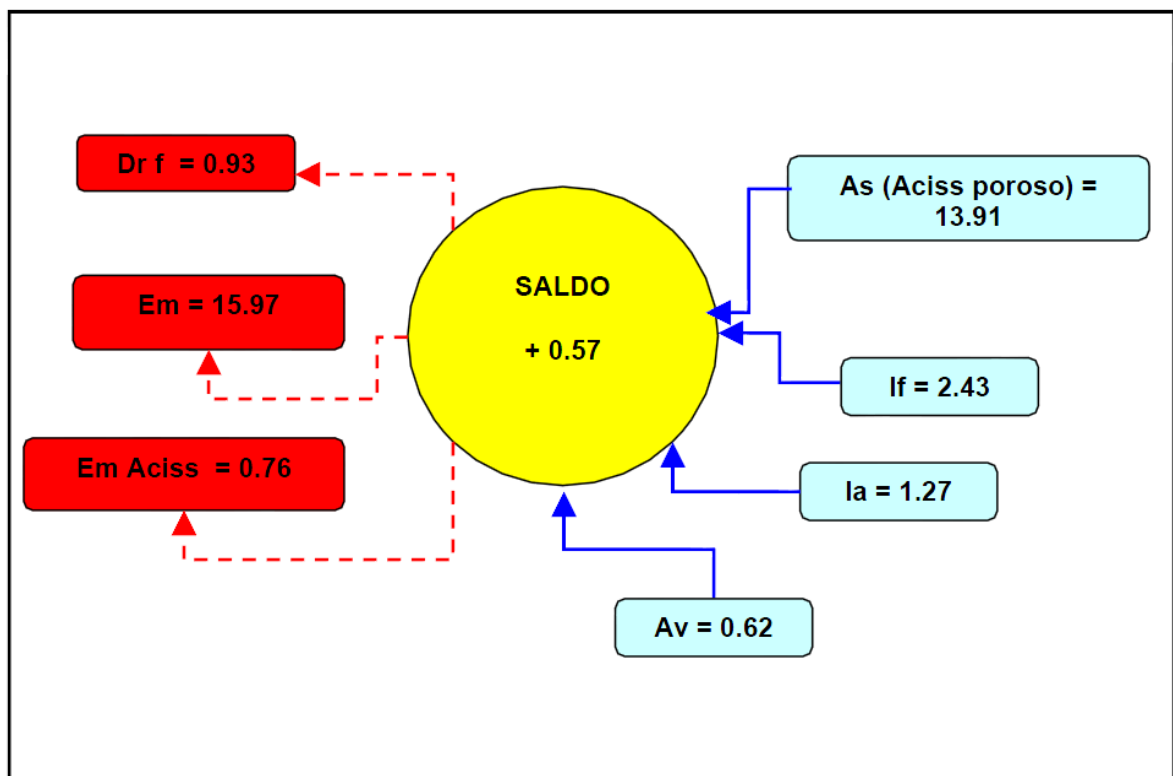
Acquifero della pianura di Fucecchio Santa Croce con evidenziate le aree di ricarica

Da un punto di vista degli usi, l'acquifero della pianura di Fucecchio e Santa Croce è caratterizzato da un forte prelievo ad uso industriale.

Le falde pleistoceniche e plioceniche profonde sono quelle ad oggi sfruttate per tali usi. Si è ritenuto quindi di redigere il bilancio relativamente a tali sistemi acquiferi, considerando come aree di alimentazione, come detto sopra, quelle di affioramento dei sedimenti pliocenici delle colline in sinistra del fiume Arno.

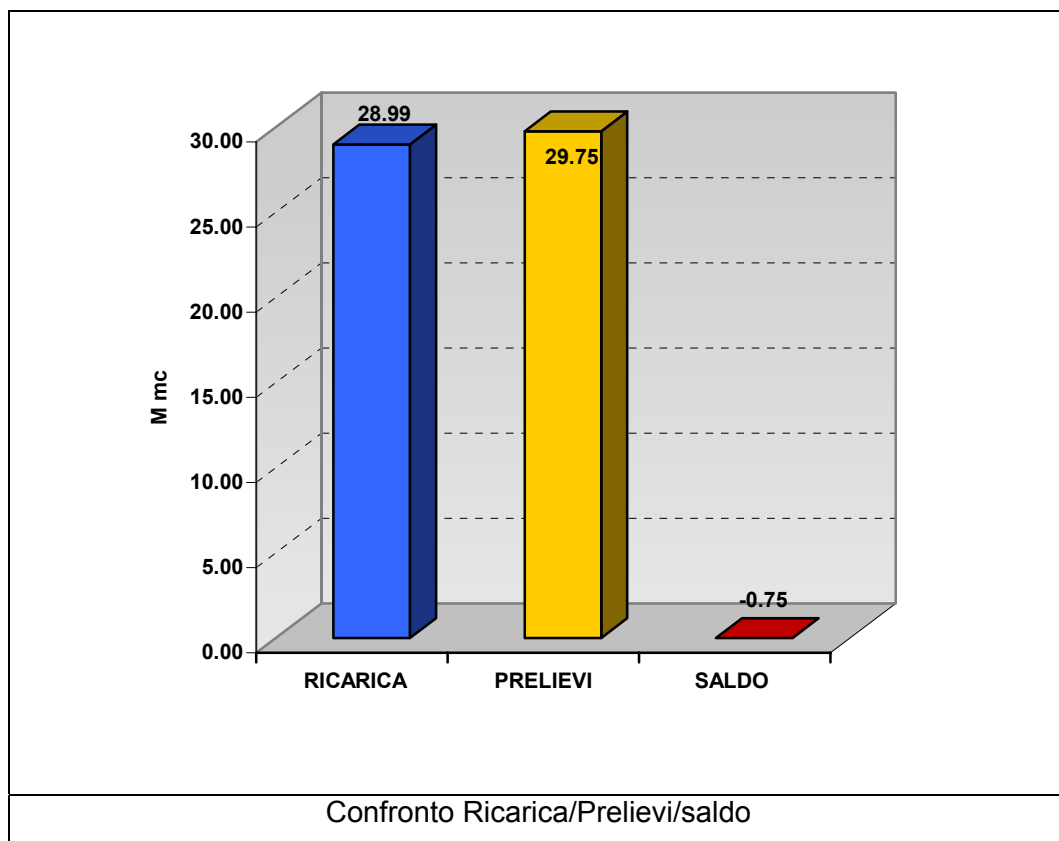
Il saldo di bilancio è sostanzialmente in pareggio (+ 0.57 Mmc), in accordo con i risultati del monitoraggio piezometrico degli ultimi anni.

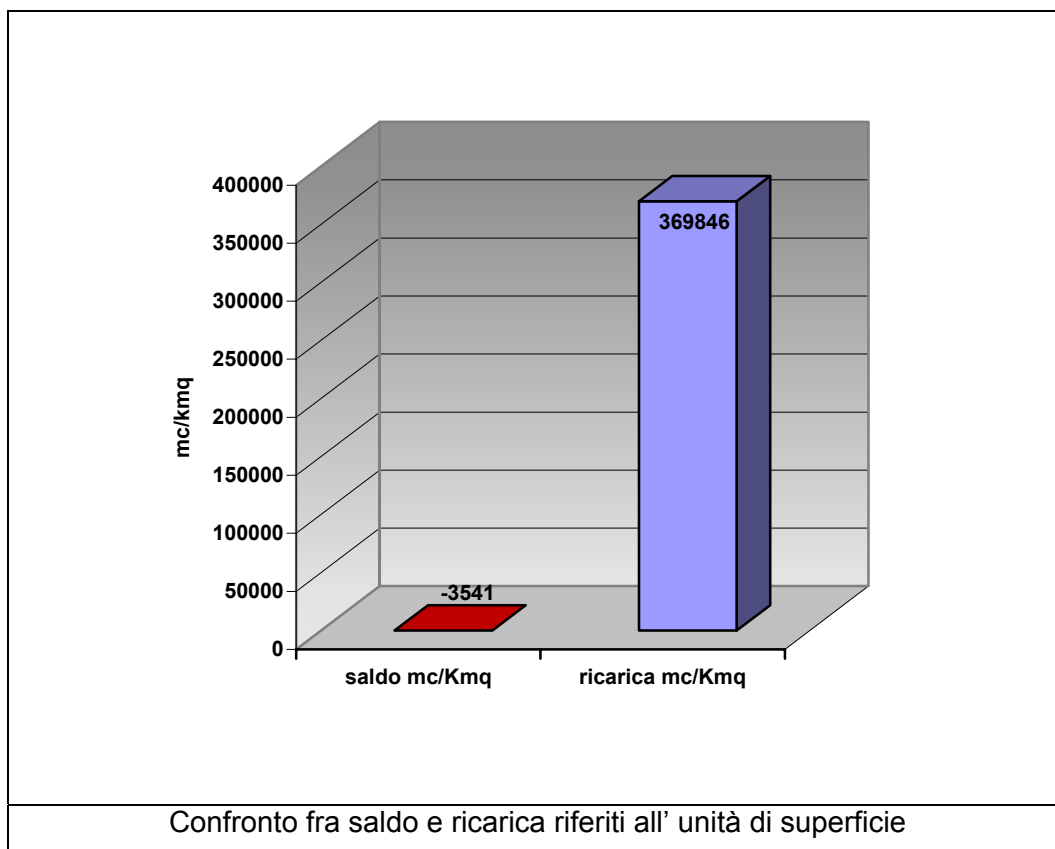
La ricarica per unità di superficie è di 185.810 mc/Kmq.



Schema del bilancio – (in Mmc/anno)

FUCECCHIO SANTA CROCE 13,03 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			1.27
Apporti sotterranei			13.15
Apporti dai versanti			0.62
Infiltrazione da i fiumi			2.34
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>17.47</b>
Drenaggio dai fiumi			0.93
<b>prelievi</b>	acquedottistico	2,20	<b>15.97</b>
	domestico	2,15	
	irriguo	0,76	
	produttivo	10,71	
	servizi	0,25	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>16.90</b>
<b>SALDO</b>			<b>0.57</b>





Riguardo al sistema dei prelievi si nota che è molto diffusa la multi-fenestrazione nei pozzi; condizioni di intenso sfruttamento sono comuni a tutti gli orizzonti acquiferi. Nelle variazioni piezometriche stagionali si rileva che in agosto-settembre si ha una morbida indotta dovuta all'interruzione estiva delle attività industriali; tale effetto risulta rilevante sull'asse Pte a Egola-S.Croce, mentre si annulla allontanandosi da tale asse verso Fucecchio e Castelfranco. La naturale circolazione da est verso ovest delle acque sotterranee nella piana di Fucecchio-S.Croce risulta impedita dal sistema dei prelievi impostato sull'asse Pte a Egola S.Croce, lungo il quale si determina una profonda e costante depressione piezometrica aperta verso il margine nord della piana stessa.

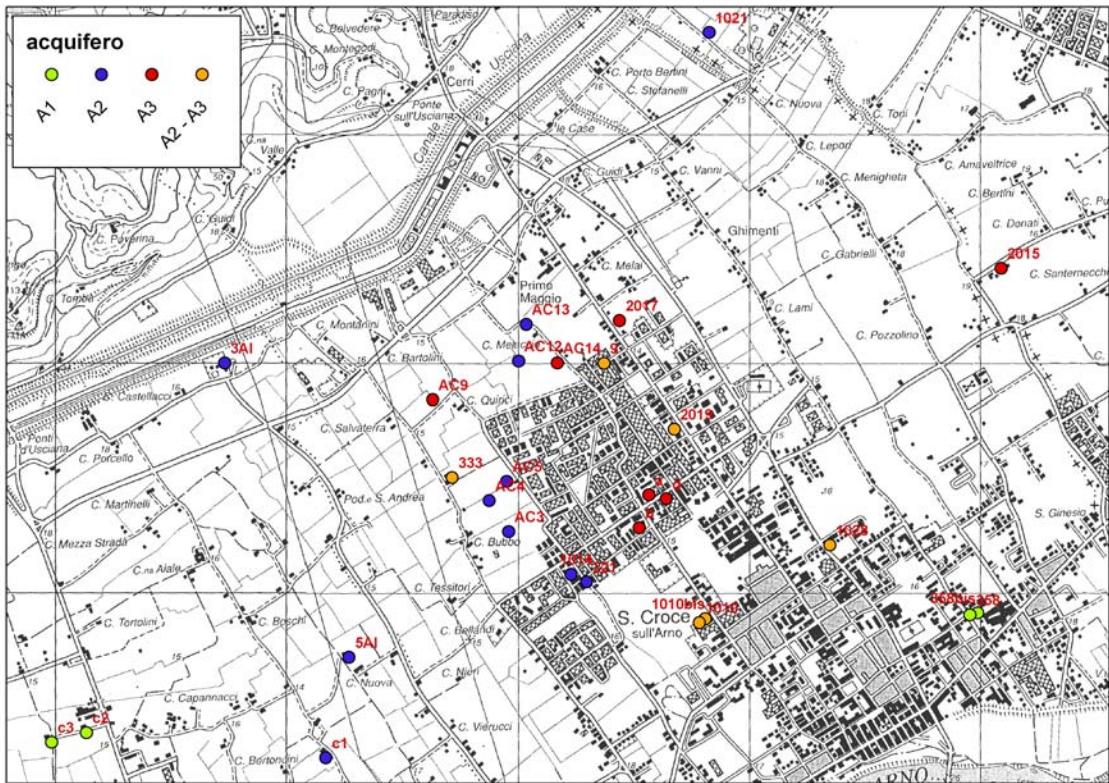
Su parte del settore a maggior sfruttamento della piana (comprensorio del cuoio, tra Castelfranco di sotto e Fucecchio) è stato condotto per diversi anni dal Comune di S.Croce un monitoraggio dei livelli piezometrici pseudo-statici, tramite 4 letture annuali (indicativamente marzo, luglio, agosto, dicembre). Il monitoraggio non copre il settore occidentale dell'acquifero, da Castelfranco a Pontedera.

Le serie storiche della morbida indotta del mese di Agosto, cioè il periodo in cui il recupero del livello si avvicina di più ad una condizione statica, forniscono i risultati più rappresentativi, pertanto l'analisi si è basata su di essi. Sono stati selezionati i pozzi caratterizzati da serie storiche lunghe (indicativamente 1994 – 2008); inoltre, per rendere i dati piezometrici dei vari pozzi, espressi in metri dal piano campagna, confrontabili tra loro, è stata effettuata la seguente elaborazione:

- dalla serie dei valori riferiti ad agosto di ogni pozzo, è stato ricavato il valore medio;
- il livello piezometrico nei vari anni è stato normalizzato rispetto al valore medio;



- per ogni anno è stato ricavato il valore medio dei livelli normalizzati sui vari pozzi selezionati.

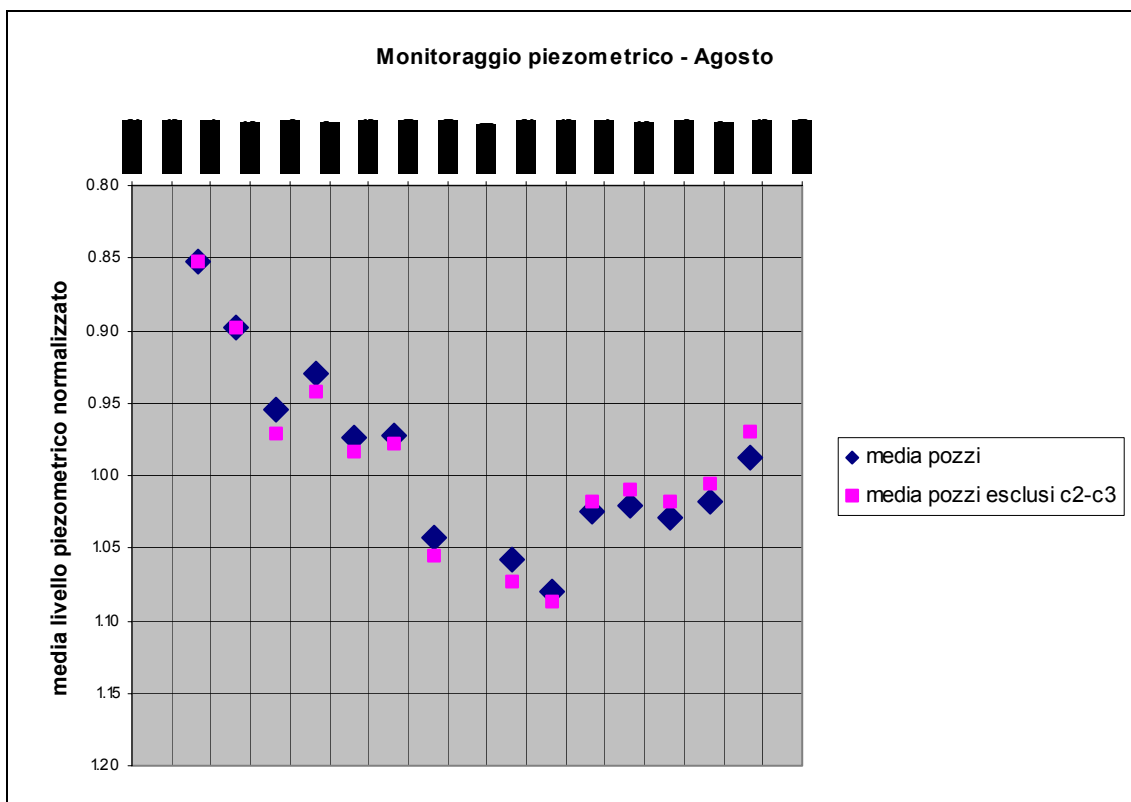


### Rete di monitoraggio piezometrico

La serie storica elaborata in tal modo mostra un trend negativo (approfondimento dei livelli di agosto) nel periodo 94-03, seguito da una lieve risalita con recupero parziale dei livelli precedenti negli anni 03-08; si nota inoltre un salto in senso negativo (cioè approfondimento) tra gli anni 1999 e 2000, ed uno in senso positivo tra gli anni 2003 e 2004. Riguardo all'entità assoluta delle variazioni si denota che l'escursione dei valori del livello si aggira mediamente su 4,5 m, con massimi di ca 7 m, ricordando che tale escursione è da considerarsi alla stregua di un livello statico in quanto preso in periodo di generale inattività delle industrie.

