



PRAA 2007–2010

IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA DI MONITORAGGIO  
FINALIZZATO ALL'APPROFONDIMENTO DELLE CONOSCENZE  
DEL TERRITORIO INTERESSATO  
DALLE ZONE VULNERABILI ED AREE SENSIBILI

Relazione Finale

Maggio 2010

PREMESSA .....	4
1     ZONE VULNERABILI DA NITRATI.....	6
1.1     ANALISI DEL TREND MONOTONICO .....	8
1.1.1     FOSFORO.....	9
1.1.2     NITRATI.....	16
1.2     ANALISI DEL TREND IN INVERSIONE .....	35
1.2.1     FOSFORO.....	35
1.2.2     NITRATI.....	35
1.3     MONITORAGGIO IN CONTINUO.....	39
1.4     ANALISI TERRITORIALE .....	41
1.4.1     PERICOLOSITA' DA NITRATI.....	41
1.4.2     CORPI IDRICI VULNERATI.....	51
1.4.3     ANALISI DELLE PRESSIONI E DEGLI IMPATTI.....	56
1.4.4     VULNERABILITA' E RISCHIO DI INQUINAMENTO DA NITRATI .....	69
1.4.5     ZONE VULNERABILI DA NITRATI E NUTRIENTI DI ORIGINE AGRICOLA.....	76
1.5     RETI DI MONITORAGGIO DELLE ZVN .....	81
1.5.1     ZVN CHIANA - Campagna morbida 2009 .....	83
1.5.2     ZVN MASSACIUCCOLI - Campagna morbida 2009.....	92
1.6     CONCLUSIONI.....	108
1.6.1     ZONE DESIGNATE E NUOVE PROPOSTE .....	108
1.6.2     AREE A RISCHIO NELLE ZONE VULNERABILI.....	111
1.6.3     MONITORAGGIO D' INDAGINE NELLE ZVN.....	111
2     AREE SENSIBILI .....	113
2.1     SISTEMA DI COLLETTAMENTO E DEPURAZIONE E BILANCIO DEPURATIVO .....	115
2.1.1     DEFINIZIONE DEGLI AGGLOMERATI .....	115
2.1.2     BILANCIO DEPURATIVO.....	122
2.2     MONITORAGGIO DELL'EFFICIENZA DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE.....	125
2.2.1     PERCENUALE D' ABBATTIMENTO NELL' AREA SENSIBILE DELL' ARNO.....	132
2.2.2     CONTROLLI E AUTOCONTROLLI.....	138
2.2.3     EMISSIONI DI FOSFORO.....	147
2.3     ANALISI DEL TREND.....	154
2.3.1     TREND MONOTONICO.....	155
2.3.2     TREND IN INVERSIONE.....	170
2.4     ANALISI TERRITORIALE .....	174
2.5     CONCLUSIONI.....	190
BIBLIOGRAFIA .....	193
ALLEGATI .....	194

Responsabile Progetto

Luciano Giovannelli

Hanno collaborato:

**Direzione Generale**

Andrea Adinolfi

Ornella Bresciani

Susanna Cavalieri

Stefano Menichetti

**Dipartimento di Arezzo**

Patrizia Bolletti

Barbara Cortonesi

Nicoletta Giorgi

Valeriano Gori

Giovanna Marchi

**Dipartimento di Siena**

Cesare Fagotti

Alessandro Becatti

**Dipartimento di Lucca**

Gilberto Baldaccini

Mario Cenni

Ignazio Fragalà

Alessandra Martines

**Dipartimento di Pisa**

Emilia Cavallaro

Gigliola Ciacchini

Carlo Cini

Laura Senatori

## **PREMESSA**

Con Delibera del Consiglio Regionale n. 32 del 14 Marzo 2007 è stato approvato il “Piano Regionale di Azione Ambientale (PRAA) 2007/2010” che individua, nel paragrafo 7.1, gli indirizzi fondamentali delle attività di ARPAT per garantire la rispondenza delle prestazioni dell’Agenzia ai nuovi fabbisogni.

Le attività di indagine conoscitiva sulle zone sensibili e/o vulnerabili da nitrati di origine agricola rientrano nell’interesse comune di Regione Toscana e ARPAT per monitorare gli effetti di azioni già intraprese, come ad esempio la designazione di Zone Vulnerabili o l’attuazione dell’accordo di programma per il collettamento e la depurazione degli scarichi liberi provenienti degli agglomerati, e poter rispondere in modo efficiente ed efficace ai flussi informativi imposti dalle Direttive 91/676/CE e 91/271/CE.

Per l’attuazione degli interventi relativi all’obiettivo specifico D3 del PRAA 2007 - 2010 “Tutelare la qualità delle acque interne e costiere e promuovere un uso sostenibile della risorsa idrica” ARPAT ha realizzato il presente progetto “Approfondimento delle conoscenze del territorio interessato dalle zone vulnerabili ed aree sensibili”.

Il progetto si è sostanziato nell’implementazione di un sistema di controllo nelle ZVN già designate dalle D.C.R. 170,171,172, 173/2003 e D.C.R. 3/2007 nonché in quelle ritenute degne di attenzione in relazione allo stato dell’ambiente idrico e delle pressioni gravanti su di esso e/o per la presenza di situazioni già potenzialmente critiche (zone vulnerabili B).

Gli aspetti di pericolosità e vulnerabilità territoriale per quanto riguarda la problematica dei Nitrati di origine agricola sono stati affrontati secondo la metodologia già testata nell’ambito di un Progetto di Ricerca di Interesse Nazionale condotto nel 2006 da ARPAT in collaborazione con l’Università di Firenze sulla Zona Vulnerabile Costiera tra Rosignano e San Vincenzo, metodologia che si sostanzia in ultimo in una carta del Rischio di Inquinamento da Nitrati.

Parallelamente, attraverso l'implementazione di un database comprendente tutte le analisi di monitoraggio e controllo prodotte da ARPAT negli anni dal 2002 al 2007, nelle zone designate ed in approfondimento sono stati valutati sia per i corpi idrici sotterranei che per quelli superficiali delle zone designate da un lato il rischio puntuale di superamento delle soglie di attenzione di indicatori significativi, quali il contenuto in nitrati delle acque destinate alla potabilizzazione od il contenuto in Fosforo di corsi e specchi d'acqua, e dall'altro l'esistenza di trend duraturi e significativi in incremento/decremento o possibili punti di inversione.

Dall'incrocio ed analisi critica degli elaborati cartografici del rischio con le evidenze di impatto puntuale, sono state implementate delle reti di monitoraggio specifiche, per meglio circoscrivere le zone vulnerabili già designate o nel caso, proposte di nuove individuazioni.

Per quanto riguarda le aree sensibili, oltre alla predisposizione di un quadro conoscitivo aggiornato sullo stato della depurazione nella Regione Toscana, che prosegue ed amplia quanto già predisposto per i report inviati in CE alla fine del 2007 e del 2009 per la direttiva UWW, sono state condotte alcune verifiche sulle entrate ed uscite dei principali impianti di depurazione ricadenti in aree sensibili, tramite il recupero dei dati degli autocontrolli, effettuati sulla scorta dei Protocolli di controllo ARPAT/Gestori SII.

Anche per le aree sensibili è stata condotta da un lato, un'analisi territoriale per la valutazione del Rischio di inquinamento da Acque Reflue Urbane e conseguente verifica delle attuali perimetrazioni delle Aree Sensibili e dall'altro, l'esistenza di trend significativi e duraturi in incremento/decremento dell'indicatore guida di eutrofizzazione del Fosforo totale.

## 1 ZONE VULNERABILI DA NITRATI

La Regione Toscana a seguito del DLgs 152/99 di recepimento delle direttive comunitarie 676/91/CE e 271/91/CE ha istituito con le DCR 170, 171, 172 e 173 del 2003 le prime Zone Vulnerabili da Nitrati di origine agricola della Toscana rappresentate dai bacini di Massaciuccoli ed Orbetello Burano e dalla Piana costiera tra Vada e San Vincenzo. Si trattava di aree per le quali esistevano da un lato, per il Massaciuccoli ed Orbetello Burano, problematiche note di eutrofizzazione e dall'altro, per l'acquifero costiero cecinese, diffuse concentrazioni in falda dello ione Nitrato eccedenti la Concentrazione Massima Ammissibile per il consumo umano di 50 mg/L.

L'esistenza di una prevalente, seppure non esclusiva, pressione agricola per il carico di nutrienti sui corpi idrici impattati era d'altra parte evidente.

Più dibattuta è stata l'individuazione della ZVN della Val di Chiana, già individuata come zona critica nel 2003, ma dove le concentrazioni di ione nitrato eccedenti la CMA, per quanto notevoli, risultavano molto più localizzate rispetto all'areale di riferimento del Corpo Idrico monitorato.

In assenza di studi di approfondimento sulla vulnerabilità specifica dei territori della Chiana ed a seguito delle sollecitazioni dell'Unione Europea, l'originaria perimetrazione estesa è stata comunque assunta come ulteriore ZVN nel 2008, in aggiunta alla zona del terrazzo di San Vincenzo che costituiscono ad oggi il gruppo "A" delle aree designate:

- zona costiera tra Rosignano Marittimo e Castagneto Carducci (**zvn cecina**);
- zona circostante al Lago di Massaciuccoli nel Bacino del Fiume Serchio (**zvn massaciuccoli**);
- zona costiera della Laguna di Orbetello e del Lago di Burano (**zvn orbetello burano**);
- zona del canale Maestro della Chiana (**zvn chiana**);
- zona costiera tra San Vincenzo e la Fossa Calda (**zvn s.vincenzo**)

Un ulteriore gruppo “B” di Zone di nuova indagine, individuate sulla base di alcuni segnali di compromissione, provenienti dai programmi di monitoraggio ambientale e per specifica destinazione, sono rappresentate infine da:

- zona Val di Cornia (**zvn cornia**);
- zona Val di Fiora – Pitigliano (**zvn fiora pitigliano**);
- zona della Pianura di Grosseto (**zvn grosseto**).

La banca dati di riferimento, per la valutazione all’interno delle ZVN della presenza di segnali di compromissione sulle matrici superficiali e sotterranee, riferibili, secondo quanto indicato dalla Direttiva Nitrati sia a fenomeni di eutrofizzazione di corpi idrici superficiali sia alla presenza di concentrazioni dello ione Nitrato eccedenti la CMA di 50 mg/L ha riguardato tutti i punti di prelievo presenti, appartenenti alle reti di monitoraggio ambientale delle acque superficiali (MAS) e sotterranee (MAT) e per specifica destinazione della potabilizzazione (POT) e della vita pesci (VTP).

Gli indicatori scelti, corrispondenti all’elenco riportato nella scheda 27 del DM 2002, sono di seguito riportati con evidenziati valori soglia significativi ai fini dell’attribuzione dello **stato scadente** sia in riferimento alle condizioni ecologiche di corsi d’acqua (SECA) e laghi (SEL) sia nei riguardi della CMA dello ione Nitrato per le acque destinate alla potabilizzazione.

Indicatore	SECA Corsi d’acqua	SEL laghi	CMA Acque destinate alla potabilizzazione
<b>Nitrati - mg/L NO<sub>3</sub></b>			<b>50</b>
<b>Fosforo totale - mg/L P</b>	<b>0,3</b>	<b>0,05</b>	
Ortofosfato - mg/L P			
Clorofilla “a” - µg/L		25	
Ossigeno Disciolto - % sat	70		
Ossigeno Ipolimnico - % sat		40	
Trasparenza - m		1,5	
Azoto totale - mg/L N			
Azoto nitrico - mg/L N	5		

Indicatore	SECA Corsi d'acqua	SEL laghi	CMA Acque destinate alla potabilizzazione
Azoto nitroso - mg/L N			<i>Assenti</i>
Azoto ammoniacale - mg/L N	0,5		

I parametri di maggior rilievo, poi assunti per la valutazione della vulnerabilità da nitrati e nutrienti di origine agricola dei corpi idrici, sono rappresentati dal parametro del **fosforo totale** con due distinte soglie per i corsi d'acqua e i laghi e dai **nitrati** per le acque destinate alla potabilizzazione.

Sulla base di questi due parametri sono state valutate, da un lato situazioni a rischio ed esistenza di trend su singoli punti di prelievo interni alle ZVN in riferimento al periodo 2002-2007, dall'altro possibili correlazioni con indicatori di pressione ai fini della individuazione di zone vulnerabili, basate sull'analisi territoriale delle pressioni e degli impatti a supporto e per la convalida delle ZVN fin qui designate.

## 1.1 ANALISI DEL TREND MONOTONICO

Una volta estratti tutti i punti di prelievo interni alle ZVN, "a rischio", è stata calcolata la somma di media e intervallo di confidenza (intervallo del 95%) superiori al 75% del corrispondente valore soglia (37,5 mg/L per i Nitrati e per il Fosforo totale, 0,75 in laghi e invasi, 0,225 in corsi e canali).

Le condizioni per l'attendibilità della valutazione del trend derivano dal testo della proposta di direttiva europea 2003 n° 550, preparatoria della direttiva 2006 n° 118.

Analisi Trend	Frequenza di monitoraggio	Numero minimo di anni	Numero massimo di anni	Numero minimo di misure
<i>Monotonic</i>	<i>Trimestrale</i>	5	15	15
<i>Reversal</i>	<i>Trimestrale</i>	10	30	30



Per tutti i punti individuati come a Rischio sono state, ove possibile, implementate le serie storiche esistenti nel Sistema Informativo Ambientale con dati pregressi derivanti dalle attività analitiche ARPAT, precedenti l'informatizzazione dei laboratori e/o dagli autocontrolli effettuati dai locali acquedotti, nel caso di fonti destinate al consumo umano. Per ciascun punto è stato riportato il dato tabellare, il grafico corrispondente e il risultato sull'elaborazione del Trend, tramite un software di riferimento rappresentato da GWSTAT secondo l'analisi del "Trend Monotonic" ed eventuale "Reversal Trend". I possibili risultati consistono nell'individuazione di un trend negativo o positivo (indicando il p-value corrispondente) oppure nell'accettazione dell'ipotesi nulla, anche in presenza di un trend visibile, per valori della probabilità inferiori al 5%.

### 1.1.1 FOSFORO

Per le ZVN di tipo A sono stati individuati, con i criteri esposti, un totale di otto punti a rischio su cui condurre l'analisi del trend: tre corrispondenti a corsi d'acqua e cinque a laghi.

Per ciascun punto è riportato il dato tabellare, il grafico corrispondente e il risultato sull'elaborazione del Trend.

#### Corsi e Canali

ZVN Nome	Limite Confidenza Media Fosforo totale [mg/L]	Nome Punto	Comune	N anni	N dati	Media [mg/L]	Devst [mg/L]	Periodo	Risultato analisi trend
CHIANA	0,49	CHIANA - PONTE DI CESA MAS-112	MARCIANO DELLA CHIANA	6	59				Decremento visibile non significativo Stagionalità significativa
CHIANA	0,49	CHIANA - BRIGLIA EX CERACE MAS-113	AREZZO	6	55				Decremento Stagionalità Significativi
MASSACIUCCOLI	0,43	CANALE BURLAMACCA TORRE MATILDE MAS-014	VIAREGGIO	6	52				

## Laghi e Invasi

ZVN Nome	Limite Confidenza Media Fosforo totale [mg/L]	Nome Punto	Comune	N anni	N dati	Media [mg/L]	Devst [mg/L]	Periodo	Risultato analisi trend
MASSACIUCCOLI	0,17	MASSACIUCCOLI SPONDA EST MAS-012 VTP-146A	MASSAROSA	6	98				
MASSACIUCCOLI	0,13	MASSACIUCCOLI SPONDA OVEST MAS-013 VTP-146B	VIAREGGIO	6	100				
CHIANA	0,09	MONTEPULCIANO - INTERNO INVASO MAS-114 VTP-137	MONTEPULCIANO	6	122				Decremento significativo
CHIANA	0,06	CHIUSI - INTERNO INVASO MAS-115 POT-002 VTP-138	CHIUSI	6	193				

La situazione della ZVN della Chiana appare in positivo miglioramento, sono in decremento visibile, significativo in due casi, due stazioni a rischio del Canale della Chiana e del Lago di Montepulciano.

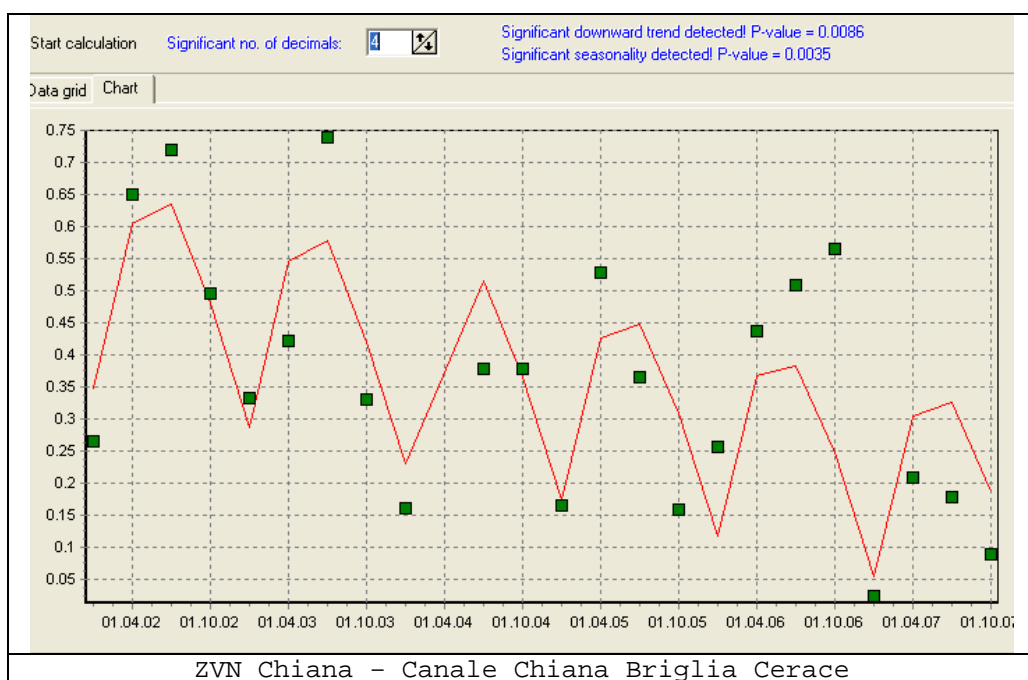
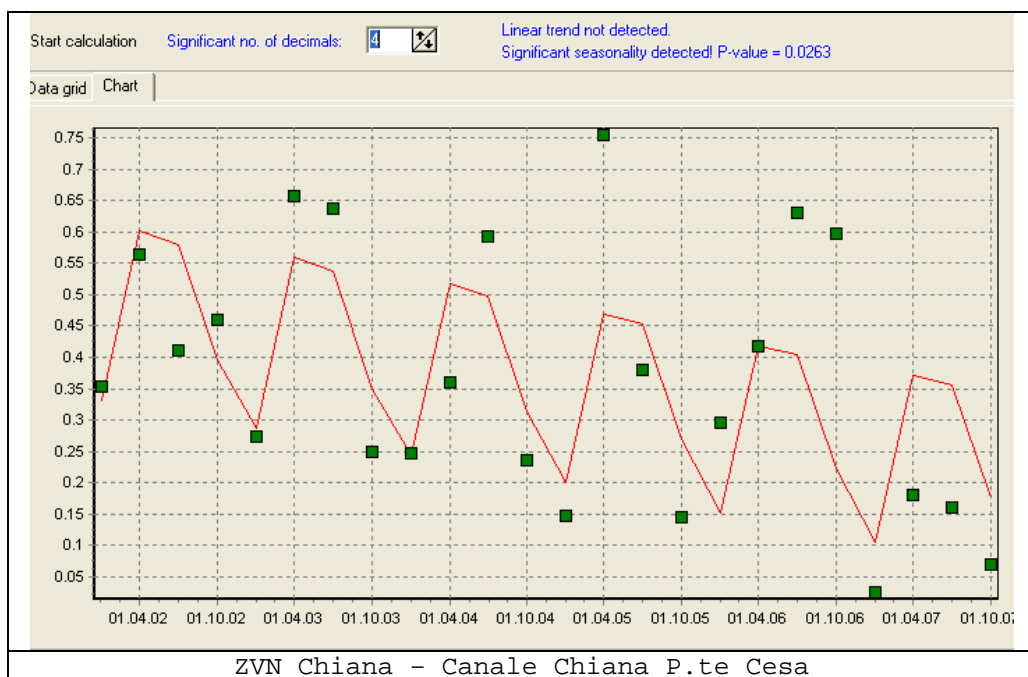
Per le due stazioni della Chiana, si osserva anche una significativa stagionalità delle concentrazioni di Fosforo, con minimo nel trimestre invernale e massimo nei trimestri primaverili ed estivi, in probabile concomitanza con l'incremento degli apporti di P in campo a supporto della massima fase vegetativa.

Una stagionalità simile, sebbene non statisticamente significativa, con minimo autunnale dovuto ad un probabile effetto di diluizione da parte degli afflussi stagionali è osservata infine negli andamenti del sistema Canale Burlamacca e Lago della ZVN Massaciuccoli.

Di più difficile interpretazione, infine, gli andamenti caratteristici simili, sebbene non statisticamente significativi, dei due laghi Chiusi e Montepulciano della ZVN Chiana, con minimo primaverile.

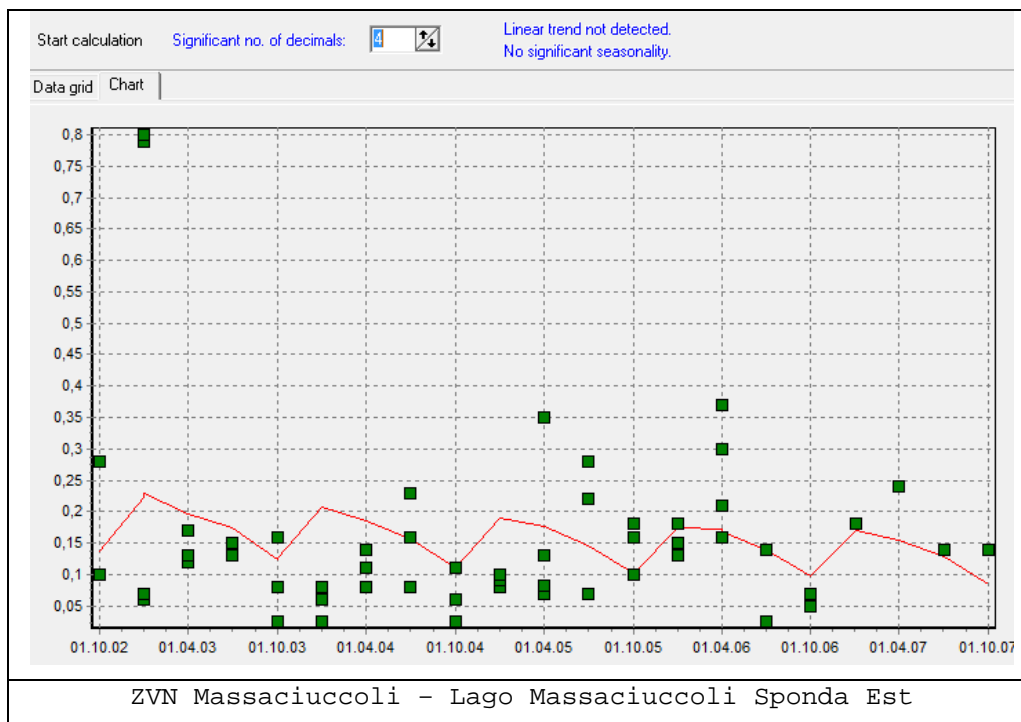
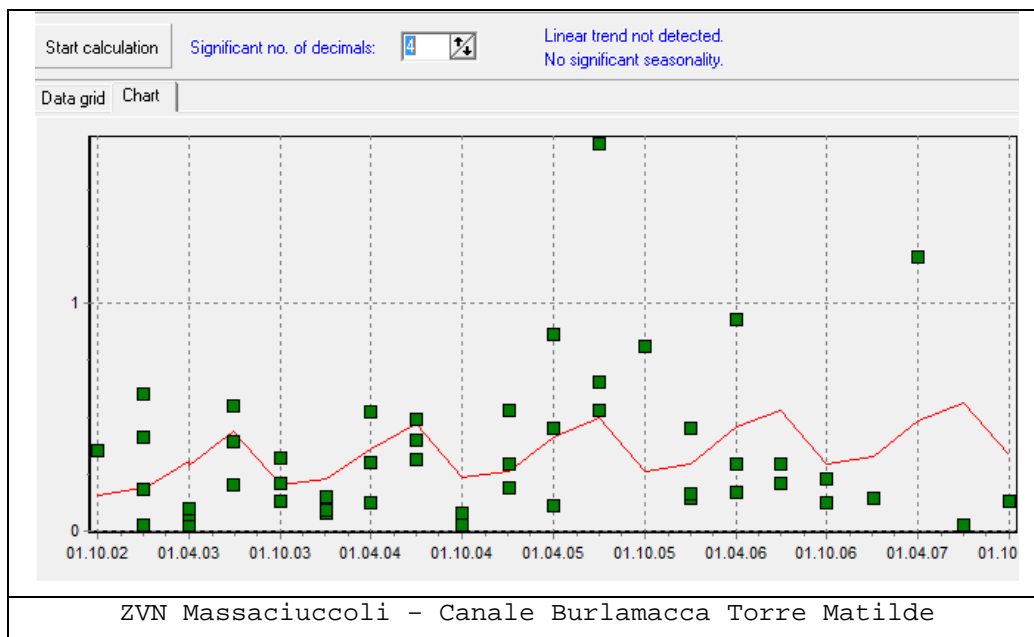


**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana



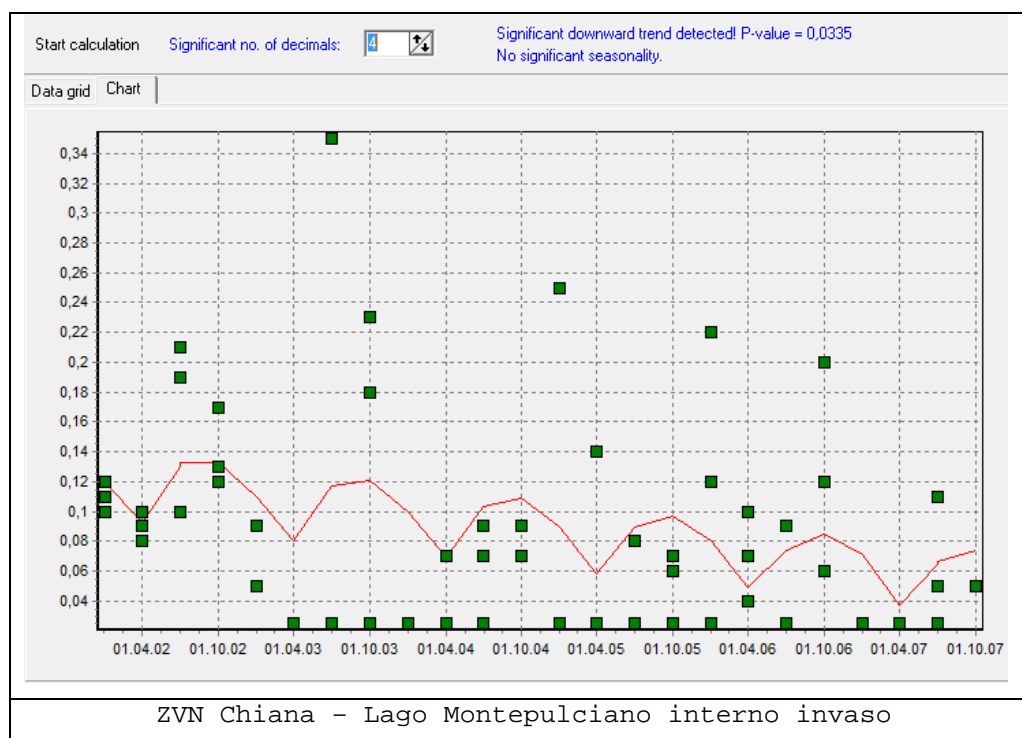
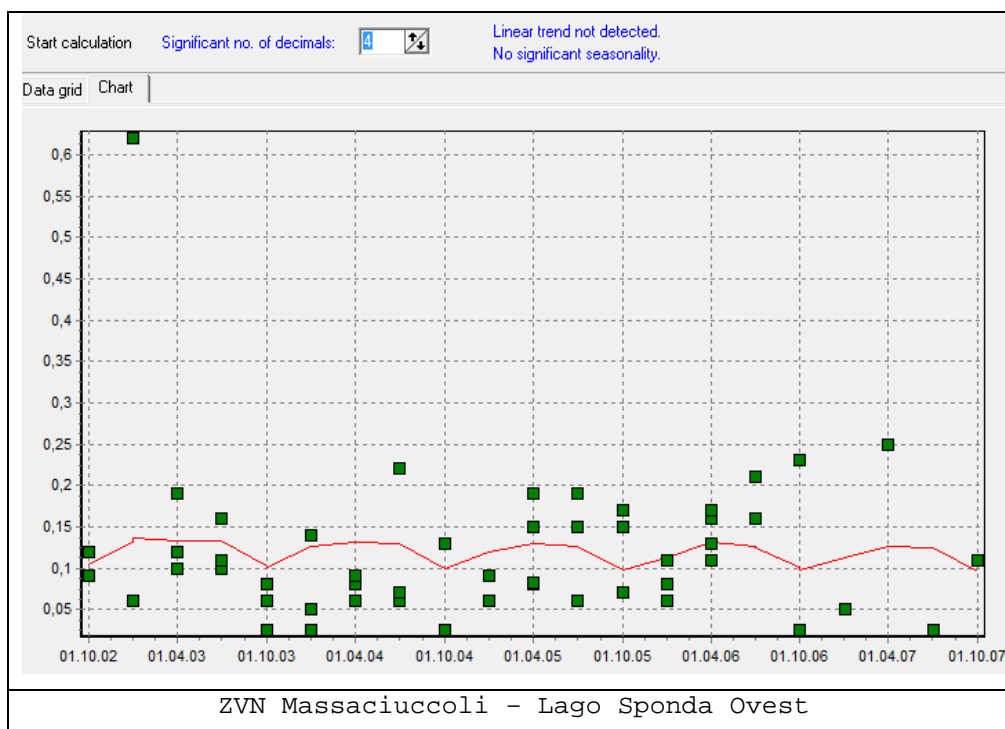


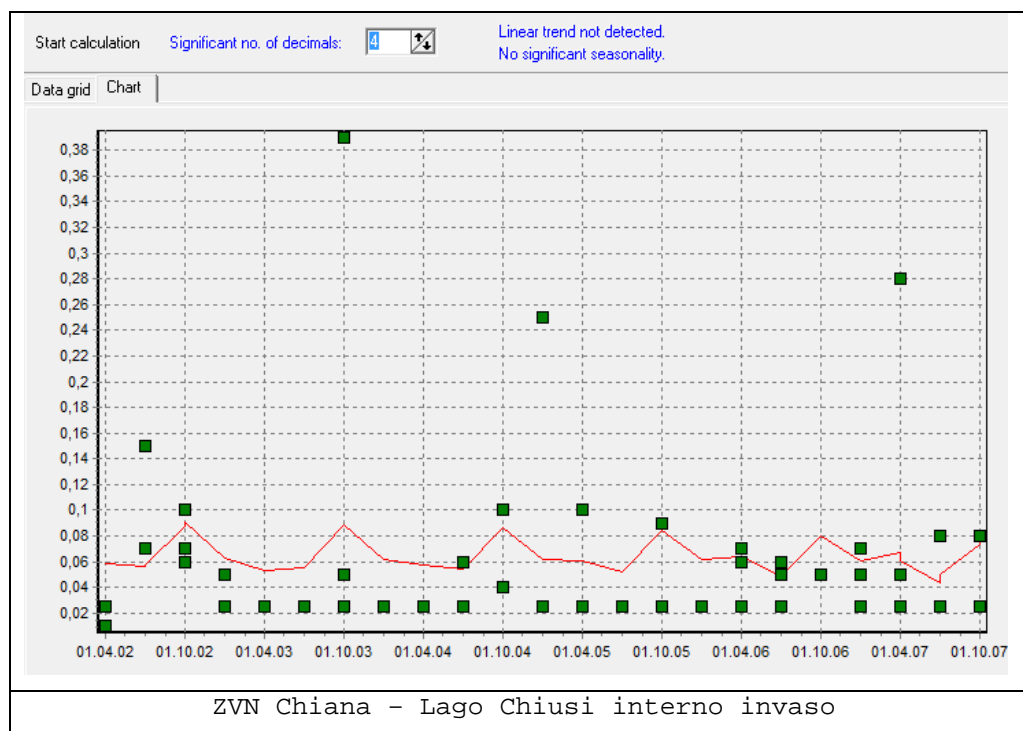
**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana





