

Il Rapporto annuale 2014 sullo stato delle acque sotterranee dell'area idrogeologica relativa al bacino Adda-Oglio è stato predisposto dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia.

Autori

Settore Monitoraggi Ambientali
Centro Regionale Qualità delle Acque

U.O. Monitoraggio Acque - Macroarea 3

Alessandro Loda, Antonella Castelli, Maurizio Lupi, Amedeo Maffi, Silvia Tondi, Edoardo Vavassori

U.O. Risorse Idriche - Programmazione e Coordinamento

Valeria Marchesi, Giuseppa Cipriano, Andrea Fazzone

Si ringraziano tutti coloro che, a vario titolo, hanno contribuito alla redazione della presente relazione.

ARPA LOMBARDIA
Settore Monitoraggi Ambientali
Via Rosellini, 17 - MILANO
Direttore: Dott.ssa Silvia Anna Bellinzona

In copertina: stazioni della rete regionale di monitoraggio delle acque sotterranee con evidenza dell'area idrologica Adda-Oglio.



Sommario

1	INTRODUZIONE	3
2	IL QUADRO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO	4
2.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	6
2.1.1	<i>Inquadramento idrogeologico dell'area Adda-Oglio</i>	7
3	IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	10
3.1	OBIETTIVI DI QUALITÀ.....	11
3.2	CORPI IDRICI.....	12
3.2.1	<i>(PdGPO, 2010)</i>	12
3.2.2	<i>Nuovi Corpi Idrici sotterranei (PdGPO, 2015)</i>	13
3.3	CLASSIFICAZIONE DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI	19
3.3.1	<i>Stato chimico</i>	19
3.3.2	<i>Stato quantitativo</i>	19
3.4	TIPICI DI MONITORAGGIO	21
4	LA RETE DI MONITORAGGIO	22
4.1	LA RETE DI MONITORAGGIO REGIONALE	22
4.2	LA RETE DI MONITORAGGIO NELL'AREA IDROGEOLOGICA ADDA-OGGIO.....	24
5	LO STATO DELLE ACQUE SOTTERRANEE	27
5.1	STATO CHIMICO (SC) DEI PUNTI DI MONITORAGGIO	27
5.2	STATO CHIMICO (SC) DEI CORPI IDRICI	27
5.3	STATO CHIMICO (SC). CLASSIFICAZIONE SESSENNIO 2009 – 2014 PdGPO	30
5.4	STATO QUANTITATIVO	38
5.5	CRITICITÀ AMBIENTALI.....	41
6	ATTIVITÀ PROGETTUALI	42
6.1	PROGETTO PLUMES.....	42
7	CONCLUSIONI	43

Allegato 1: Stato Chimico – Triennio 2009-2011

Allegato 2: Stato Chimico – Triennio 2012-2014

1 INTRODUZIONE

ARPA Lombardia effettua il monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee in maniera sistematica sull'intero territorio regionale dal 2001, secondo la normativa vigente. A partire dal 2009 il monitoraggio è stato gradualmente adeguato ai criteri stabiliti a seguito del recepimento della Direttiva 2000/60/CE, in particolare svolgendo le seguenti azioni:

- programmazione e gestione del monitoraggio quali-quantitativo dei Corpi Idrici;
- effettuazione di sopralluoghi e campionamenti;
- esecuzione di analisi degli elementi chimico-fisici e chimici e degli elementi biologici;
- elaborazione dei dati derivanti dal monitoraggio e relativa classificazione;
- caricamento dei dati di monitoraggio nel sistema informativo nazionale.

ARPA Lombardia svolge inoltre altre attività inerenti le acque superficiali e sotterranee, tra cui:

- supporto tecnico-scientifico a Regione Lombardia per le attività di pianificazione e programmazione;
- gestione e realizzazione di monitoraggi e progetti relativi a problematiche o specificità territoriali;
- gestione delle emergenze e degli esposti relativi a eventi di contaminazione delle acque.

Il presente documento, oltre a fornire un quadro sintetico sia territoriale che normativo, descrive lo stato di qualità delle acque sotterranee ricadenti nell'area idrogeologica Adda-Oglio (ricadente nei territori delle Province di Bergamo, Cremona, Lodi e Mantova) con particolare riferimento al monitoraggio svolto nel sessennio 2009-2014.



2 IL QUADRO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO

L'area idrogeologica Adda-Oglio comprende il territorio della Pianura Padana delimitato a nord dai rilievi delle Prealpi Orobie, a est e a ovest dal corso dei fiumi Oglio e Adda rispettivamente, a sud dal fiume Po. Da un punto di vista amministrativo l'area comprende la parte pianeggiante del territorio della provincia di Bergamo e l'intero territorio della provincia di Cremona; nella parte occidentale e orientale sono compresi anche porzioni significative dei territori delle Province di Lodi e di Mantova.

La porzione della provincia di Bergamo (al 31/12/2014 1.108.853 abitanti per 2.745,94 km² di superficie complessiva) interessata dall'area idrogeologica Adda-Oglio è quella a sud del capoluogo, costituita da una pianura d'origine alluvionale a morfologia uniforme, solcata da un ricco reticolo di corsi d'acqua. Nella pianura bergamasca si possono distinguere due falde acquifere sotterranee: una più superficiale, freatica e in parte semi confinata (caratterizzata da intenso prelievo industriale) una più profonda, artesiane. Il sistema acquifero risulta prevalentemente ricaricato lungo il margine di contatto pianura-montagna. Nella zona di passaggio tra l'alta e la bassa pianura si estende una lunga fascia, detta delle risorgive o dei fontanili dove la falda acquifera, intersecando la superficie topografica, anche per l'ostacolo di terreni a minore permeabilità, affiora creando numerose risorgive naturali.

Le falde acquifere sotterranee hanno sempre svolto un ruolo importante nell'economia della pianura bergamasca, caratterizzata dallo sfruttamento per uso agricolo (prevalentemente dalla falda profonda artesiane), idropotabile e industriale (falda superficiale freatica). La struttura economica bergamasca è connotata da una tradizione produttiva con prevalenza del settore industriale. Al suo interno, il comparto maggiore è costituito dall'edilizia, seguito dalla meccanica, dal tessile, dall'abbigliamento e dal chimico-plastico. Il settore terziario raccoglie il 40% circa dell'economia provinciale; l'attività agricola è caratterizzata dalla frammentazione e dalla presenza di aziende specializzate. Nell'area metropolitana bergamasca il terziario occupa il 70 % delle attività tra pubblico impiego, distribuzione e servizio alle imprese.

L'area idrogeologica Adda-Oglio copre interamente la provincia di Cremona (al 31/12/2014 361.610 abitanti per 1.770,57 km²). Collocata nella parte meridionale del territorio regionale lombardo, la provincia si presenta come una striscia di pianura, stretta e allungata da nord-ovest a sud-est compresa tra i fiumi Adda e Oglio; circa 100 km separano Rivolta d'Adda, comune più a nord della provincia, da Casalmaggiore, comune più a sud. La pianura, di origine alluvionale, degrada dolcemente verso sud-est: la quota massima si trova intorno a 110 m s.l.m. all'estremo confine nord, mentre la quota minima, circa 20 m s.l.m., si rileva lungo il confine orientale. Sul territorio sono ben visibili i processi di deposizione ed erosione generati dalle acque correnti; le divagazioni e le valli fluviali sia dei fiumi attuali sia di quelli relitti (Serio Morto, Morbasco, ecc.) arricchiscono il terreno di lievi ondulazioni, piccole depressioni e scarpate, profonde pochi metri. Fa eccezione il Pianalto di Romanengo, nell'area del comune omonimo, un'area pleistocenica che si eleva per 10-15 metri rispetto al piano alluvionale. La geomorfologia del territorio e la grande disponibilità di acque hanno fortemente condizionato l'insediamento umano e l'uso del suolo.

Circa il 90% della superficie della provincia di Cremona è dedicata all'agricoltura e alla zootecnia. Sono infatti numerose le aziende agricole, prevalentemente medio-grandi. Tra le coltivazioni prevalgono soprattutto seminativi e foraggio; spiccano il granturco e l'orzo, utilizzati nell'industria dei mangimi, ma si trovano anche la barbabietola da zucchero e i pomodori, destinati all'industria conserviera. Notevole è anche lo sviluppo della zootecnia, in prevalenza bovina e suina, condotta intensivamente e che concorre all'approvvigionamento delle industrie alimentari (lattiero-casearia e delle carni insaccate) radicate nel territorio. Negli ultimi anni inoltre, grazie agli incentivi statali legati alle fonti di energia rinnovabile, annessi alle aziende agricole sono anche sorti numerosi impianti di biogas per la produzione di energia elettrica.

La presenza industriale è relativamente contenuta, fatta eccezione di alcuni grandi insediamenti siderurgici e chimici è composta soprattutto da medie e piccole imprese, localizzate in gran parte nel cremasco e nel cremonese. Prevalgono i comparti meccanico e agro-alimentare. Quest'ultimo orientato alla produzione lattiero-casearia, alla lavorazione delle carni insaccate, all'industria dolciaria e dei pastifici. Per quanto

riguarda la popolazione, a fronte di una popolazione relativamente stabile, si è realizzata una progressiva espansione delle aree edificate, soprattutto nei centri abitati principali, non sempre adeguatamente dotate di sistemi di depurazione fognaria.

Le risorse idriche hanno svolto un ruolo importante nell'economia del territorio cremonese. Lo sfruttamento delle falde acquifere sotterranee è collegato sia all'utilizzo per uso idropotabile che agricolo ed in minima parte industriale. Il sistema acquifero locale risulta prevalentemente ricaricato a monte, nelle Province di Bergamo e Brescia, lungo il margine di contatto dell'alta Pianura Padana con i primi rilievi montagnosi. Il prelievo per uso agricolo è circoscritto alla falda più superficiale, freatica o semiconfinata, anche per disposizione dell'Amministrazione Provinciale che limita i pozzi irrigui ad una profondità non superiore ai 40 m, preservando la falda più profonda e confinata per l'utilizzo civile di tipo potabile; relativamente marginale e localizzato risulta il prelievo per usi di tipo industriale.

L'area idrogeologica Adda-Oglio interessa infine marginalmente i territori delle Province di Lodi e Mantova. Anche in questo caso si tratta di aree di morfologia pianeggiante e solcate da una fitta rete di corsi d'acqua naturali e artificiali. In entrambi i territori lo sviluppo socio-economico ruota attorno al settore agricolo ed agro-alimentare. L'economia è caratterizzata dalla forte presenza di piccole e medie imprese e di attività di settore terziario avanzato.

Occorre ricordare, per meglio comprendere le dinamiche delle risorse idriche sotterranee, la funzione alimentatrice e rigeneratrice del reticolo irriguo, la cui influenza sull'acquifero si fa sentire in termini di innalzamento periodico della superficie piezometrica. La fitta ed estesa rete di canali possiede per la stragrande maggioranza alvei in terra che, oltre ad assolvere la propria funzione irrigua e di bonifica, danno luogo ad un intenso interscambio con la sottostante falda freatica.



2.1 Inquadramento idrogeologico

Il Programma di Tutela ed Uso delle Acque individua nella pianura lombarda le seguenti aree idrogeologiche:

- Zona di ricarica delle falde, corrispondente alle alluvioni oloceniche e ai sedimenti fluvioglaciali pleistocenici nella parte settentrionale della pianura, dove l'acquifero è praticamente ininterrotto da livelli poco permeabili. Quest'area si estende quasi tutta a monte della fascia delle risorgive. Sono queste le aree nelle quali l'infiltrazione da piogge, nevi e irrigazioni, permette la ricarica della prima falda, tramite la quale può pervenire alle falde profonde.
- Zona di non infiltrazione alle falde, sempre nella parte alta della pianura, costituita dalle aree in cui affiora la roccia impermeabile o dove è presente una copertura argillosa (depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio antico).
- Zone ad alimentazione mista, nella zona centrale e meridionale della pianura, in cui le falde superficiali sono alimentate da infiltrazioni locali, ma non trasmettono tale afflusso alle falde più profonde, dalle quali sono separate da diaframmi poco permeabili. Quest'area corrisponde alla massima parte della pianura.
- Zona di interscambio tra falde superficiali e profonde, in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, soprattutto del fiume Po.

Sulla base di tali individuazioni e in riferimento alle litologie presenti, alla disposizione geometrica nonché ai fenomeni di circolazione idrica sotterranee, sono distinti tre complessi acquiferi principali separati da livelli impermeabili continui ed estesi:

- Acquifero superficiale
- Acquifero tradizionale
- Acquifero profondo

L'identificazione di quattro superfici di discontinuità stratigrafica di estensione regionale, rappresentanti limiti di Sequenze Deposizionali, corrispondenti a delle tappe fondamentali nell'evoluzione del bacino, ha consentito di individuare ed attribuire al Pleistocene quattro unità stratigrafiche denominate Unità A, Unità B, Unità C, Unità D.

Le unità A, B, C, D sono state equiparate a corpi geologici di notevole estensione areale che costituiscono un dominio dello spazio fisico in cui ha sede un sistema idrogeologico distinto. Nel complesso, l'insieme delle unità idrostratigrafiche principali costituisce una successione di corpi sedimentari acquiferi (Gruppi Acquiferi) costituiti a loro volta da corpi sedimentari acquiferi di rango e dimensioni inferiori (Complessi Acquiferi).

I Gruppi Acquiferi vengono così distinti:

Gruppo Acquifero A

Nel Gruppo Acquifero A rientrano le litologie più grossolane; il gruppo è prevalentemente rappresentato da ghiaie e ghiaie grossolane, poligeniche a matrice sabbiosa da media a molto grossolana; sono molto subordinati gli intervalli sabbiosi, con sabbia giallastra, da media a molto grossolana, spesso ciottolosa. Il Gruppo Acquifero A è il primo presente a partire dal piano campagna nella media e bassa pianura e corrisponde alle zone dei fondovalle principali nella zona dell'alta pianura.

Gruppo Acquifero B

E' rappresentato da una successione di sedimenti, costituiti da sabbie medio-grossolane e ghiaie a matrice sabbiosa e caratterizzati da porosità e permeabilità elevate. I sedimenti fini, molto subordinati, sono limitati alla parte bassa della successione con intercalazioni di argilla siltosa e silt di spessore da decimetrico a metrico. Alla base del Gruppo Acquifero B è possibile individuare conglomerati localmente

poco cementati ed il Ceppo. Il Gruppo Acquifero B è il primo presente (dal piano campagna) nella zona dell'alta pianura e delle colline moreniche.

Gruppo Acquifero C

Il Gruppo Acquifero C è costituito da sedimenti marini di piattaforma caratterizzati dalla presenza di: argilla siltosa-sabbiosa grigia fossilifera. Si passa quindi ad ambienti transizionali, prima con un sistema litorale a prevalente sabbia grigia fine e finissima, bioturbata, laminata o massiva, fossilifera, quindi a un sistema deltizio a sabbia grigia, media, classata, laminata, a stratificazione media e spessa, con frustoli vegetali. In alcuni ristretti settori dell'alta pianura e delle colline moreniche, laddove affiorano i depositi più antichi, il Gruppo Acquifero C è il primo che si ritrova dal piano campagna.

Gruppo Acquifero D

Il Gruppo Acquifero D è rappresentato da una sequenza di facies negativa (Coarsening Upward – CU) caratterizzata da argilla siltosa e silt con intercalazioni di sabbia fine e finissima in strati sottili alla base, sabbia grigia fine e media bioturbata nella parte intermedia e ghiaia poligenica grigia alternata a sabbia nella parte alta.

La suddivisione proposta è ben riconoscibile nella zona di media e bassa pianura, mentre nelle zone di alta pianura terrazzata e collinare la situazione idrogeologica diventa più complessa. In queste aree è possibile che alcuni Gruppi Acquiferi non siano presenti e pertanto i contatti verticali e laterali non seguano la successione completa sopra descritta. Ad esempio, il Gruppo acquifero A può essere assente nelle zone dei terrazzi antichi e presente solo nei fondovalle dei corsi d'acqua principali.

La struttura idrogeologica del territorio lombardo è caratterizzata anche da aree montane con una concentrazione delle risorse delle aree carbonatiche (Monte Orsa-Campo dei Fiori per Varese, Triangolo Lariano e gruppo delle Grigne per le Province di Como e Lecco, Prealpi Bergamasche e Bresciane), con sorgenti anche importanti. Nelle aree a rocce cristalline, che formano l'ossatura dell'arco alpino, invece, le risorse idriche risultano di minore interesse e sono costituite da numerose sorgenti di limitate portate.

2.1.1 Inquadramento idrogeologico dell'area Adda-Oglio

Dal punto di vista idrogeologico, l'**area Adda-Oglio** è caratterizzata dalla presenza di depositi fluvioglaciali mindeliani e rissiani, dotati di buona trasmissività nella parte alta e dalla presenza di depositi wurmiani di trasmissività decrescente verso sud.

Dal punto di vista idrogeologico la provincia di **Bergamo** è suddivisibile in due settori: quello montano e collinare costituito dalle scaglie tettoniche del sistema Sudalpino comprendenti le sequenze metamorfiche del basamento cristallino e le successioni sedimentarie (Carbonifero-Pliocene) del bacino lombardo, e quello di pianura costituito dai depositi sedimentari (Pliocene-Olocene) messi in posto durante le fasi di sollevamento e ritiro del mare, di avanzata e ritiro glaciale, di erosione e sedimentazione alluvionale postglaciale ad opera dei fiumi Adda, Brembo, Serio e Oglio.

Nel settore montano la circolazione idrica sotterranea avviene principalmente lungo piani di discontinuità (linee tettoniche, fessurazione/fratturazione o stratificazione/scistosità) e cavità carsiche e dà origine a numerose sorgenti, alcune delle quali di importanza strategica per l'approvvigionamento di acqua potabile, sorgenti termali e minerali.

Il settore di pianura è sede di importanti falde sotterranee, largamente sfruttate a scopo idropotabile, irriguo e industriale. La superficie superiore della falda freatica si trova a profondità variabili comprese tra 45-50 m (Gorle-Bergamo) e 35 m (Terno-Brusaporto, dati settembre 2013) nella parte più settentrionale della pianura bergamasca e viene a giorno verso il confine con la provincia di Cremona lungo la fascia dei fontanili.

La serie delle unità idrogeologiche inizia dal basso verso l'alto con i terreni del Villafranchiano, costituiti da sedimenti continentali fini (limi, sabbie fini e argille con torbe) intercalati da bancate grossolane di sabbie che inferiormente passano a sedimenti di origine lagunare e marina (sabbie fini, limi e argille con fossili); i

livelli più permeabili sono sede di importanti acquiferi profondi (attualmente definiti come gruppo acquifero C).

