



ARPAT

Agenzia regionale
per la protezione ambientale
della Toscana

**Monitoraggio Corpi Idrici
Sotterranei**
Risultati 2013-2015
*Rete di Monitoraggio
Acque sotterranee
DLgs 152/06 DLgs 30/09*

Regione Toscana



Monitoraggio Corpi Idrici Sotterranei Risultati 2013 - 2015

*Rete di Monitoraggio
acque sotterranee*

DLgs 152/06 e DLgs 30/09 e DM 260/10

Monitoraggio Corpi Idrici Sotterranei - Risultati 2013 - 2015

Rete di Monitoraggio acque sotterranee

DLgs 152/06 e DLgs 30/09 e DM 260/10

A cura di

Stefano Menichetti

ARPAT - Direzione tecnica

Collaboratori

Gli operatori dei Dipartimenti e delle Aree Vaste di ARPAT che hanno assicurato i sopralluoghi, i prelievi, le misure in campo, le analisi di laboratorio e il supporto conoscitivo.

Maggio 2018

1	INTRODUZIONE.....	5
2	PROGRAMMA DI MONITORAGGIO CHIMICO.....	6
3	VALORI DI FONDO NATURALE.....	8
4	STATO CHIMICO TRIENNIO 2013-2015.....	12
4.1	Stato chimico SCARSO.....	16
	Corpi Idrici a rischio.....	16
	Corpi Idrici non a rischio.....	17
4.2	Stato chimico BUONO scarso localmente.....	18
	Corpi Idrici a rischio.....	18
	Corpi idrici non a rischio.....	20
4.3	Stato chimico BUONO scarso per fondo naturale.....	21
	Corpi Idrici a rischio.....	21
	Corpi Idrici non a rischio.....	21
4.4	Stato chimico BUONO.....	23
	Corpi Idrici a rischio.....	23
	Corpi Idrici non a rischio.....	23
5	INDIVIDUAZIONE DI TENDENZE ALL' AUMENTO DEGLI INQUINANTI.....	24
5.1	Medie rappresentative.....	26
	Nitrati.....	29
	Conduttività.....	29
	Composti Organoalogenati.....	30
5.2	Trend ambientalmente significativi e punti di inversione.....	32
	Nitrati.....	32
	Conduttività.....	40
	Composti Organoalogenati.....	44
6	CONCLUSIONI.....	49
7	BIBLIOGRAFIA.....	53

1 INTRODUZIONE

Il rapporto presenta le classificazioni dello stato chimico dei corpi idrici sotterranei significativi della Toscana per il triennio 2013-2015 come conclusione del piano di monitoraggio sessennale previsto dalle DGRT 100/2010 e DGRT 847/2013 secondo la legislazione nazionale (DLgs 152/06, DLgs 30/2009, DLgs 260/2010) e comunitaria (WFD 2000/60, GWD 2006/118).

Il programma di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei prevede l'esecuzione di un monitoraggio *operativo* di frequenza annuale per i corpi idrici classificati *a rischio* di non raggiungimento dell'obiettivo di buono alla scadenza del programma, nel mentre, per tutti i corpi idrici inclusi i *non a rischio*, si esegue ogni tre anni un monitoraggio di *sorveglianza* con estesa ricerca di potenziali inquinanti.

In precedenza, i risultati degli anni 2013 e 2014 riportati negli annuari ARPAT (2014, 2015a), e prima campagna 2015 sono stati utilizzati, da parte di RT nell'ambito del Piano di Gestione, per una verifica e valutazione sommaria dei trend di concentrazione degli inquinanti sui corpi idrici a rischio classificati nel triennio 2010-2012. Sui risultati ottenuti la DGRT 1188 del 09/12/2015 ha, infatti, stabilito tipo ed entità delle esenzioni per il raggiungimento degli obiettivi di qualità nel Piano di Gestione attuale 2016-2021.

Il rapporto fornisce le percentuali di realizzazione del programma assegnato ad ARPAT per l'ultimo triennio, le classificazioni definitive su base triennale 2013-2015 oltre ad uno studio delle tendenze per parametri indicatori di particolare interesse e diffusione come nitrati, conduttività ed composti organoalogenati.

Per quanto riguarda l'attribuzione dello stato di *buono con fondo naturale*, le attuali classificazioni del triennio 2013-2015 si sono potute basare sui valori soglia indicati dai due studi ARPAT (2013, 2015b) raccolti nella documentazione del Piano di gestione ed adottati ufficialmente dalla Regione Toscana nella stessa DGRT 1185/2015. L'applicazione di valori di fondo definiti precedentemente ha tenuto conto, solo in parte, degli indirizzi riportati nella Linea Guida 155/2017 (ISPRA et alii, 2017a).

Per lo studio delle tendenze è stata, invece, applicata la metodologia stabilita dalla recente Linea Guida 161/2017 (ISPRA et alii, 2017b) già prevista dal DMATTM 6/7/16

Il data set complessivo è come sempre consultabile e scaricabile su web tramite la banca dati ARPAT "Monitoraggio Ambientale delle Acque Sotterranee - MAT"¹.

¹ <http://www.arpato.toscana.it/datiemappe/banche-dati/monitoraggio-ambientale-acque-sotterranee>

2 PROGRAMMA DI MONITORAGGIO CHIMICO

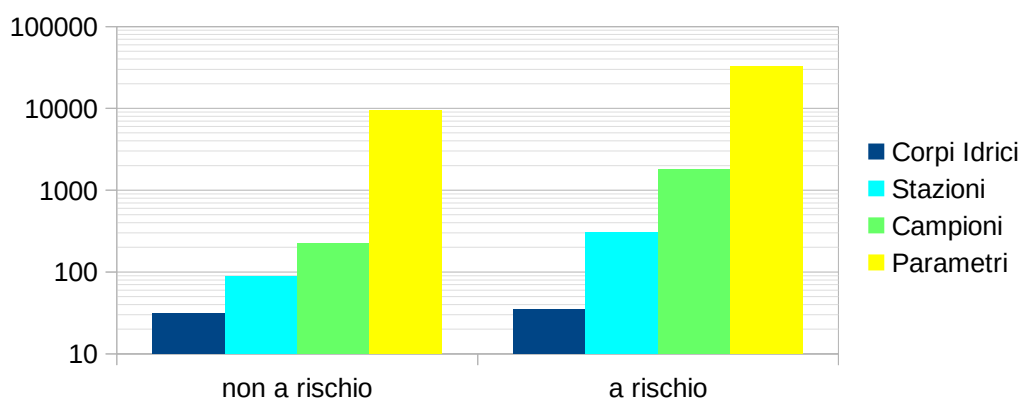
Il programma di monitoraggio chimico dei corpi idrici sotterranei secondo la DGR 100/2010 ha previsto nel triennio 2013-2015 l'esame di 66² corpi idrici, 35 dei quali a rischio e 31 non a rischio, per un totale di 394 stazioni di monitoraggio.

Il solo monitoraggio di sorveglianza di cadenza triennale ha riguardato 79 stazioni di corpi idrici non a rischio mentre per 10 stazioni di corpi idrici con rischio locale e 270 stazioni di corpi idrici a rischio è stato eseguito, in aggiunta, il monitoraggio operativo di frequenza annuale.

Il campionamento annuale corrisponde a due prelievi nel periodo di magra, mesi di settembre ed ottobre del secondo semestre, e morbida, mesi di aprile e maggio del primo semestre.

Indisponibilità temporanee delle stazioni hanno determinato, per le stazioni in **monitoraggio operativo** annuale, una riduzione delle tre annualità previste, che sono state due per 19 stazioni ed una soltanto per 16 stazioni. La percentuale di realizzazione del programma, anche in termini di campioni, è comunque stata del 95%.

	Corpi Idrici	Stazioni	Campioni	Parametri
Non a rischio	31	89	224	9526
A rischio	35	305	1803	32847



I grafici evidenziano le differenze tra le due modalità di monitoraggio con i rapporti stazioni/corpi idrici e campioni/stazioni ed, inversamente, parametri/campioni.

²Per il corpo idrico del Cetona, in buono stato chimico nel triennio 2010-2012, non è stato possibile ripetere la sorveglianza triennale nel triennio 2013-2015.

Frequenze di monitoraggio superiori hanno riguardato, infine, alcuni corpi idrici sotto **monitoraggio di indagine** e rappresentati da:

- AMIATA con frequenze **trimestrali** per lo studio dei trend di arsenico³
- COSTIERO TRA CECINA E FINE con frequenze da **bimestrali** a **quadrimestrali**⁴ per il monitoraggio del pennacchio di contaminazione da composti organo-alogenati.

³ARPAT pubblica annualmente un report sul monitoraggio delle sorgenti amiatine <http://www.arpat.toscana.it/documentazione/catalogo-pubblicazioni-arpat/acquifero-del-monte-amiata-monitoraggio-arpat-anni-2003-2015>

⁴ ARPAT pubblica in una sezione dedicata i risultati nell'ambito del monitoraggio del sito contaminato da composti organoalogenati di Poggio Gagliardo <http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/acqua/acque-sotterranee/inquinamento-falda-cecina/inquinamento-falda-acquifera-cecina-li>

3 VALORI DI FONDO NATURALE

Secondo quanto indicato dal D.lgs 30/2009 le classificazioni dello stato chimico nel triennio 2013-2015 sono date dal confronto della media dei valori osservati nel periodo sulla singola stazione, tenuto conto di possibili livelli di fondo naturale per le sostanze inorganiche, con gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) o Valore Soglia (VS) di cui al DM 260/2010. Per le captazioni ad uso idropotabile, in aggiunta, sono considerate sempre ai fini della determinazione dello stato chimico le Concentrazioni Massime Ammissibili (CMA) di cui al Dlgs 31/2001.

La presenza nelle acque toscane di tenori elevati di sostanze indesiderate di origine naturale è nota ed ARPAT, già nel 2013, ha realizzato un primo studio sulla determinazione dei valori di fondo naturale nei corpi idrici sotterranei della Toscana per alcune sostanze pericolose rappresentate dai metalli Cd, Hg, Ni, Pb, Cr (CrVI e Crtot), Sb, Se oltre ad As e B (ARPAT, 2013). Nel 2015 il quadro delle sostanze con fondo naturale è stato completato con ulteriore appendice dedicata allo studio per la definizione dei valori di fondo nelle acque sotterranee della Toscana di SO₄, Cl, NH₄, Mn, Fe, F, Al, Na, ARPAT (2015).

La Regione Toscana ha adottato con DGRT 1185 del 09/12/2015 i valori soglia indicati dai due studi, raccolti nella documentazione del Piano di Gestione.

Le presenti classificazioni del triennio 2013-2015 si sono pertanto potute basare su queste attribuzioni di stato *scarso da fondo naturale* secondo i valori di fondo attribuiti ai diversi corpi idrici e riportati in tabella 1.

I principi generali per la determinazione e l'applicazione dei valori di fondo sono stati indicati dal DMATTM 6/7/16, quale recepimento della Direttiva 2014/80/UE. Nel 2107 è seguita la pubblicazione delle specifiche Linee Guida MLG 155/2017 (ISPRA et alii, 2017a).

Vale la pena sottolineare come, tra i principi, il DMATTM 6/7/2016 introduce all'art 1 c.2 il concetto di possibile "stima" dei valori di fondo indicando, in ultima analisi, come *".. in caso di dati di monitoraggio delle acque sotterranee insufficienti e di scarse informazioni in materia di trasferimenti e processi geochimici, dovrebbero essere raccolti ulteriori dati e informazioni. Nel contempo si dovrebbe procedere a una stima dei livelli di fondo, se del caso basandosi su risultati statistici di riferimento per il medesimo tipo di falda acquifera in altri settori per cui sussistono dati di monitoraggio sufficienti"*.

Il concetto è ripreso anche nella Linea Guida, che associa ai VFN, comunque determinati per i CIS, un livello di confidenza (A alto, M medio, B basso, BB molto basso) dato dalle dimensioni del campione statistico su cui è stata basata la determinazione in relazione alle caratteristiche dimensionali e tipologiche del CIS o sua porzione.

Coerentemente con tale approccio, in aggiunta ai Valori di Fondo indicati dai due studi specifici ripresi in DGRT 1185/17, cui si può riconoscere, considerata l'impostazione metodologica dei due studi, un livello generale di confidenza medio M⁵, ulteriori Valori di Fondo con livello di confidenza basso (B) sono stati attribuiti basandosi su indicazioni di letteratura e similarità con risultati statistici di riferimento per il medesimo tipo di falda acquifera.

Si tratta dei valori indicati in carattere grassetto e rappresentati da:

- 99MM920 - OFIOLITICO DI GABBRO con VFN di **romoVI** posto pari a 14,9 µg/L, come da livello B riconosciuto per numerose stazioni dei COSTIERI TRA FINE E CECINA E TRA CECINA E SAN VINCENZO in depositi alluvionali e marini con abbondanti clasti ofiolitici;
- 99MM042 - CARBONATICO DELLE COLLINE METALLIFERE ZONA LE CORNATE BOCHEGIANO MONTEMURLO con VFN di **mercurio** posto pari 10,7 µg/L, come da livello A riconosciuto, in presenza di simili mineralizzazioni, per due stazioni dell'AMIATA (MAT-S049, MAT-P530)
- 11AR041 – VALDARNO SUPERIORE con VFN di **ferro** posto pari a 0,519 mg/L, come da livello D riconosciuto per alcune stazioni della PIANA PISTOIESE (MAT-P276) e della VAL DI CHIANA (MAT-P366) n depositi alluvionali di simile litologia e condizioni redox.
- 11AR025 – VALDARNO ZONA EMPOLI con VFN di **ferro** pari a 1,977 mg/L come da livello C riconosciuto per l'adiacente VALDARNO INFERIORE ZONA SANTA CROCE.
- 32CT060 – CARBONATICO DI GAVORRANO (stazione MAT-P527) con VFN di **solforati** pari a 1775 mg/L come da livello B riconosciuto localmente nel CARBONATICO DELLE COLLINE METALLIFERE – ZONA CORNATE (MAT-P284, MAT-S133. MAT-S134. MAT-S140) e CARBONATICO AREA NORD GROSSETO (MAT-S085)
- 31OM030 . CARBONATICO DELL'ARGENTARIO ED ORBETELLO (stazione MAT-S069) con VFN di **mercurio** pari a 0.345 µg/L, come da livello C, anomalia riconosciuta, in

⁵ DM 6/7/2017 at1 c.2 ... b) *in caso di dati di monitoraggio limitati, dovrebbero essere raccolti ulteriori dati. Nel contempo si dovrebbe procedere a una determinazione dei livelli di fondo basandosi su tali dati di monitoraggio limitati, se del caso mediante un approccio semplificato che prevede l'uso di un sottoinsieme di campioni per i quali gli indicatori non evidenziano nessuna influenza risultante dall'attività umana. Se disponibili, dovrebbero essere tenute in considerazione anche le informazioni sui trasferimenti e i processi geochimici;*

presenza di simili mineralizzazioni sul vicino corpo idrico dei MONTI DELL'UCCELLINA (livello B)

Sebbene non ancora oggetto di una puntuale definizione del fondo naturale, infine, è stata presa in conto anche la possibile origine naturale degli alometani (triclorometano, dibromoclorometano, bromodichlorometano). La sostanza, infatti, è stata più volte riscontrata con concentrazioni pur limitate ma eccedenti il VS di 0,15 µg/L anche in situazioni remote che portano ragionevolmente ad escludere contributi antropici. Biancardi et alii (2009) hanno riportato, a tal proposito, condizioni di fondo naturale di cloroformio dovuto ai processi di degradazione della sostanza organica fino a concentrazioni prossime a 0,7 µg/L. Occorre notare che le stesse sostanze generate diffusamente per la clorazione della sostanza organica presentano una CMA per il consumo umano ben più alta e pari a 30 µg/L come sommatoria. Si è così riconosciuto un possibile valore di 0,7 µg/L come VFN per le tre sostanze. Il livello di confidenza molto basso (BB) è indicato in questo caso dalla sottolineatura nella tabella seguente.

