REGIONE LIGURIA

REGIONE LIGURIA

PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE

CLASSIFICAZIONE DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI

INDICE

1.	Introduzione	3
2.	Stato Chimico degli Acquiferi Vallivi	5
2.1.	Criteri classificativi per lo stato chimico qualitativo	5
3.	Stato Quantitativo degli Acquiferi Vallivi	9
3.1.	Criteri classificativi per lo stato quantitativo	9
4.	Classificazione degli Acquiferi Vallivi	14
5.	Elenco dei Corpi Idrici Acquiferi Vallivi a Rischio	17
6.	Elenco dei Corpi Idrici Acquiferi Carsici a Rischio	18

1. Introduzione

Il seguente elaborato descrive l'esito dell'elaborazione dei risultati ottenuti dal monitoraggio delle acque sotterranee eseguito ai sensi del D.Lgs. 30/2009.
Il monitoraggio ambientale delle acque sotterranee è stato effettuato su 36 acquiferi porosi vallivi, tre di versante padano ed i restanti di versante tirrenico, a cui corrispondono 41 corpi idrici su cui comunque si concentra la maggiore pressione sia in termini di inquinamento puntuale e diffuso che per quanto riguarda i prelievi.
Il monitoraggio, secondo tale normativa, ha avuto inizio in via sperimentale nel 2009 e nel 2010 ed è stato programmato definitivamente per la durata sessennale prevista dal citato Decreto nel periodo 2010 - 2015. I dati presentati si riferiscono al quinquennio 2009 -2013.

La rete di monitoraggio è composta da 198 stazioni di misura (pozzi piezometri), campionati secondo le frequenze previste dal d. Lgs. 30/09, due campionamenti annuali per il monitoraggio di sorveglianza e tre per quello operativo (corpi idrici a rischio) per tutti i parametri obbligatori. La determinazione dei parametri addizionali ha invece visto una frequenza più elevata rispetto a quella prevista dalla normativa e le variazioni del profilo sono state determinate ogni anno sulla base dei risultati degli anni precedenti.

Il posizionamento delle stazioni di monitoraggio all'interno di ogni corpo idrico ha seguito criteri che permettessero una soddisfacente determinazione dello qualità generale delle acque sotterranee. Tuttavia, nel caso di superamenti dei valori soglia in un numero limitato di stazioni di monitoraggio si sono dovuti individuare criteri specifici per determinare lo stato qualitativo per i corpi idrici contraddistinti da superamenti.
Infatti, ai sensi del la normativa vigente, lo stato qualitativo di un corpo idrico è da considerarsi 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 per cento dell'area totale o del volume del corpo idrico…"*

L'utilizzo a tal fine di metodi statistico-geometrici (applicazione dei poligoni di Thiessen) per quantificare la rappresentatività spaziale (volumetrica) di ogni singola stazione di monitoraggio, valido in casi di acquiferi essenzialmente omogenei e a spessore costante, non ha trovato una possibile applicazione nella realtà regionale ligure. Infatti il metodo prevede una suddivisione bidimensionale del corpo idrico che poi viene arbitrariamente riportata sulle tre dimensioni. Nel caso di acquiferi vallivi con sezione a "V" è ovvio che aree (poligoni di Thiessen) laterali rispetto all'asse vallivo sottendono volumi assai inferiori rispetto a quelli presenti nella parte mediana del corpo idrico. Ciò preclude la possibilità di estrapolare una suddivisione areale lungo l'asse Z.

Per questo motivo si è deciso di classificare lo stato chimico di ogni stazione in modo da poter individuare tutti gli acquiferi, la cui classificazione a livello di corpo idrico non lasciasse dubbi interpretativi, ossia quando un corpo idrico avesse un elevato numero di stazioni in stato "scadente" o tutte le stazioni in stato "buono". Ciò ha permesso di restringere i casi per i quali fosse necessario un approfondimento puntuale attraverso considerazioni idrogeologiche, osservazione delle tendenze e delle concentrazioni dei parametri critici e approcci di tipo geochimico: diagrammi di correlazione binaria e diagrammi Langelier Ludwig per individuare porzioni di acquifero a chimismo costante.

A monte di ogni considerazione è stata verificata la "bontà" del dato attraverso il calcolo del bilancio di carica applicato ai principali costituenti disciolti.

Prima della classificazione finale è stata inoltre considerata la possibilità che le concentrazioni di alcune sostanze inorganiche fossero tendenzialmente maggiori rispetto ai valori soglia per cause naturali. In una porzione dell'acquifero del f. Roja e nell'acquifero del t. Segno sono stati individuati rispettivamente valori di fondo naturale di solfati e arsenico superiori ai rispettivi valori soglia. E' inoltre stata valutata la possibilità che alcuni valori di Cr^{VI} riscontrati in corpi reservoir costituiti da alte percentuali di sedimenti di origine serpentinitica o ultramafitica possano essere ricondotti a fattori naturali. Tale possibilità dovrà comunque essere opportunamente valutata a seguito di approfondimenti scientifici.

Gli approfondimenti eseguiti sui fondi naturali di sostanze inorganiche hanno evidenziato la difficoltà a fissare un preciso valore numerico di concentrazione che sostituisca il valore soglia tabellare. Tuttavia l'analisi ha permesso di appurare che alcuni valori anomali possono essere ricondotti a fenomeni naturali e pertanto da non considerarsi ai fini della classificazione.

I criteri seguiti nella determinazione dei fondi naturali sono stati l'analisi delle pressioni, la valutazione comparativa degli stream sediments (da Carta Geochimica d'Italia) – acque sotterranee e, ove disponibili, l'osservazione dei dati relativi a acque sorgive campionate nei bacini idrografici sottesi a ciascun corpo idrico oggetto di indagine. Infine sono stati valutati in termini qualitativi i processi che condizionano le interazioni acqua-roccia che determinano il chimismo naturale delle acque sotterranee.

Nel paragrafo seguente si riportano i criteri che sono stati utilizzati per la classificazione dei corpi idrici esistenti nei depositi alluvionali liguri (porosi). L'ordine di presentazione dei diversi criteri rispecchia l'ordine logico con il quale sono stati affrontati i casi dubbi. Va tuttavia sottolineato che per oltre il 50% dei corpi idrici non si è dovuto ricorrere all'applicazione di criteri idrogeologici e/o geochimici ai fini della classificazione qualitativa. Per questi casi si è semplicemente applicato quanto previsto dal comma 2, lettera c) dell'art 4 del d. Lgs. 30/09 attraverso i due metodi denominati "MEDIA VOL>80%" e "MEDIA VOL>20%".

2. Stato Chimico degli Acquiferi Vallivi

2.1. Criteri classificativi per lo stato chimico qualitativo

1) MEDIA VOL>80%

Classificazione ottenuta ai sensi comma 2, lettera c) dell'art 4 del d. Lgs. 30/09. Tutti i pozzi di monitoraggio di un corpo idrico sono contraddistinti da uno stato qualitativo buono relativamente al periodo di osservazione o il numero e la posizione del punto di controllo in stato non buono rivelano senza il minimo dubbio che le criticità non rappresentino oltre il 20% dell'area totale o del volume del corpo idrico. Criterio sempre associato a incertezza bassa.

2) MEDIA VOL>20%

Classificazione ottenuta ai sensi del comma 2, lettera c) dell'art 4 del d. Lgs. 30/09. Non esistono corpi idrici dove tutti i pozzi di monitoraggio sono contraddistinti da uno stato qualitativo non buono, ma il loro numero e la posizione di tali pozzi rivelano senza il minimo dubbio che rappresentino oltre il 20% dell'area totale o del volume del corpo idrico. Criterio sempre associato a incertezza bassa.