Al di sopra dei depositi villafranchiani si trovano sedimenti grossolani ghiaiosi per lo più cementati raggruppati in diverse unità denominate “ceppo” (Ceppo dell’Adda, Ceppo del Brembo, ...). I conglomerati tipo “ceppo” nella parte centrale della pianura bergamasca raggiungono spessori elevati (oltre 200 m nell’area di Verdello-Verdellino) e sono ricoperti al tetto da depositi fluvioglaciali costituiti da alternanze di ghiaie e livelli sabbiosi, limosi e argillosi. La serie delle unità idrogeologiche si chiude con sedimenti ghiaiosi sciolti, che costituiscono il livello fondamentale della pianura. Queste tre unità sono sede dell’acquifero tradizionale, che in provincia di Bergamo si presenta come un unico acquifero indifferenziato, non essendoci grande continuità laterale dei livelli limoso-argillosi che separano le unità idrostratigrafiche (attuale gruppo acquifero A+B).

I depositi sedimentari che ospitano i gruppi acquiferi sopra-descritti sono caratterizzati da geometrie irregolari e scarsa continuità laterale tipiche dei sistemi deposizionali di conoide, ben rappresentati nel settore dell’alta pianura al raccordo con i margini collinari e allo sbocco delle cerchie moreniche; durante i cicli di avanzata e ritiro glaciale ogni nuova rete idrografica ha inciso e ricoperto i precedenti depositi glaciali, fluviali e lacustri, lasciando numerosi paleoalvei, che soprattutto nelle zone dove predominano i sedimenti glaciali e glaciolacustri (isola bergamasca) costituiscono una via preferenziale della circolazione idrica sotterranea.

L’assetto strutturale del sottosuolo è inoltre complicato dalla presenza di una dorsale sepolta che attraversa la media pianura bergamasca tra i comuni di Arcene e Ghisalba e che produce il sollevamento dei depositi villafranchiani con la conseguente riduzione verso sud dello spessore dei conglomerati.

Nella Provincia di **Cremona** possono essere definite due serie di unità idrogeologiche, che sono state identificate come “serie della medio-alta pianura” e “serie della medio-bassa pianura”.

Ad una lenta transizione fra le unità della pianura medio-alta e della pianura medio-bassa, si accompagna peraltro una transizione fra questi due gruppi di unità e i corpi alluvionali dei grandi corsi d’acqua, in specie del fiume Po ma anche dell’Adda e dell’Oglio, che rende particolarmente difficoltosa una rappresentazione di dettaglio della distribuzione delle diverse unità.

Lo spessore complessivo dei sedimenti interessati dalla ricostruzione della struttura idrogeologica è generalmente intorno ai 200 m.

La serie della medio-alta pianura è costituita da:

- Alluvioni recenti e terrazzate, depositi fluvioglaciali Wurmiani (AP1), depositi ghiaioso-sabbiosi con trasmissività da media a elevata (da 10^{-2} a $2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$), coefficiente di infiltrazione efficace rilevante (0.2), costituenti strette fasce al massimo di 3-4 km intorno ai corsi d’acqua.
- Depositati fluvioglaciali rissiani e mindeliani (AP2), depositi ghiaioso-sabbiosi, con frequenti intercalazioni di limi argille e rari conglomerati, con trasmissività di un ordine di grandezza inferiore alla precedente e coefficiente di infiltrazione efficace di circa 0.1 per la copertura limoso-argillosa.
- Argille, limi e torbe in facies villafranchiana (AP3), limi e argille di colore grigio, raramente giallognolo, con rare sabbie e ghiaietto; le lenti limoso-argillose hanno frequentemente spessore di oltre 10 m. La trasmissività è dell’ordine di $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.
- Sabbie di Asti (AP4), depositi prevalentemente fini, talora limoso-sabbiosi, con livelli cementati e trasmissività mediocre o molto bassa.

La serie della medio-bassa pianura è costituita da:

- Depositati dei corsi d’acqua principali (BP1 e AP1), ghiaie e sabbie con intercalazioni argilloso-limose subordinate; la trasmissività è compresa tra $2 \cdot 10^{-2}$ e $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ e il coefficiente di infiltrazione tra 0.2 e 0.3.
- Depositati fluvioglaciali indifferenziati (BP2), limi e argille con intercalazioni frequenti, generalmente sotto forma di lenti di spessore considerevole, di sabbie e ghiaietto; la trasmissività è compresa tra 10^{-3} e $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.
- Sabbie di Asti (AP4), depositi prevalentemente fini, talora limoso-sabbiosi, con livelli cementati e trasmissività mediocre o molto bassa.

Buona parte della provincia di Cremona è formata da depositi di media trasmissività (intorno ai $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$), discretamente produttivi, che non possono dirsi sufficientemente noti perché vi si possano operare distinzioni in grado di orientare nella ricerca idrica. Sono state tuttavia identificate alcune importanti strutture nelle quali è possibile individuare le seguenti aree particolarmente favorevoli dal punto di vista idrogeologico:

- il solco vallivo dell'Adda e le sue alluvioni recenti e terrazzate, nonché i depositi anche pleistocenici che formano l'unità BP1, che si estendono per alcuni km lateralmente al corso d'acqua;
- i depositi del fiume Po compresi nelle unità AP1 e BP1, che coprono una fascia di 4-5 km di larghezza a settentrione dell'alveo del fiume;
- i depositi dell'unità AP1 e BP1 del fiume Oglio, che nell'alta pianura costituiscono una fascia di una certa larghezza intorno al fiume, distanziandosi da essa per formare quindi un paleoalveo, nella medio-bassa pianura.

Il settore dell'alta pianura è caratterizzato dalla presenza di una fascia di alta trasmissività formata dall'unità AP1 lungo il fiume Adda e dal lento assottigliamento di tale unità procedendo verso est.

Tale riduzione è favorita dal delinarsi nel sottosuolo di due importanti dorsali: quella di Spino-Pandino a ovest e quella di Romanengo-Soresina-Cumignano nella parte sudorientale.

Le alluvioni del Serio sembrano seguire la depressione che separa le due dorsali, la cui evoluzione ha evidentemente condizionato l'abbandono del vecchio alveo (Serio Morto) che oggi si trova qualche km a est dell'attuale.

La pianura posta a oriente del fiume Serio presenta discreti valori dei parametri idrogeologici, ma non l'elevata potenzialità del settore occidentale, sia per la più ridotta permeabilità delle alluvioni e dei depositi pleistocenici del fiume Serio rispetto a quelle del fiume Adda, sia per il fatto che il loro spessore è nettamente inferiore.

Il configurarsi della dorsale di Romanengo-Soresina riduce alquanto lo spessore totale dell'acquifero, dato che l'unità AP2 non presenta l'elevata trasmissività di AP1.

Il settore della bassa pianura, nonostante la riduzione della granulometria nella sua parte occidentale, non vede una forte riduzione del rendimento delle falde per la grande estensione dell'unità BP1, che presenta una trasmissività elevata e permette l'alimentazione delle falde profonde. Ciò si verifica anche per la scomparsa delle dorsali che riducono la portata delle falde nella medio-alta pianura.

Ben altra è la struttura della parte orientale della medio-bassa pianura, dove lo spessore delle alluvioni dell'unità BP1 è di poche decine di metri, salvo che nelle vicinanze del fiume Po e del fiume Adda.

Sulla maggior parte della pianura predominano i depositi fini, anche in prossimità del fiume Oglio, anch'esso evidentemente deviato nel suo corso durante le ultime fasi dell'evoluzione della pianura dal delinarsi progressivo della dorsale di Romanengo-Soresina (che pare saldarsi a quella di Orzinuovi nella limitrofa Provincia di Brescia).

3 IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La normativa sulla tutela delle acque superficiali e sotterranee trova il suo principale riferimento nella **Direttiva 2000/60/CE** del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. Il **decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152** norme in materia ambientale, con le sue successive modifiche ed integrazioni, recepisce formalmente la Direttiva 2000/60/CE, abrogando il previgente decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152.

La Direttiva Quadro rafforza la consapevolezza che le acque sotterranee sono una riserva strategica difficilmente rinnovabile e risanabile, una volta alterato l'equilibrio quali-quantitativo. La Direttiva Quadro individua nel regime di livello delle acque sotterranee il parametro per la classificazione dello stato quantitativo, mentre all'art.17 prevede che il Parlamento Europeo e il Consiglio adottino "misure per prevenire e controllare l'inquinamento delle acque sotterranee", stabilendo i criteri per la valutazione del buono stato chimico e per individuare le "tendenze significative e durature all'aumento" di inquinanti. A ciò risponde la **Direttiva 2006/118/CE** "Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento", che esplica e definisce, per le acque sotterranee, gli elementi per la definizione del buono stato chimico. La Direttiva 2006/118/CE è stata recepita a livello nazionale con il **decreto legislativo 16 marzo 2009, n. 30**.

È necessario menzionare anche il **decreto legislativo 10 dicembre 2010, n. 219**, che recepisce la Direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque e la Direttiva 2009/90/CE che stabilisce specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque.

La normativa di settore preposta alla tutela del suolo e delle acque dall'inquinamento di nitrati provenienti da fonti agricole prende il nome di "Direttiva Nitrati" (**Direttiva 91/676/CEE**), recepita in Italia dal Dlgs 152/99 e ripresa dal Dlgs 152/06. La Direttiva è finalizzata a ridurre e prevenire l'inquinamento delle acque causato dai nitrati di origine agricola attraverso l'introduzione di corrette pratiche di fertilizzazione, riservando particolare attenzione al bilancio dell'azoto nel terreno e individuando, per il settore agricolo, le norme tecniche relative alla fertilizzazione e alla gestione degli effluenti degli allevamenti, allo scopo di limitare il fenomeno della lisciviazione/infiltrazione dell'azoto nitrico. In particolare l'articolo 92 del Dlgs 152/06 attribuisce alle Regioni i seguenti compiti:

- monitoraggio finalizzato alla verifica delle concentrazioni di nitrati nelle acque;
- designazione delle zone vulnerabili ai nitrati ZVN;
- integrazione dei codici di buona pratica agricola;
- definizione e attuazione dei programmi d'azione nelle ZVN.

La Regione Lombardia, con l'approvazione della Legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26, ha indicato il Piano di gestione del bacino idrografico come strumento per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei Corpi Idrici, attraverso un approccio che integra gli aspetti qualitativi e quantitativi, ambientali e socio-economici. Il Piano di gestione, che prevede come riferimento normativo nazionale ancora il Dlgs 152/99, è costituito da:

- **Atto di indirizzi** per la politica di uso e tutela delle acque della Regione Lombardia, approvato dal Consiglio regionale il 28 luglio 2004;
- **Programma di tutela e uso delle acque (PTUA)**, approvato con DGR del 29 marzo 2006, n. 8/2244.

Più recentemente, in attuazione della Direttiva 2000/60/CE, L'Autorità di Bacino del fiume Po ha adottato il **Piano di Gestione per il Distretto idrografico del fiume Po – PdGPO** (Deliberazione n. 1 del 24 febbraio 2010). Il Piano di Gestione è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono programmate le misure finalizzate a garantire la corretta utilizzazione delle acque e il perseguimento degli scopi e degli obiettivi ambientali stabiliti dalla Direttiva 2000/60/CE. Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 febbraio 2013 è l'atto formale che completa l'iter di adozione del **Piano di Gestione del Distretto idrografico Padano**.

3.1 Obiettivi di qualità

La normativa prevede il conseguimento degli obiettivi di **qualità** per i Corpi Idrici sotterranei.

I Piani di tutela adottano le misure atte a conseguire gli obiettivi seguenti **entro il 22 dicembre 2015**:

- mantenimento o raggiungimento per i Corpi Idrici superficiali e sotterranei dell'obiettivo di qualità ambientale corrispondente allo stato "buono";
- mantenimento, ove già esistente, dello stato di qualità "elevato";
- mantenimento o raggiungimento degli obiettivi di qualità per specifica destinazione per i Corpi Idrici ove siano previsti.

La normativa prevede inoltre la possibilità di differimento dei termini per il conseguimento degli obiettivi – **proroga al 2021 o al 2027** – a condizione che non si verifichi un ulteriore deterioramento e che nel Piano di Gestione siano fornite adeguate motivazioni e l'elenco dettagliato delle misure previste.

Vi è inoltre la possibilità di fissare obiettivi ambientali meno rigorosi – **deroga** – nei casi in cui, a causa delle ripercussioni dell'impatto antropico o delle condizioni naturali non sia possibile o sia esageratamente oneroso il loro raggiungimento.

Nel vigente Piano di Gestione, per la Lombardia è stata prevista la proroga al 2021 o al 2027 degli obiettivi su alcuni Corpi Idrici per i quali la situazione appare più compromessa a causa delle numerose pressioni di varia origine.



3.2 Corpi Idrici

3.2.1 (PdGPO, 2010)

In base a quanto previsto dalla normativa vigente, Regione Lombardia, in collaborazione con ARPA Lombardia, ha provveduto nell'anno 2009 all'identificazione dei Corpi Idrici sotterranei.

Come definito dal Dlgs 152/06 e smi, un corpo idrico sotterraneo è "un volume distinto di acque sotterranee contenute da una o più falde acquifere", considerando come falda acquifera "uno o più strati sotterranei di roccia o altri strati geologici di porosità e permeabilità sufficiente da consentire un flusso significativo di acque sotterranee o l'estrazione di quantità significative di acque sotterranee".

La procedura per l'identificazione e la caratterizzazione dei Corpi Idrici sotterranei ha avuto avvio dall'identificazione dei Complessi Idrogeologici (sette tipologie, partendo dal quadro di riferimento nazionale "Carta delle risorse idriche sotterranee di Mouton"). All'interno dei Complessi Idrogeologici individuati sono stati identificati gli acquiferi sulla base di considerazioni di natura idrogeologica ed in particolare sulla base dei flussi significativi e dei quantitativi significativi. Successivamente si è proceduto all'identificazione dei Corpi Idrici sotterranei, sulla base di criteri di tipo fisico e dei confini idrogeologici derivanti dalla suddivisione della pianura lombarda in bacini ad opera dell'azione prevalentemente drenante che i corsi d'acqua principali (Sesia, Ticino, Adda, Oglio, Mincio) esercitano sulla falda. Come previsto dal Dlgs 30/2009, se il corpo idrico sotterraneo alla scala di riferimento può essere accuratamente descritto, esso coincide con l'acquifero; viceversa è necessario applicare una ulteriore suddivisione tenendo conto dei confini idrogeologici, degli spartiacque sotterranei e delle linee di flusso. Pertanto, sulla base dell'identificazione delle quattro superfici di discontinuità stratigrafica (sequenze deposizionali corrispondenti alle tappe dell'evoluzione del bacino), delle Unità A, B, C, D (corpi geologici di notevole estensione areale) e della fascia dei fontanili (che delinea la transizione tra Alta e Bassa Pianura), è stato possibile individuare cinque Sistemi Acquiferi:

1. Sistema Acquifero Superficiale di Pianura
2. Sistema del Secondo Acquifero di Bassa Pianura
3. Sistema Acquifero Profondo di Pianura
4. Sistema di Fondovalle
5. Sistema Collinare e Montano

All'interno di essi sono stati individuati venti Corpi Idrici e tre Sistemi Idrogeologici afferenti al Sistema collinare e montuoso. In Tabella 1 è riportato l'elenco dei Corpi Idrici Sotterranei. In particolare, vengono evidenziati quelli trattati nella presente relazione.

Tabella 1 – Corpi Idrici sotterranei (PdGPo, 2010).

SISTEMA ACQUIFERO SUPERFICIALE DI PIANURA (ACQUIFERO A e B di alta pianura + acquifero A di bassa pianura) E PRINCIPALI FONDOVALLE ALPINI	
GWB-A1B	Bacino della Lomellina - Acquifero A
GWB-A2B	Bacino dell' Oltrepo Pavese - Acquifero A
GWB-A3A	Bacino Adda-Ticino di Alta Pianura - Acquifero A+B
GWB-A3B	Bacino Adda-Ticino di Bassa Pianura - Acquifero A
GWB-A4A	Bacino Adda-Oglio di Alta Pianura - Acquifero A+B
GWB-A4B	Bacino Adda-Oglio di Bassa Pianura - Acquifero A
GWB-A5A	Bacino Oglio-Mincio di Alta Pianura - Acquifero A+B
GWB-A5B	Bacino Oglio-Mincio di Bassa Pianura - Acquifero A
GWB-A5O	Bacino Oglio-Mincio Oltrepo Mantovano - Acquifero A
GWB-FTE	Fondovalle Valtellina
GWB-FCH	Fondovalle Valchiavenna
GWB-FCA	Fondovalle Valcamonica
GWB-FTR	Fondovalle Valtrompia
GWB-FSA	Fondovalle Valsabbia
SISTEMA DEL SECONDO ACQUIFERO DI BASSA PIANURA (ACQUIFERO B)	
GWB-B1B	Bacino della Lomellina - Acquifero B
GWB-B2B	Bacino dell' Oltrepo Pavese - Acquifero B
GWB-B3B	Bacino Adda-Ticino di Bassa Pianura - Acquifero B
GWB-B4B	Bacino Adda-Oglio di Bassa Pianura - Acquifero B
GWB-B5B	Bacino Oglio-Mincio di Bassa Pianura - Acquifero B
SISTEMA ACQUIFERO PROFONDO DI PIANURA	
GWB-C0U	Unico corpo idrico costituito dal gruppo acquifero multistrato C

3.2.2 Nuovi Corpi Idrici sotterranei (PdGPo, 2015)

In previsione dell'aggiornamento del Piano di Gestione del Distretto Idrografico del Fiume Po (PdGPo) previsto dalla Direttiva 2000/60/CE e del Programma di Tutela ed Uso delle Acque Regionale (PTUA), Regione Lombardia ha ritenuto necessario avviare nel corso del 2014 degli approfondimenti specifici finalizzati alla ridefinizione dei Corpi Idrici sotterranei. Quali elementi di valutazione per la ridefinizione dei Corpi Idrici sotterranei si sono utilizzati le conoscenze acquisite negli anni di monitoraggio, i risultati conseguiti con l'analisi delle pressioni e della conseguente attribuzione della valutazione del rischio di non raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale e gli esiti delle classificazioni e delle valutazioni effettuate sui Corpi Idrici sotterranei (sia in riferimento allo Stato Chimico che allo Stato Quantitativo).

Nell'ambito di uno specifico gruppo di lavoro costituito da Regione Lombardia, da ARPA Settore Monitoraggi Ambientali e da EUPOLIS Lombardia è stato quindi avviato un progetto che, sulla base delle conoscenze idrogeologiche pregresse e della ricostruzione della piezometria di riferimento (sia dell'acquifero superficiale che di quello profondo), ha consentito di identificare le principali idrostrutture della regione, ossia il sistema di relazioni tra i complessi idrogeologici tridimensionali, distinti sulla base delle modalità con cui avviene la circolazione idrica e per i limiti di separazione dai complessi adiacenti.