Il livello piezometrico è determinato da:

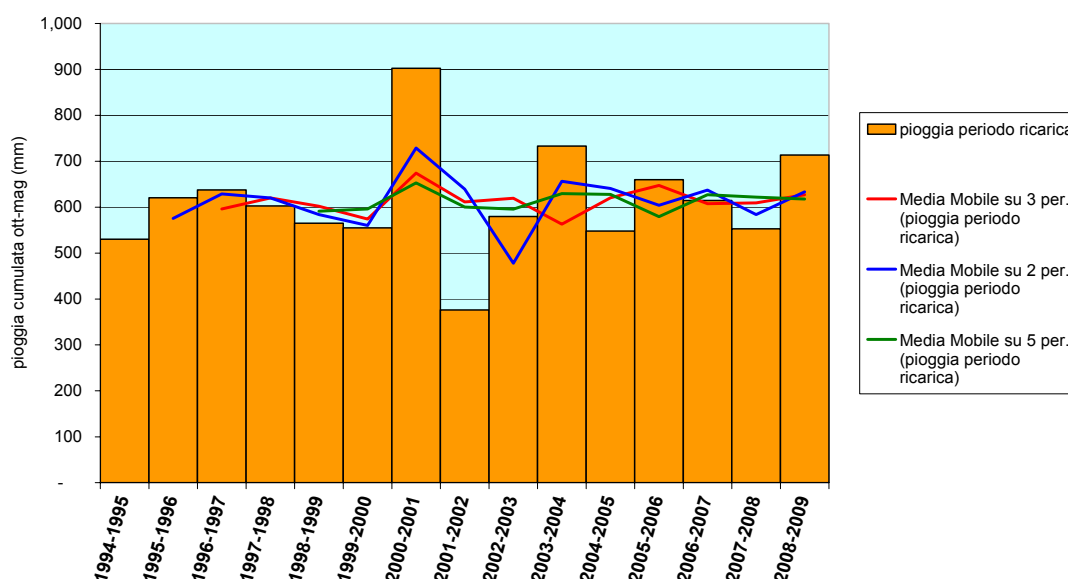
- livello piezometrico ereditato dall'anno precedente;
- entità della ricarica annua, cioè delle piogge nel periodo di ricarica (ott-mag) nei negli anni precedenti;
- entità dei prelievi nell'anno.



I dati di afflusso analizzati sono le piogge mensili rilevate alle stazioni pluviometriche di Fornacino (S.Miniato) e Pontedera. La pioggia annua media nell'intervallo 1994-2009 risulta di 800 mm; tuttavia è particolarmente significativo, per la valutazione delle possibili variazioni nella ricarica delle falde, fare riferimento alla pioggia cumulata riferita al periodi ricarica, a cavallo dei due anni solari successivi, che va mediamente da ottobre a maggio. Dai dati mensili alle 2 stazioni è stata ricavata la media per ogni mese di ogni anno; da essa si è calcolata la pioggia stimata per ogni periodo di ricarica ottobre-maggio. Tali dati indicano una pioggia cumulata media in periodo di ricarica nell'intervallo 1994-2009 pari a 613 mm. I dati della pioggia per ogni ciclo annuo di ricarica mostrano una variabilità relativamente bassa, contenuta in  $\pm 20\%$  rispetto alla media per tutti i cicli fatta eccezione per i periodi 2000-2001 e 2001-2002, che evidenziano valori estremi in un senso e nell'altro.

Considerato che la ricarica non richiede tempi uguali per tutti livelli acquiferi e che perciò essa è da considerare probabilmente estesa su un periodo maggiore del singolo anno, si rileva nel complesso una assenza di tendenza nella prima parte dei valori (1994-2002), seguito da una incremento della variabilità e dall'instaurarsi di un lieve trend medio positivo nella seconda parte della serie (2002-2009). Secondo quanto evidenziato dal minimo nella serie storica delle piezometrie, se si confrontano le piogge dei due periodi 94-03 e 03-09, si rileva che la sostanziale stabilità della ricarica nel primo periodo non giustifica il trend piezometrico negativo delle piezometrie, mentre il trend piezometrico lievemente positivo nel secondo periodo si accorda alla tendenza lievemente positiva nella ricarica da parte delle piogge.

PIOGGE CUMULATE IN PERIODO DI RICARICA (OTT-MAG)



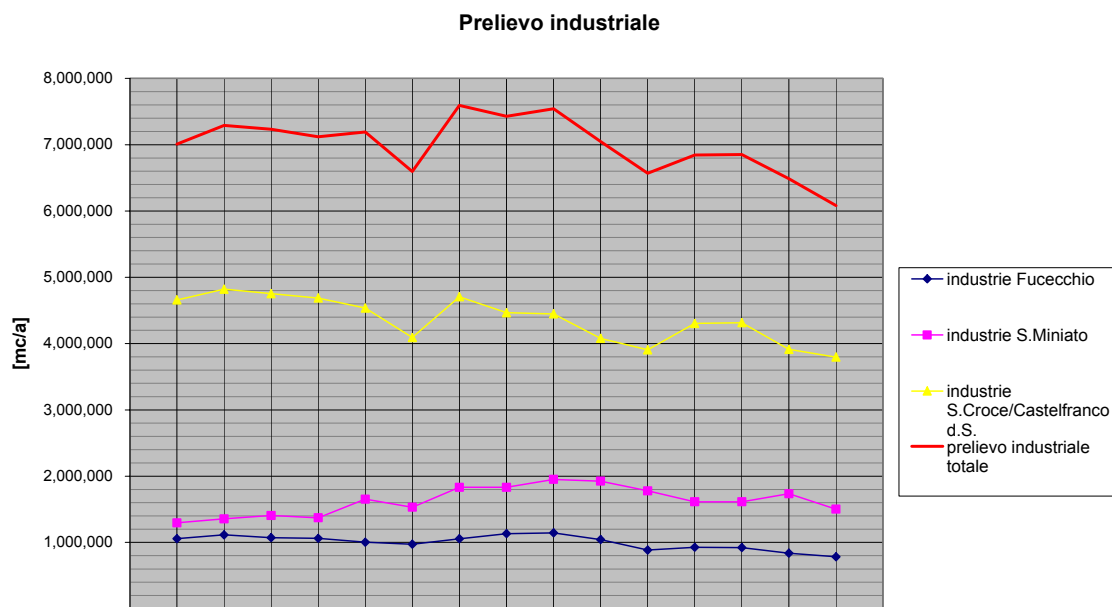
Dai dati del bilancio idrico risulta che sull'intero acquifero l'uso industriale costituisce il 73% del totale prelievi, il domestico 14% e l'acquedottistico 8%, il resto (irriguo, servizi) ca il 5%.

Riguardo all'uso industriale, esso è arealmente confinato alla zona coperta dal monitoraggio. Sono disponibili dati storici di prelievo effettivo, stimabili dalle serie storiche dei volumi scaricati presso i 3 depuratori industriali presenti, forniti dagli stessi Gestori, e dati di prelievo concesso, forniti dalla Provincia per ogni pozzo; ai fini della presente analisi hanno importanza soprattutto i primi. Il depuratore Aquarno serve le industrie della zona Castelfranco-S.Croce, quello Cuioidepur serve quelle della zona di S.Miniato-Pte a Egola, quello del Consorzio Conciatori serve quelle della zona di Fucecchio-Pte a Cappiano; tutti i depuratori sono dotati di pozzi propri che estraggono notevoli volumi idrici per le esigenze di processo della depurazione stessa.

Per stimare il prelievo industriale effettivo il dato di partenza utilizzato è costituito dal volume di reflui industriali effettivamente trattato negli impianti di depurazione; esso costituisce un limite minimo di prelievo effettivo di acqua per uso industriale dalla falda, in quanto una parte dell'acqua va comunque persa durante le diverse fasi di lavorazione. Una valutazione quantitativa di tali perdite è possibile sulla base di uno studio curato da ARPAV nel 2001-2002, che riporta i dati di prelievo e scarico di 16 aziende conciarie del distretto di Arzignano, simili in quanto a tipologia di prodotto a quelle presenti nel distretto del cuoio di S.Croce; i dati sono riferiti all'anno 2000. Si ricava che per ottenere una stima sufficientemente attendibile del volume prelevato dalla falda il quantitativo restituito ai depuratori deve essere incrementato mediamente dell'8 % circa; ad esso si deve sommare il volume estratto dai pozzi propri dei depuratori stessi. Per i pozzi del depuratore Aquarno mancano i dati per gli anni 1994-2000; i dati disponibili mostrano una correlazione lineare positiva tra volumi trattati e volumi estratti dai pozzi propri, pertanto si è avviato alla mancanza stimando che i volumi estratti dai pozzi propri negli anni non disponibili seguissero la stessa legge di correlazione con i volumi trattati.

## PRELIEVI INDUSTRIALI TOTALI

ANNO	prelievi restituiti al depuratore (mc)	prelievi stimati (mc)	prelievi propri (mc)	pozzi prelievo industriale (mc)	totale
1994	5,577,824	6,024,050	984,472	7,008,522	
1995	5,778,954	6,241,270	1,049,694	7,290,964	
1996	5,718,144	6,175,596	1,056,947	7,232,542	
1997	5,643,657	6,095,150	1,025,829	7,120,979	
1998	5,449,001	5,884,921	1,307,353	7,192,274	
1999	5,065,741	5,471,000	1,124,107	6,595,107	
2000	5,556,835	6,001,382	1,592,116	7,593,498	
2001	5,356,368	5,784,877	1,643,879	7,428,756	
2002	5,532,555	5,975,159	1,567,905	7,543,064	
2003	5,078,928	5,485,242	1,562,208	7,047,450	
2004	4,888,509	5,279,590	1,289,684	6,569,274	
2005	5,303,897	5,728,209	1,115,320	6,843,529	
2006	5,257,028	5,677,590	1,173,353	6,850,943	
2007	4,907,791	5,300,414	1,185,682	6,486,096	
2008	4,517,311	4,878,696	1,203,142	6,081,838	
media	5,308,836	5,733,543	1,258,779	6,992,322	



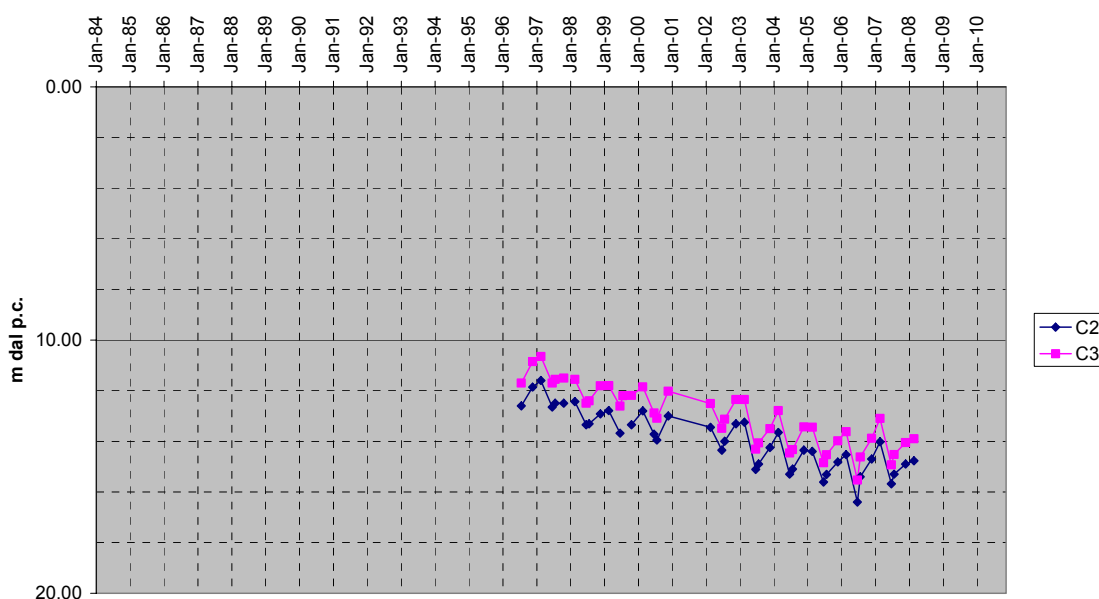
Si ricavano i volumi totali riportati nella tabella soprastante, cui contribuiscono in media le industrie di S.Croce-Castelfranco per il 63%, quelle di S.Miniato-Pte a Egola per il 23%, e quelle di Fucecchio-Pte a Cappiano per il 14%. La serie storica presenta prelievi tra 7 e 8 Mmc/a fino al 2003 (fatta eccezione per il valore basso dell'anno 1999), e prelievi tra 6 e 7 Mmc/a tra il 2003 e il 2008 con trend mediamente negativo; si evidenzia inoltre un brusco incremento tra gli anni 1999-2000 ed una altrettanto marcata diminuzione tra gli anni 2002 e 2004.

Per quanto riguarda i prelievi acquedottistici essi sono concentrati in 2 campi pozzi, Vaiano-Varramista (Montopoli) e Castelfranco di Sotto; un terzo campo pozzi, S.Pierino nel comune di Fucecchio risulta di entità trascurabile. I dati disponibili, a partire dal 2002, indicano un prelievo totale dall'acquifero di entità abbastanza rilevante, con un brusco incremento tra gli anni 2003-2004 dovuto all'attivazione del campo pozzi Castelfranco ed all'aumento di prelievo dal campo pozzi di Montopoli. I 2 campi pozzi rilevanti sono ubicati ad ovest del comprensorio coperto dal monitoraggio; il loro influsso sulle piezometrie è rilevabile nei due punti di monitoraggio più occidentali, C2-C3: in essi si nota un andamento stagionale classico privo della morbida estiva indotta che caratterizza le zone industriali; si nota inoltre un generale trend negativo con accenno a stabilizzazione su livelli inferiori dal 2003-2004 in poi, in accordo con l'incremento di prelievo acquedottistico riportato sopra. E' importante però notare che gli effetti dei prelievi acquedottistici non sembrano farsi sentire nella zona centrale di monitoraggio, nella quale gli elementi determinanti sono le altre tipologie di prelievo.

#### *PRELIEVI ACQUEDOTTISTICI*

ANNO	campo pozzi Vaiano- Varramista	campo pozzi Castelfranco di sotto	prelievo totale acquedottistico
1994	Nd	Nd	Nd
1995	Nd	Nd	Nd
1996	Nd	Nd	Nd
1997	Nd	Nd	Nd
1998	Nd	Nd	Nd
1999	Nd	Nd	Nd
2000	Nd	Nd	Nd
2001	Nd	Nd	Nd
2002	414,680	-	414,680
2003	414,680	-	414,680
2004	826,532	549,900	1,376,432
2005	841,282	549,369	1,390,651
2006	776,920	621,744	1,398,664
2007	853,352	585,557	1,438,908
2008	929,783	549,369	1,479,152
media			748,707

livelli piezometrici - punti monitoraggio C2 e C3



Per quanto riguarda gli altri usi (domestico, irriguo, servizi), non sono disponibili serie storiche del prelievo, né tantomeno dati di prelievo effettivo; pertanto le stime di prelievo non aiutano nell'interpretazione dei dati piezometrici di monitoraggio, ma vanno a semmai a costituire possibili livelli di incertezza sulle valutazioni basate sulle variazioni nei volumi di prelievo annuo. Per l'uso domestico risulta sull'intero acquifero un prelievo medio totale pari a 1.730.500 mc/a. Per gli usi irriguo e servizi sono disponibili solo dati di prelievo concesso, che costituisce generalmente un limite superiore al prelievo effettivo; su tutto l'acquifero essi consistono rispettivamente in 763.199 e 254.186 mc/a, per un totale, con il domestico, pari a 2.747.885 mc/a.

Alla luce di quanto sopra risulta che i dati di monitoraggio indicano che con ogni probabilità la zona tra Castelfranco e Fucecchio è stata sottoposta negli anni del periodo 94-03 a prelievi superiori alla riserva sfruttabile, costituiti per oltre il 70% da prelievi di tipo industriale, a fronte di entrate fornite dall'infiltrazione delle piogge sostanzialmente costanti. Ciò ha provocato una graduale diminuzione della risalita piezometrica del mese di agosto nei pozzi, più marcata tra il 1999 e il 2000 a seguito di un incremento maggiore del grado di sfruttamento della falda; il fatto che ciò non ha comunque provocato depressioni piezometriche molto ingenti può indicare che il livello di prelievo, pur superiore a quanto sostenibile, non era comunque elevatissimo relativamente alle condizioni di ricarica degli strati acquiferi. Il parziale recupero dei livelli piezometrici nel periodo 2003-2008 è imputabile ad una diminuzione del prelievo intorno o al di sotto della riserva sfruttabile, ciò che ha reso visibile l'effetto del lieve incremento medio della ricarica nel periodo stesso.

Pertanto si può presumere che, ipotizzando:

- parità delle condizioni di sfruttamento della falda al contorno;
- costanza nell'utilizzo di acqua a fini domestico, irriguo, servizi;
- costanza nella ricarica media;

la zona del comprensorio del cuoio possa sostenere nel tempo un prelievo medio annuo pari a ca 7,0 Mmc, limitatamente all'uso industriale.