CL_TIPO	CL_CODICE	ALLUMINIO - µg/L	ARSENICO - µg/L	CADMIO - µg/L	CROMO TOTALE - µg/L	CROMO VI - µg/L	FERRO - mg/L	MERCURIO - µg/L	MANGANESE - mg/L	SODIO - mg/L	NICHEL - µg/L	PIOMBO - µg/L	ANTIMONIO - µg/L	SELENIO - µg/L	BORO - µg/L	CLORURO - mg/L	FLUORURO - µg/L	IONE AMMONIACO - µg/L NH	SOLFATO - mg/L	TRICLOROMETANO - µg/L	DIBROMOCICLOMETANO	BROMODICLOMETANO		
AV	11AR060								1.98									12370	600	0.7	0.7	0.7		
	11AR070						2	1.87	1.98										600					
	11AR090						0.5		0.34															
	32CT050																							
	32CT090		20						1.98	240						3754	466	22696	566	600				
CA	11AR110																		1775	0.7	0.7	0.7		
	12SE030																			600	0.7	0.7	0.7	
	13TE020																							
	31OM030							1.87		362						3754	22696			600	0.7	0.7	0.7	
	31OM040												11			466								
	31OM050																		1775	0.7	0.7	0.7		
	31OM060								1.87							3754	466			600	0.7	0.7	0.7	
	32CT060		52				0.5		1.98							3754				1775	0.7	0.7	0.7	
	32CT070																466			600	0.7	0.7	0.7	
	99MM011								1.87							466				600	0.7	0.7	0.7	
	99MM013																				600	0.7	0.7	0.7
	99MM014																				600	0.7	0.7	0.7
	99MM030																				600	0.7	0.7	0.7
	99MM041		52													3754				1775	0.7	0.7	0.7	
	99MM042		20	133						1.98	124					3754				1775				
	99MM910							0.5			240						466			1775				
DQ	11AR011								1.98					52							0.7	0.7	0.7	
	11AR012																		566		0.7	0.7	0.7	
	11AR013						0.5		1.98											566	0.7	0.7	0.7	
	11AR020		52				9		1.98	240	29					22696			4853	0.7	0.7	0.7		
	11AR020-1							5.5	0.34															
	11AR023							5.5	1.98	240									566		0.7	0.7	0.7	
	11AR023-1		1081					2	1.98															
	11AR024		310					5.5	1.98		29					3754	466		4853	600				
	11AR024-1							2	0.34							3754	466			600	0.7	0.7	0.7	
	11AR025							5.5	1.98										2144					
	11AR026							5.5	1.98	240									566		0.7	0.7	0.7	
	11AR027								0.07							466								
	11AR028		52						1.98															
	11AR030		20						1.98							466		1087	600					
	11AR030-1															466		2144		0.7	0.7	0.7		
	11AR041							0.5	1.98												0.7	0.7	0.7	
	11AR042																				0.7	0.7	0.7	
	11AR043																				0.7	0.7	0.7	
	11AR050																				0.7	0.7	0.7	
	12SE011									1.98						466					0.7	0.7	0.7	
31OM010		20				5.5		1.98	362	124	25.2		52	3754	466	2862		1775						
31OM020														3754					1775					
32CT010				78	22	0.5		1.98										566	600	0.7	0.7	0.7		
32CT020		52						1.98							3754	22696			600					
32CT021									0.34											0.7	0.7	0.7		
32CT030					15	2		1.98							3754	466		2144	600	0.7	0.7	0.7		
32CT040		20						0.07								22696			600					
33TN010								1.98										2144		0.7	0.7	0.7		
LOC_AR	99MM931																				0.7	0.7	0.7	
	99MM932						0.5		0.34															
	99MM940																				0.7	0.7	0.7	
	99MM941																				0.7	0.7	0.7	
LOC_OF	99MM920					15														0.7	0.7	0.7		
VU	23FI010		20														2862							
	99MM020		52	133			2		0.07															

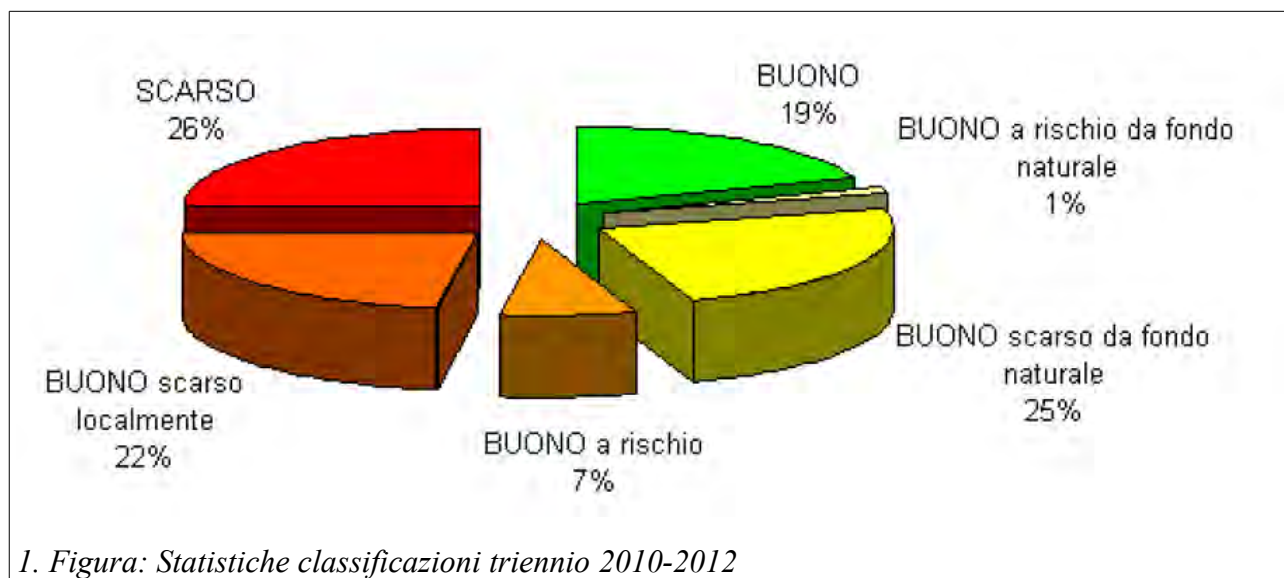
1. Tabella: Valori di Fondo Naturale attribuiti ai corpi idrici con associati livelli di confidenza: *M* medio, *B* basso, *BB* molto basso

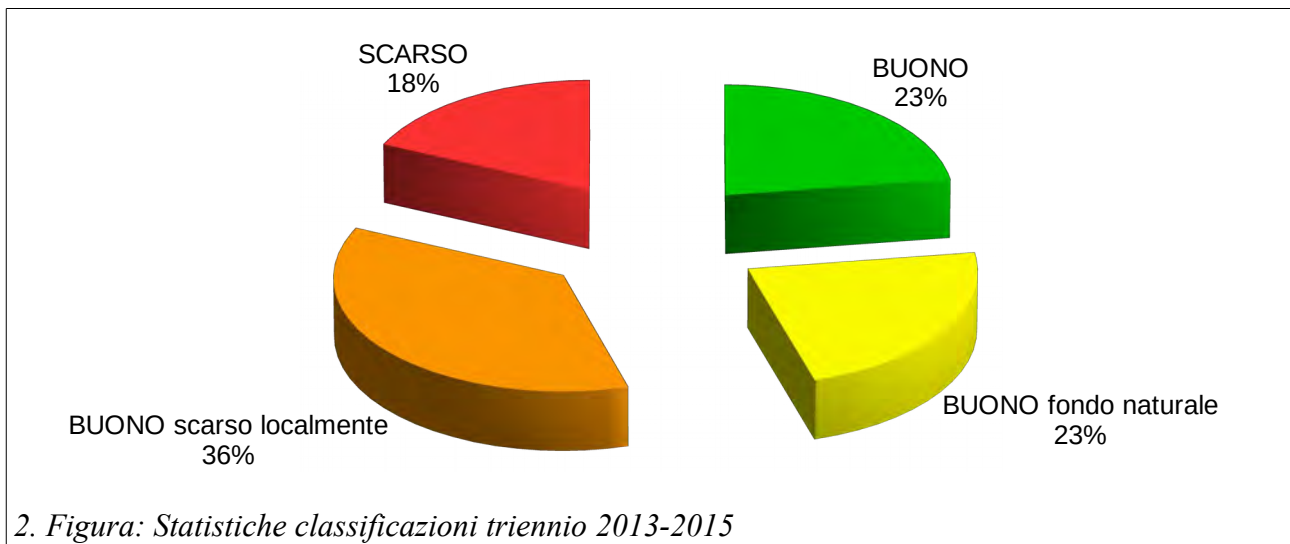
4 STATO CHIMICO TRIENNIO 2013-2015

Per la classificazione del triennio 2013-2015, a conclusione del programma di monitoraggio previsto dalla DGRT 100/2010 secondo indicazioni della legislazione nazionale (DLgs 152/06, DLgs 30/2010, DLgs 260/2010) e comunitaria (WFD 2000/60, GWD 2006/118), sono state elaborate, come per il triennio 2010-2012, le medie del triennio per tutte le 394 stazioni dei 66 corpi idrici.

Occorre osservare che nelle Linee Guida specifiche pubblicate più tardi (ISPRA, 2014) è indicata una diversa metodologia di definizione dello stato chimico del corpo idrico data dal c.d. “stato prevalente” nelle diverse annualità. Tuttavia, considerato quanto indicato dallo stesso allegato 3 al DLgs 30/2009, punto A.2.1, relativamente a *“la conformità del valore soglia e dello standard di qualità ambientale deve essere calcolata attraverso la media dei risultati del monitoraggio, riferita al ciclo specifico di monitoraggio, ottenuti in ciascun punto del corpo idrico ...”* e, soprattutto, in analogia a quanto realizzato anche per il triennio 2010-2012 è stato confermato il calcolo del valore medio su singola stazione anche per il triennio 2013-2015.

La distribuzione percentuale degli stati chimici, pur tenendo conto della diversa modalità di attribuzione dei valori di fondo naturale prima notata, ha mostrato alcune variazioni rispetto alla situazione del triennio 2010-2012 come mostrato nel confronto delle figure 1 e 2.





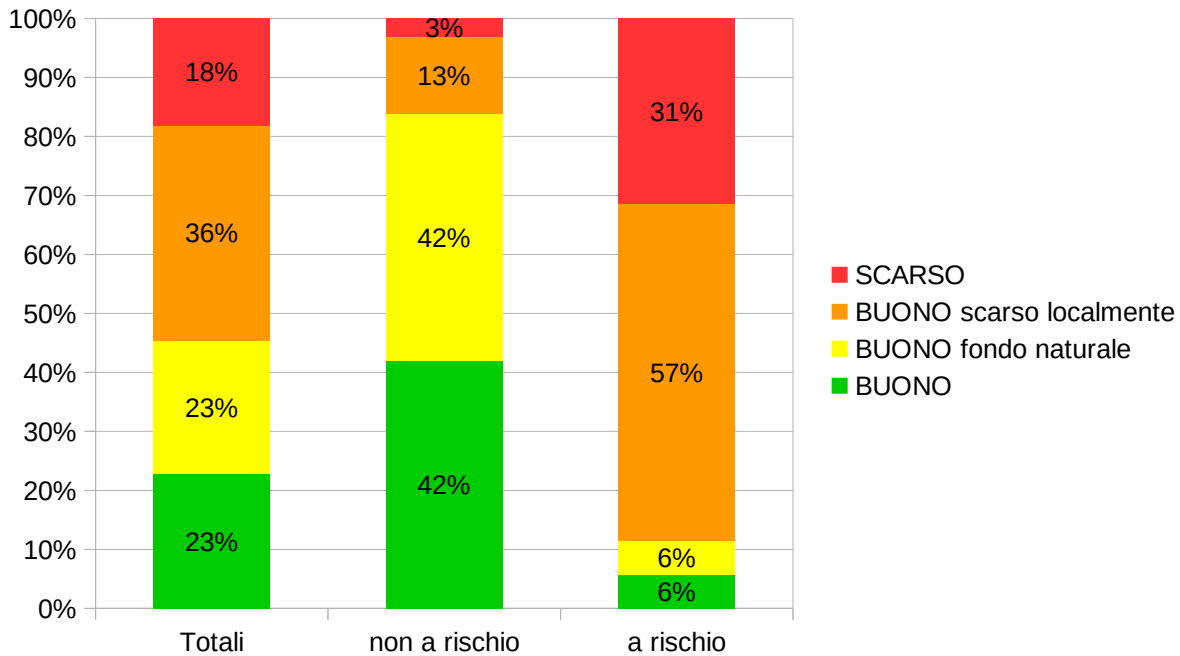
La percentuale di corpi idrici complessivamente in stato buono (buono + a rischio) scende, infatti, dal 27% al 23%, come si riduce la percentuale dei buoni con fondo naturale, dal 25% al 23%.

Il superamento delle soglie per i valori di fondo naturale, spesso associate a distinti trend di incremento per probabili stress quantitativi, ha determinato, infatti, ulteriori attribuzioni di stato scarso, anche se locali.

Aumenta dunque e sensibilmente la percentuale di corpi idrici in stato scarso locale, dal 22% al 36%, ma, in definitiva, si registra anche un opposto e positivo decremento della percentuale assoluta dello stato scarso che si riduce dal 26% al 18 %.

Notevoli differenze, come atteso, si registrano tra corpi idrici a rischio e non a rischio. Si osserva, per questi ultimi, come soltanto una minima percentuale dei corpi idrici, il 3%, ha avuto nel triennio uno stato scarso, così come contenuta, 13%, è anche la percentuale di stati scarsi locali.

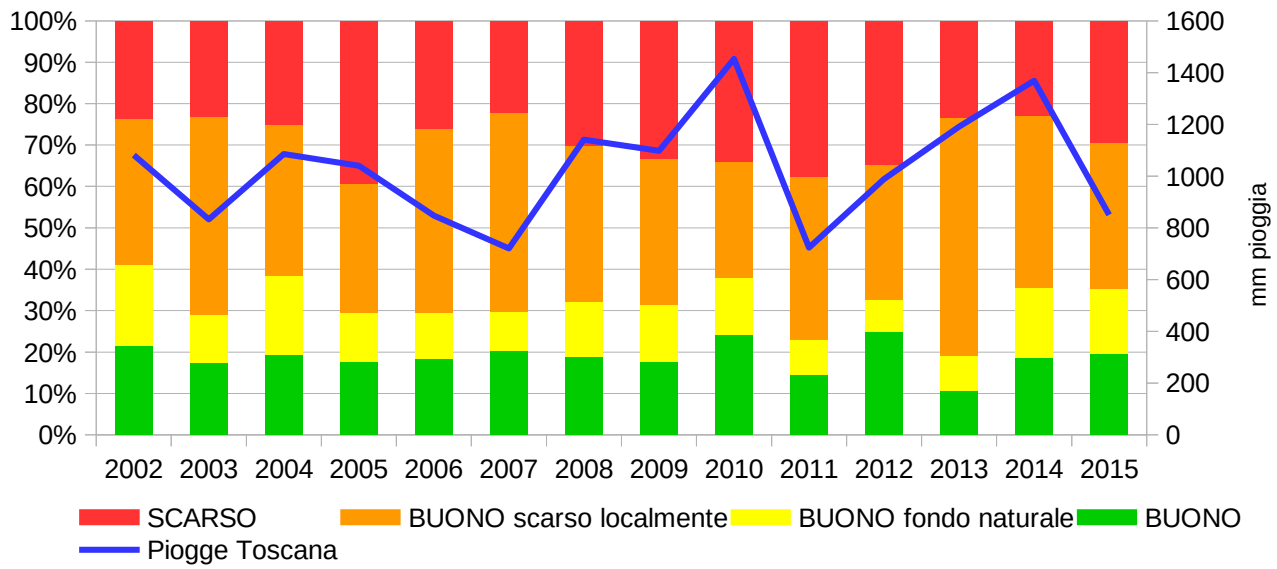
Diverse proporzioni si ritrovano, all'opposto, nei corpi idrici a rischio dove a fronte di un 12% di corpi idrici non impattati, il rimanente 88% si divide in massima parte tra un 57% di stato scarso locale e 31% di stato scarso generale.



3. Figura: Statistiche classificazioni per classe di rischio triennio 2013-2015

Ai fini di un confronto temporale esteso, nella figura 4 sono state ricalcolate in modo omogeneo le classificazioni per l'intero periodo 2002-2015, riportando come raffronto anche l'indicatore della precipitazione media cumulata annua sul territorio regionale, come elaborata dal Servizio Idrologico Regionale.

In generale, all'interno di un andamento nel complesso stazionario, sembra riscontrarsi una correlazione tra periodi con ripresa delle precipitazioni come il biennio 2004-2005 od ancora di più il triennio 2008-2009-2010 cui seguono decisi incrementi dello stato scarso. Nei periodi di forte ricarica sembra così prevalere, piuttosto che un positivo effetto di diluizione, un importante trasferimento di inquinanti dalla superficie. Il sistema nel complesso denuncia pertanto, ancora, una evidente vulnerabilità.



4. Figura: Trend classificazioni 2002-2015

4.1 Stato chimico SCARSO

Nelle tabelle seguenti sono riassunti gli stati scarsi per i diversi corpi idrici con i relativi parametri critici. I corpi idrici in stato scarso sono 12, dei quali 11 già identificati come a rischio ed uno non a rischio.

Corpi Idrici a rischio

Per i corpi idrici a rischio natura ed associazioni dei parametri inquinanti responsabili dello stato scarso, considerati anche gli specifici contesti, si distinguono in tre usuali e distinte situazioni:

- contaminazioni antropiche di tipo urbano e/o industriale (11AR011, 11AR012, 11AR020-1, 12SE011) con occorrenza di composti organoalogenati ;
- contaminazioni antropiche di tipo agricolo (32CT021, 11AR030-1) con presenza di nitrati;
- alterazioni antropiche del fondo naturale possibilmente originate da uno stato di stress quantitativo con incrementi di parametri caratteristici quali ferro, manganese, cloruri, sodio, conduttività, arsenico e solfati (11AR027, 32CT060, 32CT080, 32CT090) .