Attraverso la ricostruzione di sezioni idrogeologiche sull'intero territorio regionale è stato possibile il riconoscimento di tre idrostrutture differenziabili tra loro per la presenza di limiti fisici laterali netti (corsi d'acqua o spartiacque sotterranei) o gradualmente (di natura sedimentologica e idrogeologica degli acquiferi). All'interno di ciascuna idrostruttura, dopo aver individuato i limiti idrogeologici che determinano una differenziazione verticale delle singole idrostrutture, sono stati differenziati i Corpi Idrici sotterranei.

E' stato possibile individuare quattro Sistemi Acquiferi:

1. Sistema Acquifero Superficiale di Alta, Media e Bassa Pianura (ISS)
2. Sistema Acquifero Intermedio di Media e Bassa Pianura (ISI)
3. Sistema Acquifero Profondo di Alta e Media Pianura (ISP)
4. Sistema Acquifero di Fondovalle

All'interno di essi sono stati individuati in prima istanza ventisette Corpi Idrici e tre Sistemi Idrogeologici afferenti al Sistema collinare e montuoso. In Tabella 2 è riportato l'elenco dei Corpi Idrici sotterranei con evidenziati quelli trattati nella presente relazione.



Tabella 2 – Corpi Idrici sotterranei (PdGPO, 2015).

CORPI IDRICI SOTTERRANEI IN ACQUIFERO SUPERFICIALE DI ALTA, MEDIA E BASSA PIANURA	
GWB ISS APTA	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta pianura Bacino Ticino - Adda
GWB ISS APAO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta pianura Bacino Adda - Oglio
GWB ISS APOM	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta pianura Bacino Oglio - Mella
GWB ISS MPP	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Pavese
GWB ISS MPLN	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Ticino - Lambro Nord
GWB ISS MPLS	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Ticino - Lambro Sud
GWB ISS MPLAN	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Lambro - Adda Nord
GWB ISS MPLAS	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Lambro - Adda Sud
GWB ISS MPAO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Adda - Oglio
GWB ISS MPOM	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Oglio - Mincio
GWB ISS MPBM	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Media pianura Bacino Basso Mincio
GWB ISS MPOP	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa pianura Bacino Oltrepo Pavese
GWB ISS BPPO	Corpo idrico sotterraneo superficiale di Bassa pianura Bacino PO
CORPI IDRICI SOTTERRANEI IN ACQUIFERO INTERMEDIO DI MEDIA E BASSA PIANURA	
GWB ISI MPP	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Pavese
GWB ISI MPTM	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Ticino - Mella
GWB ISI MPTA	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Ticino - Adda
GWB ISI MPAMO	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Adda - Mella - Oglio
GWB ISI MPMOM	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media pianura Bacino Mella - Oglio - Mincio
GWB ISI BPPO	Corpo idrico sotterraneo intermedio di Bassa pianura Bacino PO
CORPI IDRICI SOTTERRANEI IN ACQUIFERO PROFONDO DI ALTA E MEDIA PIANURA	
GWB ISP AMPLO	Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media pianura Lombarda
CORPI IDRICI SOTTERRANEI IN ACQUIFERO DI FONDOVALLE	
GWB FSTE	Corpo idrico sotterraneo in acquifero di Fondovalle settore Superiore Valtellina
GWB FMTE	Corpo idrico sotterraneo in acquifero di Fondovalle settore Medio Valtellina
GWB FITE	Corpo idrico sotterraneo in acquifero di Fondovalle settore Inferiore Valtellina
GWB FCH	Corpo idrico sotterraneo in acquifero di Fondovalle Valchiavenna
GWB FCA	Corpo idrico sotterraneo in acquifero di Fondovalle Valcamonica
GWB FTR	Corpo idrico sotterraneo in acquifero di Fondovalle Valtrompia
GWB FSA	Corpo idrico sotterraneo in acquifero di Fondovalle Valsabbia

All'interno delle idrostrutture descritte sono stati individuati i Corpi Idrici Sotterranei identificati arealmente sulla base dei limiti idrogeologici che li circoscrivono (corsi d'acqua principali costituenti assi di drenaggio, spartiacque idrogeologici) e/o per variazioni laterali dei parametri idrogeologici/sedimentologici degli acquiferi.

In alcuni casi i limiti di ambito omogeneo corrispondono con limiti fisici (ad esempio corsi d'acqua o terrazzi principali) per i quali è stata definita una corrispondenza con una funzione idrogeologica (limite alimentante, drenante, limiti di permeabilità superficiale).

In altri casi non è stato possibile individuare un elemento fisico riconoscibile in superficie: è il caso degli spartiacque piezometrici, che l'analisi dei dati storici di soggiacenza della falda identifica come approssimativamente stazionari nel tempo, o della comparsa nel sottosuolo di livelli continui di aquicludi, riconoscibili solo con analisi comparata delle stratigrafie.

In generale i limiti settentrionali e laterali dei Corpi Idrici sono posti in corrispondenza di limiti fisici netti (fiumi, orli di terrazzo), mentre quelli meridionali sono posti in corrispondenza di cambi graduali di facies sedimentarie o di variazioni nella permeabilità e continuità degli aquitardi di separazione.

Nel seguito si illustrano brevemente i criteri generali di tracciamento dei limiti dei Corpi Idrici distinti per idrostrutture di appartenenza.

L'idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS) differenziata nei seguenti **13 Corpi Idrici Sotterranei**, presenta limiti laterali posti in corrispondenza di quei tratti di corsi d'acqua principali che determinano un significativo effetto drenante e di riduzione di spessore sull'acquifero libero superficiale (Ticino, Lambro, Adda, Oglio, Mincio).

I limiti trasversali di separazione tra Corpi Idrici di alta, media e bassa pianura sono invece posti rispettivamente:

- in corrispondenza del passaggio morfologico tra alta e media pianura lombarda, posto all'altezza della linea alta dei fontanili, dove si assiste ad una progressiva riduzione della permeabilità media dell'acquifero superficiale;
- in corrispondenza del cambio di gradiente piezometrico dell'acquifero superficiale, all'ingresso nei paleoalvei recenti e attuali del Po.

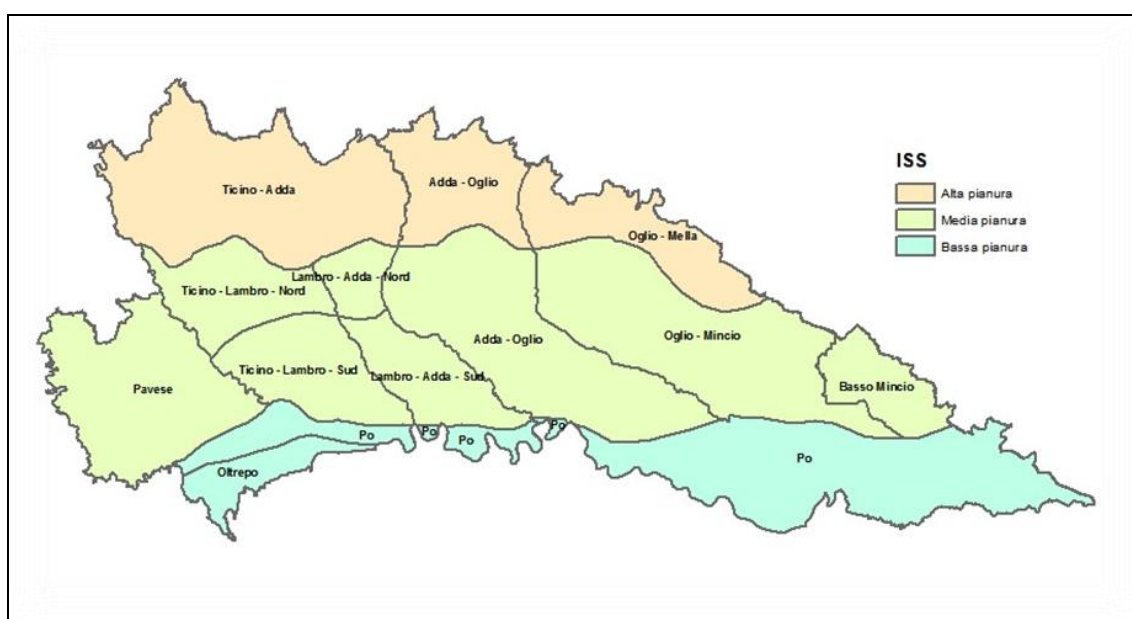


Figura 1. Mappa dei Corpi Idrici appartenenti all'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS).

L'idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI) è stata differenziata nei seguenti **6 Corpi Idrici Sotterranei** con identificazione del limite settentrionale dei Corpi Idrici localizzato in corrispondenza della chiusura dell'idrostruttura (posto indicativamente al limite meridionale delle aree in cui nel sottosuolo si trovano i depositi ghiaioso sabbiosi cementati del "Ceppo").

I limiti laterali corrispondono a fasce di progressiva variazione delle caratteristiche tessiturali complessive dell'unità e delle modalità d'interscambio idrico con i Corpi Idrici superficiali (ISS); per ragioni pratiche, sono stati posti, convenzionalmente, in corrispondenza di corsi d'acqua superficiali (Ticino, Adda, Oglio, Mella, Mincio).

I limiti trasversali di separazione tra Corpi Idrici di media e bassa pianura sono invece posti rispettivamente:

- in corrispondenza di cambi graduali di facies sedimentaria (passaggio da depositi prevalentemente sabbioso limosi a depositi limoso sabbiosi) o di variazioni nella permeabilità e continuità degli aquitardi di separazione (con conseguenti variazioni nei rapporti di alimentazione/drenanza con le idrostrutture confinanti).
- in corrispondenza dei paleoalvei recenti del Po, in quanto l'acquifero in questo settore subisce fenomeni di scarico verso l'ISS.

L'ISI nell'Oltrepò Pavese è presente ma, non essendo disponibili sufficienti dati idrogeologici per la sua caratterizzazione, è stato accorpato all'ISS Bassa pianura Oltrepò Pavese.

In corrispondenza dell'Alto di San Colombano, a causa dell'innalzamento dell'ISP, l'ISI si riduce drasticamente di spessore ed è costituito prevalentemente da facies fini privi di interesse idrogeologico.



Figura 2. Mappa dei Corpi Idrici appartenenti all'Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI).

L'idrostruttura Sotterranea Profonda (ISP) è stata differenziata in **1 Corpo Idrico Sotterraneo** con il limite settentrionale dell'unità posto in corrispondenza del confine delle Idrostrutture di pianura.

Il limite meridionale del corpo idrico ISP – Alta e media pianura lombarda è convenzionale in quanto non coincide con una variazione fisica o idrogeologica, ma con un passaggio ad aree in cui non sono più disponibili dati diretti dell'idrostruttura a causa del suo eccessivo approfondimento (il top dell'unità è infatti posto a profondità maggiori di 200 m).

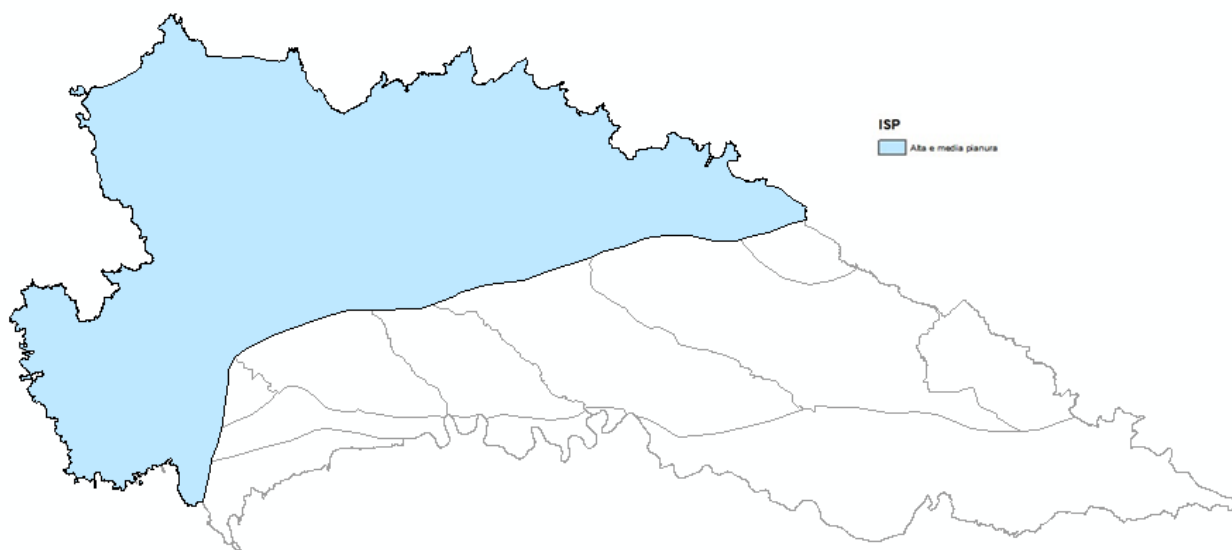


Figura 3. Mappa del Corpo Idrico appartenente all'Idrostruttura Sotterranea Profonda (ISP)

Per i Sistemi di fondovalle rispetto alle precedenti identificazioni si è mantenuta l'individuazione di 5 valli alpine (Valtellina, Valchiavenna, Valcamonica, Valsabbia e Valtrompia), ospitanti acquiferi di fondovalle di tipo nastriforme.

I dati stratigrafici disponibili, peraltro distribuiti in modo disomogeneo, hanno consentito di identificare **7 Corpi Idrici Sotterranei** in ciascuna delle valli studiate, ed operare una suddivisione in **3 settori** per il fondovalle Valtellina sulla base di comuni caratteristiche idrogeologiche.

Verso monte è stato posto un limite alle idrostrutture dove le valli divengono strette e non è più riconoscibile la continuità stratigrafica dei depositi alluvionali. In tale contesto si identificano acquiferi altamente produttivi per l'elevata granulometria dei depositi, ma essi sono configurabili come di interesse locale anche per la connessione diretta con la rete idrografica superficiale.

Il limite laterale è stato posto in corrispondenza della rottura di pendio alla base del versante. Le conoidi laterali, la cui funzione idrogeologica è rilevante e variabile in funzione delle loro caratteristiche specifiche, sono state ricomprese nell'idrostruttura di fondovalle.

Il limite verso valle delle idrostrutture è rappresentato, ove presente, da una linea a potenziale fisso (ad esempio, il lago di Como) o dalla comparsa nel sottosuolo di depositi afferenti al sistema deposizionale dell'alta pianura.



3.3 Classificazione dei Corpi Idrici sotterranei

La normativa vigente prevede che lo stato di un corpo idrico sotterraneo sia determinato dal valore più basso del suo **stato chimico** e del suo **stato quantitativo**.

3.3.1 Stato chimico

Un corpo idrico sotterraneo è considerato in “BUONO” **Stato Chimico (SC)** quando ricorra una delle seguenti condizioni:

- sono rispettate le condizioni riportate all’Allegato 3, Parte A, Tabella 1 del Dlgs 30/09 (ossia che le concentrazioni di inquinanti siano tali da non presentare effetti di intrusione salina o di altro tipo, da non superare gli standard di qualità applicabili e da permettere il raggiungimento degli obiettivi ambientali per le acque superficiali connesse);
- sono rispettati, per ciascuna sostanza controllata, gli standard di qualità ed i valori soglia di cui all’Allegato 3, Parte A, Tabelle 2¹ e 3² del Dlgs 30/09, in ognuno dei siti individuati per il monitoraggio del corpo idrico sotterraneo o dei gruppi di Corpi Idrici sotterranei;
- lo standard di qualità delle acque sotterranee o il valore soglia è superato in uno o più siti di monitoraggio, che comunque rappresentino non oltre il 20% dell’area totale o del volume del corpo idrico per una o più sostanze ed un’appropriata indagine conferma che non siano messi a rischio:
 - gli obiettivi prefissati per il corpo idrico,
 - gli ambienti superficiali connessi,
 - gli utilizzi e la salute umani.

Infine, ai fini della classificazione, per una corretta interpretazione dei dati, riveste un ruolo importante la determinazione dei cosiddetti “valori di fondo naturale”. Nel territorio lombardo sono in corso alcuni approfondimenti sull’arsenico e sullo ione ammonio (ai sensi del Dlgs 30/09) nonché sul ferro e sul manganese. A livello normativo e bibliografico sono scarse le indicazioni per la suddetta individuazione, attualmente oggetto di discussione e valutazione nell’ambito di Gruppi di Lavoro nazionali, che stanno impostando la propria attività prevalentemente su metodologie statistiche e sulle recenti indicazioni contenute nella Direttiva 2014/80/EU del 20/06/2014. La normativa prevede che, nel caso sia dimostrata scientificamente la presenza di metalli o altri parametri di origine naturale in concentrazioni di fondo naturale superiori ai limiti fissati per i valori soglia, tali livelli di fondo costituiscono i nuovi valori soglia per la definizione del BUONO Stato Chimico. Il risultato derivante dalla elaborazione dei valori di fondo potrebbe interessare l’intero corpo idrico o porzioni dello stesso.

3.3.2 Stato quantitativo

Un corpo idrico sotterraneo è considerato in “BUONO” Stato Quantitativo quando sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il livello delle acque sotterranee nel corpo idrico sotterraneo è tale che la media annua dell’estrazione a lungo termine non esaurisca le risorse idriche sotterranee disponibili e di conseguenza il livello piezometrico non subisca alterazioni antropiche tali da:
 - impedire il conseguimento degli obiettivi ecologici per le acque superficiali connesse;
 - comportare un deterioramento significativo della qualità delle acque;
 - recare danni significativi agli ecosistemi terrestri direttamente dipendenti dal corpo idrico sotterraneo;

¹ **Tabella 2:** Standard di qualità per nitrati e sostanze attive nei pesticidi (compresi i loro pertinenti metaboliti, prodotti di degradazione e di reazione).

² **Tabella 3:** Valori soglia per metalli, inquinanti inorganici, composti organici aromatici, policiclici aromatici, alifatici clorurati cancerogeni, alifatici clorurati non cancerogeni, alifatici alogenati cancerogeni, nitrobenzeni, clorobenzeni, pesticidi, diossine e furani, altre sostanze.

- inoltre, alterazioni della direzione di flusso risultanti da variazioni del livello possono verificarsi, su base temporanea o permanente, in un'area delimitata nello spazio; tali inversioni non causano tuttavia un'intrusione di acqua salata o di altro tipo né imprimono alla direzione di flusso alcuna tendenza antropica duratura e chiaramente identificabile che possa determinare le intrusioni.

