PROVINCIA DI MANTOVA
AREA TUTELA E VALORIZZAZIONE
DELL'AMBIENTE

AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO DEGLI ACQUIFERI DELLA PROVINCIA DI MANTOVA AI FINI DELL'INDIVIDUAZIONE A SCALA COMUNALE DELL'ACQUIFERO PROTETTO

RELAZIONE CONCLUSIVA

Num. Rif. Lavoro		18-226	**N. copie consegnate**	
	Data	**Redatto (RT)**	**Revisionato (RC)**	**Approvato**
R00	21/11/2019	Dott. Geol. L. Osculati	Dr Geol. A. Uggeri	Dr Geol. A. Uggeri
R01				
R02				
Gruppo di lavoro		Dott.sa M. Bombetti, Dott. L. Lanzafame, Dott. I. Rigamonti, Dr. Ing. L. Rossi		
Nome file		18-226_relazione conclusiva		

Idrogea servizi S.r.l.
Società di ingegneria
Via Lungolago di Calcinate, 88 – 21100 Varese - P.IVA : 02744990124
Tel. 0332 286650 – Fax 0332 234562 - idrogea@idrogea.com – idrogea@pec.it
www.idrogea.com

SOMMARIO

1 PREMESSA 3
1.1 SCOPO DELLO STUDIO 3
1.2 REGOLAMENTO REGIONALE N. 2/2006 3
1.2.1 Art. 2: Definizioni 3
1.2.2 Art. 14: Criteri per il rilascio di concessione 4
2 ANALISI DOCUMENTAZIONE PREGRESSA 5
2.1 STUDIO DEGLI ACQUIFERI (2008) 5
2.2 PROGRAMMA DI TUTELA E USO DELLE ACQUE (2017) 7
2.2.1 ISS - ALTA PIANURA OGLIO - MELLA 7
2.2.2 ISS - MEDIA PIANURA ADDA - OGLIO 9
2.2.3 ISS - MEDIA PIANURA OGLIO - MINCIO 10
2.2.4 ISS - MEDIA PIANURA BASSO MINCIO 11
2.2.5 ISS - BASSA PIANURA PO 12
2.2.6 ISI - MEDIA PIANURA TICINO – MELLA 13
2.2.7 ISI - MEDIA PIANURA MELLA - OGLIO – MINCIO 14
2.2.8 ISI - BASSA PIANURA PO 15
2.3 ISTANZE DI CONCESSIONE PRESSO LA PROVINCIA DI MANTOVA 17
3 ELABORAZIONE DEI DATI 18
4 DESCRIZIONE DEGLI ALLEGATI 23
5 CONCLUSIONI 24

Allegati

1. Data Base Istanze di Concessione Provincia di Mantova
2. Elenco Comuni con minima e massima profondità RQ
3. File GIS

Tavole

1. Carta profondità risorsa qualificata
2. Carta spessore acquiclude
3. Carta differenza profondità risorsa qualificata rispetto 2008
4. Sezioni idrogeologiche 1 e 2
5. Sezioni idrogeologiche 3 e 4

1 PREMESSA

La Provincia di Mantova ha affidato a Idrogea Servizi il servizio di assistenza tecnica finalizzato all'individuazione a scala provinciale dell'acquifero protetto, come definito dall'art. 2 comma 1 lettera h del Regolamento Regionale n. 2/2006.
L'incarico si sviluppa mediante la revisione dello "Studio degli acquiferi della Provincia di Mantova per l'individuazione delle risorse qualificate" redatto nel 2008 dal dott. Geol. Fulvio Baraldi.

Il presente documento costituisce la relazione conclusiva, ai sensi dell'art. 5 del Capitolato Prestazionale, ed illustra l'analisi della documentazione pregressa e le elaborazioni effettuate al fine di aggiornare lo studio precedente.

1.1 SCOPO DELLO STUDIO

Lo scopo dello studio è quello di definire l'acquifero protetto ai sensi del Regolamento Regionale n. 2/2006 e conseguentemente individuare le risorse qualificate per il territorio provinciale.

1.2 REGOLAMENTO REGIONALE N. 2/2006

Il Regolamento Regionale n. 2/2006, pubblicato su BURL n. 13, 1° suppl. ord. del 28 Marzo 2006, ha per oggetto la "Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26".

Si riportano di seguito alcuni estratti dell'art. 2 e dell'art. 14, utili ai fini del presente studio.

1.2.1 Art. 2: Definizioni

Le seguenti definizioni sono tratte dall'art. 2 comma 1:

h) ***acquifero protetto (o confinato, o secondo) o falda protetta****: acquifero idraulicamente separato dalla superficie o alla falda libera soprastante da terreni impermeabili, che può ricevere apporti solo laterali. Ove tale separazione non sia ravvisabile a scala regionale, secondo quanto previsto dalla pianificazione di settore, si deve considerare protetto un acquifero separato dall'acquifero soprastante da uno o più corpi geologici, con una congrua continuità areale, di cui almeno uno abbia uno spessore minimo di 10 metri e una conducibilità idraulica inferiore a 10-8 m/s.*

j) ***aree di riserva****: zone interessate da facile ricarica degli acquiferi e da risorse idriche pregiate che devono essere preservate ai fini di un loro utilizzo futuro, con particolare riferimento all'uso potabile. La funzione di riserva può riguardare anche il solo acquifero protetto.*

aa) ***risorse qualificate****: ai sensi dell'articolo 12-bis, comma 2, del r.d. 1775/1933, come sostituito dal d.lgs. 152/1999 e dal d.lgs. 18 agosto 2000, n. 258 (Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo l, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128) le acque sotterranee poste sotto la base del primo acquifero e all'interno di falde protette, nonché le acque sotterranee, destinate dalla pianificazione d'ambito a soddisfare esigenze idropotabili,*

poste all'interno delle "aree di riserva integrative" e delle "aree a scarsa potenzialità idrica", così come definite ed individuate dalla pianificazione regionale di settore.

1.2.2 Art. 14: Criteri per il rilascio di concessione

Di seguito si riporta il comma 3, con evidenziati in grassetto i casi di interesse per il territorio della Provincia di Mantova:

3. Per le acque sotterranee, in base alle classificazioni e individuazioni contenute negli strumenti di pianificazione previsti dal d.lgs. 152/1999 e dalla l.r. 26/2003:

a) in caso di aree a scarsa potenzialità idrica è prevista una limitazione a cinque anni della durata della concessione e valutata l'eventuale triplicazione del canone, in presenza di piano d'ambito che preveda l'utilizzo potabile delle risorse interessate;

*b) in caso di **aree soggette ad un impatto antropico significativo con notevole incidenza sulla disponibilità** è prevista una limitazione a cinque anni della durata della concessione e valutata l'eventuale limitazione delle portate richieste, nell'ipotesi di una evoluzione negativa dei livelli piezometrici degli acquiferi;*

*c) in caso di **acquifero protetto all'interno delle macroaree di riserva** sono ammessi gli usi diversi dal potabile solo in assenza di fonti alternative e, trattandosi di risorsa qualificata ai sensi dell'articolo 23, comma 3, punto 2, del d.lgs. 152/1999, è applicata la triplicazione del canone;*

*d) in caso di **acquifero protetto all'interno delle aree di riserva ottimale** sono ammessi gli usi non pregiati solo in assenza di fonti alternative e, trattandosi di risorsa qualificata ai sensi dell'articolo 23, comma 3, punto 2, del d.lgs. 152/1999, è applicata la triplicazione del canone e prevista una limitazione a cinque anni della durata della concessione;*

e) in caso di aree di riserva integrativa sono ammessi gli usi non pregiati solo in assenza di fonti alternative ed è prevista una limitazione a cinque anni della durata della concessione e, trattandosi di risorsa qualificata ai sensi dell'articolo 23, comma 3, punto 2, del d.lgs. 152/1999, è valutata l'eventuale triplicazione del canone.

2 ANALISI DOCUMENTAZIONE PREGRESSA

2.1 STUDIO DEGLI ACQUIFERI (2008)

Lo "Studio degli acquiferi della Provincia di Mantova per l'individuazione delle risorse qualificate", di cui all'atto di indirizzo approvato con Delibera della Giunta Provinciale n. 152 del 19/08/2008, fu redatto nel 2008 dal dott. Geol. Fulvio Baraldi su incarico della Provincia di Mantova.
Da allora, tale studio è stato utilizzato dagli Uffici per la valutazione di eventuali limitazioni nelle istanze di concessione di derivazione da corpo idrico sotterraneo.

Esso si svolse tramite acquisizione ed elaborazione dei dati contenuti nel Piano Regionale di Risanamento delle Acque (P.R.R.A.): Studi e indagini finalizzate al risanamento delle falde idriche inquinate utilizzate a fini potabili, Provincia di Mantova, 1990-1992. In particolare, all'interno di questo si trova il "Modello idrodinamico delle acque sotterranee con sezioni geologiche (1991)".
Furono inoltre utilizzate stratigrafie e prove di portata relativi a nuovi pozzi autorizzati dalla Provincia.

Nello studio del 2008 è contenuto un elaborato grafico che individua l'acquifero protetto e le risorse qualificate, oltre ad una tabella riassuntiva contenente, per ciascun comune, la profondità della risorsa qualificata, le "Aree di riserva ottimale" e le "Macroaree di riserva".

Dopo una indagine idrogeologica della pianura lombarda, basata sulla documentazione pregressa, e l'analisi dei dati litostratigrafici di archivio disponibili presso gli archivi della Provincia, nel documento viene individuata la profondità della risorsa qualificata. Infine vengono effettuati i seguenti confronti: profondità della risorsa qualificata-piezometria delle falde e trasmissività degli acquiferi-profondità.

Le conclusioni dello studio sono così sintetizzabili:

- Nella zona di pianura del territorio mantovano si trova un acquifero monostrato più o meno compartimentato fino a profondità variabile tra 80 e 130 m da p.c., con differenziazione piuttosto netta, per piezometria e trasmissività, della porzione posta oltre i 100 m rispetto a quella sovrastante.
- Le stratigrafie evidenziano la presenza di acquiclude a profondità compresa tra 70 e 120 m.
- Nella zona delle colline moreniche, l'esiguo numero di dati in relazione alla complessità strutturale dell'area determina un grado di incertezza maggiore nella definizione dell'assetto idrogeologico.

La cartografia di sintesi elaborata dallo studio è riprodotta in Figura 1, dove per ciascun comune è definita la profondità della risorsa qualificata, suddivisa in quattro classi con profondità compresa tra 80 e 110 m.