Tabella 2: Stato SCARSO corpi idrici a rischio

Corpo Idrico Sotterraneo		Parametri
11AR011	PIANA DI FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA FIRENZE	tetracloroetilene, sommatoria organoalogenati
11AR012	PIANA FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA PRATO	nitrati, tetracloroetilene, tetracloroetilene-tricloroetilene somma, sommatoria organoalogenati
11AR020-1	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA PISA - FALDA PROFONDA	cromo vi, tetracloroetilene
11AR027	CERBAIE E FALDA PROFONDA DEL BIENTINA	manganese
11AR030-1	VAL DI CHIANA - FALDA PROFONDA	arsenico, ferro, manganese, sodio, nitrati
11AR070	ERA	ione ammonio
12SE011	PIANURA DI LUCCA - ZONA FREATICA E DEL SERCHIO	tetracloroetilene
32CT021	TERRAZZO DI SAN VINCENZO	nitrati
32CT060	CARBONATICO DI GAVORRANO	arsenico, solfato
32CT080	PIAN D'ALMA	arsenico, ferro, manganese, sodio, cloruro, solfato, conduttività
32CT090	PIANURE COSTIERE ELBANE	ferro, sodio, conduttività

Alcune situazioni particolari e nuove dovranno essere meglio approfondite, accertando se, del caso, l'origine naturale, e/o altrimenti l'influenza di fonti di contaminazione od alterazioni diverse.

Si tratta dell'occorrenza di cromo esavalente in una stazione del corpo idrico del Valdarno Inferiore Zona Pisa (11AR020-1) e dello ione ammonio nel corpo idrico dell'Era (11AR070).

Corpi Idrici non a rischio

Per il corpo idrico non a rischio della Pianura dell'Albenga lo stato scarso di maggior significatività è dato dai nitrati. Per quanto riguarda lo stato scarso per boro, che eccede il valore di fondo già riconosciuto per il CI, come per cloruri e conduttività è probabile che si tratti di una conseguenza di deficit idrico.

Tabella 3: Stato SCARSO corpi idrici non a rischio

Corpo Idrico Sotterraneo		Parametri
31OM020	PIANURA DELL'ALBEGNA	boro, cloruro, nitrati, conduttività

4.2 Stato chimico BUONO scarso localmente

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i 24 stati di BUONO scarso localmente, corrispondenti cioè alle situazioni dove le stazioni in stati scarso non eccedano il 20% del corpo idrico, con indicazione dei parametri. I corpi idrici a rischio sono 20, e quattro non a rischio.

Corpi Idrici a rischio

Le associazioni dei parametri inquinanti responsabili dello stato scarso locale sono riconducibili anche qui alle seguenti condizioni:

- contaminazioni antropiche di tipo urbano e/o industriale (11AR013, 11AR024, 11AR026, 11AR028, 11AR030, 11AR060, 31OM010, 32CT010, 32CT030, 32CT040, 33TN010, 99MM011) con occorrenza di composti organoalogenati ;
- contaminazioni antropiche di tipo agricolo (23FI010, 32CT020 ed ancora 11AR030, 32CT010, 32CT030, 99MM011) con presenza di nitrati e pesticidi (oxadiazilm desetil alfa, pesticidi totali);
- intrusione salina (11AR020 oltre a 32CT020, 32CT040);
- alterazioni antropiche del fondo naturale possibilmente originate da uno stato di stress quantitativo con incrementi di parametri caratteristici quali ferro, manganese, cloruri, sodio, conduttività, arsenico e solfati (11AR025, 32CT050, 99MM042 ed 11AR024, 11AR028)

Tabella 4: Stato BUONO scarso locale corpi idrici a rischio

Corpo Idrico Sotterraneo		Parametri
11AR013	PIANA FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA PISTOIA	ferro, ione ammonio, cloruro di vinile, sommatoria organoalogenati
11AR020	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA PISA	sodio, conduttivita'
11AR024	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA S. CROCE	manganese, tricloroetilene
11AR025	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA EMPOLI	ferro
11AR026	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA VAL DI NIEVOLE, FUCECCHIO	1,2-dicloroetilene, tricloroetilene, tetracloroetilene, tetracloroetilene-tricloroetilene somma, dibromoclorometano, sommatoria organoalogenati
11AR028	PIANURA DI LUCCA - ZONA DI BIENTINA	nicel, ione ammonio, cloruro di vinile, sommatoria organoalogenati
11AR030	VAL DI CHIANA	arsenico, nichel, nitrati, triclorometano, tricloroetilene, tetracloroetilene
11AR060	ELSA	ferro, tetracloroetilene, idrocarburi totali
23FI010	VULCANITI DI PITIGLIANO	nitrati
31OM010	PIANURA DI GROSSETO	triclorometano, tetracloroetilene
32CT010	COSTIERO TRA FIUME CECINA E S. VINCENZO	ferro, nitrati, triclorometano, tricloroetilene, tetracloroetilene, tetracloroetilene-tricloroetilene somma, sommatoria organoalogenati
32CT020	PIANURA DEL CORNIA	sodio, nichel, boro, nitrati, conduttivita'
32CT030	COSTIERO TRA FINE E CECINA	cromo VI, nitrati, tetracloroetilene, terbutilazina, desetil-, pesticidi totali
32CT040	PIANURA DI FOLLONICA	ferro, mercurio, sodio, triclorometano, tetracloroetilene, conduttivita'
32CT050	CECINA	manganese, nichel, cloruro, conduttivita'
33TN010	VERSILIA E RIVIERA APUANA	arsenico, cromo vi, ferro, piombo, ione ammonio, cloruro di vinile, tricloroetilene, tetracloroetilene, idrocarburi totali
99MM011	CARBONATICO NON METAMORFICO DELLE ALPI APUANE	manganese, tetracloroetilene, oxadixil
99MM013	CARBONATICO METAMORFICO DELLE ALPI APUANE	mercurio
99MM020	AMIATA	mercurio, manganese
99MM042	CARBONATICO DELLE COLLINE METALLIFERE - ZONA LE CORNATE, BOCHEGGIANO, MONTEMURLO	ferro, triclorometano, conduttivita'

Due situazioni da meglio approfondire, accertando una possibile origine naturale, e/o altrimenti l'influenza di fonti di contaminazione od alterazioni diverse sono quelle relative all'occorrenza diffusa di mercurio nel Carbonatico Metamorfico Apuano (99MM013) e nell'Amiata (99MM020).

Corpi idrici non a rischio

Tra i corpi idrici non a rischio gli stati scarsi di maggior significatività sono rappresentati dalla presenza di composti organoalogenati in stazioni dei corpi idrici 11AR041 e 99MM932, mentre nei restanti casi relativi al ferro e mercurio è possibile che si tratti di una conseguenza di deficit idrico.

Tabella 5: Stato BUONO scarso locale corpi idrici non a rischio

Sotterraneo		Parametri
11AR041	VALDARNO SUPERIORE, AREZZO E CASENTINO - ZONA VALDARNO SUPERIORE	nicel, boro, tetracloroetilene, tetracloroetilene- tricloroetilene somma, sommatoria organoalogenati
12SE030	CARBONATICO DELLA VAL DI LIMA E SINISTRA SERCHIO	mercurio
99MM931	ARENARIE DI AVANFOSSA DELLA TOSCANA NORD-ORIENTALE - ZONA DORSALE APPENNINICA	ferro
99MM932	ARENARIE DI AVANFOSSA DELLA TOSCANA NORD-ORIENTALE - ZONA MONTE ALBANO	tricloroetilene, tetracloroetilene-tricloroetilene somma, sommatoria organoalogenati

4.3 Stato chimico BUONO scarso per fondo naturale

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i 15 stati di BUONO con fondo naturale, due ancora su corpi idrici a rischio ed i restanti 13, come atteso, su corpi idrici non a rischio.

Corpi Idrici a rischio

Una condizione di fondo naturale di ferro e manganese, riconducibile a condizioni redox riducenti, caratteristiche delle falde profonde confinate, sono riconosciute per il sistema acquifero inferiore di Santa Croce 11AR024-1. Per il corpo idrico di Arezzo, 11AR042, le basse concentrazioni di cloroformio, come in altri casi, sono state ricondotte, al momento, a fondo naturale.

Tabella 6: Stato BUONO con fondo naturale corpi idrici a rischio

Corpo Idrico Sotterraneo		Parametri
11AR024-1	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA S. CROCE - FALDA PROFONDA	ferro, manganese
11AR042	VALDARNO SUPERIORE, AREZZO E CASENTINO - ZONA AREZZO	triclorometano

Corpi Idrici non a rischio

Le sostanze di fondo naturale confermate nel monitoraggio 2013-2015 sono riconducibili a cinque principali situazioni:

- ferro e manganese messi in soluzione per le condizioni riducenti dalle falde confinate (11AR023, 11AR090);
- solfato derivato dalle formazioni evaporitiche triassiche, o dal mescolamento con acque profonde del sistema idrotermale toscano (11AR010, 99MM030, 99MM041) od, altrimenti derivato dalle evaporiti di più recente età miocenica, come nel caso di 99MM910;
- cromoVI per alterazione delle litologie mafiche ofiolitiche (99MM920);
- alometani, seppur in attesa di approfondimenti, per i processi di degradazione della sostanza organica fino a concentrazioni prossime a 0,7 µg/L.

Tabella 7: Stato BUONO con fondo naturale corpi idrici non a rischio

Corpo Idrico Sotterraneo		Parametri
11AR023	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA LAVAIANO - MORTAILOLO	ferro, manganese
11AR090	PESA	ferro, manganese
11AR110	CARBONATICO DI POGGIO COMUNE	solfo, triclorometano
31OM030	CARBONATICO DELL'ARGENTARIO E ORBETELLO	mercurio, dibromoclorometano
31OM050	CARBONATICO AREA NORD DI GROSSETO	triclorometano
31OM060	CARBONATICO DEI MONTI DELL'UCCELLINA	triclorometano
32CT070	CARBONATICO DELL'ELBA ORIENTALE	triclorometano
99MM030	MONTAGNOLA SENESE E PIANA DI ROSAI	solfo
99MM041	CARBONATICO DELLE COLLINE METALLIFERE - ZONA VALPIANA, POGGIO ROCCHINO	solfo, triclorometano
99MM910	CARBONATICO DEL CALCARE DI ROSIGNANO	sodio, solfo
99MM920	OFIOLITICO DI GABBRO	cromo vi
99MM940	MACIGNO DELLA TOSCANA SUD- OCCIDENTALE	dibromoclorometano
99MM941	FLISCH D'OTTONE	triclorometano

4.4 Stato chimico BUONO

I corpi idrici in stato buono sono risultati in conclusione 15, due dei quali indicati come a rischio e 13 non a rischio.

Corpi Idrici a rischio

Per i due corpi idrici della alta e media valle del Serchio e della Valtiberina Toscana, sottoposti a monitoraggio operativo, è risultato in definitiva uno stato chimico buono. Risultato rilevante soprattutto per il corpo idrico della Val Tiberina in passato compromesso da nitrati di origine agricola.

8. Tabella: Stato BUONO corpi idrici a rischio

Corpo Idrico Sotterraneo	
12SE020	ALTA E MEDIA VALLE DEL SERCHIO
13TE010	VALTIBERINA TOSCANA

Corpi Idrici non a rischio

9. Tabella: Stato BUONO corpi idrici non a rischio

Corpo Idrico Sotterraneo	
11AR023-1	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA LAVAIANO - MORTAILOLO - FALDA PROFONDA
11AR043	VALDARNO SUPERIORE, AREZZO E CASENTINO - ZONA CASENTINO
11AR050	SIEVE
11AR080	CARBONATICO DI MONTE MORELLO
11AR100	CARBONATICO DELLA CALVANA
21MA010	MAGRA
31OM040	CARBONATICO AREA DI CAPALBIO
32CT910	CARBONATICO DEI MONTI DI CAMPIGLIA
99MM014	CARBONATICO DI S. MARIA DEL GIUDICE E DEI MONTI PISANI
99MM933	ARENARIE DI AVANFOSSA DELLA TOSCANA NORD-ORIENTALE - ZONA MONTI D'OLTRE SERCHIO
99MM934	ARENARIE DI AVANFOSSA DELLA TOSCANA NORD-ORIENTALE - ZONA MONTI DEL CHIANTI
99MM942	VERRUCANO DEI MONTI PISANI
99MM950	GOTTERO

5 INDIVIDUAZIONE DI TENDENZE ALL'AUMENTO DEGLI INQUINANTI

Ai fini dell'individuazione di tendenze significative e durature all'aumento delle concentrazioni di inquinanti e determinazione dei punti di partenza per le inversioni di tendenza di cui all'art. 5 del Dlgs 30/2009, si devono verificare trend di stazioni in stato *scarso* o comunque con valore superiore al 75% del Valore Soglia. Nel precedente rapporto del triennio e negli annuari erano state rielaborate, a tal fine, medie rappresentative annuali⁶ delle stazioni monitorate per parametri particolarmente critici quali conduttività, nitrati, sommatoria organoalogenati e pesticidi. La metodologia delle medie rappresentative annue, parzialmente modificata, riprende quanto descritto dalla Agenzia Europea dell'Ambiente EEA per l'indicatore "Nutrients in freshwater".⁷

Ad oggi, il Sistema Nazionale di Protezione Ambientale con IRSA-CNR (ISPRA et alii, 2017b) ha reso disponibile una specifica linea guida per la valutazione delle tendenze ascendenti e d'inversione degli inquinanti nelle acque sotterranee, su indicazione del DMATTM 6 luglio 2016.

La metodologia proposta per i corpi idrici a rischio è riportata nella figura 5 e prevede, l'extrapolazione al 2021 e 2027 degli esiti dell'analisi dei trend condotta con test non parametrici (Mann Kendall, Theil Sen) oltre alla risoluzione di possibili punti di inversione con test di Pettitt. Oltre alla significatività statistica, ottenuta dai test, il criterio per la definizione di trend "ambientalmente" significativi si conforma alla stessa soglia di significatività del 20% dell'estensione del corpo idrico (volume/area di competenza delle stazioni o semplicemente 1/n), già indicata per la definizione dello stato chimico.

⁶ La procedura di calcolo delle medie rappresentative sul periodo di 13 anni (2002-2015) ha previsto, oltre ad una soglia minima di dati disponibili (almeno 8 anni), la sostituzione dei valori mancanti con il valore medio del periodo.

⁷ La metodologia indicata dalla EEA include tutte le serie temporali con almeno sette anni di dati provvedendo ad interpolare/estrapolare lacune di valori mancanti fino a 3 anni per ogni stazione. Il criterio prevede, all'inizio o alla fine della serie di dati, la sostituzione rispettivamente con il primo od ultimo valore della serie di dati originale. Nel mezzo della serie di dati i valori mancanti sono sostituiti dai valori accanto, ad eccezione degli intervalli di 1 anno o per l'anno intermedio degli intervalli di 3 anni, che sono sostituiti dalla media dei due valori adiacenti.

Nella procedura ARPAT i valori mancanti, son invece stati sostituiti , dal valore medio della serie.

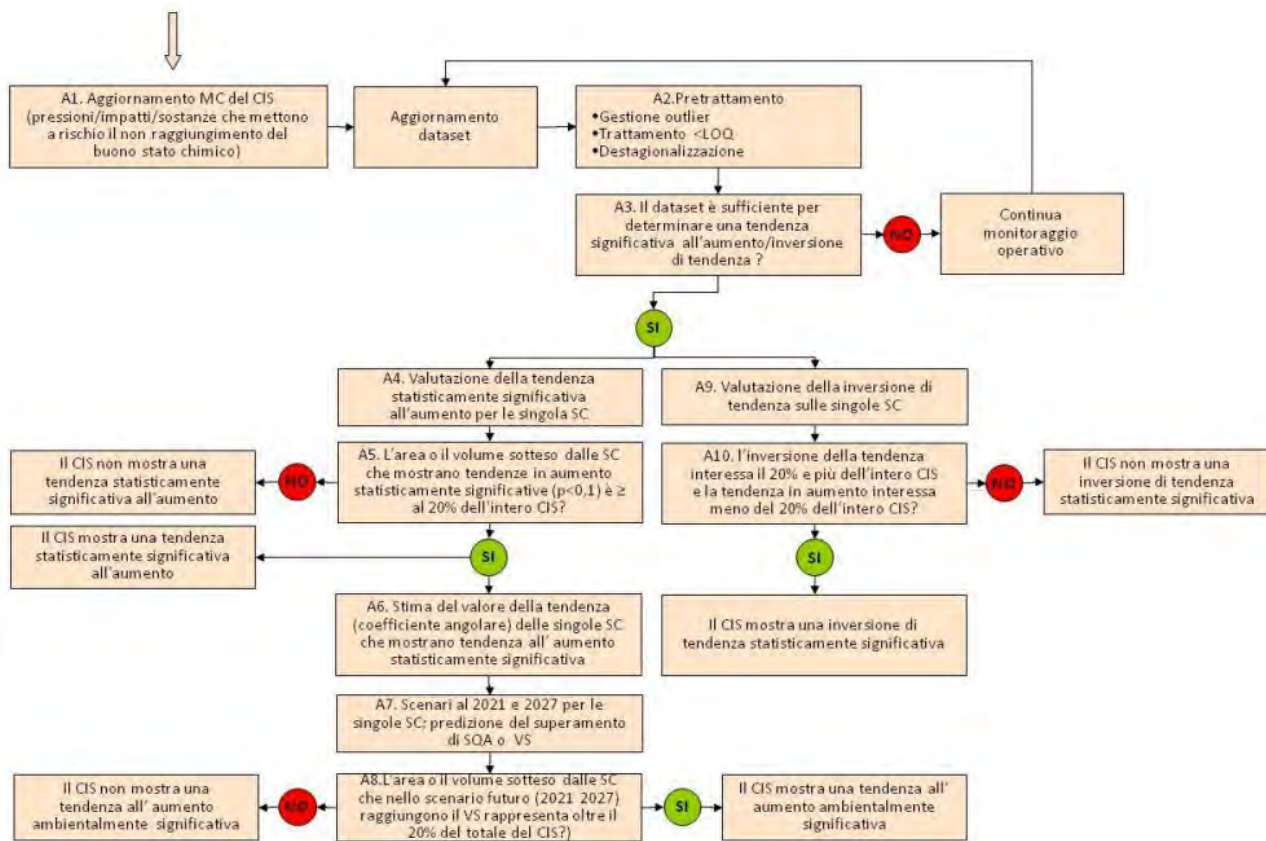


Figura 5: MLG 161/17 Schema della procedura per la valutazione delle tendenze ascendenti e d'inversione dei trend inquinanti per i CIS definiti a rischio