La metodologia per attribuire le classi di Stato Quantitativo non risulta univocamente definita a livello normativo. Un importante elemento da prendere in considerazione al fine delle valutazioni dello Stato Quantitativo è l'andamento nel tempo del livello piezometrico, così come riportato nell'allegato 3 tabella 4 del Dlgs 30/09.

Il livello delle acque sotterranee rappresenta la sommatoria degli effetti antropici e naturali sul sistema idrico sotterraneo in termini quantitativi (prelievo e ricarica). L'analisi di serie temporali significativamente lunghe in ogni stazione di monitoraggio permette di evidenziare la presenza di *trend* che indicano un immagazzinamento di acqua quando sono positivi, un depauperamento quando sono negativi e una situazione di invarianza quando sono costanti.

Per la valutazione dello Stato Quantitativo a scala di corpo idrico viene calcolata la percentuale di punti (appartenenti al corpo idrico d'interesse) con *trend* discendente rispetto al totale dei punti del corpo idrico. Se la percentuale è maggiore o uguale al 20% il corpo idrico si colloca in stato quantitativo "NON BUONO", diversamente lo stato quantitativo viene considerato "BUONO".

Questa metodologia, data la complessità della materia e l'assenza di robuste indicazioni normative a supporto, necessita di ulteriori approfondimenti e valutazioni che sono tutt'ora oggetto di discussione e valutazione nell'ambito di Gruppi di Lavoro nazionali ed europei.



3.4 Tipi di monitoraggio

L'obiettivo del monitoraggio è quello di stabilire un quadro generale dello stato chimico e quantitativo delle acque sotterranee e permettere la classificazione di tutti i Corpi Idrici sotterranei.

Il Dlgs 30/09 prevede una rete per il **monitoraggio chimico** e una rete per il **monitoraggio quantitativo** al fine di integrare e validare la caratterizzazione e la definizione del rischio di non raggiungimento dell'obiettivo di BUONO stato chimico e quantitativo.

La rete per il **monitoraggio chimico** si articola in:

- **rete di monitoraggio di sorveglianza** finalizzata ad integrare e validare la caratterizzazione e la identificazione del rischio di non raggiungere l'obiettivo di BUONO stato chimico, oltre a fornire informazioni utili a valutare le tendenze a lungo termine delle condizioni naturali e delle concentrazioni di inquinanti derivanti dall'attività antropica, in concomitanza con l'analisi delle pressioni e degli impatti;
- **rete di monitoraggio operativo** finalizzata a stabilire lo stato di qualità di tutti i Corpi Idrici definiti a rischio di non raggiungere l'obiettivo di BUONO stato chimico e stabilire la presenza di significative e durature tendenze ascendenti nella concentrazione degli inquinanti.

La definizione delle reti di monitoraggio di sorveglianza e operativo determina l'attribuzione ai Corpi Idrici che ne fanno parte di specifici programmi di monitoraggio che si differenziano per durata, componenti monitorate e frequenze seguite. In particolare:

- **Monitoraggio di sorveglianza:** è da condurre durante ciascun ciclo di gestione del bacino idrografico (previsto ogni 6 anni), che va effettuato nei Corpi Idrici o gruppi di Corpi Idrici sia a rischio che non a rischio. Questo tipo di monitoraggio è inoltre utile per definire le concentrazioni di fondo naturale e le caratteristiche del corpo idrico.
- **Monitoraggio operativo:** è richiesto solo per i Corpi Idrici a rischio di non raggiungere gli obiettivi di qualità e deve essere eseguito tutti gli anni nei periodi intermedi tra due monitoraggi di sorveglianza a una frequenza sufficiente a rilevare gli impatti delle pressioni e, comunque, almeno una volta l'anno. Deve essere finalizzato principalmente a valutare i rischi specifici che determinano il non raggiungimento degli obiettivi di qualità.

Il **monitoraggio quantitativo** viene svolto con frequenza mensile o trimestrale (sulla base della profondità dei pozzi/piezometri appartenenti alla rete) e permette di ottenere utili informazioni sull'andamento delle piezometrie.

4 LA RETE DI MONITORAGGIO

4.1 La rete di monitoraggio regionale

La rete di monitoraggio ARPA fino all'anno 2014 si è configurata come rete per il monitoraggio di sorveglianza (ai sensi del Dlgs 30/09). Il monitoraggio di sorveglianza (da condurre durante ciascun ciclo di gestione del bacino idrografico, previsto ogni 6 anni), viene effettuato nei Corpi Idrici sotterranei o gruppi di Corpi Idrici sotterranei sia a rischio che non a rischio di raggiungimento dell'obiettivo di qualità di BUONO stato chimico.

La rete regionale comprende 521 punti per il monitoraggio qualitativo (Figura 4) e 447 punti per il monitoraggio quantitativo (Figura 5); su alcuni punti vengono effettuate entrambe le tipologie di monitoraggio.

La definizione dello Stato Chimico è basata sul monitoraggio delle seguenti tipologie di sostanze:

- inquinanti soggetti a standard di qualità individuati a livello comunitario (Tabella 2, Allegato 3 – Dlgs 30/09);
- inquinanti soggetti a valori soglia individuati a livello nazionale (Tabella 3, Allegato 3 – Dlgs 30/09).

L'adeguamento del monitoraggio a quanto previsto dal Dlgs 30/09 ha quindi portato – rispetto al passato – ad una integrazione dei profili analitici (con la ricerca di alcune sostanze in precedenza non previste). I parametri chimici monitorati sono raggruppabili nelle seguenti categorie:

- Parametri generali
- Metalli
- Inquinanti inorganici
- Policiclici aromatici
- Alifatici clorurati cancerogeni
- Alifatici clorurati non cancerogeni
- Alifatici alogenati cancerogeni
- Nitrobenzeni
- Clorobenzeni
- Pesticidi
- Diossine e furani
- Composti organici aromatici

Sui punti appartenenti ai vari Corpi Idrici sotterranei è prevista la determinazione dei parametri delle categorie sopra-descritte attraverso due campionamenti all'anno (una campagna primaverile e una campagna autunnale).

I profili analitici, per ciascun punto (o gruppi di punti) della rete, sono definiti sulla base delle pressioni gravanti sul territorio, della struttura idrogeologica, delle proprietà chimico-fisiche dei contaminanti e dei risultati dei monitoraggi relativi agli anni precedenti.

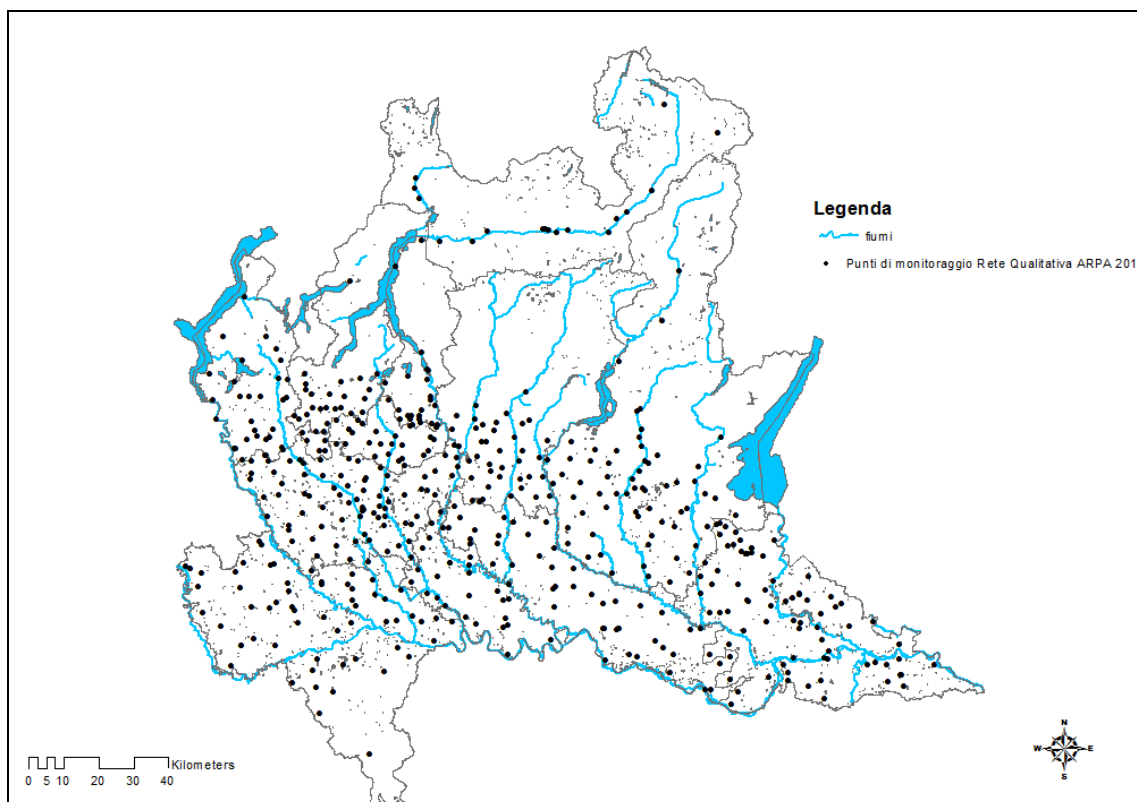


Figura 4 - Rete regionale di monitoraggio qualitativo.

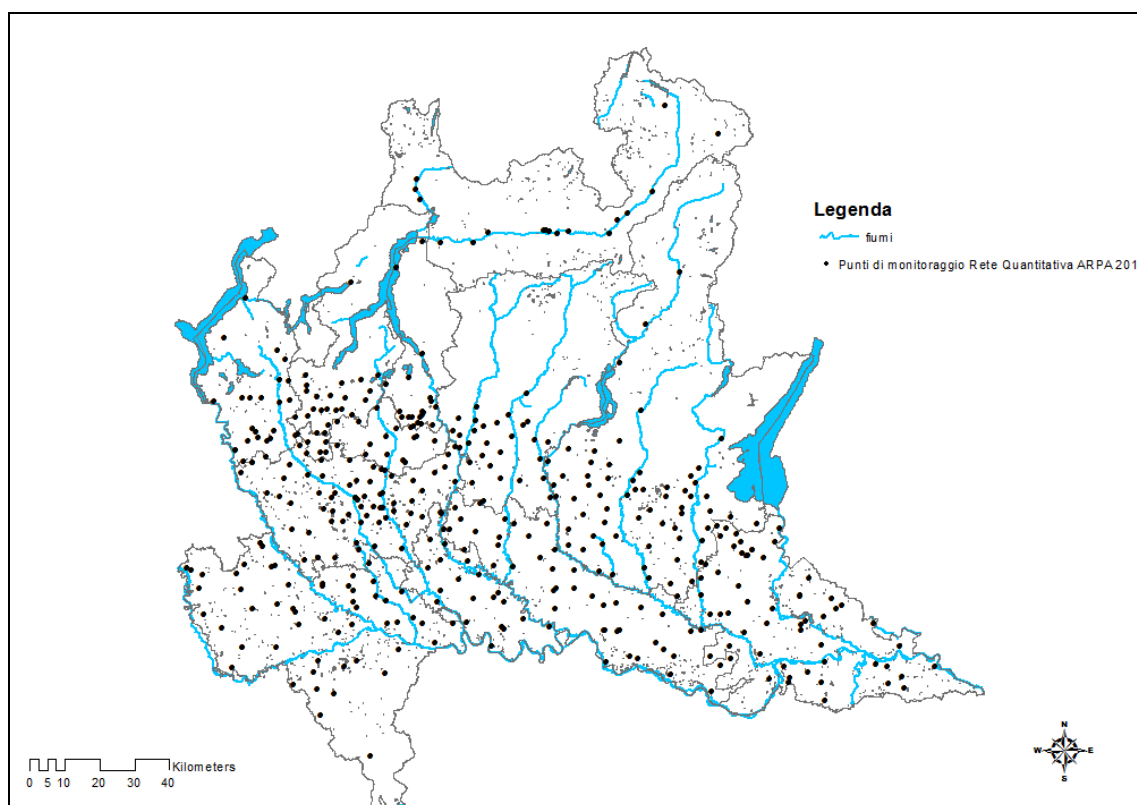


Figura 5 - Rete regionale di monitoraggio quantitativo.

4.2 La rete di monitoraggio nell'area idrogeologica Adda-Oglio

La rete di monitoraggio qualitativo delle acque sotterranee relativa all'area idrogeologica Adda-Oglio (anno 2014) è costituita da 81 punti di monitoraggio qualitativo (Figure 6, 7 e 8) appartenenti ai seguenti Corpi Idrici:

- GWB - ISS APAO: Bacino Adda – Oglio di Alta Pianura – Corpo Idrico Sotterraneo Superficiale;
- GWB - ISS BPPO: Bacino Po di Bassa Pianura – Corpo Idrico Sotterraneo Superficiale;
- GWB - ISS MPAO: Bacino Adda – Oglio di Media Pianura – Corpo Idrico Sotterraneo Superficiale;
- GWB - ISS MPLAS: Bacino Lambro – Adda Sud di Media Pianura – Corpo Idrico Sotterraneo Superficiale;
- GWB - ISI BPPO: Bacino Po di Bassa Pianura – Corpo Idrico Sotterraneo Intermedio;
- GWB - ISI MPAMO: Bacino Adda – Mella – Oglio di Media Pianura – Corpo Idrico Intermedio;
- GWB - ISI MPTM: Bacino Ticino – Mella di Media Pianura – Corpo Idrico Intermedio;
- GWB - ISP AMPLO: Bacino di Alta e Media Pianura Lombarda – Corpo Idrico Profondo.

I dati chimici relativi ai monitoraggi eseguiti da ARPA nei punti di campionamento, fanno riferimento alle acque di falda prima di qualsiasi tipo di trattamento chimico-fisico a cui le acque per uso potabile vengono normalmente sottoposte prima dell'immissione nella rete idrica.

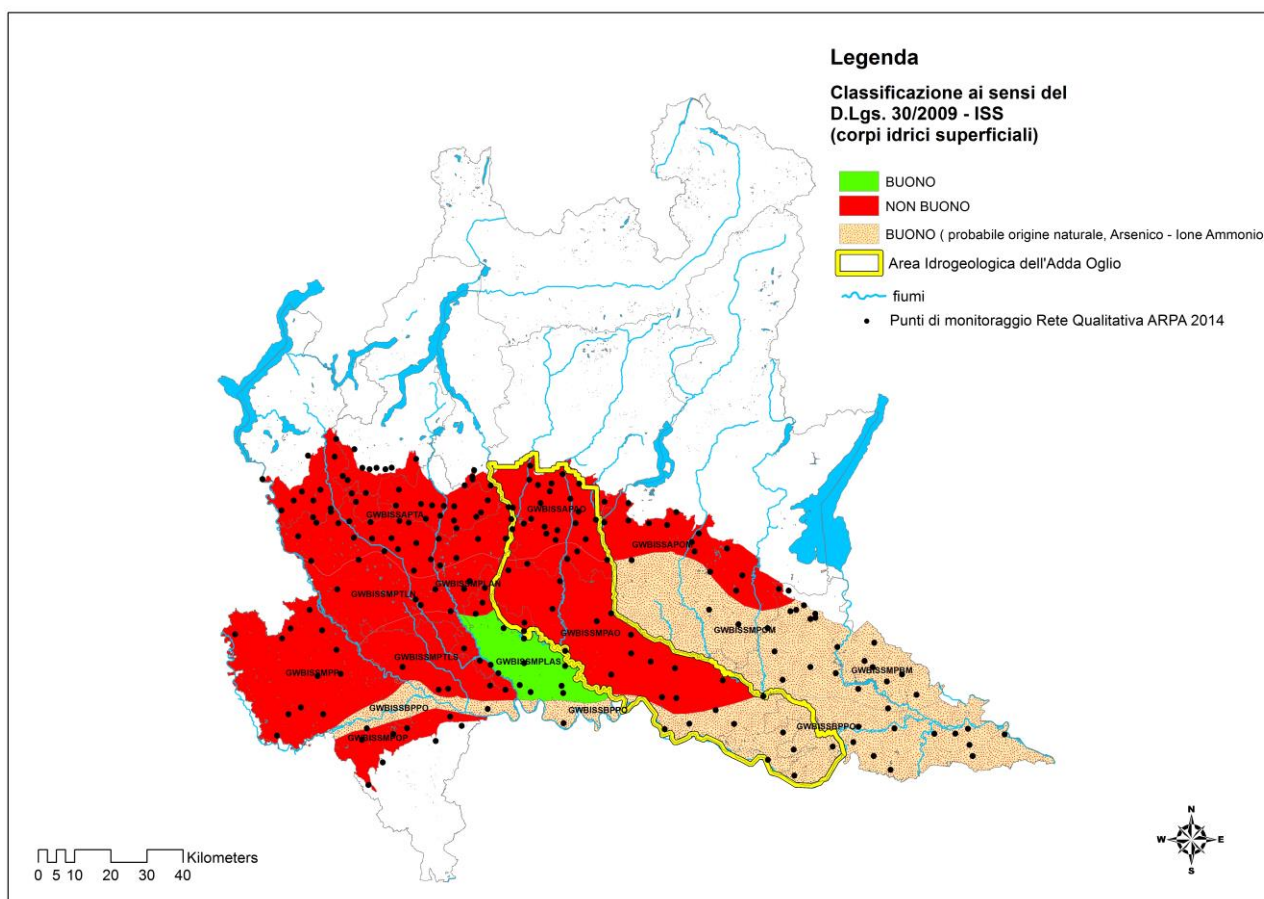


Figura 6 - Rete regionale di monitoraggio qualitativo
(Corpi Idrici sotterranei superficiali: GWB - ISS APAO; GWB - ISS BPPO; GWB - ISS MPAO; GWB - ISS MPLAS).