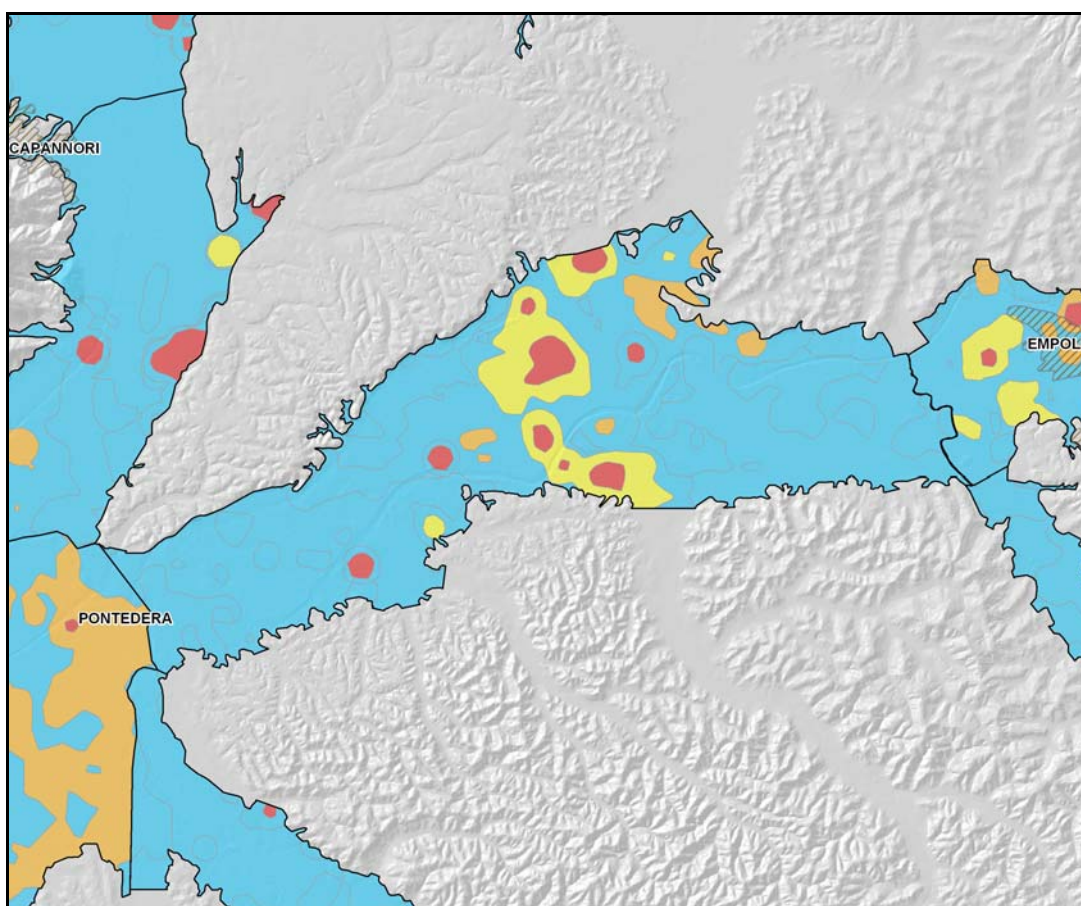
I dati di prelievo industriale effettivo attuali risultano inferiori a tale soglia, intorno a 6,1 Mmc/a. Per quanto riguarda i dati di concessione, sempre per uso industriale, si rileva un quantitativo complessivo all'attuale pari a 10,6 Mmc/a.

Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero della Pianura Fucecchio - Santa Croce ed integralmente riportati negli atlanti cartografici.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero di Santa Croce sull'Arno**

Stralci	n.	56	57	58	59		
---------	----	----	----	----	----	--	--



- D 4 - aree a disponibilità molto inferiore alla capacità di ricarica
- D 3 - aree a disponibilità inferiore alla capacità di ricarica
- D 2 - aree a disponibilità prossima alla capacità di ricarica
- D 1 - aree ad elevata disponibilità

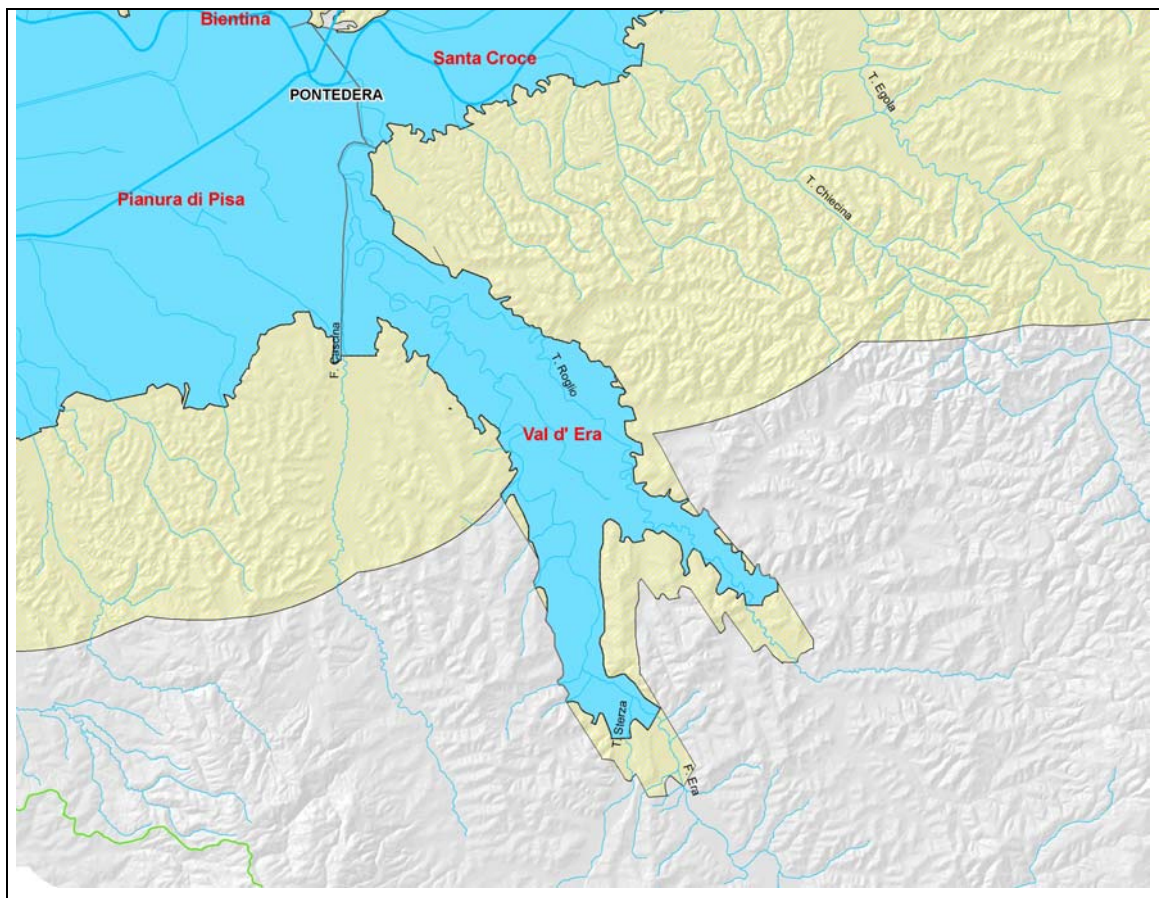
Acquiferi con bilancio negativo

**Acquifero della VALDERA****A 014**

La zona in esame è costituita da una valle ad asse Nord-Sud, sul fondo della quale è impostato il F. Era, in cui sfocia, all'estremità sud della porzione indagata, il T. Sterza. I fianchi della valle sono costituiti da modesti rilievi ad energia crescente da nord a sud, con pendenze minori sul versante ovest rispetto al versante est della valle.

L'acquifero soggiace a piana alluvionale terrazzata verso la quale digradano i bassi rilievi circostanti: il fondovalle ha una larghezza media di 1300 m a monte dell'abitato di Salvatelle, oltre il quale, saldandosi con la pianura del T. Roglio, affluente di destra, raggiunge una larghezza di circa 3500 m.

Dal punto di vista idrogeologico, i sedimenti alluvionali risultano sede di diverse tipologie di acquiferi. In particolare, l'acquifero più importante e produttivo è rappresentato dal livello ghiaioso del Wurm II, che ospita una falda con caratteristiche variabili da freatica (nella zona di alimentazione, localizzabile nell'area di confluenza Era-Sterza) a confinata, passando ovviamente a situazioni intermedie di falda semi confinata soprattutto ai margini della valle. Altri acquiferi sono quelli superficiali, di natura freatica e semi freatica: si tratta degli orizzonti ghiaioso sabbiosi presenti nei terrazzi, che traggono alimentazione direttamente dall'infiltrazione di acque meteoriche e, in parte, da apporti laterali dalle colline. Tali falde freatiche alimentano in parte il sottostante acquifero ghiaioso principale.



Acquifero della Valdera con evidenziate le aree di ricarica

L'acquifero sopra descritto, ed oggetto di bilancio è quindi quello contenuto nelle alluvioni dell'Era, deposte dal fiume nella valle scavata durante il Pleistocene nei depositi marini pliocenici.

Lo schema utilizzato per la ricarica dell'acquifero individua i termini in entrata nell'infiltrazione areale e negli apporti sotterranei dalle aree di ricarica, contraddistinte da formazioni sabbiose plioceniche. Uno dei fattori del bilancio è l'interazione falda – fiume; in condizioni stazionarie il fiume drena la falda, mentre nella condizione modificata dai pompaggi, nella zona di subalveo si determina una ricarica indotta da acque superficiali.

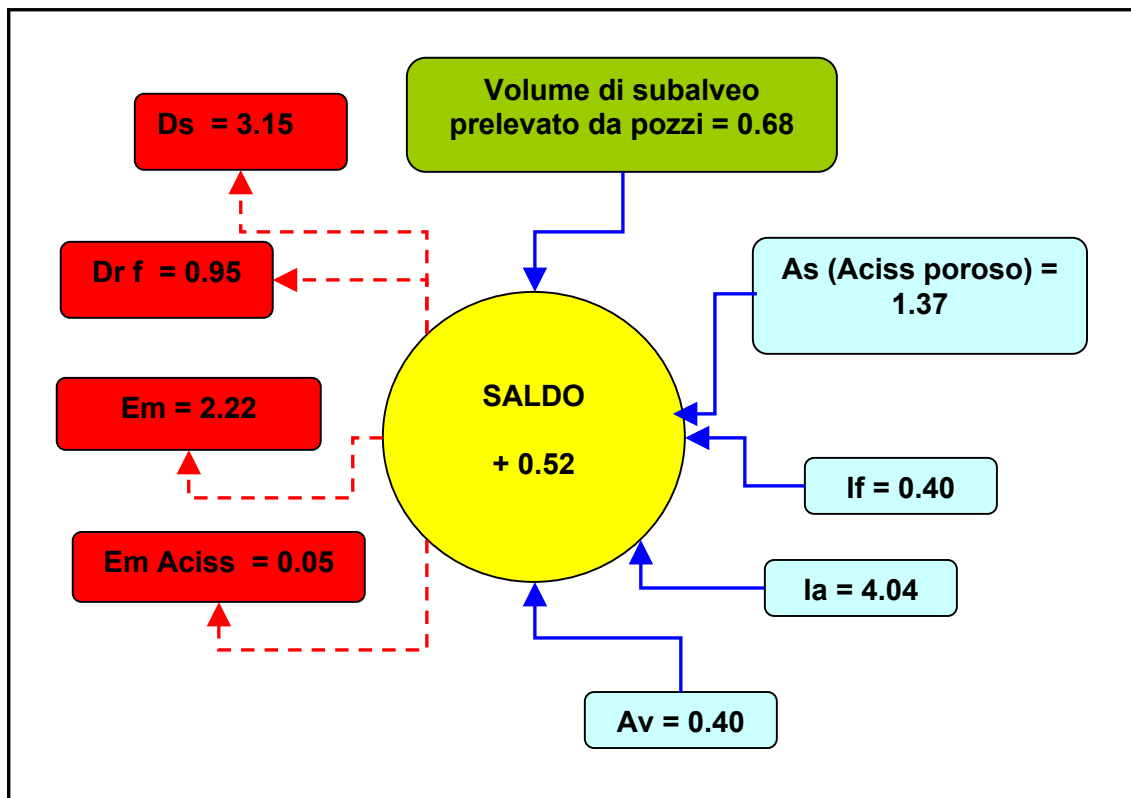
E' stato inoltre calcolato sulla base della ricostruzione piezometrica di Vieri (1996) il termine in uscita dovuto al deflusso sotterraneo verso la pianura di Pisa; tale termine risulta percentualmente rilevante ai fini del bilancio.

I dati utilizzati sono:  $L = 5000$  m,  $H = 4$  m;  $K = 5.10^{-4}$  m/s;  $i = 0,01$ .

Il saldo di bilancio risulta praticamente in pareggio (0.52 Mmc), il sistema è sostanzialmente autolimitante, nel senso che quando il reticolo superficiale è in condizioni di criticità, viene meno anche la ricarica indotta dai prelievi di subalveo.

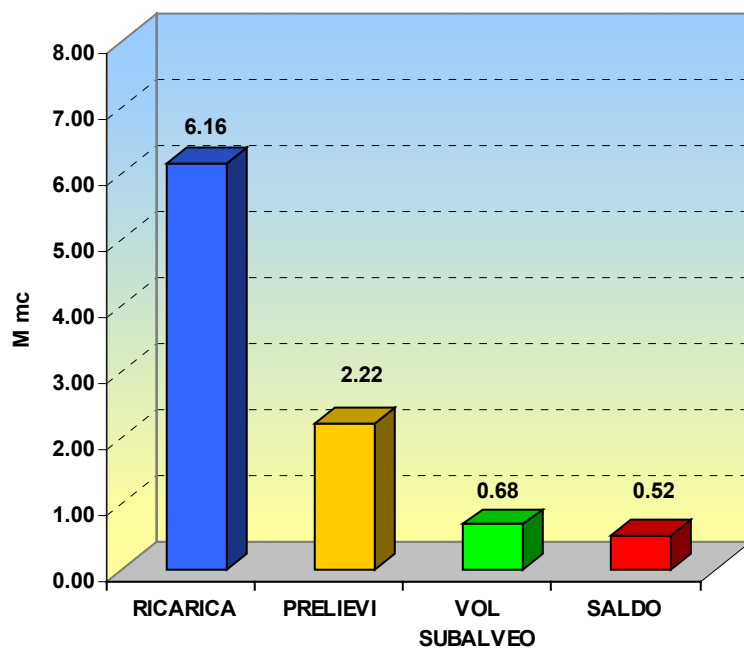
La ricarica per unità di superficie risulta di 145.010 mc/Kmq.

Il volume della riserva idrica è valutabile in circa 25 Mmc.

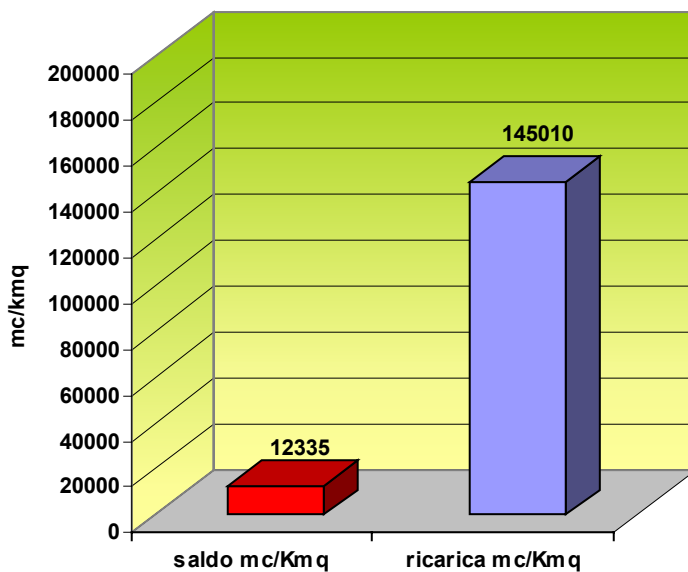


Schema del bilancio – (in Mmc/anno)

VALDERA 42.49 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			4.04
Apporti sotterranei (Aciss por. – Em Aciss)			1.32
Apporti dai versanti			0.40
Infiltrazione dai fiumi			0.40
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>6.16</b>
<b>Volume di subalveo prelevato da pozzi</b>			<b>0.68</b>
<b>prelievi</b>	acquedottistico	1,76	<b>- 2.22</b>
	domestico	0,38	
	irriguo	0,06	
	produttivo	0,01	
	servizi	0,00	
Deflusso sotterraneo			- 3.15
Drenaggio dai fiumi			- 0.95
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 6.31</b>
<b>SALDO</b>			<b>0.52</b>



Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

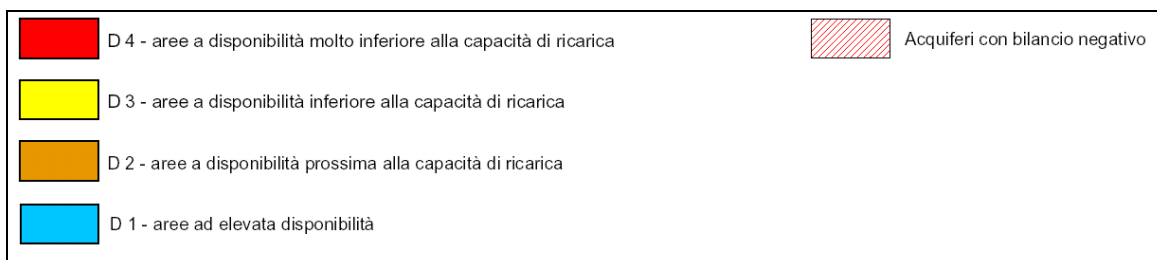
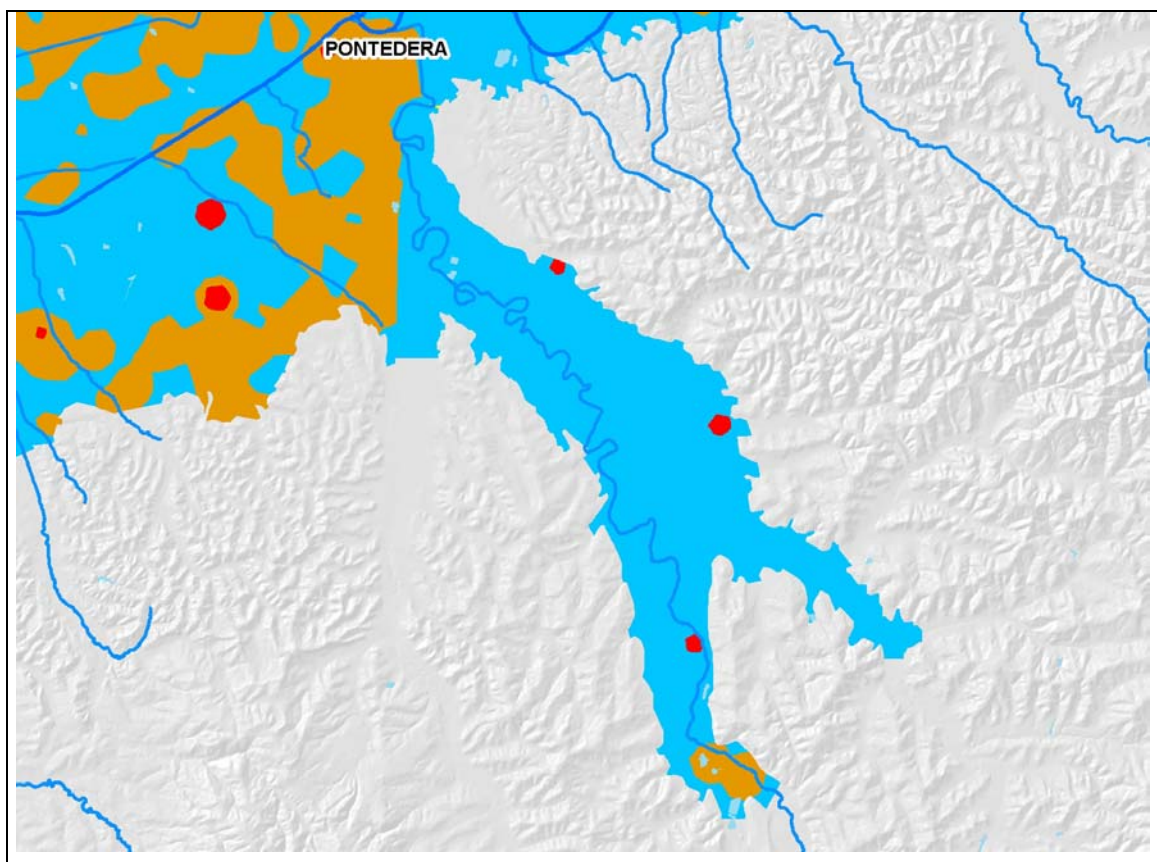


Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero della Valdera ed integralmente riportati negli atlanti cartografici.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero della Valdera**

Stralci	n.	59	60	61			
---------	----	----	----	----	--	--	--

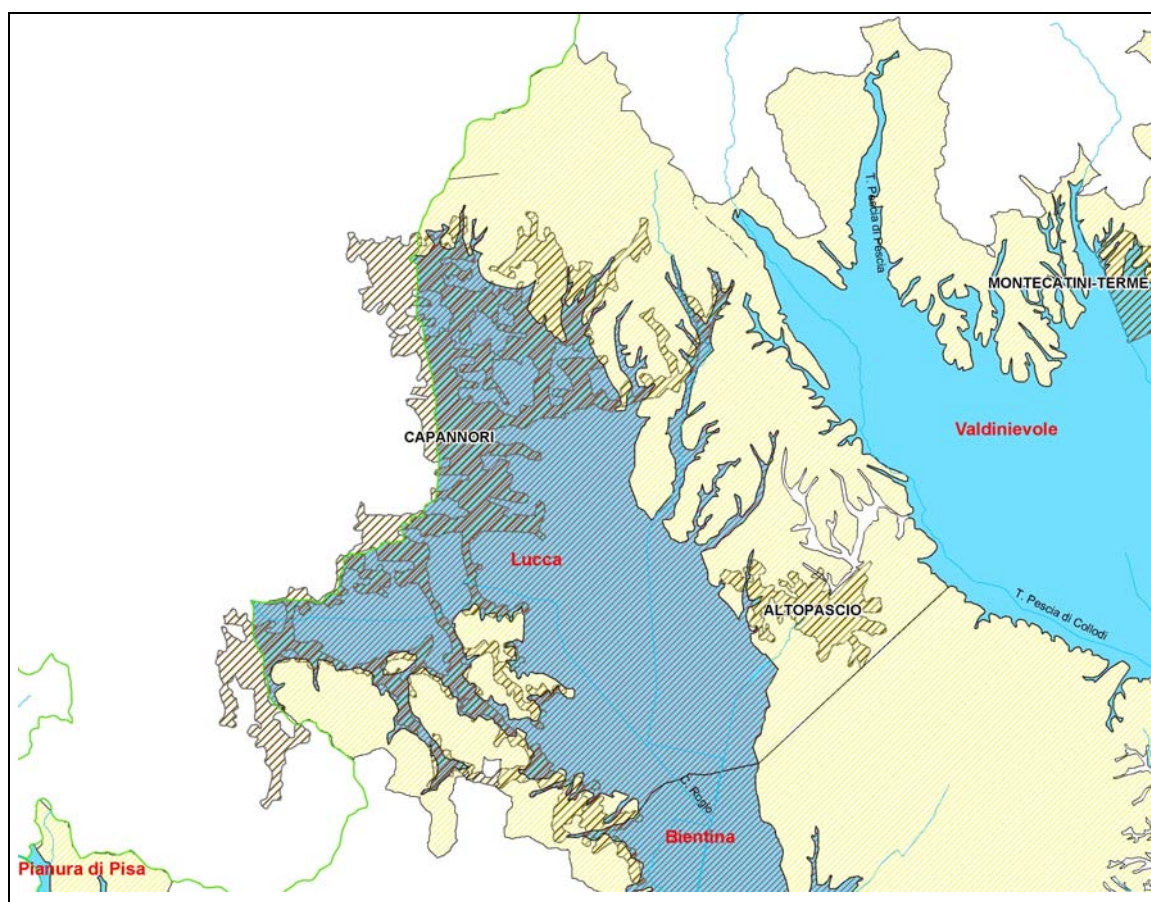




Il bacino alluvionale di Lucca, la cui porzione orientale ricade nel bacino dell'Arno, mentre quella occidentale è compresa nel bacino del F. Serchio, presenta un substrato di argille lacustri villafranchiane (Pleistocene basale), sormontato da depositi alluvionali del Pleistocene superiore – Olocene. Al di sotto delle argille lacustri ed intorno alla piana si trovano e affiorano i terreni delle serie Mesozoiche e Cenozoiche in facies Toscana.

Data la sua importanza, l'acquifero è stato oggetto di vari studi e valutazioni delle disponibilità, effettuati nel corso degli anni (in particolare si ricorda Nardi e al., 1987; Nolledi e Sani nel 1998). Il bilancio qui redatto è stato calcolato solo per la sola porzione ricadente nel bacino dell'Arno, considerando lo scambio idrico sotterraneo tra i due bacini

La falda ha caratteristiche freatiche nella maggior parte della piana, dove il livello di ghiaie e sabbie acquifere non risulta confinato verso l'alto da terreni impermeabili. Invece, nella porzione centro-meridionale sono presenti in copertura i depositi limoso-argillosi di bassa permeabilità, per cui la falda acquifera acquista caratteristiche di semiartesianità e di artesianità man mano che si procede da Nord verso Sud.



*Acquifero della pianura di Lucca, compreso entro i limiti del Bacino dell'Arno, con evidenziate le aree di ricarica*

Tutto il sistema idrogeologico della pianura lucchese dipende in massima parte dai contributi del F. Serchio e dal suo livello idraulico. Infatti il flusso del corso d'acqua, condiziona la falda dal punto di vista idrostatico, assicurandone un rifornimento costante. Così si osserva che anche dopo un periodo di forte siccità è sufficiente un periodo di qualche giorno di morbida del fiume per risollevare la falda a livelli normali.

Tali considerazioni non devono far trarre la conclusione che la falda della pianura lucchese sia praticamente inesauribile e possa sottostare ad ulteriori ed indiscriminati prelievi, sia perché già si avvertono segni di squilibrio, come lasciano intravedere le aree a isopiezie chiuse sopra ricordate, in considerazione delle condizioni di vulnerabilità dell'acquifero, che variano da zona a zona in relazione con diversi fattori (spessore dei terreni di copertura, distribuzione e concentrazione degli emungimenti esistenti, presenza di attività "a rischio", etc.).

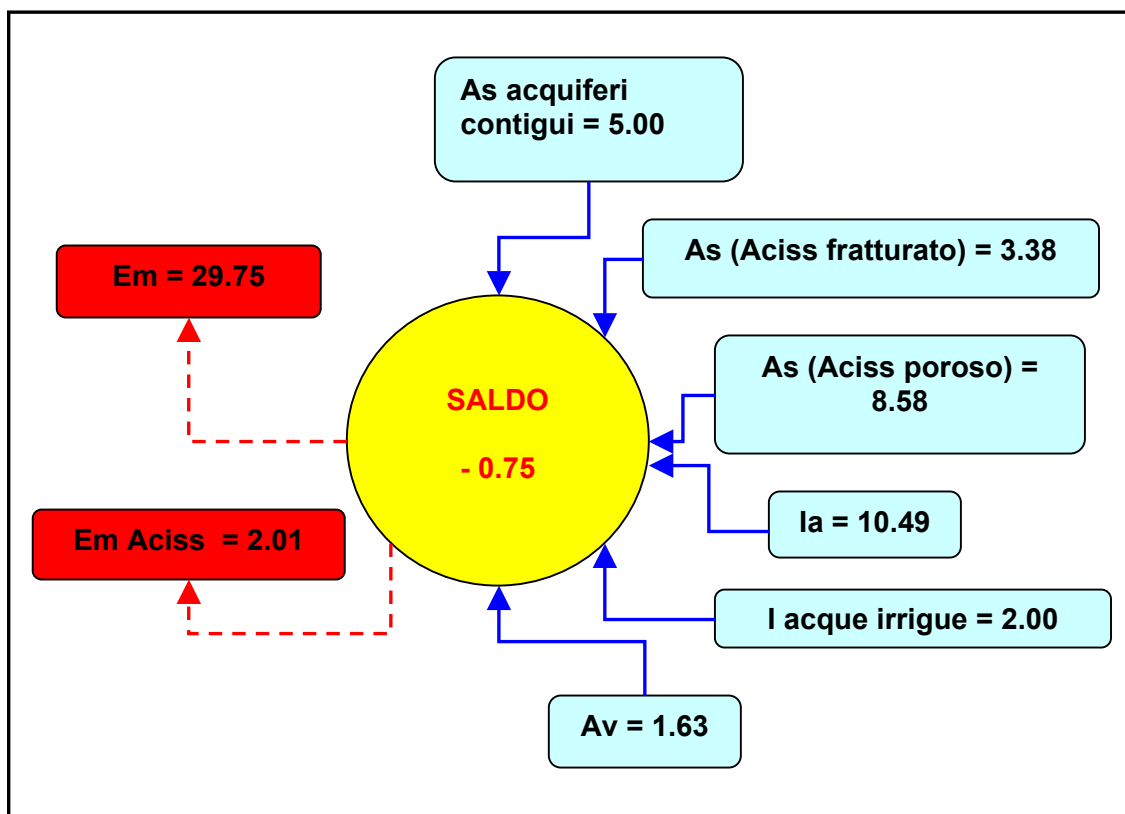
La generale elevata trasmissività dell'acquifero alluvionale si traduce nella buona produttività dei numerosi pozzi che vi attingono.

I pozzi ubicati nella parte centrale della pianura, caratterizzati da portate specifiche medio-alte (da 20 a 50 l/s/m) e da un andamento piezometrico con due massimi, di cui uno nella normale stagione di ricarica (gennaio-marzo), ed un secondo, in genere più accentuato del primo, nel periodo dell'irrigazione (luglio-settembre);

Invece i pozzi collocati nella parte bassa della pianura, per i quali la distanza più sensibile dalle aree di maggior ricarica della falda determina e portate specifiche più ridotte, rispetto ai precedenti. L'andamento piezometrico segue in genere quello meteoroclimatico, ma si osservano anche oscillazioni settimanali di livello, connesse con l'alternarsi del periodo lavorativo (e quindi dei pompaggi) nelle industrie con l'arresto del fine settimana o dei periodi di ferie.

I termini del bilancio considerati sono i seguenti:

- Infiltrazione areale;
- apporti sotterranei dalle formazioni incassanti sia fratturate che porose (le Pizzorne, Altopascio e Montecarlo);
- apporti dai versanti;
- afflusso sotterraneo dal bacino del Serchio
- Infiltrazioni di acque irrigue: risulta un termine importante nella parte settentrionale della pianura, dove la falda è di tipo libero.



Schema del bilancio – i valori sono espressi in Mmc/anno

PIANURA DI LUCCA (Sup. 78.41 Km <sup>2</sup> )			Mmc/a
Infiltrazione areale			10.49
Apporti sotterranei (Aciss frtt. + Aciss por. – Em Aciss)			9.87
Apporti dai versanti			1.63
Apporti da acquiferi contigui			5.00
Infiltrazione di acque irrigue			2.00
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>28.99</b>
<b>prelievi</b>	acquedottistico	10.28	<b>- 29.75</b>
	domestico	2.47	
	irriguo	1.10	
	produttivo	15.31	
	servizi	0.59	
<b>TOTALE USCITE</b>			
<b>SALDO</b>			<b>- 0.75</b>

Ferma restando la metodologia sopra descritta e valida per tutti i bilanci redatti, vista l'importanza e la peculiarità dell'acquifero di Lucca, il bilancio è stato effettuato attraverso un affinamento della medoto fin qui seguito.

Le peculiarità di questo acquifero sono:

- l'acquifero è compreso in due bacini (Arno e Serchio), pur non risultando uno spartiacque sotterraneo: pertanto il termine relativo agli apporti da acquiferi contermini risulta importante numericamente e soggetto a maggiore indeterminatezza;
- il sistema dei prelievi industriali risulta complesso ed anch'esso è stato sottoposto ad una analisi più accurata

Il bilancio dell'Acquifero della pianura di Lucca parte quindi necessariamente dall'affinamento del quadro conoscitivo dei termini del bilancio che hanno una maggiore ed in particolare quelli relativi ai prelievi e al termine "apporti da acquiferi contermini" cioè il flusso in entrata dalla porzione di acquifero ricadente nel bacino del fiume Serchio.

Per quanto riguarda gli emungimenti di acque sotterranee è stato aggiornato il database dei prelievi utilizzando quelli trasmessi dalla Provincia di Lucca, in tale modo sono stati dettagliati i quantitativi in concessione ai singoli concessionari, il dato che più è variato è quello relativo ai prelievi industriali.

Per ottenere un maggior dettaglio del bilancio idrogeologico è stata effettuata una modellazione del comportamento delle acque sotterranee tramite l'impiego di un modello numerico di flusso. Nel caso in oggetto è stato impiegato il codice di calcolo MODFLOW 2000 sviluppato dalla USGS (Mc Donald, Harbaugh, 1988) su interfaccia GroundWater Vistas (ESI International).

Il modello è stato sviluppato solamente in regime stazionario, il suo obiettivo è quello di verificare l'attendibilità di alcuni termini del bilancio già calcolato, attraverso una calibrazione, e soprattutto ricavare il termine che nel precedente bilancio aveva una maggiore dose di indeterminatezza (flusso dal bacino del Serchio). Sono stati utilizzati i dati derivanti dal Progetto di Bilancio Idrico, integrati dall'aggiornamento dei prelievi.

Il dominio di studio ha compreso quindi anche la porzione di acquifero ricadente nel bacino del Serchio, ed è stato definito e discretizzato in 43710 celle con 100 m di lato e griglia regolare di 186 \* 235 celle, di cui 10935 attive.

La ricostruzione della geometria dell'acquifero deriva dai dati litostratigrafici utilizzati per la caratterizzazione degli acquiferi del bacino del fiume Arno, ed ha portato alla suddivisione in due orizzonti: acquifero e copertura. Sono state pertanto importate nel modello le superfici del top e del bottom dell' acquifero: il modello ha pertanto considerato un unico strato corrispondente all'acquifero, al quale è stata attribuita una distribuzione di permeabilità derivante dal quadro conoscitivo in nostro possesso.

Come condizioni al contorno sono state considerate le seguenti voci:

ricarica areale: deriva dal modello di infiltrazione efficace i cui valori rappresentano l'infiltrazione areale diretta all' acquifero espressa in mm.

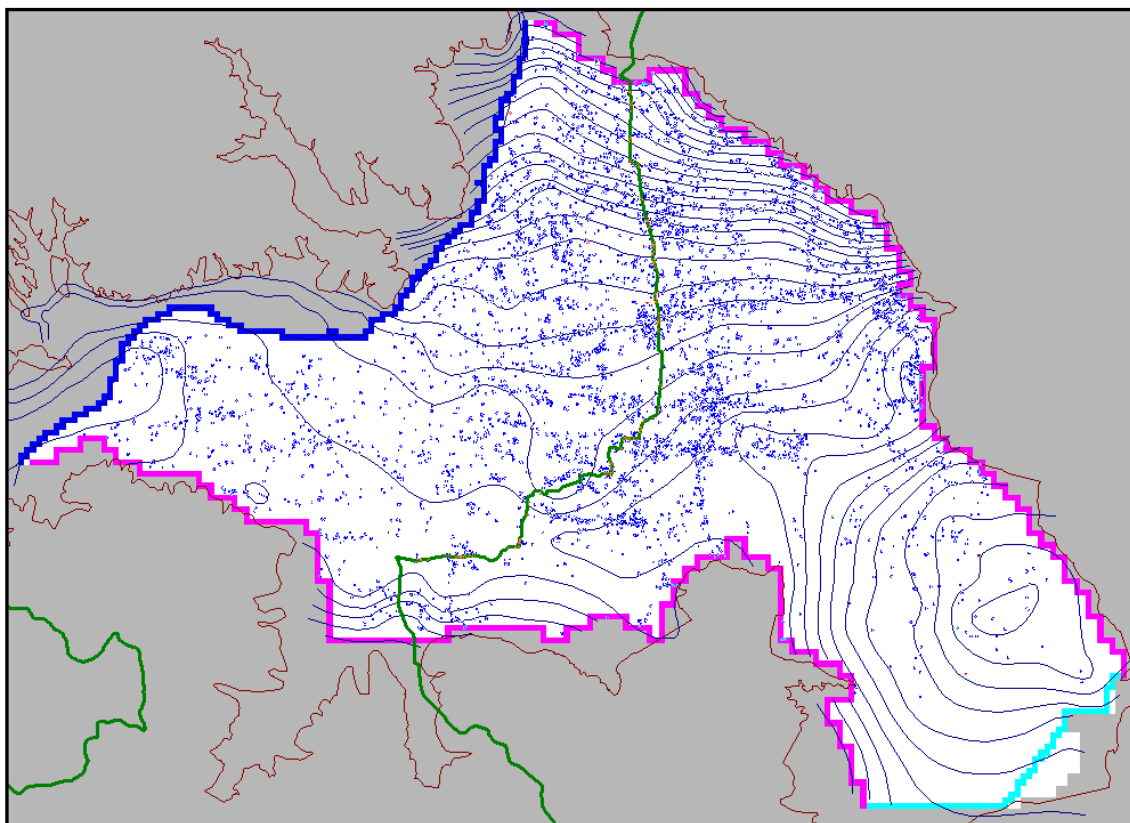
ricarica laterale (apporti sotterranei dalle aree di ricarica): i valori di ricarica laterale sino stati desunti dal modello di infiltrazione efficace sulle aree di ricarica, esteso anche alla porzione del bacino del Serchio; in prima battuta è stato suddiviso in 5 tratti

significativi la linea di ricarica, ogni tratto ha una ricarica distinta. Questa condizione è stata attribuita nel modello come un limite a flusso imposto (condizione di II° tipo).

Fiume Serchio: la condizione relativa al Fiume Serchio è stata modellata come una condizione di I° tipo carico costante, cioè è stata attribuito ad ogni cella corrispondente al fiume un carico idraulico che rimane costante durante tutti i run della modellazione.