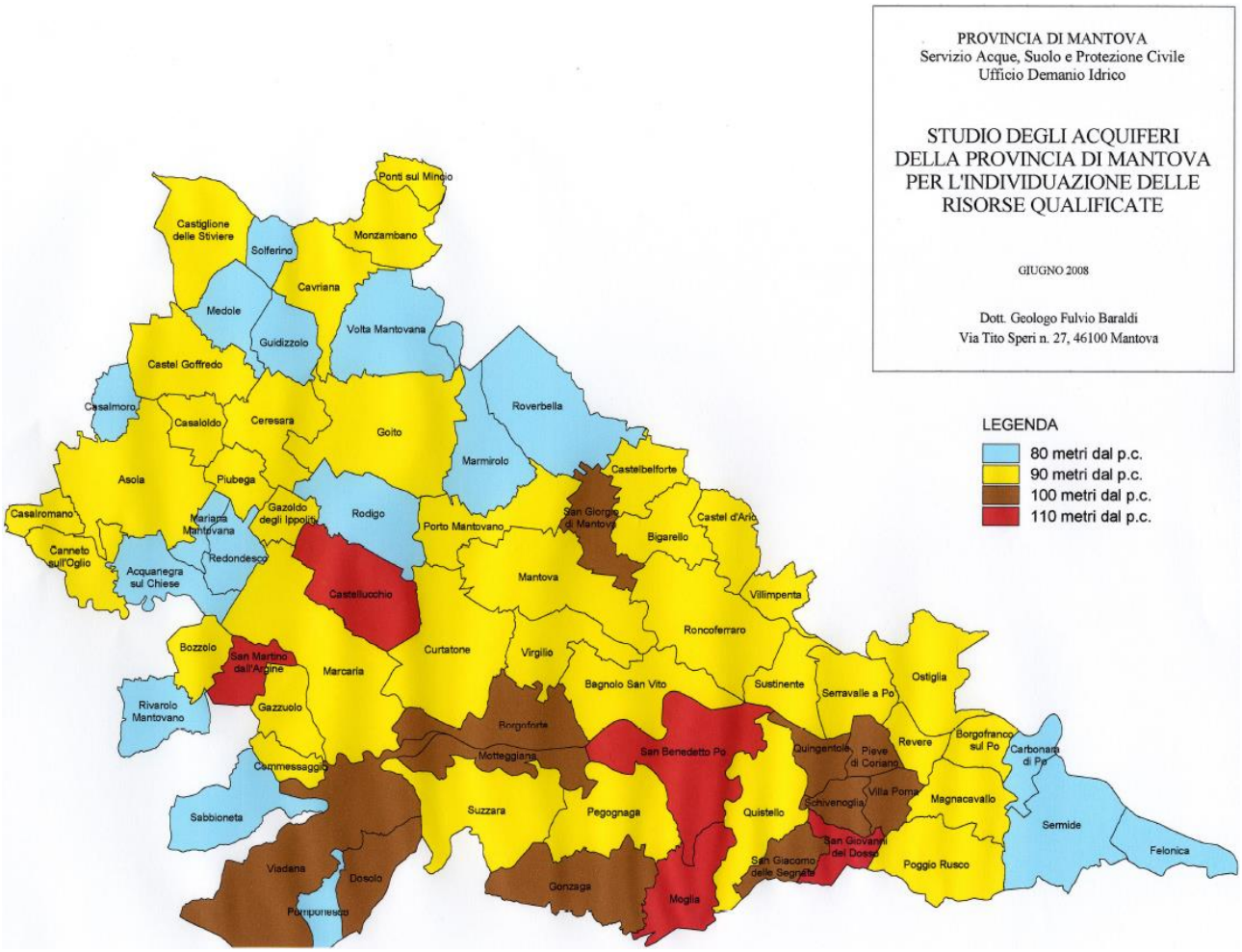


Figura 1 Profondità della risorsa qualificata (Baraldi, 2008)

2.2 PROGRAMMA DI TUTELA E USO DELLE ACQUE (2017)

Il Programma di Tutela e Uso delle Acque (P.T.U.A.) vigente, approvato da Regione Lombardia con D.G.R. n. 6990 del 31/07/2017, pubblicato sul BURL S.O. n. 36 del 04/09/2017, sostituisce il precedente P.T.U.A. approvato con D.G.R. n. 2244 del 29/03/2006, e s.m.i.
Esso si basa su uno studio idrogeologico eseguito da Eupolis finalizzato alla revisione delle conoscenze idrogeologiche del territorio lombardo.

Nell'ambito di detto studio sono stati riclassificati i corpi idrici sotterranei presenti nella pianura lombarda; per quanto riguarda la provincia di Mantova essi sono riferibili ai settori geografici Adda Oglio e Oglio Mincio.
Viene mantenuta la classificazione di Regione Lombardia, ENI, divisione Agip che identifica quattro gruppi acquiferi, denominati A, B, C, D. Nello studio vengono identificate tre idrostruttre:

- ISS (Idrostruttura Sotterranea Superficiale), a sua volta distinta in due copri sovrapposti; la geometria della base di ISS è tata definita considerando le stratigrafie di circa 810 pozzi distribuiti in tutta la pianura lombarda.

- ISI (Idrostruttura Sotterranea Intermedia), in genere in condizioni confinate; la base dell'idrostruttura, coincidente in genere con la base del gruppo acquifero B, è stata individuata integrando i dati stratigrafici di circa 600 pozzi.

- ISP (Idrostruttura Sotterranea Profonda). L'unità è stata caratterizzata, soprattutto per quanto riguarda la sa base, solo per la parte più alta della pianura lombarda in quanto il limite basale nella bassa pianura tende ad approfondirsi fortemente e non viene raggiunto dalle perforazioni di pozzi ad uso idropotabile.

Nell'ambiti dello studio vengono individuati 19 idrostrutture sotterranee, di cui 11 superficiali, 6 intermedie e 2 profonde.
Nella Provincia di Mantova sono presenti 5 Idrostutture superficiali (ISS alta pianura Oglio Mella, ISS media pianura Oglio Mincio, ISS basso Mincio, ISS Bassa pianura Po e ISS media pianura Adda Oglio) e 3 Idrostrutture intermedie (ISI Media pianura Ticino Mella, ISI Mella – Oglio – Mincio, ISI Bassa pianura Po).
Per ciascuna idrostruttura lo studio Eupolis propone una monografia: nei paragrafi che seguono si riportano integralmente quelle di interesse per il territorio oggetto del presente studio.

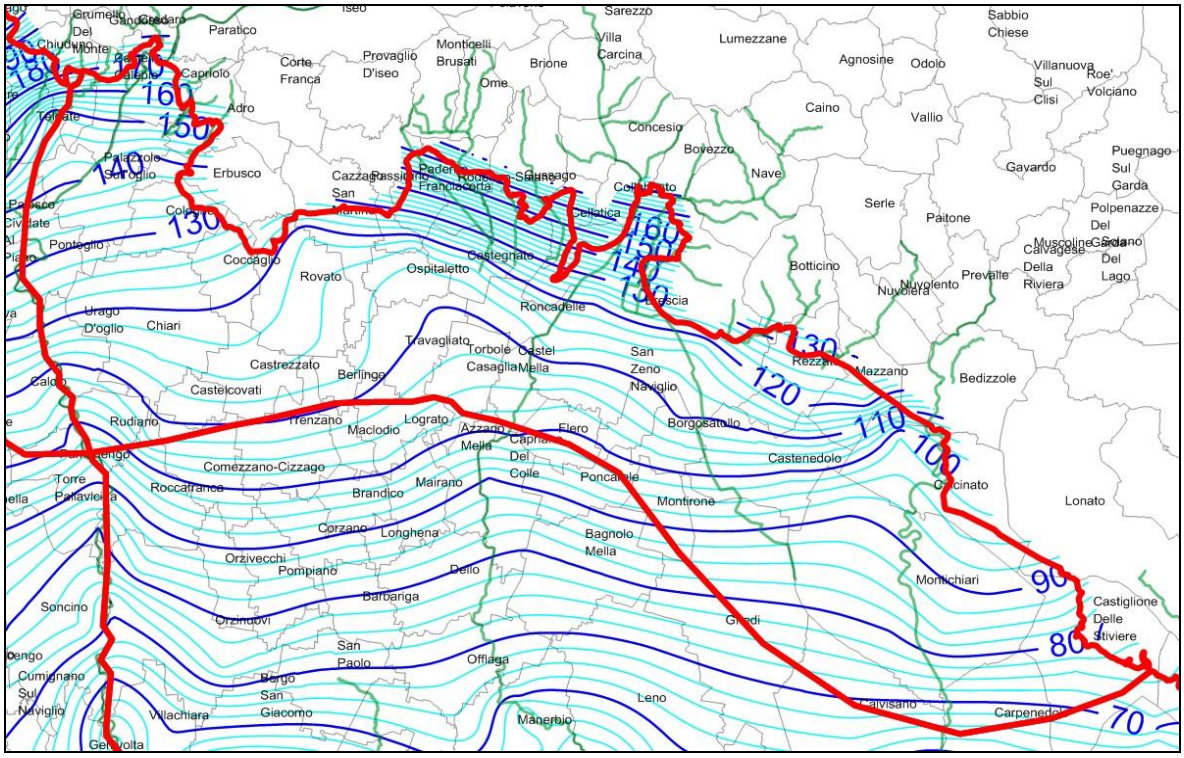
I criteri di suddivisione delle idrostrutture sono nel complesso adeguati a rappresentare la realtà idrogeologica della pianura lombarda alla scala regionale. Il dettaglio è tuttavia differente rispetto a quanto raggiungibile con studi idrogeologici specifici, a scala provinciale o sovracomunale, se non altro per la maggior quantità di dati stratigrafici utilizzati per questi ultimi.

2.2.1 ISS - ALTA PIANURA OGLIO - MELLA

Il corpo idrico si posiziona in corrispondenza dell'alta pianura bresciana, a valle dei rilievi pedemontani in substrato roccioso della Franciacorta (Erbusco, Coccaglio, Rovato) e di Brescia, comprendendo verso il margine occidentale anche un limitato lembo dell'alta pianura bergamasca. È delimitato a ovest dal Fiume Oglio e si spinge fino ad est del F. Chiese a comprendere i comuni di Carpenedolo (BS) e parte di Castiglione dello Stiviere (MN). Il limite inferiore, posto a quota di circa 110 m s.l.m. a ovest ed in decrescita fino a 60 m s.l.m. verso est, segna il passaggio alla media pianura, seguendo la linea dei fontanili.

L'idrostruttura, la cui base si colloca tra 60 e 120 m s.l.m, è costituita dalla porzione satura del Gruppo Acquifero A e dal Gruppo Acquifero B, con spessori complessivi di oltre 100 m in corrispondenza della parte settentrionale dell'ambito (area Grumello del Monte, Castelli Calepio, Palazzolo sull'Oglio, Cologne e area Cazzago San Martino, Passirano, Paderno Franciacorta) fino a minimi di 35 m in corrispondenza della piana alluvionale del F. Oglio e del Torrente Garza.
L'idrostruttura è sede di acquifero di tipo libero, anche se localmente possono essere presenti intercalazioni limose argillose a bassa permeabilità o orizzonti cementati che determinano condizioni di semiconfinamento degli acquiferi.
La base del "ISS Alta Pianura Oglio Mella" è separata dalla sottostante ISP da orizzonti a bassa permeabilità (aquitardi), la cui continuità è interrotta dal contatto con il substrato roccioso; le aree d'interruzione dell'acquitardo costituiscono il luogo naturale di ricarica dell'idrostruttura profonda (ISP) che in genere si trova in condizioni di sottopressione rispetto alla falda idrica superficiale contenuta nel ISS. Verso il limite meridionale del corpo idrico l'ISS è in contatto con l'idrostruttura intermedia ISI in seno al sottogruppo A2 del Gruppo Acquifero A e alla parte profonda del gruppo acquifero B.