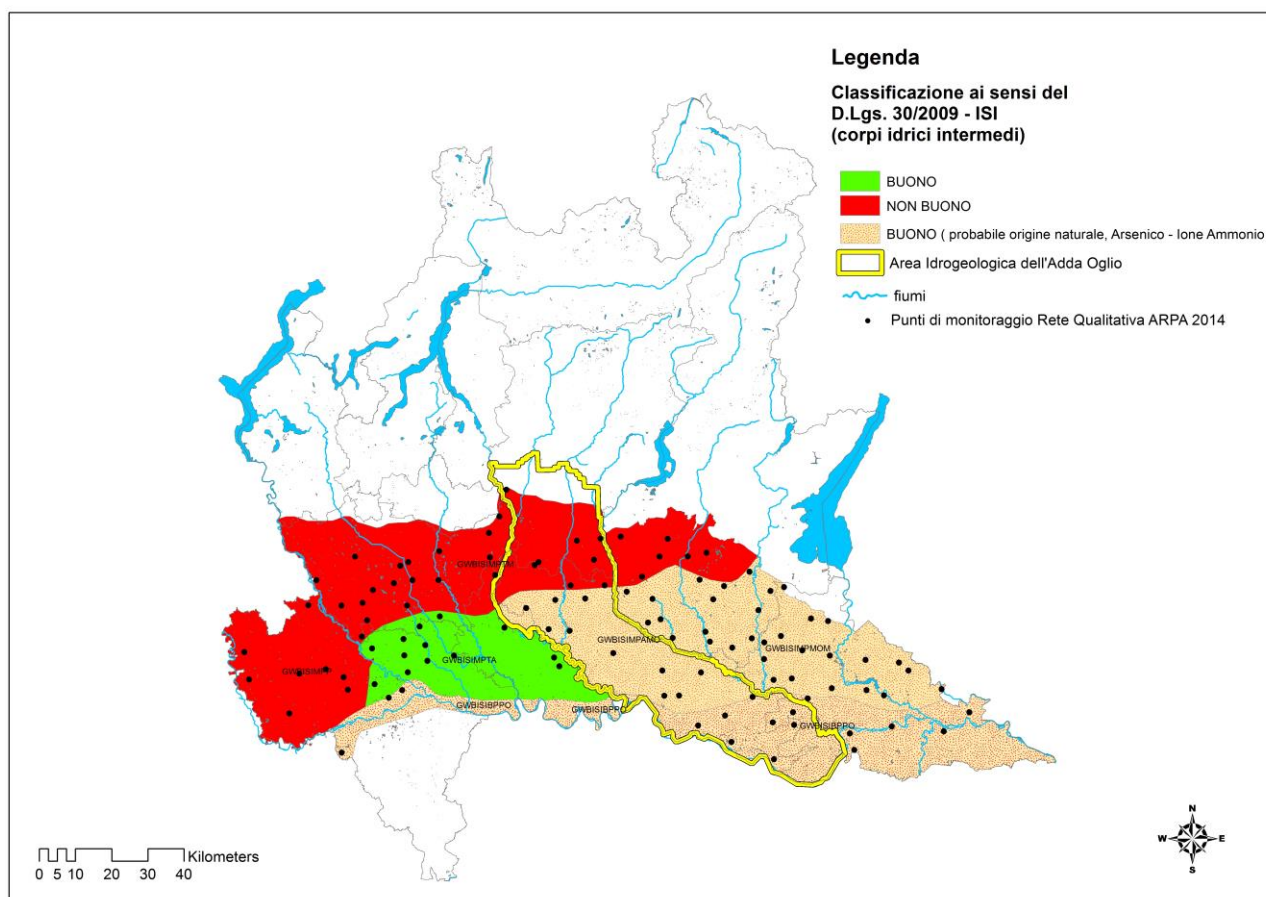


Figura 7 - Rete regionale di monitoraggio qualitativo
(Corpi Idrici sotterranei intermedi: GWB - ISI BPPO; GWB - ISI MPAMO; GWB - ISI MPTM).

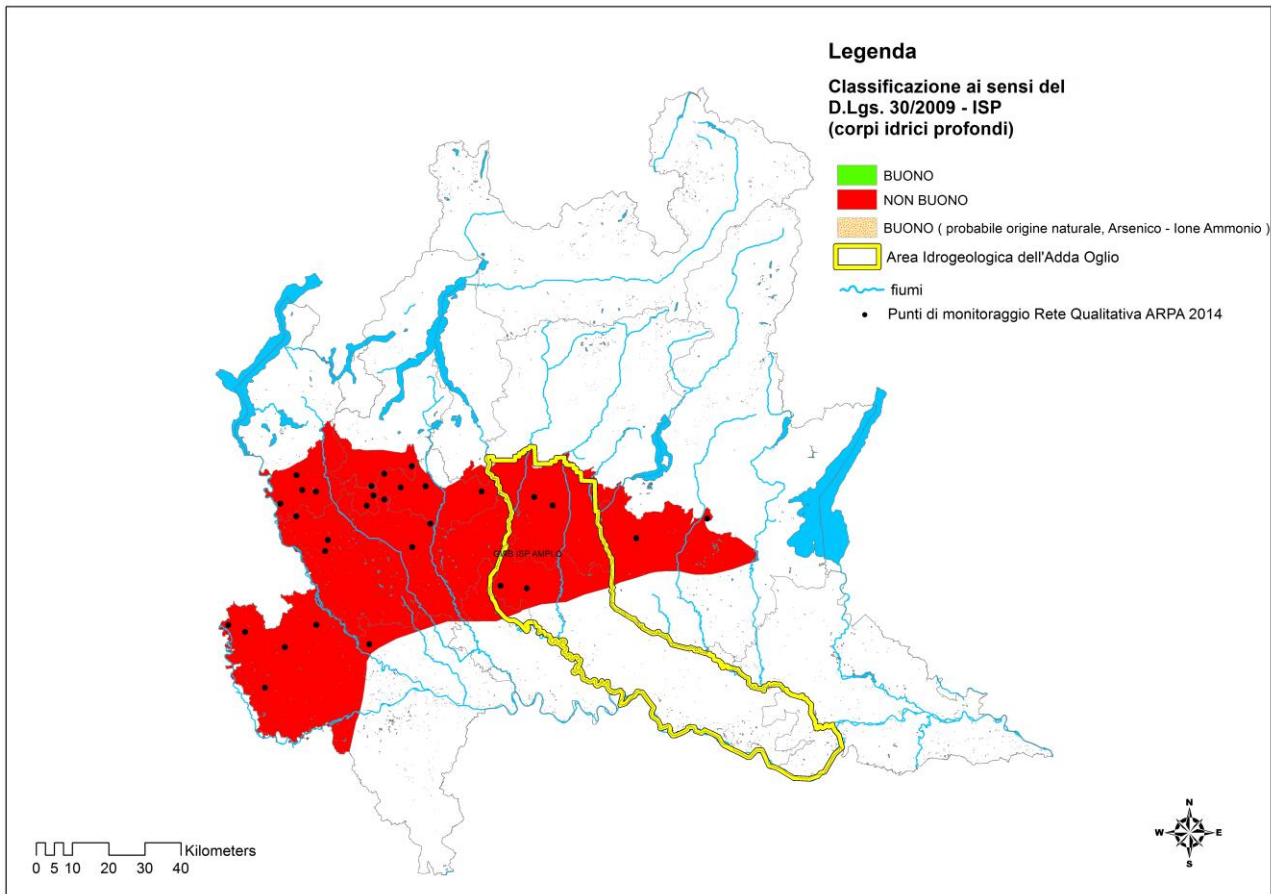


Figura 8 - Rete regionale di monitoraggio qualitativo (Corpo idrico sotterraneo profondo GWB - ISP AMPLO).

5 LO STATO DELLE ACQUE SOTTERRANEE

5.1 Stato Chimico (SC) dei punti di monitoraggio

Ai fini della valutazione dello Stato Chimico dei singoli punti di monitoraggio, come riportato nel paragrafo 3.3.1, vengono considerati gli standard di qualità ambientale (SQA) individuati a livello comunitario ed i valori soglia (VS) individuati a livello nazionale, riportati, rispettivamente, nelle tabelle 2 e 3 della Parte A dell'Allegato 3 del Dlgs 30/09.

Nel presente paragrafo, per l'area Adda-Oglio, si riporta lo Stato Chimico relativo ai singoli punti di monitoraggio presenti nell'area idrogeologica di interesse, ricadente nel "complesso idrogeologico DQ" (Alluvioni delle Depressioni Quaternarie ai sensi dell'Allegato 1 del Dlgs 30/09).

Per la valutazione dello stato chimico dei singoli punti di monitoraggio, per il 2014 si è fatto riferimento sia alla vecchia sia alla nuova classificazione dei Corpi Idrici sotterranei.

La distribuzione percentuale dei punti presenti nell'area tra le due classi "BUONO" e "NON BUONO" nel 2014 è pari rispettivamente al 43% ed al 57% (Figura 9). Il superamento degli standard di qualità e dei valori soglia riguarda principalmente i seguenti parametri: solventi clorurati, pesticidi, nitrati, cromo esavalente ed alcune sostanze di probabile origine naturale (arsenico e ione ammonio).

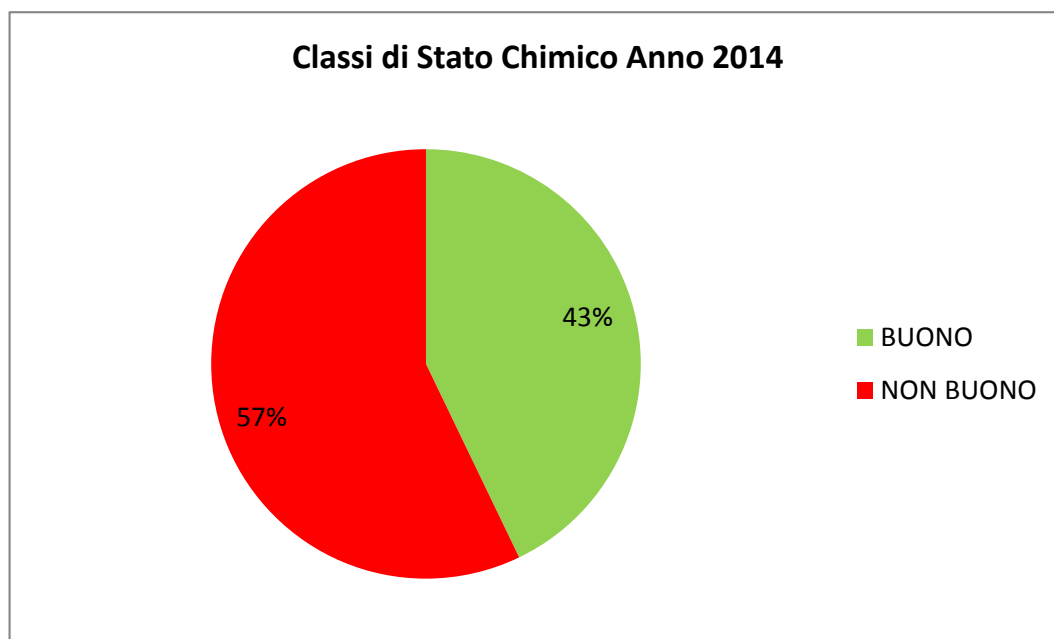


Figura 9 – Stato Chimico. Distribuzione percentuale dei punti di monitoraggio dell'area idrogeologica Adda-Oglio.

5.2 Stato Chimico (SC) dei Corpi Idrici

Lo Stato Chimico di un corpo idrico si valuta sulla base di quanto previsto dall'art. 4 comma 2c del Dlgs 30/09, che prevede l'attribuzione dello stato "BUONO" quando "lo standard di qualità delle acque sotterranee o il valore soglia è superato in uno o più siti di monitoraggio, che comunque rappresentino non oltre il 20% dell'area totale o del volume del corpo idrico, per una o più sostanze".

Per estendere la valutazione dello stato dei singoli punti a quella del corpo idrico, si considera la distribuzione areale dei punti di monitoraggio presenti nel corpo idrico e si utilizza un procedimento di spazializzazione dei dati mediante un applicativo geostatistico su piattaforma GIS (attraverso il calcolo dei “poligoni di Thiessen”); in caso di distribuzione areale omogenea dei punti di monitoraggio in seno ai Corpi Idrici sotterranei considerati, la definizione dello Stato Chimico (SC) a livello di corpo idrico viene effettuata considerando il rapporto percentuale tra il numero dei punti in stato “NON BUONO” e il numero dei punti totali del corpo idrico.

Per l’anno 2014 la classificazione di Stato Chimico (SC) è stata effettuata con il metodo del rapporto percentuale dei punti per i Corpi Idrici di recente definizione.

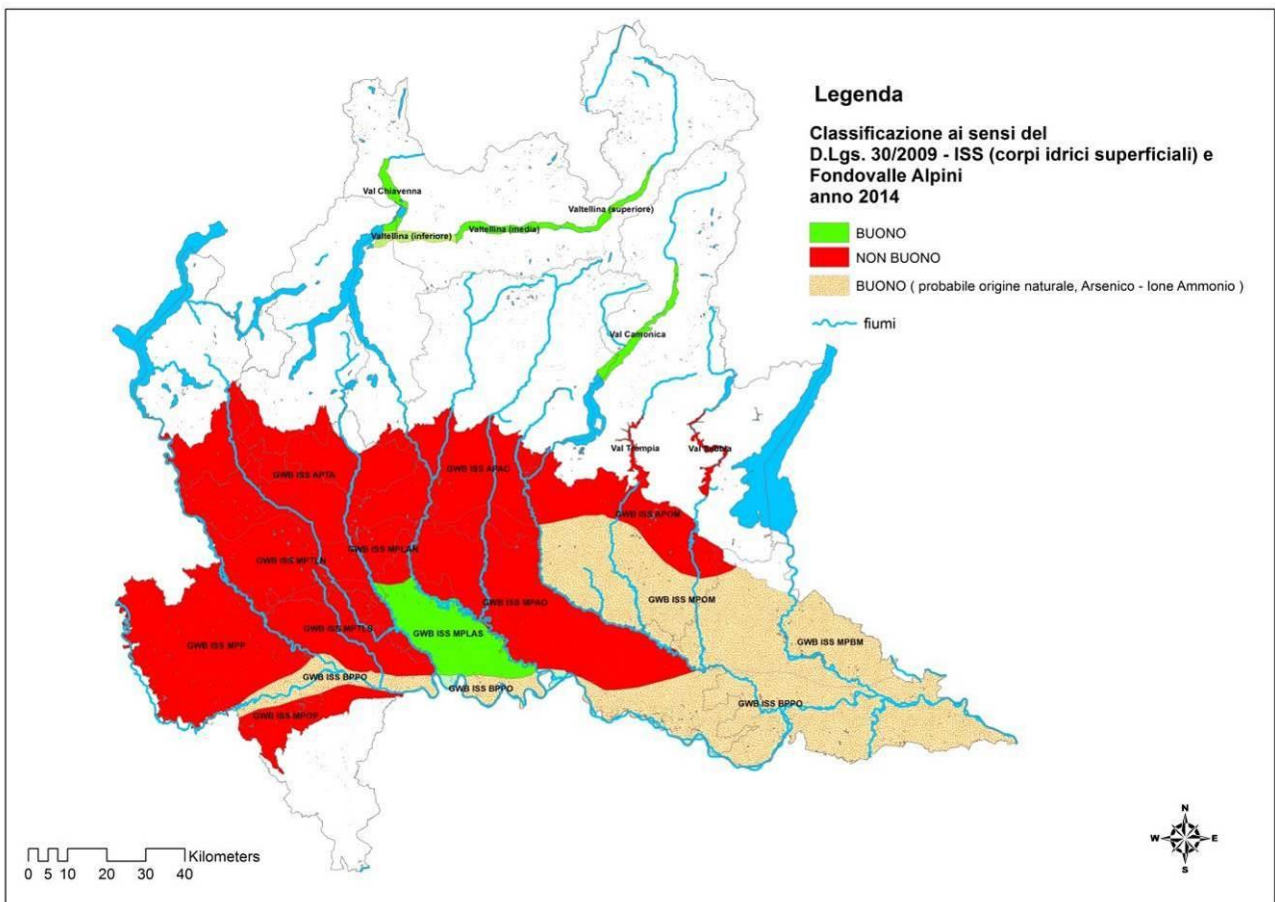


Figura 10 – Stato Chimico dei Corpi Idrici superficiali e di fondovalle – Anno 2014

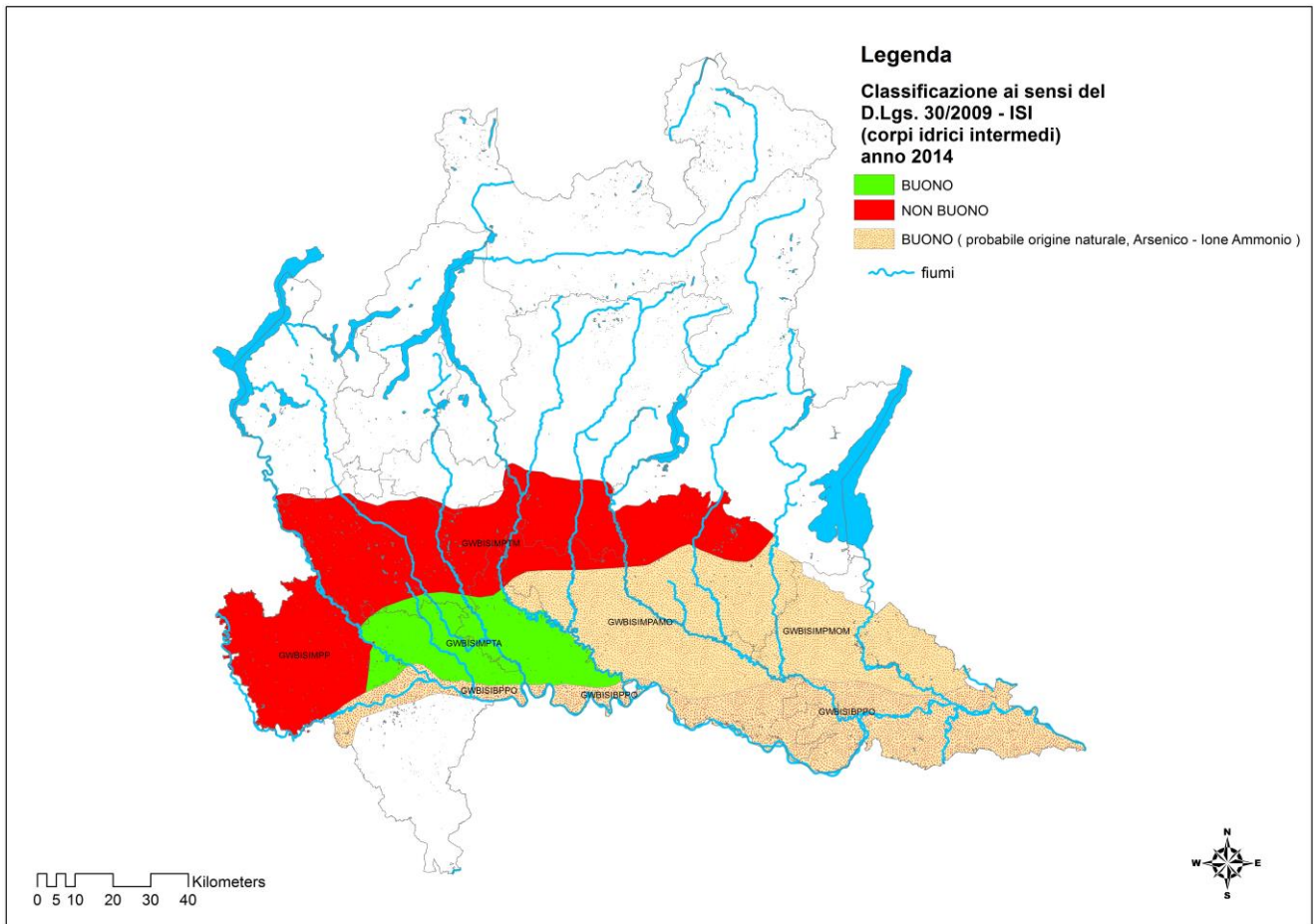


Figura 11 – Stato Chimico dei Corpi Idrici intermedi – Anno 2014.