I prelievi, come già detto, derivano dal database della provincia di Lucca (aggiornato al novembre 2008).

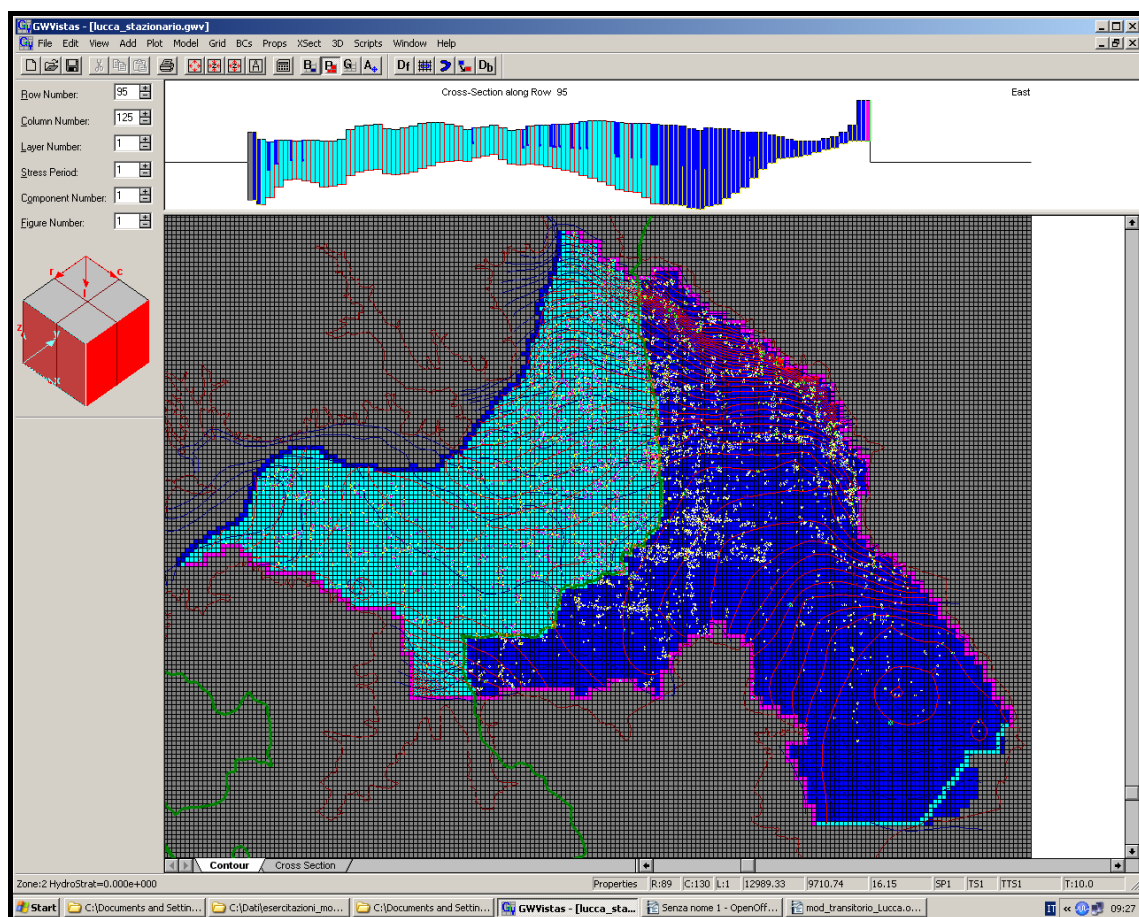
Come condizione di carico piezometrico iniziale, necessaria al modello per girare correttamente, è stata presa quella relativa alla piezometria del maggio 2000.



La calibrazione è avvenuta con il metodo manuale trial and error, ed ha coinvolto la permeabilità e la ricarica laterale. In particolare la taratura della ricarica laterale è stata effettuata mantenendo il valore totale della portata in ingresso dall'intera area di ricarica, distribuendola però diversamente lungo la sezione. I targets di calibrazione sono i punti relativi al "Monitoraggio piezometrico della falda della pianura di Lucca e del padule di Bientina "

Il modello in regime stazionario dell'acquifero di Lucca è stato pertanto correttamente implementato, considerando il dominio dell'intero sistema idrogeologico che va dal fiume Serchio fino ad estendersi nella pianura di Lucca (confine con l'acquifero di Bientina), e considerando i prelievi che derivano dal database della provincia di Lucca (aggiornato al novembre 2008) e pertanto "depurati" dall'errore di sovrastima presente nel bilancio precedente; la simulazione del flusso in stato stazionario è stata fatta relativamente al periodo 93-06. Questo modello, pur essendo semplificato, permette di fare alcune considerazioni, in particolare sul fatto che i dati di bilancio portano ad una corretta implementazione del modello che converge verso gli obiettivi di calibrazione

con una sufficiente approssimazione. Inoltre può essere utilizzato per calcolare e verificare il flusso che si ha dalla porzione compresa nel bacino del Serchio a quella del bacino dell'Arno. Al fine di determinare il flusso medio nel periodo considerato dal bilancio si è utilizzato il pacchetto di Gwvistas che permette di determinare il bilancio di massa del modello diviso per particolari zone (HSU zones); è stato pertanto suddiviso il dominio in due distinte zone, una appartenente al bacino Arno (zone 1) e una al Serchio (zone 2), e fatto il bilancio di massa delle due zone.



i flussi dalla zona 2 (Serchio) alla zona 1 (Arno) che risultano sono quindi circa 5 Mmc/anno.

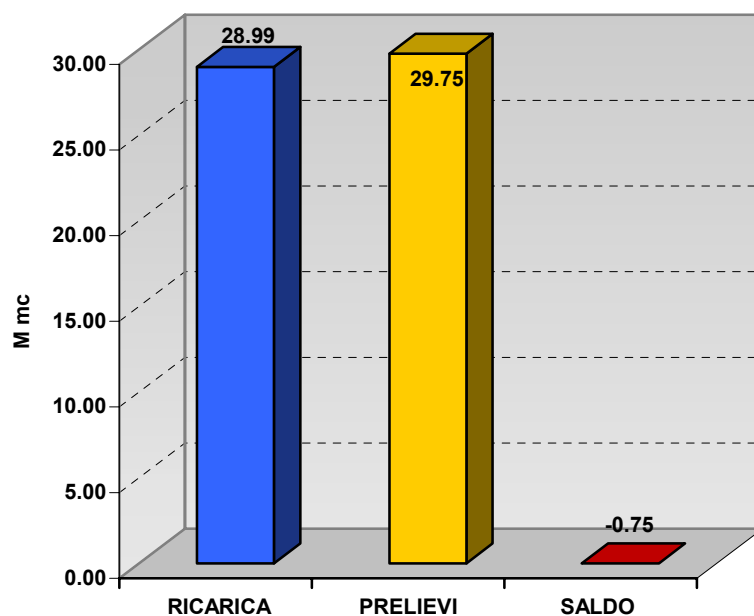
Il saldo di bilancio risulta negativo, anche se di poco, per circa 0.75 Mmc, di fronte ad una ricarica per unità di superficie pari a 369846 mc/kmq. Il volume della riserva idrica sotterranea relativo alla porzione di acquifero ricadente nel bacino dell'Arno risulta pari a circa 223 Mmc.

Lo stato di deficit della porzione di acquifero ricadente nel bacino dell'Arno è da mettere in relazione ai forti emungimenti in atto, anche se l'acquifero, considerato nella sua interezza, risulta in condizioni di bilancio positive.

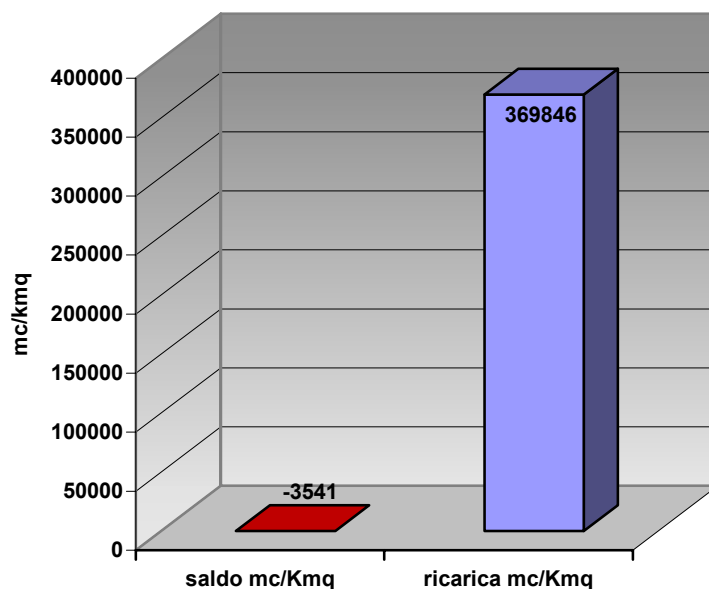
Tale esubero di risorsa idrica originariamente si suddivideva in parte verso l'alveo del Bientina (ad Est) ed in parte, sul lato Ovest, nella stretta di Filettole-Ripafratta. In corrispondenza dell'uscita del Bientina attualmente la falda si presenta depressa, con una chiara situazione di sovrasfruttamento locale dovuto ai prelievi per acquedotti pubblici e al polo industriale della carta, sovrasfruttamento che si manifesta anche con evidenti fenomeni di subsidenza e crepacciamenti (zona Paganico) del terreno.



Ciò, peraltro confermato da monitoraggi in atto, porta ad ipotizzare che l'attivo del bilancio della falda di tutta la pianura defluisca quasi interamente in corrispondenza della soglia Ovest a Filettole.



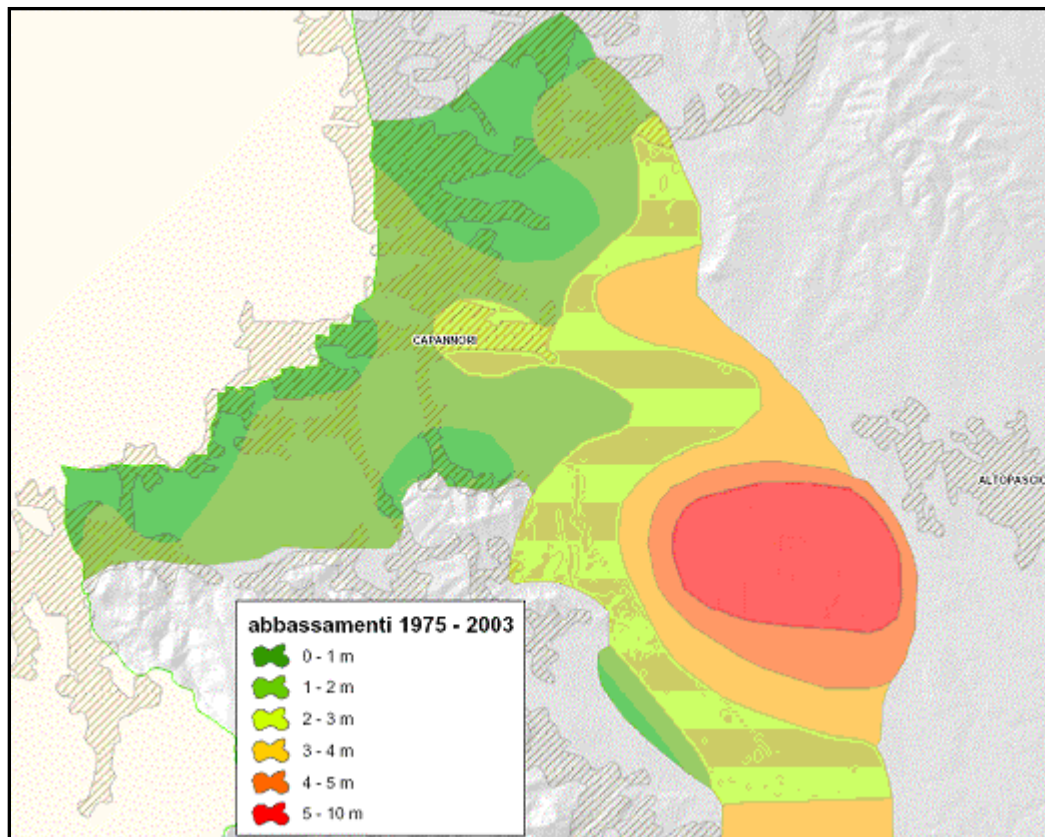
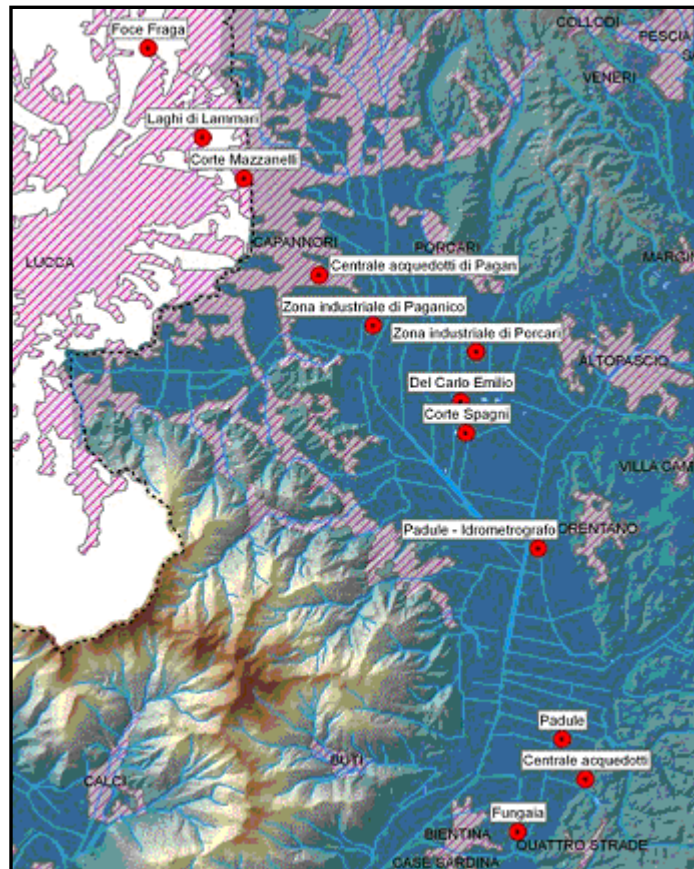
Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie

Su tutta la porzione dell'acquifero di Lucca ricadente nel bacino dell'Arno e sulla piana di Bientina è da tempo attivo il monitoraggio piezometrico della falda, i cui punti di misura sono riportati in figura.

Gli andamenti piezometrici rilevati nei punti di monitoraggio, come sopra detto, confermano il bilancio negativo, rilevando una forte depressione piezometrica. Tali abbassamenti peraltro, in alcune aree, risultano di entità molto rilevante, come ad esempio per l'area di Porcari – Altopascio, in cui sono registrati abbassamenti da 5 a 10 m della superficie piezometrica..

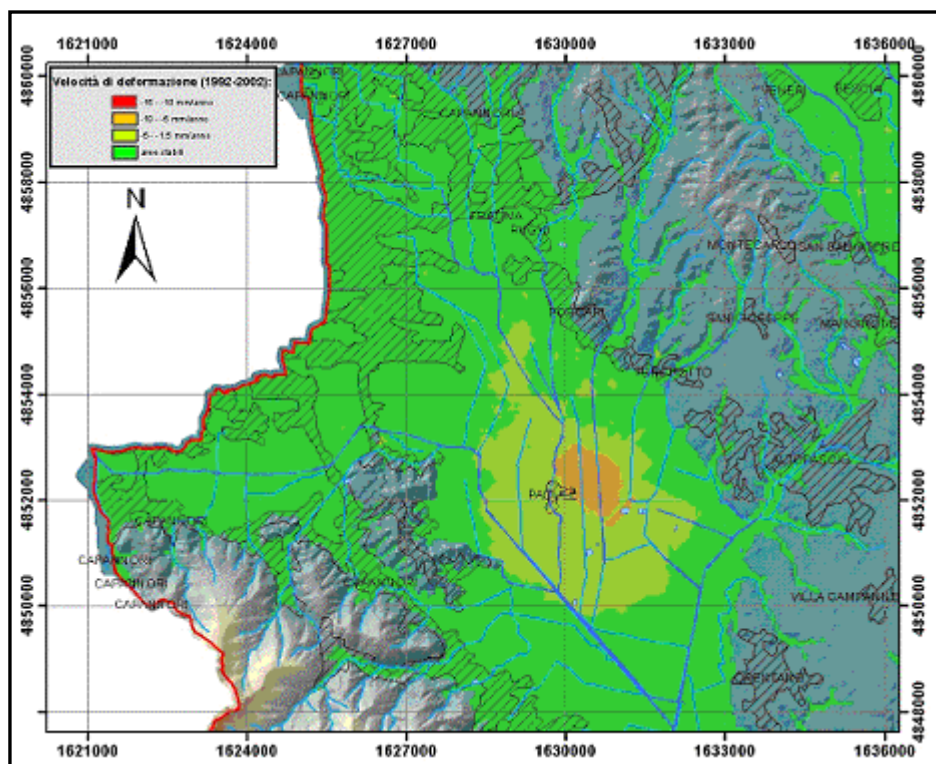


Autorità di bacino del fiume Arno

Progetto di Piano di bacino  
stralcio "Bilancio Idrico"

*abbassamenti piezometrici nel periodo 1975 - 2003*

Risulta inoltre una stretta corrispondenza tra aree con forti abbassamenti piezometrici ed aree interessate da subsidenza, così come evidenziato dall'esame dei dati di interferometria radar da satellite prodotti da questa Autorità.