**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana





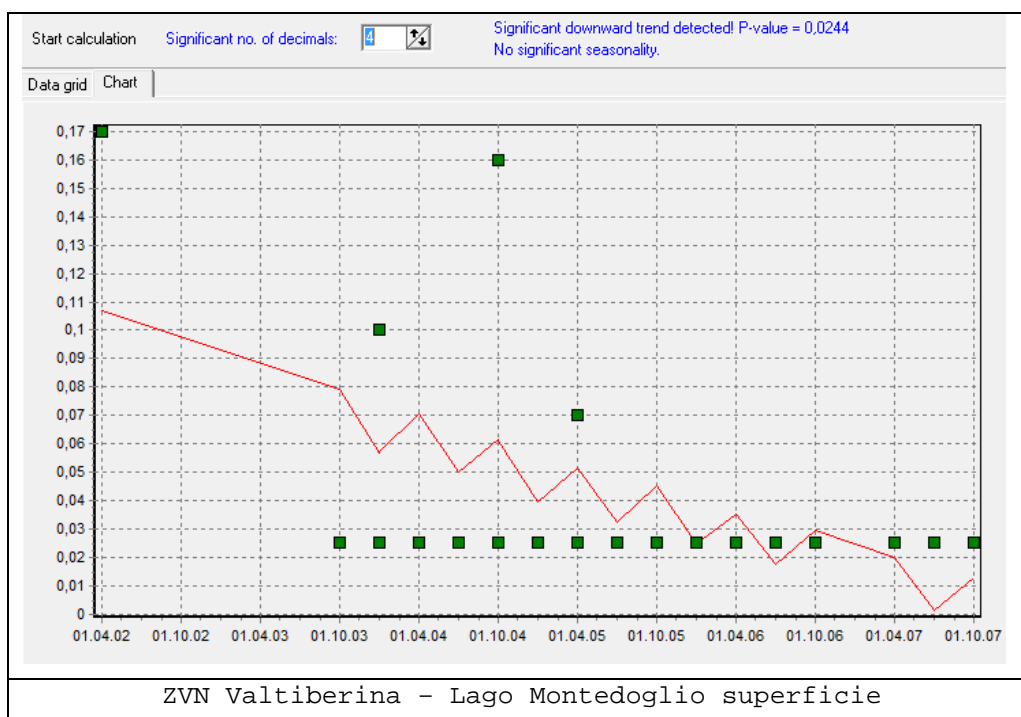
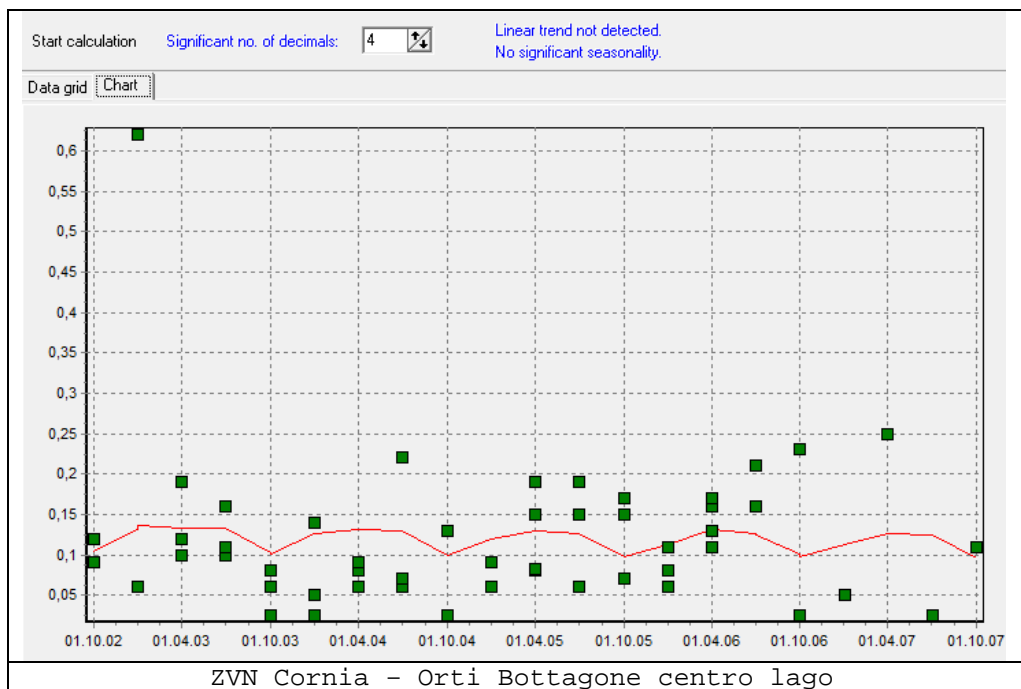
Per le **zone B** sono risultate soltanto due stazioni di acque superficiali su cui valutare i trend corrispondenti al padule di Orti Bottagone nella ZVN Cornia ed all'Invaso di Montedoglio nella ZVN Val Tiberina.

ZVN Nome	Limite Confidenza Media Fosforo totale [mg/L]	Nome Punto	Comune	N anni	N dati	Media [mg/L]	Devst [mg/L]	Periodo	Risultato analisi trend
CORNIA	0,14	ORTI BOTTAGONE - CENTRO LAGO MAS-083	PIOMBINO	6	56				
VAL TIBERINA	0,04	MONTEDOGGIO - SUPERFICIE MAS-063S VTP- 202	ANGHIARI	6	41				Decremento significativo

E' risultato un decremento, statisticamente significativo per il test non parametrico, nel Lago di Montedoglio per il quale, a fronte di episodi con concentrazioni eccedenti la soglia di 0,05 mg/L protrattisi fino al 2005, è seguito un periodo con concentrazioni di Fosforo sempre sotto la soglia di rilevabilità.



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana



### 1.1.2 NITRATI

In totale per le ZVN di tipo A sono stati individuati, con i criteri esposti, 29 punti a rischio su cui condurre l'analisi del trend.

- In **22** casi l'ipotesi di trend è rigettata, ossia al 95% non vi è tale legame tra i dati in oggetto
- In **5** casi l'ipotesi è accettata ed il trend riscontrato è in incremento significativo: 4 punti appartenenti alla ZVN di CECINA (2 alla zona sud e 2 alla zona nord) ed 1 punto alla ZVN CHIANA
- In **2** casi l'ipotesi è accettata ed il trend riscontrato è in decremento significativo, entrambi i punti appartenenti alla ZVN di CECINA (1 alla zona sud ed 1 alla zona nord)
- In **3** casi statisticamente non è rilevabile alcun trend, ma si può verificare visivamente dai grafici una tendenza all'aumento delle concentrazioni da nitrati ZVN di CECINA (2 in zona Sud, 1 in zona Nord)

La stagionalità caratteristica dei Nitrati, direttamente collegati alla ricarica superficiale, con incremento nella morbida e decremento nella magra, più difficile da individuare su dati con aggregazione semestrale, è stata evidenziata con significatività statistica in un solo caso.

ZVN Nome	Limite Confidenza Media [mg/L]	Nome Punto	Comune	N anni	N dati	Media [mg/L]	Devst [mg/L]	periodo	Risultato analisi trend
CECINA	193.3	POZZO N.85	CECINA	6	12	176,55	29,54	2002-2007	-
CECINA	149.8	POZZO N°11	CASTAGNETO CARDUCCI	5	10	100,96	78,84	2002-2007	Decremento significativo
CECINA	148.4	POZZO N. 415	CASTAGNETO CARDUCCI	6	12	137,88	18,53	2002-2007	Incremento significativo





**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

ZVN Nome	Limite Confidenza Media [mg/L]	Nome Punto	Comune	N anni	N dati	Media [mg/L]	Devst [mg/L]	periodo	Risultato analisi trend
CECINA	131.7	POZZO N. 403	CASTAGNETO CARDUCCI	6	12	90,87	72,12	2002- 2007	-
CECINA	128.0	POZZO N. 496	CASTAGNETO CARDUCCI	6	12	109,68	32,37	2002- 2007	-
CECINA	113.4	POZZO TARDY	ROSIGNANO MARITTIMO	6	11	108,68	7,98	2002- 2007	-
CECINA	108.8	POZZO N.70	ROSIGNANO MARITTIMO	6	12	101,59	12,73	2002- 2007	Decremento significativo
CECINA	82.4	POZZO N. 101 BIS	CECINA	6	12	60,84	38,03	2002- 2007	-
CECINA	72.1	POZZO 9°	ROSIGNANO MARITTIMO	6	12	65,01	12,52	2002- 2007	Incremento significativo
CECINA	69.7	POZZO BELVEDERE 2 NUOVO	ROSIGNANO MARITTIMO	6	12	66,83	5,02	2002- 2007	-
CECINA	69.7	POZZO N. 246	CASTAGNETO CARDUCCI	6	12	61,88	13,77	2002- 2007	-
CECINA	63.8	POZZO S.P. IN PALAZZI 3 N. 21	CECINA	6	11	60,20	6,03	2002- 2007	Incremento significativo
CECINA	57.9	POZZO VALLECORSA	ROSIGNANO MARITTIMO	6	12	51,19	11,78	2002- 2007	-
CECINA	55.1	POZZO PADULETTO 2 N.11	CECINA	6	13	52,12	5,43	2002- 2007	Incremento visibile ma non significativo
CECINA	53.5	POZZO DIAMBRA 3	CASTAGNETO CARDUCCI	6	12	47,18	11,20	2002- 2007	-
CECINA	46.3	POZZO N. 456	CASTAGNETO CARDUCCI	6	12	44,64	2,87	2002- 2007	Incremento significativo
CECINA	45.8	POZZO CASACCE 2	SAN VINCENZO	6	12	43,23	4,54	2002- 2007	-
CECINA	42.1	POZZO CAPANNILE	BIBBONA	6	12	41,04	1,85	2002- 2007	Incremento visibile ma non significativo
CECINA	42.0	POZZO SANTA ROSA 3	ROSIGNANO MARITTIMO	6	13	38,57	6,24	2002- 2007	-
CECINA	40.4	POZZO BELVEDERE 2	CASTAGNETO CARDUCCI	6	12	36,99	6,08	2002- 2007	Incremento visibile ma



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

ZVN Nome	Limite Confidenza Media [mg/L]	Nome Punto	Comune	N anni	N dati	Media [mg/L]	Devst [mg/L]	periodo	Risultato analisi trend
									non significativo
CECINA	39.7	POZZO COLLEMEZZAN O 1 N. 13	CECINA	6	13	31,65	14,77	2002- 2007	-
CHIANA	90.2	POZZO CESA N.4	MARCIANO DELLA CHIANA	6	12	75,90	25,31	2002- 2007	-
CHIANA	63.5	POZZO BADICORTE N.8	MARCIANO DELLA CHIANA	6	12	60,83	4,68	2002- 2007	-
CHIANA	60.2	POZZO MANCIANO	CASTIGLION FIORENTINO	6	12	49,18	19,46	2002- 2007	-
CHIANA	60.1	POZZO DI BROLIO	CASTIGLION FIORENTINO	6	12	52,78	12,94	2002- 2007	-
CHIANA	46.7	POZZO VIA VECCHIA SENESE	CIVITELLA IN VAL DI CHIAN	6	12	38,98	13,74	2002- 2007	-
CHIANA	45.1	POZZO RIGUTINO VIALE	AREZZO	6	12	38,36	11,91	2002- 2007	-
CHIANA	44.8	POZZO SUPERFICIALE 20	FOIANO DELLA CHIANA	6	12	30,53	25,19	2002- 2007	Stagionalità Significativa
CHIANA	43.2	POZZO PRATO DI BINDO	SINALUNGA	7	26	40,85	6,02	2001- 2007	Incremento significativo
SAN VINCENZO	45.8	POZZO CASACCE 2	SAN VINCENZO	6	12	43,23	4,54	2002- 2007	-

Per ciascun punto è stato riportato il grafico corrispondente.



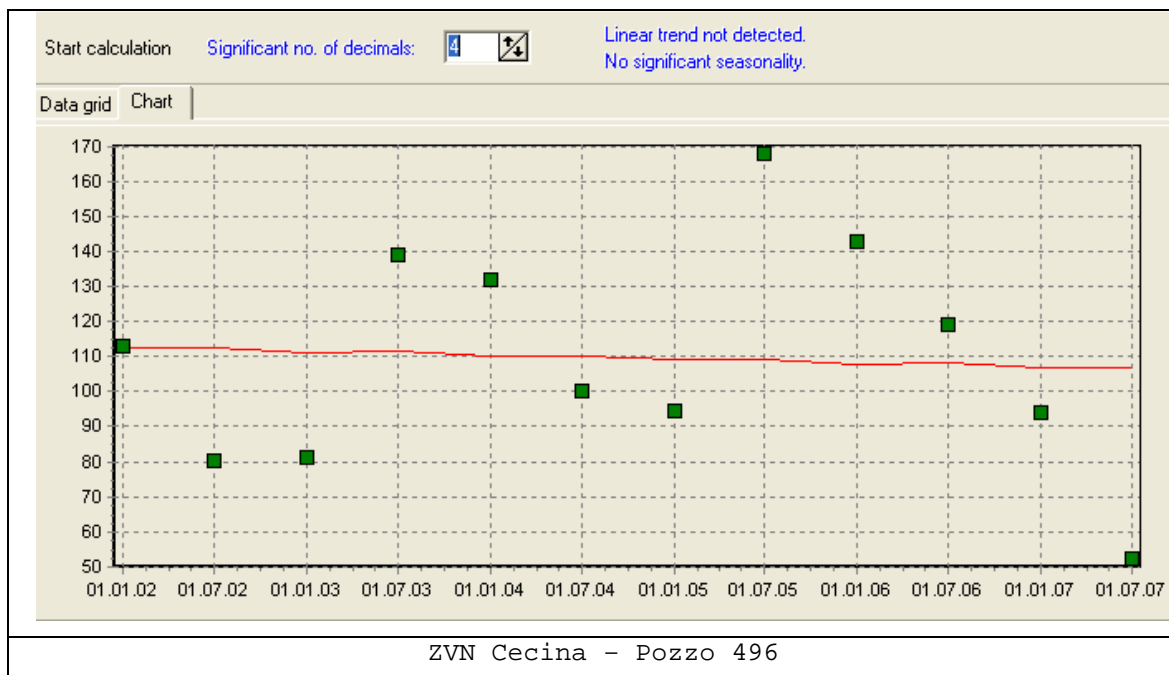
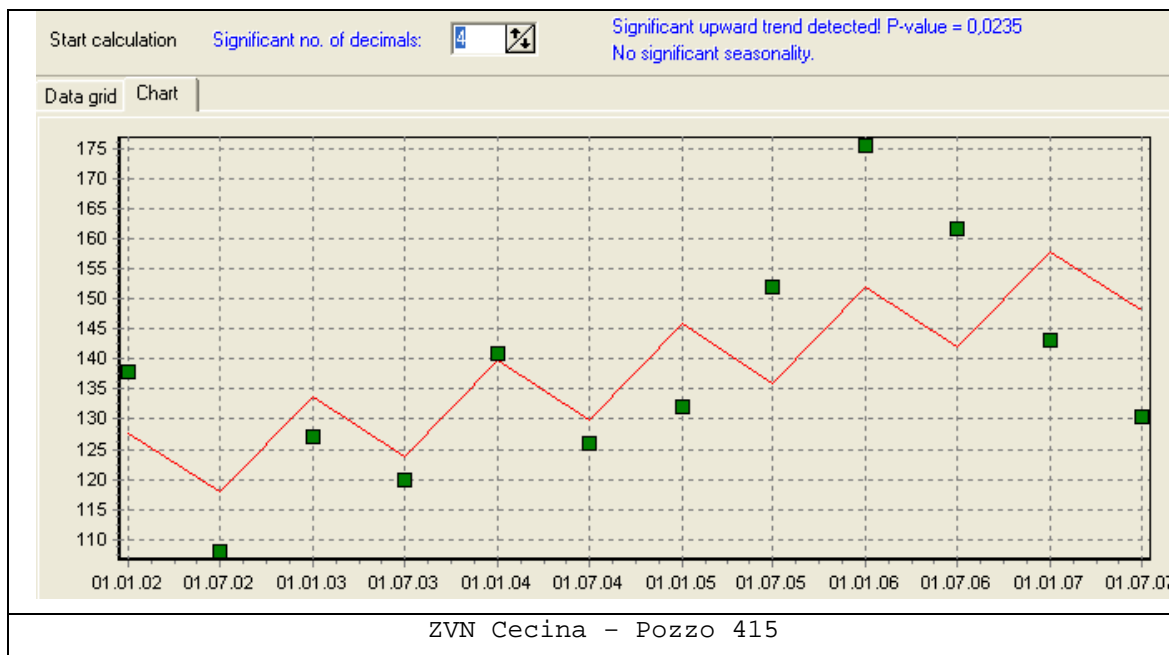
**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana





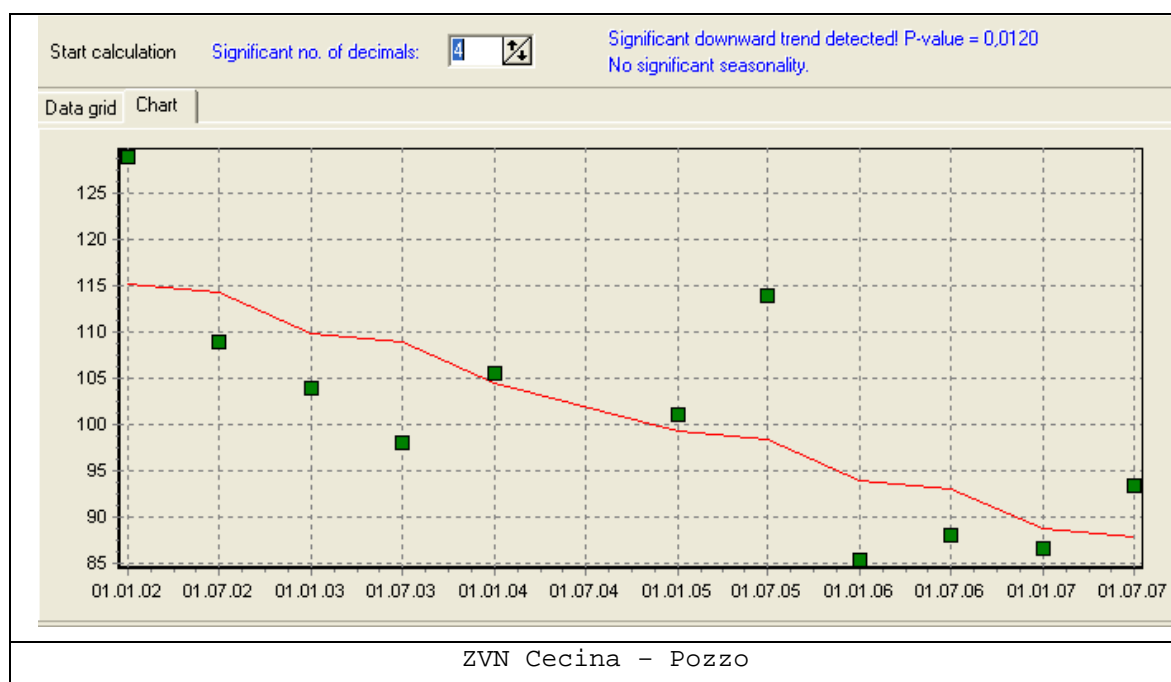
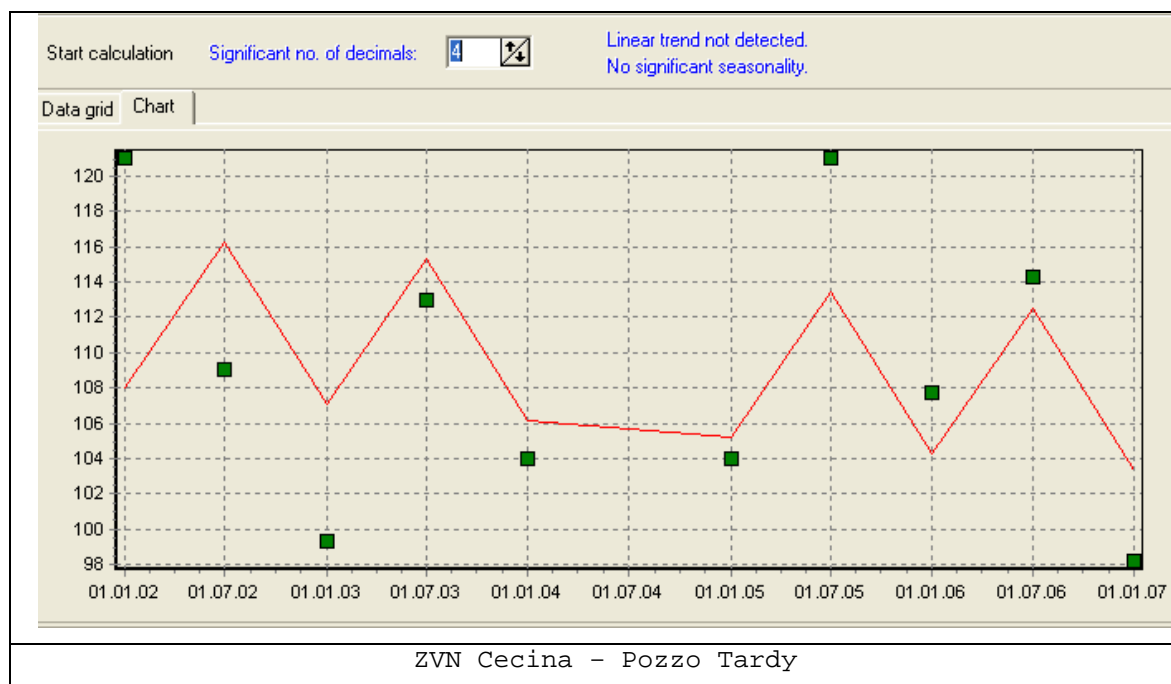
**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



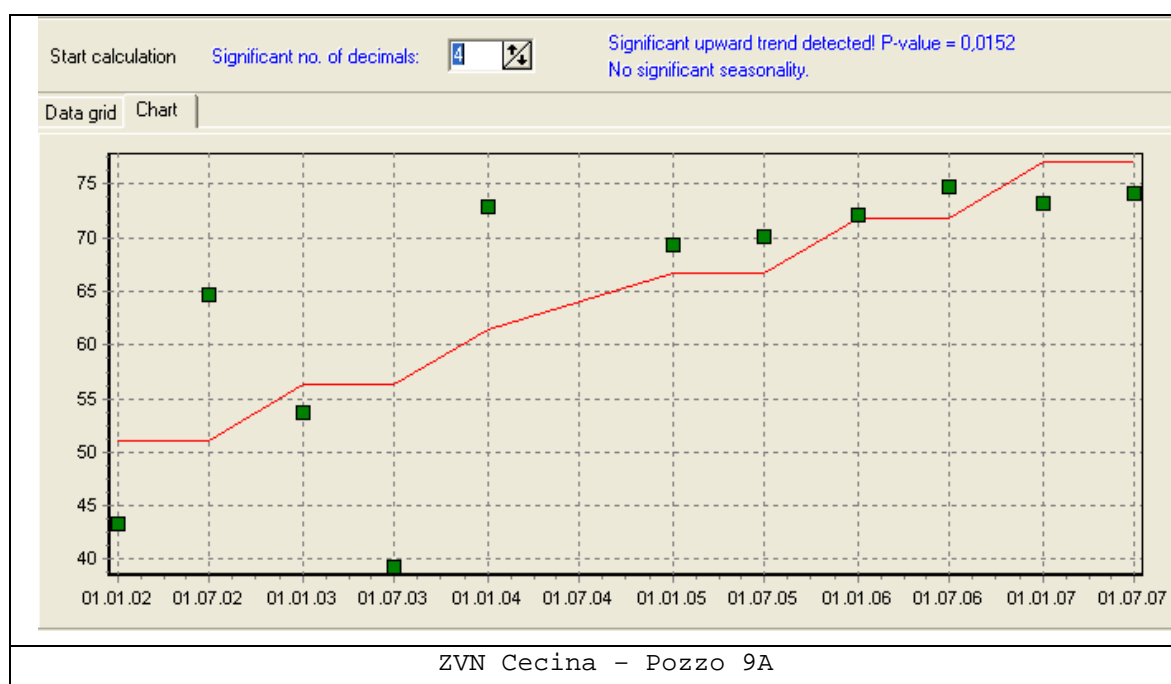
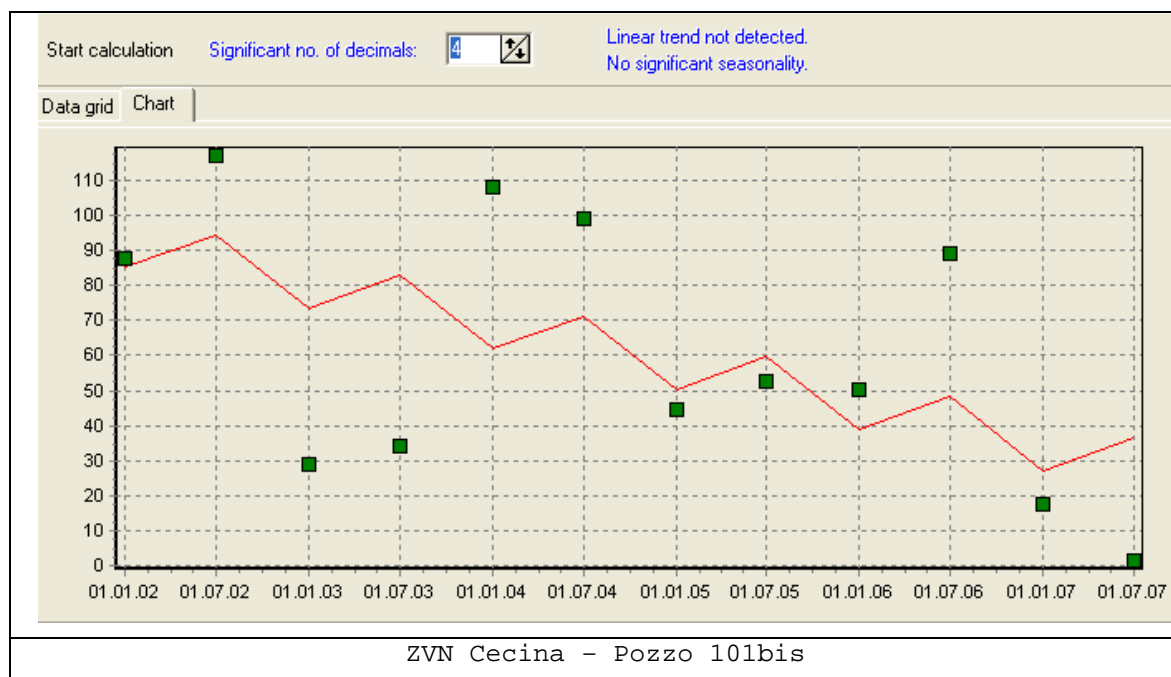


**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana





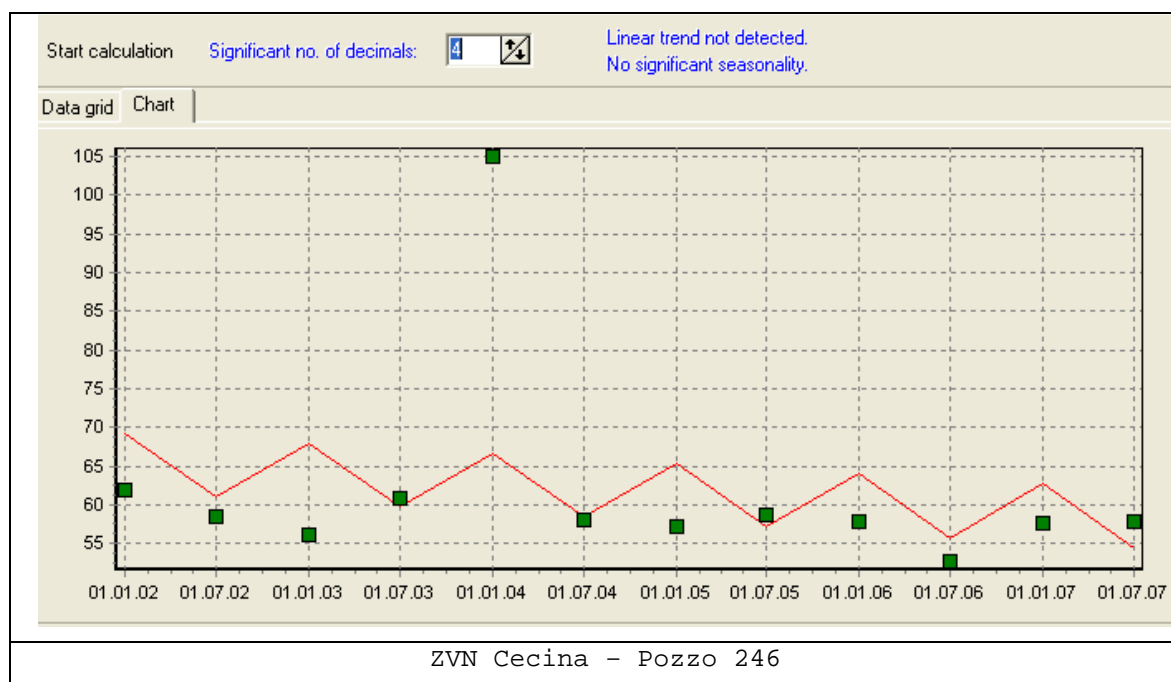
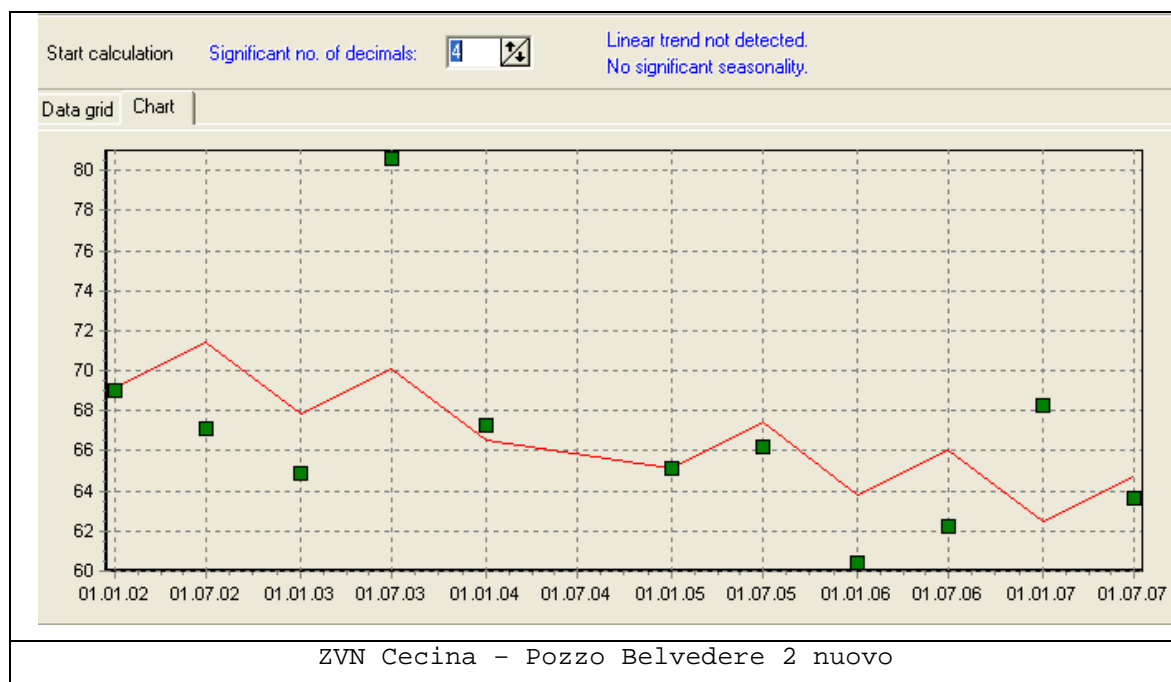
**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana





**ARPAT**

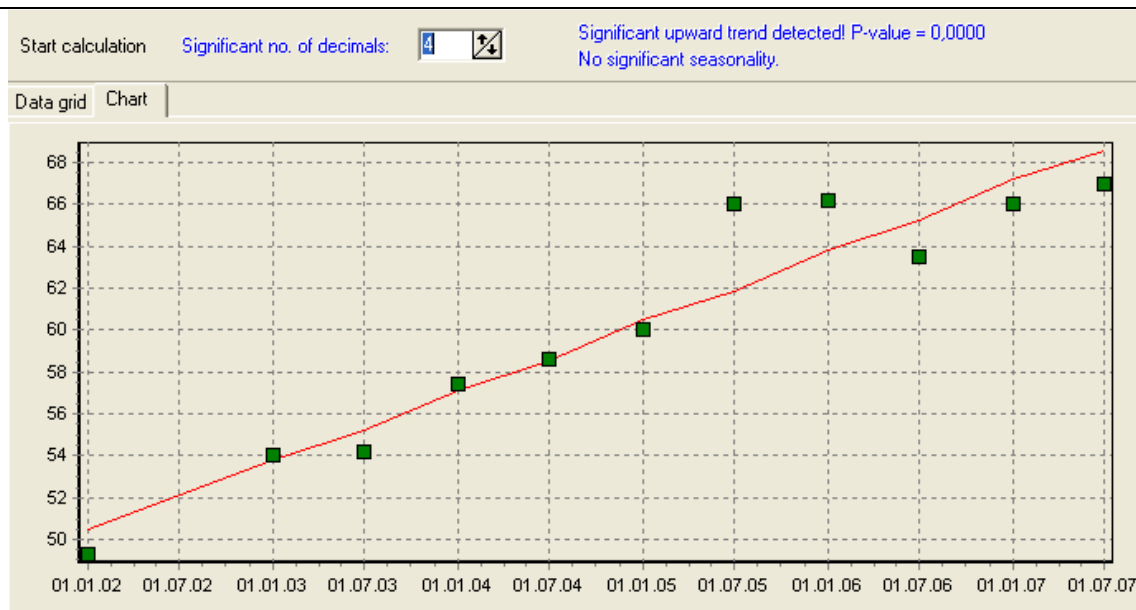
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



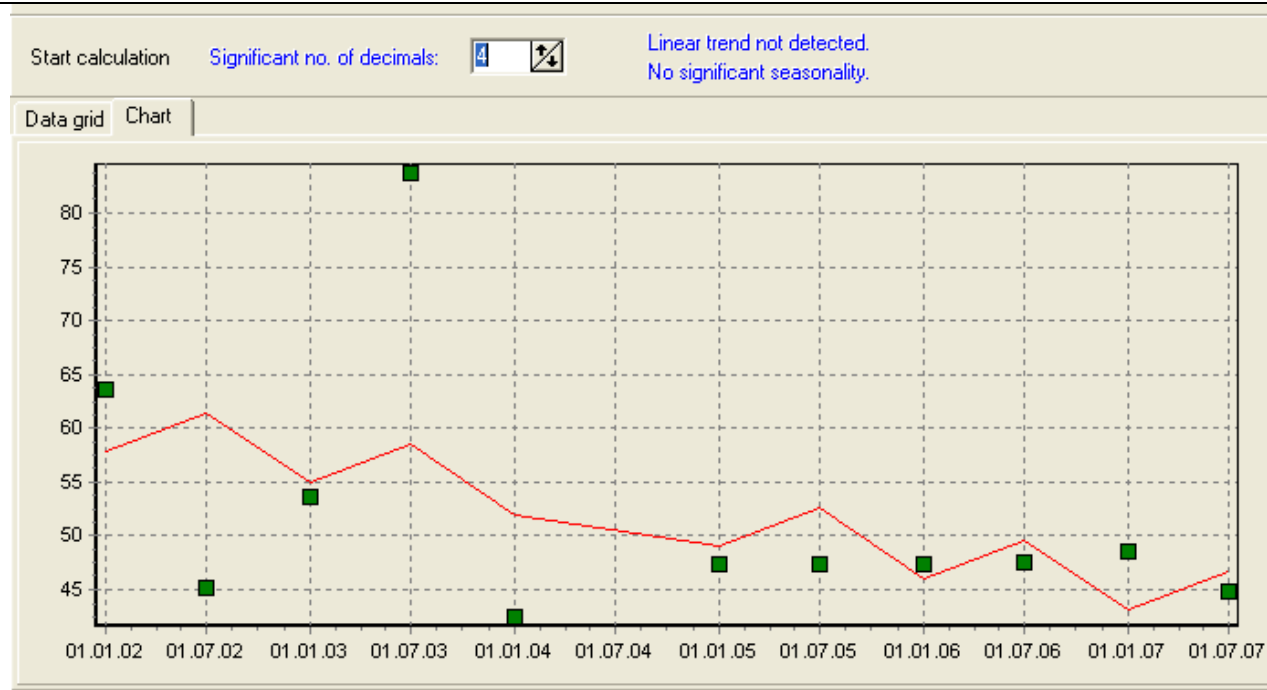


**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



ZVN Cecina - Pozzo S.Pietro in Palazzi 21



ZVN Cecina - Pozzo Vallecorsa





**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

Start calculation

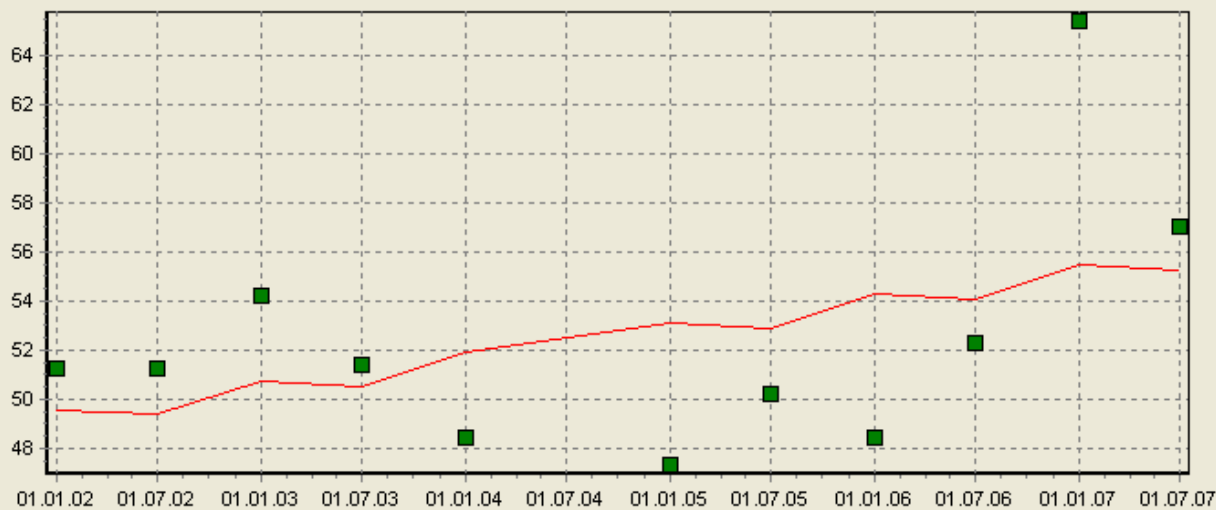
Significant no. of decimals:



Linear trend not detected.

No significant seasonality.

Data grid Chart



ZVN Cecina - Pozzo Paduletto 2

Start calculation

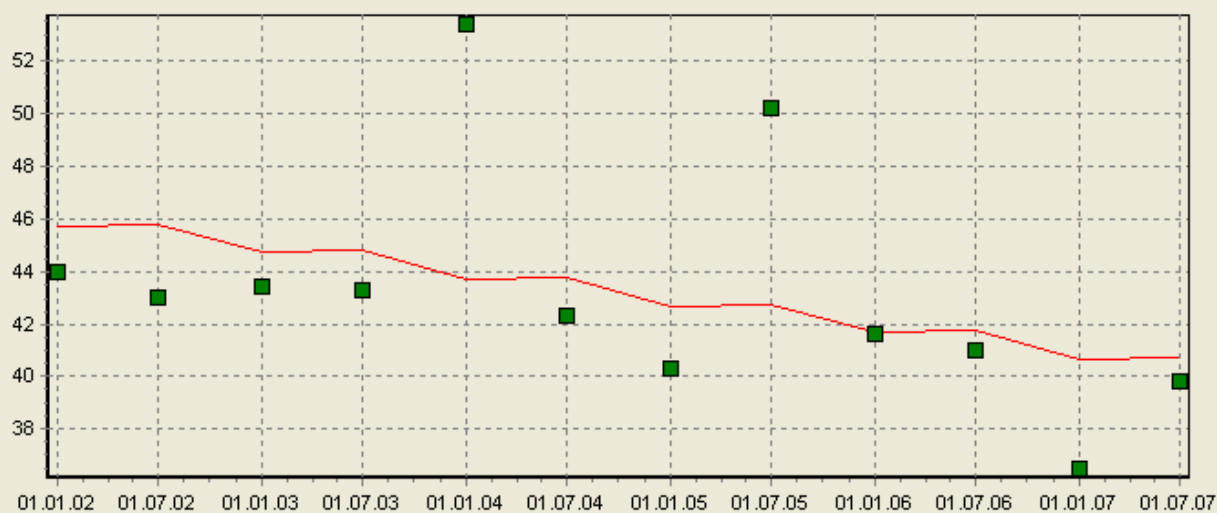
Significant no. of decimals:



Linear trend not detected.

No significant seasonality.

Data grid Chart



ZNV San Vincenzo - Pozzo Casacce 2

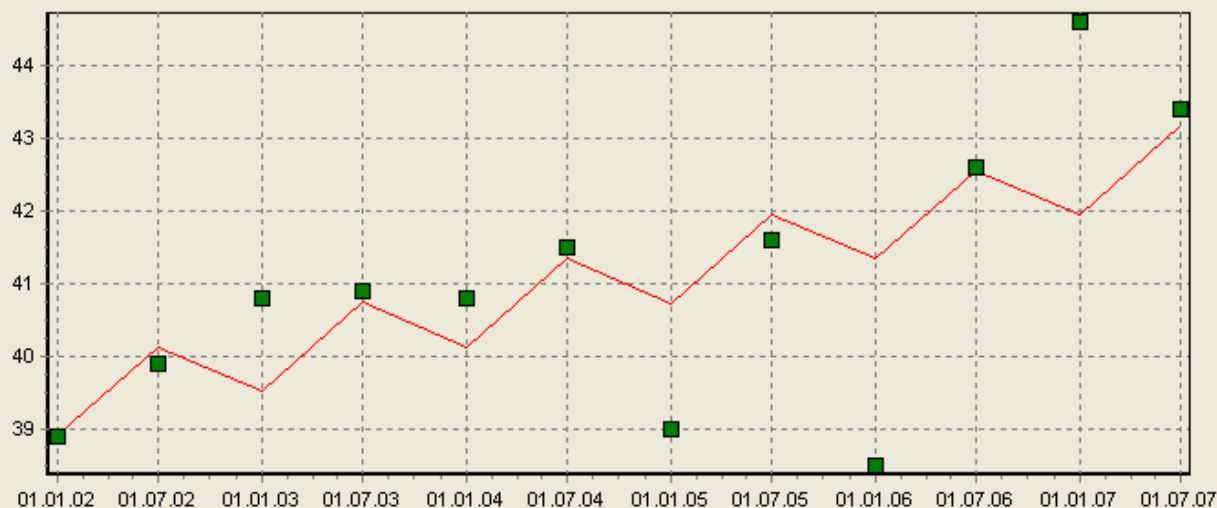


**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

Start calculation    Significant no. of decimals:

Linear trend not detected.  
 No significant seasonality.

Data grid    Chart

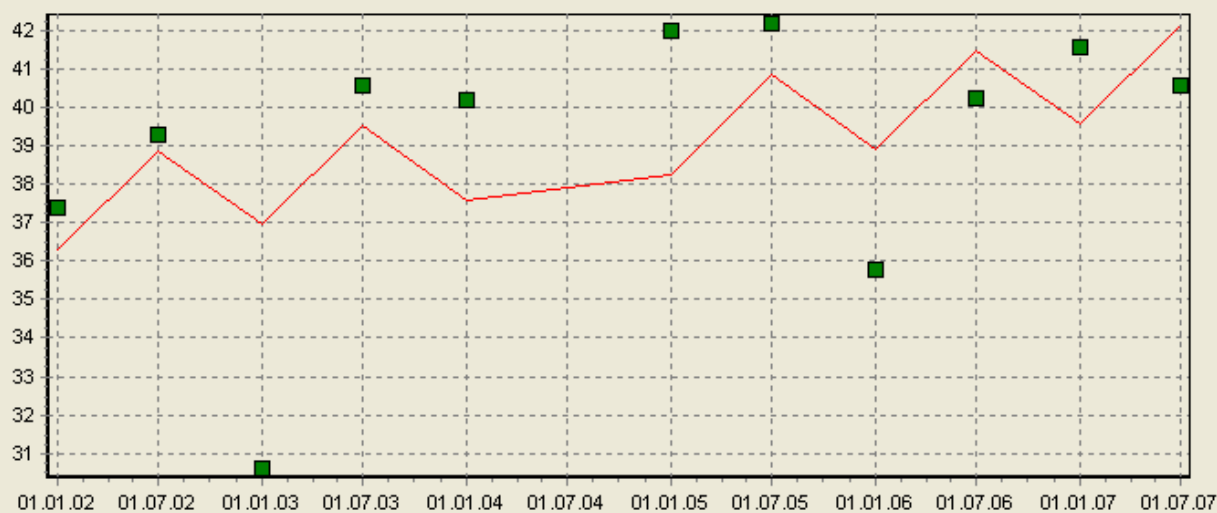


ZVN Chiana - Pozzo Capannile

Start calculation    Significant no. of decimals:

Linear trend not detected.  
 No significant seasonality.

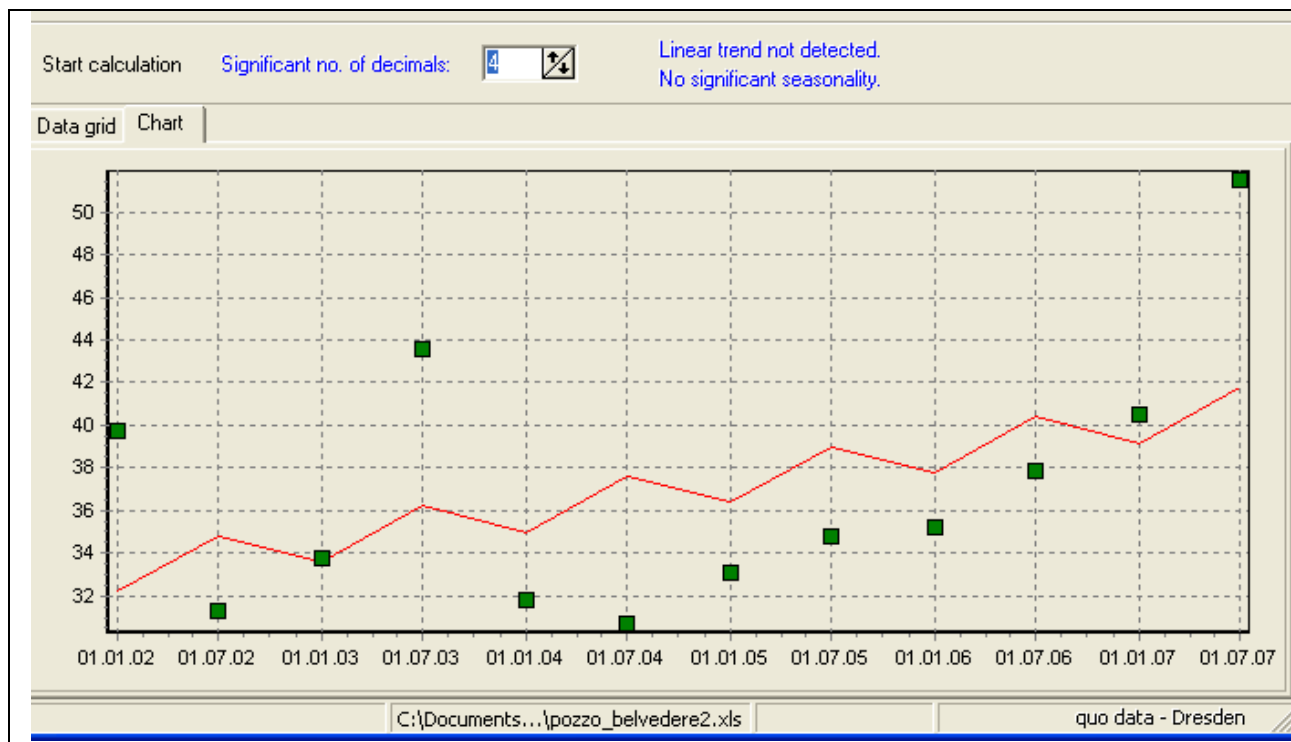
Data grid    Chart



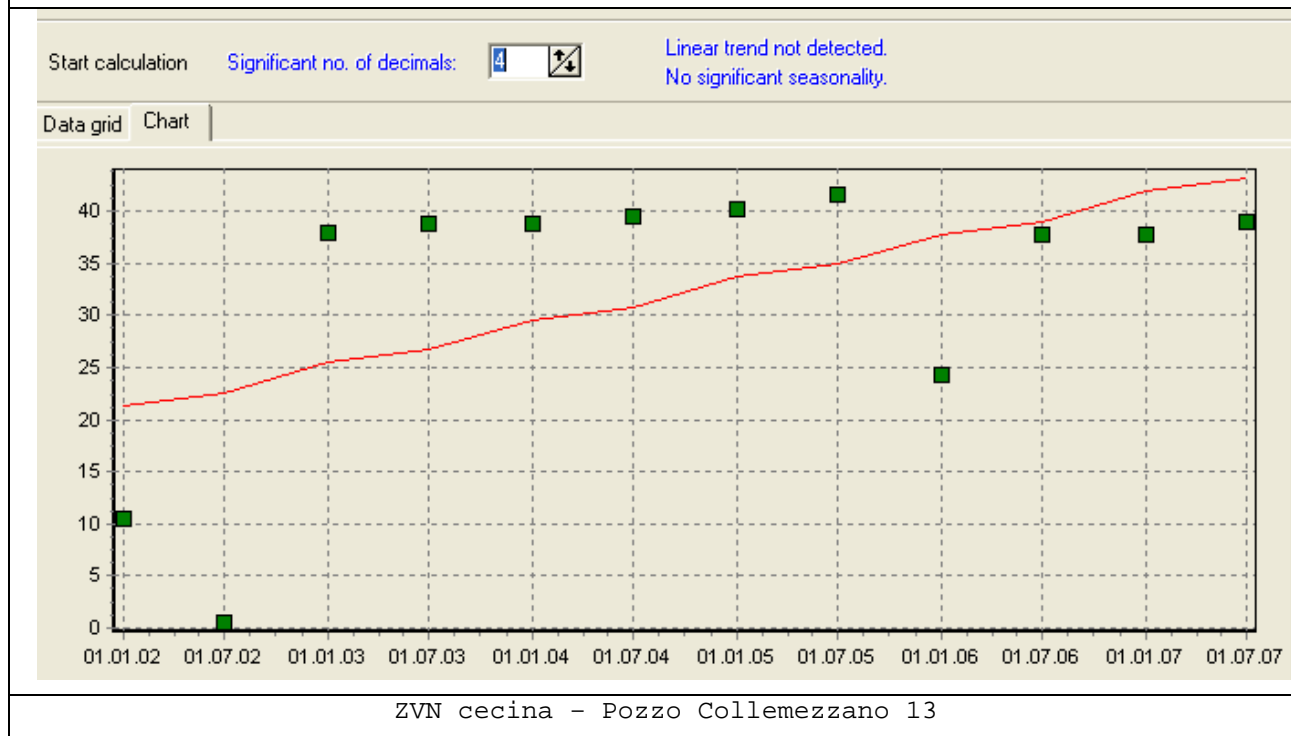
ZVN Chiana - Pozzo Santa Rosa 3



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana



ZVN Cecina - Pozzo Belvedere 2





**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Start calculation

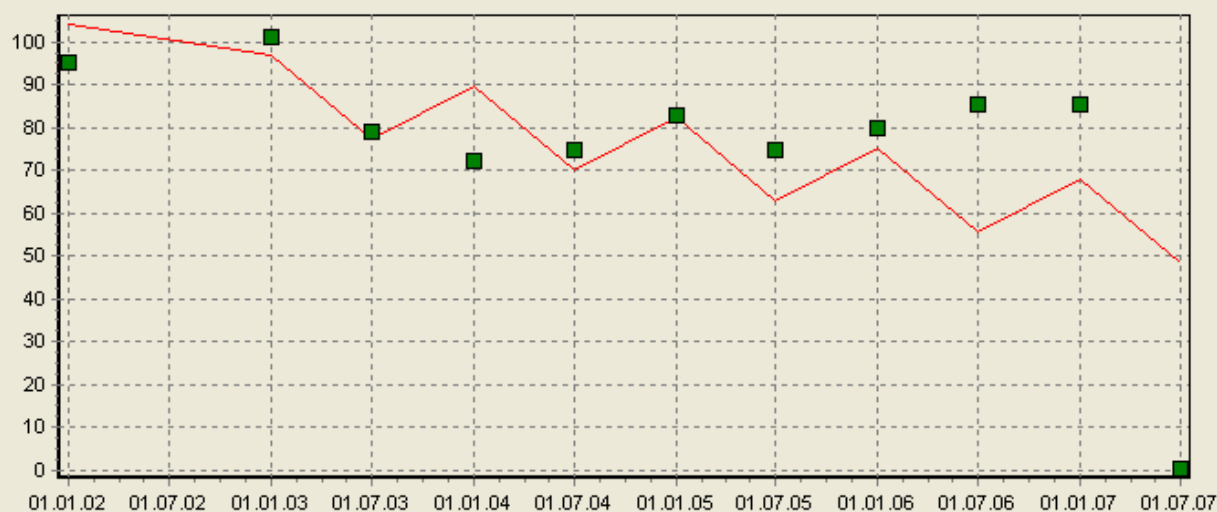
Significant no. of decimals:



Linear trend not detected.

No significant seasonality.

Data grid Chart



ZVN Chiana - Pozzo Cesa 4

Start calculation

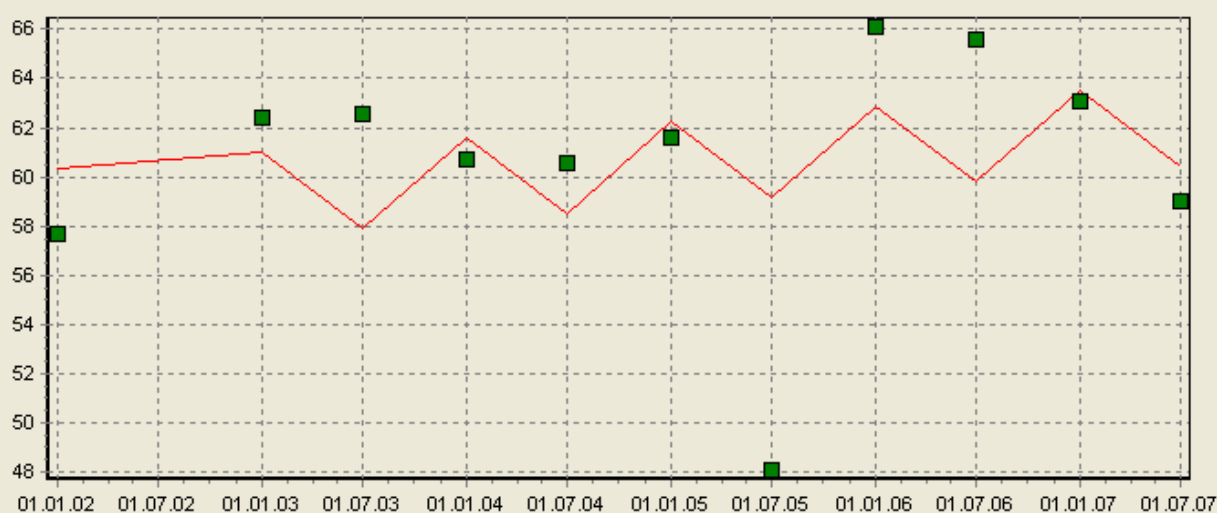
Significant no. of decimals:



Linear trend not detected.

No significant seasonality.

Data grid Chart



ZVN Chiana - Pozzo Badicorte 8



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

Start calculation

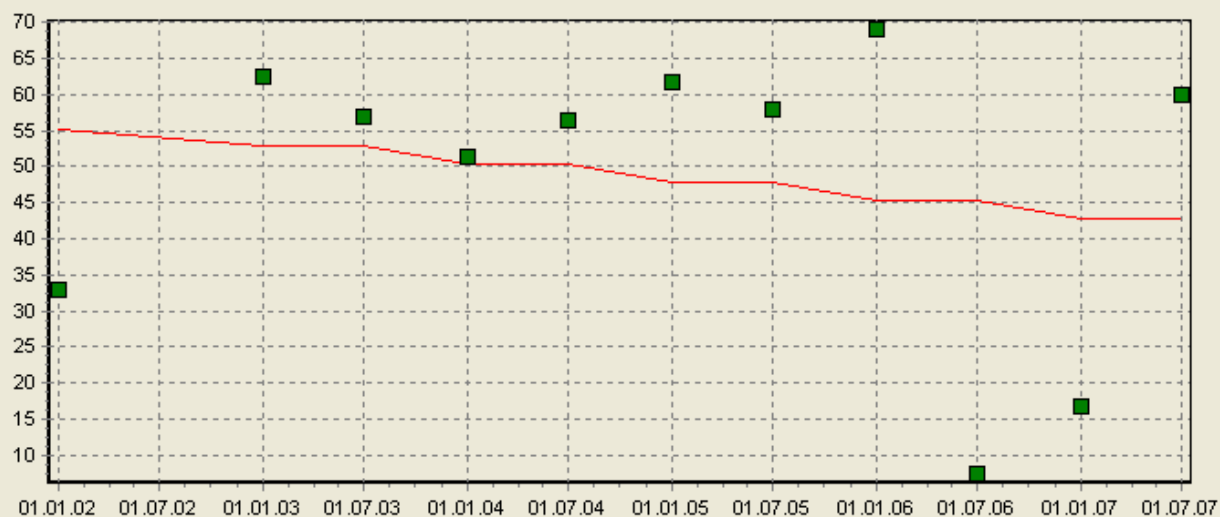
Significant no. of decimals:



Linear trend not detected.

No significant seasonality.

Data grid Chart



ZVN Chiana - Pozzo Manciano

Start calculation

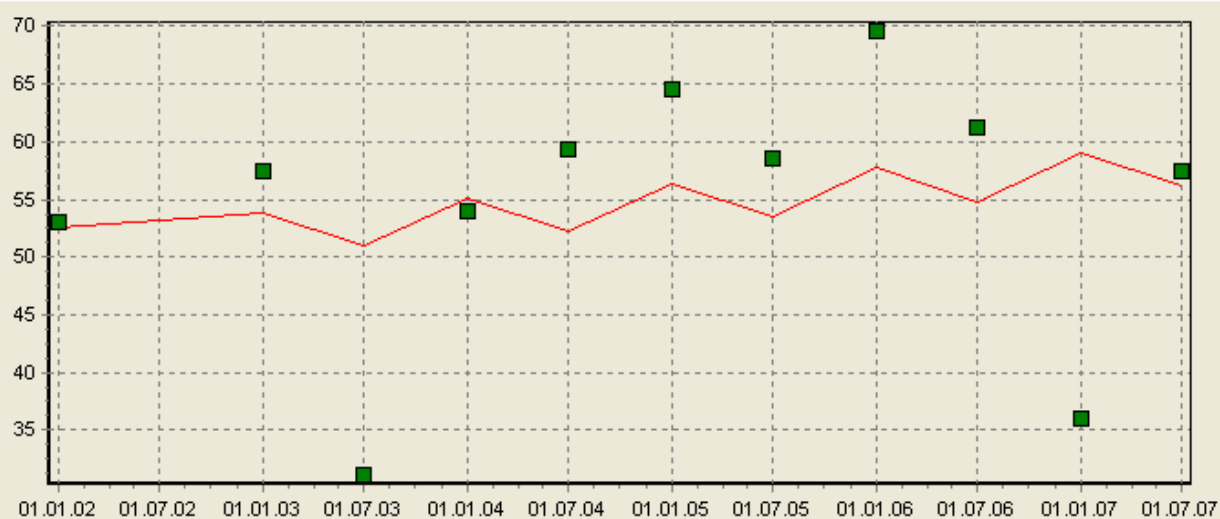
Significant no. of decimals:



Linear trend not detected.

No significant seasonality.

Data grid Chart



ZVN Chiana - Pozzo Brolio



**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Start calculation

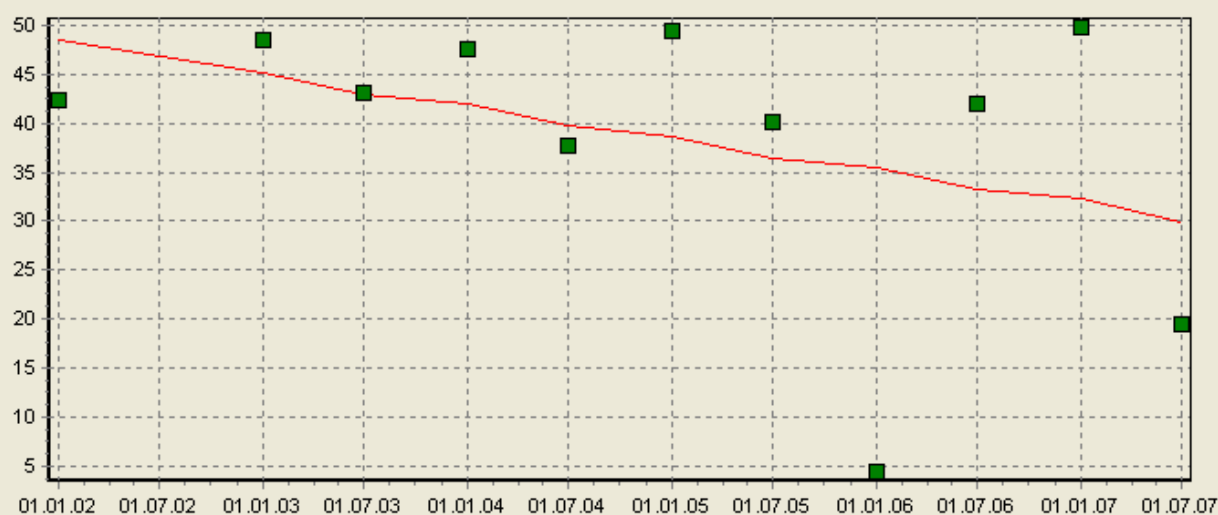
Significant no. of decimals:



Linear trend not detected.

No significant seasonality.