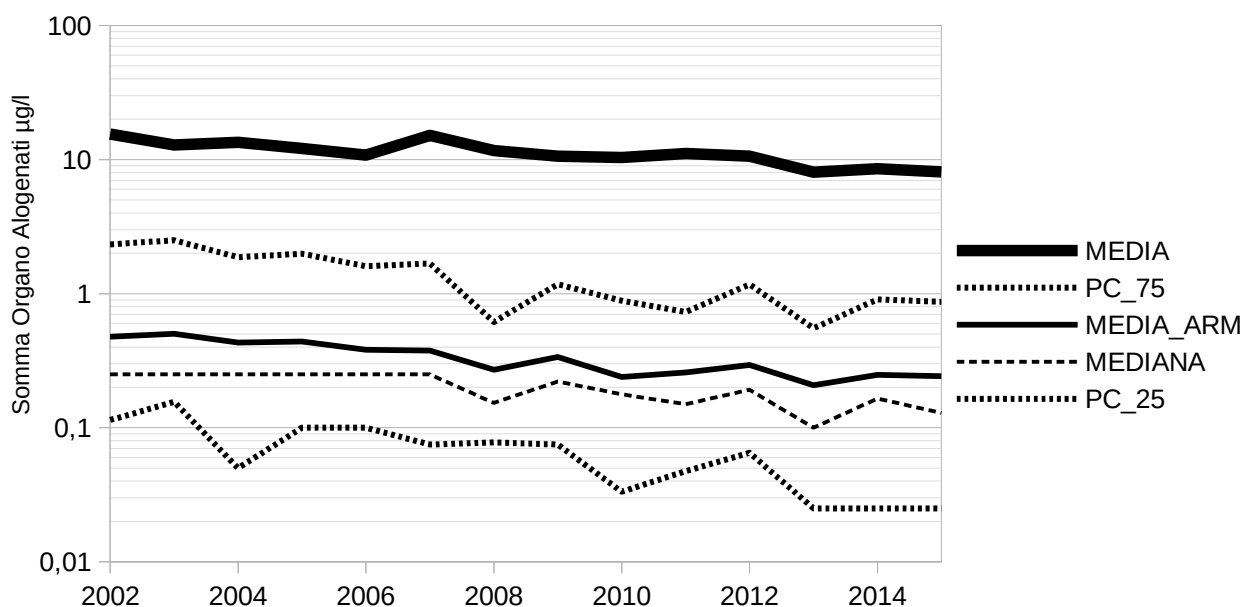
Nel presente rapporto, a completamento dell'analisi complessiva per medie rappresentative è stata affiancata, per gli stessi tre indicatori, anche l'analisi più specifica secondo le Linee Guida.

5.1 Medie rappresentative

Per il calcolo delle medie rappresentative è stato osservato che, soprattutto per i due indicatori della sommatoria composti organoalogenati e della conduttività, l'elaborazione di una media in condizioni di non normalità e spiccata asimmetria destra delle distribuzioni annue può determinare una media "rappresentativa" distante dalla tendenza centrale e molto spostata verso le stazioni con valori più elevati.

Nei grafici rappresentati nelle figure 6, 7 ed 8 sono messe al confronto, infatti, la statistica della media con le statistiche del 25° e 75° percentile (intervallo interquartile), della mediana e, infine, della media armonica di trasformazione logaritmica.

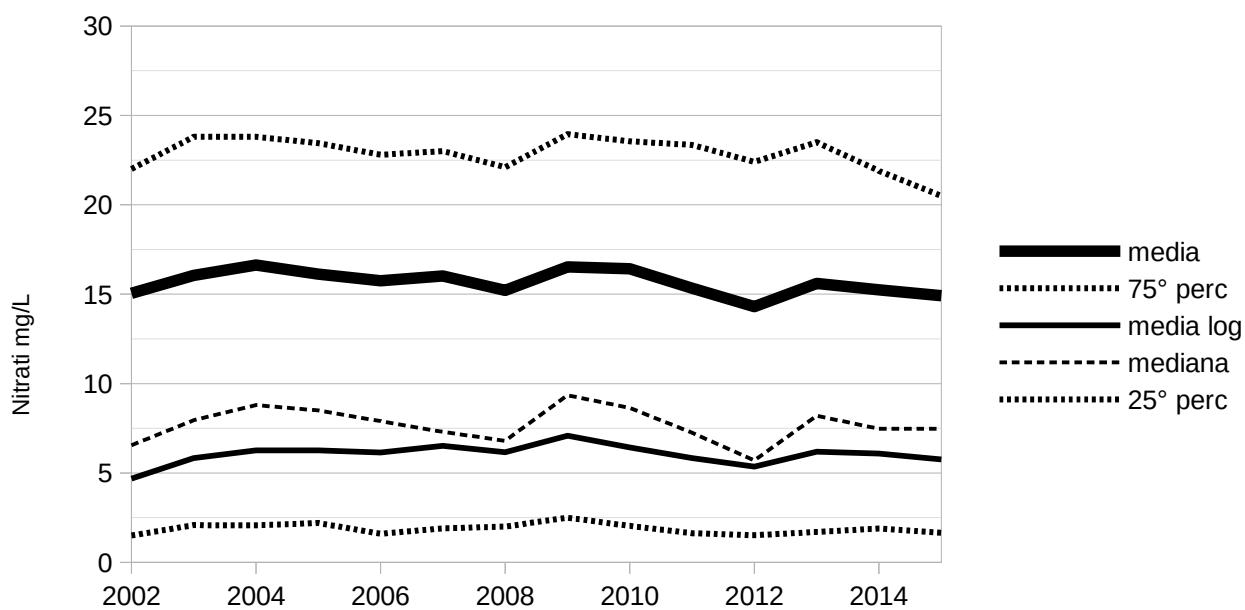
Il grafico dei composti organoalogenati rende evidente come la media sovrastimi notevolmente la tendenza centrale dei dati così come lo stesso valore mediano risulti influenzato da un limite di quantificazione ($< 0,5$) più elevato dei Valori Limite introdotti successivamente con DLgs 152/2006 e DLgs 30/2009. La statistica che meglio rappresenta il trend di una distribuzione nel complesso asimmetrica e non parametrica per la forte prevalenza di valori $< LQ$ è rappresentata dal 75° percentile.



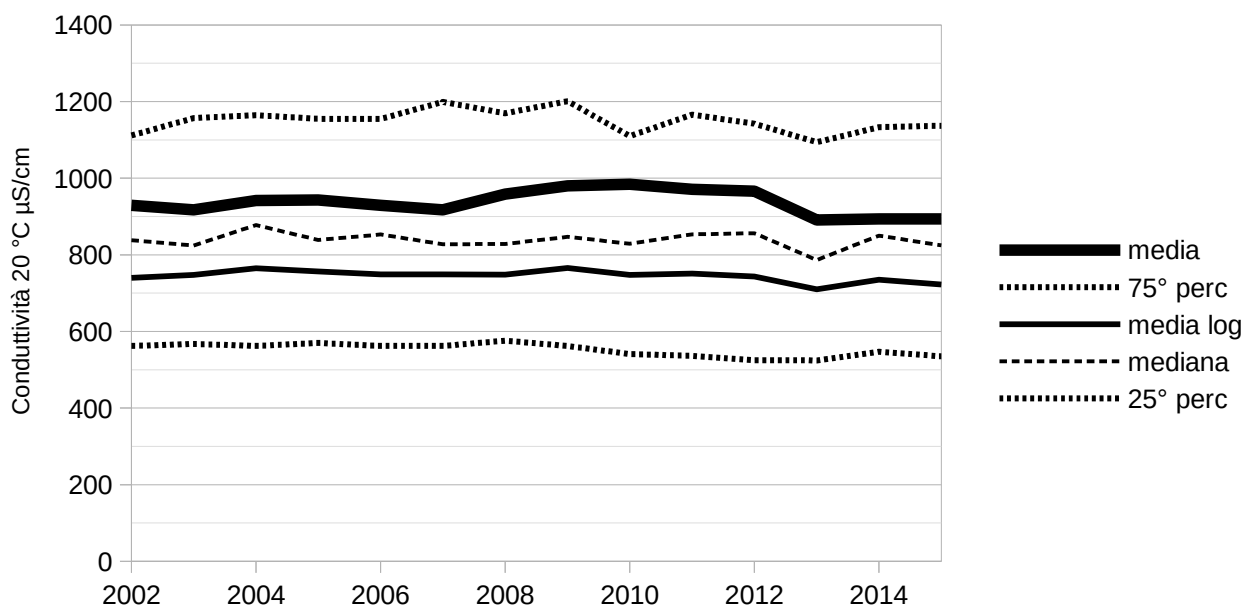
6. Figura: Confronto statistiche per i trend degli organoalogenati

Gli stessi grafici per gli indicatori della conduttività e dei nitrati, invece, rendono conto di una sufficiente rappresentatività della media. Per questi ultimi due indicatori, pertanto, anche per

disporre di un utile confronto con i trend dell'indicatore europeo dei nitrati, è stata mantenuta la statistica della media aritmetica.



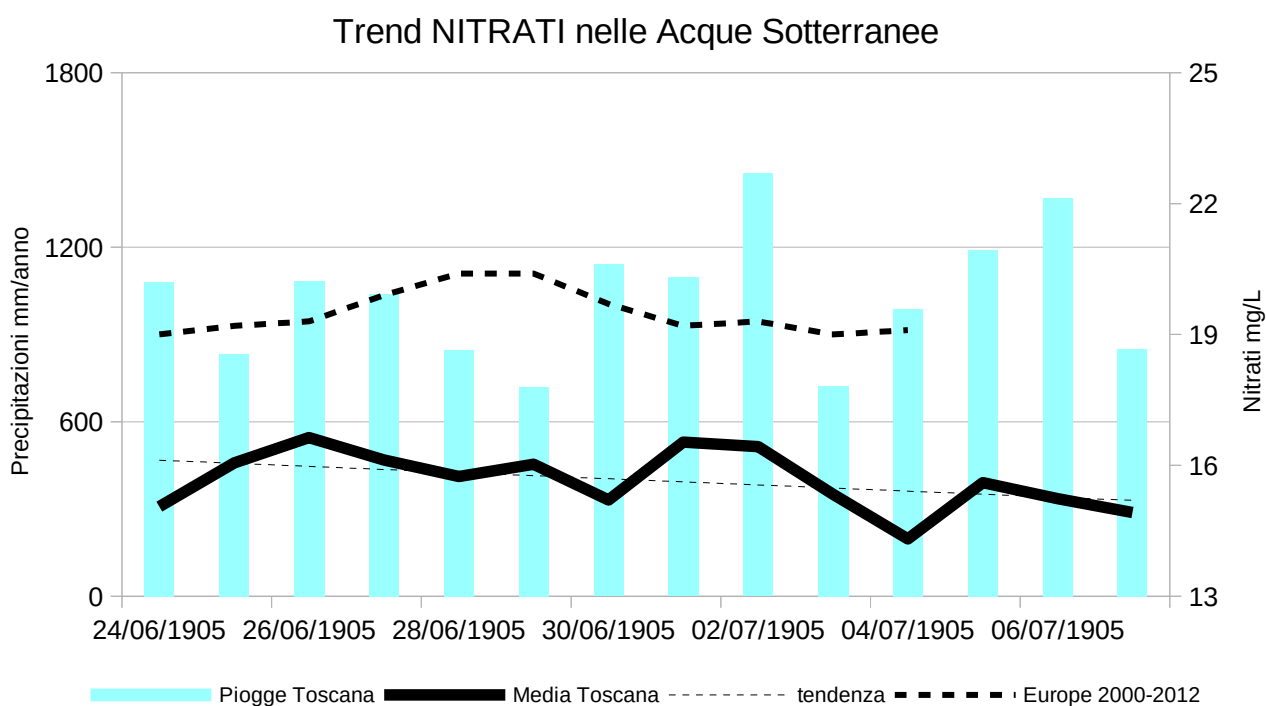
7. Figura: Confronto statistiche per il trend in nitrati



8. Figura: Confronto statistiche per il trend in conduttività

Nitrati

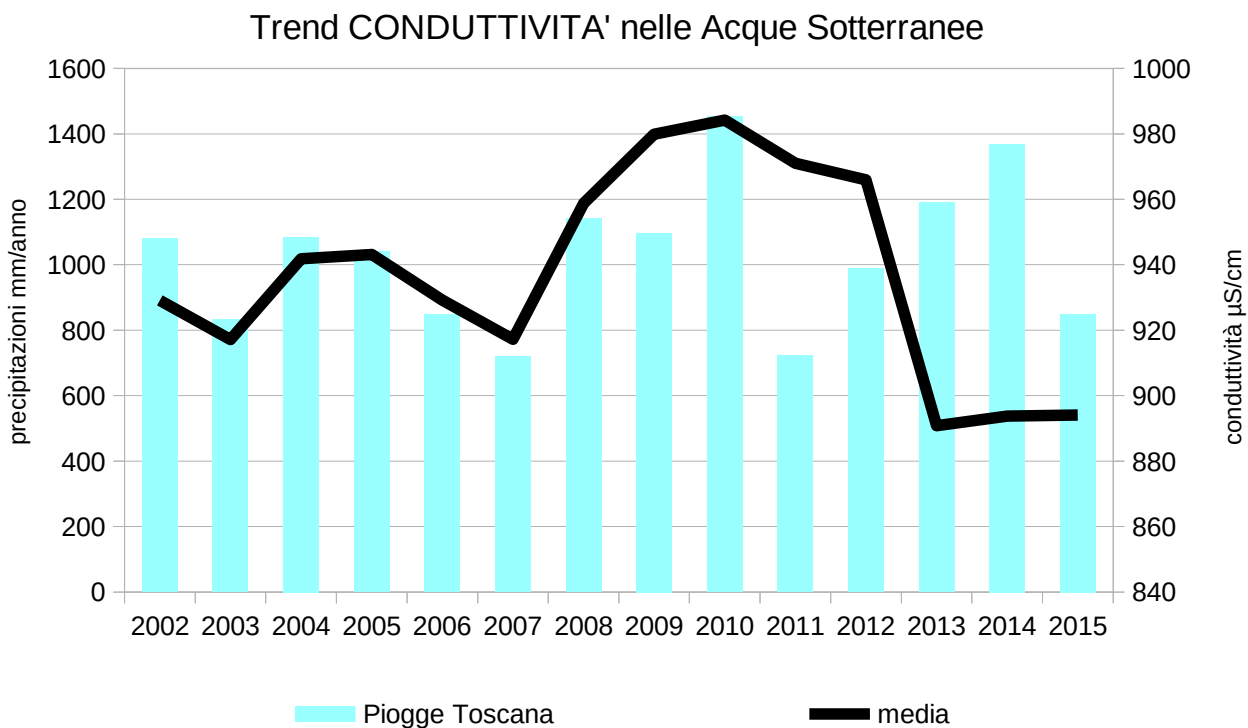
Nel periodo 2002-2015 il trend dei nitrati in Toscana appare in lieve decremento, benché ai limiti della significatività statistica (p Mann Kendall = 0,12 \simeq 0,1). Si rileva, nel complesso, una possibile correlazione positiva con gli andamenti climatici notando un leggero sfasamento di un anno soprattutto per i minimi. Sembra prevalere così, durante i periodi di maggior ricarica, il maggior apporto di acque concentrate e più contaminate dalla superficie rispetto alla finale diluizione.



9. Figura: Trend dei nitrati in Toscana e confronto con trend europeo e precipitazioni

Conduttività

Nel periodo 2002-2015 il trend della conduttività nei copri idrici toscani è caratterizzato da distinte escursioni pluriennali con due massimi relativi nel 2004 e 2010. Si rileva inizialmente e fino al 2010 una stretta correlazione con le precipitazione che appare poi, al momento inspiegabilmente, invertirsi negli anni successivi.