Figura 4.16 *– Corpo Idrico ISS - ALTA PIANURA OGLIO MINCIO*



- **In rosso**- limite di corpo idrico
- **In verde**- reticolo idrografico principale
- **In blu**- piezometria superficiale al maggio 2014
- **In magenta**–principali spartiacque sotterranei

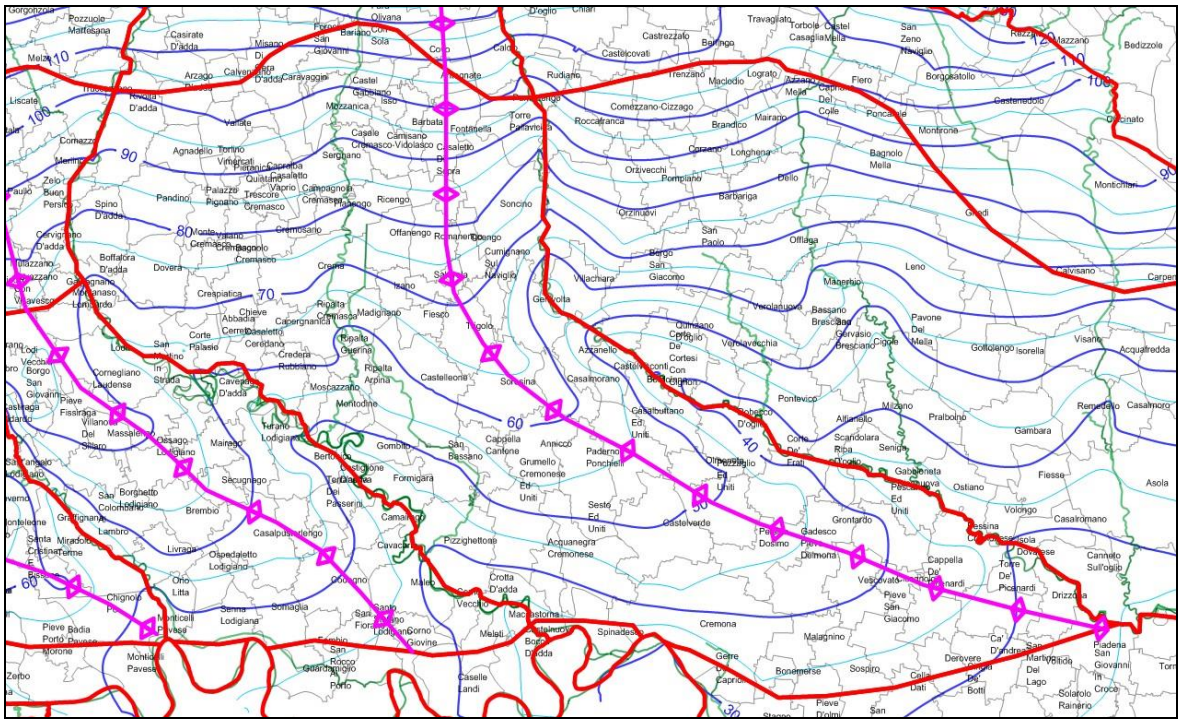
L'andamento piezometrico dell'acquifero superficiale (fig.4.16) evidenzia nel settore occidentale la presenza dell'asse di drenaggio costituito dal F. Oglio, mentre nel settore centrale e orientale la convergenza delle linee isopiezometriche è in relazione alla presenza di paloalvei sepolti aventi origine dall'anfiteatro sebino. Il Fiume Chiese ed il Fiume Mella in questo tratto di pianura sembrano scorrere pensili sull'acquifero superficiale, e non costituiscono limite idrogeologico significativo alla scala regionale.

Da un punto di vista litologico, i depositi che ospitano l'idrostruttura sono costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose localmente limose nella parte superficiale, passanti in profondità a conglomerati a vario grado di cementazione; sono presenti locali orizzonti limoso-argillosi privi di continuità areale.

2.2.2 ISS - MEDIA PIANURA ADDA - OGLIO

Il corpo idrico si trova nel contesto morfologico della media pianura che si estende dalla porzione meridionale della Provincia di Bergamo fino a gran parte della Provincia di Cremona. Esso è delimitato dal F. Adda a W, dal F. Oglio a E, dalle strutture dell'alta pianura a N e della bassa pianura a S.

Figura 4.20 – *Corpo Idrico ISS –MEDIA PIANURA ADDA - OGLIO*



- **In rosso**- limite di corpo idrico
- **In verde**- reticolo idrografico principale
- **In blu**- piezometria superficiale al maggio 2014
- **In magenta**- principali spartiacque sotterranei

L'idrostruttura si sviluppa in seno al gruppo acquifero A1 con caratteristiche di falda libera nella parte settentrionale del corpo idrico e da semiconfinata a localmente confinata procedendo verso S.
I depositi che ospitano la struttura sono costituiti da:

- ghiaie e ghiaie sabbiose con locali orizzonti conglomeratici nel settore N;
- sabbie e sabbie ghiaiose localmente limose con intercalazioni limoso-argillose via via più frequenti e spesse verso S.

La base della "ISS media pianura Adda-Oglio", collocata tra le quote di 60 m e 10 m sl.m., è separata dalla sottostante idrostruttura intermedia dagli orizzonti impermeabili al tetto dell'unità A2, presenti con buona continuità nel territorio in esame.

Lo spessore dell'unità varia da 50-55 m a nord, in corrispondenza del passaggio all'alta pianura, a 25-30 m a SW e S, in corrispondenza della piana alluvionale del F. Adda e al passaggio all'ambito di bassa pianura del F. Po.
L'idrostruttura appare localmente in comunicazione idraulica con la sottostante idrostruttura intermedia per l'interruzione di continuità degli orizzonti argillosi di separazione, contribuendo alla ricarica degli acquiferi profondi; l'acquifero è inoltre in rapporto di alimentazione con i principali corsi d'acqua (F.Adda, F. Oglio, F. Serio) e in corrispondenza nella porzione più settentrionale dell'unità (fascia dei fontanili).
La morfologia della superficie piezometrica indica la presenza di 3 assi di drenaggio in corrispondenza del F. Adda, F. Serio e F. Oglio e di uno spartiacque idrogeologico posto tra Serio e Oglio in corrispondenza del Naviglio Pallavicini.

2.2.3 ISS - MEDIA PIANURA OGLIO - MINCIO

Il corpo idrico si estende nel contesto morfologico della media pianura orientale lombarda, in corrispondenza dei comuni del settore meridionale della Provincia di Brescia e di una limitata porzione occidentale della Provincia di Mantova.
I confini del corpo idrico sono così rappresentati:

- limite con l'idrostruttura dell'alta pianura Oglio Mella a N;
- limite con l'idrostruttura della bassa pianura Po a S;
- Fiume Oglio a W;
- anfiteatro morenico del Garda a E;
- Fiume Mincio a SE.

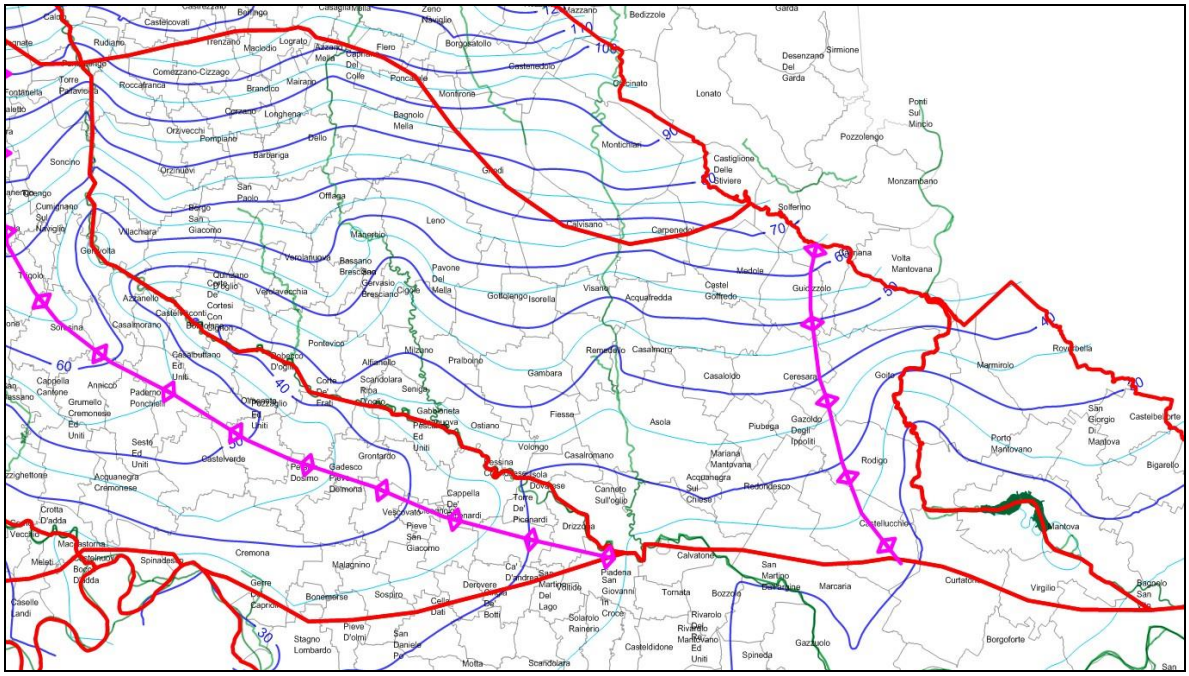
L'idrostruttura è contenuta nella porzione superficiale del gruppo acquifero A (sottogruppo A1), in seno a depositi litologicamente costituiti da ghiaie sabbiose prevalenti a N passanti a sabbie, sabbie limose verso a S. La presenza di livelli e lenti argillose, di spessore cospicuo (fino a circa 40 m, sez. 4 Oglio-Mincio) e discreta continuità areale, conferiscono all'acquifero caratteristiche di falda da libera a semiconfinata.
Il limite inferiore dell'idrostruttura si attesta a quote comprese tra 80-90 m s.l.m. a N e -20 m s.l.m. a S ed è individuato dai livelli a bassa permeabilità del sottogruppo A2, la cui continuità risulta localmente interrotta (vedi schema idrogeologico) determinando condizioni di ricarica da parte dell'acquifero in esame nei confronti delle strutture profonde.