Data grid Chart



ZVN Chiana - Pozzo Via Vecchia Senese

Start calculation

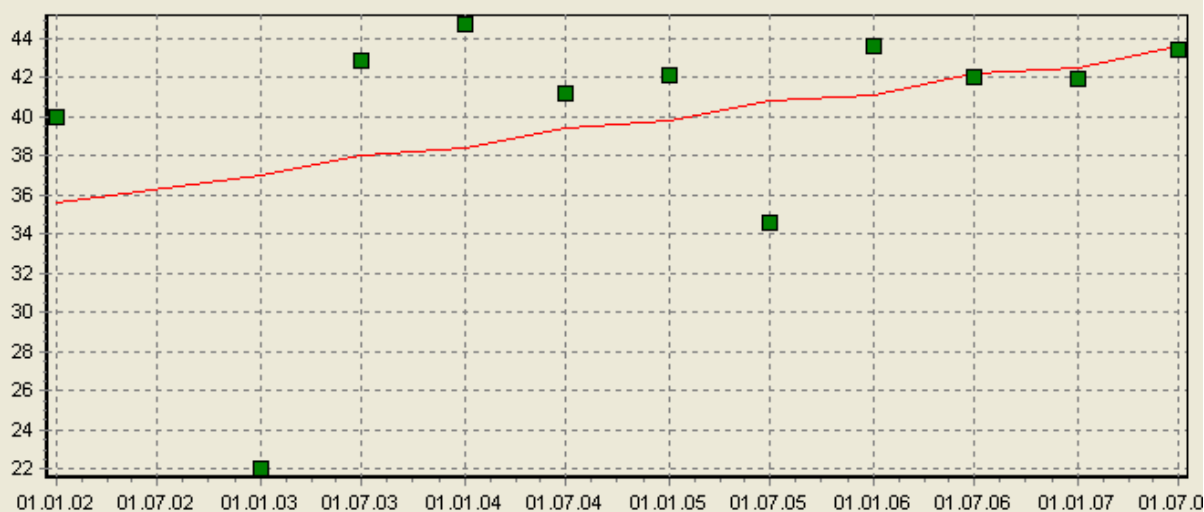
Significant no. of decimals:



Linear trend not detected.

No significant seasonality.

Data grid Chart



ZVN Chiana - Pozzo Rigutino Viale



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

Start calculation

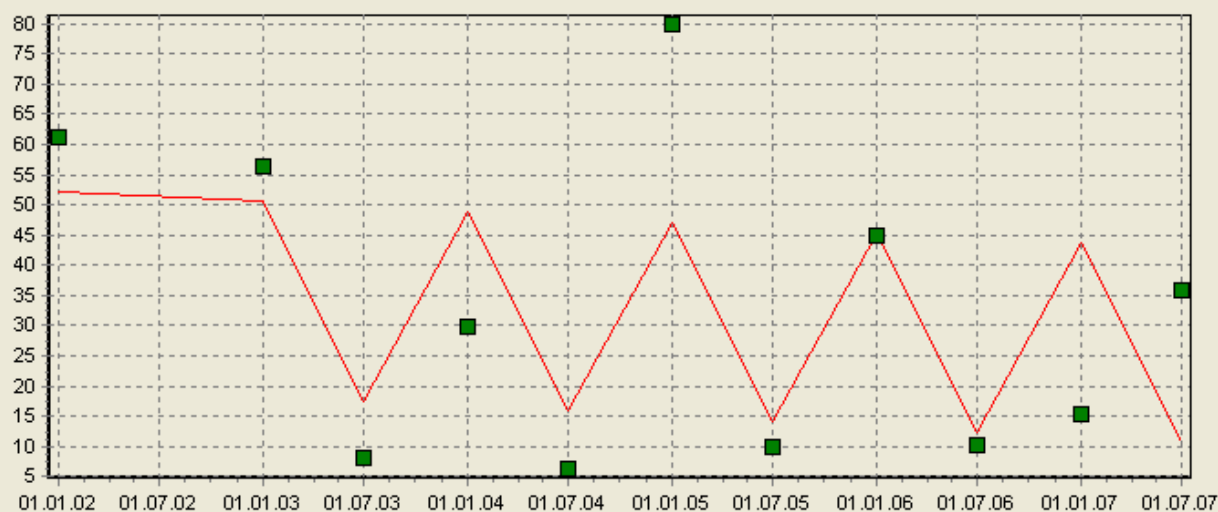
Significant no. of decimals:



Linear trend not detected.

Significant seasonality detected! P-value = 0,0160

Data grid Chart



ZVN Chiana - Pozzo Superficiale 20

Start calculation

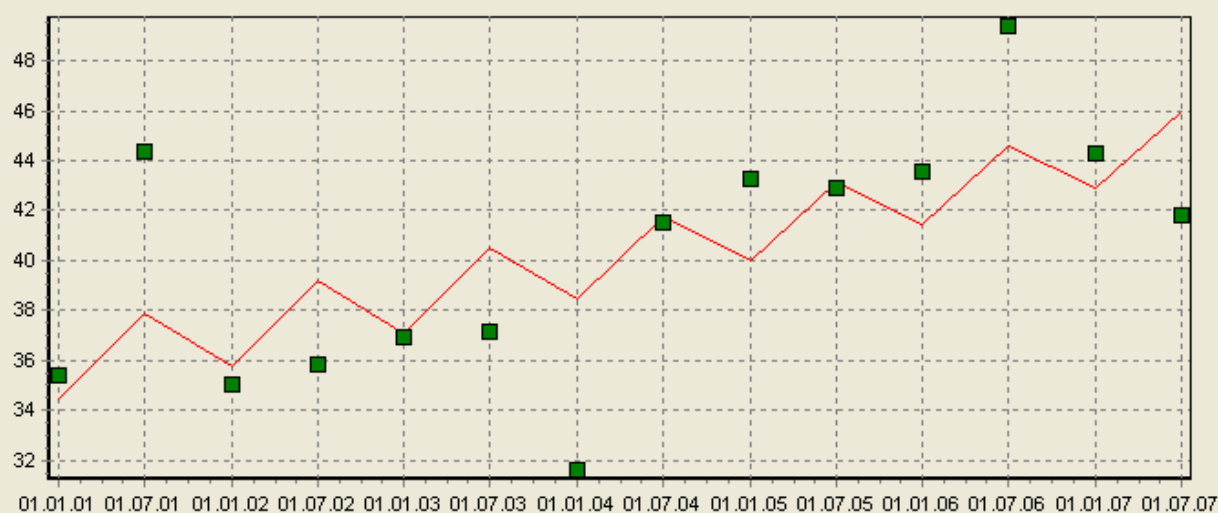
Significant no. of decimals:



Significant upward trend detected! P-value = 0,0131

No significant seasonality.

Data grid Chart



ZVN Chiana - Pozzo Prato di Bindo

Per le **ZVN di tipo B**, tra i punti di prelievo a rischio, con una copertura sufficiente di dati sono risultati 6 punti.

- In **3** casi l'ipotesi di trend è rigettata, ossia al 95% non vi è tale legame tra i dati in oggetto
- In **1** caso l'ipotesi è accettata ed il trend riscontrato positivo
- In **1** caso l'ipotesi è accettata ed il trend riscontrato è negativo
- In **1** caso statisticamente non è rilevabile un trend negativo, ma si può verificare visivamente dai grafici una tendenza alla diminuzione delle concentrazioni da nitrati (ZVN ACQUIFERO DELLA VAL TIBERINA TOSCANA)

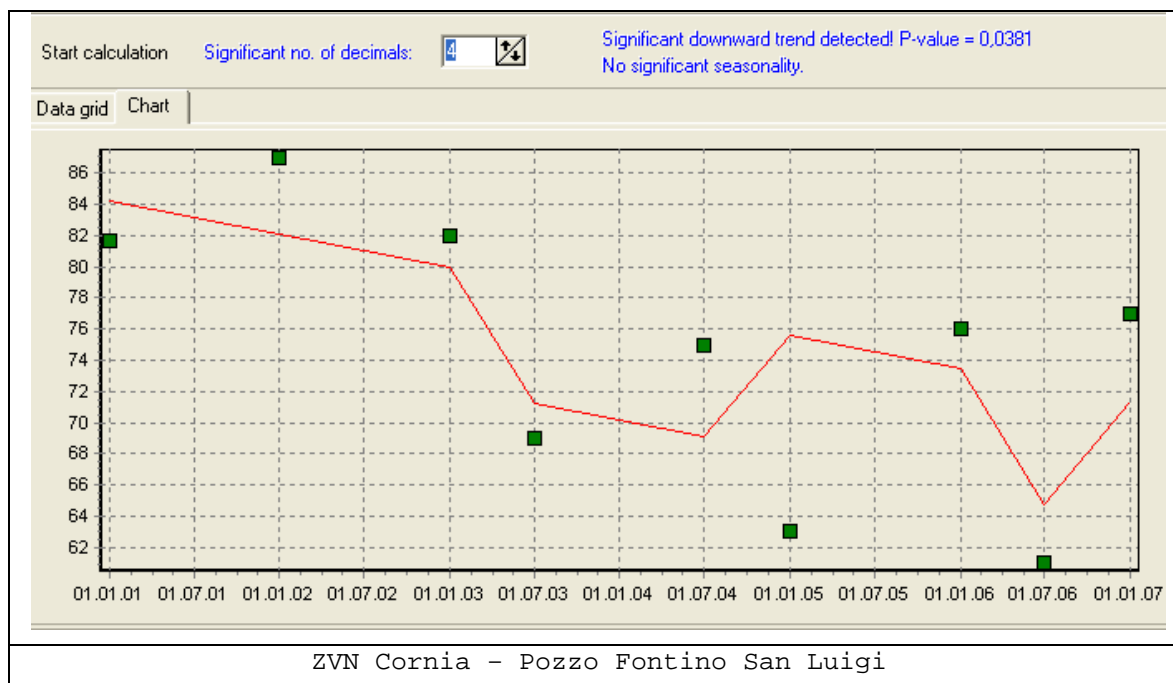
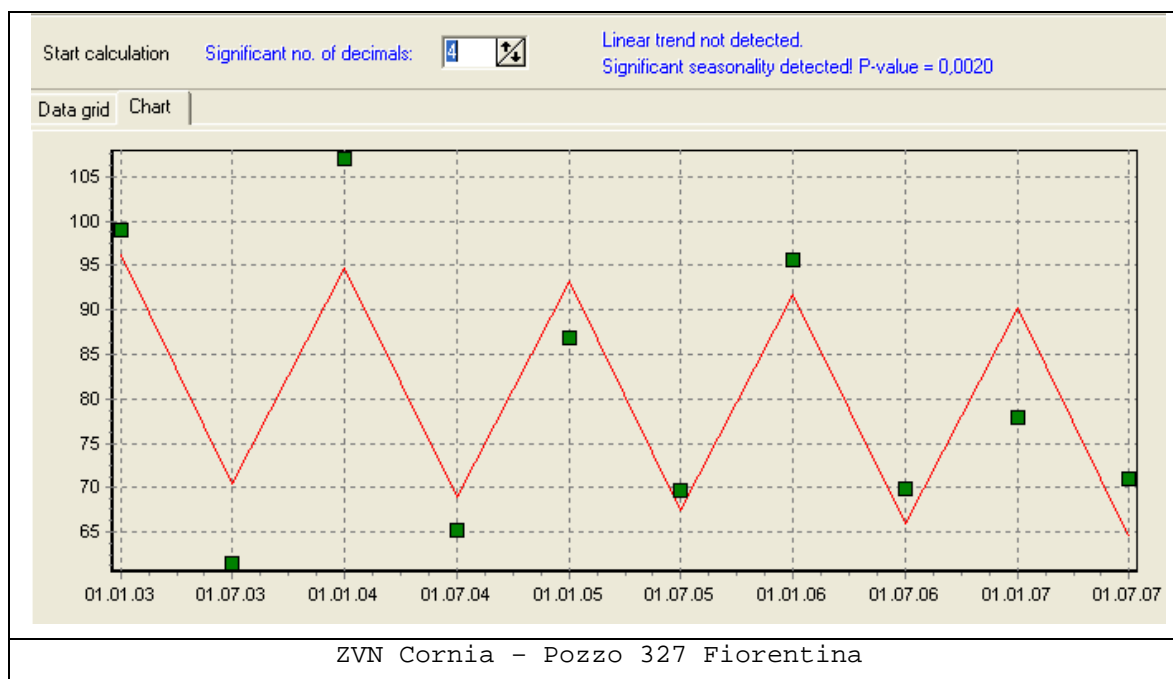
In **1** caso GWSTAT ha indicato, la stagionalità caratteristica dei Nitrati come significativa, con incremento in morbida e diminuzione in magra.

ZVN Nome	Limite Confidenza Media [mg/L]	Nome Punto	Comune	N anni	N dati	Media [mg/L]	Devst [mg/L]	periodo	Risultato analisi trend
CORNIA	90.1	327 FIORENTINA	PIOMBINO	5	10	80,34	15,75	2003- 2007	Stagionalità Significativa
CORNIA	61.4	POZZO FONTINO - S. LUIGI	FOLLONICA	7	10	73,27	10,26	2001- 2007	Decremento significativo
VAL TIBERINA	54.0	POZZO DI TREBBIO	SANSEPOLCRO	6	12	51,69	17,12	2002- 2007	Decremento visibile non significativo
VAL TIBERINA	53.0	POZZO DI GRICIGNANO	SANSEPOLCRO	6	12	50,40	6,40	2002- 2007	Incremento significativo
VAL TIBERINA	45.8	POZZO GIALLINEO 2	SANSEPOLCRO	6	13	45,30	14,17	2002- 2007	-



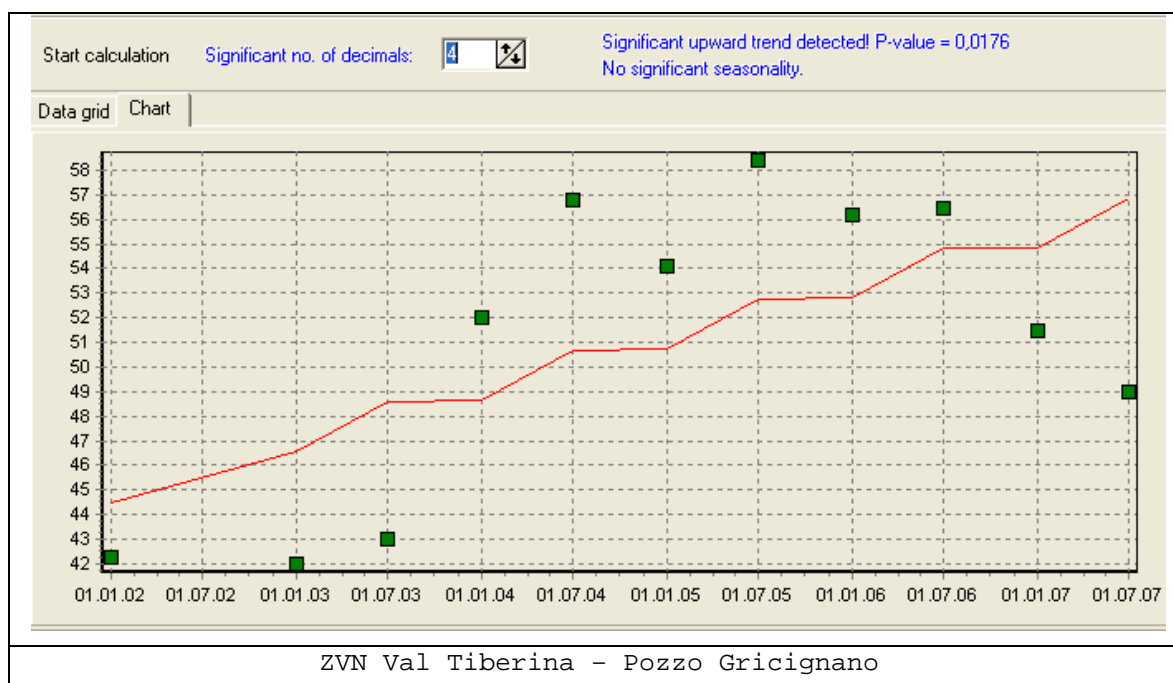
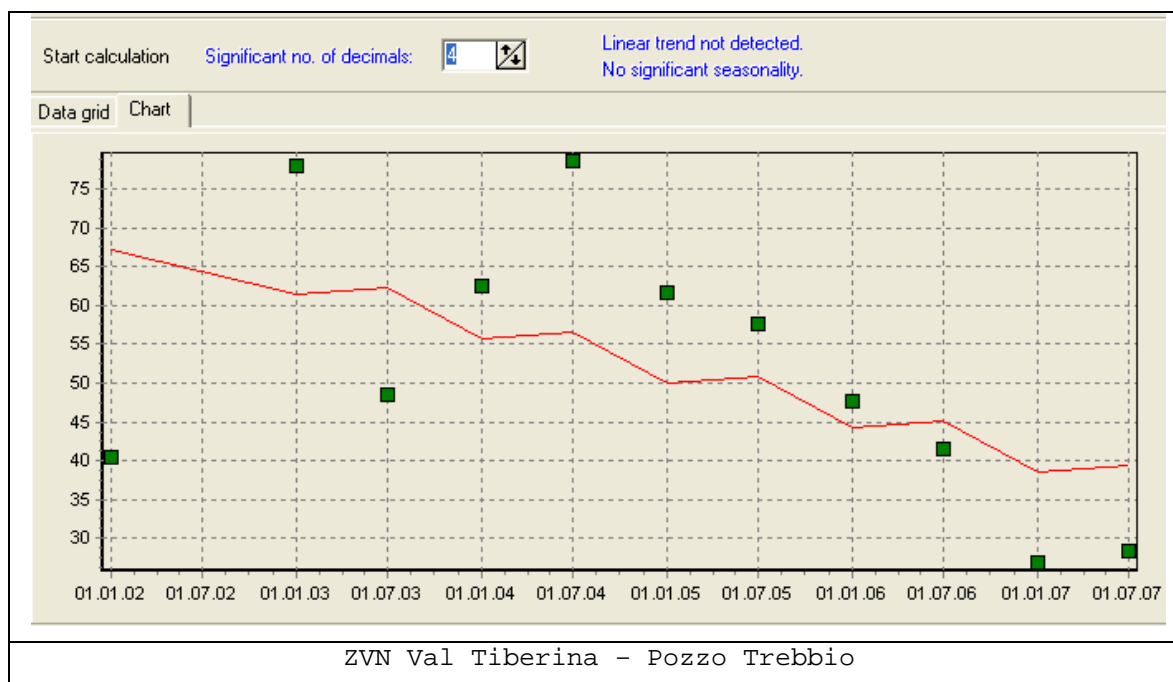


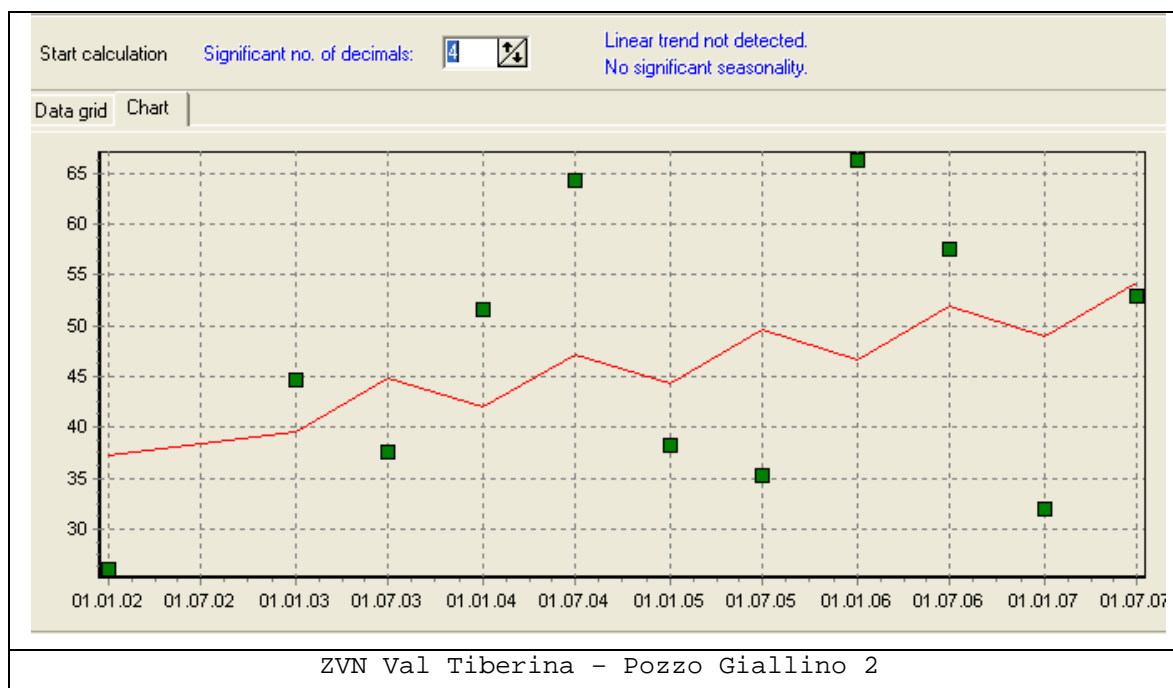
**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana





**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana





## 1.2 ANALISI DEL TREND IN INVERSIONE

### 1.2.1 FOSFORO

Non sono stati osservati trend in inversione.

### 1.2.2 NITRATI

L'analisi del trend in inversione è stata elaborata sulla base dei dati costruiti per il calcolo del *Monotonic Trend*, e quindi analizzando i 29 punti di interesse delle ZVN di tipo A e i 5 punti di interesse delle ZVN di tipo B. Il software di riferimento è ancora *GWSTAT* secondo l'analisi del *“Reversal Trend”*.

Nel nostro caso, i monitoraggi si basano su serie inferiori ai 10 anni o alle 18 misurazioni, ma i risultati ottenuti sono orientativi per ulteriori approfondimenti futuri e per identificare eventuali dinamiche locali dell'inquinamento da nitrati.

Nello specifico, l'analisi esegue un test statistico, per determinare se la disposizione dei punti nella serie temporale è tale da essere più significativa nelle due sezioni ottenute, spezzando la serie in un punto di ottimizzazione o se lo è utilizzando una semplice regressione.

I possibili risultati sono la presenza/assenza di una significativa inversione di tendenza (indicando il p-value corrispondente) della concentrazione di nitrati durante il periodo di monitoraggio.

Nelle ZVN di tipo A:

- In **1** caso l'ipotesi di *reversal trend* è accettata ed il pozzo in questione non presentava un *monotonic trend* significativo. Si tratta della stazione POZZO N.496 del comune di Castagneto Carducci nella porzione sud della ZVN Cecina

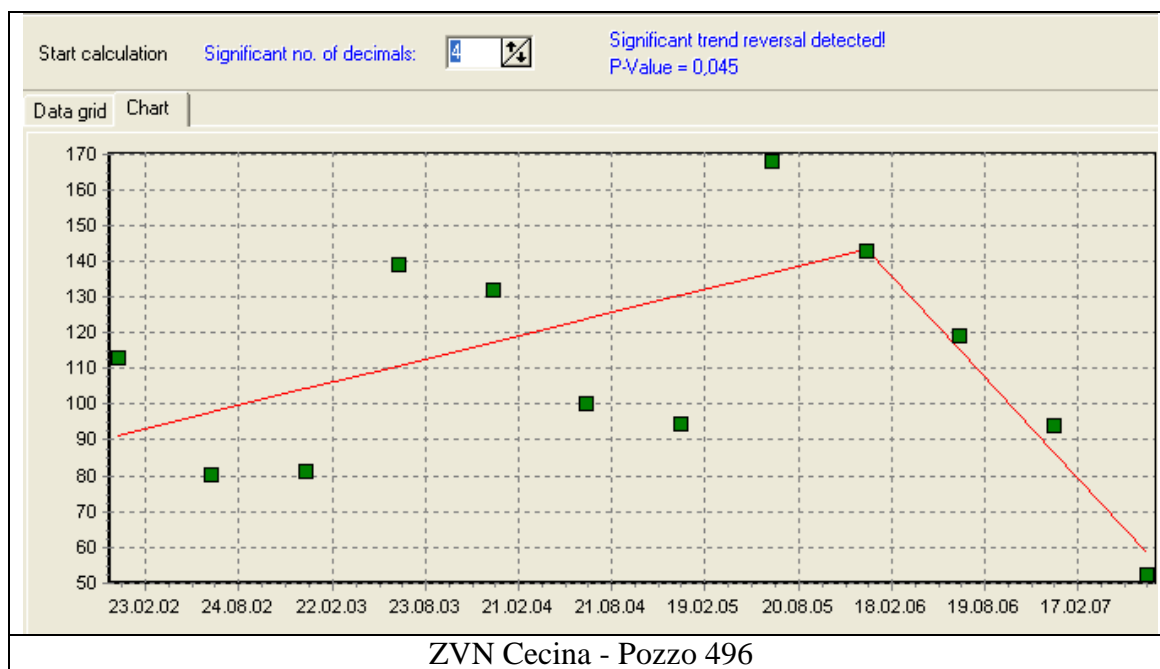
Nelle ZVN di tipo B:

- In **2** casi l'ipotesi di *reversal trend* è accettata per la zona della VAL TIBERINA: per la stazione Trebbio a questo si aggiunge, per quanto riguarda il *monotonic trend* che il decremento non è significativo ma rilevabile analizzando la serie storica (quindi le 2 informazioni concordano nel rilevare che dal 2004 la concentrazione dei nitrati è in costante diminuzione) mentre, per quanto riguarda la stazione Gricignano, GWSTAT calcola per il *monotonic trend* un incremento significativo, mentre il *reversal trend* indica nella seconda sezione delle serie storica un decremento (quindi è da approfondire quale delle 2 informazioni sia la più significativa, verificando politiche locali, precipitazioni, ecc...)



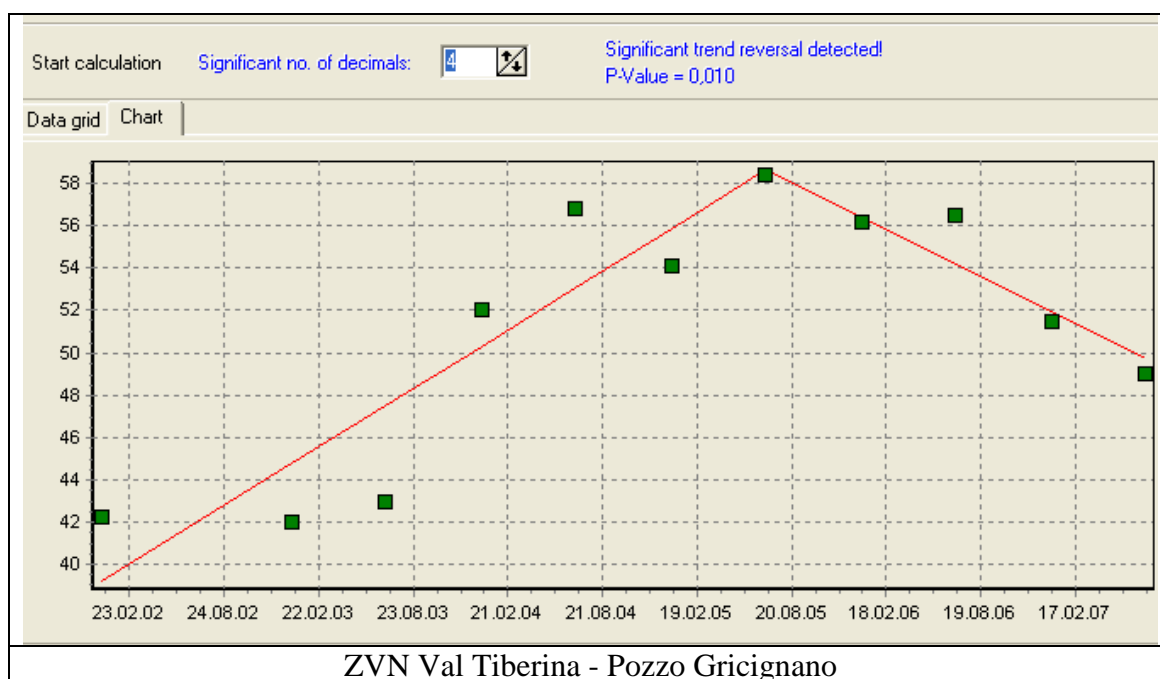
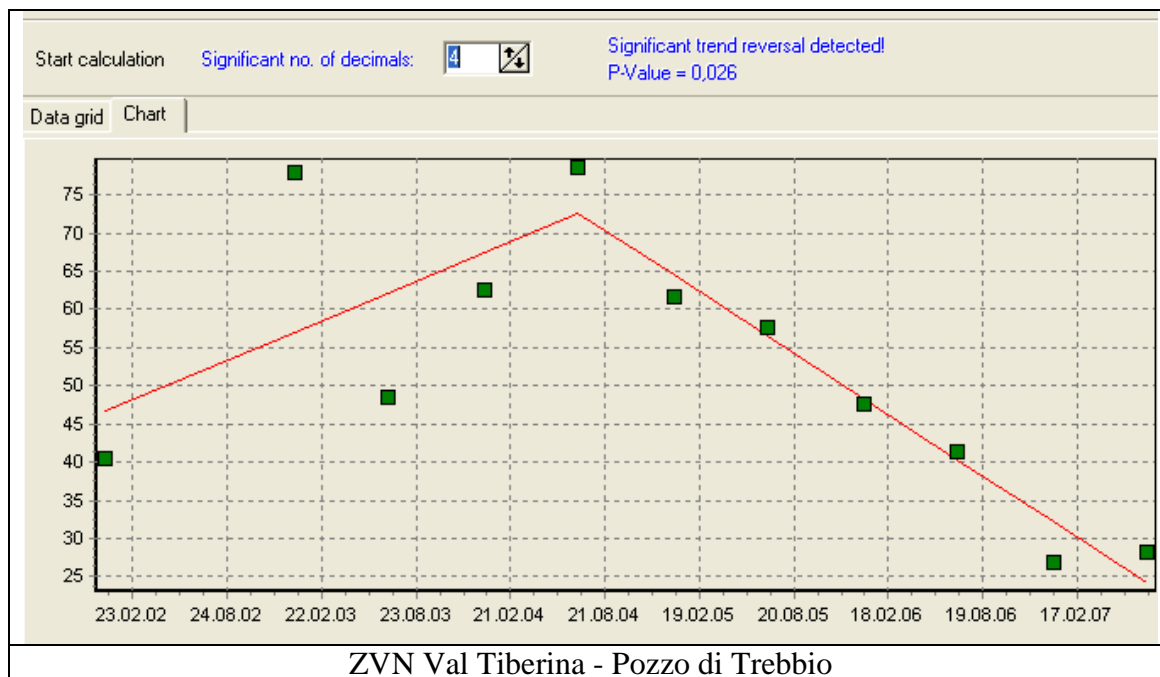
**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

ZVN Nome	Limite Confidenza Media [mg/L]	Nome Punto	Comune	N anni	N dati	Media [mg/L]	Devst [mg/L]	periodo	Risultato analisi trend
CECINA	128,00	POZZO N. 496	CASTAGNETO CARDUCCI	6	12	109,68	32,37		Inversione in decremento dal 2006
VAL TIBERINA	61,38	POZZO DI TREBBIO	SANSEPOLCRO	6	12	51,69	17,12		Inversione in decremento da 2004
VAL TIBERINA	54,02	POZZO DI GRICIGNANO	SANSEPOLCRO	6	12	50,40	6,40		Inversione in decremento dal 2005





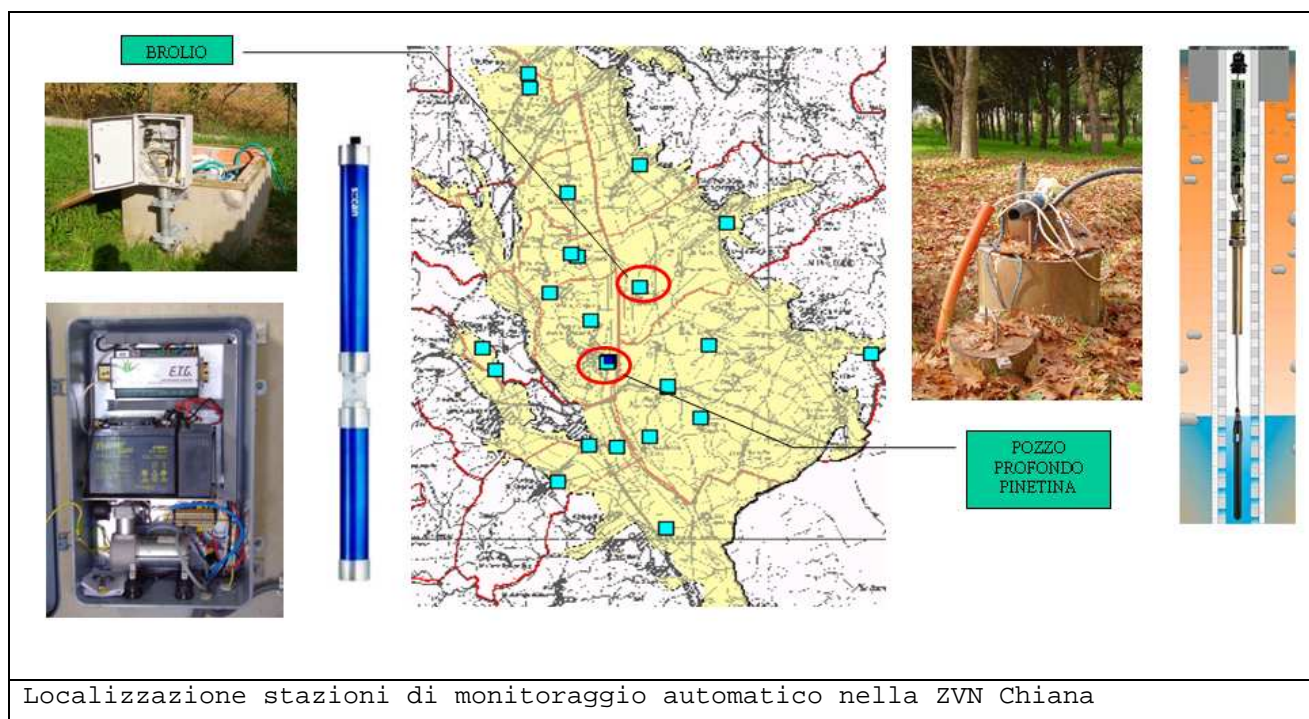
**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana



### 1.3 MONITORAGGIO IN CONTINUO

Dal settembre 2005 ARPAT ha installato una stazione in monitoraggio in continuo del tenore dei Nitrati nell'acquifero della Val di Chiana. La stazione prescelta è stata quella di BROLIO, nel Comune di Castiglion Fiorentino (AR).