3) MEDIA

"MEDIA" non rappresenta un vero e proprio criterio, ma indica i casi per i quali sia stato accertato che la concentrazione media di almeno un parametro abbia determinato uno stato non buono di una o poche stazioni e la quantificazione del volume del corpo idrico compromesso risulta incerta o difficoltosa. Questo avviene spesso, ma non soltanto, nel caso di corpi idrici con poche stazioni di monitoraggio (da 1 a 4). Ovviamente, non trattandosi di un criterio questa casistica viene sempre associata ad altri criteri classificativi. I corpi idrici del f, Bormida di Millesimo rappresentano un'eccezione. Infatti i due corpi idrici, pur avendo tutte le stazioni in stato buono, risultano associati ad una certa incertezza classificativa dovuta al basso numero di punti di controllo; tale circostanza è stata evidenziata dal criterio "MEDIA" poiché risultava comunque difficile considerare le stazioni come rappresentative dello stato di tutto il corpo idrico.

4) VOLUME

Viene indicato quando nei casi dubbi, a seguito di approfondimenti di carattere idrogeologico e geochimico1, viene stabilito se una criticità rappresenti oltre il 20% dell'area totale o del volume del corpo idrico. Il grado di approfondimento determina il grado di incertezza con cui viene classificato un corpo idrico. Questo criterio è sempre associato ad altri criteri valutativi che hanno contribuito all'abbassamento delle incertezze. Affinché un corpo idrico possa essere contraddistinto da uno stato chimico qualitativo buono gli approfondimenti non devono lasciare dubbi e pertanto l'incertezza associata allo stato buono dovrà sempre essere bassa.

5) CORRELAZIONI

Il criterio della "CORRELAZIONE" prevede la valutazione di correlazioni binarie fra il parametro critico e altre sostanze o parametri affini (ossia che potrebbero coesistere in concomitanza di un particolare processo causa-effetto). Facilmente, al di là del superamento o meno dei valori soglia normativi, le criticità dovute ad un particolare evento o processo (naturale o antropico) sono associate ad anomale concentrazioni di altre sostanze o a particolari valori dei parametri chimico fisici rilevati nello stesso campione. Verificate le correlazioni binarie si osserva se anche nei restanti punti di controllo, purché classificati in stato "buono", siano mai state rilevate concentrazioni anomale della sostanza indagata o sostanze ad essa affini. Qualora non si osservino correlazioni con altri parametri né valori anomali nelle altre stazioni - relativamente a tutto il periodo di monitoraggio - si

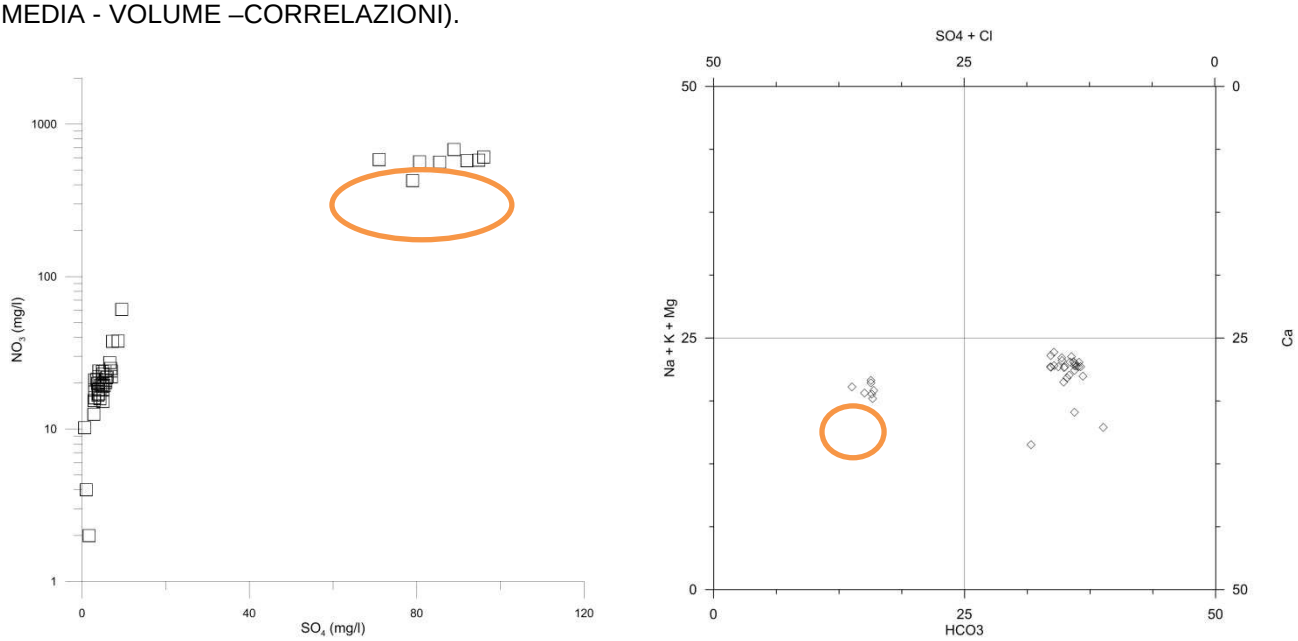
[1] Vedi criteri CORRELAZIONI e TENDENZA

considera la criticità come puntuale, propendendo per uno stato buono dell'intero corpo idrico. In caso contrario il corpo idrico sarà classificato come non buono, anche a fronte di una sola stazione e un solo parametro critico.
L'assenza di correlazioni porterebbe anche aiutare ad individuare eventuali errori analitici, soprattutto nel caso di un unico valore anomalo. Un eventuale errore sarebbe tuttavia valutabile anche attraverso l'osservazione dell'andamento delle concentrazioni del parametro critico nel tempo (criterio della "TENDENZA").

Inoltre, nell'accezione più ampia del termine correlazione, viene anche eseguita una classificazione geochimica di tutti i campioni prelevati all'interno del corpo idrico. Tale classificazione, eseguita attraverso i diagrammi LL, permette di osservare se alla presenza di un'anomalia sia associato un particolare chimismo delle acque o se i campioni provenienti da una stazione in stato non buono differiscano per chimismo dai restanti. Al verificarsi di una di queste due condizioni si propende per una criticità rispettivamente puntuale nel tempo o nello spazio, che di norma determina uno stato buono dell'intero corpo idrico.

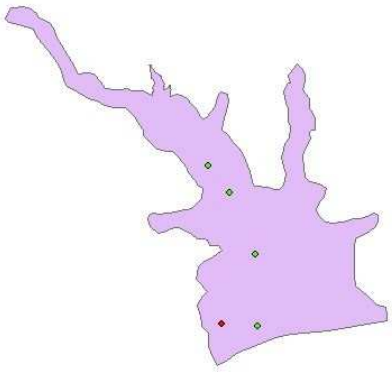
Affinché un corpo idrico possa essere contraddistinto da uno stato chimico qualitativo buono il criterio "CORRELAZIONE" non deve lasciare dubbi e pertanto è sempre associato ad altri criteri valutativi. Cautelativamente l'incertezza associata allo stato buono dovrà sempre essere bassa, mentre nei casi di classificazione non buono del corpo idrico è spesso associata un'incertezza da media a alta.

Di seguito si riportano, a titolo esplicativo, le elaborazioni eseguite per l'applicazione dei criteri "VOLUME" e "CORRELAZIONI" al fine della classificazione qualitativa del corpo idrico del t. Sansobbia, caratterizzato da 5 stazioni di monitoraggio di cui 1 in stato scadente e 4 in stato buono (Stato BUONO, incertezza BASSA, criterio MEDIA - VOLUME –CORRELAZIONI).



Il diagramma LL, a sinistra nella figura, mostra la particolare composizione cloruro-solfato dominante dei campioni della stazione scadente (cerchio arancione) rispetto alla composizione bicarbonatica di tutti i campioni prelevati nei restanti stazioni pozzi. La composizione cationica, alcalino-terrosa, esclude interazioni con acqua di mare. Anche il grafico semilogaritmico di correlazione SO_4 Vs NO_3 riflette la particolarità dei campioni prelevati dalla stazione in stato qualitativo non buono.

Le due elaborazioni, unitamente alla posizione della stazione oggetto di approfondimenti, portano a considerare la puntualità del fenomeno osservato propendendo ad uno stato generale BUONO. Si suggeriscono approfondimenti per la determinazione del fenomeno in atto ed eventualmente non considerare più il pozzo come significativo.