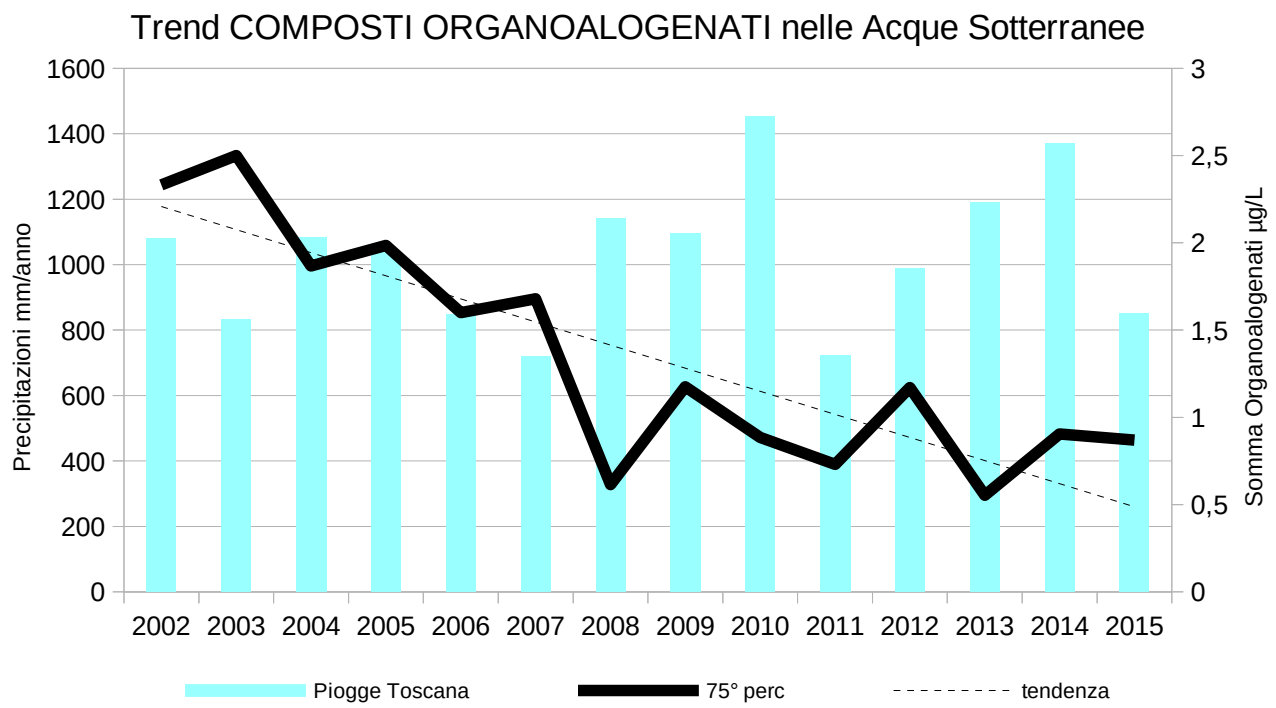


10. Figura: Trend della conduttività in Toscana e precipitazioni

Composti Organoalogenati

Nel periodo 2002-2015 il trend della statistica annua del 75° percentile dei valori espressi dalle stazioni MAT rivela un deciso decremento, risultato statisticamente significativo (correlazione parametrica Pearson $p = 8E-5 \ll 0,05$) con un tasso di decremento medio di $0,13 \mu\text{g/L*anno}$.

Il confronto con il diagramma temporale delle precipitazioni sembra suggerire un iniziale periodo con forte decremento in ragione della riduzione delle precipitazioni dal 2003 al 2008 seguito da un periodo successivo di maggiori afflussi culminato nei massimi relativi degli anni 2010 e 2014 dove il trend appare più stazionario o comunque con decrementi più contenuti.



11. Figura: Trend degli organoalogenati in Toscana e precipitazioni

5.2 Trend ambientalmente significativi e punti di inversione

I dati per i tre indicatori del periodo 2002-2015 sono stati sottoposti inoltre alla procedura indicata dalla Linea Guida CNR-SNPA (2017).

Come visto la procedura prevede una prima valutazione analitica condotta sulle singole stazioni seguita da una elaborazione sintetica per corpo idrico.

Le stazioni per l'analisi dei trend sono state selezionate come "a rischio" sulla base di un criterio cautelativo dato dall'occorrenza, almeno una volta nel periodo, di un valore del parametro in eccesso sul 75% del VS/SQA.

I risultati sono riportati in tabelle distinte per stazione e corpo idrico mentre i diagrammi temporali sono stati limitati a situazioni di maggior rilevanza così individuate:

- stazioni con tendenza all'aumento ambientalmente significativa appartenenti a corpi idrici in incremento perlomeno statisticamente significativo;
- stazioni con inversione statisticamente significativa ed almeno una media annua superiore al 75% dello SQA o VS.

Una tabella riassuntiva riporta infine indicatori percentuali, distinti per stazioni e corpi idrici riferiti alle tre condizioni verificate:

- incremento statisticamente significativo
- incremento ambientalmente significativo
- inversione statisticamente significativa

Nitrati

Per il parametro dei nitrati l'applicazione della procedura ha determinato tendenze ed inversioni statisticamente significative per 44 delle 184 stazioni analizzate come riportate in tabella 10.

corpoidrico	stazione	1/N	periodo	anni	max	inc_sig	pvalue_trend	slope	inc_amb_sig	val2021	val2027	inv_sig	pvalue_inv	anno d'inversione
11AR011	MAT-P042	8%	2002-2015	14	20		0,016	-0,361		0	0	X	0,0182	2010
11AR011	MAT-P071	8%	2002-2015	14	47		0,0211	-0,925		0	0	X	0,0321	2011
11AR011	MAT-P074	8%	2002-2015	14	11		0,00604	-0,512		0	0	X	0,0149	2009
11AR011	MAT-P357	8%	2002-2015	14	48		0,00102	-2,52		0	0	X	0,0149	2009
11AR012	MAT-P241	12%	2002-2015	14	45	X	0,0798	0,775	X	48	52		0	0
11AR012	MAT-P250	12%	2002-2015	14	27	X	0,00102	1,37		37	45		0	0
11AR012	MAT-P456	12%	2002-2015	14	47	X	3,17E-05	2,28	X	50	65		0	0
11AR026	MAT-P270	8%	2002-2015	14	6	X	0,0158	0,225		6	7		0	0
11AR026	MAT-P271	8%	2002-2015	14	13		0,0215	-0,425		0	0	X	0,0764	2010
11AR026	MAT-P282	8%	2002-2015	14	11		0,016	-0,3		0	0	X	0,0764	2010
11AR027	MAT-P189	10%	2002-2015	12	4	X	0,0798	0,0641		4	4		0	0
11AR027	MAT-P216	10%	2002-2015	13	1	X	0,0315	0,045		0	0		0	0
11AR030	MAT-P005	8%	2002-2015	12	59	X	0,00442	1,5	X	66	76		0	0
11AR030	MAT-P556	8%	2002-2015	9	44	X	0,0062	3,51	X	70	100		0	0
11AR030-1	MAT-P017	11%	2002-2015	9	115	X	0,000239	6,99	X	155	222		0	0
11AR041	MAT-P029	11%	2002-2013	10	31	X	0,0865	0,517		32	35		0	0
11AR041	MAT-P035	11%	2002-2013	10	24	X	0,0467	0,931		26	31		0	0
11AR041	MAT-P063	11%	2002-2013	10	30	X	0,0467	1,23		36	43		0	0
11AR042	MAT-P371	17%	2002-2015	14	8	X	0,0627	0,139		4	5		0	0
13TE010	MAT-P037	20%	2002-2015	14	71		0,016	-2,91		0	0	X	0,0321	2007
23FI010	MAT-P088	20%	2002-2015	13	18	X	0,0619	0,25		16	17		0	0
23FI010	MAT-S063	20%	2003-2015	13	50	X	0,00117	2	X	60	71		0	0
23FI010	MAT-S144	20%	2003-2015	12	33	X	0,071	0,125		26	27		0	0
31OM010	MAT-P082	8%	2002-2015	13	20	X	0,0798	0,56		16	19		0	0
31OM010	MAT-P587	8%	2006-2015	9	27	X	0,088	1,13		31	38		0	0
32CT010	MAT-P092	5%	2002-2015	14	40	X	0,0425	0,136		39	40		0	0
32CT010	MAT-P102	5%	2002-2015	14	74	X	1,95E-05	2,16	X	83	96		0	0
32CT010	MAT-P106	5%	2002-2015	14	56	X	0,00217	1,64	X	66	75		0	0
32CT010	MAT-P108	5%	2002-2015	14	46	X	0,00178	1,19	X	47	52		0	0
32CT010	MAT-P110	5%	2002-2015	14	30	X	0,000127	0,932		32	36		0	0
32CT010	MAT-P113	5%	2002-2015	14	43	X	0,0375	0,775	X	47	51		0	0
32CT010	MAT-P114	5%	2002-2015	14	20	X	0,0704	0,111		21	22		0	0
32CT010	MAT-P321	5%	2002-2015	14	43	X	0,00102	1,21	X	52	60		0	0
32CT010	MAT-P532	5%	2002-2015	13	27	X	4,25E-06	0,586		31	34		0	0
32CT020	MAT-P138	10%	2002-2015	14	22	X	0,000127	0,6		24	28		0	0
32CT020	MAT-P329	10%	2002-2015	14	49	X	0,016	1,79	X	53	63		0	0
32CT020	MAT-P330	10%	2002-2015	14	38	X	1,95E-05	1,25		37	44		0	0
32CT020	MAT-P460	10%	2003-2015	13	26	X	0,0769	0,41		29	32		0	0
32CT020	MAT-P473	10%	2003-2015	12	28	X	0,087	0,187		28	29		0	0
32CT021	MAT-P134	20%	2002-2015	14	48		0,00102	-0,809		0	0	X	0,0459	2007
32CT030	MAT-P116	9%	2002-2015	14	50	X	0,016	1,63	X	53	64		0	0
32CT030	MAT-P323	9%	2002-2015	14	201		0,000824	-15,5		0	0	X	0,0149	2009
32CT040	MAT-P461	20%	2002-2015	14	87		0,0086	-3,19		0	0	X	0,0182	2010
33TN010	MAT-P296	5%	2003-2015	13	20	X	0,0124	0,888		4	6		0	0

10. Tabella: STAZIONI nitrati, valutazione analitica tendenze ascendenti ed inversione

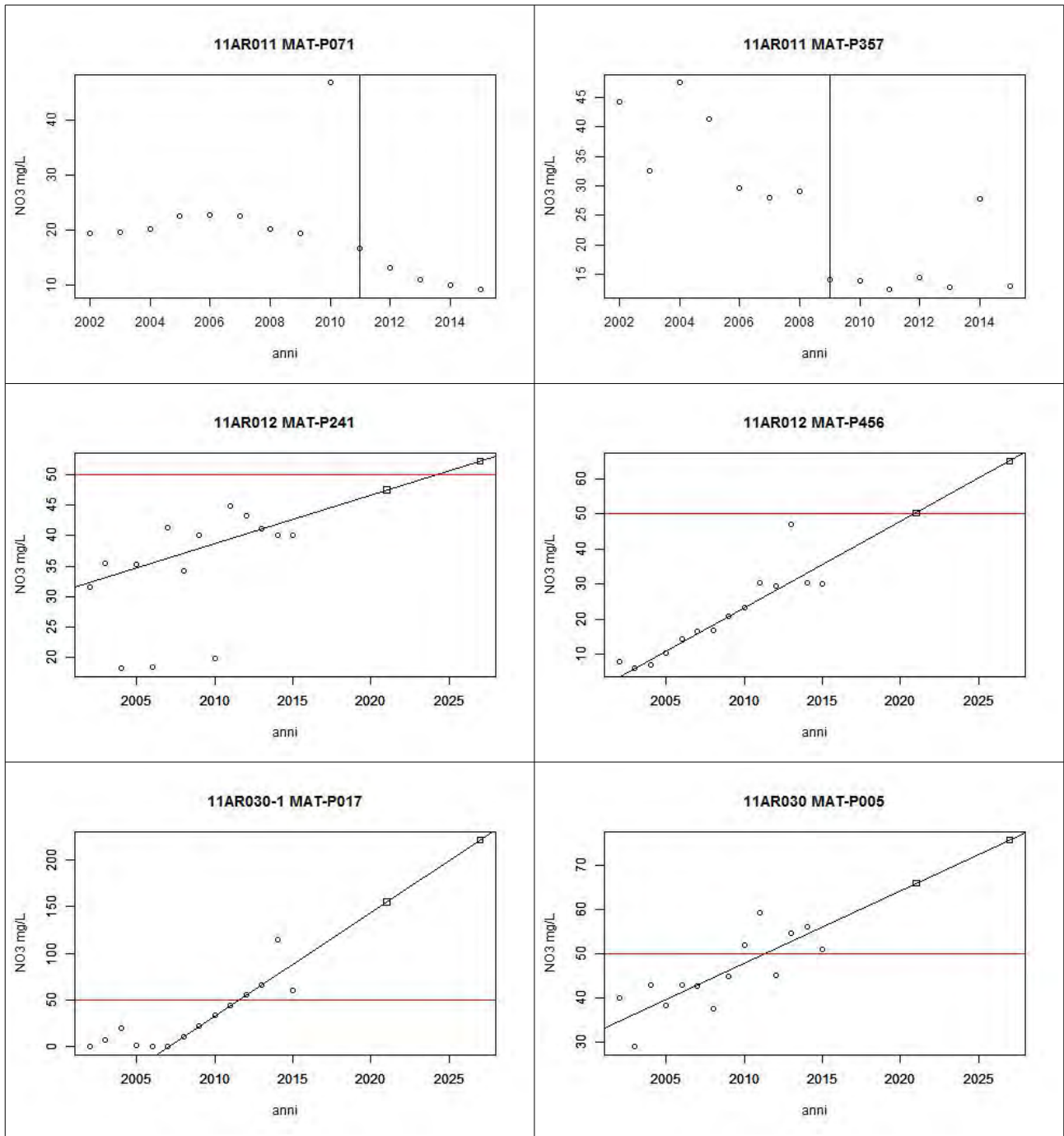
Nella sintesi della tabella 11, i corpi idrici con incremento in nitrati statisticamente significativo sono 5 (Prato, Valdarno Superiore, Pitigliano, Costiero tra Cecina e San Vincenzo e Cornia) dei quali il solo Prato risulta già in stato scarso, L'incremento è ambientalmente significativo, tale cioè da determinare al 2021 e/o 2027 lo stato scarso, in tre corpi idrici, oltre allo stesso Prato, Pitigliano e Costiero tra Cecina e S. Vincenzo.

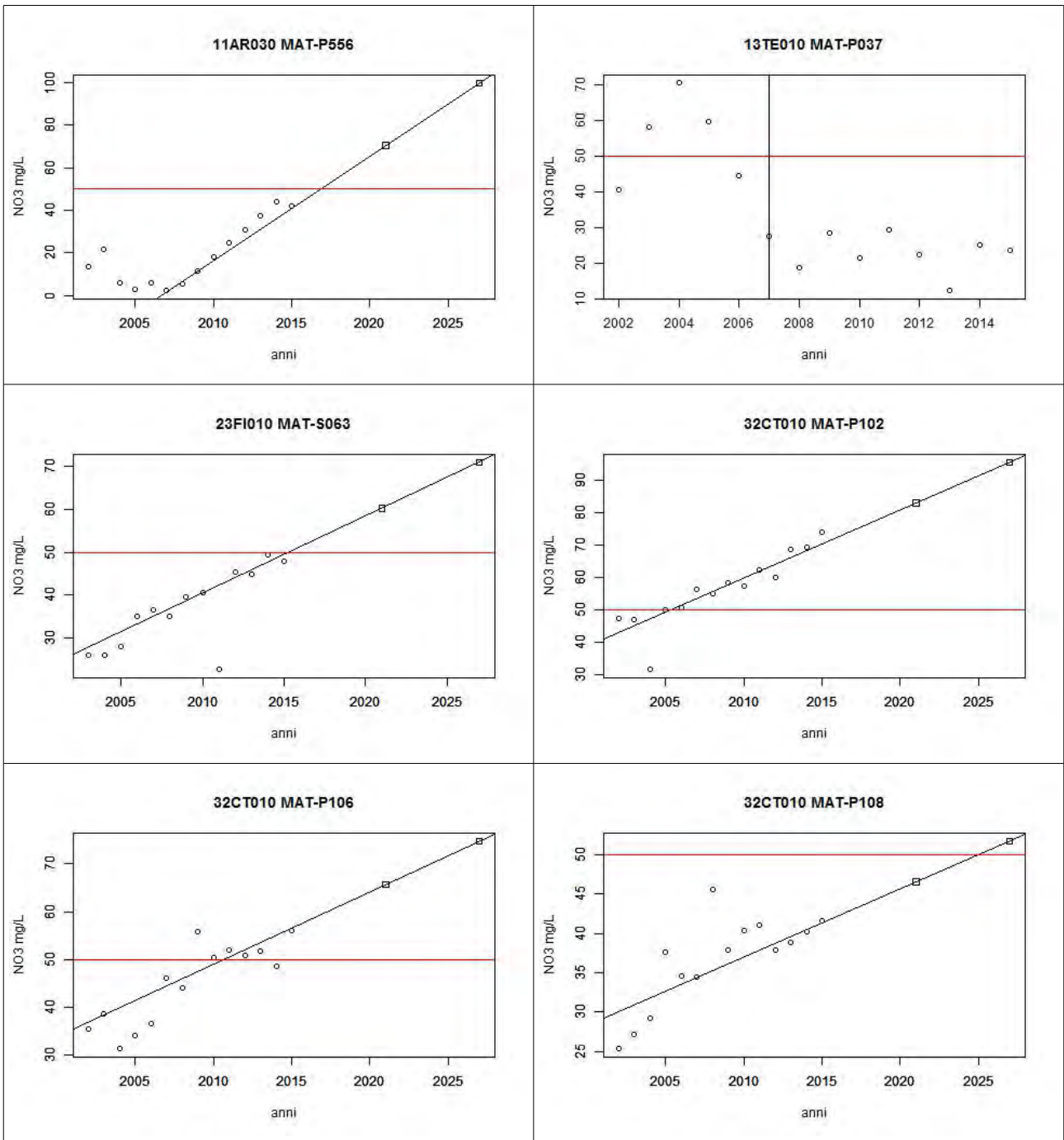
Per quattro corpi idrici si registra, inoltre, una positiva inversione, si tratta di Firenze, Valtiberina, Terrazzo San Vincenzo e Follonica.