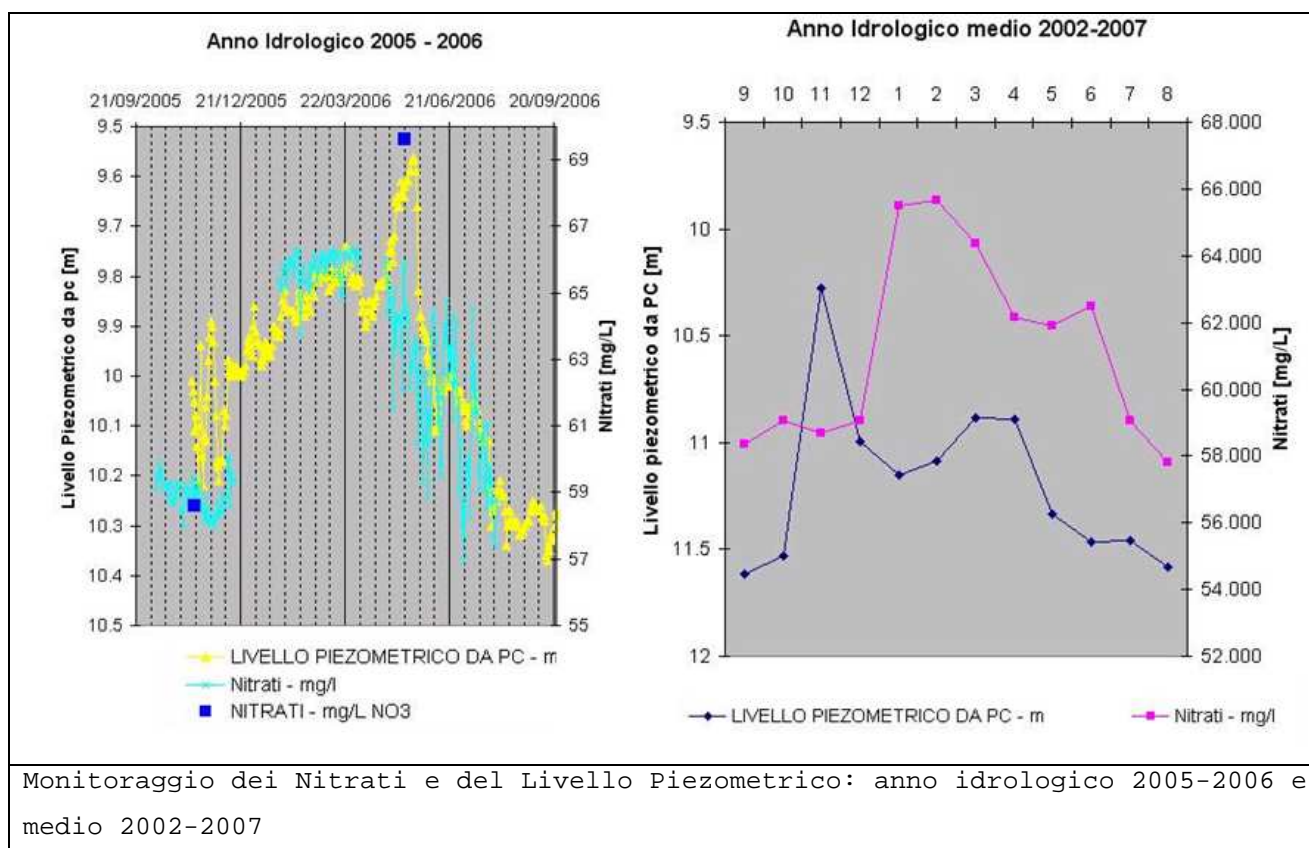
Il monitoraggio in continuo dei Nitrati è stato eseguito tramite uno spettrometro UV-VIS su di un pozzo in esercizio a servizio della piccola frazione di Brolio con ridotto sfruttamento e recupero nottetempo del livello statico. Risultando problematica, al momento, l'installazione di uno strumento automatico di registrazione dei livelli piezometrici direttamente nel pozzo Brolio, per il riferimento dei livelli piezometri è stato utilizzato il piezometro sul pozzo profondo al campo pozzi Pinetina come indicato nella figura.



I dati del monitoraggio in continuo hanno mostrato che le concentrazioni dei Nitrati seguono le oscillazioni della falda con un ritardo di 2-3 mesi e secondo la stagionalità caratteristica che



prevede un aumento dei Nitrati nella fase di morbida in concomitanza con la ricarica e la risalita della falda.



A differenza di costituenti tipici di origine interna dell'acquifero, come Fe e Mn che tendono ad incrementare le concentrazioni nel periodo di magra, il comportamento stagionale caratteristico dei Nitrati e confermato dai dati della stazione di Brolio indica, con probabilità, un'origine superficiale dei Nitrati della Val di Chiana.



## 1.4 ANALISI TERRITORIALE

Con l'obiettivo di convalidare e/o integrare le attuali designazioni di Zona Vulnerabile da Nitrati è stata condotta un'analisi del rischio di inquinamento da nitrati di origine agricola per l'intero territorio regionale, che ha previsto:

1. l'elaborazione dell'Indice di Pericolosità da Nitrati di Origine Agricola secondo la metodologia indicata da Padovani e Trevisan (2002);
2. l'elaborazione dei dati di monitoraggio del periodo 2002-2006 delle reti di monitoraggio ambientale delle acque superficiali e sotterranee per la definizione dei corpi idrici già vulnerati nei riguardi delle soglie di stato ambientale scadente degli indicatori scelti (NO<sub>3</sub> per le acque sotterranee e P<sub>tot</sub> per le acque superficiali);
3. l'analisi delle pressioni e degli impatti, confrontando l'indice di pericolosità da nitrati, calcolato sugli areali di riferimento dei diversi corpi idrici, ai corrispondenti indicatori di stato;
4. individuazione di aree potenzialmente "vulnerabili" sulla base di opportune soglie di pressione derivate dalle possibili correlazioni stato-pressione;
5. l'elaborazione di carte del rischio effettivo d'inquinamento da Nitrati e Nutrienti di origine agricola per i comparti delle acque sotterranee e superficiali;
6. la formulazione di una nuova proposta organica di Zone Vulnerabili da Nitrati e Nutrienti di Origine Agricola secondo quanto indicato dalla Direttiva (zone vulnerate e vulnerabili) e delle aree maggiormente a rischio all'interno di tali aree.

### 1.4.1 PERICOLOSITA' DA NITRATI

La pericolosità da Nitrati e più in generale da apporto di nutrienti provenienti dall'attività agricola, è stata condotta attraverso il metodo proposto da Padovani e Trevisan (2002), per la definizione di un Indice di Pericolosità da Nitrati di Origine Agricola che risulta così strutturato:

$$IPNOA = (FP_{fm} + FP_{fo} + FP_{fd}) * (FC_a * FC_c * FC_{pa} * FC_i)$$

- $FP_{fm}$ : fattore di pericolo da fertilizzanti minerali
- $FP_{fo}$ : fattore di pericolo da fertilizzanti organici
- $FP_{fd}$ : fattore di pericolo da fanghi di depurazione
- $FC_a$ : fattore di controllo per contenuto di azoto del suolo
- $FC_c$ : fattore di controllo per condizioni climatiche
- $FC_{pa}$ : fattore di controllo per pratiche agronomiche
- $FC_i$ : fattore di controllo per pratiche d'irrigazione

Le fonti dati utilizzate per la definizione, ove possibile, dei 6 tematismi che concorrono all'indice IPNOA, sono di seguito descritte:

Per il fattore di pericolo da fertilizzanti minerali ( $FP_{fm}$ ) i dati di partenza sono quelli delle dichiarazioni colturali, raccolte nel database ARTEA delle denunce PAC e PSR relativo al 2006, definite a livello di foglio e particella catastale. La stima del fattore di pericolo e quindi del carico di nitrati da fertilizzanti minerali, per le numerose tipologie colturali, è stata definita a partire dalle categorie indicate da Padovani e Trevisan (2002), sulla base dei valori di azoto asportato dalle singole colture riportata in letteratura.

Apporto di N (Kg/ha)	Coltura	Classe di pericolo ( $FP_{fm}$ )
0	Leguminose (soia, pisello, erba medica ...)	1
1-25	Prato, melo, pero	2
26-100	Avena, segale, barbabietola, triticale, girasole, lino, colza, vite	3
101-180	Frumento, orzo, riso, patata, pascoli	4
> 180	Mais, ulivo, pioppo 10° 12° anno	5



**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

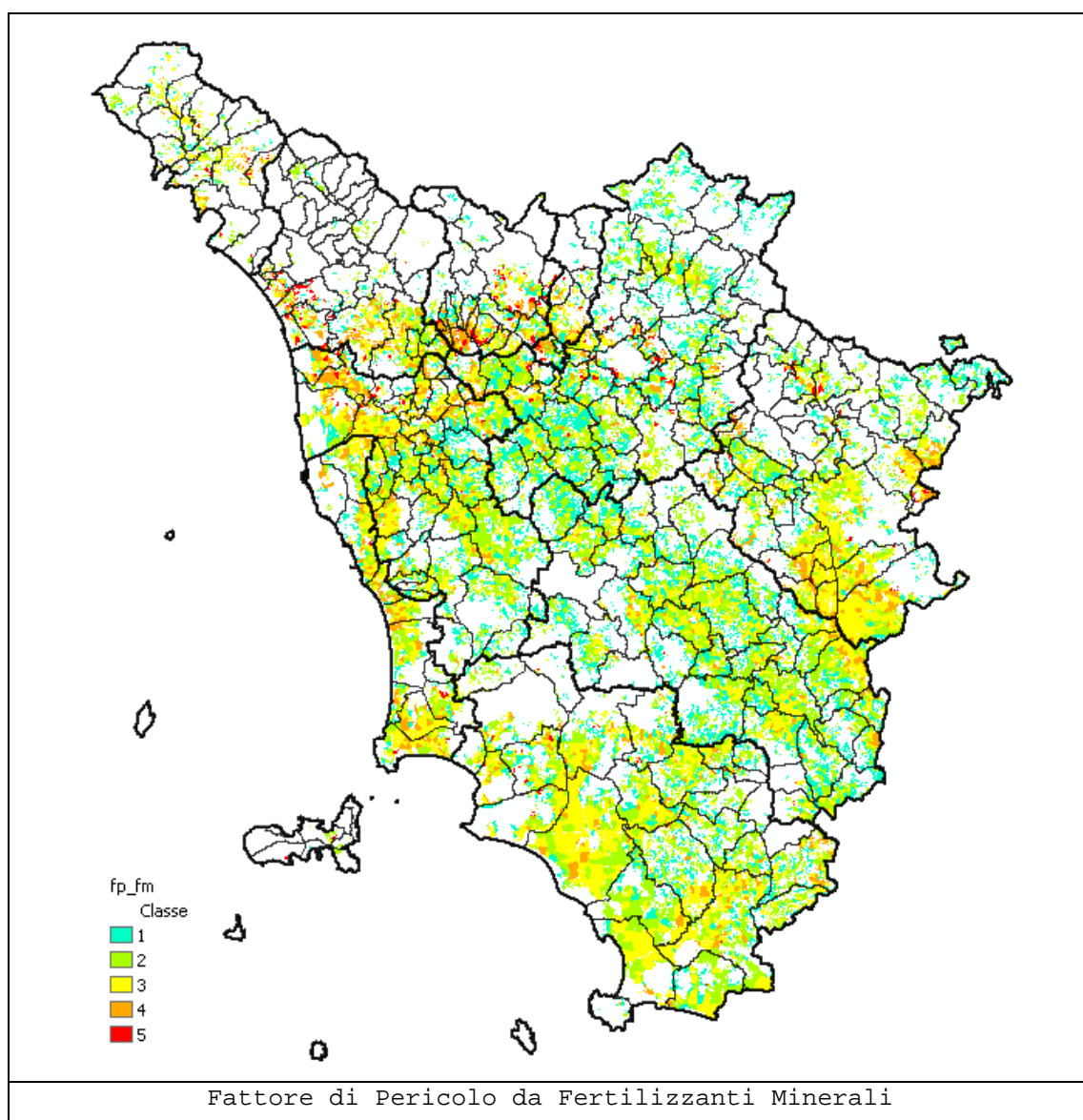
Per ciascuna delle categorie colturali od altro oggetto delle dichiarazioni è stata quindi effettuata una transcodifica nelle classi di riferimento indicate dal metodo IPNOA, così risultate:

SPECIE	Classe IPNOA
Mais	5
Mais insilato e ceroso	5
Oliva da trasformazione	5
Altre specie seminatave	4
Frumento duro	4
Frumento tenero	4
Orzo	4
Patata	4
Triticale	4
Vivaio specie ornamentali	4
Altre foraggere	3
Altri cereali	3
Anguria	3
Avena	3
Bietola da coste	3
Cetriolo	3
Colza	3
Contratto NO FOOD Girasole	3
Erbai graminacee	3
Fragola	3
Girasole	3
Lino	3
Loglio d'Italia	3
Loietto inglese	3
Melanzana	3
Melo	3
Melone	3
Miglio	3
Orto familiare	3
Peperone	3
Pomodoro da industria	3
Spinacio	3
Sulla	3
Zucchini	3
Albicocco	2
Basilico	2
Biomasse	2
Ciliegie	2
Coltivazioni arboree da frutto	2
Copertura vegetale seminata	2
Erbai misti	2
Farro	2
Lattuga	2
Orticole in pieno campo	2
Pascolo	2
Pascolo arborato (bosco alto fusto e pascolo cespugliato)	2
Pascolo arborato (bosco ceduo)	2

SPECIE	Classe IPNOA
Pero	2
Pesco	2
Pomodoro da orto	2
Prato	2
Prato pascolo	2
Sorgo da granella	2
Susino europeo	2
Uva da trasformazione	2
Altre leguminose da granella	1
Altre specie per sovescio	1
Altre superfici a riposo	1
Carciofo	1
Cardo	1
Cece	1
Cipolla	1
Erba medica	1
Erbai da vicenda	1
Erbai leguminose	1
Fabbricati	1
Fagiolo	1
Fava	1
Fava (favetta, favino)	1
Lupino	1
Medicago sativa L. (varietà)	1
Pisello	1
Pisello proteico	1
Trifoglio	1
Trifolium alexandrinum L.	1
Altre aromatiche	
Altre SNU	
Altre Specie	
Altre specie floricole ed officinali	
Altre utilizzazioni abbinabili a diritti di ritiro	
Altre utilizzazioni ammissibili per richiesta diritti da riserva	
Bosco	
Castagno	
Copertura vegetale fauna selvatica	
Copertura vegetale spontanea	
Nocciolo	
Ritirate da produzione Reg. 1257/99 ex 2080/92 (imboschimento)	
Tare e incolti	
Terreni ritirati dalla produzione, in BCAA	

Piuttosto che riportare il dato della singola dichiarazione colturale sulla singola particella ed anche per ovviare a possibili lacune nelle dichiarazioni colturali, si è optato per una “caratterizzazione”, in termini di indice IPNOA, data dalla media ponderata delle singole dichiarazioni colturali per il singolo foglio catastale.

Il grid degli  $FP_{fm}$  per l'intero territorio agricolo regionale, ritagliato dalla copertura dell'uso del suolo Corine Land Cover 2000 è di seguito riportato:



**Il fattore di pericolo da fertilizzanti organici (FP<sub>fo</sub>):** i dati di partenza sono quelli del censimento ISTAT del 2001. In questo caso, l'analisi del punteggio è stata fatta su scala comunale e non catastale. I residui organici considerati, sono di origine zootecnica e vegetale, conseguenti all'esercizio di attività di allevamento. Partendo dal carico zootecnico (n° capi, tipo di capo) per comune e dai reflui prodotti per tipo di allevamento (mc annui per ettaro) attraverso i coefficienti ERSAL, è stato ricavato l'apporto annuo di kg N per ettaro per comune, sul quale si basa la classificazione del fattore di pericolo. Le classi corrispondenti sono 5 (classe 1 per un apporto di N pari a zero).

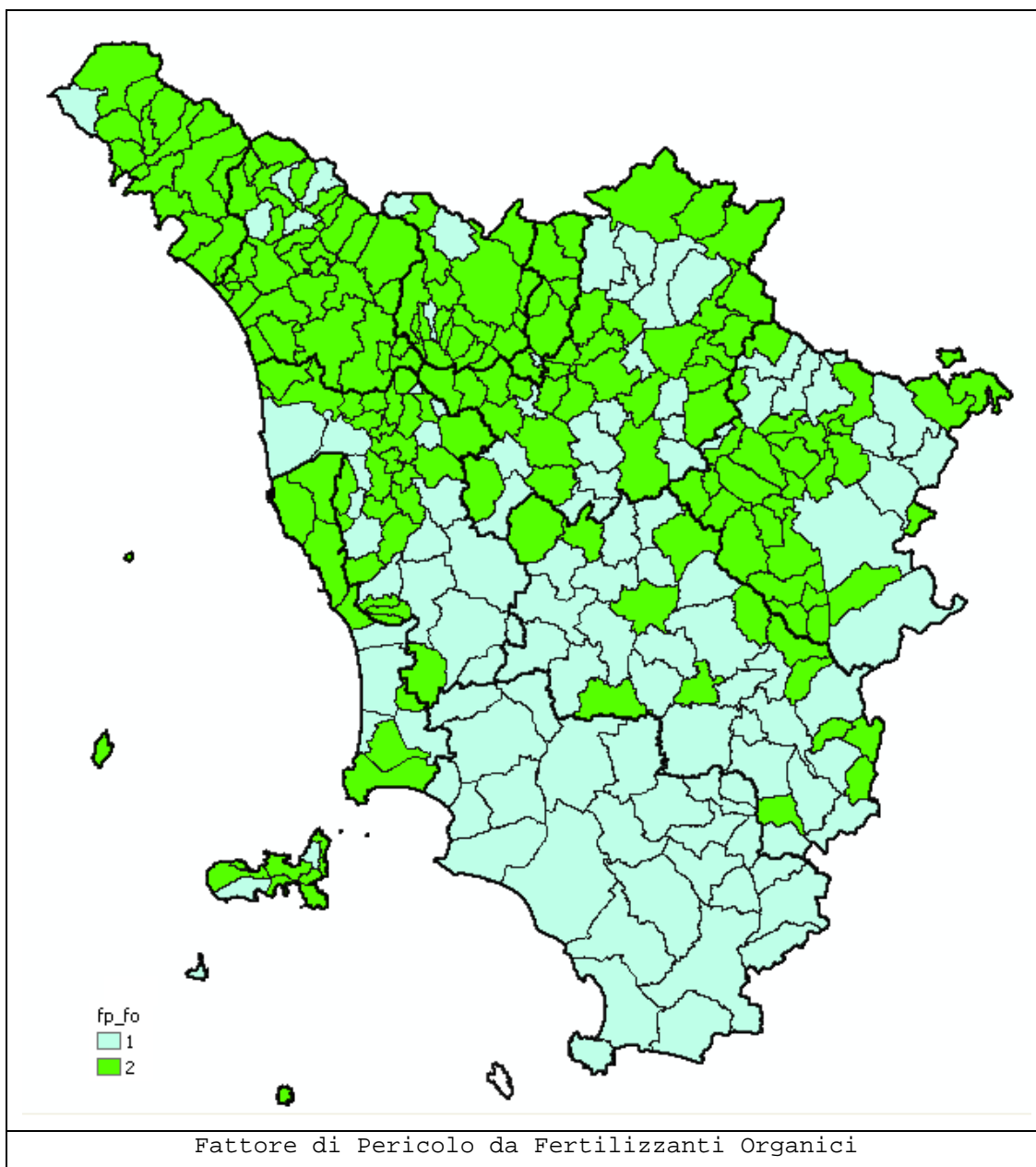
Apporto di N (Kg/ha)	Classe di pericolo (FP <sub>fo</sub> )
0	1
1-150	2
151-300	3
301-500	4
> 500	5

Il risultato, stimato sulle SAU comunale, derivate ancora dalla carta dell'uso del suolo Corine Land Cover 2000 è il seguente:



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

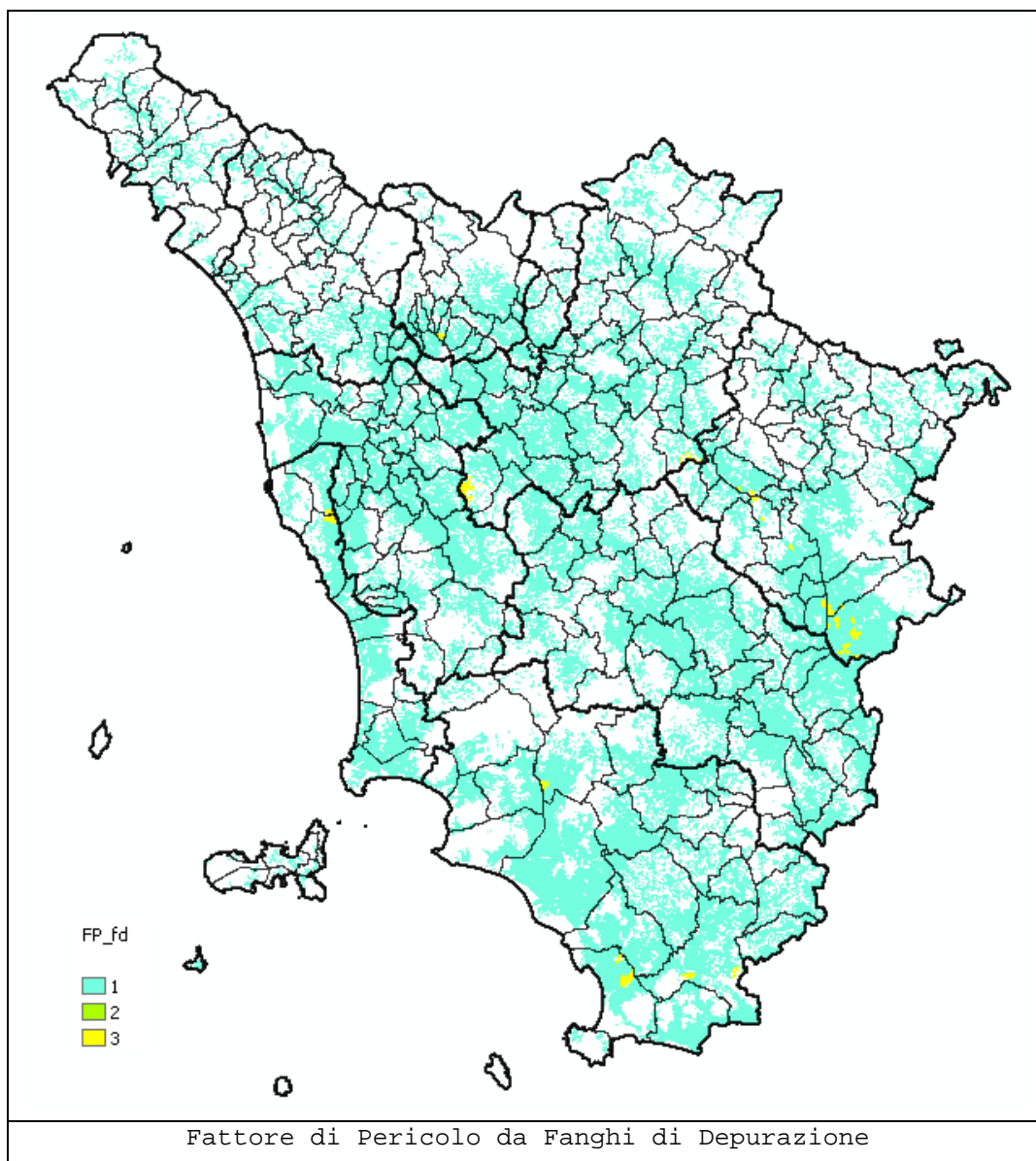


Per quanto riguarda infine l'ultimo **fattore di pericolo da fanghi di depurazione** ( $FP_{fd}$ ), il database di riferimento è disponibile online sulla pagina del SIRA all'indirizzo: [http://sira.arp.at.toscana.it/mapserver/scripts/sisterims.dll?Run?svr=INTERNET\\_MS&Func=open&map=%22Spandimento\\_Fanghi%22&html=1228384546648](http://sira.arp.at.toscana.it/mapserver/scripts/sisterims.dll?Run?svr=INTERNET_MS&Func=open&map=%22Spandimento_Fanghi%22&html=1228384546648), e gestisce le richieste di

autorizzazione rilasciate dalla regione Toscana per lo spandimento fanghi da impianti di depurazione. Da questi dati, è possibile mettere in relazione i fogli catastali che corrispondono alle particelle dove sono state rilasciate le autorizzazioni e l'entità del carico da nitrati.

Nel database non risultano le tonnellate totali di fanghi spanti, ma solamente le aree agricole e il massimo spandibile, per cui è stato preso come valore più rappresentativo il valore medio: 15 tonnellate per ettaro, al quale corrisponde quindi una classe terza (calcolando N s.s. 2% e 15000 kg/ha si giunge al valore di 300 kg/ha). Da valutare se le tonnellate sono considerate col fango secco e se la percentuale di N è superiore al 2%. Le classi corrispondenti sono 5 (classe 1 per un apporto di N pari a zero).

Apporto di N (Kg/ha)	Classe di pericolo ( $FP_{fd}$ )
0	1
1-150	2
151-300	3
301-500	4
> 500	5



I fattori di controllo che influiscono sul calcolo dell'indice IPNOA sono: contenuto di azoto nel terreno, clima, pratiche agricole e pratiche di irrigazione.

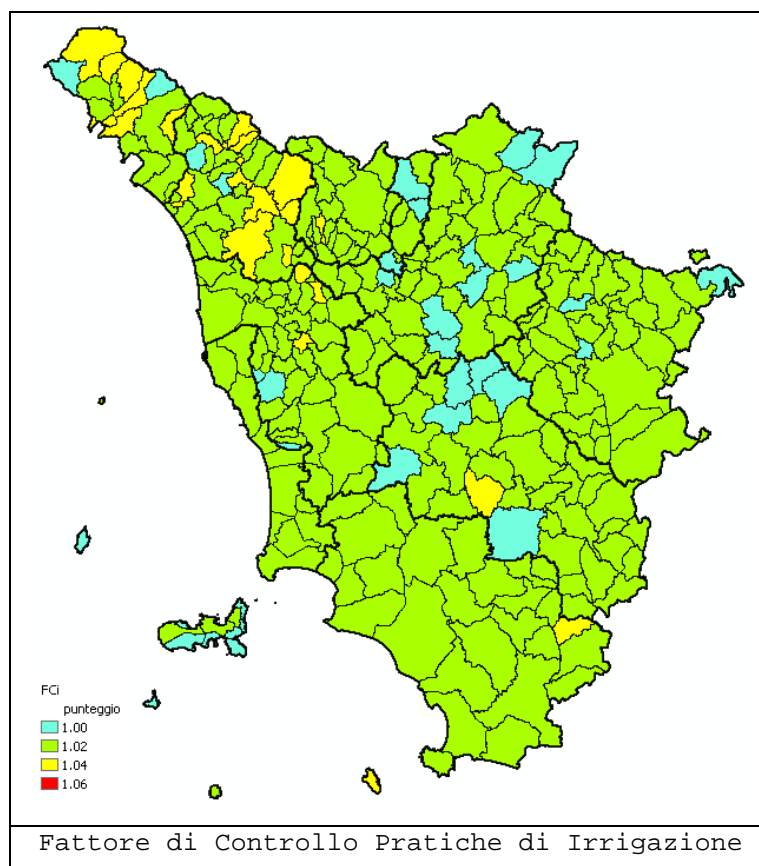
Il **fattore di controllo del contenuto in azoto dei suoli** ( $FC_a$ ) non è stato considerato, dato che, non avendo informazioni riguardanti le concentrazioni di azoto già presenti nel terreno, l'analisi sarebbe stata ricondotta ad una ricostruzione dell'informazione tramite dati accessori già considerati



nei 3 fattori di pericolo (cioè carico zootecnico ed uso del suolo). Il punteggio associato è quindi 1 per tutto il territorio toscano.

**Il fattore di controllo per condizioni climatiche (FCc)** è stato assimilato tutto il territorio toscano alla regione climatica di tipo “Peninsulare tirrenica” con un punteggio di 1,02.