L'acquifero è inoltre in rapporto di alimentazione con i principali corsi d'acqua (F. Oglio, parte bassa del F Mella e Chiese, F. Mincio) e in corrispondenza nella porzione più settentrionale e centro orientali dell'unità (fascia dei fontanili).
Si riscontrano spessori minimi (20-25 m) in corrispondenza delle piane alluvionali del F. Oglio, del F. Mella e del F. Mincio, per incisione della superficie topografica, e/o in corrispondenza delle culminazioni dell'idrostruttura profonda (es: Alto di Rezzato, cfr. sez. 9 Oglio-Mincio); massimi dell'unità (60 m circa) si rinvengono in corrispondenza degli alti morfologici morenici, posti a N e E del territorio in esame.
L'andamento piezometrico mostra la presenza di assi di drenaggio principali e secondari costituiti, da W a E, rispettivamente dai fiumi Oglio, Mella Chiese e Mincio; tra questi il Mella ed il Chiese sono da considerarsi assi secondari per l'entità dell'inflessione piezometrica.

È inoltre presente uno spartiacque idrogeologico principale posto ad W del F. Mincio, lungo la direttrice Guidizzolo Castellucchio, che divide l'ambito in due settori:

- settore orientale drenato dal F. Mincio;
- settore occidentale drenato dai fiumi Oglio, Mella e Chiese.

Figura 4.21 *– Corpo Idrico ISS – MEDIA PIANURA OGLIO - MINCIO*



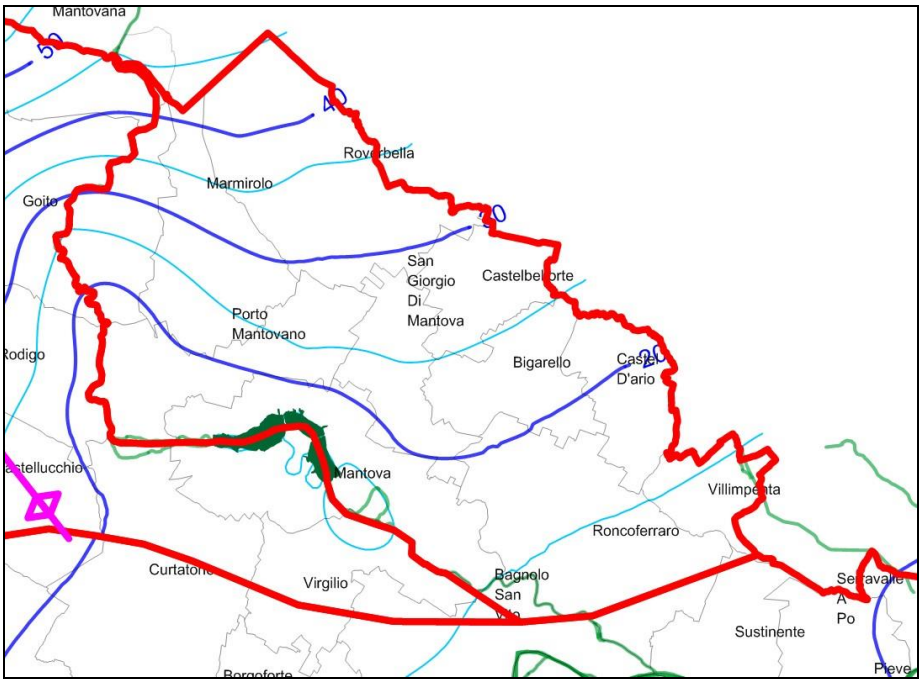
- **In rosso**- limite di corpo idrico
- **In verde**- reticolo idrografico principale
- **In blu**- piezometria superficiale al maggio 2014
- **In magenta**- principali spartiacque sotterranei

2.2.4 ISS - MEDIA PIANURA BASSO MINCIO

Il corpo idrico è ubicato nell'estremo lembo orientale della media pianura in provincia di Mantova, delimitato a W dal F. Mincio, a NE dal confine regionale, a SE dal F. Carso e a S dalla bassa piana alluvionale del Po.
Dall'esame delle stratigrafie dei pozzi (sezioni 5, 6, 9 Oglio-Mincio) e dello schema idrogeologico, si osserva che le litologie predominanti del corpo idrico sono rappresentate da argille e limi a formare banchi e lenti di spessore anche cospicuo (fino a 30 m), cui s'intercalano livelli più sottili principalmente di sabbie e secondariamente di ghiaie.

La presenza di estesi e spessi livelli argillosi distribuiti fin dalla superficie topografica determina l'esistenza di aree negative, ossia prive dell'acquifero più superficiale (area Goito, Marmirolo, Porto Mantovano). L'idrostruttura è pertanto confinata entro livelli permeabili del sottogruppo A1, di locale ridotta potenzialità.
La base dell'idrostruttura, collocata a quote comprese tra 0 e -10 m s.l.m., è separata dalla sottostante idrostruttura intermedia dagli orizzonti impermeabili del sottogruppo A2 che generalmente possiedono buona continuità laterale. Lo spessore si attesta mediamente a circa 40 m, con minimi di 30 m in corrispondenza delle piane alluvionali del F. Mincio (area di Mantova) e del F. Po (area Ronco Ferraro, Serravalle Po) e massimi di 50 m nella porzione settentrionale dell'ambito in esame.
L'inflessione delle linee isopiezometriche in corrispondenza del F. Mincio indica l'effetto drenante del fiume sulla falda.

Figura 4.22 *– Corpo Idrico ISS –MEDIA PIANURA BASSO MINCIO*



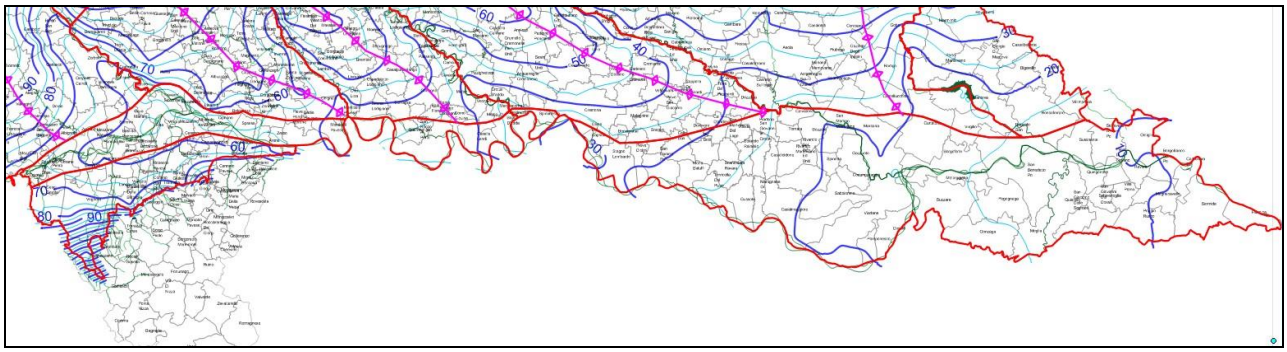
- **In rosso**- limite di corpo idrico
- **In verde**- reticolo idrografico principale
- **In blu**- piezometria superficiale al maggio 2014

2.2.5 ISS - BASSA PIANURA PO

Il corpo idrico si trova nel contesto morfologico della bassa pianura lombarda, in corrispondenza della piana alluvionale recente e attuale del F. Po, sviluppandosi in senso longitudinale, sia in destra sia in sinistra idrografica del F. Po nel settore occidentale, e solo in sinistra idrografica nel settore centrale e orientale; in quest'ultimo settore assume la maggiore estensione areale. Comprende comuni delle provincie di Pavia, Lodi, Cremona e Mantova. I suoi confini sono così identificati:

- a N con le idrostrutture della media pianura;
- a S con l'ISS Oltrepò Pavese nella parte occidentale e con l'alveo del F. Po nei settori centrali e orientali corrispondente al confine con l'Emilia Romagna.

Figura 4.24 – *Corpo Idrico ISS –BASSA PIANURA OLTREPO*



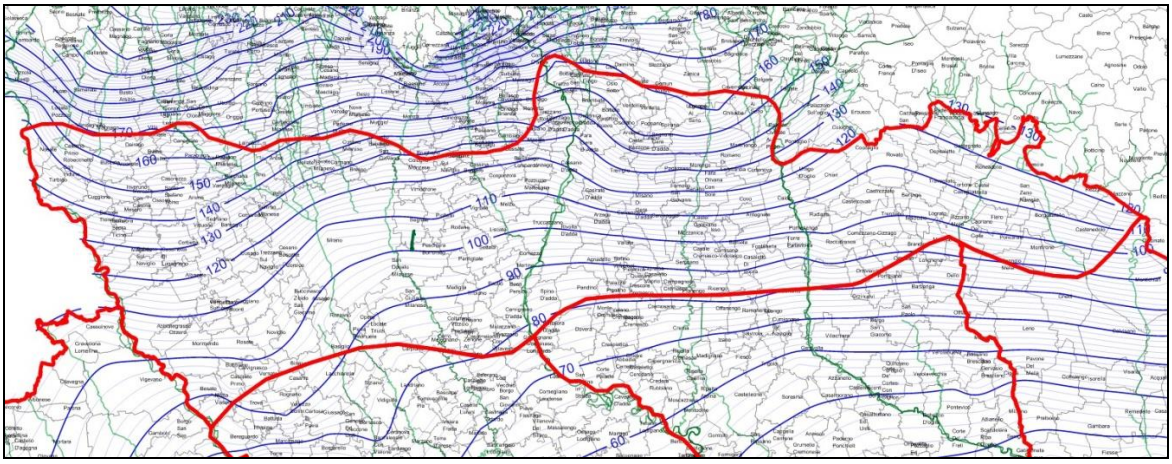
- **In rosso**- limite di corpo idrico
- **In verde**- reticolo idrografico principale
- **In blu**- piezometria superficiale al maggio 2014
- **In magenta**- principali spartiacque sotterranei

L'idrostruttura è contenuta nel sottogruppo A1, costituito da depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi nel settore occidentale (vedi sez. 5, 6 Po-Ticino) e da depositi a granulometria più fine nel settore orientale, ovvero sabbie localmente limose con intercalazioni argillose (vedi sez. 6, 7 Adda-Oglio). Il corpo idrico assume caratteri di acquifero da libero a semiconfinato. Localmente (area Serravalle Po) l'acquifero risulta confinato entro livelli permeabili delimitati a tetto da livelli argillosi presenti a partire dalla superficie.
Il limite inferiore dell'idrostruttura, collocato a quote comprese tra 0 m s.l.m. e -50 m s.l.m tende ad approfondirsi verso i settori sud-orientali e orientali; il passaggio all'unità intermedia è identificato quasi ovunque dalla presenza dei livelli argillosi contenuti al tetto ed entro l'unità A2. Lo spessore raggiunge massimi di 70 m nell'area di Suzzarra-Gonzaga (settore sud-orientale) e nell'estremo lembo orientale (area Felonica) e minimi di 20-25 m nel settore occidentale (Pancarana, Pinerolo Po) e nella porzione occidentale del settore orientale (Solarolo Rainero).
La ricostruzione dell'andamento piezometrico evidenzia la forte diminuzione del gradiente idraulico della falda rispetto alle aree di alta e media pianura e minimi dislivelli rispetto alla superficie topografica. L'acquifero è in equilibrio idraulico con il F. Po, svolgendo un'azione di alimentazione, nei periodi di magra del fiume, o di drenaggio, in occasione delle piene.