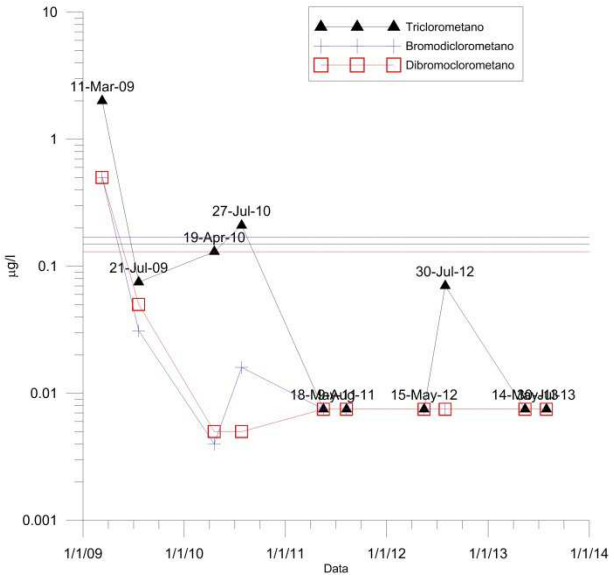
6) TENDENZA

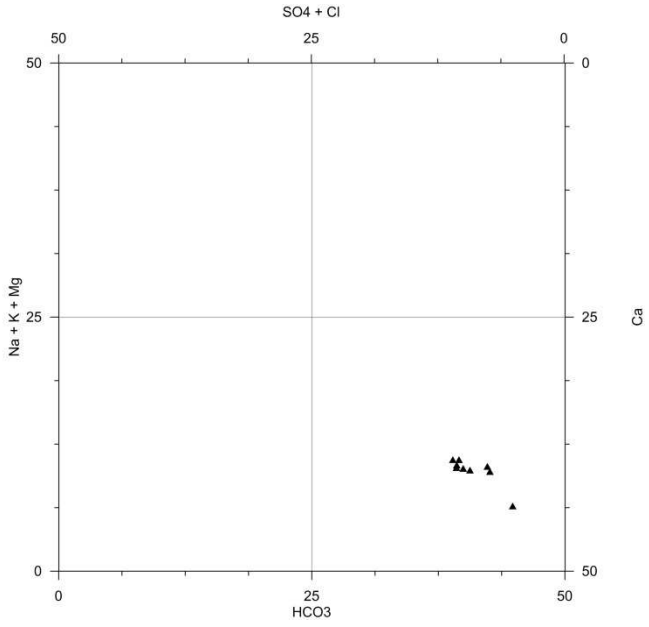
Consiste nell'osservazione, durante l'intero periodo di riferimento, delle concentrazioni del parametro che ha determinato la classificazione non buono di una stazione. Solitamente è utilizzato per la classificazione di corpi idrici con poche stazioni di monitoraggio (da 1 a 4) e quando un solo pozzo mostra criticità per un solo parametro. Quando è ben visibile che un solo valore anomalo ha determinato un valore medio di concentrazione superiore al valore soglia e tale evento non si è verificato durante l'ultimo anno di monitoraggio il corpo idrico può ragionevolmente essere classificato come buono. Infatti l'evento può essere ricondotto a un episodio isolato nel tempo e nello spazio o ad un errore analitico. Il criterio "TENDENZA" è sempre associato al criterio "CORRELAZIONI".

Di seguito si riportano, a titolo esplicativo, le elaborazioni eseguite per l'applicazione dei criteri "MEDIA" e "TENDENZA" ai fini della classificazione qualitativa del corpo idrico del t. Boate, monitorato attraverso una stazione, risultata poi non buona. (CLASSIFICAZIONE CI: Stato NON BUONO, incertezza ALTA, criterio MEDIA – TENDENZA). In questo caso, anche a fronte di un'apparente certezza (tutte le stazioni in stato non buono), si è deciso di eseguire approfondimenti per verificare se il superamento del valore soglia di un unico parametro (tricloroetilene) fosse stato determinato da un unico valore anomalo. Vista la natura del parametro anomalo sono state osservate anche le concentrazioni di organoalogenati affini che presentassero valori superiori al limite di quantificazione analitica, bromodiclorometano e dibromoclorometano.

Il diagramma LL mostra una netta monotonia composizionale nel tempo, che porterebbe ad indicare la continuità e la stabilità del flusso idrico nel corpo idrico esaminato, escludendo apporti diversificati. Le anomalie potrebbero pertanto essere collegate ad eventi antropici accidentali ed occasionali.

Il grafico di sinistra mostra che tutti i parametri plottati hanno i valori di concentrazione più elevati nel 2009, triclorometano e dibromoclorometano superiori al valore soglia (i valori soglia delle 3 sostanze sono le rette parallele all'asse delle ascisse). Le concentrazioni anomale di triclorometano si ripetono anche nel 2010 e nel 2012. La ripetitività nel tempo di valori anomali della sostanza che ha determinato lo stato non buono e l'esistenza di concentrazioni apprezzabili di sostanze affini ha determinato senza dubbio uno stato qualitativo complessivo non buono. Tuttavia la tendenza marcatamente discendente delle concentrazioni di triclorometano, il superamento del valore soglia in soli 2 casi su 9 e valori apprezzabili degli altri idrocarburi riferiti solo al 2009 portano a rimarcare un'incertezza alta, che sta ad indicare il naturale decadimento del fenomeno in atto.





7) STUDIO DI DETTAGLIO

Tale criterio è utilizzato quando il risultato della classificazione qualitativa è supportato da studi o progetti di approfondimento specifico, non necessariamente relativi alle criticità osservate in fase di valutazione dei dati analitici. Ad esempio possono essere valutati approfondimenti di carattere idrogeologico o modellistico (sviluppo di modelli matematici di flusso di falda) relativi ad un particolare acquifero sotterraneo.

8) PRESSIONI

Anche in questo caso l'indicazione "PRESSIONI" non individua un metodo classificativo, ma pone l'attenzione sull'eventuale necessità di riesaminare la rete di monitoraggio ai fini di interpretare situazioni critiche in relazione alle pressioni esistenti. Utilizzato per gli acquiferi del t. Segno e F. Bormida di Spigno, dove sono presenti numerose e diversificate pressioni antropiche.

9) SUPERI SECONDA COLONNA TABELLA 3

In tre corpi idrici, alluvioni dei torrenti Nervia, Maremola e Letimbro, la media delle concentrazioni di alcuni parametri (sommatorie di IPA) ha sorpassato i valori soglia della seconda colonna di tabella 3 dell'Allegato 3 del d.Lgs. 30/09. Tale colonna prevede valori di concentrazione media più cautelativi nel caso in cui le acque sotterranee alimentino corpi idrici superficiali. Tuttavia lo sviluppo di modelli numerici di simulazione del flusso idrico sotterraneo e l'analisi comparativa di livelli di falda monitorati in continuo, pluviometrie e deflussi superficiali ha permesso di escludere che la qualità delle acque sotterranee possa influenzare lo stato qualitativo dei torrenti che scorrono sui corpi reservoir. Infatti tutti gli acquiferi di versante tirrenico monitorati ai sensi del d. Lgs. 152/06 e del d. Lgs. 30/09 sono ubicati nella parte terminale delle piane alluvionali, dove i torrenti hanno prevalentemente una azione di ricarica delle falde acquifere sotterranee. Le modellazioni numeriche hanno permesso di quantificare gli scambi superficiali-sotterranee (falda drenante) e sotterranee-superficiali (fiume drenante), dimostrando che i quantitativi di acque sotterranee che alimentano in alcuni tratti le acque superficiali (zone puntuali spesso corrispondenti alle zone focive in corrispondenza della chiusura del bacino idrografico) risultano ininfluenti rispetto a quelli diretti nel versso contrario, dalla dai torrenti verso la falda. Anche l'osservazione delle correlazioni tra pluviometrie, deflussi superficiali e freatimetrie acquisite in continuo con frequenza oraria hanno mostrato che le ricariche della falda sono dipendenti dalle acque superficiali.