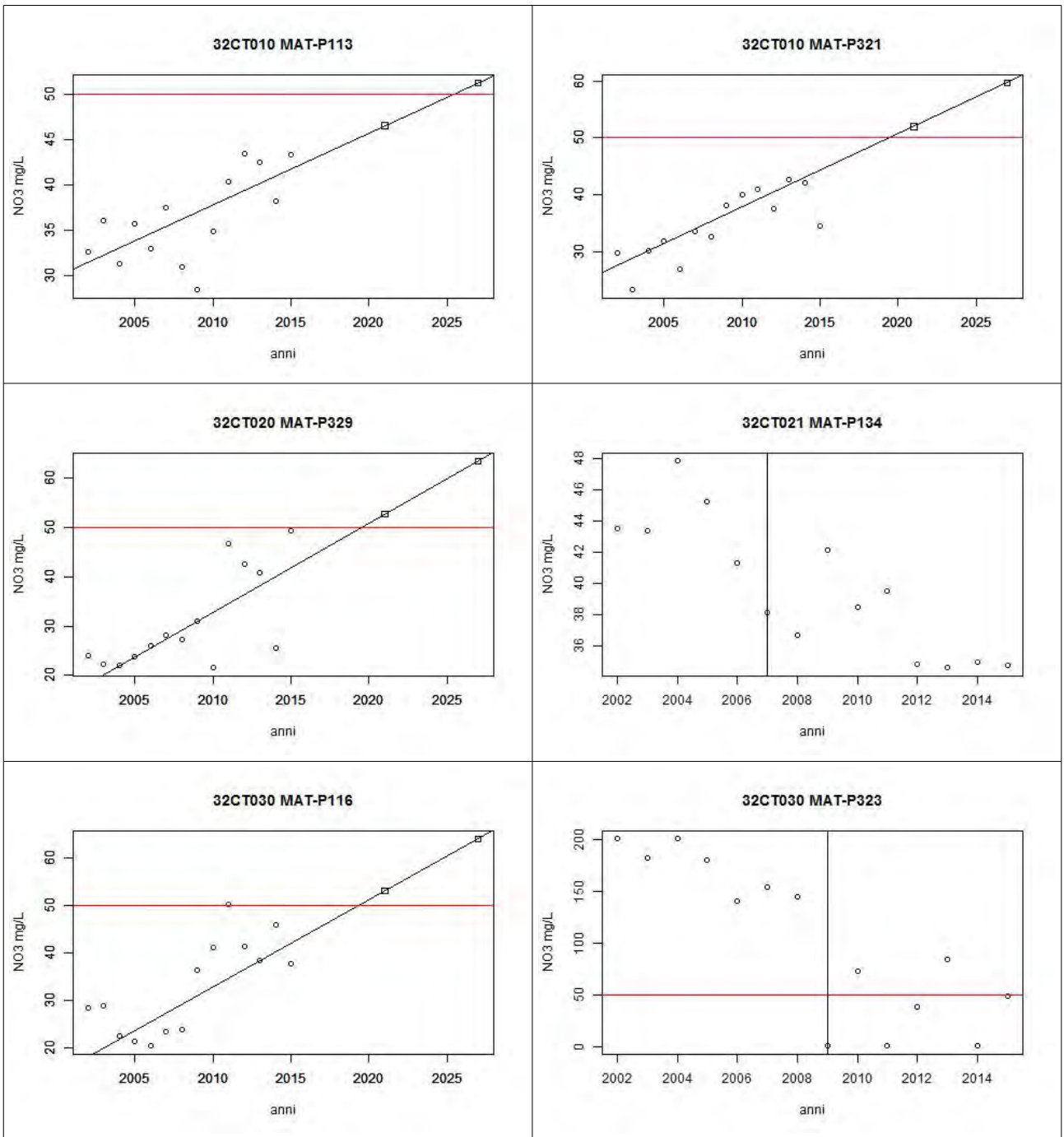
Corpo Idrico Sotterraneo	Stato	Parametri	% stazioni			
			INCREMENTO statisticamente significativo	INCREMENTO ambientalmente significativo	INVERSIONE statisticamente significativa	
11AR011	PIANA DI FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA FIRENZE	SCARSO	tetracloroetilene, sommatória organoalogenati	0%	0%	32%
11AR012	PIANA FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA PRATO	SCARSO	nitrati, tetracloroetilene, tricloroetilene somma, sommatória organoalogenati	36%	24%	0%
11AR041	VALDARNO SUPERIORE, AREZZO E CASENTINO - ZONA VALDARNO SUPERIORE	BUONO scarso localmente	nicel, boro, tetracloroetilene, tricloroetilene somma, sommatória organoalogenati	33%	0%	0%
13TE010	VALTIBERINA TOSCANA	BUONO		0%	0%	20%
23FI010	VULCANITI DI PITIGLIANO	BUONO scarso localmente	nitrati	60%	20%	0%
32CT010	COSTIERO TRA FIUME CECINA E S. VINCENZO	BUONO scarso localmente	ferro, nitrati, triclorometano, tricloroetilene, tetracloroetilene, tetracloroetilene-tricloroetilene somma, sommatória organoalogenati	45%	25%	0%
32CT020	PIANURA DEL CORNIA	BUONO scarso localmente	sodio, nicel, boro, nitrati, conduttività'	50%	10%	0%
32CT021	TERRAZZO DI SAN VINCENZO	SCARSO	nitrati	0%	0%	20%
32CT040	PIANURA DI FOLLONICA	BUONO scarso localmente	ferro, mercurio, sodio, triclorometano, tetracloroetilene, conduttività'	0%	0%	20%

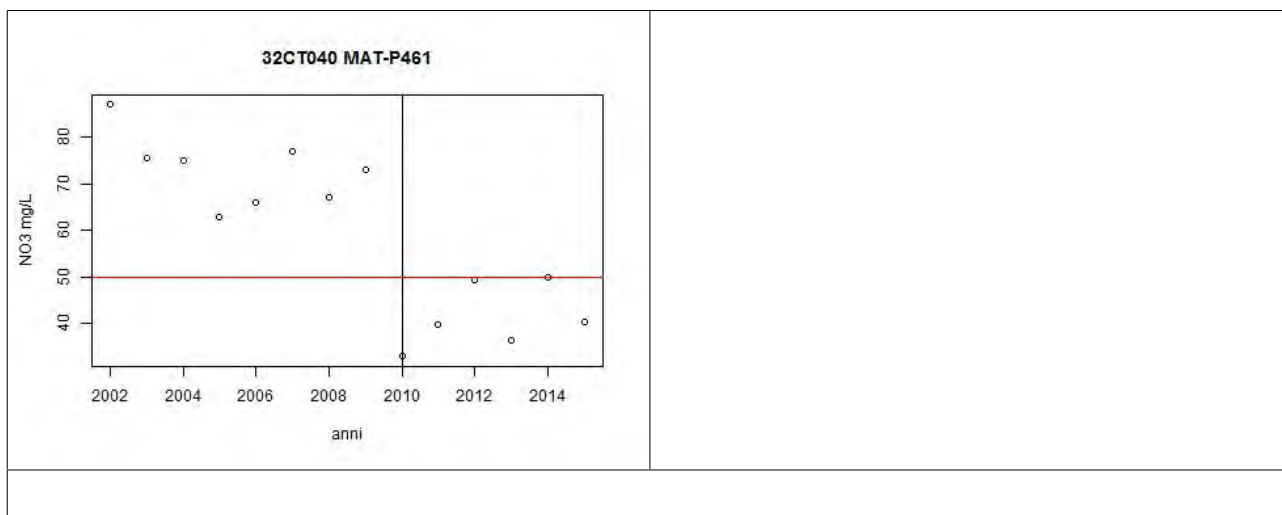
11. Tabella: CORPI IDRICI nitrati, valutazione sintetica tendenze ascendenti e d'inversione

Nella figura 12 sono riportati i diagrammi temporali precedentemente indicati come rilevanti.









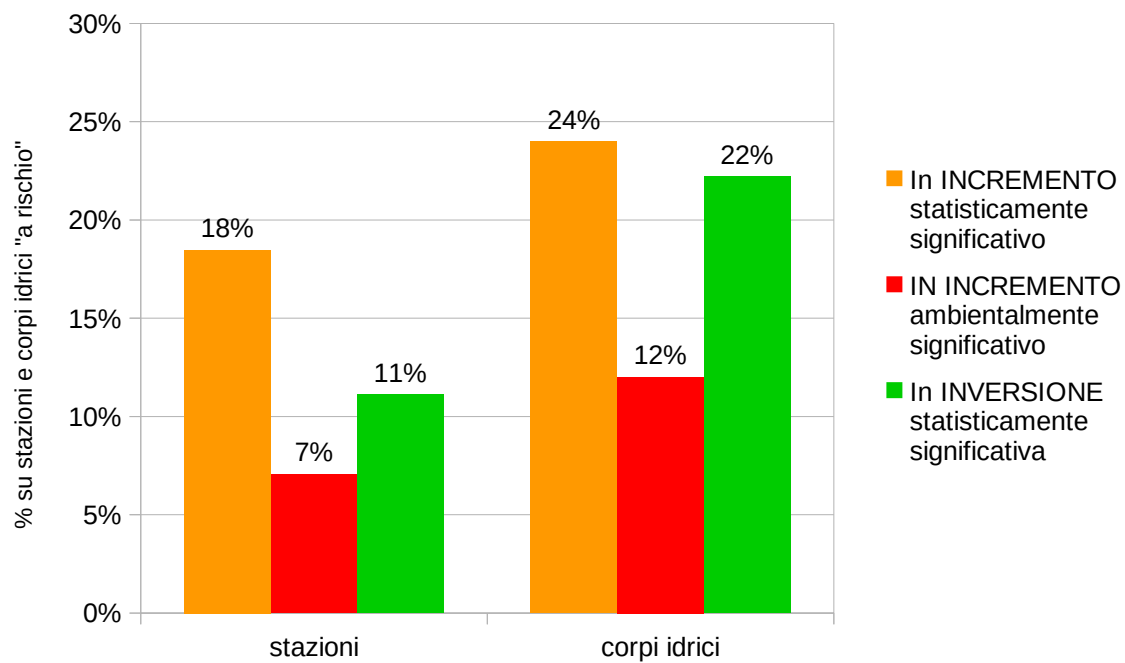
12. Figura: Diagrammi temporali nitrati

Nella tabella 12 e figura 13 gli indicatori percentuali riportano una situazione, nel complesso, non sfavorevole.

I trend ambientalmente significativi sono contenuti nel 7% e 12%, rispettivamente, delle stazioni e corpi idrici valutate a rischio. Gli indicatori di incrementi ed inversioni statisticamente significative hanno percentuali prossime e bilanciate, 18% e 24 % per gli incrementi su stazioni e corpi idrici contro 11% e 22% per le inversioni.

Numero Stazioni					Numero Corpi Idrici				
Valutate per INCREMENTO	Valutate per INVERSIONE	In INCREMENTO statisticamente significativo	In INCREMENTO <u>ambientalmente</u> significativo	In INVERSIONE statisticamente significativa	Valutati per INCREMENTO	Valutati per INVERSIONE	In INCREMENTO statisticamente significativo	In INCREMENTO <u>ambientalmente</u> significativo	In INVERSIONE statisticamente significativa
184	90	34	13	10	25	18	6	3	4

12. Tabella: Nitrati, indicatori Linea Guida CNR-SNPA(2017)



13. Tabella: Nitrati, indicatori Linea Guida CNR-SNPA(2017)

Conduttività

La procedura della Linea Guida CNR-SNPA (2017) applicata al parametro conduttività ha determinato per 30 delle 168 stazioni analizzate tendenze ascendenti e d'inversione statisticamente significative come riportate in tabella 12.

corpoidrico	stazione	invN	periodo	anni	max	inc_sig	pvalue_trend	slope	inc_amb_sig	val2021	val2027	inv_sig	pvalue_inv	anno d'inversione
11AR020	MAT-P209	17%	2002-2013	11	2820	X	0,00203	39,9		2159	2344		0	0
11AR020	MAT-P306	17%	2002-2013	11	1476	X	0,0467	5,42		1484	1514		0	0
11AR020-1	MAT-P196	12%	2002-2013	11	307	X	0,00203	4,54		336	366		0	0
11AR020-1	MAT-P210	12%	2002-2013	10	857	X	0,000779	19		966	1064		0	0
11AR020-1	MAT-P212	12%	2002-2013	10	607	X	0,00749	20,2		721	844		0	0
11AR023	MAT-P121	11%	2002-2013	10	1404	X	0,0865	10		1394	1452		0	0
11AR023	MAT-P122	11%	2002-2013	10	1488	X	0,0335	15,9		1590	1690		0	0
11AR023-1	MAT-P199	25%	2002-2013	10	1012	X	0,000279	8,12		1063	1101		0	0
11AR024	MAT-P049	14%	2002-2015	12	1137	X	0,00102	8		1183	1237		0	0
11AR030	MAT-P025	8%	2002-2015	14	812		0,0086	-13,2		0	0	X	0,0897	2007
11AR030	MAT-P364	8%	2002-2015	14	1970		0,0118	-27,8		0	0	X	0,0459	2009
11AR030-1	MAT-P023	11%	2002-2015	14	1346		0,0285	-10		0	0	X	0,0897	2007
11AR060	MAT-P290	12%	2002-2015	14	1273		0,00217	-25,3		0	0	X	0,0182	2010
11AR060	MAT-P360	12%	2002-2015	14	1249		0,0136	-21,6		0	0	X	0,0266	2009
12SE011	MAT-P157	8%	2002-2015	14	548		0,0285	-4,6		0	0	X	0,0647	2009
12SE011	MAT-P169	8%	2003-2015	13	636	X	0,0586	11,9		658	737		0	0
32CT010	MAT-P102	5%	2002-2015	14	1151	X	0,00517	18,7		1209	1318		0	0
32CT010	MAT-P108	5%	2002-2015	14	1503	X	0,016	24,6		1499	1653		0	0
32CT010	MAT-P111	5%	2002-2015	13	1849	X	0,0487	11,1		1330	1382		0	0
32CT010	MAT-P531	5%	2002-2015	13	1258	X	0,0798	17		1328	1427		0	0
32CT020	MAT-P329	10%	2002-2015	14	985	X	0,00442	11,6		1072	1144		0	0
32CT020	MAT-P330	10%	2002-2015	14	915	X	0,0086	9,19		893	952		0	0
32CT020	MAT-P460	10%	2003-2015	13	5210	X	0,00279	33,6		1394	1594		0	0
32CT040	MAT-P078	20%	2003-2015	10	6565	X	0,0441	251	X	7422	9516		0	0
32CT040	MAT-P461	20%	2002-2015	14	1350		0,0627	-8,61		0	0	X	0,0546	2010
32CT050	MAT-P214	14%	2002-2015	14	2157	X	0,0285	21,9		2190	2338		0	0
32CT070	MAT-P127	33%	2002-2014	10	1891	X	0,0173	20,7		1270	1394		0	0
33TN010	MAT-P296	5%	2003-2015	13	569	X	0,00871	9,17		474	534		0	0
99MM011	MAT-P569	8%	2002-2015	12	1051	X	0,00442	22,6		1221	1405		0	0
99MM042	MAT-P284	12%	2002-2015	14	2040		0,0086	-23,4		0	0	X	0,0764	2008

14. Tabella: STAZIONI conduttività, valutazione analitica tendenze ascendenti e d'inversione

I corpi idrici con incremento in conduttività statisticamente significativo riportati in tabella 13 sono 8 (Pisa, Lavaiano Mortaiolo incluse le falde profonde, Costiero tra Cecina e San Vincenzo, Cornia,

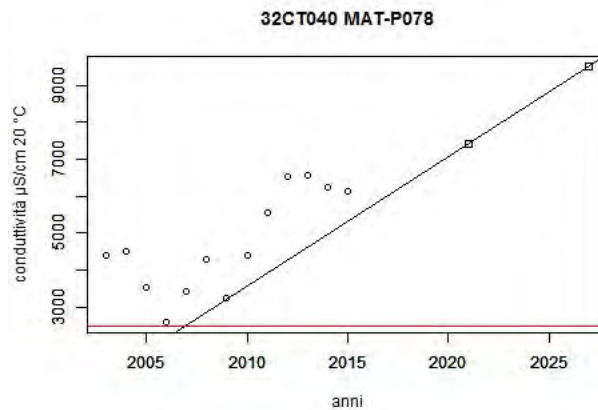
Follonica, Carbonatico Elba). Di questi il solo Pisa per la falda profonda risulta già in stato scarso per altri parametri.