2.2.6 ISI - MEDIA PIANURA TICINO – MELLA

Il corpo idrico si estende nell'ambito della media pianura delimitata a W dal corso del F. Ticino, a E dal F. Chiese, a NE dai rilievi pedemontani in substrato roccioso della Franciacorta (Erbusco, Coccaglio, Rovato) e di Brescia, a N dalla fascia di transizione all'alta pianura e a S dai limiti con le rimanenti ISI della media pianura posti ad una quota compresa tra 80 e 110 m s.l.m.. Comprende comuni dei settori sud delle Province di Milano e Bergamo, del settore nord della Provincia di Lodi, del settore NW della Provincia di Cremona e del settore centrale della Provincia di Brescia.
Si differenza dai corpi idrici di media pianura, presenti più a S, per la presenza di condizioni di minor confinamento dei diversi orizzonti acquiferi che lo costituiscono.
L'idrostruttura è contenuta all'interno dei sedimenti della porzione profonda del Gruppo Acquifero A (sottogruppo A2) e del gruppo acquifero B.

Figura 4.26 – Corpo Idrico ISI–MEDIA PIANURA TICINO MELLA



- **In rosso**- limite di corpo idrico
- **In verde**- reticolo idrografico principale
- **In blu**- piezometria profonda al maggio 2014

Litologicamente i depositi che ospitano il corpo idrico sono costituiti da alternanze di sabbie e sabbie ghiaiose, sabbie e argille; rispetto alle idrostrutture superiori le intercalazioni argillose, seppure ancora subordinate, assumono maggiore continuità areale e spessore localmente superiore a 10 m.
Contiene un sistema acquifero multistrato generalmente in equilibrio o in lieve sovrappressione rispetto all'acquifero superficiale ad eccezione delle fasce in corrispondenza di scarpate principali (dove si registrano fenomeni locali di forte sovrappressione dell'acquifero).
L'acquifero ha carattere generalmente semiconfinato, alimentato dall'idrostruttura superiore, laddove l'orizzonte impermeabile di separazione presenta interruzioni o passaggi eteropici a sabbie. L'acquitardo di separazione tra le due idrostrutture presenta spessori massimi nel settore di pianura tra Comazzo e Trenzano (bacini idrografici dell'Adda e dell'Oglio).
Risulta separato dall'idrostruttura sottostante (ISP) da orizzonti argillosi da metrici a decametrici.
La base del corpo idrico è collocata a quote comprese tra 100 m s.l.m. a N e -75 m s.l.m. a S e lo spessore presenta valori crescenti da 0 a 100 m all'approfondirsi dell'idrostruttura verso la bassa pianura.
La superficie piezometrica, ad andamento radiale convergente verso NNO-SSE, è caratterizzata da un gradiente piezometrico regolare, con debole anomalia in corrispondenza della città di Milano e della porzione settentrionale della valle dell'Adda e della valle del Brembo, a N di Cassano d'Adda.

2.2.7 ISI - MEDIA PIANURA MELLA - OGLIO – MINCIO

Il corpo idrico è posizionato nella fascia di transizione tra la media e bassa pianura della parte orientale della pianura lombarda, a comprendere i comuni del basso bresciano e del mantovano centrale. Si estende da quota 130 a 20 m s.l.m. ed è delimitato dai fiumi Mella e Oglio a W, dal contatto con l'ISI Media Pianura Ticino Mella, dall'anfiteatro morenico del Garda e dal confine regionale a E.
Si differenza dai corpi idrici di media pianura situati più a O per il rapido assottigliamento delle intercalazioni limoso argillose all'interno dell'unità.
L'idrostruttura è contenuta all'interno dei sedimenti della porzione profonda del gruppo acquifero A (sottogruppo A2) e del Gruppo Acquifero B.
Le caratteristiche idrostratigrafiche dell'acquifero B sono ricostruibili, attraverso dati diretti, solo fino a una profondità di circa 150 m; al di sotto di tale quota sono disponibili solo i dati geofisici e stratigrafici delle esplorazioni petrolifere.
Contiene un acquifero multistrato, localmente monostrato, generalmente in equilibrio idraulico rispetto all'acquifero superficiale, con aree di sovrappressione in corrispondenza dei corpi idrici principali.

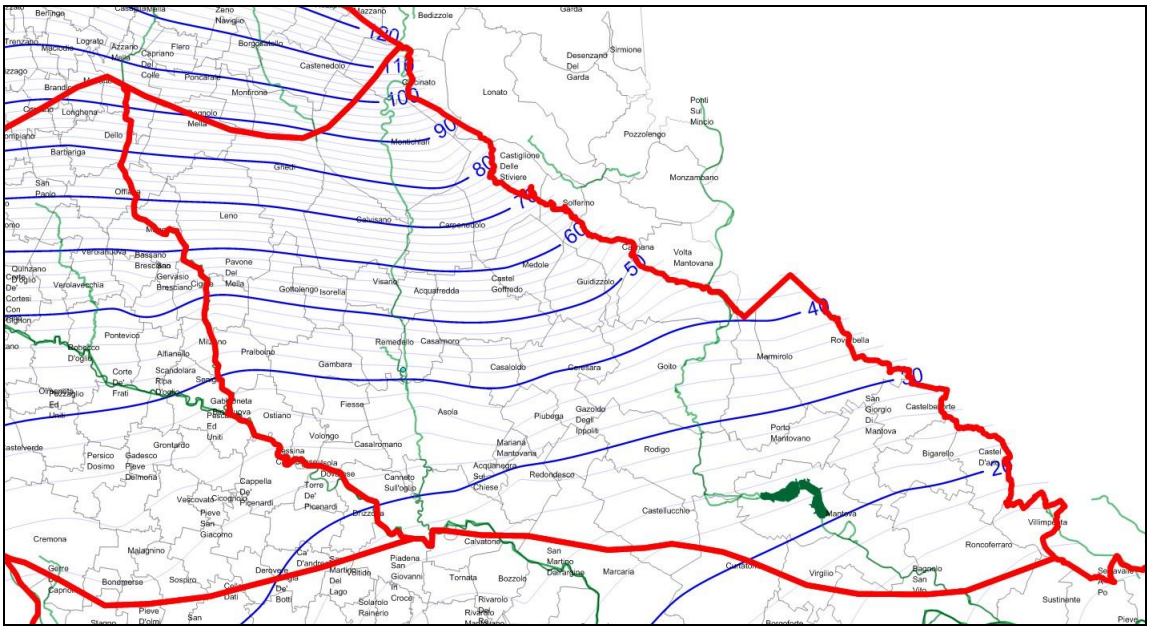
Litologicamente i depositi appartenenti all'Unità A2 sono costituiti:

- sul limite occidentale da limi e argille localmente torbose plurimetrici intercalati a sabbie e sabbie ghiaiose
- in posizione centrale da sabbie e ghiaie con sporadiche intercalazioni limoso argillose metriche
- sul limite orientale da ghiaie e ghiaiose sabbie localmente cementate con intercalazioni plurimetriche di limi argillosi con torbe.

L'acquitardo di separazione tra ISS e ISI presenta spessori massimi nel settore occidentale (plurimetrico tra Bagnolo Mella Gottolengo ed Isola Dovarese) mentre sul lato E del corpo

idrico risulta discontinuo e spesso interrotto da depositi grossolani di piana fluvioglaciale (tra i comuni di Castiglione delle Stiviere e Volta Mantovana).
La base dell'idrostruttura è collocato a quote comprese tra -75 m s.l.m. a N e -580 m s.l.m. a SE e lo spessore presenta valori crescenti da 100 a 540 m all'approfondirsi dell'idrostruttura verso la bassa pianura del Po.
La base del corpo idrico è viceversa collocata a quote comprese tra 0 m s.l.m. a NW e -175 m s.l.m. a S e lo spessore presenta valori crescenti da minimi di 40 m a massimi di 180 m all'approfondirsi dell'idrostruttura verso la bassa pianura del Po.
La superficie piezometrica è caratterizzata da un andamento radiale debolmente divergente con direzione di flusso SE e quote piezometriche comprese tra 100 e 20 m s.l.m.

Figura 4.29 *–Corpo Idrico ISI–MEDIA PIANURAOGLIO - MINCIO*



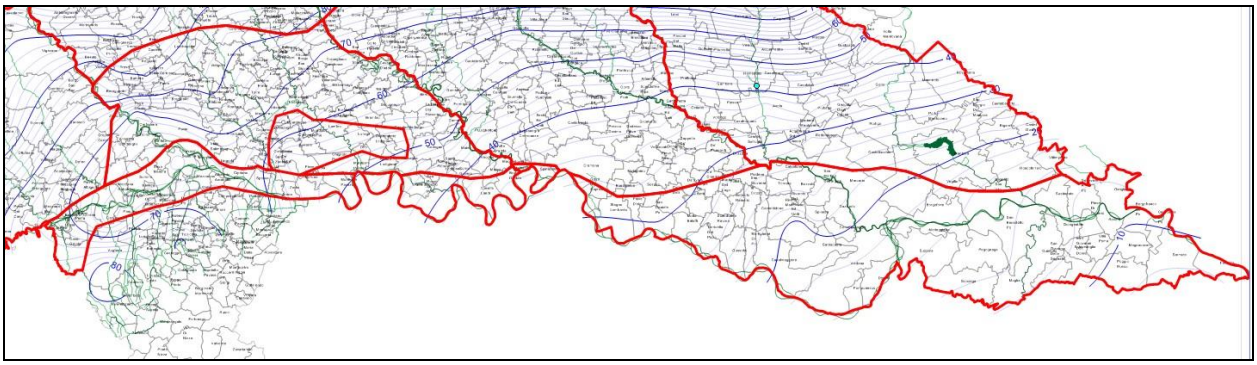
- **In rosso**- limite di corpo idrico
- **In verde**- reticolo idrografico principale
- **In blu**- piezometria profonda al maggio 2014

2.2.8 ISI - BASSA PIANURA PO

Il corpo idrico si trova nel contesto morfologico della bassa pianura lombarda, in corrispondenza della piana alluvionale recente ed attuale del F. Po, sviluppando
si in senso longitudinale, sia in destra sia in sinistra idrografica del F. Po nel settore occidentale, e solo in sinistra idrografica nel settore centrale e orientale; in quest'ultimo settore assume la maggiore estensione areale. Comprende comuni delle provincie di Pavia, Lodi, Cremona e Mantova. I suoi confini sono così identificati:

- a N con le idrostrutture ISI della medio-bassa pianura precedentemente descritte (Ticino-Adda, Adda-Mella-Oglio, Mella-Oglio-Mincio);
- a S con l'alveo del F. Po nei settori centrali e orientali corrispondente al confine con l'Emilia Romagna e con il limite della piana alluvionale recente ed attuale del F. Po in destra idrografica nel settore occidentale.