3. Stato Quantitativo degli Acquiferi Vallivi

3.1. Criteri classificativi per lo stato quantitativo

Nel d.Lgs. 152/06 viene definito lo stato quantitativo da raggiungere ai fini degli obiettivi di qualità, tuttavia non è riportato alcun criterio ed "algoritmo" per giungere ad una classificazione oggettiva e riproducibile dello stesso.

Il d.Lgs. 30/09, riprende i concetti espressi dal d. Lgs. 152/06, approfondendo alcuni importanti aspetti collegati allo stato quantitativo dei corpi idrici sottoposti a monitoraggio. Di fatto pone l'attenzione sulle interazioni tra "quantità" della risorsa sotterranee ed ecosistemi terrestri ad essa collegati e corsi d'acqua superficiali, individuando, specificatamente per gli acquiferi vallivi (porosi), i livelli di falda come parametro fondamentale ai fini della classificazione quantitativa. Tale parametro, sempre secondo quanto riportato dal d.Lgs. 30/09 Allegato 4, deve essere correlato al monitoraggio di altri parametri: parametri chimici o chimico-fisici indicatori (ad es. per l'individuazione dei fenomeni intrusione del cuneo salino), piovosità, monitoraggio ecologico degli ecosistemi terrestri connessi alle acque sotterranee (qualora esistenti), livelli di idrici di invasi e zone umide, estrazioni di acque sotterranee. Un altro concetto di fondamentale importanza è la quantificazione delle risorse idriche di un corpo idrico e la sua sostenibilità attraverso lo sviluppo del bilancio idrico. Infine nell'allegato 4 sono riportati i criteri per la messa in opera di una rete di monitoraggio. Gli importanti sviluppi prodotti dal D.Lgs. 30/09 mostrano un carattere fondamentalmente concettuale e poco aiutano a colmare le lacune operative del D.Lgs 152/06: ad oggi permane l'assenza di criteri operativi e "algoritmi" che permettano una classificazione oggettiva e riproducibile dello stato quantitativo.

Nella regione Liguria, relativamente ai corpi idrici vallivi, i parametri utilizzati per la classificazione dello stato qualitativo sono essenzialmente i livelli freatimetrici, le pluviometrie e l'osservazione di alcuni parametri chimici o chimico-fisici derivanti dal monitoraggio qualitativo. Riveste particolare importanza la necessità di acquisire per il futuro dati precisi e puntuali sulle derivazioni in atto. Ad oggi la mancanza di tale dato ha determinato l'esigenza di considerare come PRESSIONI SIGNIFICATIVE tutte le grandi derivazioni e le restanti estrazioni di acque di falda destinate al consumo umano.

Come già detto riguardo nel paragrafo precedente, non si considerano significative le interazioni acque sotterranee - acque superficiali ai fini della compromissione di queste ultime a causa di inquinamenti provenienti dalle falde stesse. Pertanto, anche a fronte dell'assenza di invasi o zone umide all'interno dei corpi idrici sotterranei, non sono stati utilizzati il monitoraggio ecologico degli ecosistemi terrestri connessi alle acque sotterranee e la misurazione dei livelli idrici di invasi e zone umide (suggeriti dalla normativa).

Come strumento di classificazione quantitativa ci si è anche avvalsi in alcuni casi di modelli matematici di flusso. Lo sviluppo di 4 modelli (acquiferi dei torrenti Polcevera, Quiliano, Roia ed Entella) ha portato ad ottimi risultati che hanno permesso di ampliare la conoscenza di base circa la quantificazione della risorsa, l'individuazione e la quantificazione degli "in" e "out" di un sistema acquifero (bilancio idrico del corpo idrico come unità di bilancio) e la sua vulnerabilità agli sfruttamenti e all'intrusione di acque marine.

Ritenendo ovviamente fondamentale il monitoraggio dei livelli freatimetrici, nel corso dei monitoraggi ambientali, iniziati nel 2001 in applicazione del d.LGS. 152/99, si è cercato di aumentare, per quanto possibile, la frequenza delle misure, sempre effettuate su tutti i pozzi della rete qualitativa. In molti acquiferi a partire dal 2007 si è provveduto ad innalzare la frequenza da trimestrale a mensile. Parallelamente, a partire dal 2010, si è iniziato ad acquisire dati in continuo con frequenza oraria in 40 punti di misura (la maggior parte coincidenti con stazioni qualitative) ubicati negli 8 acquiferi vallivi liguri strategicamente più importanti ovvero maggiormente utilizzati per scopi idropotabili.

L'analisi dei dati ha mostrato la strettissima correlazione esistente tra piogge e livelli di falda, maggiormente identificabile, anche per via analitica, tra deflussi superficiali e livelli di falda. I sistemi sotterranei hanno mostrato tempi di risposta alle piogge e conseguentemente ai deflussi superficiali pressoché istantanei (ore). Tali rapidissime variazioni hanno palesato la difficoltà a classificare questa tipologia di acquiferi attraverso misure puntuali, trimestrali o mensili che siano. Tanto è vero che, oltre agli 8 acquiferi monitorati quantitativamente in continuo, solo altri 12 acquifero sono stati classificati attraverso un approccio comparativo piogge-freatimetrie. Ad amplificare ulteriormente la problematica connessa alle misure puntuali (nel tempo) interviene l'assenza di dati

sulle estrazioni dai singoli pozzi o campi pozzi, che permetterebbe un approccio, sempre comparativo, piogge-prelievi-freatimetrie. Per questi motivi si è prevista l'installazione di ulteriori 50 centraline in continuo sul territorio regionale entro il 2015, alcune delle quali dotate anche di sensore per la misura in continuo della conducibilità per monitorare eventuali intrusioni saline e il loro rapporto con il livello di falda.

La valutazione di eventuali intrusioni saline, che determina uno stato scadente, è stato valutato attraverso considerazioni geochimiche: correlazioni Cl vs Na, classificazione geochimica e diagramma di Salinità Ionica Totale.

Di seguito si riportano i criteri che sono stati utilizzati per la classificazione quantitativa. Ad ogni corpo idrico classificato è stato associato il criterio utilizzato e il relativo grado di incertezza.

1) FREATIMETRIE

Il criterio "FREATIMETRIE" è fondamentale per giungere ad un'oggettiva classificazione quantitativa. L'applicazione di questo criterio ha previsto l'osservazione dell'andamento nel tempo dei livelli freatimetrici. Sono stati pertanto costruiti per ogni corpo idrico, visualizzando contemporaneamente tutte le serie disponibili (tutti i punti di misura), grafici lineari con il tempo lungo l'asse delle ascisse e i valori di soggiacienza lungo l'asse delle ordinate, utilizzando un ordine inverso affinché ai valori minimi di soggiacienza corrispondessero visivamente sul grafico a massimi del livello di falda. Sullo stesso grafico sono state anche visualizzate le cumulate giornaliere delle piogge, per l'analisi comparativa delle due variabili (analisi grafica). Le serie di misure manuali e puntuali (nel tempo) sono riferite all'intero periodo di riferimento (2009-2013), mentre le misure in continuo, iniziate nel 2010-2011, hanno determinato un inevitabile accorciamento del periodo di osservazione. Partendo dal presupposto che l'incertezza sulla classificazione decresce all'aumentare del periodo di osservazione, relativamente alle misure in continuo si sono utilizzate tutte le misure disponibili, considerando anche quelle intercorse tra fine 2013 e agosto 2014.

La sostenibilità della risorsa (stato buono), anche a fronte dei prelievi non noti, è stata accertata quando al termine di ogni anno solare i livelli si sono ristabiliti sui medesimi valori degli anni precedenti, anche a seguito di stagioni particolarmente secche. Ai fini della classificazione non sono state considerate, sebbene calcolate, le regressioni lineari dei livelli di falda in quanto, in un periodo di monitoraggio pluriennale, una tendenza negativa può essere determinata da successioni di periodi siccitosi via via più duraturi anche a fronte di piovosità annuali uguali. Si sottolinea che i coefficienti angolari calcolati per ogni serie di misura disponibile hanno sempre mostrato coefficienti angolari (sia positivi che negativi) rappresentativi di pendenze pressoché trascurabili.