L'incremento è ambientalmente significativo, tale cioè da determinare al 2021 e/o 2027 lo stato scarso per conduttività nel solo Follonica. Per il corpo idrico dell'Elsa si registra, invece, una positiva inversione. Un'inversione si registra anche in Follonica, ma secondo quanto indicato nel quadro A21 della procedura, tenuto conto dell'opposta tendenza all'incremento ambientalmente significativa l'inversione non è considerata.

Corpo Idrico Sotterraneo		Stato	Parametri	% stazioni		
				INCREMENTO statisticamente significativo	INCREMENTO ambientalmente significativo	INVERSIONE statisticamente significativa
11AR020	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA PISA	BUONO scarso localmente	sodio, conduttività'	34%	0%	0%
11AR020-1	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA PISA - FALDA PROFONDA	SCARSO	cromo vi, tetracloroetilene	36%	0%	0%
11AR023	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA LAVAIANO - MORTAILO	BUONO fondo naturale	ferro, manganese	22%	0%	0%
11AR023-1	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA LAVAIANO - MORTAILO - FALDA PROFONDA	BUONO		25%	0%	0%
11AR060	ELSA	BUONO scarso localmente	ferro, tetracloroetilene, idrocarburi totali	0%	0%	24%
32CT010	COSTIERO TRA FIUME CECINA E S. VINCENZO	BUONO scarso localmente	ferro, nitrati, triclorometano, tricloroetilene, tetracloroetilene, tetracloroetilene-tricloroetilene somma, sommatoria organoalogenati	20%	0%	0%
32CT020	PIANURA DEL CORNIA	BUONO scarso localmente	sodio, nichel, boro, nitrati, conduttività'	30%	0%	0%
32CT040	PIANURA DI FOLLONICA	BUONO scarso localmente	ferro, mercurio, sodio, triclorometano, tetracloroetilene, conduttività'	20%	20%	20%
32CT070	CARBONATICO DELL'ELBA ORIENTALE	BUONO fondo naturale	triclorometano	33%	0%	0%

15. Tabella: CORPI IDRICI conduttività, valutazione sintetica tendenze ascendenti e d'inversione

Di rilevanza il solo diagramma temporale della stazione MAT-P078.



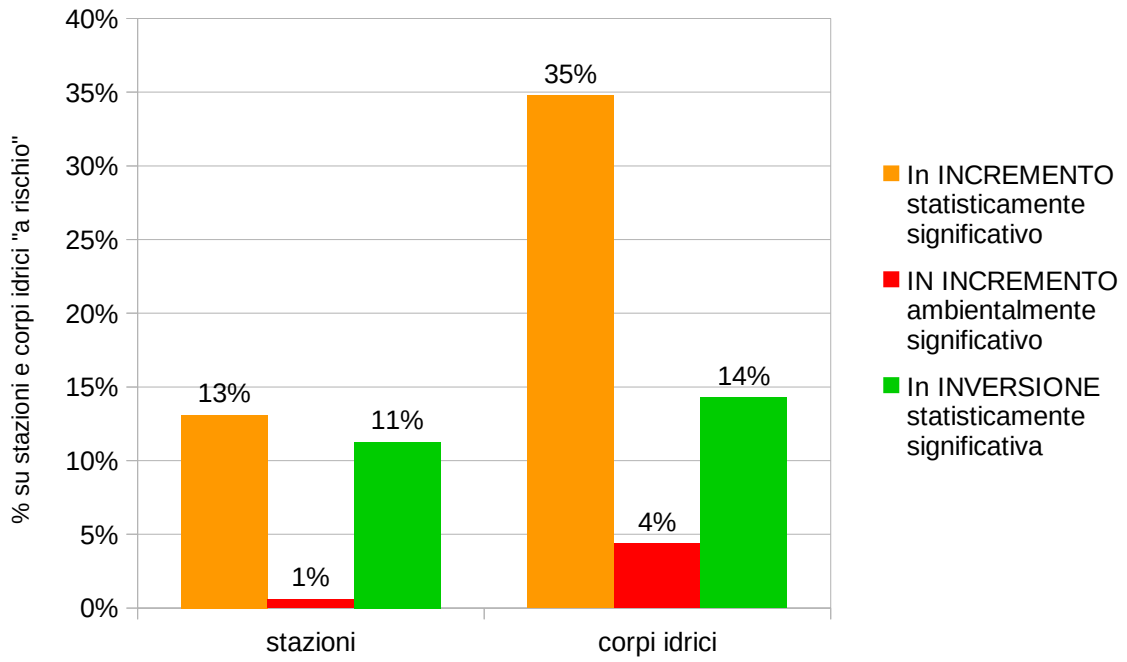
13. Figura: Diagramma temporale conduttività

Nella tabella 16 e figura 14 gli indicatori percentuali riportano una situazione , nel complesso, non sfavorevole.

I trend ambientalmente significativi sono contenuti nel 1% e 4%, rispettivamente, delle stazioni e corpi idrici valutate a rischio. Gli indicatori di incrementi ed inversioni statisticamente significative hanno percentuali prossime nel caso delle stazioni, con 13% di incrementi ed 11 % di inversioni mentre un eccesso, con il 35% di incrementi e 14% di inversioni si ha per i corpi idrici.

Numero Stazioni					Numero Corpi Idrici				
Valutate per INCREMENTO	Valutate per INVERSIONE	In INCREMENTO statisticamente significativo	In INCREMENTO ambientalmente significativo	In INVERSIONE statisticamente significativa	Valutati per INCREMENTO	Valutati per INVERSIONE	In INCREMENTO statisticamente significativo	In INCREMENTO ambientalmente significativo	In INVERSIONE statisticamente significativa
168	71	22	1	8	23	14	8	1	2

16. Tabella: Conduttività, indicatori Linea Guida (ISPRA et alii, 2017b)



14. Figura: Conduttività, indicatori Linea Guida (ISPRA et alii, 2017b)

Composti Organoalogenati

La procedura applicata al parametro della sommatoria dei composti organoalogenati determina per 25 delle 103 stazioni analizzate tendenze ascendenti e d'inversione statisticamente significative come indicate in tabella 14.

corpoidrico	stazione	invN	periodo	anni	max	inc_sig	pvalue_trend	slope	inc_amb_sig	val2021	val2027	inv_sig	pvalue_inv	anno d'inversione
11AR011	MAT-P357	8%	2002-2015	14	29	X	0,0318	1,02	X	23	30		0	0
11AR011	MAT-P042	8%	2002-2015	14	5		0,00326	-0,455		0	0	X	0,0182	2008
11AR011	MAT-P058	8%	2002-2015	14	5		0,0247	-0,304		0	0	X	0,0182	2008
11AR011	MAT-P074	8%	2002-2015	14	494		0,000302	-25,2		0	0	X	0,0149	2009
11AR012	MAT-P241	12%	2002-2015	14	121	X	0,000552	8,46	X	163	215		0	0
11AR012	MAT-P244	12%	2002-2013	12	183	X	0,0236	9,25	X	141	186		0	0
11AR012	MAT-P250	12%	2002-2015	14	50	X	0,0425	2,11	X	32	44		0	0
11AR012	MAT-P457	12%	2002-2015	14	24		0,0206	-0,152		0	0	X	0,0182	2010
11AR013	MAT-P281	12%	2002-2015	14	138	X	0,000805	11,5	X	11	14		0	0
11AR026	MAT-P270	8%	2002-2015	14	887		4,25E-06	-17,3		0	0	X	0,0149	2009
11AR026	MAT-P273	8%	2002-2015	14	62		0,000155	-0,252		0	0	X	0,0149	2009
11AR026	MAT-P282	8%	2002-2015	14	0		0,00105	-0,01		0	0	X	0,0182	2010
11AR026	MAT-P283	8%	2002-2015	14	0		0,00144	-0,01		0	0	X	0,0182	2010
11AR026	MAT-P525	8%	2003-2013	11	4	X	0,014	0,228		0	0		0	0
11AR028	MAT-P310	14%	2002-2015	12	25	X	0,00722	1,07	X	19	25		0	0
11AR030	MAT-P005	8%	2004-2015	9	6	X	0,000279	0,616	X	10	14		0	0
11AR030	MAT-P025	8%	2004-2015	10	1	X	0,003	0,0467		1	1		0	0
11AR030	MAT-P026	8%	2004-2015	10	1	X	0,00163	0,0228		0	1		0	0
11AR030	MAT-P039	8%	2004-2015	10	1	X	0,003	0,0467		1	1		0	0
11AR030	MAT-P363	8%	2002-2015	13	3	X	0,000459	0,155		3	4		0	0
11AR030	MAT-P364	8%	2002-2015	13	1	X	0,0759	0,00063		0	0		0	0
11AR060	MAT-P290	12%	2002-2015	14	1	X	0,00821	0,00417		0	0		0	0
12SE011	MAT-P155	8%	2003-2015	12	1	X	0,0586	0,0429		1	1		0	0
32CT010	MAT-P113	5%	2004-2015	12	28	X	0,00319	1,96	X	27	38		0	0
99MM011	MAT-S027	8%	2003-2015	12	2	X	0,0202	0,142		2	3		0	0

17. Tabella: STAZIONI composti organoalogenati, valutazione analitica tendenze ascendenti e d'inversione

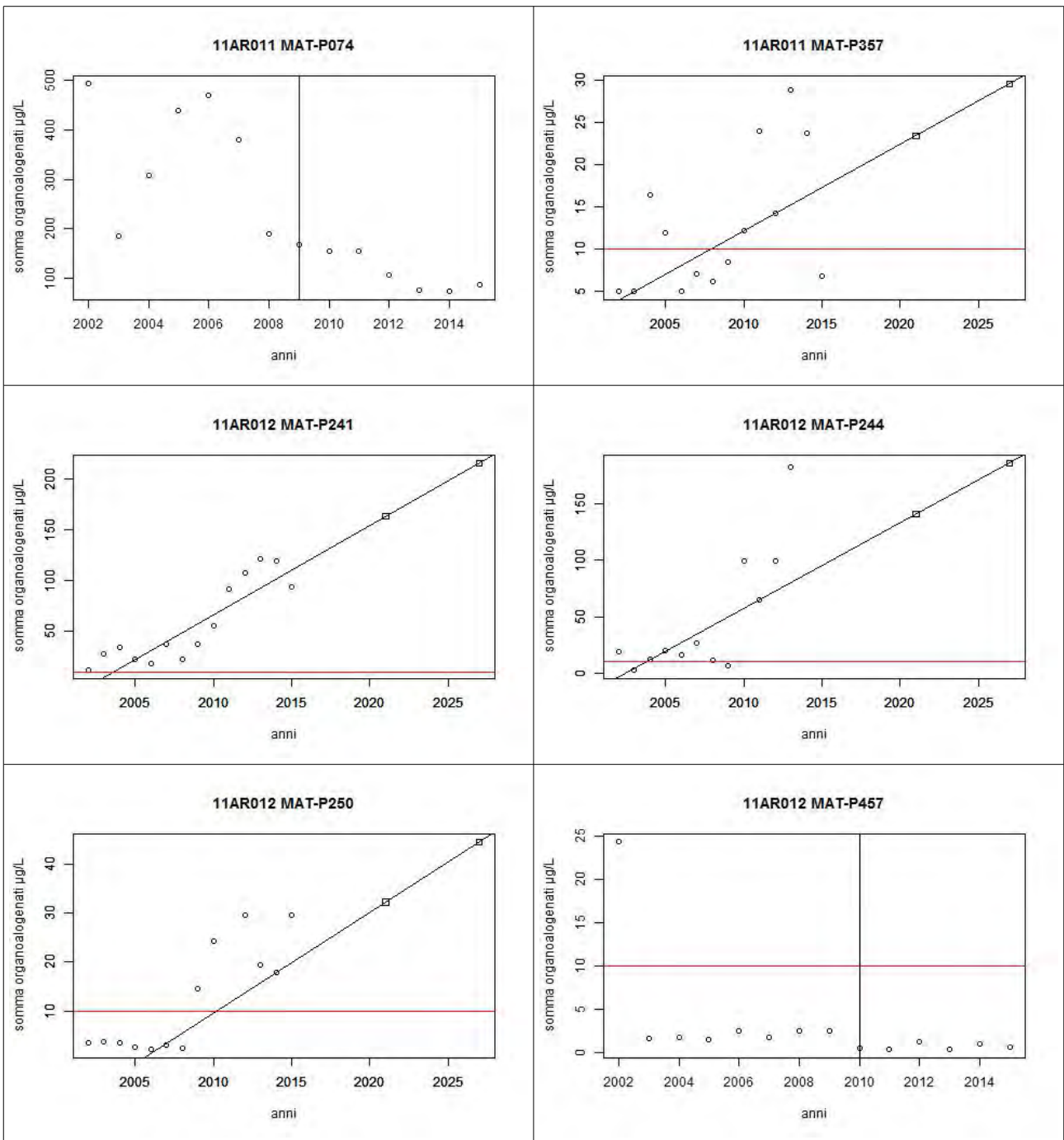
I corpi idrici riportati in tabella 15 con incremento statisticamente significativo sono rappresentati da Prato e Valdichiana, il primo risulta già in stato scarso con un incremento ambientalmente significativo, confermandosi, secondo la tendenza, lo stesso stato anche al 2021 e/o 2027,

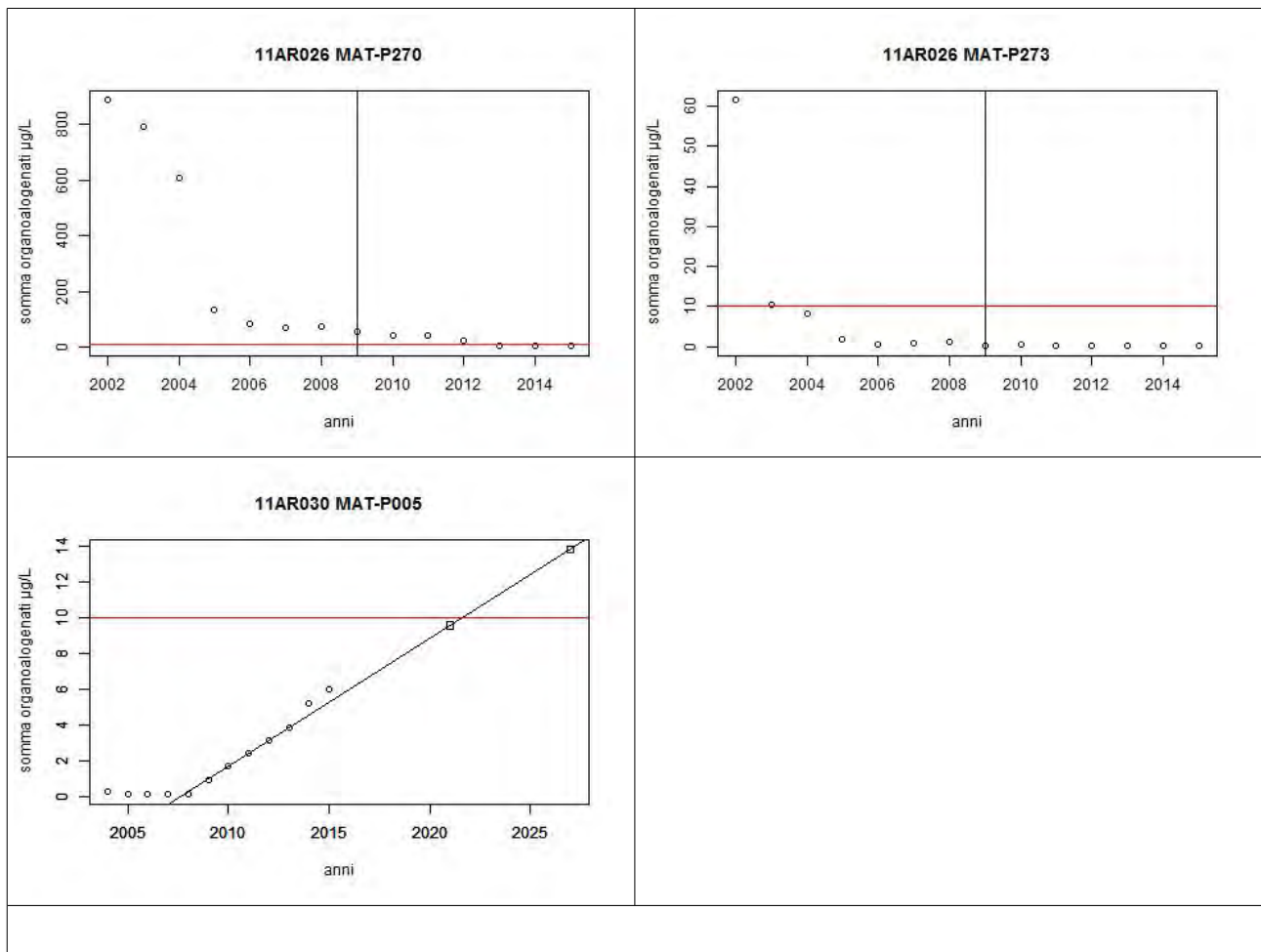
Per i corpi idrici di Firenze e Valdinievole si registra invece una positiva inversione.