*Bacino del fiume Arno, piana di Bientina - valutazione delle deformazioni verticali*

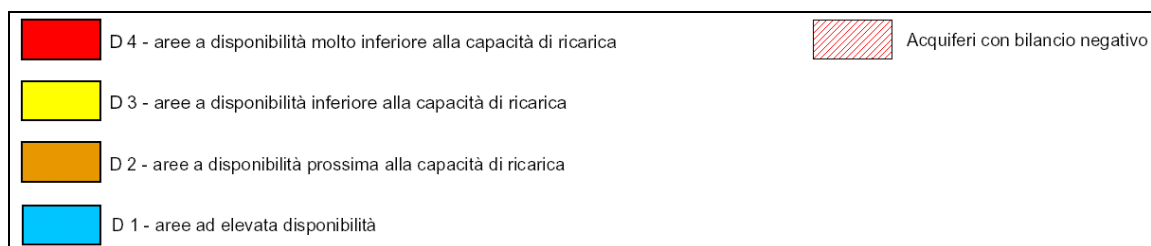
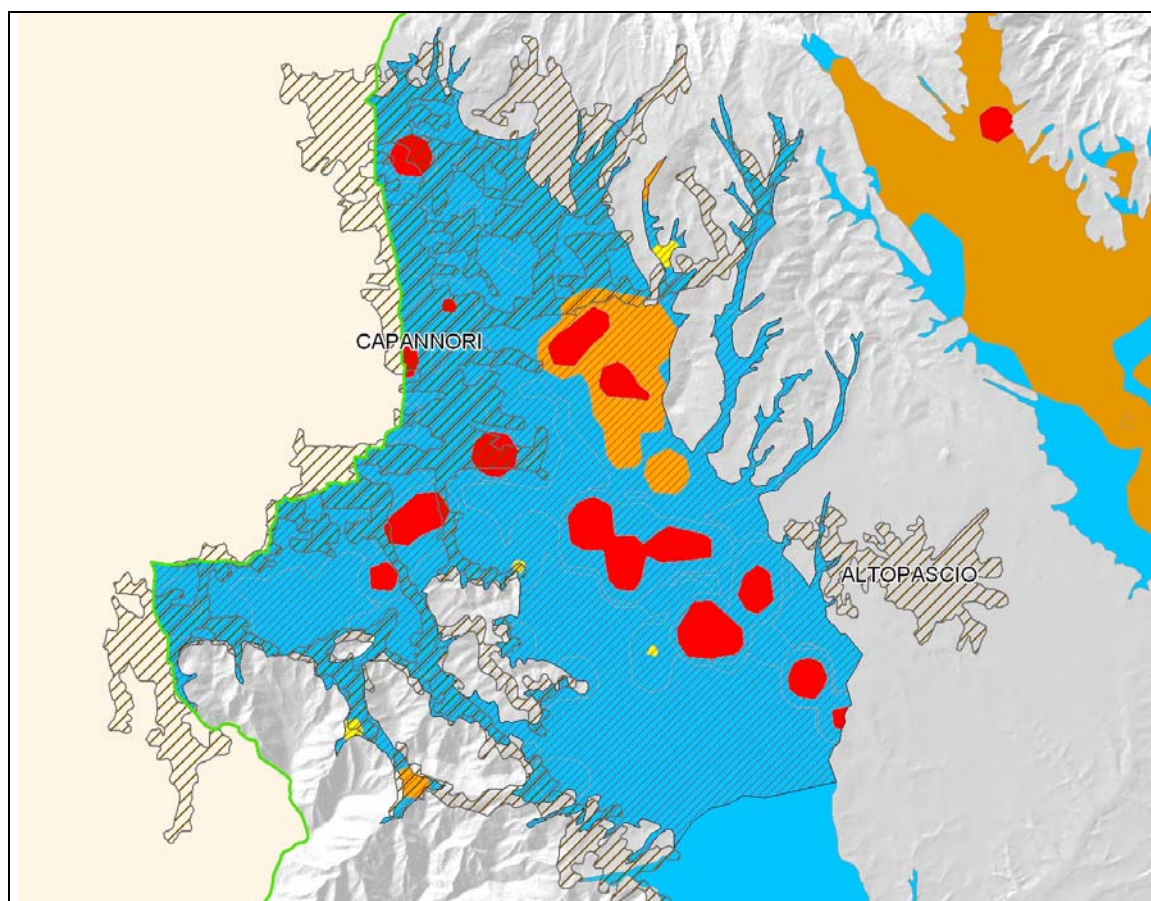


Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero della pianura di Lucca ed integralmente riportati nella cartografia.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero della pianura di Lucca**

Stralci	n.	62	63	64	65		
---------	----	----	----	----	----	--	--



**Acquifero di BIENTINA****A 016**

La valle di Bientina presenta, una marcata asimmetria strutturale, che si riflette anche sull'assetto idrogeologico. Infatti il suo versante occidentale (versante dei Monti Pisani), molto acclive e culminante alla quota di m 917 del Monte Serra, è costituito quasi esclusivamente (oltre alle diffuse coperture detritiche) dalle rocce filladico-quarzitiche del "Verrucano", di bassa permeabilità primaria e quindi con scarsi contributi al flusso idrico sotterraneo, salvo locali e limitati sistemi di circolazione in frattura; in questa zona sono certamente più importanti i contributi determinati dalla ricarica di acque superficiali nei coni di deiezione, come quelli di Castelvechio di Compito e di Cascine di Buti. La struttura idrogeologica del versante orientale, formato dai modesti rilievi delle Cerbaie, è assai diversa. Vi affiorano infatti i depositi ghiaioso-ciottolosi del Pleistocene medio, che poggiano sopra le sabbie ed arenarie del Pliocene inferiore-medio. I due orizzonti, che nell'insieme formano un complesso acquifero ad accentuata variabilità latero-verticale di permeabilità, contengono sia falde libere che falde in pressione e sono limitati verso il basso dall'acquiclude argilloso del Villafranchiano. La struttura idrogeologica immerge debolmente verso la piana di Bientina e quindi fornisce un contributo sotterraneo all'acquifero principale e confinato della piana stessa. In sintesi l'acquifero interessato dal presente studio risulta formato, nella valle dell'ex lago di Bientina, da:

- . un orizzonte principale superiore corrispondente ai depositi alluvionali a prevalenza sabbiosa e ghiaiosa ("Conglomerato del Serchio"), che raggiunge una profondità massima di 65-70 m dal p.d.c.;
- . orizzonti secondari inferiori e discontinui, in cui si possono distinguere vari livelli permeabili sabbioso-ghiaiosi o conglomeratici, con intercalazioni di acquitardi e di acquicludi formati da sabbie limose, limi ed argille; questi orizzonti sono costituiti sul lato Monte Pisano dai depositi di conoide che si immergono al di sotto della pianura e si vengono ad anastomizzare o a collegare con l'acquifero principale; sul lato della dorsale delle Cerbaie i livelli acquiferi sono quelli della sabbie arrossate, conglomerati e depositi ciottolosi del "ciclo delle Cerbaie", con spessori massimi di 70-80 m ed il sottostante orizzonte formato dai conglomerati e ciottoli arrossati di ambiente fluvio lacustre, argille di ambiente lacustre con, alla base argille grigie lignifere, argille sabbiose e sabbie di ambiente lacustre, del Villafranchiano, avente nella zona uno spessore massimo di 50-60 m. Le stratigrafie dei diversi pozzi mettono in evidenza proprio questa successione di orizzonti permeabili ed impermeabili, riconducibili a differenti unità stratigrafiche, con una notevole continuità verticale (nell'ambito del singolo acquifero) e laterale (per il collegamento tra acquiferi diversi indotto dalle dislocazioni tettoniche).

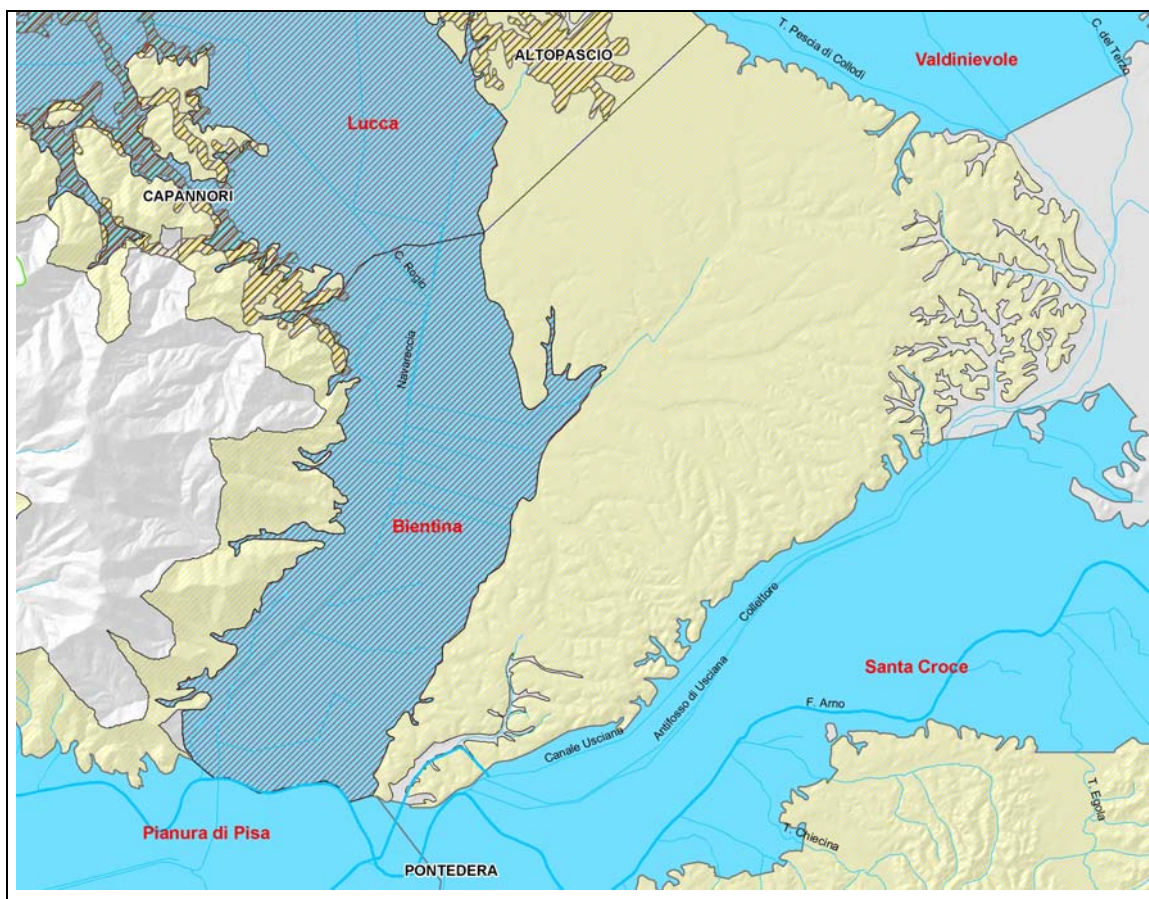
Pertanto si possono distinguere, sotto l'aspetto stratigrafico, tre diversi livelli acquiferi che tuttavia presentano una continuità di circolazione, così come è stato messo in evidenza da tutti gli studi eseguiti per l'area in oggetto.

L'alimentazione dell'acquifero della pianura di Bientina proviene principalmente da aree esterne o da acquiferi contigui: la principale zona di ricarica è quella dei rilievi delle Cerbaie; subordinatamente quella dei Monti Pisani; gli apporti dalla piana di Lucca sono da ritenersi nulli o trascurabili a causa della soglia piezometrica che si è venuta a creare per effetto dei rilevanti prelievi nella Piana di Lucca. Gli altri termini risultano poco incidenti sul bilancio globale: l'infiltrazione areale è bassa per la natura dei terreni superficiali e del confinamento degli acquiferi.

Il saldo di bilancio risulta negativo di  $- 6.64$  Mmc ed è in accordo con il progressivo abbassamento del livello piezometrico registrato nei punti di monitoraggio di Orentano e Cerbaie.

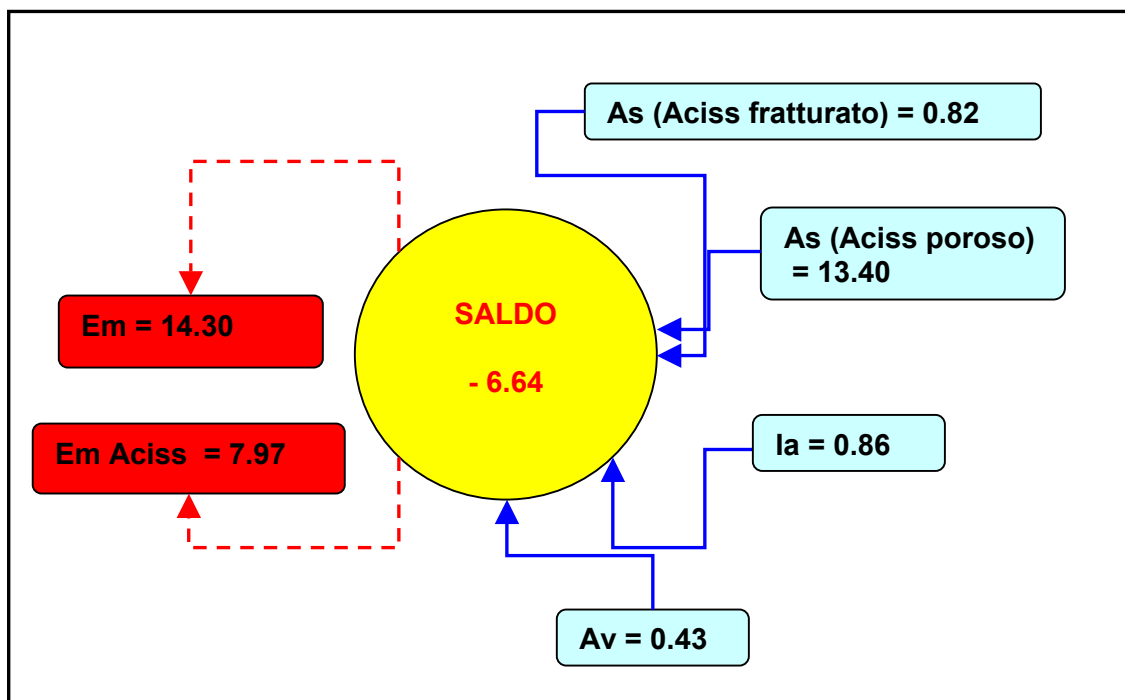
La ricarica per unità di superficie risulta di  $172.476$  mc/Kmq

Una valutazione approssimativa della riserva idrica si può fare per i Conglomerati dell'Arno e del Serchio da Bientina. I pochi dati di sottosuolo forniscono uno spessore medio di 17 metri. Con una porosità efficace del 15 %, si ottiene un volume d'acqua di 113,19 milioni di mc.



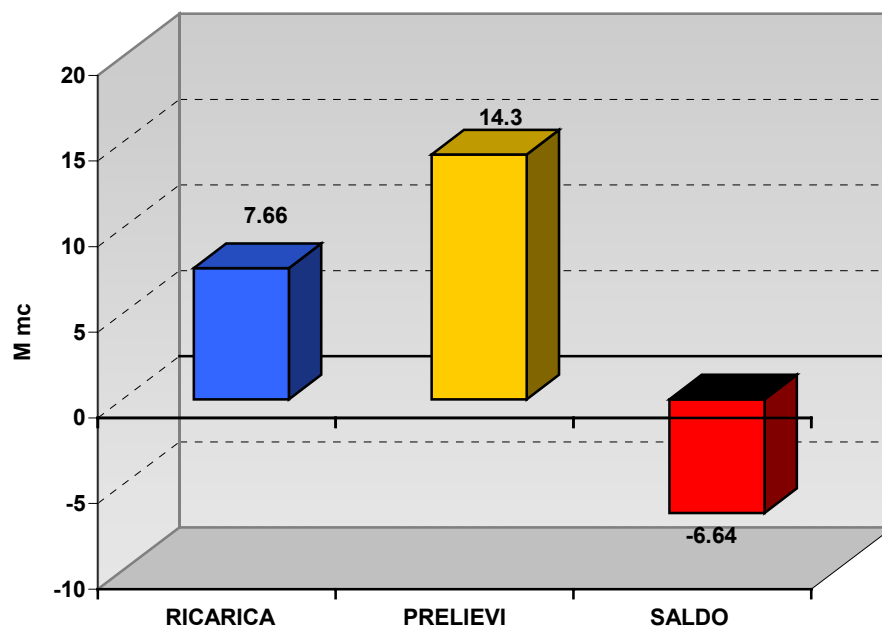
Acquifero di Bientina con evidenziate le aree di ricarica



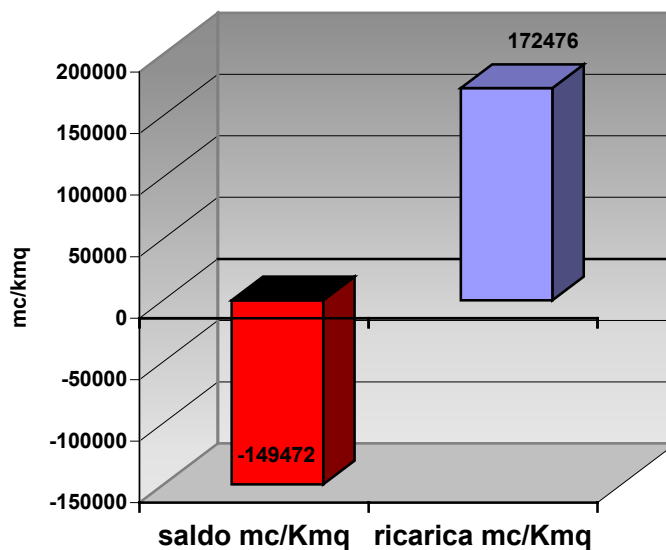


Schema del bilancio – i valori sono espressi in Mmc/anno

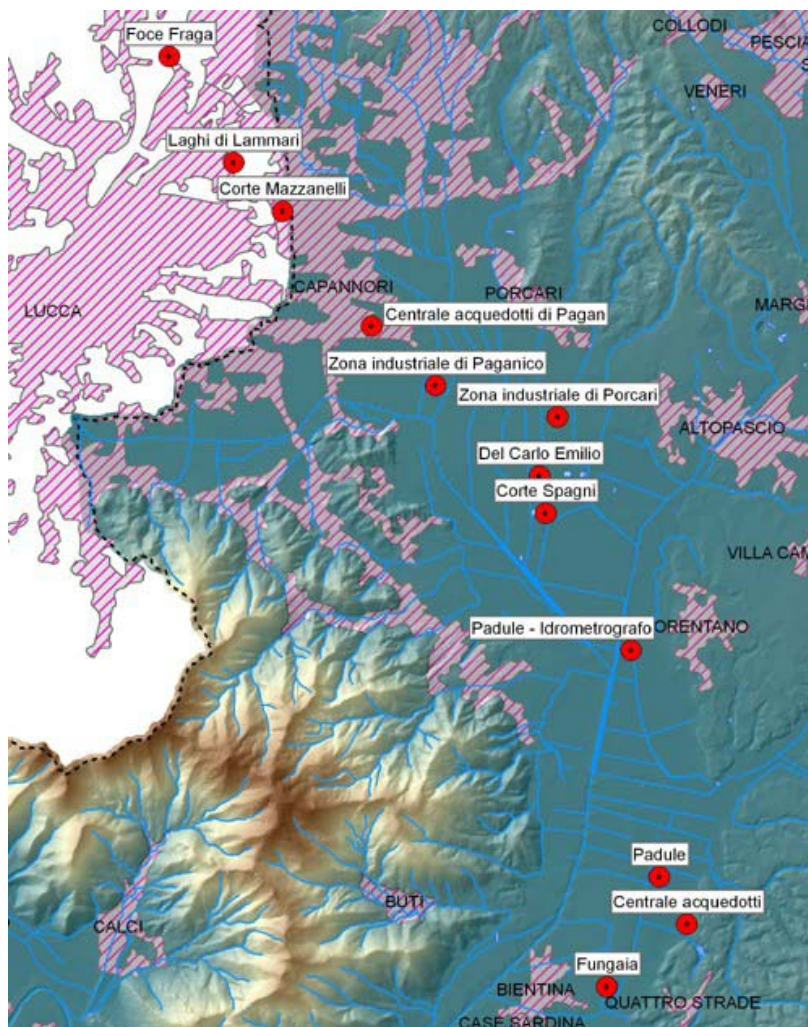
PIANURA DI BIENTINA 44.43 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			0.86
Apporti sotterranei (Aciss fratt. + Aciss por. – Em Aciss)			6.38
Apporti dai versanti			0.43
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>7.66</b>
<b>prelievi</b>	acquedottistico	13,40	<b>- 14.30</b>
	domestico	0,33	
	irriguo	0,01	
	produttivo	0,54	
	servizi	0,02	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>- 14.30</b>
<b>SALDO</b>			<b>- 6.64</b>