Per i corpi idrici monitorati in continuo sono stati anche creati grafici di correlazione fra livelli di falda (ordinate) e piogge (ascisse) e fra livelli di falda (ordinate) e deflussi superficiali stimati da modelli (ascisse). Tali grafici non sono stati utilizzati specificatamente per la classificazione ma hanno fornito ottimi presupposti all'interpretazione dei fenomeni di ricarica in atto. Di seguito si riportano a titolo esplicativo alcuni grafici di esempio, utili anche a chiarire le considerazioni idrogeologiche riportate in introduzione.

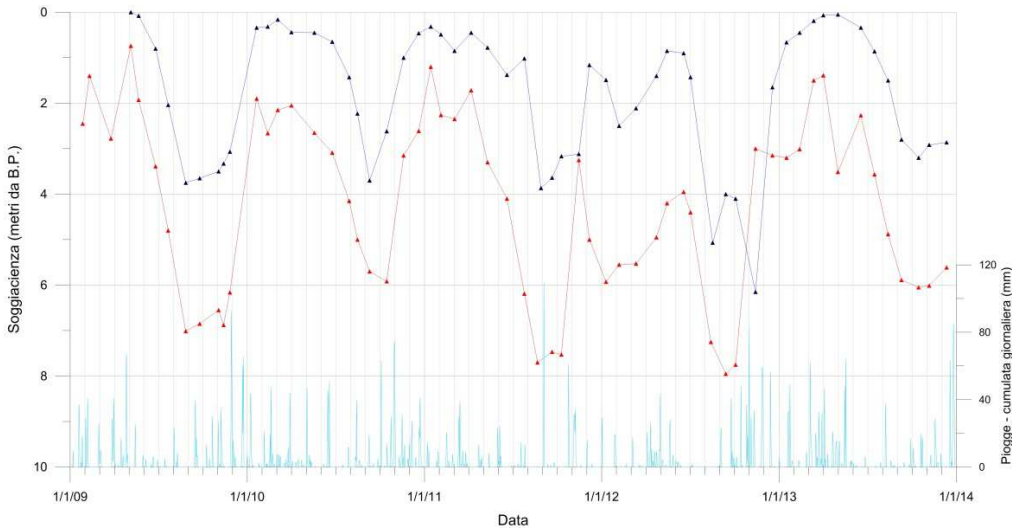


Figura 1: misure manuali con cadenza mensile in due punti di monitoraggio dell'acquifero t. Merula. Nel 2013 si osservano livelli massimi confrontabili a quelli del 2009, solo il 2012 presenta valori inferiori, ma ciò è imputabile a fenomeni naturali (periodo particolarmente siccitoso). Ne consegue uno stato buono.

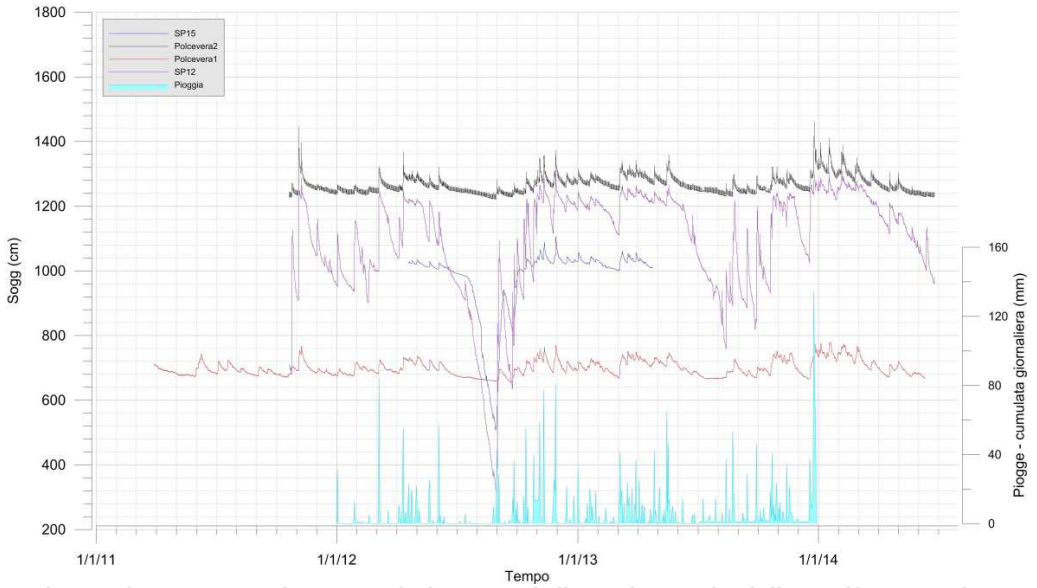


Figura 2: misure in continuo con cadenza oraria in 4 punti di monitoraggio dell'acquifero t. Polcevera. Nel 2013 si osservano livelli massimi superiori a quelli dei precedenti anni, dovuto agli straordinari eventi piovosi di fine 2013. Da notare la perfetta correlazione grafica tra piogge e innalzamenti della falda. I due punti Polcevera1 e Polcevera2 mostrano oscillazioni poco accentuate, poiché risentono della vicinanza del torrente (effetto tampone), mentre gli altri pozzi sono caratterizzati da grandi escursioni di falda determinate dall'influenza di affluenti minori che si prosciugano e si ingrossano molto più rapidamente del corso d'acqua principale.

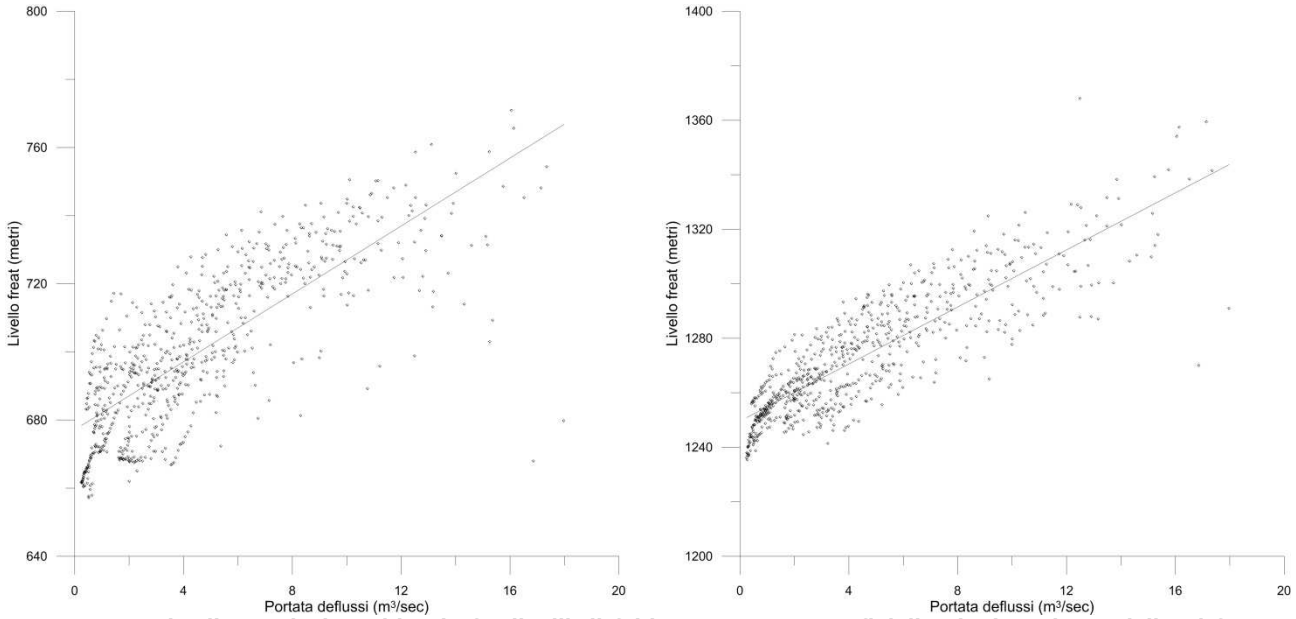


Figura 3: esempio di correlazione binaria fra livelli di falda e portate superficiali calcolate da modello. Il fattore di correlazione risulta pari a 0.74 e 0.61 rispettivamente in Polcevera1 e Polcevera2, ubicati sulla sezione di ingresso delle alluvioni. Ciò dimostra inequivocabilmente l'influenza delle acque superficiali sulla ricarica della falda sotterranea.