***Figura 4.30**–Corpo Idrico ISI–BASSA PIANURA PO*



- **In rosso**- limite di corpo idrico
- **In verde**- reticolo idrografico principale
- **In blu**- piezometria profonda al maggio 2014

Si differenza dai corpi idrici di media pianura per la presenza dei canali di divagazione del Paleo Po che interrompono la continuità degli depositi fini di piana di esondazione e consentono una comunicazione verticale degli acquiferi.
L'idrostruttura è contenuta all'interno dei sedimenti della porzione profonda del Gruppo Acquifero A (sottogruppo A2) e del Gruppo Acquifero B.
Contiene un acquifero multistrato, localmente monostrato, generalmente in equilibrio idraulico o in lieve sovrappressione rispetto all'acquifero superficiale, con aree di significativa sovrappressione solo in corrispondenza della porzione più orientale del corpo idrico.
Litologicamente i depositi appartenenti all'Unità A2 sono costituiti:

- sul limite occidentale da sabbie e sabbie ghiaiose con locali intercalazioni limoso argillose spesso discontinue
- in posizione centrale da limi e argille con intercalazioni di sabbie e sabbie ghiaiose
- sul limite orientale da sabbie prevalenti con intercalazioni plurimetriche di limi argillosi con torbe, via via sempre più frequenti spostandosi verso E.

L'acquitardo di separazione tra ISS e ISI presenta spessori massimi (10-15 m) nel settore centrale (tra Gussola e Viadana) mentre sul lato E e O del corpo idrico è discontinuo e spesso interrotto da depositi medio grossolani di piana alluvionale (tra i comuni di Silvano pietra e Corano e tra i comuni di Pegognaga e San Benedetto Po).
La base dell'idrostruttura è collocata a quote comprese tra -50 m s.l.m. a N e -580 m s.l.m. a SE e lo spessore presenta valori crescenti da 30 a 540 m all'approfondirsi dell'idrostruttura verso la bassa pianura del Po.
La base del corpo idrico è viceversa collocata complessivamente a quote comprese tra 25 m s.l.m. a W e -175 m s.l.m. a E e lo spessore presenta valori variabili da 0 a 180 m, con massimi in corrispondenza della porzione centrale dell'idrostruttura e minimi nelle porzioni sud-occidentali e sud-orientali della stessa.
La superficie piezometrica è caratterizzata da un andamento radiale convergente verso l'asse dl F. Po, con direzione di flusso E-SE e quote piezometriche comprese tra 72 e 8 m s.l.m.

2.3 ISTANZE DI CONCESSIONE PRESSO LA PROVINCIA DI MANTOVA

Tra gennaio e febbraio 2019 sono state consultate oltre 1000 pratiche presenti presso gli archivi della Provincia di Mantova, riguardanti concessioni rilasciate a partire dal 2008 (data del precedente studio). Alcune di queste pratiche sono precedenti all'emanazione del Regolamento Regionale n.2 del 2006 sulla Disciplina dell'Uso delle Acque.
Sono state acquisite circa 800 pratiche, tralasciando quelle prive di informazioni tecniche utili agli scopi del presente lavoro (con particolare riferimento alla stratigrafia), tra cui:

- quelle relative a perforazioni inferiori ai 30 m (non significative per i fini del presente studio);
- quelle che non sono giunte al rilascio della concessione (rinunciate/interrotte, per le quali quindi in genere non è presente una stratigrafia rilevata);
- rinnovi particolarmente datati (i cui dati sono già stati considerati nello studio del 2008).

La documentazione acquisita è stata catalogata e i dati derivanti dalle concessioni analizzati per valutare la profondità delle risorse qualificate.

Dai documenti a disposizione sono state estratte oltre 200 pratiche "utili", ovvero con stratigrafia sufficientemente profonda da interessare la risorsa qualificata.

In **allegato 1** è fornito il data base contenente le principali informazioni utilizzate per le elaborazioni descritte di seguito.

3 ELABORAZIONE DEI DATI

Sulla base della documentazione pregressa, descritta nel capitolo precedente, sono state effettuate le elaborazioni di carattere geostatistico.
Per definire la profondità della risorsa qualificata ci si è basati sulle stratigrafie allegate alle istanze di concessione, confrontando i dati con le stratigrafie contenute nel Piano Regionale di Risanamento delle Acque e con le profondità definite dallo Studio del 2008.

Le stratigrafie hanno permesso di definire nel sottosuolo la presenza di livelli permeabili (costituiti da ghiaie, ghiaie con sabbia, sabbie) e livelli impermeabili (formati da sabbie limoso argillose, limi, argille). Verificata l'estensione laterale dei livelli impermeabili, è stato individuato un orizzonte di separazione tra acquifero protetto e acquifero non protetto di spessore minimo pari a 10 m (*acquiclude*), la cui base rappresenta il limite superiore della Risorsa Qualificata (RQ).

Per ogni stratigrafia analizzata sono stati ricavati i seguenti dati, di seguito denominati osservazioni:

- le coordinate planimetriche del punto di indagine nel sistema di coordinate cartografico WGS84-UTM32N;
- la profondità della Risorsa Qualificata (RQ)
- la profondità del *top dell'acquiclude* (TAC);
- la quota sul livello del mare del piano campagna a cui è riferito ciascun punto, determinata a partire dalla posizione planimetrica del punto stesso e dal DTM (*Digital Terrain Model*) con risoluzione al suolo di 5 metri reso disponibile dal geoportale di Regione Lombardia.

Inoltre, combinando la quota del piano campagna di ciascun punto con le profondità di RQ e TAC, sono state determinate le quote a cui si trovano RQ e TAC in ciascun punto (Figura 2), che verranno usate per i successivi passaggi di interpolazione spaziale e denominate rispettivamente H_{RQ} e H_{TAC}.

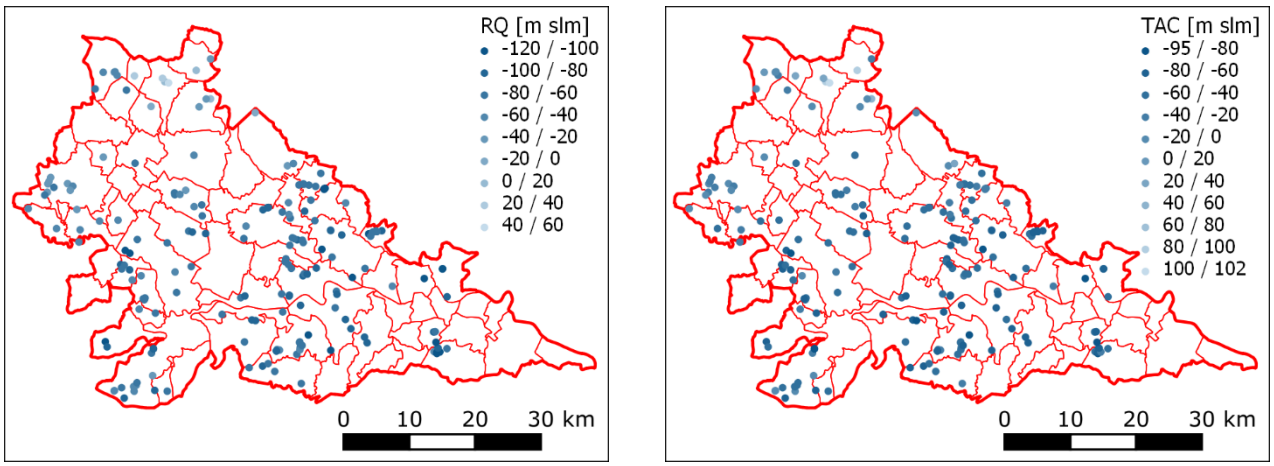


Figura 2 Mappa delle stratigrafie analizzate. Il colore del simbolo riporta la quota in m slm di RQ (a sinistra) e TAC (a destra)

L'interpolazione spaziale delle quote osservate di RQ e TAC ha reso possibile determinare la forma delle due relative superfici per tutta l'estensione del territorio della provincia, determinando i valori di H_{RQ} e H_{TAC} su una griglia regolare con passo 50 m. L'interpolazione, ovvero la stima fi H_{RQ} e H_{TAC} ove non siano presenti dati osservati (le stratigrafie), è stata

eseguita tramite metodi geostatistici. In particolare, è stato usato il metodo del *Kriging* basandosi sull'algoritmo incluso nel software Surfer 7.

L'interpolazione tramite *Kriging* si basa sull'autocorrelazione spaziale della grandezza da stimare (nel nostro caso la quota dello strato di interesse). L'autocorrelazione spaziale viene determinata empiricamente attraverso l'analisi del semi-variogramma a partire dai punti osservati della superficie (le stratigrafie), così che la superficie stimata a partire dalle osservazioni sia liscia, coerente con i dati osservati (ove presenti ed a meno dell'errore di osservazione) e ne riproduca l'andamento stocastico e la correlazione spaziale.

I risultati dell'interpolazione *Kriging* effettuata sono visibili in Figura 3 (H_{RQ}) e Figura 4 (H_{TAC}), ove vengono presentate sia le superfici stimate che i residui di stima sotto forma di istogramma, ovvero per ciascuna superficie viene riportata la frequenza relativa delle differenze tra valore di profondità osservato e valore di profondità stimato nei punti con stratigrafia nota.

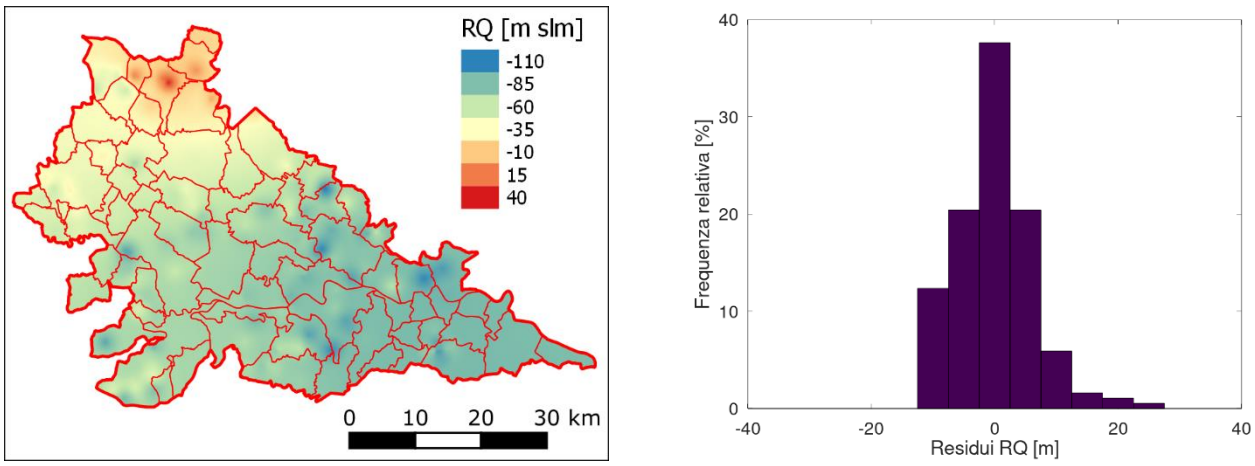


Figura 3 Mappa della quota stimata di RQ (a sinistra, in m slm) ed istogramma (a destra) con la frequenza relativa dei residui tra stime ed osservazioni nei punti ove sono presenti le stratigrafie