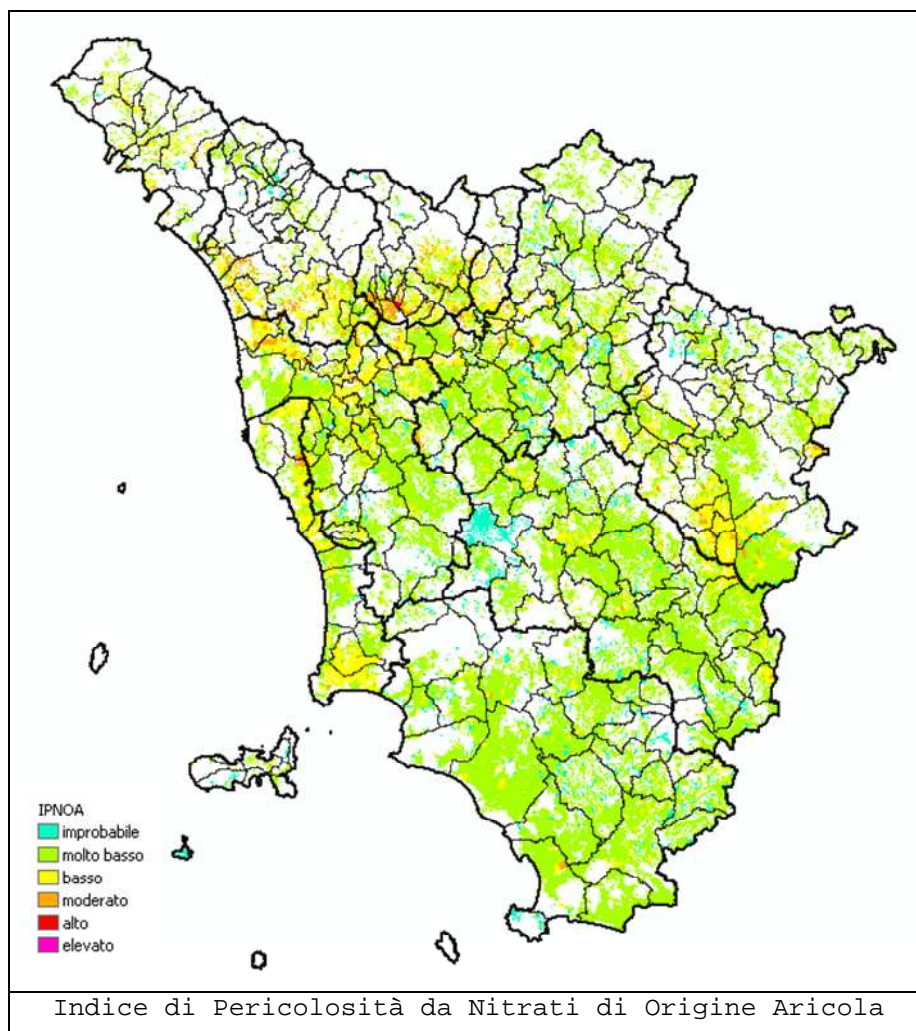
Per il **fattore di controllo delle pratiche di irrigazione (FCi)**, i dati sono stati reperiti ancora dal censimento ISTAT del 2001. La superficie utile comunale è stata suddivisa per tecnica di irrigazione utilizzata. Ad ogni tecnica è associato un fattore moltiplicativo che è stato quindi pesato, rispetto all’area di utilizzo. Il risultato delle medie ponderate per comune, ha generato un GRID, con valori che variano tra 1 e 1,06.



Per quanto riguarda il **fattore di controllo per pratiche agronomiche** (FCpa), i dati, riguardanti le idonee tecniche di gestione colturale e le modalità di applicazione, sono troppo scarni per condurre un'analisi attenta e generare coefficienti attendibili, per cui è stato associato un punteggio di 1 per tutto il territorio toscano, al fine di non influenzare il calcolo dell'IPNOA.

Le elaborazioni che sono state condotte con l'ausilio dell'estensione Spatial Analyst di ESRI ArcGis 9.2, hanno prodotto in ultimo un grid dei Valori IPNOA, riclassificati in 6 gradi di pericolosità.

Valore IPNOA	Classe	Pericolo Potenziale
2,54 - 3,18	1	Improbabile
3,19 - 5,88	2	Molto Basso
5,89 - 7,42	3	Basso
7,43 - 9,31	4	Moderato
9,32 - 11,10	5	Alto
11,11 - 17,66	6	Elevato



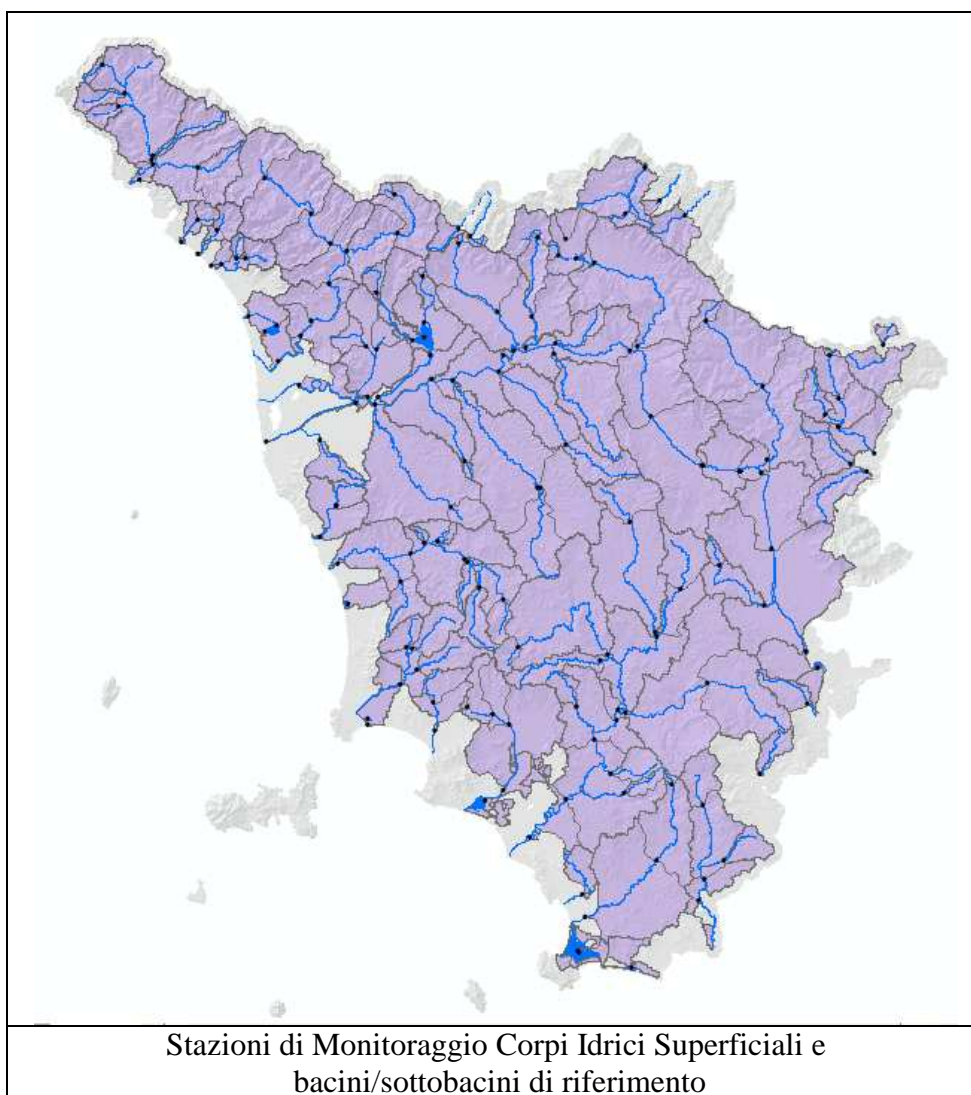
#### 1.4.2 CORPI IDRICI VULNERATI

Le soglie di riferimento, per la definizione di Corpi Idrici Vulnerati, sono state ancora quelle relative alla CMA di 50 mg/L dello ione nitrato per le acque destinate alla potabilizzazione, ed al contenuto in Fosforo Totale pari a 0,3 e 0,05 mg/L, rispettivamente, in riferimento alle condizioni ecologiche di corsi d'acqua (SECA) e laghi (SEL).

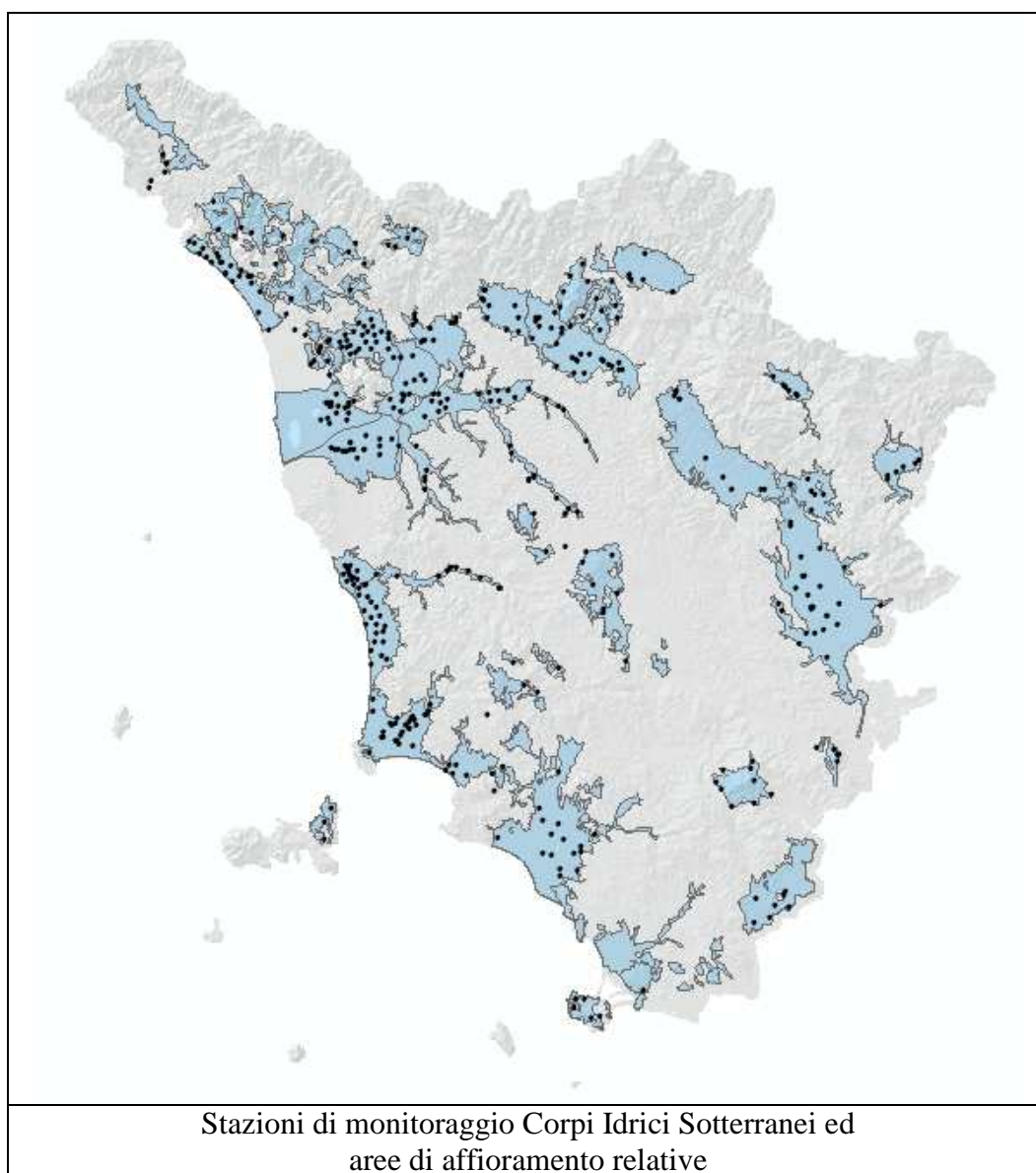
Per la definizione di aree vulnerate a partire dai dati di monitoraggio della singola stazione è stato poi necessario effettuare delle opportune estrapolazioni territoriali.

Come primo passo, sono stati definiti degli areali di riferimento delle singole stazioni di monitoraggio per i quali, in buona sostanza, si è ritenuta significativa una corrispondenza tra analisi delle pressioni sull'areale e stato della stazione. Gli areali definiti corrispondono:

- ⇒ Per le acque superficiali ai 148 bacini e sottobacini sottesi alle stazioni di monitoraggio



⇒ Per le acque sotterranee ai 45 corpi idrici sotterranei e relative aree di affioramento sui quali sono normalmente aggregati i dati semestrali delle oltre 400 singole stazioni di monitoraggio (Figura 2).



Per le acque superficiali, i dati di monitoraggio, rispetto al contenuto di P<sub>tot</sub> nel periodo 2002-2006, risultano per 130 delle 148 stazioni e bacini corrispondenti presenti sul territorio. La percentuale dei bacini a rischio, è molto diversa tra le due tipologie considerate. Corsi e canali mostrano una percentuale superiore all'80% di bacini non a rischio, mentre per Laghi e Lagune i bacini non a Rischio (Bilancino, Montedoglio e Teglia) ne rappresentano solo il 20%.

Bacino MAS		P <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>
		[mg/L]	[mg/L]
MAS-147	CANALE ALTOPASCIO - LOC, PONTE GINI VALLE DI ALTOPASCIO	0,78	10,6
MAS-129	OMBRONE - PONTE DELLA CASERANA	0,76	6,2
MAS-130	OMBRONE - CARMIGNANO STAZIONE FFSS	0,58	7,6
MAS-029	VERSILIA - PONTE ALLA SIPE	0,56	45,7
MAS-123	GREVE - LOC, PONTE A GREVE	0,51	6,4
MAS-144	USCIANA - MASSARELLA	0,47	5,8
MAS-108	ARNO - CAMAIONI - CAPRAIA	0,47	5,0
MAS-113	CHIANA - BRIGLIA EX CERACE	0,43	5,2
MAS-126	BISENZIO - RENAI A MONTE CONFLUENZA ARNO	0,43	4,7
MAS-112	CHIANA - PONTE DI CESA	0,42	4,6
MAS-014	CANALE BURLAMACCA TORRE MATILDE	0,36	8,6
MAS-127	MUGNONE - CONFLUENZA ARNO LOC, INDIANO	0,35	3,6
MAS-109	ARNO - PONTE DI FUCECCHIO	0,34	5,0
MAS-026	FRIGIDO - FOCE VIA GAROSI	0,33	3,0
MAS-145	USCIANA - CATERATTE	0,31	8,1
MAS-024	CARRIONE - FOCE PONTE VIALE VERRAZZANO	0,29	2,7
MAS-146	CANALE ROGIO - BARACCA DI NANNI	0,28	4,2
MAS-039	ARBIA - MONTE CONFLUENZA OMBRONE	0,28	3,6
MAS-110	ARNO - PONTE DI CALCINAIA	0,28	5,0
MAS-148	EMISSARIO BIENTINA - FORNACETTE	0,27	3,8
MAS-074	S, MARTA - SALINE	0,25	7,3
MAS-111	ARNO - PONTE DELLA VITTORIA	0,24	4,4
MAS-149	EMISSARIO BIENTINA - FOCE	0,22	3,6
MAS-140	PESCIA DI COLLODI - PONTE SETTEPASSI	0,22	3,0
MAS-138	ERA - PONTE DI PONTEDERA	0,19	4,0
MAS-135	ELSA - A MONTE CONFLUENZA IN ARNO	0,19	4,8
MAS-066	ASTRONE - PONTE CAVALCAVIA A1 (SS321)	0,18	5,0
MAS-067	RIGO - TORRICELLA CONFINE REGIONE	0,17	2,4
MAS-142	NIEVOLE - PONTE DEL PORTO	0,16	3,4
MAS-106	ARNO PRESA FIGLINE MATASSINO	0,15	3,4



Bacino MAS		P <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>
		[mg/L]	[mg/L]
MAS-143	FUCECCHIO - INTERNO PADULE	0,64	6,64
MAS-012013	MASSACIUCCOLI	0,13	3,58
MAS-104	LEVANE	0,12	1,74
MAS-083	ORTI BOTTAGONE - CENTRO LAGO	0,11	1,26
MAS-052	DIACCIA BOTRONA - INTERNO PADULE	0,11	2,37
MAS-103	PENNA	0,11	1,86
MAS-082	BOLGHERI - CENTRO LAGO	0,1	1,49
MAS-114	MONTEPULCIANO - INTERNO INVASO	0,08	2,88
MAS-087	LAGO S, LUCE - INTERNO INVASO	0,06	3,36
MAS-115	CHIUSI - INTERNO INVASO	0,06	1,48
MAS-057	BURANO - INTERNO LAGO	0,04	1,09
MAS-089	ORBETELLO - INTERNO LAGUNA DI PONENTE	0,04	0,68
MAS-051	ACCESA - INTERNO LAGO	0,04	1,31
MAS-088	ORBETELLO - INTERNO LAGUNA DI LEVANTE	0,04	0,67
MAS-063	MONTEDOGLIO	0,04	0,61

I dati di monitoraggio delle singole stazioni delle acque sotterranee sono stati aggregati per corpo idrico, la cui area di affioramento rappresenta, come visto, anche l'areale di riferimento per l'analisi delle pressioni.

Per omogeneità, i dati del periodo 2002-2006, sono stati prima mediati sulla stazione e successivamente effettuata la media per il corpo idrico.

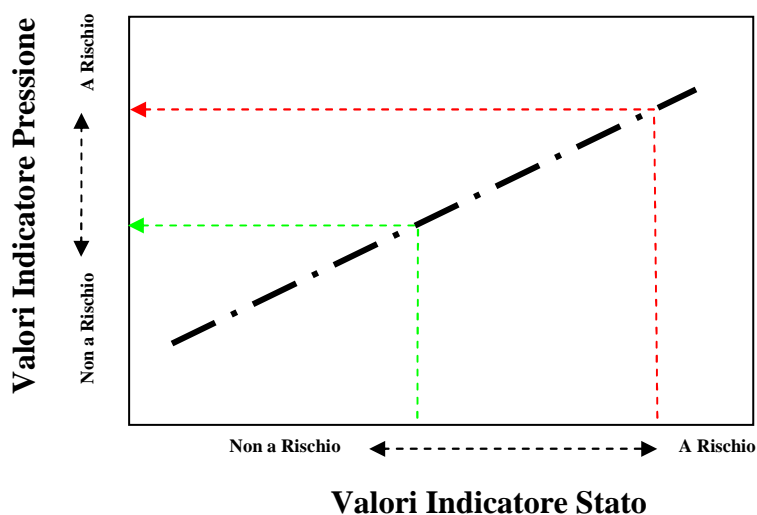
Complessivamente, i corpi idrici non a Rischio, rappresentano oltre l'80% dei corpi idrici monitorati.

Corpo Idrico		Nitrati
		[mg/L]
32CT030	ACQUIFERO COSTIERO TRA FIUME FINE E CECINA	69,9
31OM020	ACQUIFERO DELLA PIANURA DELL'ALBEGNA	58,0
32CT010	ACQUIFERO COSTIERO TRA CECINA E S, VINCENZO	45,3
13TE010	ACQUIFERO DELLA VAL TIBERINA TOSCANA	34,5
32CT040	ACQUIFERO DELLA PIANURA DI FOLLONICA	34,0
23FI010	ACQUIFERO DELLE VULCANITI DI PITIGLIANO	31,6
11AR012	ACQUIFERO DELLA PIANA FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA PRATO	28,6
31OM010	ACQUIFERO DELLA PIANURA DI GROSSETO	26,4

### 1.4.3 ANALISI DELLE PRESSIONI E DEGLI IMPATTI

Le pressioni identificate dall'indice IPNOA, sono state quindi valutate sugli areali di riferimento dei corpi idrici del monitoraggio ambientale prima analizzati e sulla base dei risultati ottenuti ricercata e valutata, per via analitica, una possibile correlazione e regressione tra i due indicatori di stato (NO<sub>3</sub> e Ptot) e l'indicatore di pressione (IPNOA).

Le correlazioni, consapevoli dei limiti di approssimazione di una analisi territoriale di grande scala, sono state ritenute soddisfacenti ed impiegate per la definizione delle due soglie fondamentali per l'analisi di rischio indicata dalla direttiva quadro (non a Rischio, probabilmente a Rischio, a Rischio).



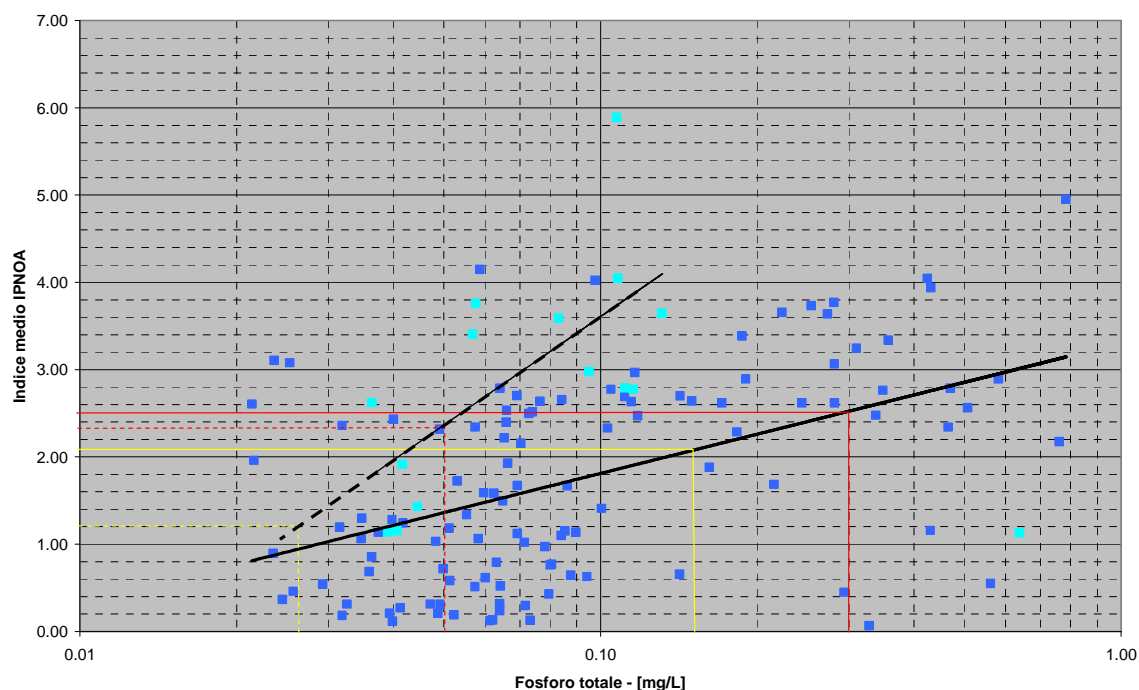
Le soglie individuate per l'indicatore di pressione disponibile a prescindere dall'esistenza di dati di monitoraggio, permettono una definizione estensiva di aree potenzialmente vulnerabili da nitrati e nutrienti di origine agricola sul territorio regionale per le pressioni esistenti.

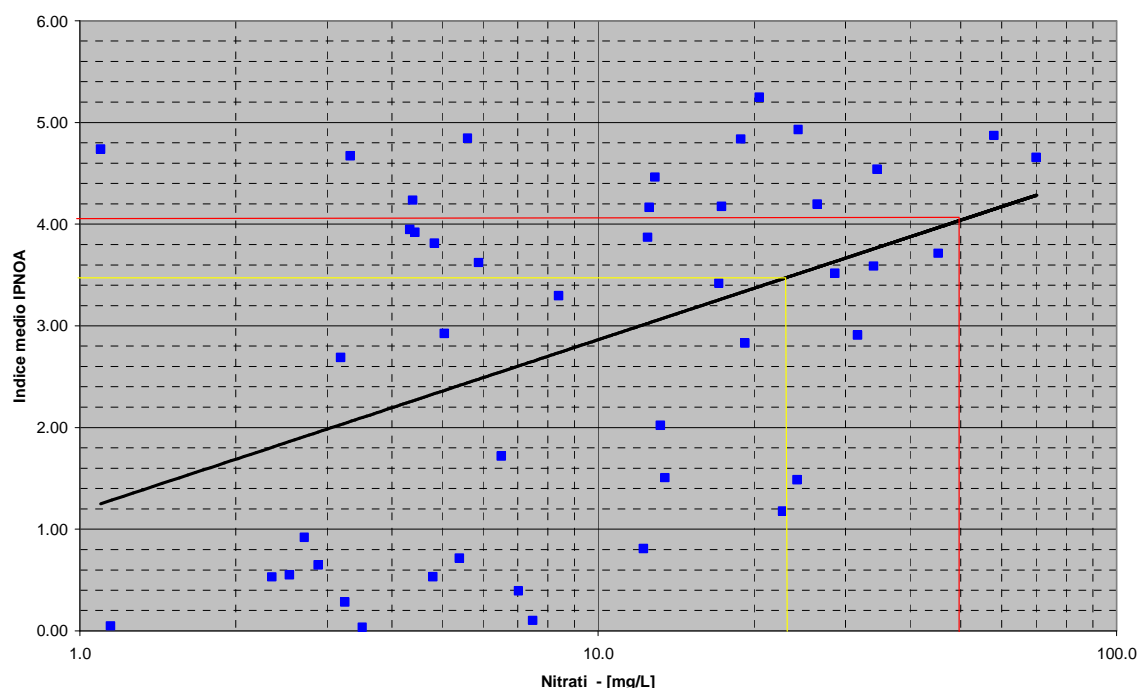


L'elaborazione dei diagrammi di correlazione per i due Indicatori di Stato a fronte dell'Indicatore di Pressione ha prodotto i seguenti valori soglia.

Matrice	Indicatori Stato IS	Valore soglia non a Rischio	Valore soglia a Rischio	Indicatore Pressione IP	Valore soglia non a Rischio	Valore soglia a Rischio
Corsi d'Acqua	Ptot - [mg/L]	0.15	0.30	Indice medio IPNOA	2.0	2.5
Laghi	Ptot - [mg/L]	0.025	0.05		1.2	2.3
Acquiferi	Nitrati [mg/L]	25	50		3.4	4

Nel diagramma del Fosforo sono stati elaborati separatamente i dati relativi a corsi d'acqua (simboli blu) e laghi (simboli celesti) che mostrano andamenti distinti.





## Acque Superficiali

Nella tabella che segue, sono riportati i Bacini e Sottobacini delle stazioni MAS, per ordine di indicatore di pressione, suddivisi, secondo le relative soglie di rischio dell'Indice IPNOA medio del bacino (2.0 e 2.5 per i Corsi, 1.2 e 2.3 per i Laghi), in tre categorie di rischio diversamente colorate in toni chiari (a rischio “sfondo rosso”, probabilmente a rischio “sfondo giallo”, non a rischio “sfondo verde”). Nella stessa tabella, sono ugualmente segnalati (in carattere rosso e grassetto) i Bacini e Sottobacini comunque a rischio, sulla base dei dati di monitoraggio, che hanno superato cioè le rispettive soglie di concentrazione di P<sub>tot</sub> (0.15 e 0.30 per i Corsi d'Acqua, 0.025 e 0.05 per i Laghi).



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

## Corsi e Canali

Bacino MAS		Ptot [mg/L]	Indice IPNOA	Ntot [mg/L]
<b>MAS-147</b>	<b>CANALE ALTOPASCIO - LOC, PONTE GINI VALLE DI ALTOPASCIO</b>	<b>0,78</b>	<b>4,95</b>	<b>10,56</b>
MAS-086	FINE - GUADO POLVERONI	0,06	4,15	3,78
<b>MAS-112</b>	<b>CHIANA - PONTE DI CESA</b>	<b>0,42</b>	<b>4,04</b>	<b>4,60</b>
MAS-150	TORA - PONTE MEDICEO	0,10	4,02	3,76
<b>MAS-113</b>	<b>CHIANA - BRIGLIA EX CERACE</b>	<b>0,43</b>	<b>3,94</b>	<b>5,17</b>
MAS-146	CANALE ROGIO - BARACCA DI NANNI	0,28	3,77	4,23
MAS-053	OSA - SS, STATALE 323 A VALLE PONTE		3,74	
MAS-074	S, MARTA - SALINE	0,25	3,73	7,25
MAS-149	EMISSARIO BIENTINA - FOCE	0,22	3,66	3,55
MAS-148	EMISSARIO BIENTINA - FORNACETTE	0,27	3,64	3,82
MAS-138	ERA - PONTE DI PONTEDERA	0,19	3,38	3,99
<b>MAS-014</b>	<b>CANALE BURLAMACCA TORRE MATILDE</b>	<b>0,36</b>	<b>3,34</b>	<b>8,60</b>
<b>MAS-145</b>	<b>USCIANA - CATERATE</b>	<b>0,31</b>	<b>3,24</b>	<b>8,08</b>
MAS-055	ALBEGNA - PONTE SS 322 PER MONTEMERANO	0,02	3,11	14,31
MAS-056	ALBEGNA - BARCA DEI GRAZI	0,03	3,08	6,67
MAS-039	ARBIA - MONTE CONFLUENZA OMBRONE	0,28	3,07	3,62
MAS-043	ORCIA - LOC, BAGNOVIGNONI	0,12	2,97	4,20
MAS-135	ELSA - A MONTE CONFLUENZA IN ARNO	0,19	2,89	4,76
<b>MAS-130</b>	<b>OMBRONE - CARMIGNANO STAZIONE FFSS</b>	<b>0,58</b>	<b>2,89</b>	<b>7,57</b>
MAS-032	OMBRONE - MONTE BUONCONVENTO - VIVAIO PIANTE	0,06	2,79	3,09
<b>MAS-144</b>	<b>USCIANA - MASSARELLA</b>	<b>0,47</b>	<b>2,79</b>	<b>5,76</b>
MAS-105	ARNO - PONTE ACQUABORRA	0,10	2,77	2,25
<b>MAS-127</b>	<b>MUGNONE - CONFLUENZA ARNO LOC, INDIANO</b>	<b>0,35</b>	<b>2,76</b>	<b>3,57</b>
MAS-044	ORCIA - LOC, PODERE CASACCIA	0,07	2,70	1,98
MAS-132	PESA - A MONTE CONFLUENZA ARNO LOC, MONTELUPO	0,14	2,70	3,41
MAS-090	LENTE - S,P, 46 PIAN DELLA MADONNA A VALLE PONTE	0,11	2,69	2,83
MAS-116	FOENNA - LOC, PONTE NERO	0,08	2,66	2,52
<b>MAS-106</b>	<b>ARNO PRESA FIGLINE MATASSINO</b>	<b>0,15</b>	<b>2,64</b>	<b>3,43</b>
MAS-137	ERA - LOC, S, QUIRICO - PONTE PER ULIGNANO	0,08	2,64	2,71
MAS-031	OMBRONE- MONTE PONTE DEL GARBO	0,11	2,63	3,77
<b>MAS-067</b>	<b>RIGO - TORRICELLA CONFINE REGIONE</b>	<b>0,17</b>	<b>2,62</b>	<b>2,38</b>
<b>MAS-110</b>	<b>ARNO - PONTE DI CALCINAIA</b>	<b>0,28</b>	<b>2,62</b>	<b>4,97</b>
<b>MAS-111</b>	<b>ARNO - PONTE DELLA VITTORIA</b>	<b>0,24</b>	<b>2,62</b>	<b>4,41</b>
MAS-046	MELACCE - SP 17 VOLTINA PER CINIGIANO	0,02	2,61	1,74
<b>MAS-123</b>	<b>GREVE - LOC, PONTE A GREVE</b>	<b>0,51</b>	<b>2,56</b>	<b>6,38</b>
MAS-093	FIORA - LOC, EX FRANCESCHELLI - SP, 32 MANCIANO	0,07	2,53	2,13
MAS-092	FIORA - SS, 74 KM, 42,8	0,07	2,52	2,75
MAS-075	GRANDE MONTECATINI - MONTE CONFLUENZA CECINA	0,07	2,50	2,19
<b>MAS-109</b>	<b>ARNO - PONTE DI FUCECCHIO</b>	<b>0,34</b>	<b>2,48</b>	<b>4,96</b>
MAS-134	ELSA PRESA POGGIBONSI	0,12	2,47	3,46
MAS-037	OMBRONE - LA BARCA	0,04	2,43	2,67
MAS-036	OMBRONE - PONTE D'ISTIA	0,07	2,40	2,71