2) MODELLO – FREATIMETRIE

La classificazione è ottenuta attraverso lo sviluppo di modelli matematici di flusso sotterraneo, basati sulla discretizzazione tridimensionale del corpo ospitante la falda. Il modello, se supportato da conoscenze idrogeologiche stratigrafiche e da dati sperimentali adeguati, permette di raggiungere un altissimo grado di affidabilità, rispondendo ad ogni obiettivo richiesto dalla normativa. Lo sviluppo dei modelli ha anche permesso la quantificazione minima e massima della risorsa in relazione alle piogge e agli emungimenti e il bilancio idrico del corpo idrico inteso come unità di bilancio. Presupposti fondamentali per raggiungere calibrazioni ottimali sono la disponibilità di misure freatimetriche in continuo e, nel caso ligure, l'acquisizione delle scale di deflusso delle acque superficiali. I modelli, eseguiti in modalità transiente per un periodo pari ad un anno, sono stati sviluppati considerando approfondimenti idrogeologico-stratigrafici del corpo reservoir, misure in continuo dei livelli di falda, piogge, emungimenti e la presenza di corsi d'acqua. In 2 dei 4 modelli ultimati e calibrati è stata anche valutata l'ingressione marina al variare di possibili scenari di sfruttamento della risorsa e delle condizioni climatiche.

3) INTRUSIONE

L'intrusione del cuneo salino è stata valutata attraverso due metodi equivalenti, entrambi basati sui rapporti di concentrazione esistenti tra i componenti principali in fase acquosa di tutti i campioni raccolti.

Prima di procedere allo studio di ogni singolo acquifero è stata elaborato un istogramma di frequenza (classi ogni 5 mg/l) sull'intera popolazione dei valori di concentrazione di Cl- misurati nel periodo 2009-2013 (2359 valori). Tale elaborazione ha permesso di individuare un valore soglia oltre il quale la concentrazione di Cl potesse essere considerata anomala. Per discriminare poi intrusioni marine da possibili contaminazioni antropiche o errori analitici, le valutazioni hanno previsto approfondimenti su ogni acquifero nel quale sia stata evidenziata una situazione anomala.

METODO 1: utilizzo di grafici di correlazione binaria fra concentrazioni di Cl e Na. Il metodo assume che la composizione dell'acqua di mare sia costante, che siano costanti i rapporti fra le concentrazioni degli ioni maggiori e che le acque di mare abbiano una salinità ben maggiore di quelle sotterranee; pertanto le miscele acque di falda - acque di mare (zona di intrusione) dovrebbero mostrare un rapporto Cl/Na confrontabile a quello delle acque marine e range di concentrazioni delle due variabili intermedi fra i bassi valori di concentrazione delle acque di falda e a quelli (altissimi) delle acque di mare. Eventuali arricchimenti di cloruri dovuti ad altre cause si distinguerebbero per variazioni del suddetto rapporto, e la loro ubicazione nel grafico Cl vs Na sarebbe contraddistinta dai restanti punti.

METODO 2: classificazione geochimica attraverso diagrammi LL, la lettura dei quali permette un'immediata individuazione di acque a composizione cloruro sodica dominante, caratteristica delle acque marine. I diagrammi LL non permettono tuttavia di discriminare i valori di conducibilità[2], pertanto questa tipologia di grafico deve essere supportata da valutazioni della salinità dei campioni plottati.

L'utilizzo di uno o entrambi i metodi ha permesso di evidenziare chiaramente gli influssi delle acque marine nelle parti terminali degli acquiferi vallivi di versante tirrenico. Tuttavia a questo criterio è quasi sempre associata un'incertezza da media ad elevata poiché le concentrazioni collegate all'intrusione sono estremamente basse ed individuano solo una tendenza dell'acquifero ad essere esposto a possibili effetti di miscelamento. Ne consegue che spesso i corpi idrici classificati come scadenti per effetti di intrusione sono contraddistinti da un'incertezza alta e la classificazione assume un carattere cautelativo.

[2]A causa dell'esposizione degli acquiferi vallivi di versante tirrenico all'aerosol marino, tutti campioni di acque sotterranee sono contraddistinti da rapporti Cl/Na confrontabili a quello delle acque di mare, soprattutto quelli esposti ad infiltrazione diretta. Pertanto solo la loro concentrazione può essere caratterizzare apporti di acque marine.

4) INTRUSIONE – VOLUME

Il criterio “INTRUSIONE–VOLUME” è analogo al precedente, soltanto che gli effetti dell’intrusione marina non sono stati ritenuti sufficienti a classificare il corpo idrico come quantitativamente scadente, poiché il volume interessato dal fenomeno rispetto all’intero corpo idrico è trascurabile. I due casi osservati determinano una classificazione buona con alto grado di incertezza e si suggerisce un’implementazione della rete per meglio indagare il fenomeno (misuratori in continuo della conducibilità).

5) DATI QUALITATIVI

Utilizzato quando le misure freatimetriche manuali non hanno evidenziato trend “leggibili” (11 corpi idrici). Qualora non sia evidenziato alcun effetto di intrusione salina e tutte le stazioni siano caratterizzate da uno stato qualitativo buono, si assume che lo sfruttamento della risorsa non abbia determinato cambiamenti e peggioramenti del chimismo delle acque. Pertanto in questi casi al corpo idrico viene associato uno stato quantitativo buono con alto grado di incertezza, analogamente nei casi contrari (intrusione o almeno una stazione qualitativamente scadente) lo stato quantitativo è stato considerato scadente, sempre con incertezza alta, indicando il criterio “CAUTELATIVO-DATI QUALITATIVI”.
In tutti i corpi idrici classificati con i criteri “DATI QUALITATIVI” e “CAUTELATIVO-DATI QUALITATIVI”, se logisticamente possibile, sarà prevista il posizionamenti di sonde freatimetriche in continuo entro il 2015.

6) FALDA<LMM

Utilizzato quando le misure freatimetriche evidenziano livelli di falda inferiori al livello medio marino. Al verificarsi di questa circostanza il corpo idrico è classificato come scadente, in quanto solo un sovrasfruttamento può determinare questo fenomeno che, a sua volta, potrebbe comportare intrusioni del cuneo salino nelle acque di falda.
Il criterio è da adottarsi solo nel caso in cui il livello di falda < L.M.M. sia stato misurato in una stazione non sottoposta ad emungimento o per la quale sia possibile determinare la soggiacenza statica, poiché la misura dinamica, soprattutto per emungimenti importanti, può facilmente essere disturbata da quello che è definito effetto “svuotamento pozzo”, che si determina quando le aliquote emunte sono superiori alle aliquote di ricarica del pozzo.

7) IDROGEOLOGICO

Con il termine “IDROGEOLOGICO” non si individua un criterio classificativo. Esso è associato a tutti i corpi idrici di versante padano (Bormida di Spigno, Bormida di Millesimo di valle, Bormida di Millesimo di monte e Scrivia). Per questi corpi idrici sono emerse serie difficoltà ai fini classificativi dello stato quantitativo, d'altronde evidenziate anche relativamente allo definizione stato chimico. Infatti le alluvioni vallive appaiono discontinue e formate dalla successione di aree occupate da depositi alluvionali e zone dove il fiume scorre praticamente su substrato roccioso. Per questo motivo l’acquifero delle alluvioni del Bormida di Millesimo è stato diviso in due corpi idrici. In questi particolari contesti idrogeologici e geomorfologici la rete di monitoraggio dovrebbe prevedere un punto per ogni zona contraddistinta da prismi alluvionali importanti (per dimensioni volumetriche), che potrebbero tra loro essere indipendenti. Negli anni si è appurato che non esistono pozzi o piezometri in grado di soddisfare questa necessità (Bormide).