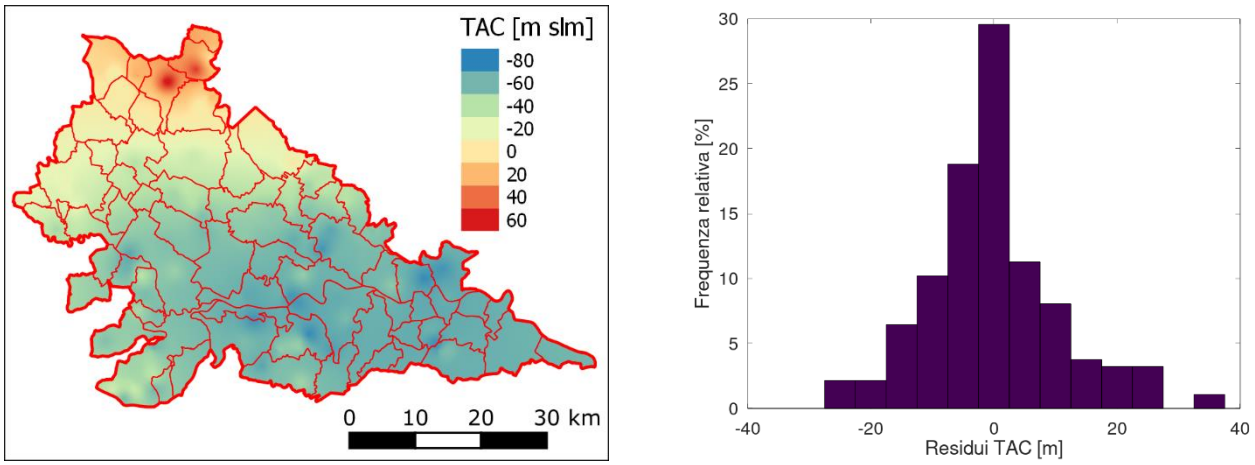


Figura 4 Mappa della quota stimata del TAC (a sinistra, in m slm) ed istogramma (a destra) con la frequenza relativa dei residui tra stime ed osservazioni nei punti ove sono presenti le stratigrafie

Gli istogrammi mostrano una media nulla ed uno scarto quadratico medio nell'ordine di 5 – 6 m, con distribuzione simmetrica e pseudo-normale rispetto all'origine. L'errore medio rilevato risulta essere compatibile con la distribuzione spaziale delle osservazioni (non omogenea e non

sufficientemente densa per ottenere una stima migliore) e con la classificazione a step di 10 metri della mappa di profondità, calcolata di seguito.

Infatti, a partire dalle stime della quota delle superfici di H_{RQ} e H_{TAC} è stato possibile calcolare la profondità della risorsa qualificata e lo spessore dell'*acquiclude*. Per il calcolo della profondità di RQ si è sottratta al DTM con risoluzione 5 m di Regione Lombardia (usato in precedenza per determinare le quote dei punti osservati di RQ e TAC ed opportunamente sottocampionato) la quota della risorsa qualificata, mentre per il calcolo dello spessore dell'*acquiclude* si è effettuata la sottrazione tra la stima quota di H_{TAC} e H_{RQ}.
I risultati sono visibili in Figura 5 e Figura 6 oltre che in Tavola 1 e Tavola 2, ove sono riportati rispettivamente la profondità di RQ e lo spessore dell'*acquiclude*, sovrapposti ai punti di osservazione degli stessi valori tematizzati con la stessa scala colore, così da poter avere un confronto diretto tra osservazioni e stime dei valori.

Le elaborazioni evidenziano una profondità di RQ compresa tra 90 e 110 m nel settore centrale ed orientale della Provincia; a Ovest e in gran parte dell'Alto Mantovano la profondità tende a diminuire, raggiungendo localmente i 70 m; infine, lungo i comuni posti al confine Nord del territorio in studio, l'acquifero protetto raggiunge profondità di oltre 110 m.

Lo spessore dell'*acquiclude* è compreso tra i 10 ed i 20 m in tutto il settore centrale della Provincia, in aumento verso il confine Est e, in modo ancor più marcato, a Nord.

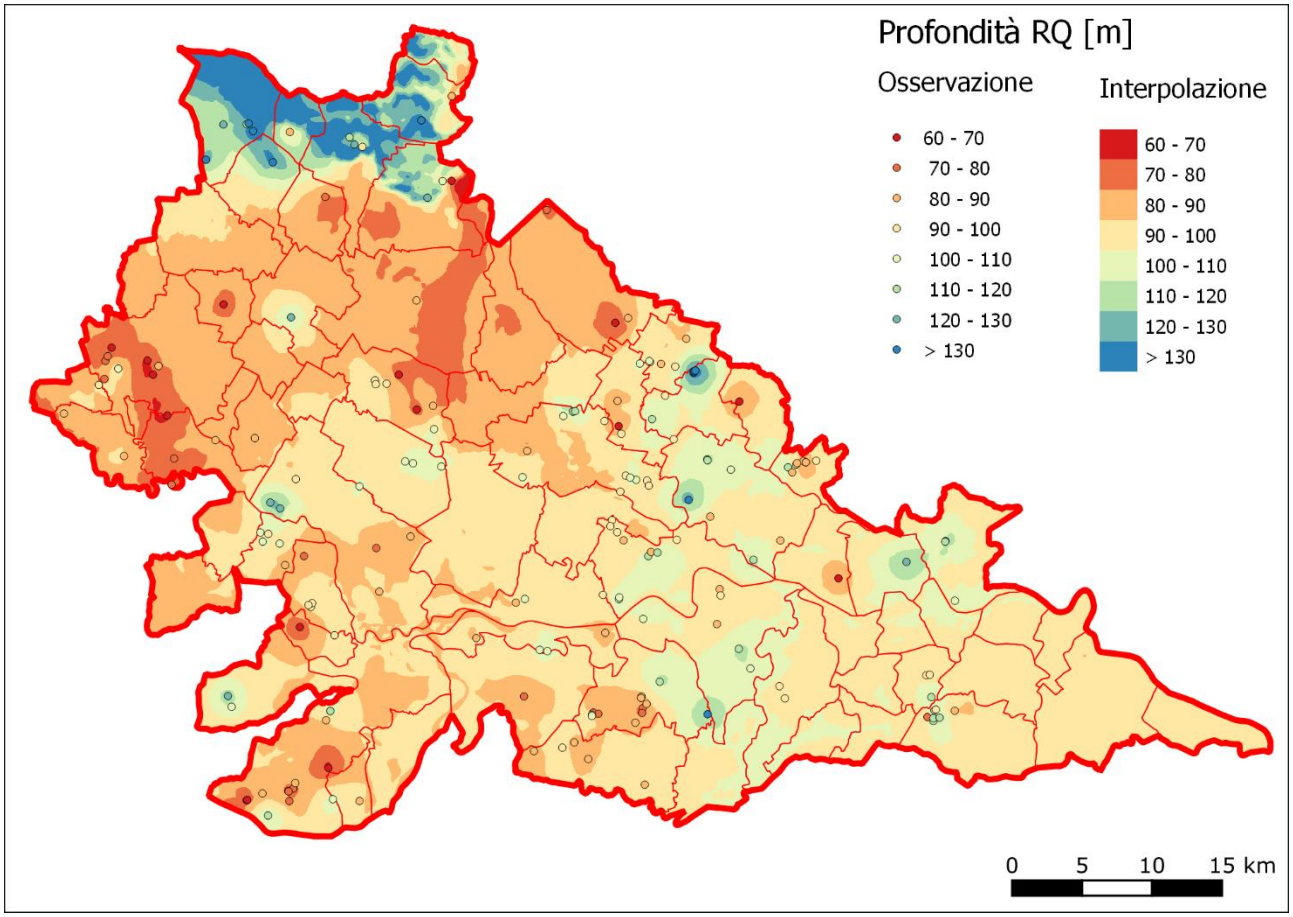


Figura 5 Mappa della profondità stimata di RQ con riportati dei punti di osservazione del valore stesso a partire dalla stratigrafia. La classificazione è eseguita a step di 10 metri e la tematizzazione della mappa e dei punti osservati è eseguita con la stessa scala colore, così da agevolare il confronto.

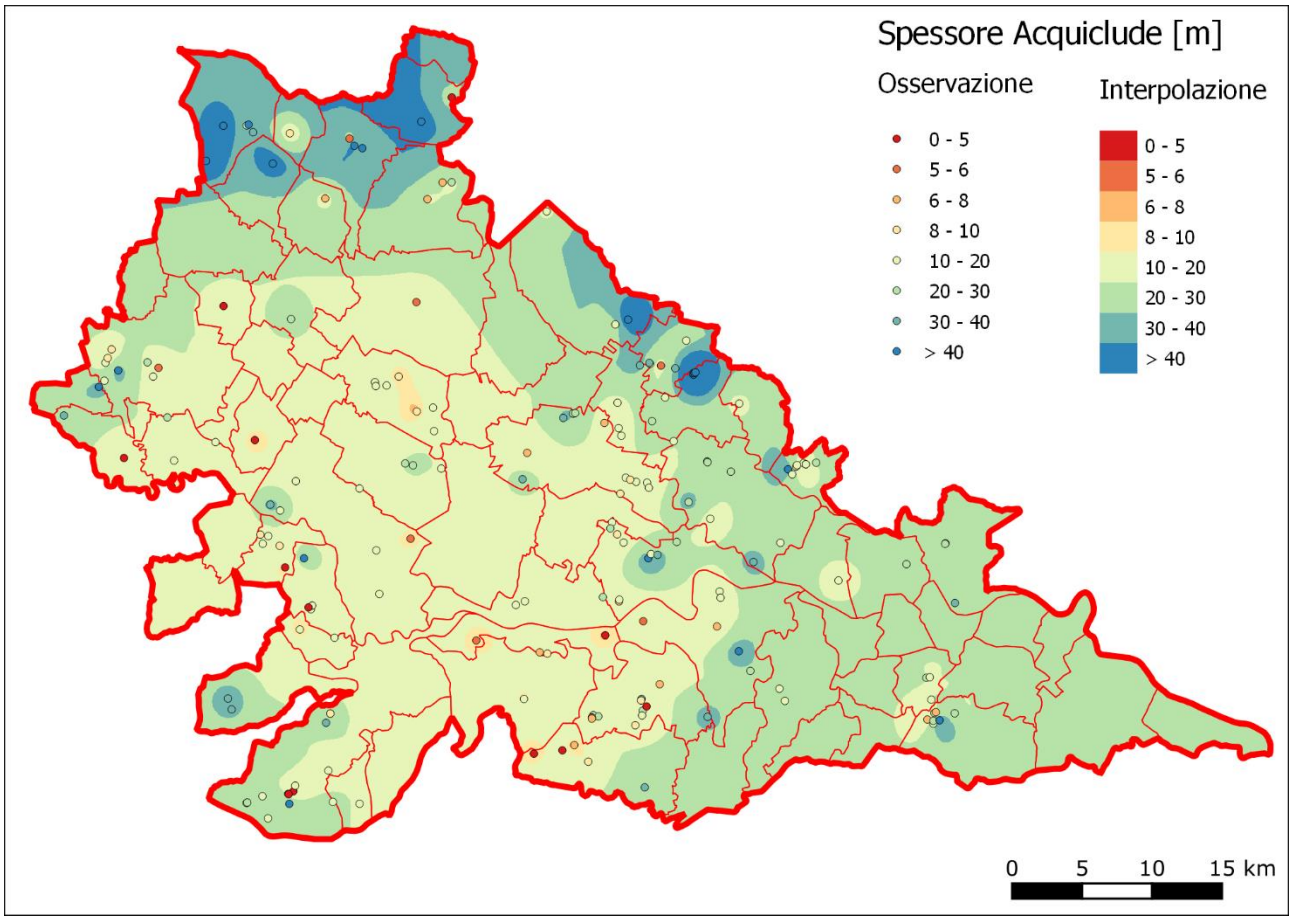


Figura 6 Mappa dello spessore stimato dell'*acquiclude* con riportati dei punti di osservazione del valore stesso a partire dalla stratigrafia. La classificazione è eseguita a step variabile, dando un maggiore peso ai punti sottili (più critici), e la tematizzazione della mappa e dei punti osservati è eseguita con la stessa scala colore, così da agevolare il confronto.