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

Bacino MAS		Ptot [mg/L]	Indice IPNOA	Ntot [mg/L]
MAS-050	BRUNA - FOCE PONTI DI BADIA	0,03	2,36	2,76
MAS-034	OMBRONE - VALLE CONFLUENZA ORCIA	0,06	2,34	2,49
MAS-108	ARNO - CAMAIONI - CAPRAIA	0,47	2,34	5,00
MAS-107	ARNO - ROSANO	0,10	2,33	2,46
MAS-035	OMBRONE - VALLE CONFLUENZA FOSSO LUPAIE	0,05	2,32	2,52
MAS-066	ASTRONE - PONTE CAVALCAVIA A1 (SS321)	0,18	2,29	4,95
MAS-133	ELSA - PONTE DI SANTA GIULIA	0,07	2,22	4,97
MAS-129	OMBRONE - PONTE DELLA CASERANA	0,76	2,18	6,18
MAS-033	OMBRONE - VALLE CONFLUENZA MERSE LOC, POGGIO ALLE MURA	0,07	2,16	2,10
MAS-047	TRASUBBIE - MONTE PONTE DOPO SP 64 FRONZINA	0,02	1,96	1,09
MAS-073	POSSERA - A MONTE CONFLUENZA CECINA	0,07	1,93	2,22
MAS-142	NIEVOLE - PONTE DEL PORTO	0,16	1,88	3,41
MAS-071	CECINA - PONTE SS1 AURELIA	0,05	1,72	3,29
MAS-140	PESCIA DI COLLODI - PONTE SETTEPASSI	0,22	1,68	3,01
MAS-070	CECINA - PONTE PONTEGINORI	0,07	1,67	1,81
MAS-061	TEVERE - PONTE DI PISTRINO	0,09	1,67	2,06
MAS-058	MARECCHIA - MOLIN DI BASCIO	0,06	1,59	1,48
MAS-077	CORNIA - SERRAIOLA	0,06	1,59	2,00
MAS-064	SOVARA - PONTE SS 73 CONFINE REGIONE	0,06	1,50	1,97
MAS-079	CORNIA - FOCE		1,45	2,23
MAS-121	SIEVE - PRESA ACQUEDOTTO SAN FRANCESCO	0,10	1,41	2,25
MAS-041	MERSE - PONTE STRADA IL SANTO	0,06	1,34	4,84
MAS-085	PECORA - SP,125 VECCHIA AURELIA A VALLE PONTE	0,03	1,30	3,29
MAS-045	GRETANO - A VALLE PONTE SP 21 DEL TERZO	0,04	1,28	3,01
MAS-049	BRUNA - SP, 31 COLLACCHIA LOC, LA BARTOLINA	0,04	1,24	2,59
MAS-120	SIEVE - MONTE DI SAN PIERO	0,03	1,20	1,18
MAS-131	PESA - PRESA SAMBUCA	0,05	1,18	1,63
MAS-126	BISENZIO - RENAI A MONTE CONFLUENZA ARNO	0,43	1,16	4,66
MAS-102	ARNO CASTELLUCCIO BUON RIPOSO	0,09	1,15	1,48
MAS-078	CORNIA VIVALDA		1,15	2,21
MAS-022	AULELLA - LOC, AULLA PASSAGGIO A LIVELLO		1,14	1,33
MAS-069	CECINA - MONTE CONFLUENZA POSSERA	0,09	1,14	1,25
MAS-119	SIEVE - PONTE PER MONTECUCCOLI	0,04	1,13	1,40
MAS-065	CERFONE - MONTERCHI CONFINE REGIONE	0,07	1,12	2,14
MAS-081	MASSERA - PONTE PER SASSETTA	0,08	1,10	1,39
MAS-038	ARBIA - MONTE PONTE DI PIANELLA	0,06	1,06	1,28
MAS-096	SANTERNO - CONFINE REGIONALE	0,03	1,06	1,14
MAS-101	ARNO - PONTE DI TERROSSOLA	0,05	1,03	1,74
MAS-062	SINGERNA - ONTANETO	0,07	1,02	1,27
MAS-136	EGOLA - PRESA DI RODILOSIO LATINO		0,99	0,88
MAS-060	TEVERE - PONTE DI FORMOLE	0,08	0,97	1,91
MAS-021	AULELLA - LOC, GRAGNOLA MONTE CONFLUENZA LUCIDO		0,95	1,00
MAS-017	MAGRA - CONFINE REGIONALE LOC, CAPRIGLIOLA		0,93	0,82
MAS-048	BRUNA - MONTE TORRENTE CARSIA LOC, CASTEANI	0,02	0,89	1,73



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

Bacino MAS		Ptot [mg/L]	Indice IPNOA	Ntot [mg/L]
MAS-118	STURA - PRESA ACQUEDOTTO	0,04	0,85	1,59
MAS-016	MAGRA - AULLA 200 M A MONTE DEL MUNICIPIO	0,06	0,79	1,34
MAS-019	GORDANA - PONTE A MONTE CONFLUENZA MAGRA		0,78	1,06
MAS-007	SERCHIO - MIGLIARINO	0,08	0,77	1,88
MAS-076	STERZA - PONTE LOC, GABELLA	0,08	0,76	1,54
MAS-091	FIORA - SP, 119 CELLENA SELVENA K, 5,5	0,05	0,72	1,03
MAS-072	PAVONE - PONTE SAN DALMAZIO		0,69	1,51
MAS-097	VECCIONE - BADIA DI MOSCHETA	0,04	0,69	1,42
MAS-125	BISENZIO - LOC, MEZZANA	0,14	0,65	2,35
MAS-030	VERSILIA - FOCE CINQUALE	0,09	0,64	2,57
MAS-006	FIUME SERCHIO - PONTE DI RIPAFRATTA	0,09	0,63	30,61
MAS-001	SERCHIO - PONTE PETROGNANO - CAMPORGIANO	0,06	0,61	1,00
MAS-005	SERCHIO - PONTE SAN PIETRO - LUCCA	0,05	0,58	1,55
MAS-020	TAVERONE- AULLA A MONTE SS CISA		0,58	0,99
<b>MAS-029</b>	<b>VERSILIA - PONTE ALLA SIPE</b>	<b>0,56</b>	<b>0,55</b>	<b>45,68</b>
MAS-141	NIEVOLE - FORRABUIA PRESA MONTECATINI	0,03	0,54	2,57
MAS-003	SERCHIO - GHIVIZZANO	0,06	0,52	1,08
MAS-002	SERCHIO - PONTE DI CAMPIA - FOSCIANDORA	0,06	0,51	0,93
MAS-054	ALBEGNA - MOLINO PER SANTA CATERINA	0,03	0,46	0,85
<b>MAS-024</b>	<b>CARRIONE - FOCE PONTE VIALE VERRAZZANO</b>	<b>0,29</b>	<b>0,45</b>	<b>2,67</b>
MAS-004	SERCHIO - PIAGGIONE	0,08	0,43	1,69
MAS-080	MILIA - PONTE AD ARCHI	0,02	0,37	1,59
MAS-068	CECINA - PONTE PER ANQUA		0,34	1,02
MAS-010	LIMA - TANA TERMINI - BAGNI DI LUCCA	0,06	0,32	0,97
MAS-100	ARNO - MOLIN DI BUCCHIO	0,05	0,31	0,95
MAS-124	BISENZIO - TERRIGOLI ALTO BISENZIO	0,03	0,31	1,15
MAS-084	PECORA - A 3 KM A MONTE LOC, CURA NUOVA	0,05	0,31	4,72
MAS-059	TEVERE - MOLIN DEL BECCO	0,07	0,29	1,72
MAS-099	LAMONE - PRESA ACQUEDOTTO CAMPIGNO		0,28	1,02
MAS-040	MERSE - PONTE SS 441 - MONTIERI	0,04	0,27	1,05
MAS-139	PESCIA DI COLLODI - PONTE A VILLA	0,06	0,24	1,48
MAS-042	FARMA - A VALLE LOC, PETRIOLO	0,04	0,21	1,82
MAS-011	LIMA - PONTE CATENE - BAGNI DI LUCCA	0,05	0,21	0,82
MAS-117	FOENNA - USCITA INVASO CALCIONE LOC, MODANELLA		0,20	1,42
MAS-098	SENIO - PRESA ACQUEDOTTO - LOC, PALAZZUOLO	0,05	0,19	1,22
MAS-009	LIMA - PONTE PER RIVORETA	0,03	0,18	1,24
MAS-028	VEZZA - DISCESA ALVEO CAVA	0,06	0,13	0,90
MAS-023	CARRIONE - PONTICELLA DI CAINA	0,07	0,13	1,69
MAS-027	SERRA - PARCO DEI BIMBI	0,06	0,12	1,13
MAS-094	RENO - PRESA ACQUEDOTTO LOC, PRACCHIA	0,04	0,11	1,66
<b>MAS-026</b>	<b>FRIGIDO - FOCE VIA GAROSI</b>	<b>0,33</b>	<b>0,07</b>	<b>2,99</b>
MAS-015	VERDE - A MONTE DI GUINADI - PONTE DI CADUGO			0,72
MAS-025	FRIGIDO - VALLE CONFLUENZA RENARA			0,87
MAS-095	LIMENTRA DI SAMBUCA - PRESA ACQUEDOTTO OSPEDALETTO	0,03		1,38

Bacino MAS		Ptot [mg/L]	Indice IPNOA	Ntot [mg/L]
MAS-128	OMBRONE PISTOIESE - PROMBIALLA PRESA ACQUEDOTTO	0,03		1,60

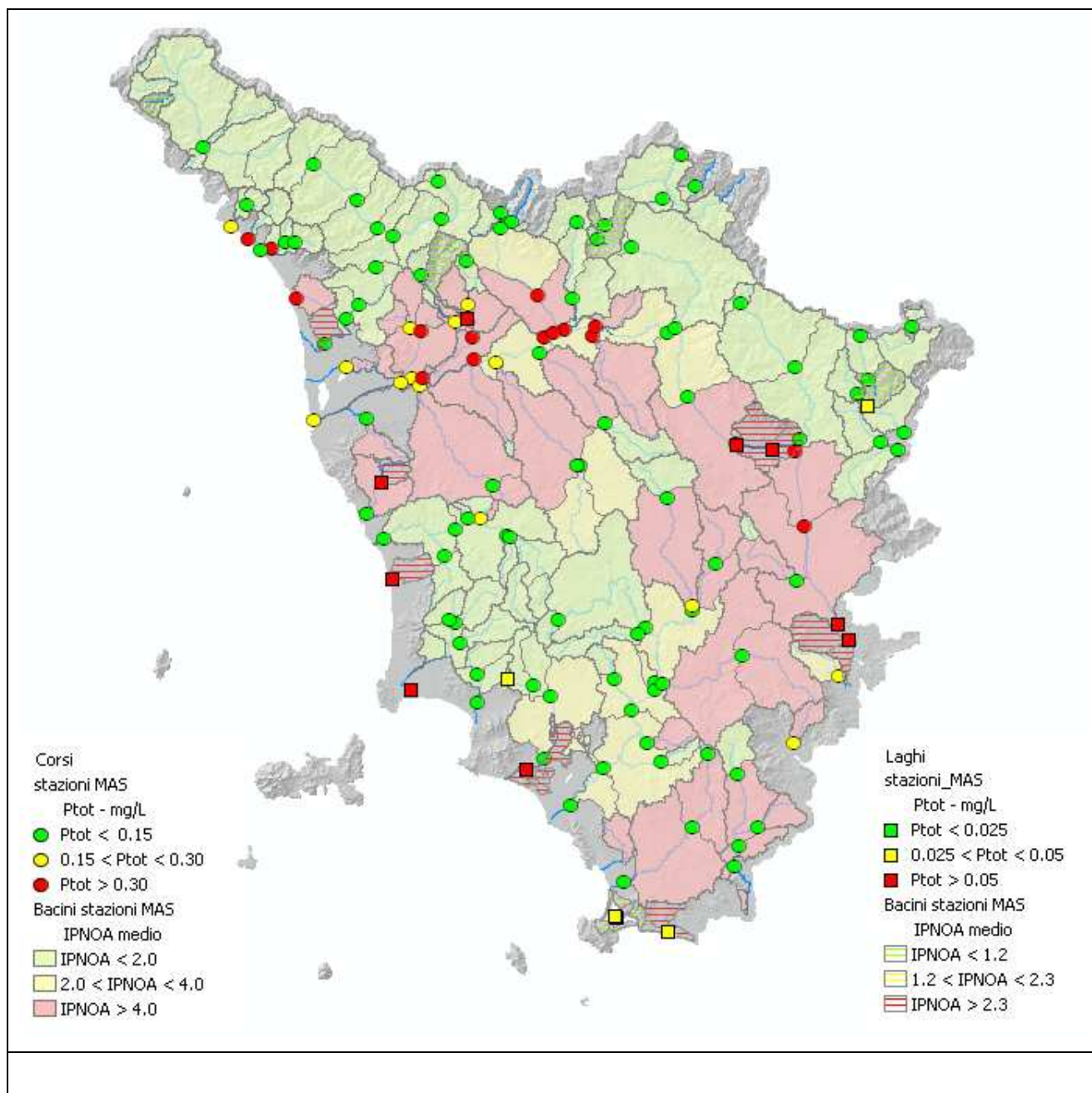
## Laghi e Invasi

Bacino MAS		Ptot [mg/L]	Indice IPNOA	Ntot [mg/L]
MAS-083	ORTI BOTTAGONE - CENTRO LAGO	0,11	5,89	1,26
MAS-052	DIACCIA BOTRONA - INTERNO PADULE	0,11	4,05	2,37
MAS-087	LAGO S, LUCE - INTERNO INVASO	0,06	3,76	3,36
MAS-012013	MASSACIUCCOLI	0,13	3,65	3,58
MAS-114	MONTEPULCIANO - INTERNO INVASO	0,08	3,59	2,88
MAS-115	CHIUSI - INTERNO INVASO	0,06	3,41	1,48
MAS-082	BOLGHERI - CENTRO LAGO	0,10	2,98	1,49
MAS-103	PENNA	0,11	2,79	1,86
MAS-104	LEVANE	0,12	2,77	1,74
MAS-057	BURANO - INTERNO LAGO	0,04	2,62	1,09
MAS-089	ORBETELLO - INTERNO LAGUNA DI PONENTE	0,04	1,92	0,68
MAS-051	ACCESA - INTERNO LAGO	0,04	1,43	1,31
MAS-088	ORBETELLO - INTERNO LAGUNA DI LEVANTE	0,04	1,15	0,67
MAS-063	MONTEDOGLIO	0,04	1,14	0,61
MAS-143	FUCECCHIO - INTERNO PADULE	0,64	1,13	6,64
MAS-122	BILANCINO - INTERNO INVASO	< LR	1,12	1,82
MAS-018	INVASO DEL TEGLIA	< LR	0,40	0,92

Nonostante la correlazione imprecisa, come già detto in precedenza, si può rilevare un generale accordo tra i livelli misurati dei bacini monitorati (indicatore di stato) con il livello di rischio dato dall'indicatore di pressione.



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana



La significatività statistica della correlazione utilizzata può essere quantificata impiegando la seguente tabella dei risultati:

		Classe di Rischio da Indicatore di Pressione			
		aR	paR	naR	totali
Classe di Rischio da Indicatore di Stato	aR	18	3	4	25
	paR	12	3	5	20
	naR	17	9	62	88
	totali	47	15	71	133

Il test  $\chi^2$  è limitato dall'esistenza di frequenze basse ( $< 5$ ) e rimane possibile in questi casi il test non parametrico di Fisher, per il quale occorre rielaborare i dati in una più semplice tabella 2x2. Ipotizzando così di valutare la significatività della soglia generale di "rischio" riunendo le classi aR (a Rischio) e paR (probabilmente a Rischio) si ottiene:

		Classe di Rischio da Indicatore di Pressione		
		R	nR	totali
Classe di Rischio da Indicatore di Stato	R	36	9	45
	nR	26	62	88
	totali	62	71	133

La correlazione tra Pressione e Stato, verificata tramite il test esatto di Fisher <http://www.langsrud.com/fisher.htm>, risulta significativa, con  $p < 0,01$  ( $p = 4E-8$  due code ed ancora minore  $p = 2E-8$  ad una coda, attendendosi cioè, come è il caso, una correlazione positiva tra stato e pressione).

		Classe di Rischio da Indicatore di Pressione			
		aR	paR	naR	totali
Classe di Rischio da Indicatore di Stato	aR	19	3	4	26
	paR	12	3	5	20
	naR	18	9	75	102
	totali	48	15	85	148



## Acque Sotterranee

Nella tabella che segue, sono riportati i corpi idrici sotterranei in ordine di indicatore di pressione, suddivisi secondo le relative soglie di rischio dell'indice IPNOA medio, calcolato sull'area di affioramento (3.4 e 4.0) in tre categorie di rischio, diversamente colorate in toni chiari (a rischio "sfondo rosso", probabilmente a rischio "sfondo giallo", non a rischio "sfondo verde"). Nella stessa tabella sono ugualmente segnalati (in carattere rosso e grassetto) i corpi idrici "probabilmente a Rischio" ed "a Rischio" sulla base dei dati di monitoraggio, che hanno superato cioè le rispettive soglie di 25 mg/L e 37.5 mg/L (75% VL).

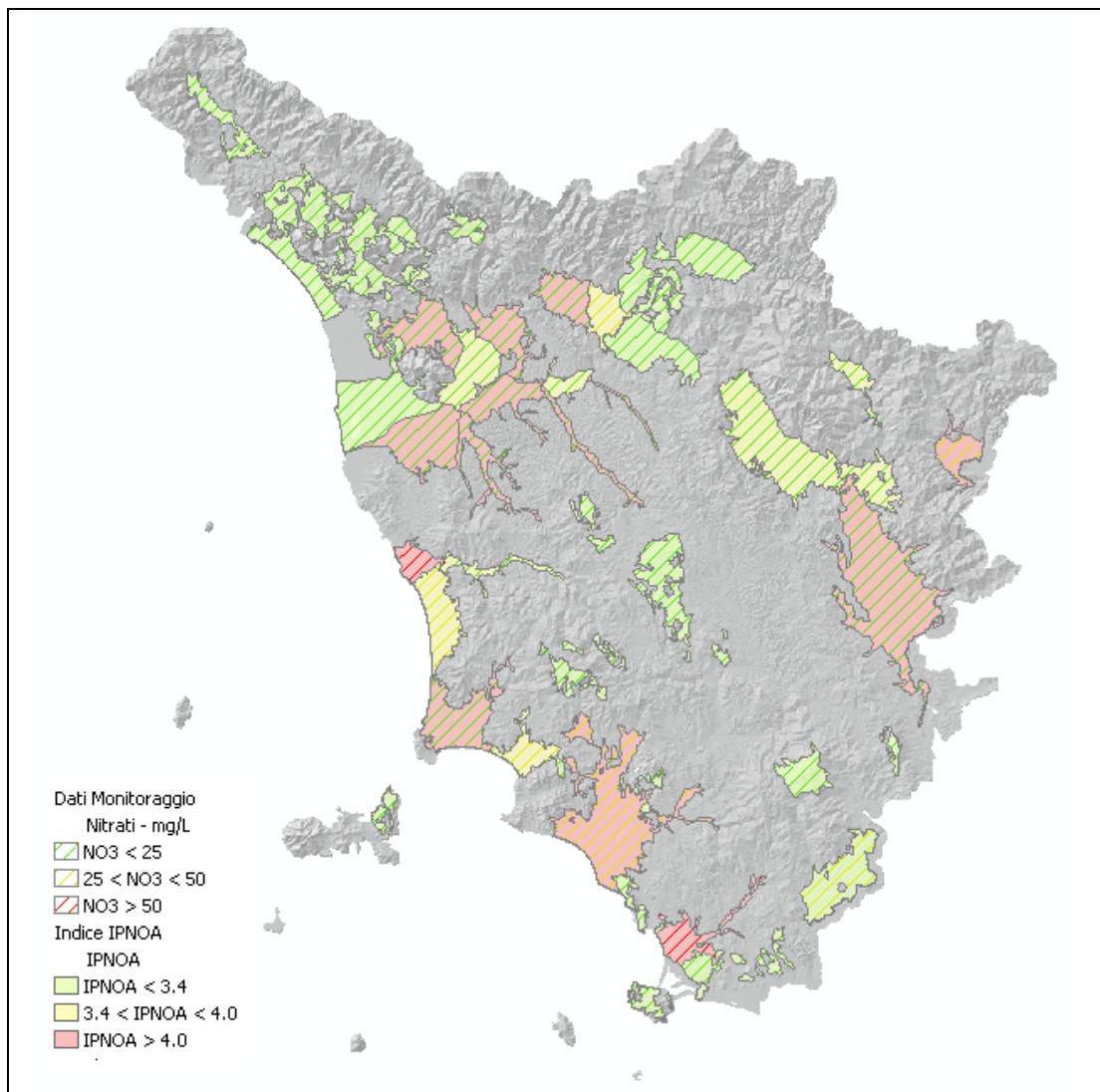
Corpo Idrico		Nitrati [mg/L]	Indice IPNOA
11AR030	ACQUIFERO DELLA VAL DI CHIANA	20,5	5,25
32CT020	ACQUIFERO DELLA PIANURA DEL CORNIA	24,3	4,93
<b>31OM020</b>	<b>ACQUIFERO DELLA PIANURA DELL'ALBEGNA</b>	<b>58,0</b>	<b>4,87</b>
11AR026	ACQUIFERO DEL VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA VALDINIEVOLE FUCECCHIO	5,6	4,84
11AR070	ACQUIFERO DELL'ERA	18,9	4,84
11AR024	ACQUIFERO DEL VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA SANTA CROCE	1,1	4,74
11AR023	ACQUIFERO DEL VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA LAVAIANO MORTAILO	3,3	4,67
<b>32CT030</b>	<b>ACQUIFERO COSTIERO TRA FIUME FINE E CECINA</b>	<b>69,9</b>	<b>4,66</b>
13TE010	ACQUIFERO DELLA VAL TIBERINA TOSCANA	34,5	4,54
12SE010	ACQUIFERO DELLA PIANURA DI LUCCA	12,9	4,46
11AR013	ACQUIFERO DELLA PIANA FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA PISTOIA	4,4	4,24
<b>31OM010</b>	<b>ACQUIFERO DELLA PIANURA DI GROSSETO</b>	<b>26,4</b>	<b>4,20</b>
11AR090	ACQUIFERO DELLA PESA	17,3	4,17
11AR060	ACQUIFERO DELL'ELSA	12,5	4,17
11AR025	ACQUIFERO DEL VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA EMPOLI	4,3	3,95
11AR042	ACQUIFERO DEL VALDARNO SUPERIORE, AREZZO E CASENTINO - ZONA AREZZO	4,4	3,92
11AR043	ACQUIFERO DEL VALDARNO SUPERIORE, AREZZO E CASENTINO - ZONA CASENTINO	12,5	3,87
11AR022	ACQUIFERO DEL VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA BIENTINA, CERBAIE	4,8	3,81
<b>32CT010</b>	<b>ACQUIFERO COSTIERO TRA CECINA E S. VINCENZO</b>	<b>45,3</b>	<b>3,71</b>
32CT050	ACQUIFERO DEL CECINA	5,9	3,62
<b>32CT040</b>	<b>ACQUIFERO DELLA PIANURA DI FOLLONICA</b>	<b>34,0</b>	<b>3,59</b>
<b>11AR012</b>	<b>ACQUIFERO DELLA PIANA FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA PRATO</b>	<b>28,6</b>	<b>3,52</b>



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Corpo Idrico		Nitrati [mg/L]	Indice IPNOA
11AR041	ACQUIFERO DEL VALDARNO SUPERIORE, AREZZO E CASENTINO - ZONA VALDARNO SUPERIORE	17,1	3,42
11AR050	ACQUIFERO DELLA SIEVE	8,4	3,30
11AR021	ACQUIFERO DEL VALDARNO INFERIORE E PIANA COSTIERA PISANA - ZONA PISA	5,0	2,93
23FI010	ACQUIFERO DELLE VULCANITI DI PITIGLIANO	31,6	2,91
11AR011	ACQUIFERO DELLA PIANA FIRENZE, PRATO, PISTOIA - ZONA FIRENZE	19,2	2,83
21MA010	ACQUIFERO DEL MAGRA	3,2	2,69
33TN010	ACQUIFERO DELLA VERSILIA E RIVIERA APUANA	13,2	2,02
12SE020	ACQUIFERO DELL'ALTA E MEDIA VALLE DEL SERCHIO	6,5	1,72
31OM040	ACQUIFERO CARBONATICO DELLA PIANURA DI CAPALBIO	13,5	1,51
99MM030	ACQUIFERO CARBONATICO DELLA MONTAGNOLA SENESE E PIANA DI ROSIA SOVICILLE	24,2	1,49
31OM060	ACQUIFERO CARBONATICO DEI MONTI DELL'UCCELLINA	22,7	1,18
11AR080	ACQUIFERO CARBONATICO DI MONTE MORELLO	2,7	0,92
31OM050	ACQUIFERO CARBONATICO A NORD DI GROSSETO	12,2	0,81
11AR110	ACQUIFERO CARBONATICO DI POGGIO DEL COMUNE	5,4	0,72
11AR100	ACQUIFERO CARBONATICO DEI MONTI DELLA CALVANA	2,9	0,65
13TE020	ACQUIFERO CARBONATICO DEL MONTE CETONA	2,5	0,55
99MM010	ACQUIFERO CARBONATICO DELLE ALPI APUANE, MONTI OLTRE SERCHIO E S, MARIA DEL GIUDICE	4,8	0,53
32CT060	ACQUIFERO CARBONATICO DI GAVORRANO	2,3	0,53
31OM030	ACQUIFERO CARBONATICO DELL'ARGENTARIO E ORBETELLO	7,0	0,39
32CT070	ACQUIFERO CARBONATICO DELL'ELBA ORIENTALE	3,2	0,28
99MM040	ACQUIFERO CARBONATICO DELLE COLLINE METALLIFERE	7,5	0,10
12SE030	ACQUIFERO CARBONATICO DELLA VAL DI LIMA	1,1	0,05
99MM020	ACQUIFERO DELL'AMIATA	3,5	0,03



La significatività statistica della correlazione utilizzata può essere quantificata impiegando la seguente tabella dei risultati:

		Classe di Rischio da Indicatore di Pressione			
		aR	paR	naR	totali
Classe di Rischio da Indicatore di Stato	aR	2	0	0	2
	paR	2	3	1	6
	naR	10	6	21	37
	totali	14	9	22	45

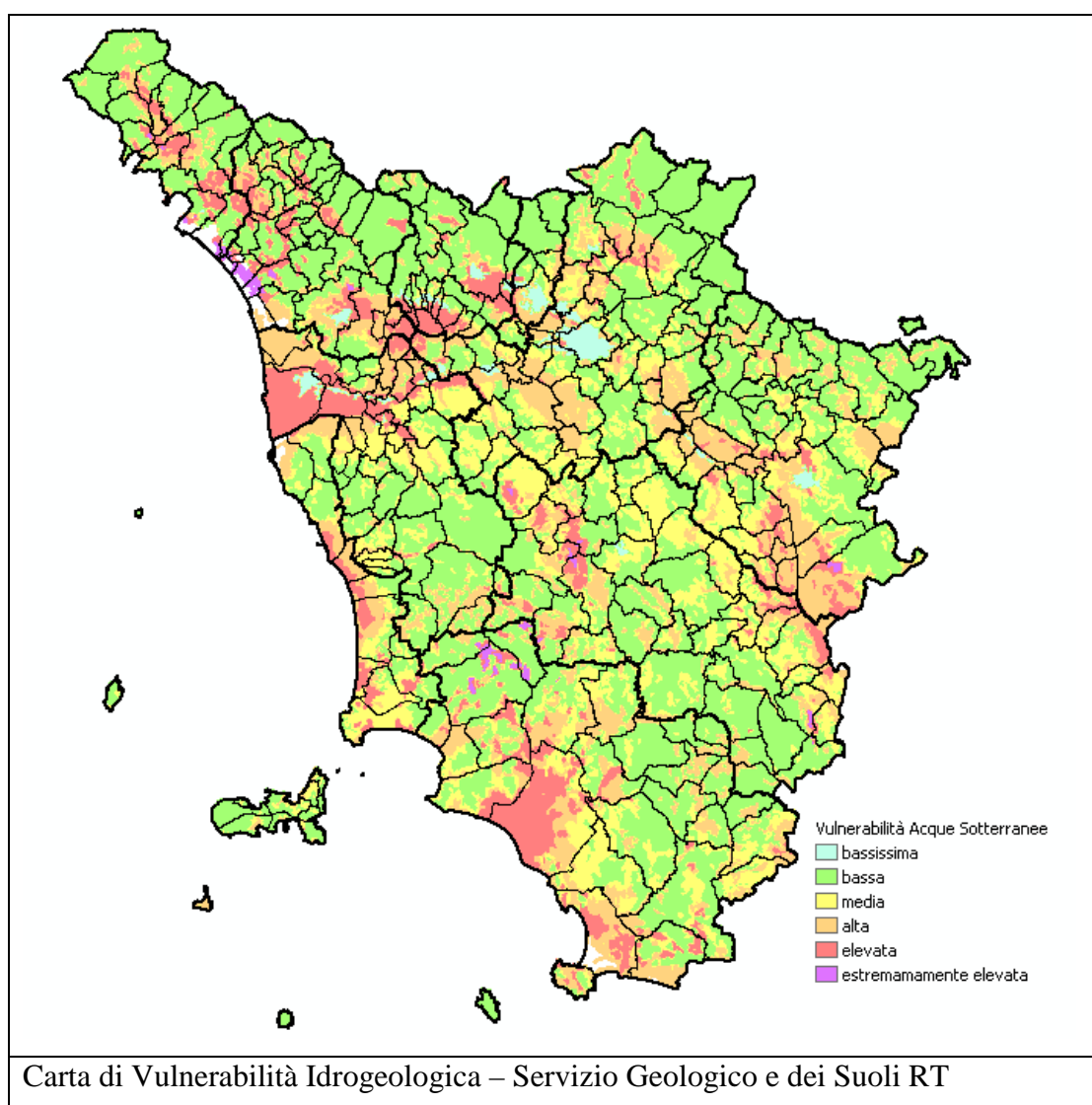
Il test  $\chi^2$  è limitato dall'esistenza di frequenze basse ( $< 5$ ) e pari a 0, rimane possibile il test non parametrico di Fisher per il quale occorre rielaborare i dati in una più semplice tabella 2x2. Ipotizzando così di valutare la significatività della soglia generale di "rischio" riunendo le classi aR (a Rischio) e paR (probabilmente a Rischio) si ottiene:

		Classe di Rischio da Indicatore di Pressione		
		R	nR	totali
Classe di Rischio da Indicatore di Stato	R	7	1	8
	nR	16	21	37
	totali	23	22	45

La correlazione tra Pressione e Stato verificata tramite il test esatto di Fisher <http://www.langsrud.com/fisher.htm> risulta significativa, con  $p = 0,04$  (due code) e  $p = 0,03$  (una coda, attendendosi cioè, come è il caso, una correlazione positiva). Confrontando i valori precedentemente ottenuti per le acque superficiali, la minore correlazione per la matrice delle acque sotterranee, può essere spiegata con una diversa vulnerabilità per diverse condizioni stratigrafiche.