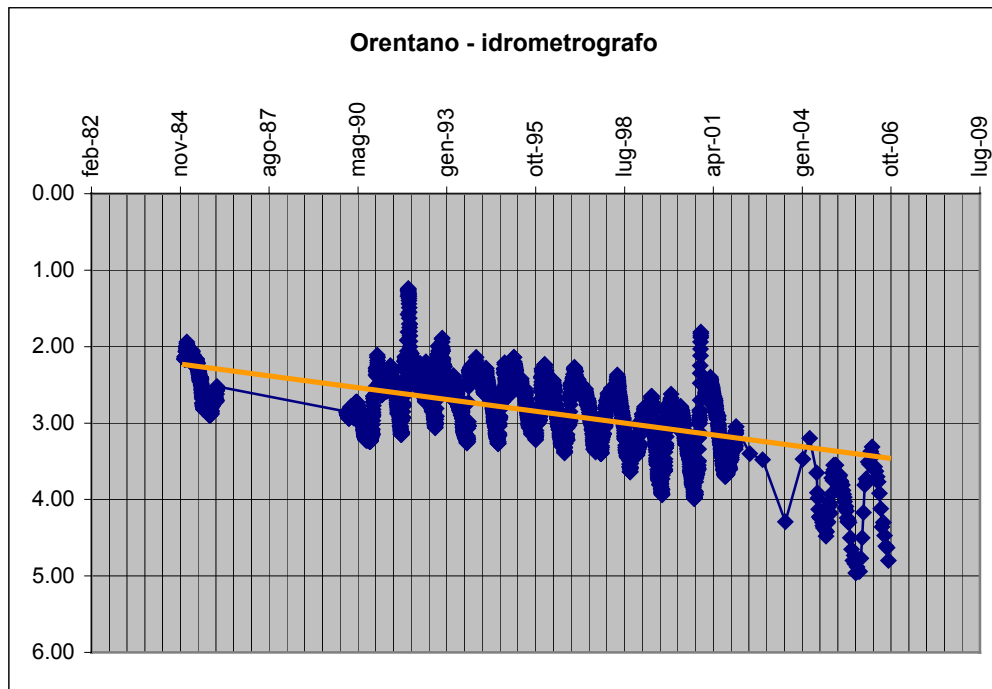
Confronto Ricarica/Prelievi/saldo



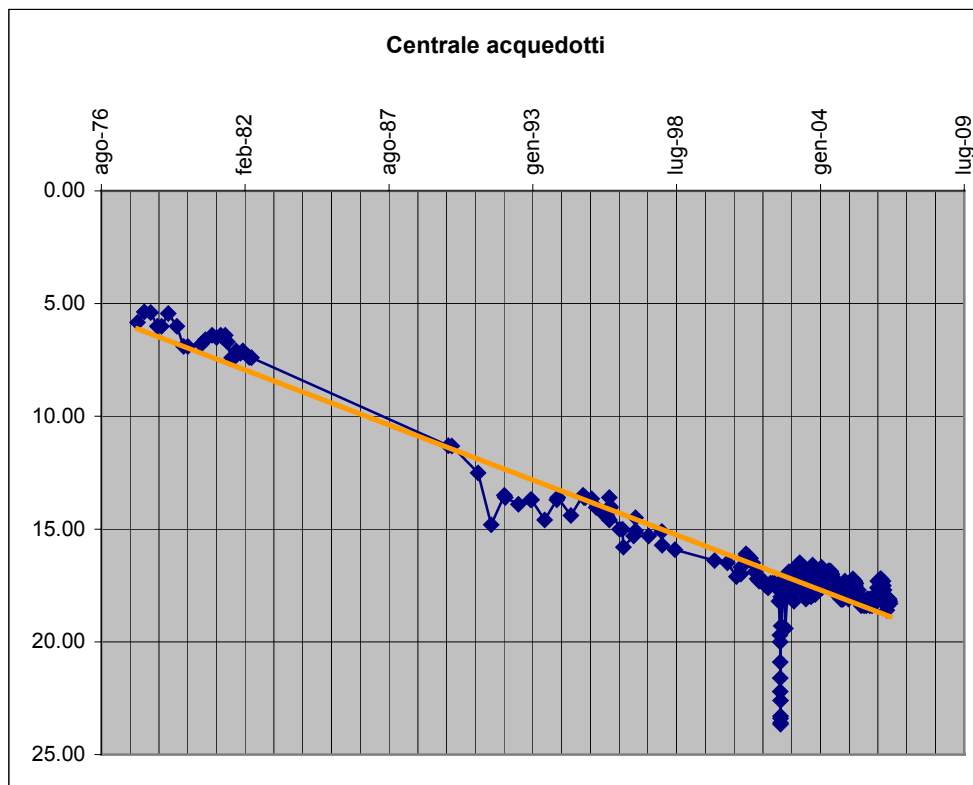
Confronto fra saldo e ricarica riferiti all'unità di superficie



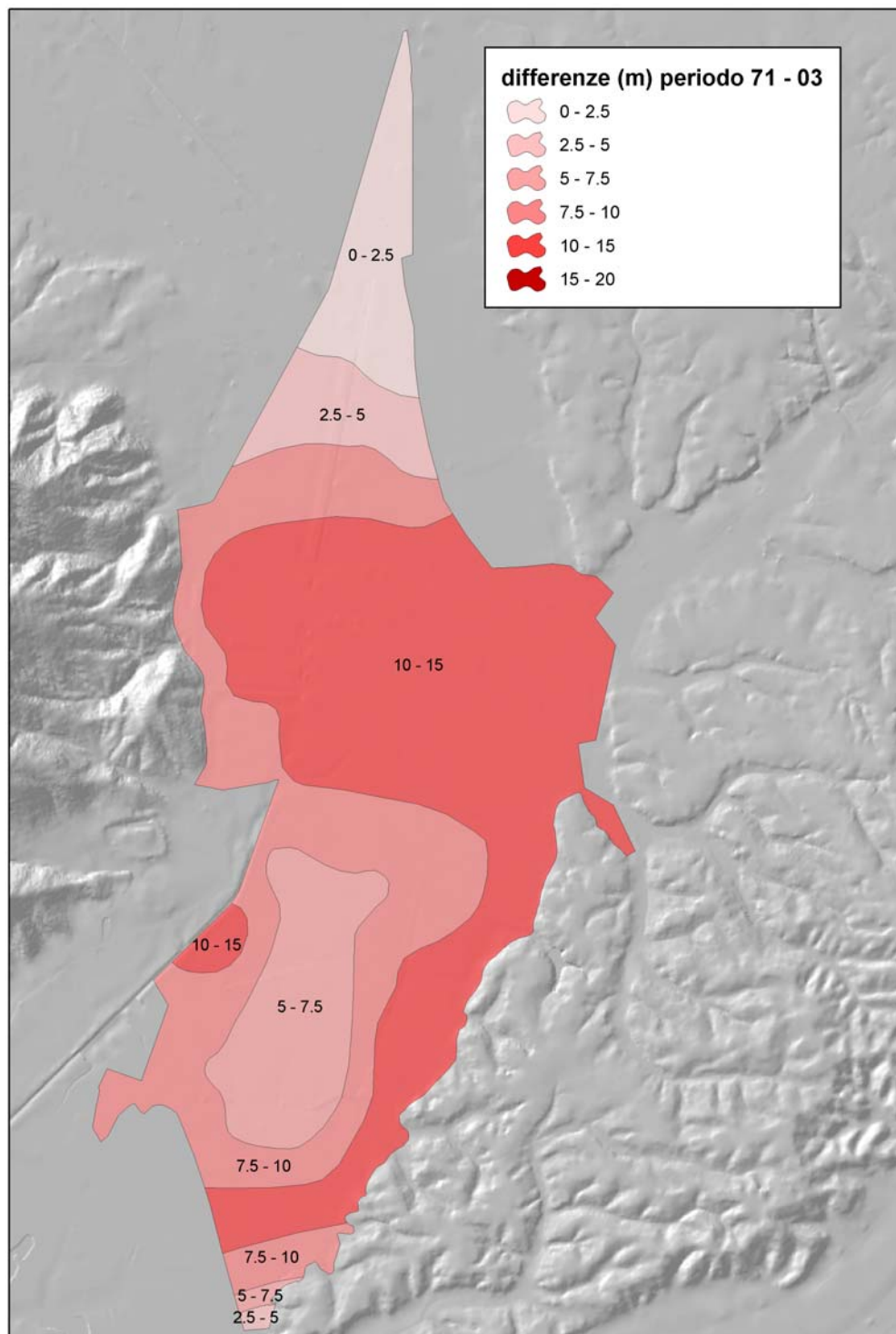
Su questa area è stato attivato da tempo il monitoraggio piezometrico della falda. Le analisi dei trend del monitoraggio sui piezometri con una serie significativa di rilevazioni, confermano il saldo di bilancio negativo, come si può notare nelle seguenti figure:



Nella zona nord (Orientano) si individua un trend negativo di circa 6 cm all' anno per il periodo 1985 – 2006; nella zona sud (Centrale Cerbaie) il trend è ancora più decisamente negativo: circa 43 cm all' anno nel periodo 1978 – 2006, che si attenua (25 cm/anno) se consideriamo il periodo 1996 – 2006. Mentre nel piezometro Orientano è ancora riconoscibile l'andamento delle oscillazioni dovute alle precipitazioni, in quello delle Cerbaie queste vengono totalmente mascherate dalla dominante dei forti prelievi idropotabili.



Anche le analisi multitemporali delle piezometrie disponibili (estratto da “Nolledi – Mezzetti, 2003 – Indagini idrogeologiche finalizzate alla ricostruzione ed al controllo dello stato della falda sotterranea del Padule di Bientina utilizzata per scopi potabili. Relazione tecnica per il Comune di Bientina”), rilevano che i valori più elevati di differenze piezometriche (periodo settembre 71 – maggio 2003) sono distribuiti in una vasta zona a nord del capo pozzi Cerbaie.



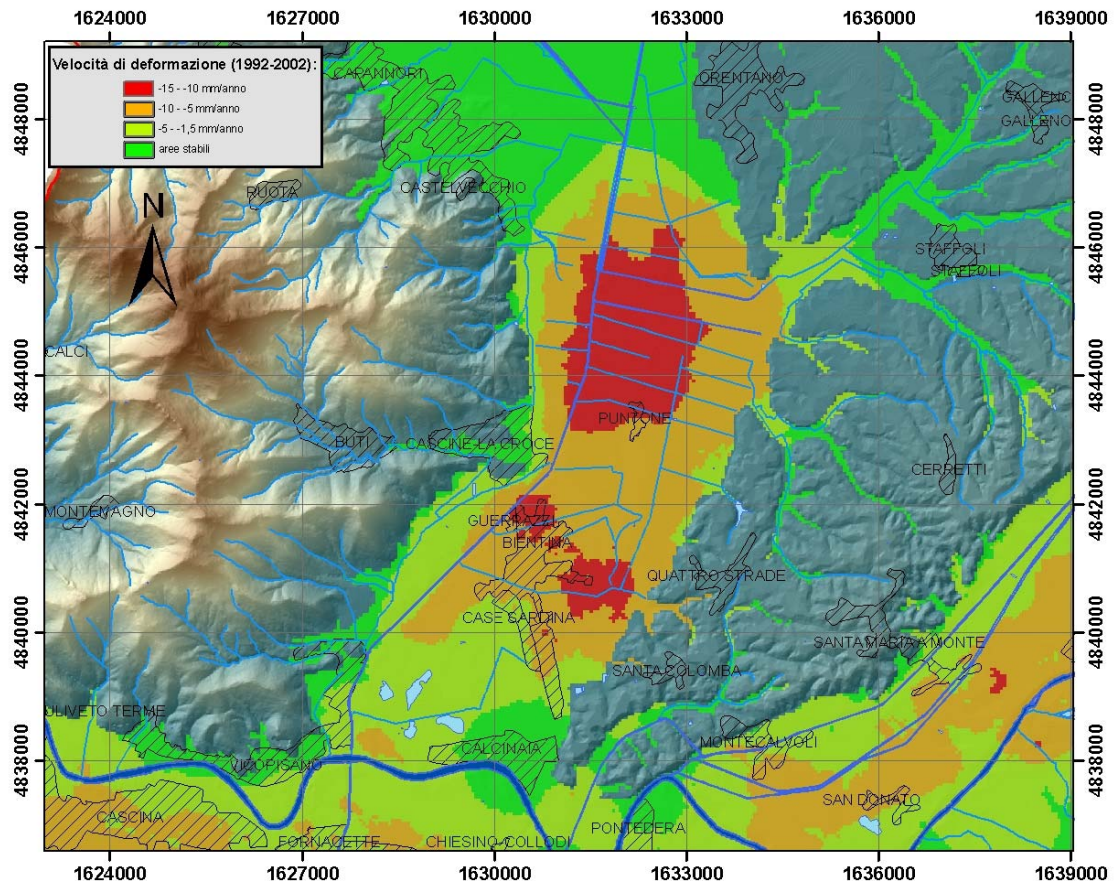
Differenze piezometriche nel periodo 1971 –2003



Le piezometrie mostrano generalmente un disturbo delle direzioni deflusso generalizzato; depressioni chiuse sul lato est ed a nord del campo pozzi delle Cerbaie (mancanza alimentazione, ed anzi, richiamo di acqua verso nord), e Cascine di Buti.

La chiusura delle isopieze significa che in tutte queste aree, con gli emungimenti in atto, si è raggiunta e superata da tempo la potenzialità di ricarica e che si è in presenza di un eccessivo sfruttamento della falda, con abbassamenti che sono particolarmente accentuati nel periodo estivo. Si consideri che le suddette depressioni non risultano affatto stabilizzate e la falda, conseguentemente, tende progressivamente ad abbassarsi con velocità massime di oltre 50 cm/anno nell'area delle due Centrali delle Cerbaie.

Lo sfruttamento eccessivo di acqua sotterranea trova conferma anche nell' analisi dei fenomeni da subsidenza, che in questa area si manifestano con effetti anche macroscopici. Infatti la subsidenza può essere indotta, oltre che da fenomeni naturali, quali compattazione dei sedimenti, anche da attività antropiche, quali estrazione di acqua dal sottosuolo. Per l' area dell' acquifero di Bientina esiste una corrispondenza tra le velocità di subsidenza registrate e gli abbassamenti della superficie piezometrica.



Bacino del fiume Arno, piana di Bientina - valutazione delle deformazioni verticali

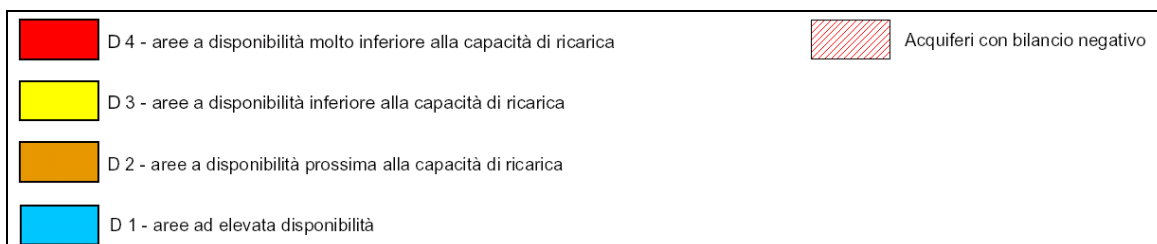
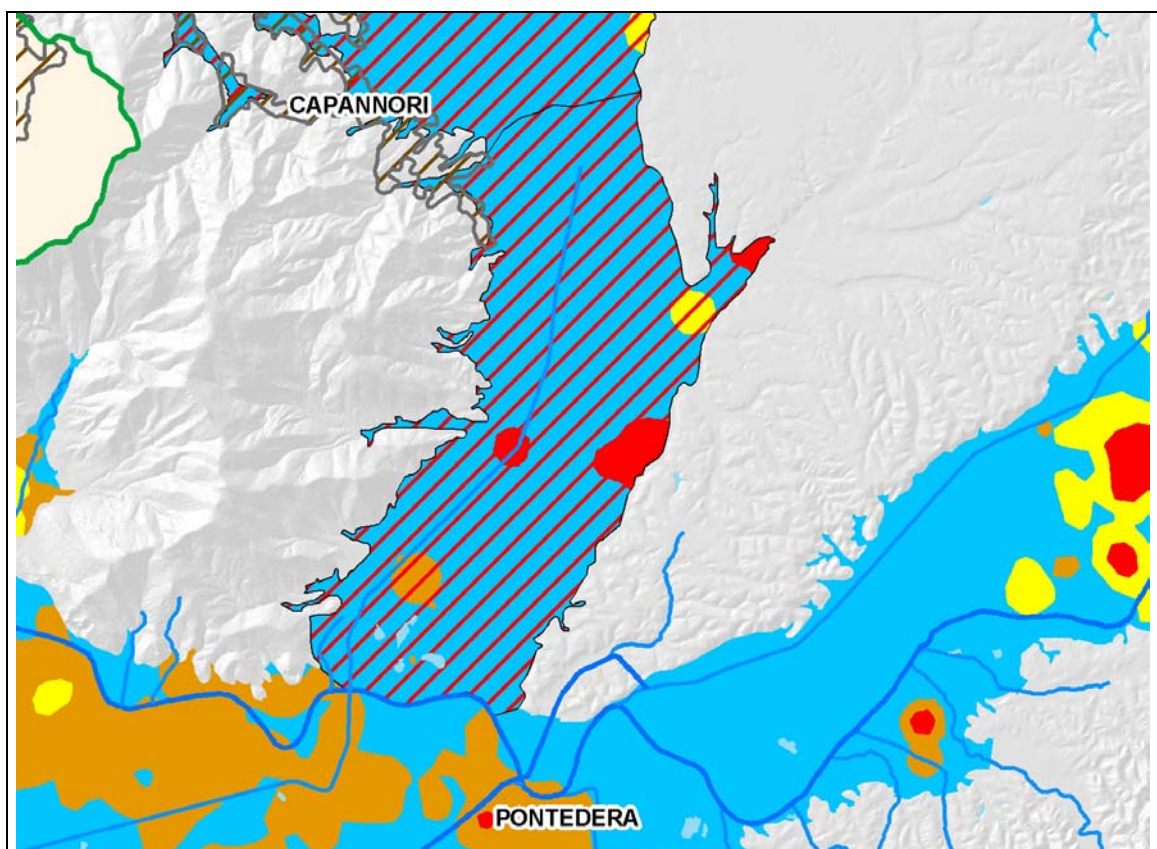
Questo fenomeno risulta accentuato nelle aree a forte emungimento (centrali acquedottistiche Cerbaie), in cui si registrano i massimi valori di abbassamento piezometrico, abbassamento della falda peraltro fortemente correlato a fenomeni di subsidenza.

Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero di Bientina ed integralmente riportati in cartografia.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero di Bientina**

Stralci	n.	58	65	71			
---------	----	----	----	----	--	--	--



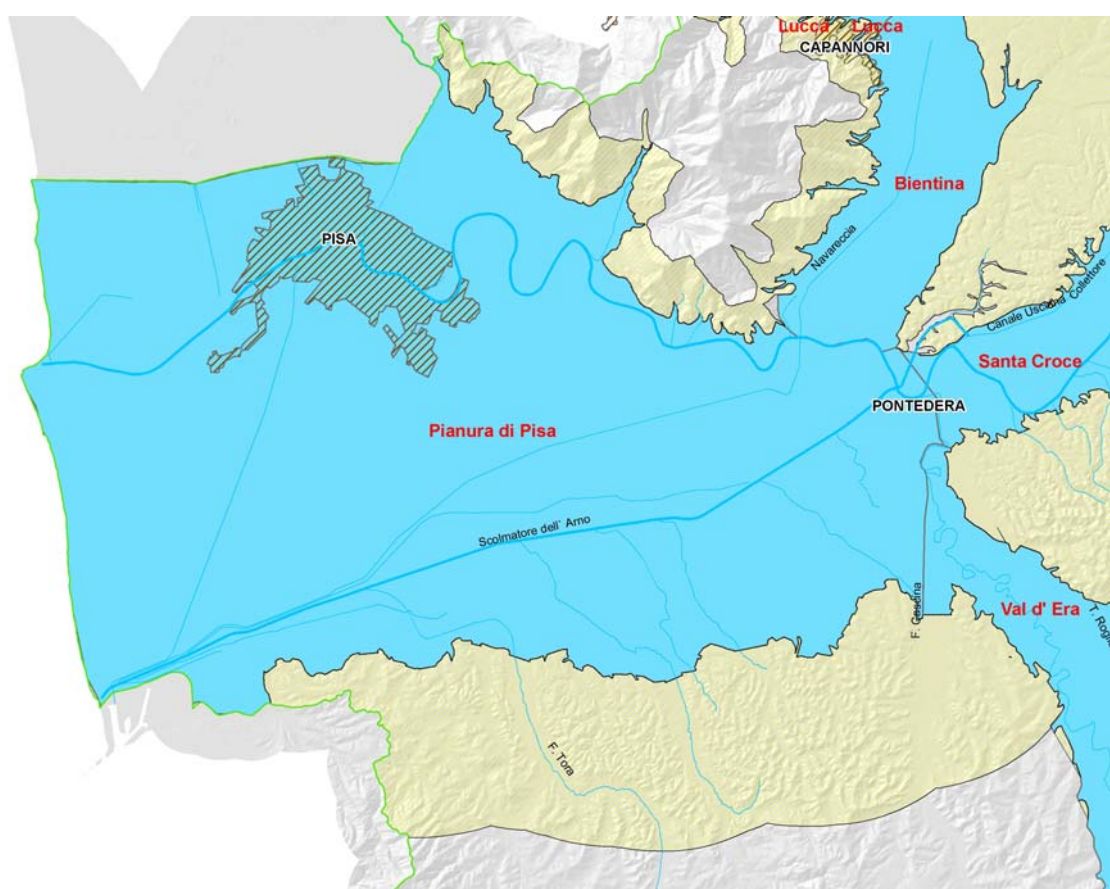


Il sistema idrogeologico della pianura pisana comprende, oltre a depositi affioranti, quelli di sottosuolo che sono costituiti essenzialmente dalle sabbie di duna costiera, limi e argille fluviali, palustri e marine e ghiaie dei paleoalvei.

Da un punto di vista idrogeologico il sistema della piana di Pisa può essere diviso in due insiemi (*Baldacci, Bellini, Raggi – Le risorse idriche sotterranee della pianura di Pisa*):

- Complesso acquifero della Pianura di Pisa comprendente oltre a depositi affioranti quelli di sottosuolo che sono costituiti essenzialmente dalle sabbie di duna costiera, limi e argille fluviali, palustri e marine, ghiaie dei paleoalvei. All' interno di questo complesso si riscontra la presenza di un acquifero multistrato confinato
- Strutture idrogeologiche incassanti che possono essere in collegamento idraulico direttamente o attraverso gli apparati alluvionali intra - pedemontani

All'interno del complesso acquifero della Pianura di Pisa si riscontra la presenza di un acquifero multistrato confinato costituito da una prima falda artesianica in sabbie e da una prima falda artesianica in ghiaie (corrispondente ai Conglomerati dell' Arno e del Serchio da Bientina); questo sistema viene alimentato dalle strutture idrogeologiche incassanti, attraverso gli apparati detritico alluvionali intra - pedemontani, e dai depositi eolico fluviali presenti nella fascia collinare meridionale nonché dai cordoni dunari costieri.



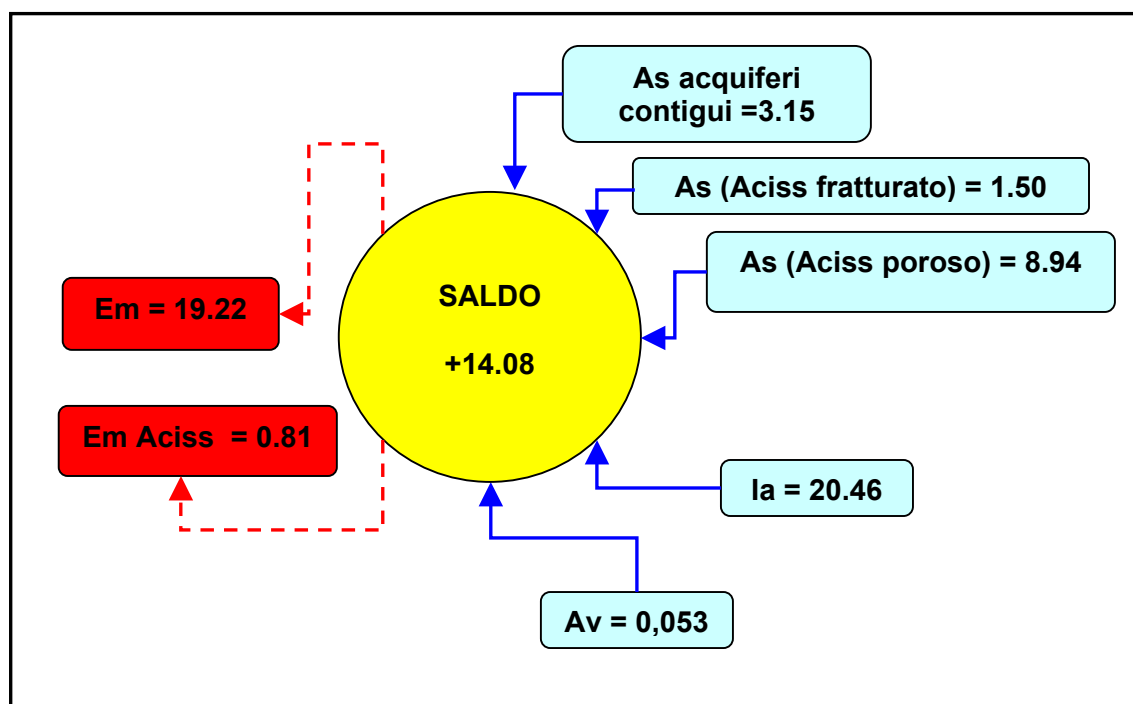
Acquifero della Pianura di Pisa con evidenziate le aree di ricarica

Le voci di ricarica sono state individuate in:

- Infiltrazione areale
- Ricarica diretta dalle dune litorali e dai rilievi pedecollinari di Vicarello.
- Ricarica indiretta (sotterranea) dai versanti del Monte Pisano e dalle Colline Pisane
- Apporti dai versanti
- Apporto sotterraneo dalla Val d'Era

Per quanto riguarda gli scambi falda/mare, è noto che nell'area meridionale della pianura c'è intrusione marina (Rossi e Spandre, 1994), mentre nella parte settentrionale sembra esserci deflusso in mare (Vieri, 1996). Tuttavia, in mancanza di informazioni di dettaglio, derivanti da misurazioni dirette, per valutare le portate di scambio, si è assunto che i flussi in entrata e in uscita si equilibrino.

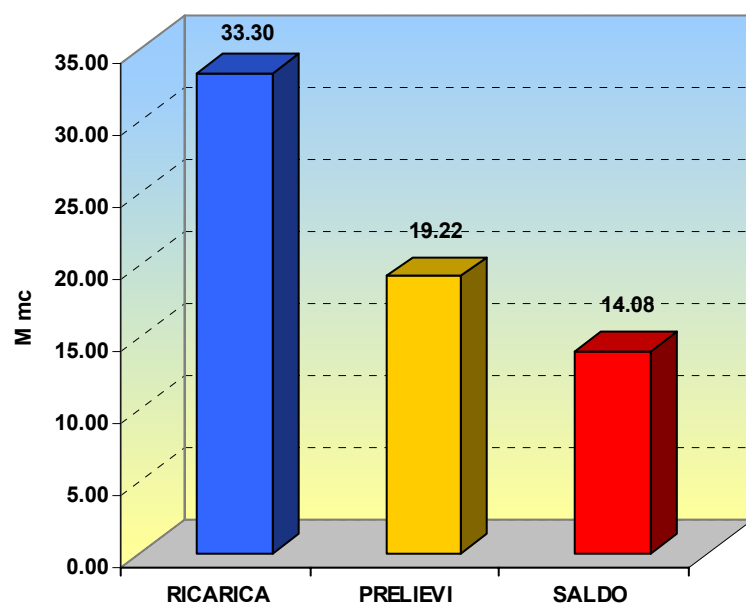
Il saldo del bilancio risulta positivo di 14.08 Mmc, mentre la ricarica per unità di superficie risulta di 81.785 mc/Kmq.



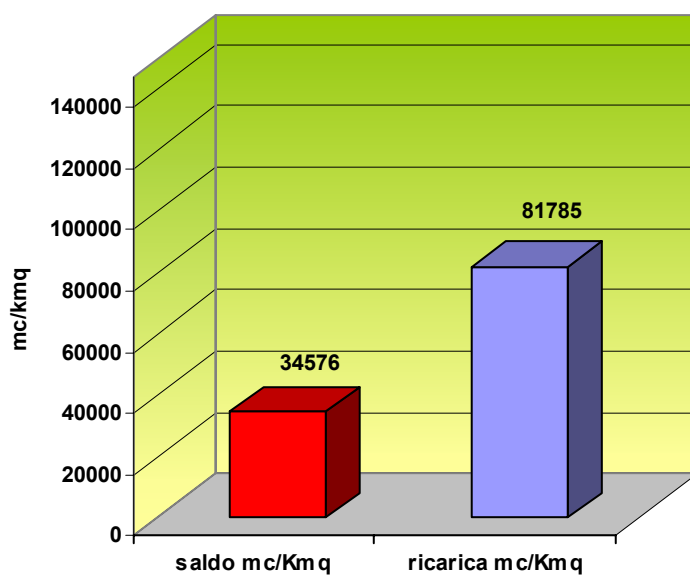
Schema del bilancio –(in Mmc/anno)

PIANURA DI PISA 407.11 Km <sup>2</sup>			Mmc/a
Infiltrazione areale			20.46
Apporti sotterranei			9.63
Apporti dai versanti			0.053
Apporti da acquiferi contigui			3.15
<b>TOTALE RICARICA</b>			<b>33.29</b>
<b>prelievi</b>	acquedottistico	11,26	<b>19.22</b>
	domestico	3,79	
	irriguo	1,84	
	produttivo	1,86	
	servizi	0,48	
<b>TOTALE USCITE</b>			<b>19.22</b>
<b>SALDO</b>			<b>14.08</b>



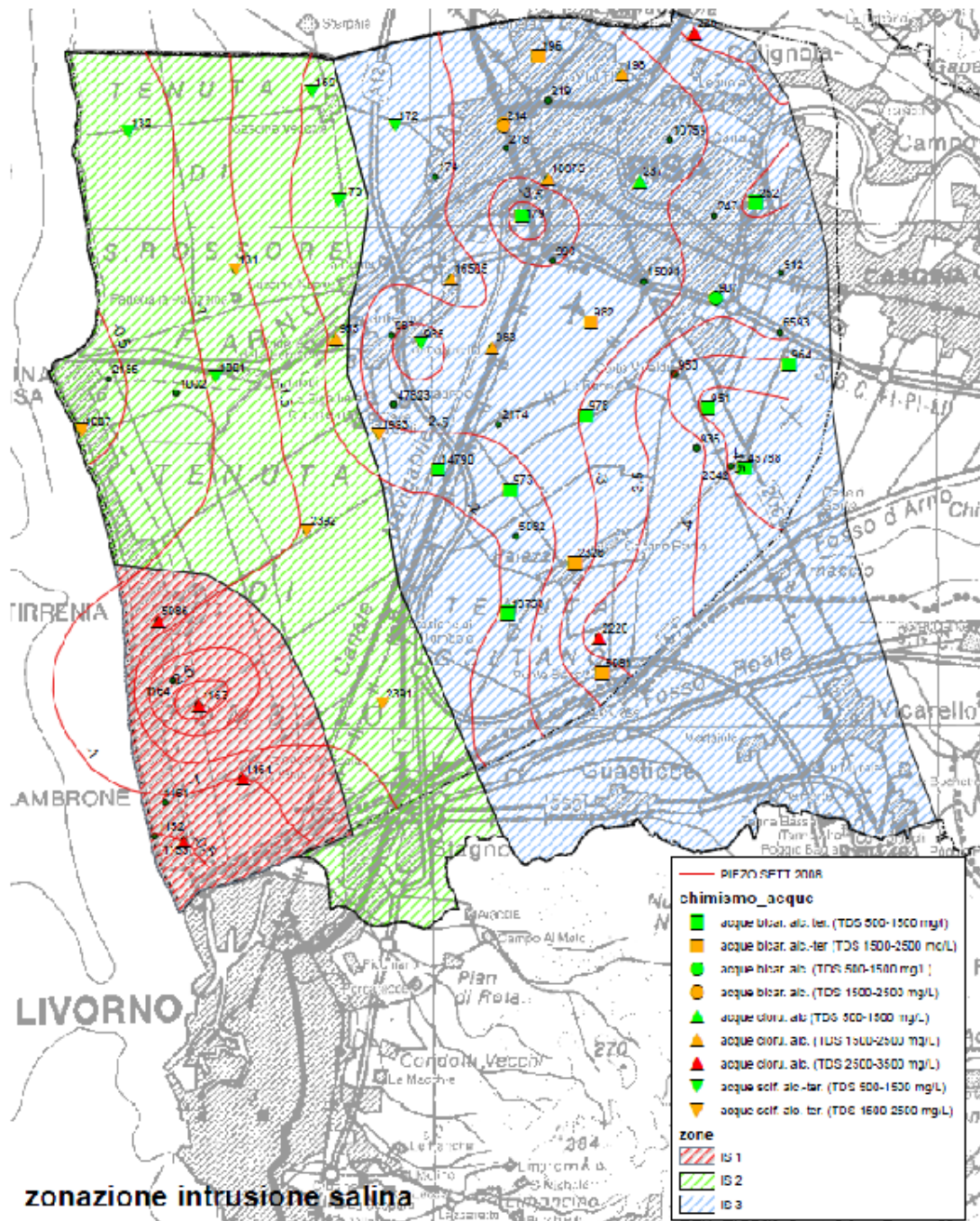


Confronto Ricarica/Prelevi/saldo



Confronto fra saldo e ricarica riferiti all' unità di superficie

Per quanto riguarda il fenomeno dell'intrusione salina, sono state individuate le possibili aree a rischio di salinizzazione per le acque sotterranee, sulla base di dati di monitoraggio geochimico e piezometrico, come descritto nella relazione generale. Questo studio di dettaglio ha portato all'individuazione di tre zone distinte a diverso rischio di salinizzazione, per le quali vengono previste specifiche norme.



In particolare la zona IS1 corrispondente all'area di Tirrenia – Calambrone è risultata già interessata da ingressione salina, peraltro in accordo con tutti gli studi effettuati precedentemente e sopra citati

Ai fini di una ulteriore caratterizzazione, l'acquifero è stato suddiviso in aree a diversa disponibilità idrica. La zonazione della disponibilità idrica è stata effettuata considerando la capacità di ricarica, i prelievi e la trasmissività di ogni acquifero. Sono state pertanto individuate aree omogenee, determinate mediante la definizione di bilanci alla scala della singolo elemento spaziale considerato.

Nella tabella a seguire sono riportati gli stralci di sintesi alla scala 1:25.000 relativi all'acquifero della pianura di Pisa ed integralmente riportati in cartografia.

**Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura – acquifero della Piana di Pisa**

Stralci	n.	59	60	71	72	73	74
		75	76	77	78	79	