Inoltre, è stato eseguito un confronto tra le profondità di RQ stimate e quelle presenti nello studio del 2008. Le differenze sono riportate in Figura 7 ed in Tavola 3.

Le aree bianche presentano differenze nulle. Il rosso indica che la nuova superficie determinata per la risorsa qualificata è più prossima alla superficie rispetto allo studio del 2008. Al contrario, il grigio individua una risorsa qualificata più profonda di quanto definito da Baraldi.

Le variazioni determinate dalle elaborazioni effettuate nell'ambito del presente studio sono in genere contenute in un intervallo di +/- 10 m rispetto a quanto definito dallo studio precedente. La tendenza è ad una maggiore profondità della risorsa qualificato definita secondo il nuovo elaborato, soprattutto nel settore Nord della provincia dove la geologia è più articolata e dove già lo studio del 2008 evidenziava una maggiore complessità strutturale e una carenza di dati.

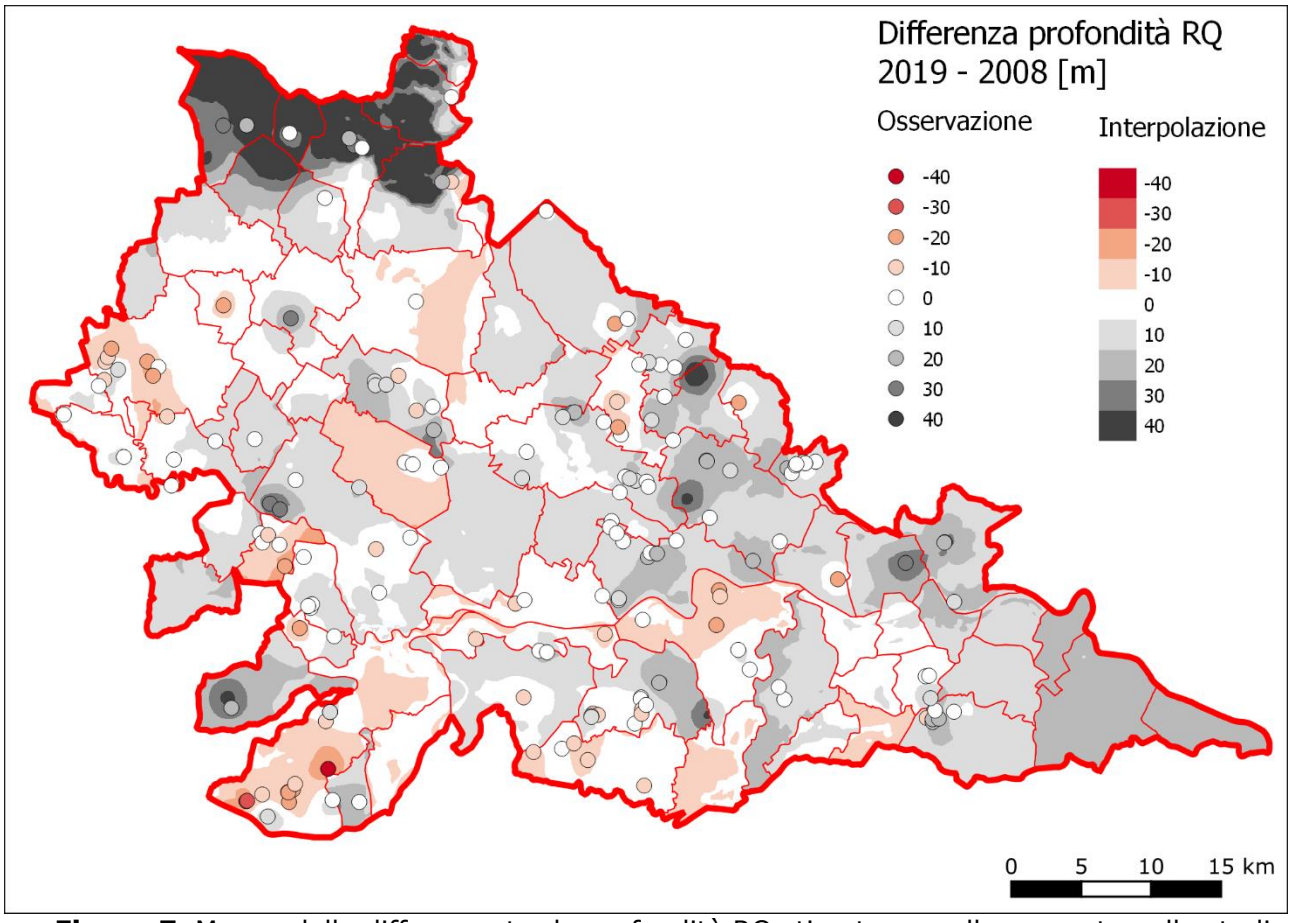


Figura 7 Mappa delle differenze tra la profondità RQ stimata e quella presente nello studio del 2008. Differenze negative indicano che la RQ dello studio del 2008 risultava più profonda di quella stimata, mentre profondità positive indicano che la RQ dello studio del 2008 risultava meno profonda di quella stimata.

Le Tavole grafiche 1, 2 e 3, i cui contenuti sono stati descritti precedentemente, sono rappresentate nel sistema di riferimento ETRF2000-UTM32N in scala 1:100000. Per una migliore leggibilità è riportato un grigliato con passo 10 km rispetto alle coordinate Est e Nord del sistema di riferimento prescelto.

Infine, sono state estratte n. 4 sezioni caratteristiche (Tavole 4 e 5) in cui sono rappresentati la forma del terreno, del top dell'acquiclude e della risorsa qualificata a cui sono stati sovrapposti i pozzi nell'intorno della sezione stessa. Le sezioni sono rappresentate in scala 1:100000 per quanto riguarda l'asse orizzontale ed 1:1000 per quanto riguarda l'asse verticale.
Le sezioni evidenziano un approfondimento delle superfici da Nord verso Sud e da Ovest verso Est, in accordo con l'andamento della superfice topografica. Lo spessore dell'acquiclude tende ad aumentare verso Est e verso nord, come già osservato.

4 DESCRIZIONE DEGLI ALLEGATI

Allo studio è allegato il Data Base delle concessioni consultate presso gli archivi della Provincia (Allegato 1), contenete le seguenti informazioni:

Numero progressivo
Codice pozzo
Longitudine (WGS84)
Latitudine (WGS84)
Coordinata Est (UTM32_N)
Coordinata Nord (UTM32_N)
Rif. Numero concessione
Comune
Località
Proprietà
Uso
Stratigrafia
Portata media di concessione (l/s)
Portata massima di concessione (l/s)
Prova di portata
Permeabilità (m/s)
Trasmissività (m^2/s)
Profondità massima (m da p.c.)
Profondità inizio tratto filtrante (m da p.c.)
Profondità fine tratto filtrante (m da p.c.)
Profondità Top Acquiclude (m da p.c.)
Profondità Top Risorsa Qualificata (m da p.c.)
Quota p.c. (m slm)
Quota Risorsa Qualificata (m slm)
Quota Top Acquiclude (m slm)

L'Allegato 2 riporta un elenco dei Comuni con indicazione della profondità della RQ definita dallo studio del 2008 (RQ2008, stabilità su base comunale) e la minima e la massima profondità della RQ definita dal presente elaborato (m da p.c.). La colonna "verifica" nella tabella segnala se la RQ2008 si trova nell'intervallo definito dal nuovo studio (RQ 2019[min]-RQ 2019[max]).
La consultazione della tabella di cui all'Allegato 2 consente una prima valutazione in merito all'uso o meno della Risorsa Qualificata secondo il seguente schema:

Profondità pozzo	Risorsa Qualificata?
Da p.c. fino a RQ 2019[min]	No
Da RQ 2019[min] a RQ 2019[max]	Valutare (vedi Tavola 1)
Oltre RQ 2019[max]	Sì

Infine in Allegato 3 sono forniti i file GIS.

5 CONCLUSIONI

Lo studio condotto nell'ambito del presente incarico ha permesso **l'individuazione delle risorse idriche qualificate a scala provinciale**. I risultati sono stati confrontati con le elaborazioni effettuate da Baraldi nel 2008.

In sintesi i dati elaborati consentono di osservare quanto segue.

- La profondità della **Risorsa Qualificata** (**RQ**) è compresa tra 90 e 100 m da p.c. nel settore centrale ed orientale della Provincia; a Ovest e in gran parte dell'Alto Mantovano la profondità tende a diminuire, raggiungendo localmente i 70 m; lungo i comuni posti al confine Nord del territorio in studio, l'acquifero protetto raggiunge profondità di oltre 110 m.

- Lo **spessore dell'*acquiclude*** è compreso tra i 10 ed i 20 m in tutto il settore centrale della Provincia, in aumento verso il confine Est e, in modo ancor più marcato, a Nord.

- Il **confronto tra le profondità di RQ** stimate e quelle presenti nello studio del 2008 evidenzia in genere variazioni contenute in un intervallo di +/- 10 m. La tendenza è ad una maggiore profondità della risorsa qualificato definita secondo il nuovo elaborato, soprattutto nel settore Nord della provincia dove la geologia è più articolata e dove già lo studio del 2008 evidenziava una maggiore complessità strutturale e una carenza di dati.

A differenza del precedente studio, che definiva una profondità di RQ univoca tenendo conto dei confini comunali, le recenti elaborazioni hanno prodotto una superficie continua per tutta l'estensione del territorio della provincia. Attraverso **sistemi informativi (GIS)** è possibile l'analisi, la visualizzazione e la gestione dei dati.

Varese, 21/11/2019

dr. Geol. A. Uggeri