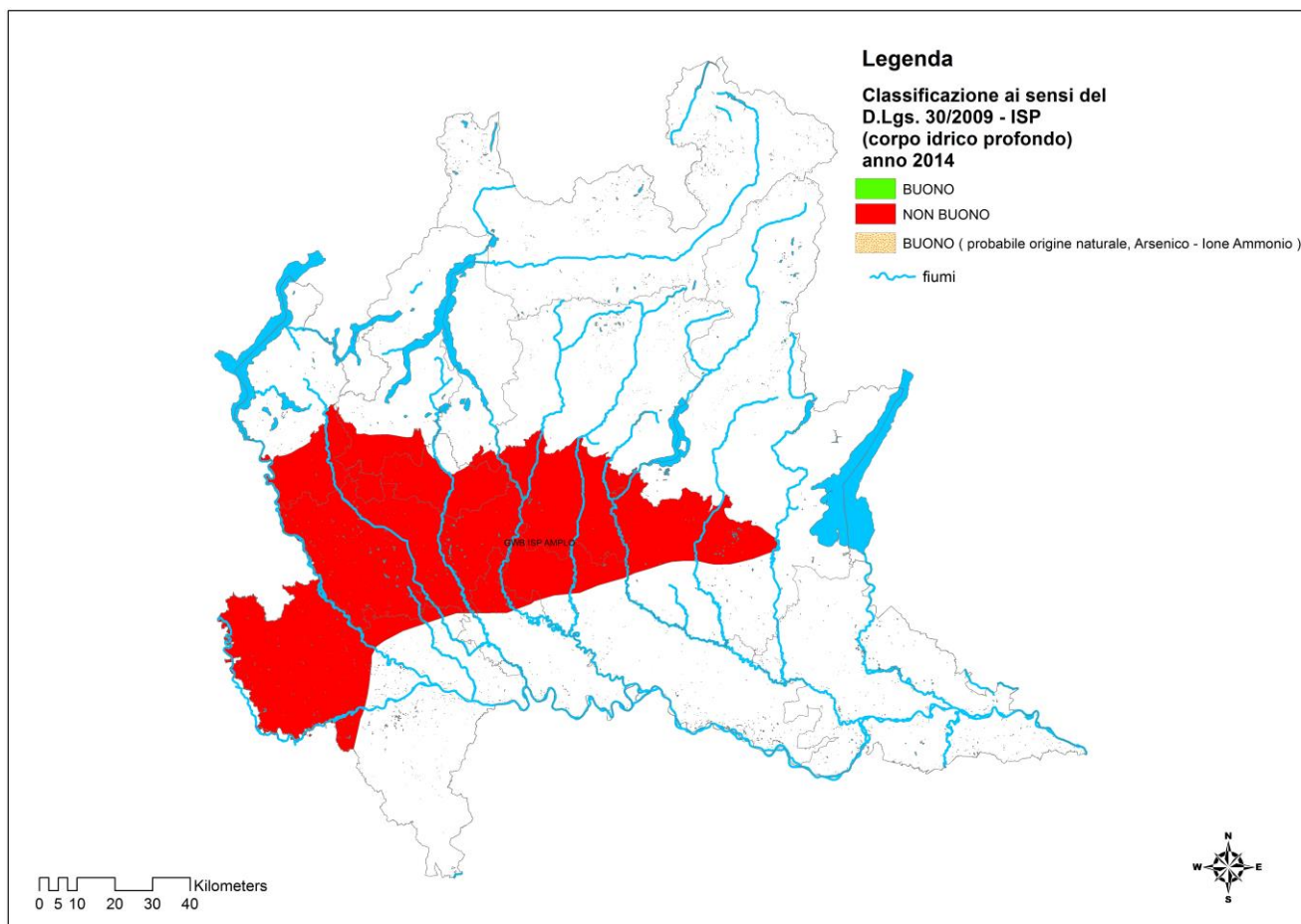


Figura 12 – Stato Chimico dei Corpi Idrici profondi – Anno 2014.

5.3 Stato Chimico (SC). Classificazione sessennio 2009 – 2014 PdGPo

Al fine di effettuare valutazioni d'insieme per una verifica delle tendenze significative è utile osservare la classificazione di Stato Chimico per l'intero sessennio del Piano di Gestione del Distretto del fiume Po, considerando separatamente i due trienni 2009-2011 (primo triennio) e 2012-2014 (secondo triennio).

Si rimanda agli Allegati 1 e 2 per le informazioni sugli Stati Chimici Puntuali dei singoli punti per i due trienni considerati, dove per ogni pozzo è riportata l'indicazione delle eventuali sostanze che hanno determinato superamenti delle CSQ.

Seguono le mappe di rappresentazione cartografica per il triennio 2009-2011 (Figure 13, 14 e 15) e per il triennio 2012-2014 (Figure 16, 17 e 18) distinte per tipologia di acquifero e corpo idrico di appartenenza.

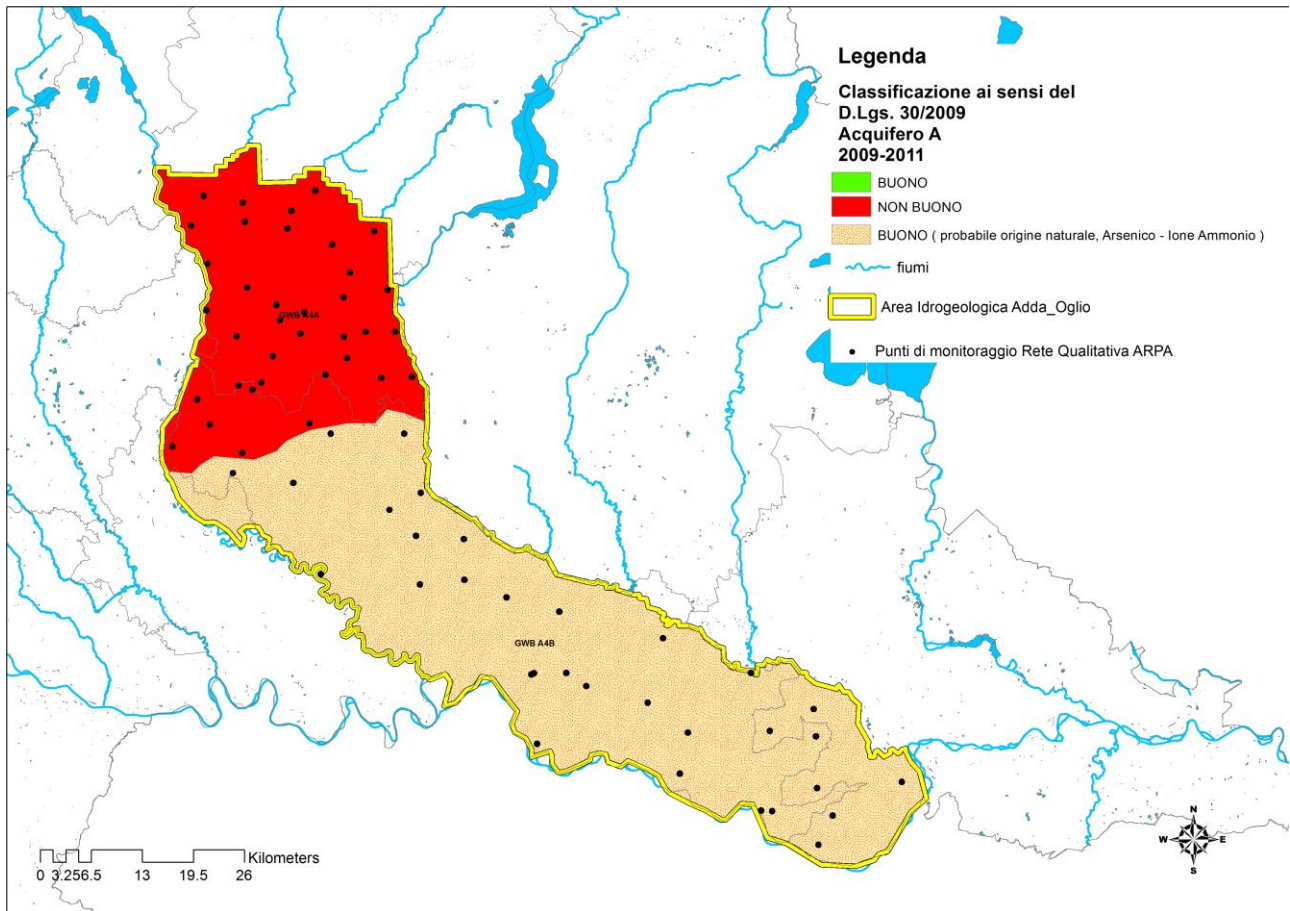


Figura 13 – Classi di Stato Chimico delle Acque Sotterranee per i Corpi Idrici appartenenti all'area idrogeologica Adda-Oglio nel triennio 2009-2011 – Acquifero A.

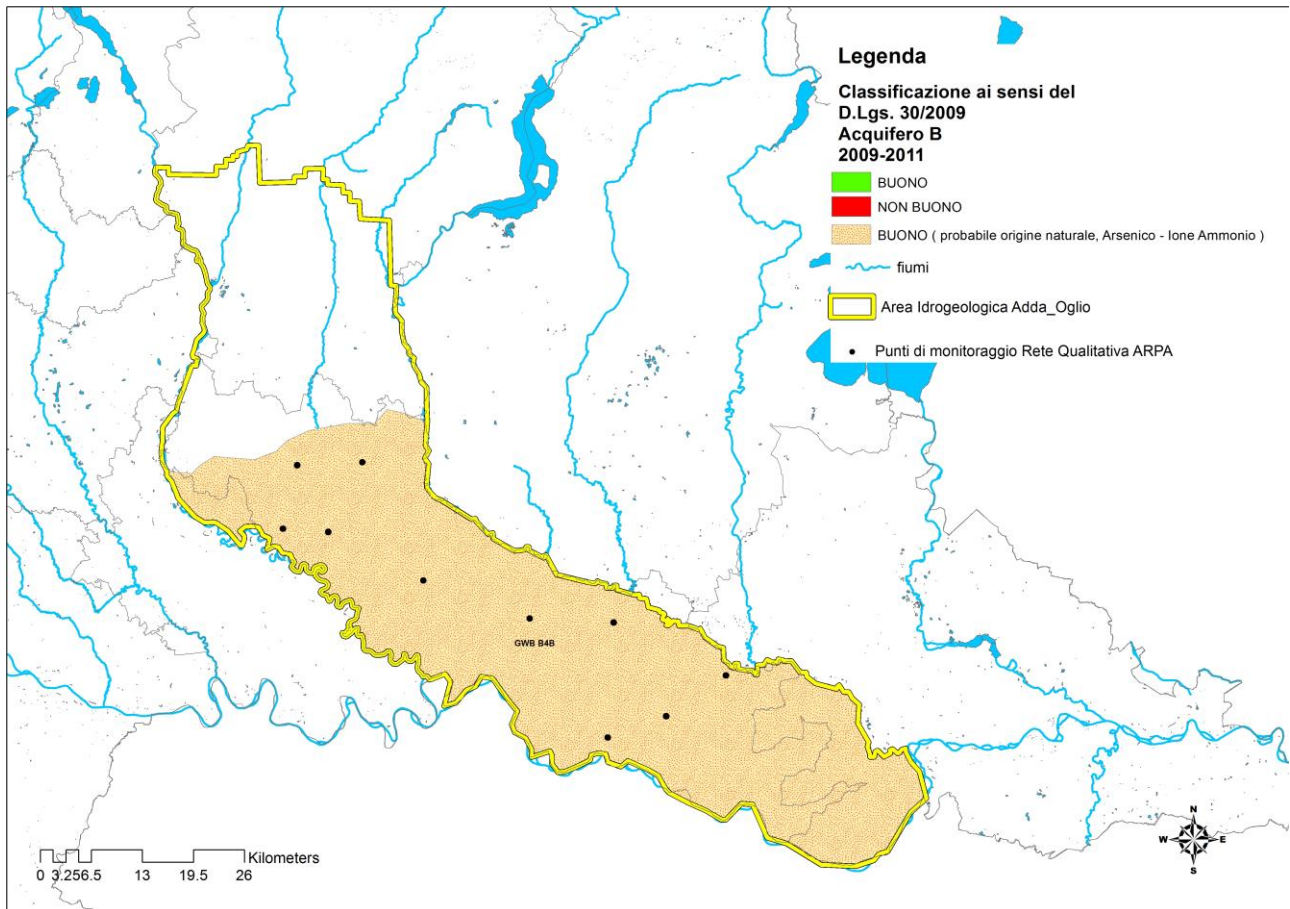


Figura 14 – Classi di Stato Chimico delle Acque Sotterranee per i Corpi Idrici appartenenti all'area idrogeologica Adda-Oglio nel triennio 2009-2011 – Acquifero B.

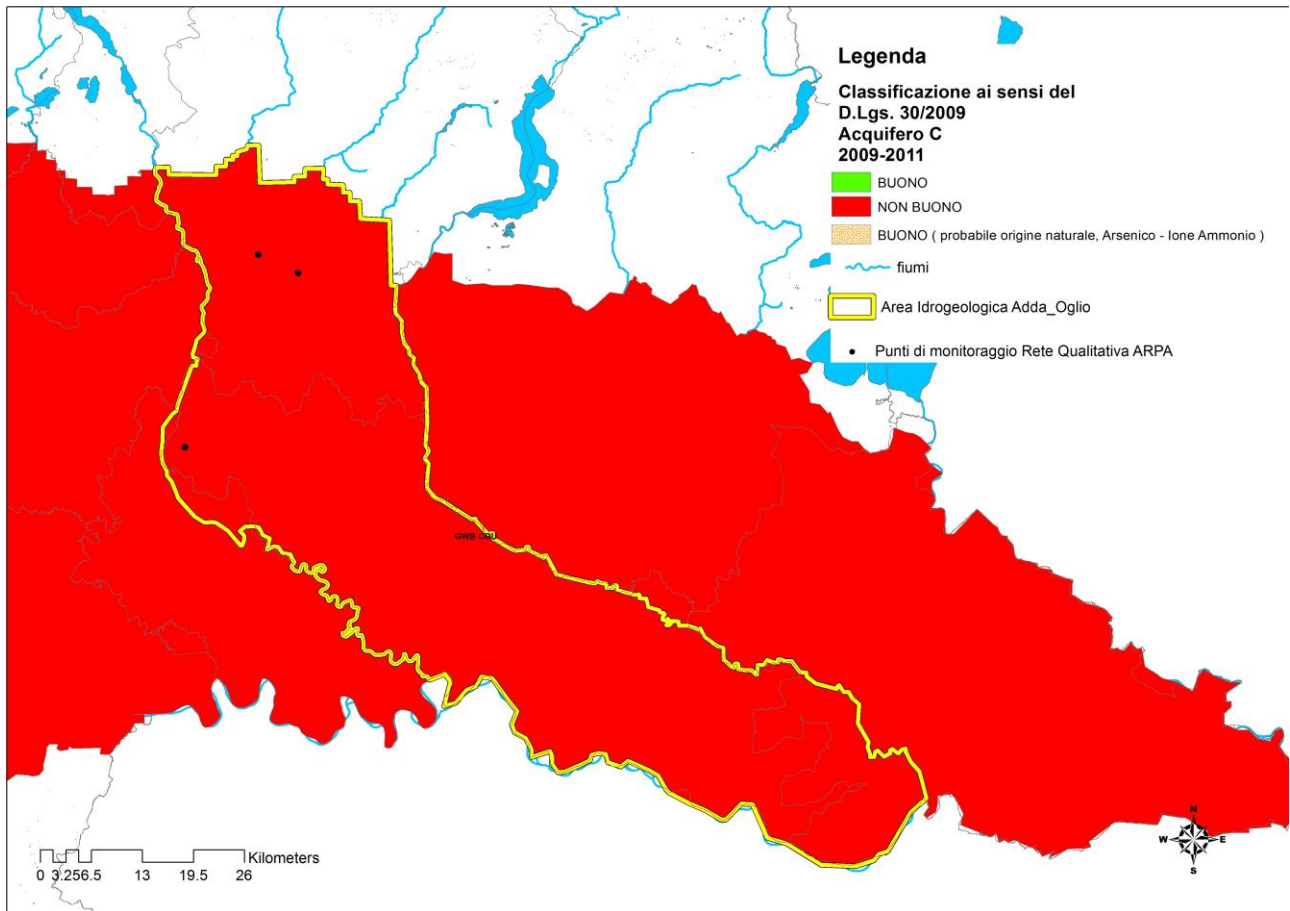


Figura 15 – Classi di Stato Chimico delle Acque Sotterranee per i Corpi Idrici appartenenti all'area idrogeologica Adda-Oglio nel triennio 2009-2011 – Acquifero C.