4. Classificazione degli Acquiferi Vallivi

STATO CHIMICO

Codice Corpo idrico	*NOME*	*Stato Chimico*	*Superi_SC*	*incertezza*	*criterio*
CI_AGE01	POLCEVERA	NON BUONO	Benzo(g,h,i)perilene - Dibenzo(a,h)antracene - Tetracloroetilene - Triclorometano	bassa	MEDIA VOL>20%
CI_AGE02	BISAGNO	NON BUONO	Benzo(a)pirene - Benzo(b)fluorantene - Benzo(g,h,i)perilene - Benzo(k)fluorantene - Dibenzo(a,h)antracene - Triclorometano - Tetracloroetilene - Dibromoclorometano	bassa	MEDIA VOL>20%
CI_AGE03	SCRIVIA	NON BUONO	Bromodiclorometano - Dibromoclorometano - Tetracloroetilene - Triclorometano - Tricloroetilene - Benzene - Bromodiclorometano - Dibromoclorometano - NH4	bassa	MEDIA VOL>20%
CI_AGE04	ENTELLA	NON BUONO	Triclorometano - Dibromoclorometano	bassa	MEDIA VOL>20% - CORRELAZIONI
CI_AGE05	GROMOLO-PETRONIO	NON BUONO	Cromo VI - Bromodiclorometano - Dibromoclorometano	alta	MEDIA
CI_AGE06	CERUSA	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_AGE07	CANTARENA	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_AGE08	SORI	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_AGE09	RECCO	NON BUONO	Bromodiclorometano - Dibromoclorometano - Triclorometano	bassa	MEDIA VOL>20%
CI_AGE10	BOATE	NON BUONO	Triclorometano	alta	MEDIA - TENDENZA
CI_AIM01	ROIA	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_AIM02	NERVIA	BUONO		bassa	MEDIA VOL>20% - SUPERI SECONDA COLONNA TABELLA 3
CI_AIM03_A	ARGENTINA	BUONO		bassa	MEDIA - VOLUME - CORRELAZIONI
CI_AIM03_B	ARGENTINA	NON BUONO	Nitrati	alta	MEDIA VOL>20%
CI_AIM03_C	ARGENTINA	NON BUONO	Nitrati	alta	MEDIA VOL>20%
CI_AIM04	PRINO	NON BUONO	Triclorometano	alta	MEDIA - VOLUME - TENDENZA - CORRELAZIONI
CI_AIM05	IMPERO	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_AIM06	SAN LORENZO	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_ASP01_A	MAGRA - VARA	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80% - STUDIO DI DETTAGLIO
CI_ASP01_B	MAGRA - VARA	NON BUONO	Cloruri - Conducibilita'	alta	MEDIA VOL>80%
CI_ASP02	CASTAGNOLA	NON BUONO	Cromo VI - Triclorometano	alta	MEDIA - CORRELAZIONI

Codice Corpo idrico	NOME	Stato Chimico	Superi_SC	incertezza	criterio
CI_ASP03	GHIARARO	NON BUONO	Bromodiclorometano - Dibromoclorometano - Triclorometano - Tetracloroetilene	bassa	MEDIA VOL>20%
CI_ASV01_A	CENTA e MINORI	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_ASV01_B	CENTA e MINORI	NON BUONO	Nitrati - Solfati - Triclorometano - Dibromoclorometano - Conducibilita'	bassa	MEDIA VOL>20%
CI_ASV02_A	QUILIANO - SEGNO	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_ASV02_B	QUILIANO - SEGNO	NON BUONO	Cloruri - Conducibilita' - Ammoniaca - Fluoruri - Antimonio	alta	MEDIA - PRESSIONI
CI_ASV03	SANSOBBIA	BUONO		bassa	MEDIA - VOLUME - CORRELAZIONI
CI_ASV04	BORMIDA DI SPIGNO	NON BUONO	Triclorometano - Boro - Cloruri	alta	MEDIA - PRESSIONI
CI_ASV05	LETIMBRO	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80% - SUPERI SECONDA COLONNA TABELLA 3
CI_ASV06	MERULA	BUONO		bassa	MEDIA - VOLUME - TENDENZA - CORRELAZIONI
CI_ASV07_A	BORMIDA DI MILLESIMO	BUONO		alta	MEDIA
CI_ASV07_B	BORMIDA DI MILLESIMO	BUONO		alta	MEDIA
CI_ASV08	VARATELLA	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_ASV09	MAREMOLA	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80% - SUPERI SECONDA COLONNA TABELLA 3
CI_ASV10	NIMBALTO	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_ASV11	AQUILA	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_ASV12	BOTTASSANO	BUONO		bassa	MEDIA - VOLUME - TENDENZA - CORRELAZIONI
CI_ASV13	SCIUSA	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_ASV14	CROVETTO	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_ASV15	TEIRO	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%
CI_ASV16	GHIARE	BUONO		bassa	MEDIA VOL>80%

STATO QUANTITATIVO

Codice Corpo idrico	*NOME*	*Stato Quantitativo*	*incertezza*	*Criterio*
CI_AGE01	POLCEVERA	BUONO	bassa	MODELLO-FREATIMETRIE
CI_AGE02	BISAGNO	BUONO	alta	FREATIMETRIE - DATI QUALITATIVI
CI_AGE03	SCRIVIA	BUONO	alta	IDROGEOLOGICO
CI_AGE04	ENTELLA	BUONO	bassa	MODELLO -FREATIMETRIE
CI_AGE05	GROMOLO-PETRONIO	BUONO	bassa	FREATIMETRIE -DATI QUALITATIVI
CI_AGE06	CERUSA	BUONO	alta	DATI QUALITATIVI
CI_AGE07	CANTARENA	SCADENTE	alta	INTRUSIONE
CI_AGE08	SORI	BUONO	alta	DATI QUALITATIVI
CI_AGE09	RECCO	SCADENTE	alta	DATI QUALITATIVI
CI_AGE10	BOATE	SCADENTE	alta	DATI QUALITATIVI
CI_AIM01	ROIA	BUONO	bassa	MODELLO -FREATIMETRIE
CI_AIM02	NERVIA	BUONO	alta	INTRUSIONE - VOLUME
CI_AIM03_A	ARGENTINA	BUONO	bassa	FREATIMETRIE - INTRUSIONE - VOLUME
CI_AIM03_B	ARGENTINA	SCADENTE	alta	DATI QUALITATIVI
CI_AIM03_C	ARGENTINA	SCADENTE	alta	DATI QUALITATIVI
CI_AIM04	PRINO	SCADENTE	alta	DATI QUALITATIVI
CI_AIM05	IMPERO	BUONO	bassa	FREATIMETRIE
CI_AIM06	SAN LORENZO	BUONO	alta	INTRUSIONE - VOLUME
CI_ASP01_A	MAGRA - VARA	BUONO	alta	FREATIMETRIE
CI_ASP01_B	MAGRA - VARA	SCADENTE	alta	INTRUSIONE
CI_ASP02	CASTAGNOLA	BUONO	alta	DATI QUALITATIVI
CI_ASP03	GHIARARO	SCADENTE	alta	DATI QUALITATIVI
CI_ASV01_A	CENTA e MINORI	BUONO	bassa	FREATIMETRIE
CI_ASV01_B	CENTA e MINORI	SCADENTE	alta	INTRUSIONE
CI_ASV02_A	QUILIANO - SEGNO	SCADENTE	bassa	MODELLO - FALDA<LMM - INTRUSIONE
CI_ASV02_B	QUILIANO - SEGNO	SCADENTE	alta	DATI QUALITATIVI
CI_ASV03	SANSOBBIA	BUONO	alta	DATI QUALITATIVI
CI_ASV04	BORMIDA DI SPIGNO	BUONO	alta	IDROGEOLOGICO
CI_ASV05	LETIMBRO	BUONO	bassa	FREATIMETRIE
CI_ASV06	MERULA	BUONO	bassa	FREATIMETRIE
CI_ASV07_A	BORMIDA DI MILLESIMO	BUONO	alta	IDROGEOLOGICO
CI_ASV07_B	BORMIDA DI MILLESIMO	BUONO	alta	IDROGEOLOGICO
CI_ASV08	VARATELLA	BUONO	bassa	FREATIMETRIE
CI_ASV09	MAREMOLA	BUONO	bassa	FREATIMETRIE
CI_ASV10	NIMBALTO	BUONO	alta	FREATIMETRIE - DATI QUALITATIVI
CI_ASV11	AQUILA	BUONO	bassa	FREATIMETRIE - INTRUSIONE - VOLUME
CI_ASV12	BOTTASSANO	SCADENTE	alta	INTRUSIONE
CI_ASV13	SCIUSA	BUONO	bassa	FREATIMETRIE - PROGETTO
CI_ASV14	CROVETTO	SCADENTE	alta	INTRUSIONE
CI_ASV15	TEIRO	BUONO	alta	FREATIMETRIE - DATI QUALITATIVI
CI_ASV16	GHIARE	BUONO	bassa	FREATIMETRIE -DATI QUALITATIVI