Corpo Idrico Sotterraneo		Stato	Parametri	% stazioni		
				INCREMENTO statisticamente significativo	INCREMENTO ambientalmente significativo	INVERSIONE statisticamente significativa
11AR011	PIANA DI FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA FIRENZE	SCARSO	tetracloroetilene, sommatoria organoalogenati	8%	8%	24%
11AR012	PIANA FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA PRATO	SCARSO	nitriti, tetracloroetilene, tetracloroetilene-tricloroetilene somma, sommatoria organoalogenati	36%	36%	12%
11AR026	VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA VAL DI NIEVOLE, FUCECCHIO	BUONO scarso localmente	1,2-dicloroetilene, tricloroetilene, tetracloroetilene, tetracloroetilene-tricloroetilene somma, dibromoclorometano, sommatoria organoalogenati	8%	0%	32%
11AR030	VAL DI CHIANA	BUONO scarso localmente	arsenico, nichel, nitriti, triclorometano, tricloroetilene, tetracloroetilene	48%	8%	0%

18. Tabella: CORPI IDRICI composti organoalogenati, valutazione sintetica tendenze ascendenti e di inversione

I diagrammi temporali rilevanti come indicati in precedenza sono riportati in figura





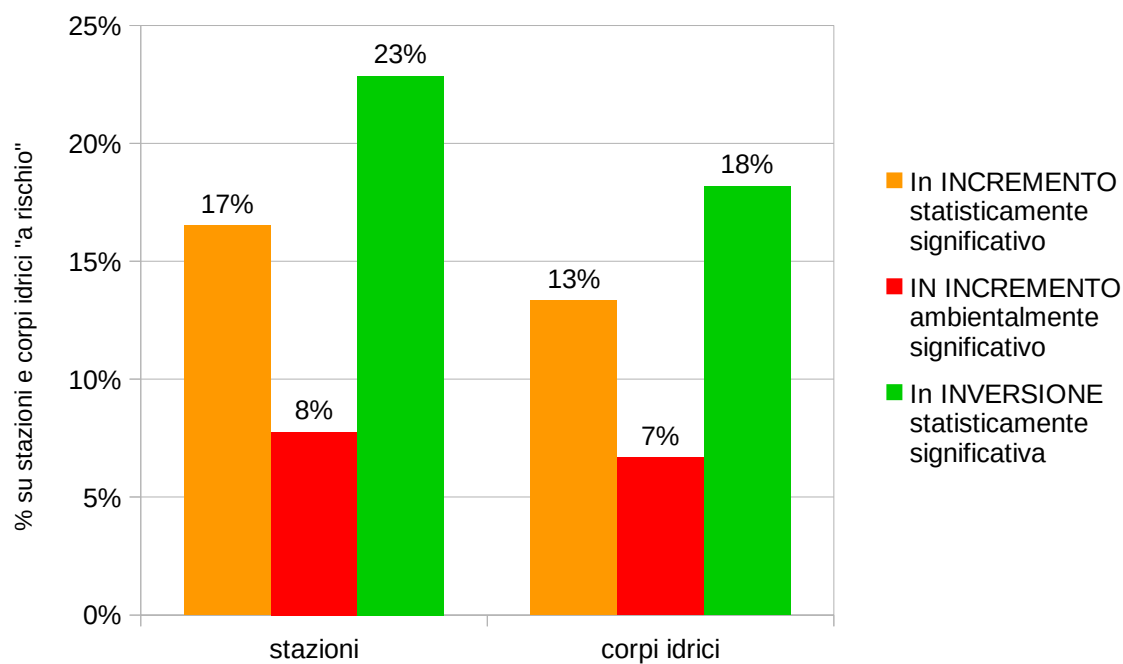
15. Figura: Diagrammi temporali organoalogenati

Nella tabella 19 e figura 16 gli indicatori percentuali derivati dall'applicazione della Linea Guida CNR SNPA (2017) riportano una situazione favorevole per i composti organoalogenati.

I trend ambientalmente significativi sono contenuti nel 8% e 7%, rispettivamente, delle stazioni e corpi idrici valutate a rischio. Gli indicatori di inversioni statisticamente significative rappresentano invece percentuali del 23% e 18% delle stazioni e corpi idrici, ben maggiori delle percentuali di incrementi pari al 17% e 13%.

Numero Stazioni					Numero Corpi Idrici				
Valutate per INCREMENTO	Valutate per INVERSIONE	In INCREMENTO statisticamente significativo	In INCREMENTO ambientalmente significativo	In INVERSIONE statisticamente significativa	Valutate per INCREMENTO	Valutate per INVERSIONE	In INCREMENTO statisticamente significativo	In INCREMENTO ambientalmente significativo	In INVERSIONE statisticamente significativa
103	35	17	8	8	15	11	2	1	2

19. Tabella: Composti organoalogenati, indicatori Linea Guida (ISPRA et alii, 2017b)



16. Figura: Composti organoalogenati, indicatori Linea Guida (ISPRA et alii, 2017b)

6 CONCLUSIONI

Il programma di **monitoraggio chimico** dei corpi idrici sotterranei secondo la DGRT 100/2010 ha previsto nel triennio 2013-2015 l'esame di **66 corpi idrici**, 35 dei quali a rischio e 31 non a rischio, per **394** stazioni di monitoraggio. Il solo monitoraggio di sorveglianza triennale ha riguardato 79 stazioni di corpi idrici non a rischio mentre per 10 stazioni di corpi idrici con rischio locale e 270 stazioni di corpi idrici a rischio è stato aggiunto un monitoraggio operativo di frequenza annuale.

La **percentuale di realizzazione del programma**, al netto di temporanee indisponibilità delle stazioni, è comunque stata del **95%**.

La Regione Toscana ha adottato con **DGRT 1185 del 09/12/2015** nuovi **valori soglia** per determinati corpi idrici come derivati dagli studi ARPAT (2013, 2015) sul **fondo naturale**. I valori di fondo sono stati inseriti nella documentazione del **Piano di Gestione** e le presenti classificazioni del triennio 2013-2015 sono basate su queste attribuzioni di fondo naturale.

Coerentemente con l'approccio indicato dalla Direttiva 2014/80/UE e ripreso dal DMATTM 6/7/2016, in aggiunta ai Valori di Fondo della DGRT 1185/17, cui è stato riconosciuto un livello generale di confidenza medio M, sono stati attribuiti **ulteriori Valori di Fondo** con livello di **confidenza basso (B)** e **molto basso (BB)**, basandosi su indicazioni di letteratura e similarità con risultati statistici di riferimento per il medesimo tipo di falda acquifera.

Per la classificazione del triennio 2013-2015 sono state elaborate le medie del triennio per le 394 stazioni dei 66 corpi idrici.

La distribuzione percentuale degli stati chimici, al confronto con la situazione del triennio 2010-2012 mostra una **diminuzione** di corpi idrici in stato **buono** dal **27%** al **23%** ed in stato **buono con fondo naturale**, dal **25%** al **23%**.

E' **aumentata** la percentuale di corpi idrici in stato **buono scarso locale**, dal **22%** al **36%**, ma, in definitiva, si registra un **positivo decremento** della percentuale assoluta dello **stato scarso** che si riduce dal **26%** al **18 %**.

Nell'ambito di un **confronto temporale** esteso, ottenuto dal ricalcolo omogeneo delle classificazioni per un periodo di 14 anni, 2002-2015 e raffrontato all'indicatore della precipitazione media cumulata annua sul territorio regionale, si riscontra un andamento nel complesso **stazionario**, con **correlazione** tra periodi con forti **precipitazioni** e incrementi dello stato **scarso**. La prevalenza, nella ricarica, del trasferimento di inquinanti dalla superficie rispetto alla diluizione denuncia, pertanto, ancora una evidente **vulnerabilità**.

Nel dettaglio si segnalano tra gli stati scarsi varie situazioni riconducibili a contaminazioni antropiche di tipo urbano e/o industriale (11AR011, 11AR012, 11AR020-1, 12SE011), contaminazioni antropiche di tipo agricolo (32CT021, 11AR030-1) ed alterazioni antropiche del fondo naturale possibilmente originate da stress quantitativi (11AR027, 32CT060, 32CT080, 32CT090)

Specialmente **critica** appare la situazione della **zona di Prato** in stato **scarso** dovuto sia a nitrati sia a composti organoalogenati.

Per gli stati buoni si segnala il **positivo** recupero dello stato **buono** del corpo idrico della **Valtiberina**, in passato compromesso da nitrati.

Ai fini dell'individuazione di tendenze significative e durature all'aumento delle concentrazioni di inquinanti e determinazione dei punti di partenza per le inversioni di tendenza di cui all'art. 5 del Dlgs 30/2009, come in precedenti rapporti e negli annuali sono state elaborate **medie rappresentative annuali** delle stazioni monitorate per i parametri indicatori più critici della conduttività, nitrati e composti organoalogenati secondo la metodologia descritto dalla Agenzia Europea dell'Ambiente EEA.

I risultati, in termini di delle medie rappresentative sulla rete di monitoraggio ambientale della Toscana, sono così riassunti:

- il trend dei **nitrati** è in **lieve decremento** sebbene, a fronte dei periodi di ricarica l'incremento delle concentrazioni è indice ancora di **vulnerabilità** ;
- il trend della **conduttività** è **stazionario** con escursioni solo in parte legate ad escursioni climatiche;
- il trend dei composti **organoalogenati** è in **forte decremento**, alle più forte ricariche corrispondono anche qui incrementi delle concentrazioni indice di **vulnerabilità** e presenza di **fonti** attive.

In aggiunta è stata realizzata, sempre per i tre parametri indicatori, la **procedura** indicata dalle recenti “Linee Guida per la valutazione delle tendenze ascendenti e d’inversione degli inquinanti nelle acque sotterranee” di **CNR-SNPA (2017)** indicata dal DMATTM 6 luglio 2016.

I risultati della procedura, applicata a stazioni riconosciute cautelativamente come a rischio, che hanno mostrato nel periodo almeno un valore in eccesso sul 75% del VS/SQA, sono riassunti in

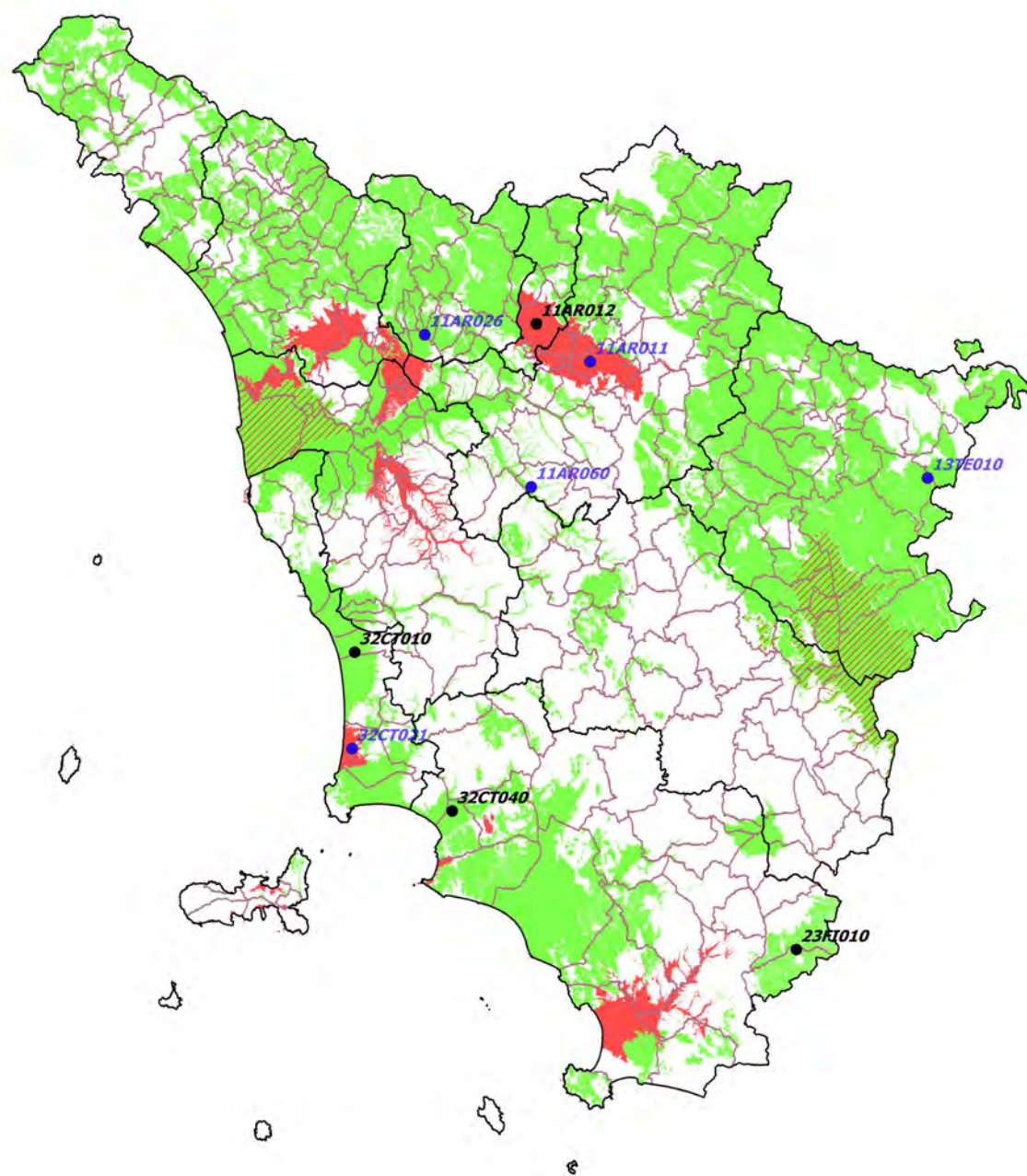
tabelle analitiche per singola stazione e di sintesi per corpo idrico. Sono stati calcolati, inoltre, indicatori percentuali, distinti per stazioni e corpi idrici riferiti alle tre condizioni verificate di:

- incremento statisticamente significativo
- incremento ambientalmente significativo
- inversione statisticamente significativa

Gli **incrementi ambientalmente significativi** dei **nitrati** sono **contenuti** nel **7% e 12%**, rispettivamente, delle **stazioni** e **corpi idrici** valutate a rischio. Percentuali simili si riscontrano per incrementi ed inversioni statisticamente significative, rispettivamente 18% ed 11% per le stazioni, 24% e 22% per i corpi idrici.

Per la **conduttività** i **trend ambientalmente significativi** sono ancora **più contenuti nel 1% e 4%**, rispettivamente, delle **stazioni** e **corpi idrici**. Incrementi ed inversioni statisticamente significative hanno percentuali vicine per le stazioni, 13% ed 11 %, mentre un eccesso di di incrementi sulle inversioni (35% su 14%) si registra per i corpi idrici.

Gli indicatori percentuali derivati dall'applicazione della Linea Guida CNR SNPA (2017) conferma, come l'indicatore della media rappresentativa, una **situazione favorevole** per i **composti organoalogenati**. Gli **incrementi ambientalmente significativi** sono **contenuti** nel **8% e 7%**, di stazioni e corpi idrici. Le **inversioni** statisticamente significative rappresentano inoltre percentuali del **23% e 18%** delle stazioni e corpi idrici, ben maggiori delle percentuali di incrementi pari al 17% e 13%.



Legenda

CORPI_IDRICI

■ BUONO

■ SCARSO

CORPI_IDRICI profondi

▨ BUONO

▨ SCARSO

Tendenze

● ascendenti

● inversione

17. Figura: Stato Chimico Corpi Idrici Sotterranei 2013-2015

7 BIBLIOGRAFIA

ARPAT (2013) - Elaborazione dati disponibili relativi al progetto GEOBASI su determinazione dei valori di fondo di sostanze pericolose nelle acque sotterranee con particolare riferimento a metalli pesanti e boro ed agli acquiferi destinati all'estrazione di acqua potabile. DGRT 1185/2015.

ARPAT (2014): Annuario dei dati ambientali 2013 <http://www.arpat.toscana.it/annuario/annuario-2014>

ARPAT (2015a): Annuario dei dati ambientali 2014 <http://www.arpat.toscana.it/annuario/annuario-2015>

ARPAT (2015b) - Studio per la definizione dei valori di fondo nelle acque sotterranee della Toscana SO₄, Cl, NH₄, Mn, Fe, F, Al, Na (DLgs 30/2009 DLgs 31/2001). DGRT 1185/2015.

ARPAT (2016): Annuario dei dati ambientali 2015 <http://www.arpat.toscana.it/annuario/annuario-2016>

BIANCARDI G., MANTELLI F., SIGNORINI R., CALA' P., MARTINES C., LUCAROTTI S., SCARSELLI A. (2009) - *Fonti naturali di Cloroformio nelle Acque* - Bollettino UNIDEA Unione Italiana Esperti Ambientali n° 3/2009

ISPRA (2014) – Progettazione di reti e programmi di monitoraggio delle acque ai sensi del DLgs 152/2006 e relativi decreti attuativi - ISPRA, Manuali e Linee Guida 116/2014 ISBN: 978-88-448-0677-4

ISPRA, SNPA, IRSA-CNR (2017a) – Linea guida recante la procedura da seguire per il calcolo dei valori di fondo nei corpi idrici sotterranei (DM 6 luglio 2016) - ISPRA, Manuali e Linee Guida 155/2017 ISBN 978-88-448-0830-3

ISPRA, SNPA, IRSA-CNR (2017b) – Linea guida per la valutazione delle tendenze ascendenti e d'inversione degli inquinanti nelle acque sotterranee (DM 6 luglio 2016) ISPRA, Manuali e Linee Guida 161/2017 ISBN 978-88-448-0844-0