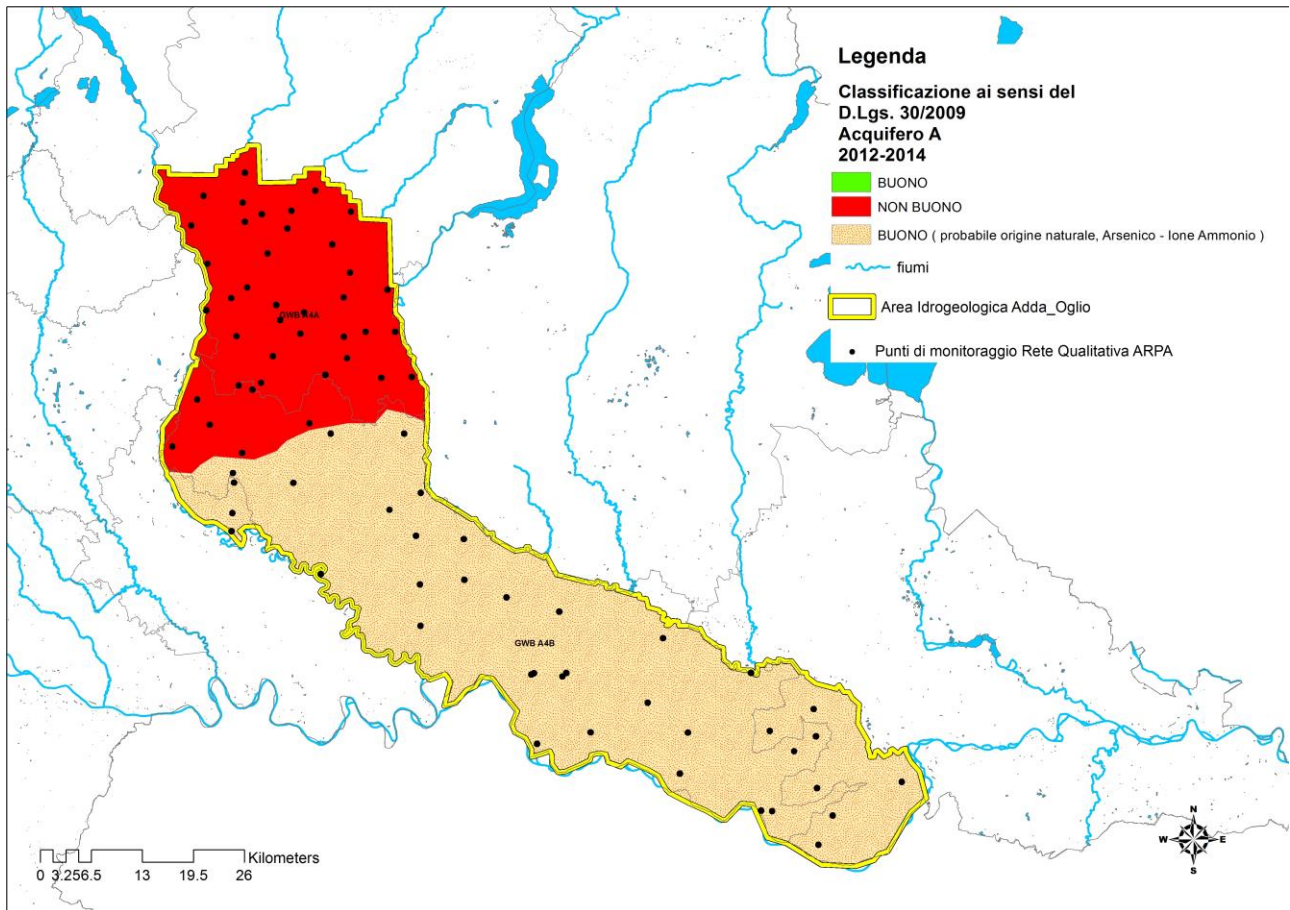


Figura 16 – Classi di Stato Chimico delle Acque Sotterranee per i Corpi Idrici appartenenti all'area idrogeologica Adda-Oglio nel triennio 2012-2014 – Acquifero A.

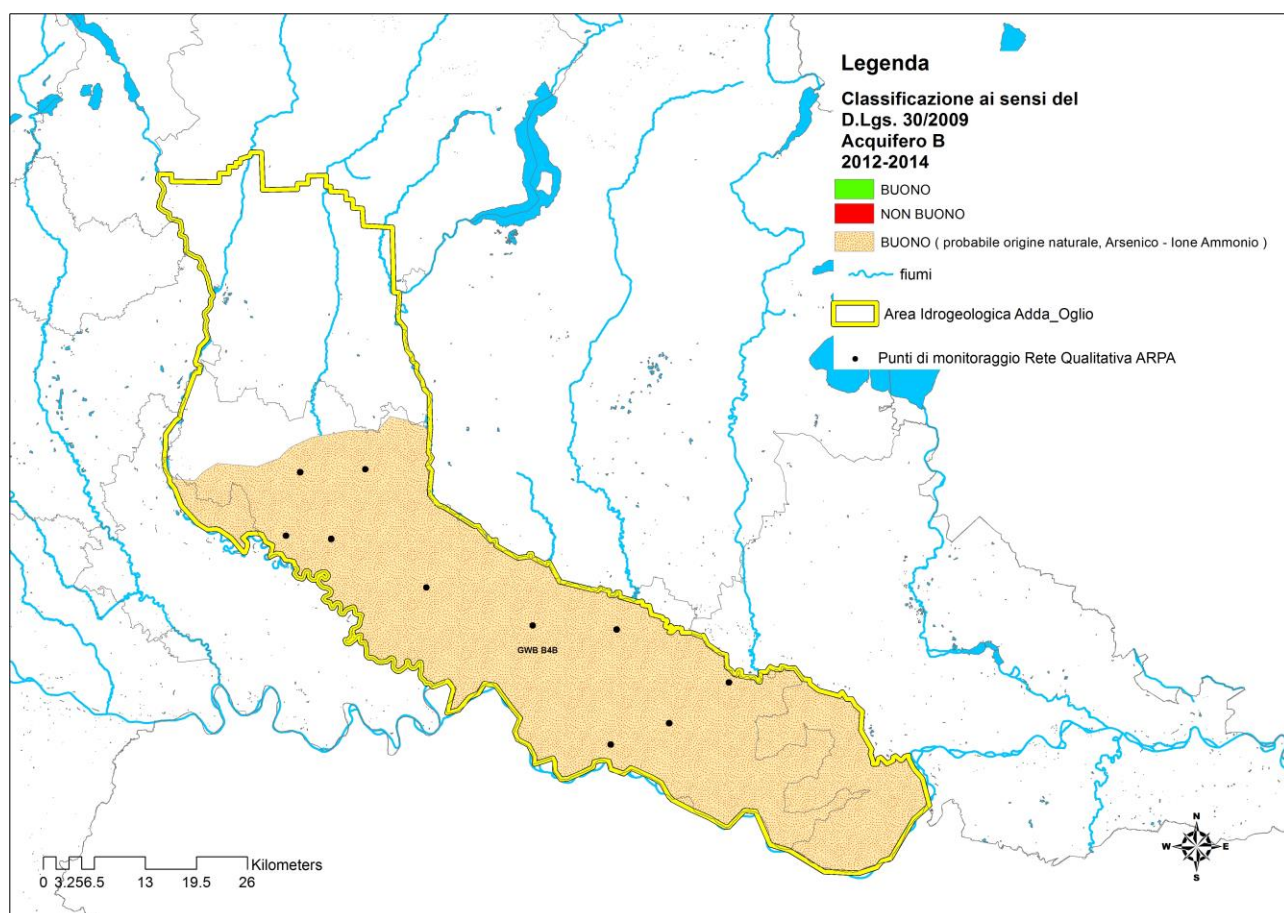


Figura 17 – Classi di Stato Chimico delle Acque Sotterranee per i Corpi Idrici appartenenti all'area idrogeologica Adda-Oglio nel triennio 2012-2014 – Acquifero B.

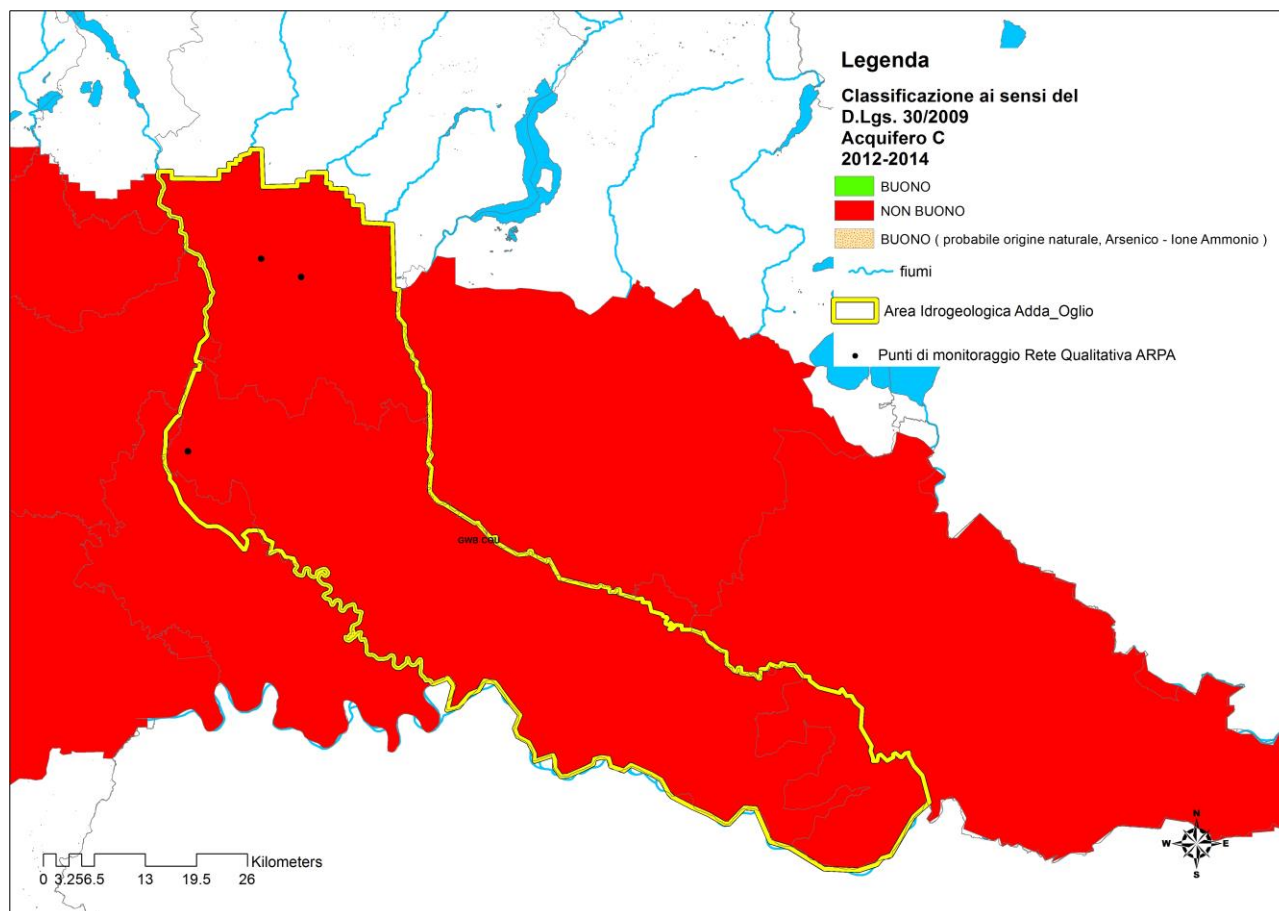


Figura 18 – Classi di Stato Chimico delle Acque Sotterranee per i Corpi Idrici appartenenti all'area idrogeologica Adda-Oglio nel triennio 2012-2014 – Acquifero C.

Nella tabella sottostante sono riassunti i risultati della classificazione complessiva dei Corpi Idrici dell'area idrogeologia Adda-Oglio illustrati nelle mappe precedenti. Come si può vedere, in termini complessivi non si osservano cambiamenti tra le classificazioni dei due bienni successivi 2009-2011 e 2012-2014.

ACQUIFERO	CORPO IDRICO SOTTERRANEO	CLASSIFICAZIONE 2009-2011	CLASSIFICAZIONE 2012-2014
A	GWB-A4A	NON BUONO	NON BUONO
	GWB A4B	BUONO ^(*)	BUONO ^(*)
B	GWB-B4B	BUONO ^(*)	BUONO ^(*)
C	GWB-C0U	NON BUONO	NON BUONO

^(*)Classificato in stato BUONO in quanto la presenza di sostanze prioritarie con superiori alle CSQ quali arsenico e ione ammonio può essere attribuita con buona probabilità a cause naturali. Eviterei di scriverlo

Per ogni corpo idrico a scala di dettaglio possono essere effettuate le seguenti osservazioni. Nella porzione più settentrionale dell'area e fino alla linea delle risorgive (C.I. GWB-4A4), l'attribuzione dello stato "NON BUONO" è dovuta principalmente al superamento (media annuale) del valore soglia stabilito per il parametro solventi clorurati alifatici.

Queste sostanze sono presenti in concentrazioni non elevatissime, ma in modo diffuso in tutta la falda superficiale della pianura bergamasca. La loro presenza è di origine antropica e verosimilmente legata a prassi produttive non più in uso. Tuttavia la loro scarsa degradabilità e solubilità ne favorisce la persistenza all'interno dell'acquifero anche a distanza di anni. Le situazioni più marcate, quali quella presente fra Bergamo e Stezzano, sono oggetto di indagini specifiche da parte dell'Amministrazione Provinciale (col supporto di ARPA) per individuare l'origine dei focolai d'inquinamento e programmare le necessarie azioni di bonifica.

Come seconda causa di attribuzione del giudizio "NON BUONO", segue la presenza di nitrati oltre il valore di 50 mg/l; infine, in alcuni, casi è significativa la presenza di fitofarmaci e di cromo; per quest'ultimo sono state intraprese le indagini finalizzate all'individuazione dell'origine.

Per l'area a sud della linea delle risorgive, nel territorio della provincia di Cremona, Lodi e Mantova (C.I. GWB-A4B e GWB-B4B), possono essere fatte le seguenti considerazioni.

Alcuni metalli, come ferro e manganese, sono diffusi sul territorio e distribuiti nei vari acquiferi talvolta anche in concentrazioni elevate. Abbastanza diffuso, ma circoscritto alla zona cremonese e comunque rintracciato sia nella falda profonda che superficiale, è l'arsenico, mentre sporadiche sono le rilevazioni di metalli come piombo, selenio ed altri.

Tra gli inquinanti inorganici, la presenza dello ione ammonio (NH_4^+) è uniforme nel territorio provinciale di Cremona, si trova nel 70% circa dei punti della rete, soprattutto nei pozzi profondi ove si evidenziano le maggiori concentrazioni. Non si segnalano concentrazioni significative di altri inquinanti.

I nitrati si riscontrano quasi esclusivamente in piezometri collocati in aree agricole e quindi nella falda superficiale in prevalenza freatica. Si sono però riscontrati pochi superamenti del valore di CSQ. I pesticidi sono stati rilevati in circa il 40% dei punti della rete, questo numero sta ad indicare che non sono più i soli piezometri in falda freatica ad esserne interessati ma anche i pozzi più profondi.

Le presenze di ferro, manganese, arsenico e ione ammonio sono attribuibili con elevata probabilità a cause naturali. Complessivamente, escludendo queste sostanze dall'elenco degli elementi utilizzabili per la classificazione, i Corpi Idrici di prima e seconda falda della pianura agricola risultano classificabili in stato "BUONO".

5.4 Stato quantitativo

Per la valutazione dello Stato quantitativo (cfr paragrafo 3.3.2) viene esaminato l'andamento nel tempo del livello piezometrico, così come previsto dall'Allegato 3 del Dlgs 30/09.

E' stata effettuata l'analisi delle serie temporali dei livelli in ogni punto di monitoraggio nel sessennio 2009-2014 per valutare la presenza di eventuali *trend* che indichino un immagazzinamento di acqua (*trend* positivo), un depauperamento (*trend* negativo) o una situazione di invarianza (andamento costante). Per estendere la valutazione dai singoli punti al corpo idrico è stato effettuato il calcolo delle percentuali dei punti aventi *trend* discendente rispetto al totale dei punti del corpo idrico. Per tale valutazione sono stati considerati soltanto i punti di monitoraggio aventi una continuità di misure nel sessennio di monitoraggio considerato (*trend* significativo).

Per l'area idrogeologica Adda-Oglio il numero dei punti di monitoraggio è pari a n. 70 e di questi l'80 % è stato valutato con trend significativo. A scala di corpo idrico i trend significativi sono stati giudicati tutti stazionari e lo stato valutato come buono.

Sulla base dei dati rilevati nel corso del 2014 si può riscontrare una sostanziale stabilità dei corpi idrici sotterranei interessati, sia per quanto concerne i valori delle falde superficiali che per le falde più profonde; si osservano valori medi di oscillazione della falda nel sessennio (2009-2014) pari a 3 metri con trend stazionari e tendenze positive. Si conferma quindi, un buono stato quantitativo della risorsa idrica.

A scopo esemplificativo, si riporta di seguito l'andamento piezometrico, nel sessennio 2009 - 2014, di un pozzo appartenente alla provincia di Bergamo presso il Comune di Capriate San Gervasio (Figura 19) e di un piezometro appartenente alla provincia di Cremona presso il Comune di Castelvicosconti (Figura 20).