5. Elenco dei Corpi Idrici Acquiferi Vallivi a Rischio

Codice Corpo idrico	NOME	Stato Chimico	Stato Quantitativo	Stato Complessivo	RISCHIO
CI_AGE01	POLCEVERA	Non Buono	Buono	Non Buono	A Rischio
CI_AGE02	BISAGNO	Non Buono	Buono	Non Buono	A Rischio
CI_AGE03	SCRIVIA	Non Buono	Buono	Non Buono	A Rischio
CI_AGE04	ENTELLA	Non Buono	Buono	Non Buono	A Rischio
CI_AGE05	GROMOLO-PETRONIO	Non Buono	Buono	Non Buono	A Rischio
CI_AGE06	CERUSA	Buono	Buono	Buono	A Rischio
CI_AGE07	CANTARENA	Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_AGE08	SORI	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_AGE09	RECCO	Non Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_AGE10	BOATE	Non Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_AIM01	ROIA	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_AIM02	NERVIA	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_AIM03_A	ARGENTINA	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_AIM03_B	ARGENTINA	Non Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_AIM03_C	ARGENTINA	Non Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_AIM04	PRINO	Non Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_AIM05	IMPERO	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_AIM06	SAN LORENZO	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASP01_A	MAGRA - VARA	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASP01_B	MAGRA - VARA	Non Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_ASP02	CASTAGNOLA	Non Buono	Buono	Non Buono	A Rischio
CI_ASP03	GHIARARO	Non Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_ASV01_A	CENTA e MINORI	Buono	Buono	Buono	A Rischio
CI_ASV01_B	CENTA e MINORI	Non Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_ASV02_A	QUILIANO - SEGNO	Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_ASV02_B	QUILIANO - SEGNO	Non Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_ASV03	SANSOBBIA	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASV04	BORMIDA DI SPIGNO	Non Buono	Buono	Non Buono	A Rischio
CI_ASV05	LETIMBRO	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASV06	MERULA	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASV07_A	BORMIDA DI MILLESIMO	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASV07_B	BORMIDA DI MILLESIMO	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASV08	VARATELLA	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASV09	MAREMOLA	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASV10	NIMBALTO	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASV11	AQUILA	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASV12	BOTTASSANO	Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_ASV13	SCIUSA	Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_ASV14	CROVETTO	Buono	Scadente	Non Buono	A Rischio
CI_ASV15	TEIRO	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio
CI_ASV16	GHIARE	Buono	Buono	Buono	Non a Rischio

6. Elenco dei Corpi Idrici Acquiferi Carsici a Rischio

Analisi delle pressioni agenti sui corpi idrici di cui sopra ed individuazione della classe di rischio per ogni corpo idrico

La valutazione oggettiva delle pressioni che incidono sulla qualità di un corpo idrico le metodologie correnti viene usualmente condotta in due fasi:

- la prima finalizzata a identificare le pressioni potenzialmente significative ovvero le pressioni la cui significatività è solo teorica e prescinde dall'effettivo stato di qualità dei corpi idrici superficiali;
- la seconda volta a identificare le pressioni realmente significative, attraverso il confronto con i dati di monitoraggio disponibili.

Per quanto riguarda la caratterizzazione dei corpi idrici carsici della Liguria è stato possibile attuare solamente la prima fase in quanto non esiste allo stato attuale una rete di monitoraggio e i dati disponibili sono del tutto parziali e disomogenei.

La valutazione delle pressioni potenzialmente significative è stata pertanto condotta attraverso la semplificazione del classico modello SPR (Source, Pathway, Receptor) che definisce il rischio come combinazione di tre elementi:

- il pericolo costituito da un'attività potenzialmente inquinante (equivalente alla sorgente/pressione, o Source);
- la vulnerabilità intrinseca delle acque sotterranee alla contaminazione (equivalente al percorso, o Pathway);
- le conseguenze potenziali di un evento di contaminazione sul recettore (Receptor) costituito dalle acque sotterranee.

In accordo con il modello così definito, la significatività potenziale della singola pressione è stabilita individuando il rischio, ovvero incrociando il pericolo, rappresentato dalla "magnitudo" della pressione, con la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi.

La vulnerabilità intrinseca può essere è stata considerata sempre molto elevata in ragione delle velocità di scorrimento delle acque e della ridottissima capacità di filtrazione, occorre solamente stabilire un indicatore, della magnitudo della pressione in relazione alla tipologia della pressione stessa.

Il risultato di questa sovrapposizione è sintetizzato nella tabella seguente in cui, sulla base dei parametri suddetti, è stato caratterizzato ciascun corpo idrico come potenzialmente a rischio o non a rischio di contaminazione.

Numero	Corpo idrico	Area carsica	Classe di rischio
1	Monte Grammondo	Monte Grammondo	Non a rischio
2	Barbaira	Nervia-Argentina	Non a rischio
3	Toraggio	Nervia-Argentina	Non a rischio
4	Pietravecchia	Nervia-Argentina	Non a rischio
5	Alta valle Argentina	Nervia-Argentina	Non a rischio
6	Piancavallo	Piancavallo	Non a rischio
7	Madonna dei Cancelli	Piancavallo	Non a rischio
8	Pennavaira	Pennavaira	Non a rischio
9	Ravinazzo	Ravinazzo	Non a rischio
10	Monte Nero	Monte Nero	Non a rischio
11	Bardineto	Bardineto	Non a rischio
12	Bric Tampa	Alta Val Maremola	Non a rischio
13	Magliolo	Alta Val Maremola	Non a rischio
14	Monte Carmo di Loano	Monte Carmo di Loano	Non a rischio
15	Monte Acuto - Picaro	Monte Acuto - Picaro	A rischio
16	Rocca Barbena	Rocca Barbena	Non a rischio
17	Rocca delle Fene	Pietra-Borgio	A rischio
18	Monte Grosso	Pietra-Borgio	A rischio
19	Borgio-Caprazoppa	Pietra-Borgio	A rischio
20	Monte Mao - Bergeggi	Monte Mao - Bergeggi	A rischio
21	Carpanea-Rocca di Perti	Finalese	Non a rischio
22	San Bernardino - Orco	Finalese	Non a rischio
23	Manie - Capo Noli	Finalese	Non a rischio
24	Giovetti	Giovetti	Non a rischio
25	Pallare	Pallare	Non a rischio
26	Bric Tana	Bric Tana	Non a rischio
27	Adelasia	Adelasia-Monte Pe	Non a rischio
28	Stella Corona	Stella Corona	Non a rischio
29	Monte Gazzo	Monte Gazzo - Isoverde	A rischio
30	Alta val Chiaravagna	Monte Gazzo - Isoverde	Non a rischio
31	Torbi	Monte Gazzo - Isoverde	Non a rischio
32	Isoverde	Monte Gazzo - Isoverde	A rischio
33	Alta val Graveglia	Alta val Graveglia	Non a rischio
34	Alta val di Vara	Alta val di Vara	Non a rischio
35	Val Frascarese	Alta val di Vara	Non a rischio
36	Cassana	Lama della Spezia	Non a rischio
37	Pignone - Portovenere	Lama della Spezia	A rischio
38	Montemarcello	Montemarcello	Non a rischio

L’esatta localizzazione, le caratteristiche anagrafiche, geografiche, e la tipizzazione di ciascun corpo idrico sotterraneo sono consultabili attraverso la cartografia interattiva, ed in particolare nella carta “Caratterizzazione delle acque sotterranee”.