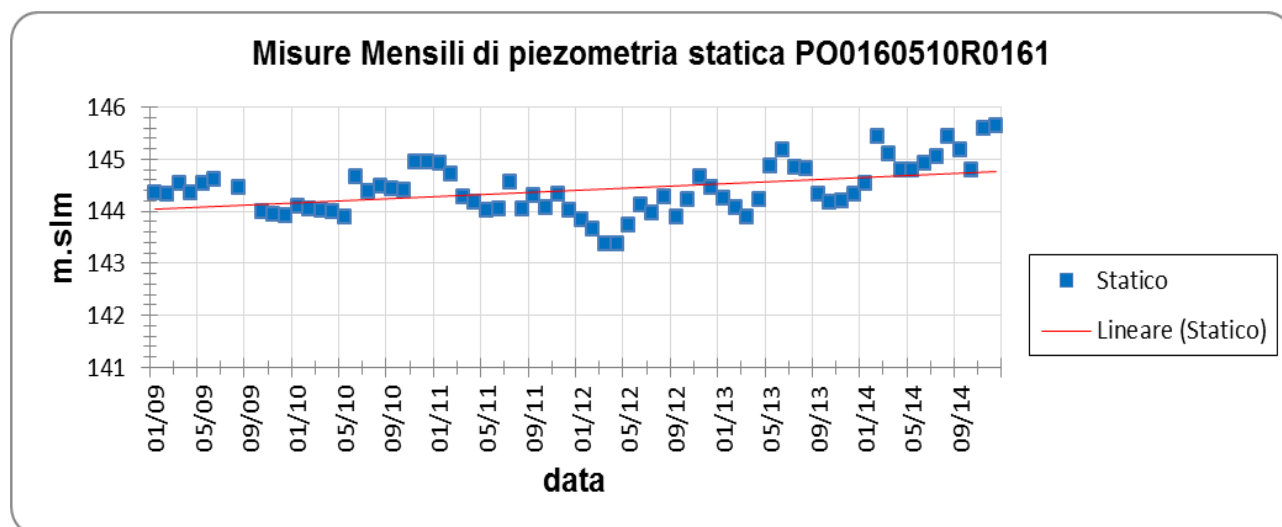


Figura 19 – Andamento Piezometrico – Capriate S. Gervasio

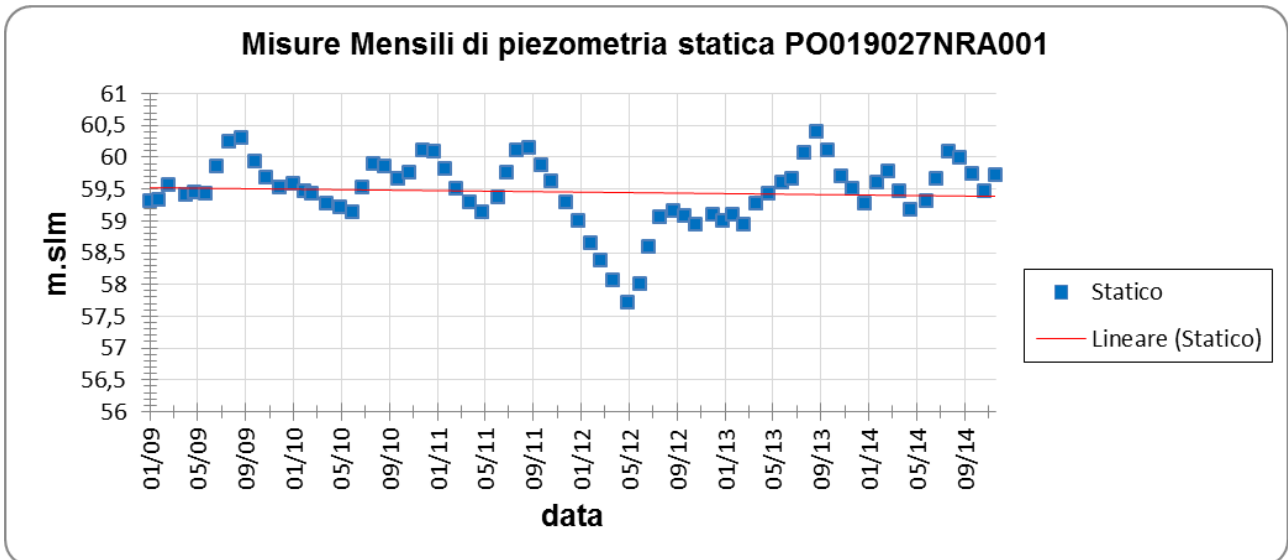


Figura 20 – Andamento Piezometrico – Castelvisconti

Gli andamenti osservati sul lungo periodo trovano giustificazione nelle annate con condizioni meteorologiche estreme che hanno caratterizzato regione Lombardia negli 2011 e 2014. Nella Figura 21 e 22 sono rappresentate le spazializzazioni delle anomalie di precipitazione registrate in questi anni, ovvero la differenza tra la pioggia effettivamente caduta nel corso dell'anno in ogni porzione del territorio lombardo e la media storica delle precipitazioni registrate nella stessa porzione. Tenendo conto che i valori medi di precipitazione annua vanno dai circa 1200 mm dell'alta pianura Bergamasca ai circa 800 mm della bassa cremonese le anomalie arrivano anche a oltre il 50%.

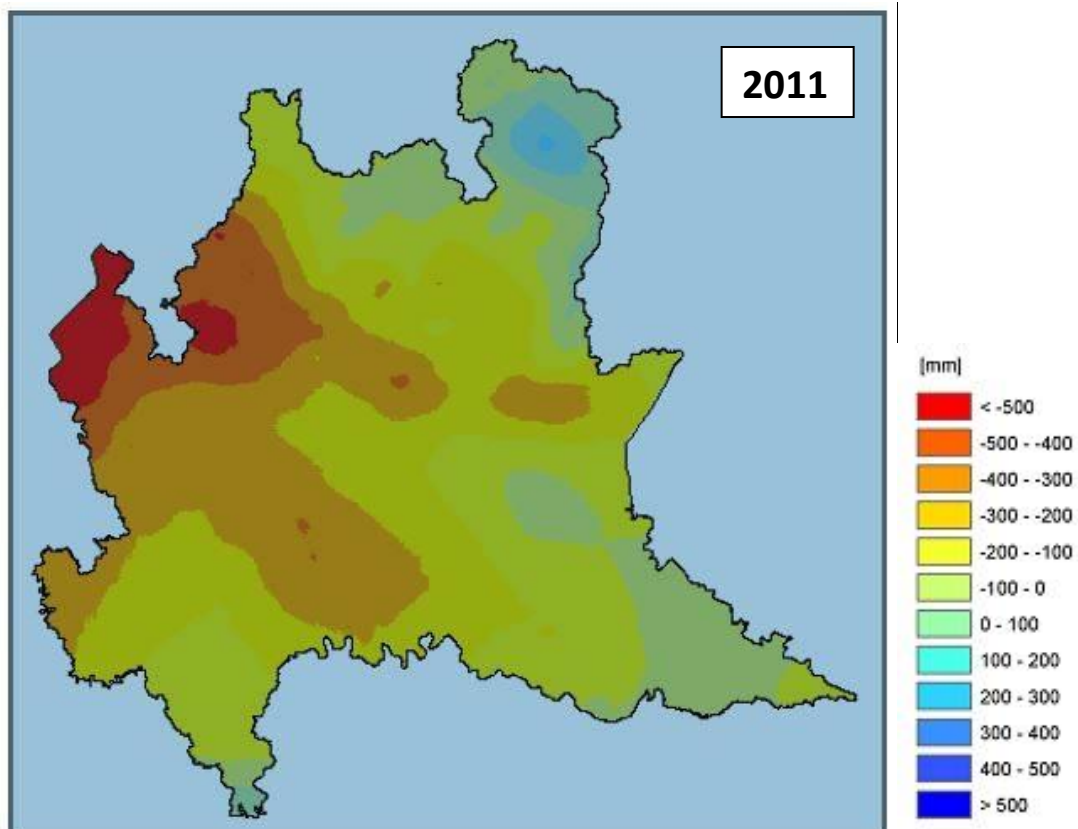


Figura 21 – Anomalia di precipitazione (mm di pioggia caduti in più o in meno rispetto alla media storica) registrata nel corso dell'anno 2011 sul territorio di Regione Lombardia

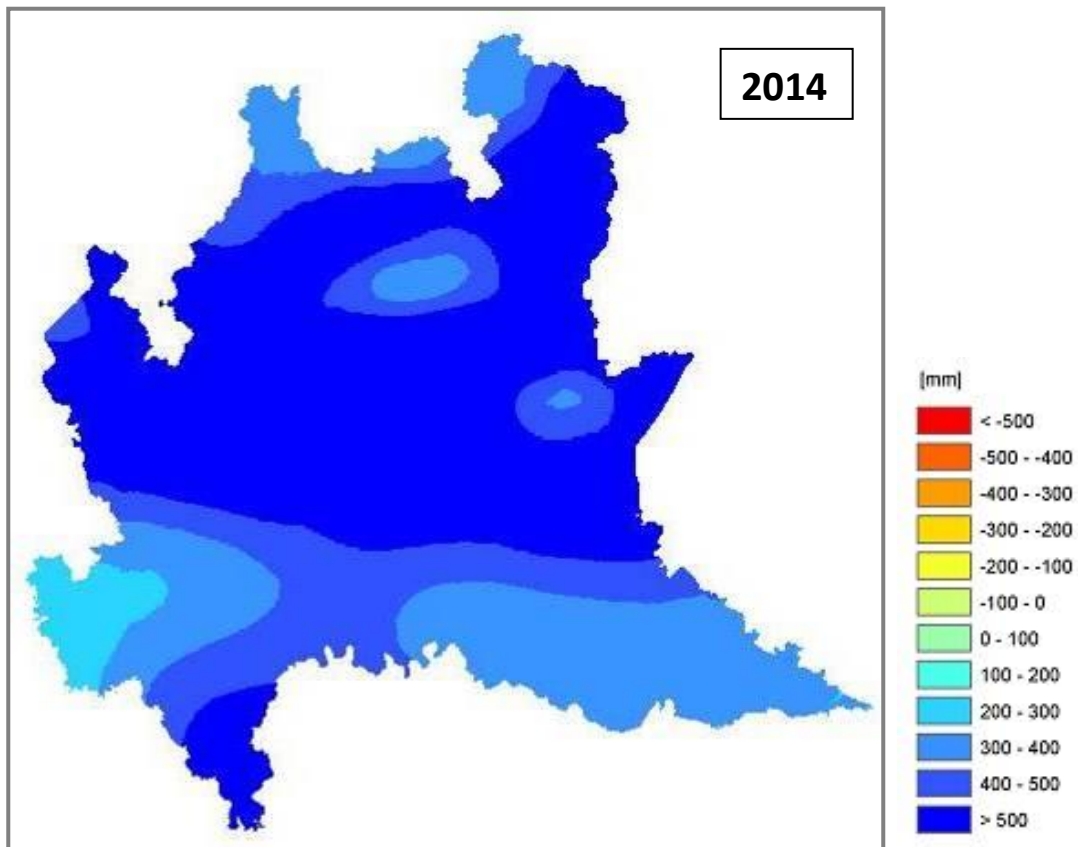


Figura 22 – Anomalia di precipitazione (mm di pioggia caduti in più o in meno rispetto alla media storica) registrata nel corso dell'anno 2014 sul territorio di Regione Lombardia.

5.5 Criticità ambientali

Lo stato qualitativo degli acquiferi della **Regione Lombardia** presenta localmente condizioni di criticità che evidenziano uno stato di degrado delle riserve idriche sotterranee presenti prevalentemente negli strati più superficiali. Tali impatti sull'ambiente dipendono dall'interazione di più fattori:

- pressioni gravanti sul territorio;
- struttura idrogeologica;
- proprietà chimico-fisiche dei contaminanti e loro tossicità, mobilità e solubilità.

Alcune contaminazioni hanno origini storiche, perché strettamente legate alla geologia del territorio (oligo-elementi e metalli), nonché alle pressioni incidenti riconducibili alle attività industriali (in particolare lavorazioni meccaniche e di trattamento dei metalli), pratiche colturali e perdite dalle reti fognarie.

Più in particolare le principali problematiche, evidenziate dal monitoraggio delle acque sotterranee nel corso degli anni, riguardano la presenza di composti azotati, fitofarmaci, sostanze farmaceutiche, composti organo-alogenati (solventi clorurati), metalli (con particolare riferimento al Cromo esavalente).

I composti azotati e i fitofarmaci sono riscontrabili nelle porzioni della pianura in cui sono più diffuse le attività agro-zootecniche e localmente appare determinante anche l'apporto antropico da fognatura o da attività industriali. Tali contaminazioni sono maggiormente diffuse nelle falde superficiali, rispetto a quelle profonde, naturalmente più protette.

Le sostanze farmaceutiche, a elevata persistenza, imputabili alle attività industriali, sono presenti in diversi "focolai" distribuiti sul territorio regionale.

Nel caso dei composti organo-alogenati, sostanze dotate di scarsa solubilità in acqua e resistenza alla biodegradazione e quindi caratterizzate da un elevato grado di persistenza, le attuali evidenze sono riconducibili agli anni '80 e tutt'oggi emerge lo stato di compromissione qualitativa sia dell'acquifero superiore che inferiore, caratterizzato in particolar modo da elevate concentrazioni prossime ai limiti di legge e riscontrate prevalentemente in alcuni pozzi pubblici e privati nelle Province di Varese, Nord Milano, Bergamo e Brescia.

Il solvente dominante è rappresentato dal tetracloroetilene, rintracciabile in particolare con concentrazioni elevate nell'area della Val Trompia (BS) insieme al tricloroetilene, le cui immissioni nell'ambiente sono prevalentemente addebitabili alle attività industriali e produttive.

Si rilevano inoltre metalli come ferro, manganese e arsenico, che localmente sono presenti allo stato naturale nelle falde profonde perché determinati dalla genesi dei sedimenti in ambienti confinati e scarsamente ossigenati. La loro presenza è localizzata prevalentemente nelle Province di Sondrio, Bergamo, Cremona e Mantova ed è strettamente interconnessa alle condizioni geochemiche locali. Localmente si hanno evidenze di contaminazione da attività industriali.

Infine un'importante criticità presente sul territorio riguarda la falda superficiale del settore sud occidentale della pianura bergamasca (comuni di Treviglio e limitrofi) e della Val Trompia in cui si riscontra la presenza di cromo esavalente, di origine industriale.

L'**area idrogeologica Adda-Oglio** può essere suddivisa in due aree di studio, una posta al di sopra della fascia dei fontanili, costituita dalla provincia di Bergamo, e una posta al di sotto della fascia dei fontanili, costituita per lo più dal territorio della provincia di Cremona e secondariamente da porzioni delle Province di Mantova e Lodi.

Procedendo secondo la direttrice nord-sud si evidenzia che nella fascia pedecollinare e di alta pianura è presente una fitta presenza di insediamenti industriali/artigianali, mentre verso la bassa pianura, questi lasciano sempre più spazio all'attività agricola e zootecnica, alla quale si associano i problemi ambientali dei suoli e delle acque propri della moderne pratiche agricole intensive (inquinamento da fertilizzanti e pesticidi) o zootecniche (inquinamento da sostanze azotate).

Per tali motivi l'acquifero superficiale della pianura bergamasca può presentare in alcune zone concentrazioni di nitrati superiori a 50 mg/l e/o presenza di atrazina, mentre in altre aree, interessate da specifiche attività industriali, sono emersi da tempo inquinamenti legati alla tipologia di produzione e tutt'ora oggetto di interventi di indagine e bonifica (Vedi Capitolo 6).

Proseguendo a sud della fascia dei fontanili, e in particolare nel territorio della provincia di Cremona, si notano alcune contaminazioni di probabile origine naturale, connesse alla genesi dei sedimenti in ambienti confinati e scarsamente ossigenati. Si riscontra infatti la presenza locale di ione ammonio e metalli quali ferro, manganese e arsenico.

A causa della bassa pressione industriale non c'è evidenza all'interno dei punti della rete di pennacchi di inquinanti di origine antropica puntuale. Le contaminazioni presenti nelle falde della provincia di Cremona sono di tipo fondamentalmente diffuso.

Più in particolare le principali problematiche, riguardano la presenza di composti azotati, fitofarmaci, composti organo-alogenati (solventi clorurati) e metalli.

I composti azotati e i fitofarmaci sono riscontrabili nelle porzioni della pianura in cui sono più diffuse le attività agro-zootecniche. Tali contaminazioni sono maggiormente diffuse nelle falde superficiali, rispetto a quelle profonde, naturalmente più protette.

I composti organo-alogenati (solventi clorurati), sono riscontrabili e circoscritti geograficamente alla zona nord della provincia di Cremona, lungo il confine col territorio bergamasco. Il flusso nord-sud della falda favorisce il ritrovamento di tali contaminanti che da monte giungono a valle in alcuni punti della rete.

Anche per quanto riguarda la porzione della provincia di Mantova interessata, si evidenzia la presenza di inquinamento diffuso prevalentemente legato alle pratiche agricole. Inoltre, come nel caso di Cremona, si rilevano metalli come ferro, manganese e arsenico di probabile origine naturale.

6 ATTIVITÀ PROGETTUALI

6.1 Progetto PLUMES

La Regione Lombardia, con DGR n. IX/3510 del 23 maggio 2012 "Realizzazione degli interventi di bonifica ai sensi dell'art. 250 del d.lgs 3 aprile 2006, n. 152 – programmazione economica-finanziaria 2012/2014", in linea con gli obiettivi della normativa europea e nazionale sulla tutela delle acque sotterranee dall'inquinamento, ha previsto il finanziamento di programmi d'intervento per la definizione dei plume di contaminazione nelle acque sotterranee.

In questo contesto si colloca il Progetto PLUMES, avente i seguenti obiettivi:

- definizione di modalità omogenee di acquisizione, standardizzazione e restituzione dei dati, nonché di inserimento degli stessi in banche dati alfanumeriche e cartografiche dedicate;
- valutazioni sull'origine della contaminazione, anche con il supporto di altre banche dati (oltre a quelle già a disposizione di ARPA) sui centri di pericolo;
- elaborazione di un modello matematico di diffusione dei contaminanti ed applicazione a situazioni territoriali particolarmente complesse quali alcune aree in provincia di Milano (Area EXPO, SIN Pioltello-Rodano, SIN Sesto San Giovanni) e Bergamo (Area di Zingonia).

In Provincia di Bergamo furono finanziati i seguenti programmi di intervento per la definizione dei plume di contaminazione nelle acque sotterranee, da eseguirsi nell'arco del triennio 2012-2014:

- programma 1: area Zingonia (comuni di Verdellino Ciserano Arcene Castel Rozzone Treviglio) - contaminazione da cromo totale e cromo esavalente;

- programma 2: area comuni di Bergamo Stezzano Levate Verdello Comun Nuovo - contaminazione da solventi clorurati (tetracloroetilene, tricloroetilene);
- programma 3: area Isola Bergamasca (comuni di Madone, Bottanuco, Chignolo d'Isola, Filago, Capriate S.G., Brembate) – contaminazione da Freon 141B.

In relazione ai programmi di intervento di cui sopra, nel 2013 è stato firmato un Protocollo d'Intesa tra Provincia di Bergamo e Dipartimento ARPA di Bergamo che ha affidato ad ARPA sulle aree oggetto dei programmi alcune attività di approfondimento, in particolare l'esecuzione di attività di campionamento ed analisi di acque di falda su reti di monitoraggio appositamente identificate nelle tre aree.

7 CONCLUSIONI

Il monitoraggio condotto nell'arco del sessennio 2009-2014 ha fornito un quadro completo dello stato qualitativo e quantitativo dell'area idrogeologica Adda-Oglio.

Da un punto di vista della qualità delle acque si evidenzia un gradiente "latitudinale" degli inquinanti presenti in falda. In particolare, si assiste ad un prevalente inquinamento da solventi clorurati nelle aree più settentrionali dell'area, passando ad un inquinamento prevalentemente da nitrati e fitofarmaci (in misura minore) nell'intorno dell'area delle risorgive, per concludere con una presenza di metalli (di probabile origine naturale) nei distretti più meridionali.

L'andamento latitudinale riflette la dislocazione dell'insediamento umano della Pianura Padana con i terreni pedemontani più sfavorevoli alle pratiche agricole, in cui si sono insediate le principali aree industriali e urbane (inquinamento da solventi clorurati) e le aree di bassa pianura, con suoli di pregio e con possibilità d'irrigazione, in cui si è mantenuta e sviluppata una pratica agricola e zootecnica intensiva dove predomina l'inquinamento diffuso da fitofarmaci e nitrati.

Per quanto riguarda la disponibilità di acqua degli acquiferi, questa si è mantenuta nel complesso costante, sebbene soggetta a oscillazioni significative che conferma la sua stretta dipendenza dall'andamento stagionale delle precipitazioni. Risultano ancora da indagare gli effetti dell'irrigazione sulle falde superficiali della pianura irrigua sia in termini di sottrazione che di apporto e redistribuzione della risorsa.