#### 1.4.4 VULNERABILITA' E RISCHIO DI INQUINAMENTO DA NITRATI

La Vulnerabilità Intrinseca dei Corpi Idrici è stata valutata con la carta della Vulnerabilità Idrogeologica predisposta dal Servizio Geologico e dei Suoli della Regione Toscana di seguito riportata:



La carta di vulnerabilità idrogeologica comprende i seguenti parametri:

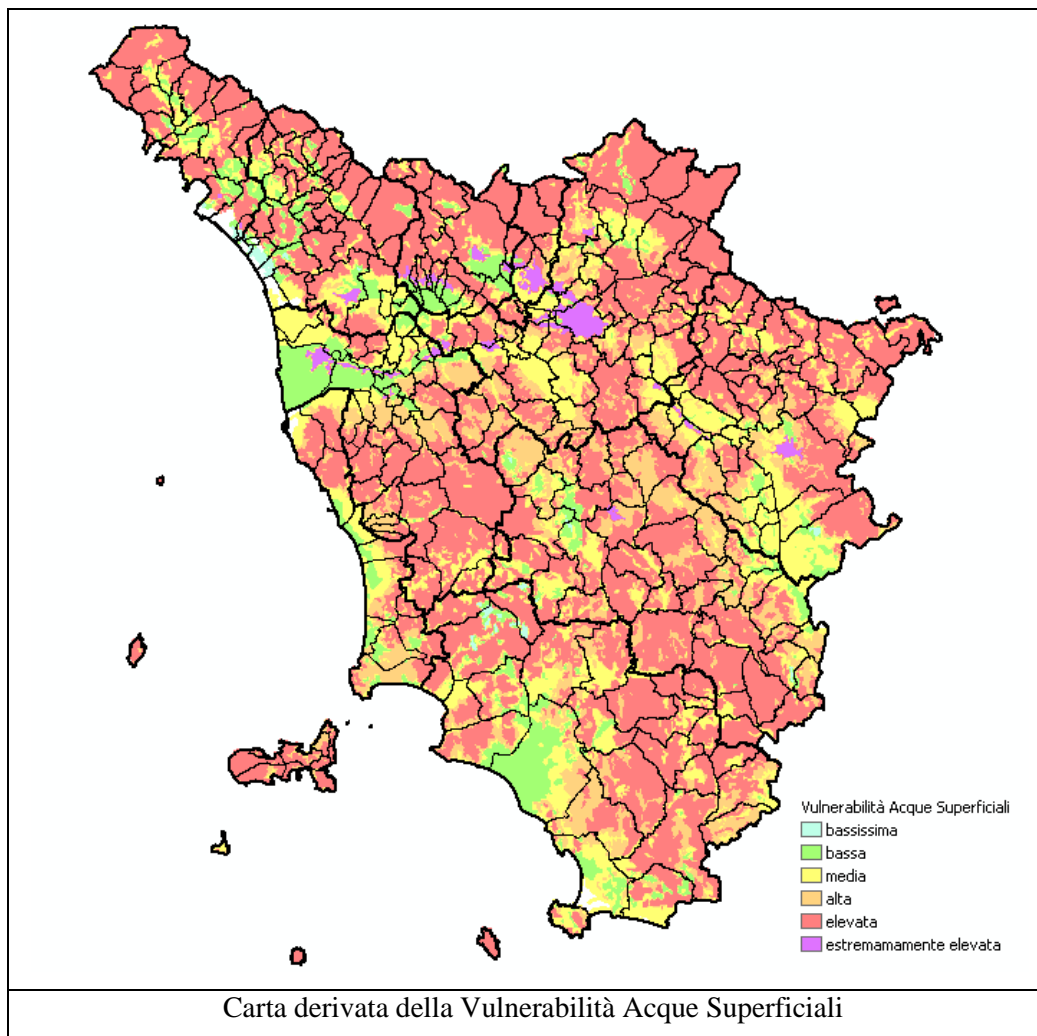
- Permeabilità litologica (PERM): derivata con valutazioni della litologia 250K; 12 classi
- Capacità di attenuazione (CAS): derivata da pedo 250K; 3 classi
- Soggiacenza (SOGG): fatta da piezometrie; dato numerico
- Dati climatici (CLIM): carta da realizzare in 3 classi (“piogge altamente efficienti (A), piogge mediamente efficienti (M), piogge poco efficienti (B)”)
- Uso del suolo (CLC): fatto dal corine; zone agricole e zone non agricole
- Pendenza (SLOPE): direttamente da DEM in classi Bassa (0-5%), Media (5-27%), Alta (>27%)

Si è osservato che, con l’eccezione del parametro della soggiacenza e della capacità di attenuazione, poco determinanti ad una scala così grande di analisi, i parametri che maggiormente influenzano la vulnerabilità idrogeologica, rappresentati dalla Permeabilità Litologica e dalla Pendenza, agiscono in modo complementare per la definizione di una vulnerabilità di comparto per le acque superficiali.

In altre parole, tanto minore sarà la vulnerabilità idrogeologica tanto maggiore sarà la quota parte degli afflussi che si allontana come deflusso superficiale, con i processi di trasporto connessi e quindi maggiore la vulnerabilità locale delle acque superficiali.

Classe di Vulnerabilità Acque Sotterranee (idrogeologica)	Classe di Vulnerabilità Acque Superficiali
Bassissima	Estremamente elevata
Bassa	Elevata
Media	Alta
Alta	Media
Elevata	Bassa
Estremamente elevata	Bassissima

Applicando questa tabella si è potuto definire così la carta derivata delle acque superficiali della Toscana.



Il **Rischio di inquinamento** da Nitrati e più in generale da Nutrienti di origine agricola, per i due comparti superficiale e sotterraneo, è derivato quindi dal prodotto delle 6 classi dell'Indice IPNOA prima definite per le 6 classi di vulnerabilità di pericolo è dunque:

$$R_{\text{acque sotterranee}} = \text{Classe IPf} \times \text{Classe Vulnerabilità Acque Sotterranee}$$

$$R_{\text{acque superficiali}} = \text{Classe IPf} \times \text{Classe Vulnerabilità Acque Superficiali}$$



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

			vulnerabilità					
			bassissima	bassa	media	alta	elevata	estremamente elevata
			1	2	3	4	5	6
pericolo potenziale	improbabile	1	1	2	3	4	5	6
	molto basso	2	2	4	6	8	10	12
	basso	3	3	6	9	12	15	18
	moderato	4	4	8	12	16	20	24
	alto	5	5	10	15	20	25	30
	elevato	6	6	12	18	24	30	36
Matrice del Rischio								

La classificazione del Rischio, nelle 6 classi già indicate da Padovani e Trevisan, 2002, è stata riportata in ultimo alle 3 classi dell'analisi di Rischio indicata dalla Direttiva Quadro (non a Rischio, probabilmente a Rischio, a Rischio).





**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

1	molto basso	1-2	non a Rischio
2	basso	3-4	
3	moderato	5-6	probabilmente a Rischio
4	alto	7-10	
5	elevato	11-18	a Rischio
6	estremamente elevato	19-36	

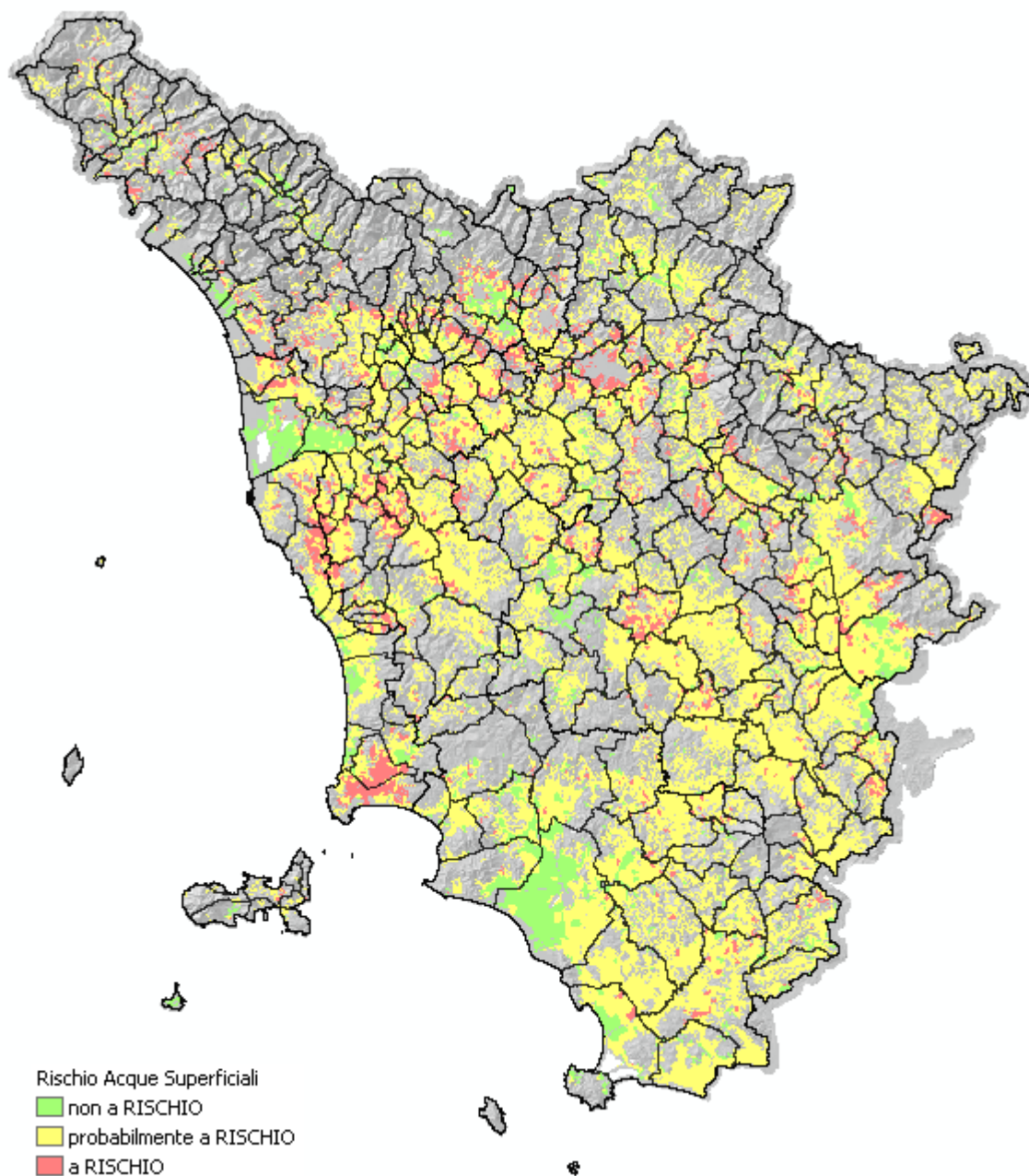
Classificazione del Rischio a 6 e 3 classi

Nelle figure seguenti, sono riportate le Carte del Rischio di Inquinamento da Nitrati e Nutrienti di Origine Agricola, per l'intero territorio agricolo regionale distinte, in ragione della Vulnerabilità specifica, per i comparti delle acque superficiali e sotterranee.



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

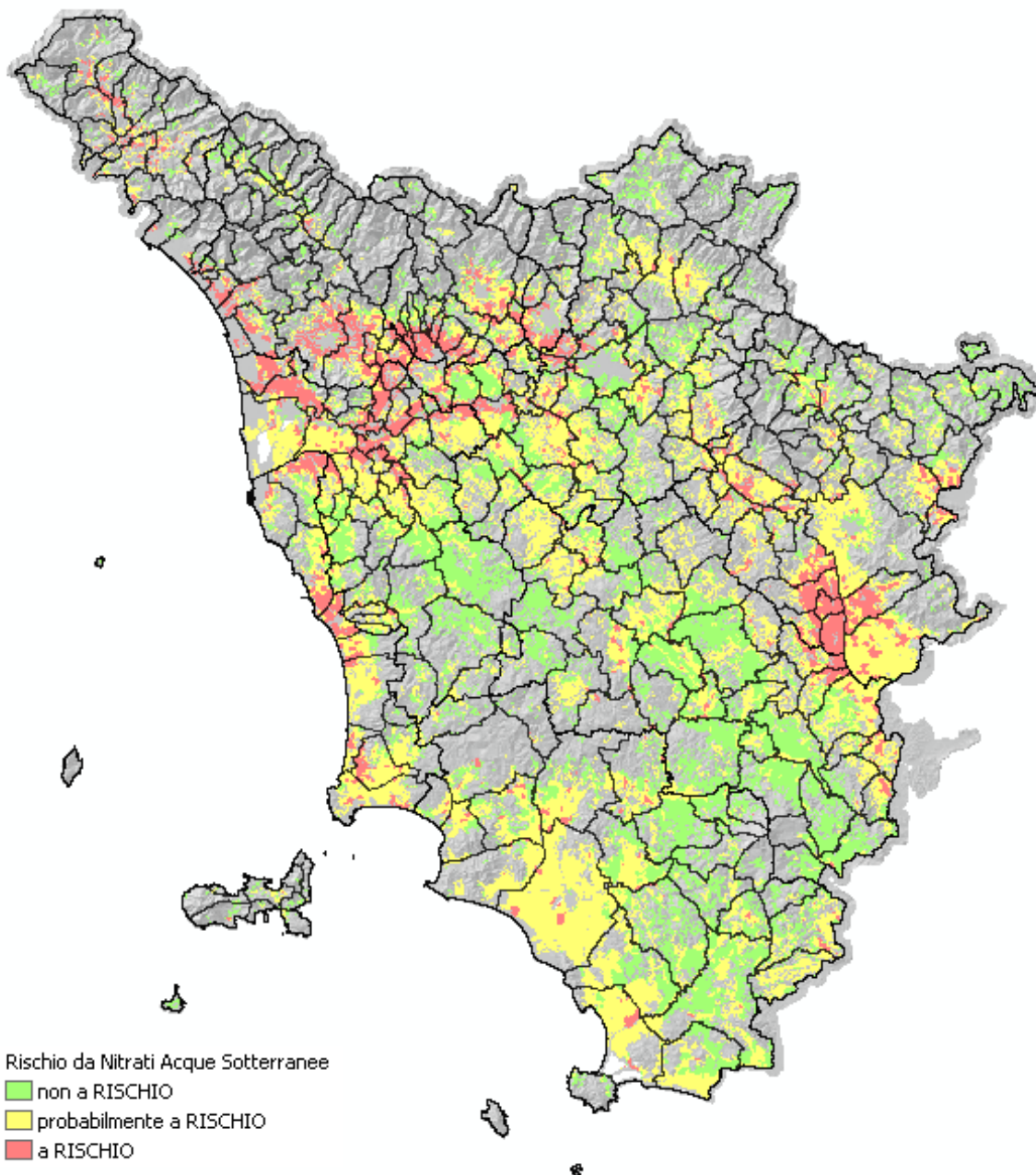


Rischio da Nitrati e Nutrienti di Origine Agricola – ACQUE SUPERFICIALI



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



Rischio da Nitrati e Nutrienti di Origine Agricola – ACQUE SOTTERRANEE

#### 1.4.5 ZONE VULNERABILI DA NITRATI E NUTRIENTI DI ORIGINE AGRICOLA

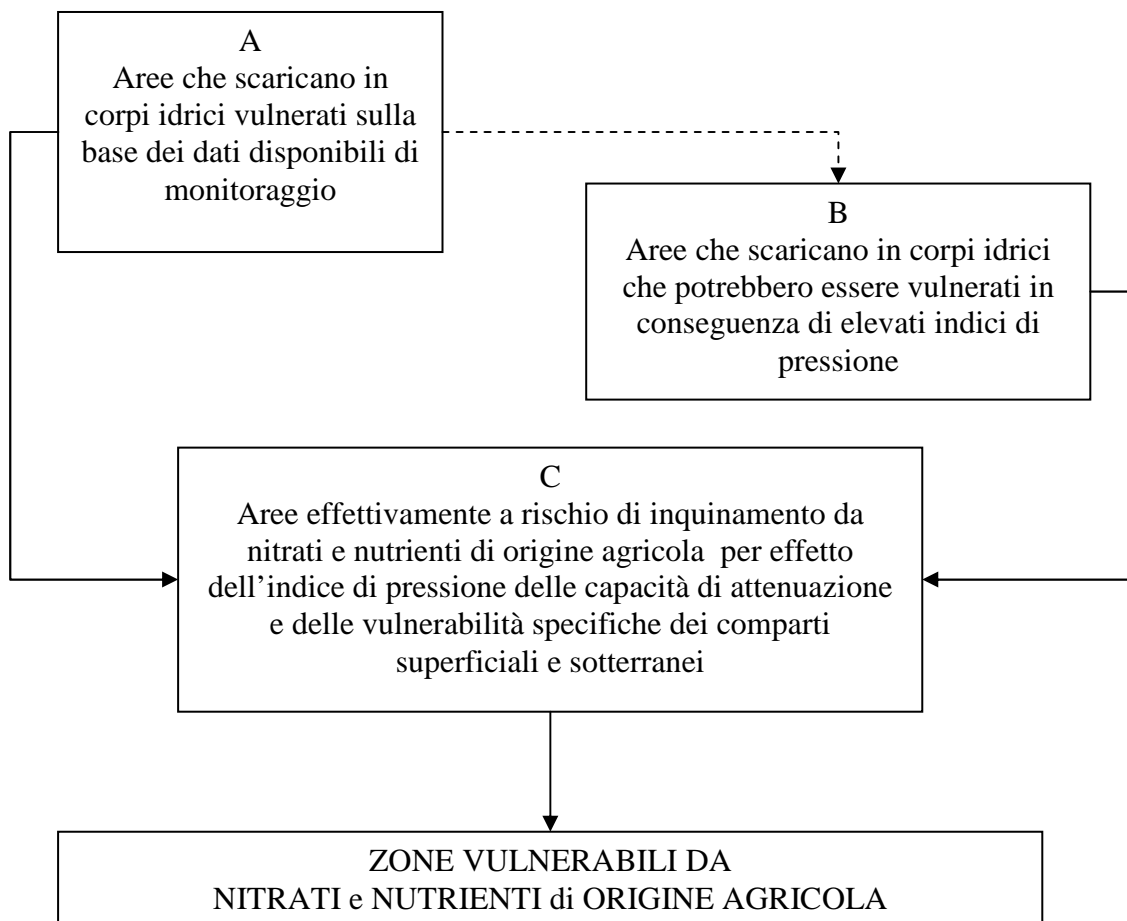
Le Zone vulnerabili da Nitrati e Nutrienti di Origine Agricola corrispondono in ultimo a:

- A) *le aree che scaricano in corpi idrici vulnerati*, cioè i bacini e sottobacini di riferimento dei corpi idrici superficiali e le aree di affioramento dei corpi idrici sotterranei che oltrepassano, *sulla base dei dati disponibili di monitoraggio*, la soglia di Rischio<sup>1</sup>;
- B) *le aree che scaricano in corpi idrici che potrebbero essere vulnerati*, cioè i bacini e sottobacini di riferimento dei corpi idrici superficiali e le aree di affioramento dei corpi idrici sotterranei che oltrepassano *sulla base dei dati disponibili di pressione*, la soglia di Rischio<sup>2</sup>;
- C) *le aree, tra le sopraesposte, che risultano effettivamente a rischio di inquinamento*, come risultato degli indici di pericolo (pressione e attenuazione) e delle vulnerabilità specifiche dei comparti delle acque superficiali e sotterranei.

---

<sup>1</sup> La soglia di Rischio degli Indicatori di Stato nitrati e fosforo totale corrisponde, secondo quanto riportato al paragrafo 1 al 75% dei rispettivi valori soglia di stato scadente e cioè pari a  $0,75 \cdot 50 \text{ mg/L} \Rightarrow 37,5$  per i nitrati nei corpi idrici sotterranei,  $0,75 \cdot 0,30 \text{ mg/L}$  per il fosforo totale nei corsi d'acqua e  $0,75 \cdot 0,05 \text{ mg/L}$  per il fosforo totale nei laghi.

<sup>2</sup> La soglia di Rischio dell'Indicatore di Pressione Indice IPNOA (Padovani e Trevisan, 2002) corrisponde, secondo quanto elaborato al paragrafo 1.4.3 . ad indici medi, calcolati sull'areale di riferimento (bacino di corpo idrico superficiale o area affioramento di ci sotterraneo), pari a 2,3 e 2,4 rispettivamente per laghi e corsi d'acqua e 4 per gli acquiferi.



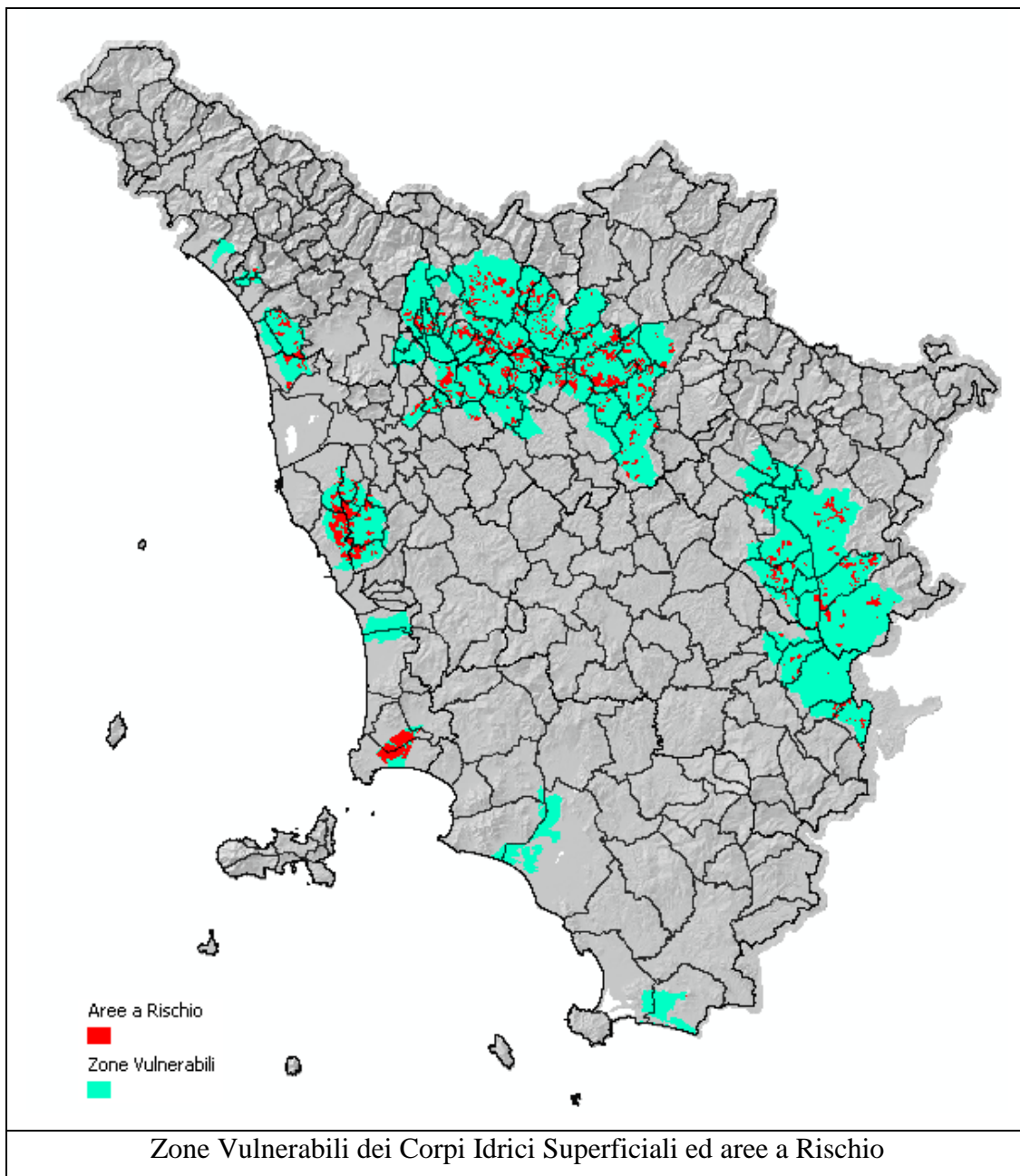
Nelle figure seguenti, sono riportate sia separatamente per i Corpi idrici Superficiali e Sotterranei che nel complesso, le aree vulnerabili all'interno delle aree di riferimento dei corpi idrici (bacini/sottobacini ed aree di affioramento).





**ARPAT**

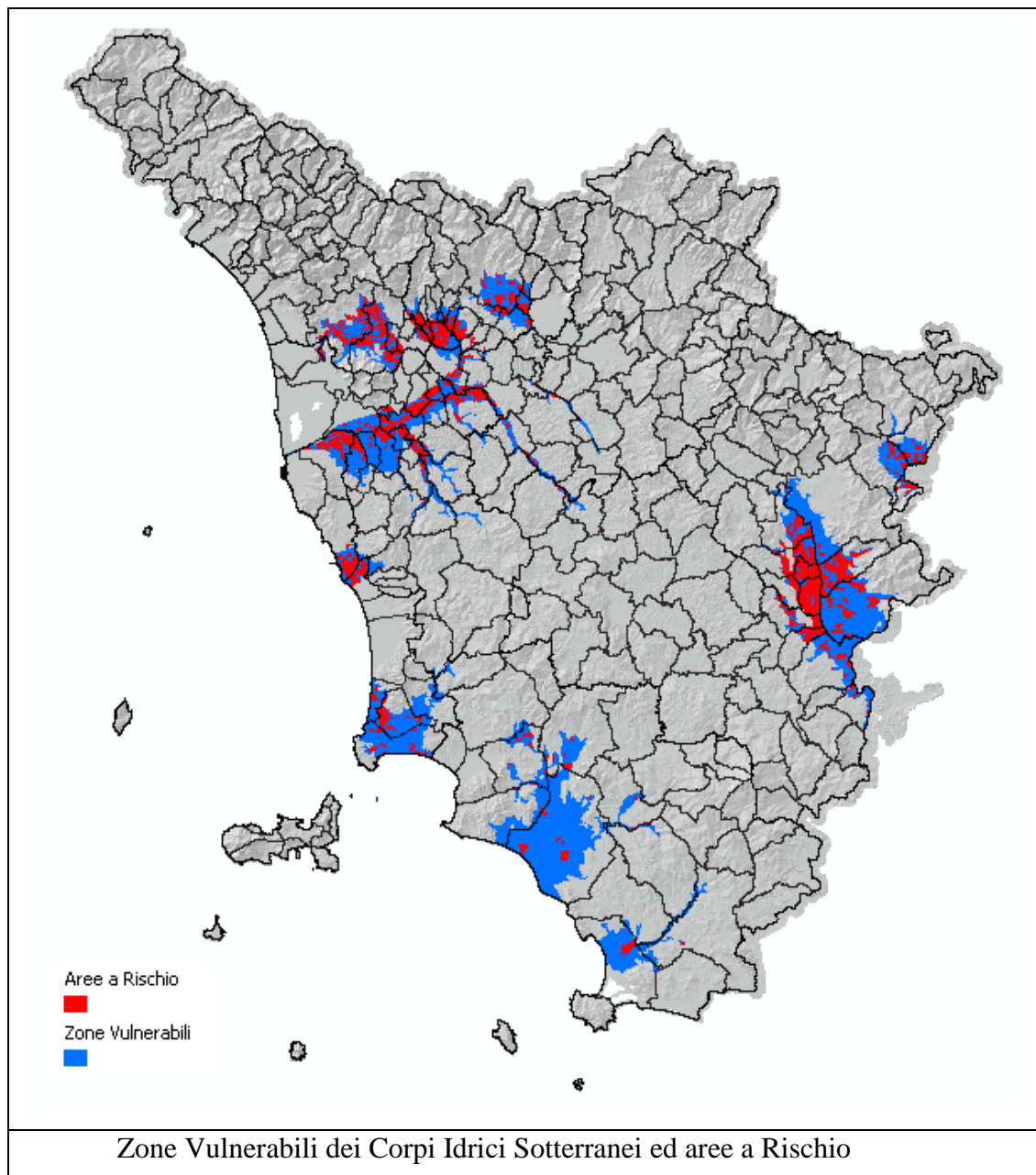
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana





**ARPAT**

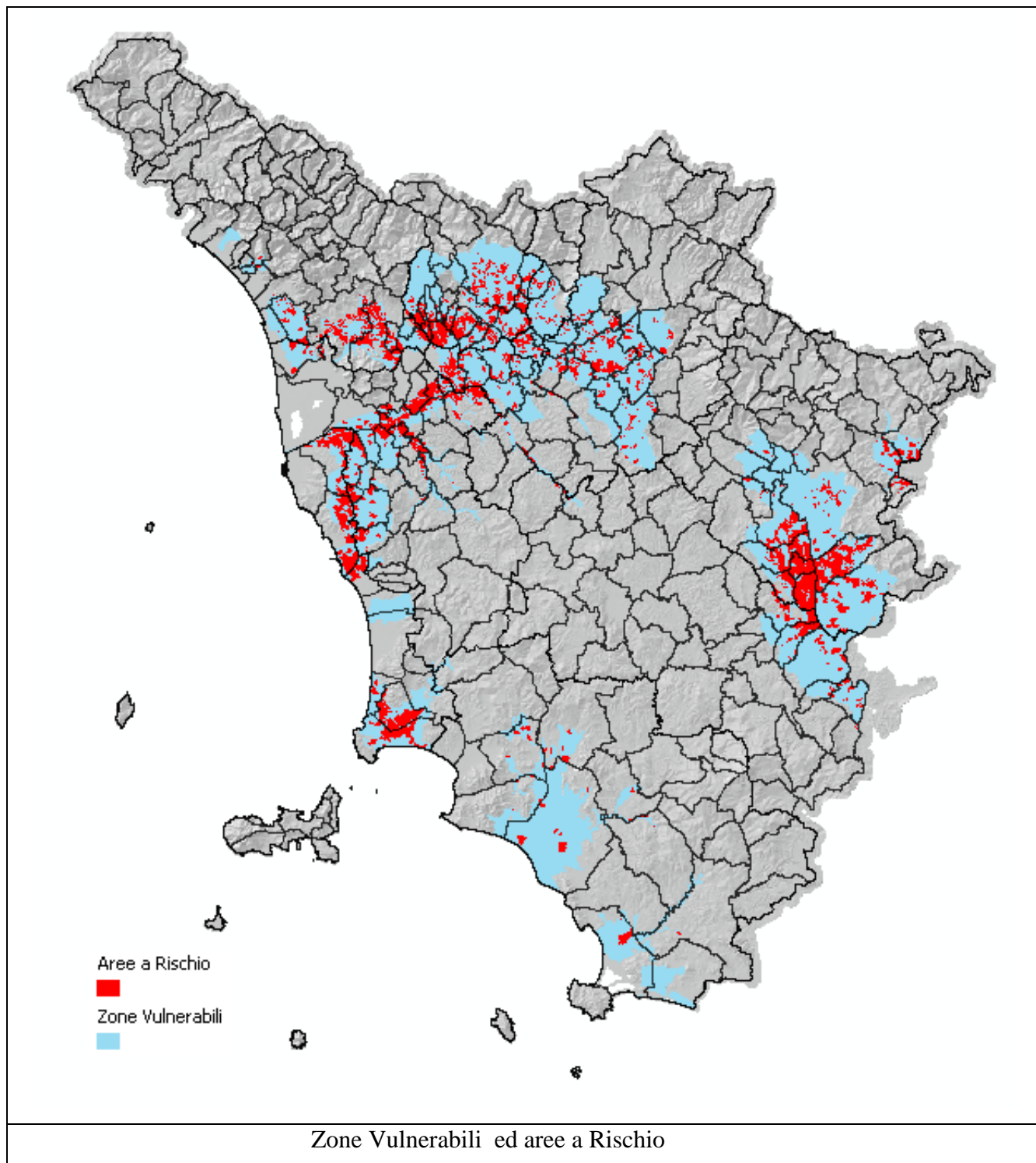
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana





**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana





## 1.5 RETI DI MONITORAGGIO DELLE ZVN

La Direttiva Nitrati 91/676 non possiede ad oggi una rete di monitoraggio dedicata. I corpi idrici inclusi delle zone vulnerabili sono considerati nei programmi di monitoraggio ambientale ex Dlgs 152/99, in essere dal 2002, che prevedono da un lato il controllo dello stato ecologico e trofico dei corpi idrici superficiali (rete MAS) e dall'altro delle concentrazioni di ione Nitrato delle acque sotterranee (rete MAT).

La predisposizione di uno strumento di verifica ed analisi territoriale dell'intera regione nei riguardi dei corpi idrici vulnerati e vulnerabili da nitrati e nutrienti di origine agricola, obiettivo del presente studio, ha consentito di disegnare delle reti di monitoraggio specificatamente disegnate ed ottimizzate per la problematica dell'inquinamento da Nitrati dei Corpi Idrici Sotterranei, in grado di garantire un maggiore dettaglio di analisi rispetto, in esempio, alla densità media della rete di monitoraggio ambientale delle acque sotterranee pari a ca. 30 Km<sup>2</sup>/pt.

Le reti di monitoraggio per la direttiva nitrati sono state disegnate infatti sulla base della classificazione del territorio regionale per il rischio di inquinamento da Nitrati di Origine Agricola delle acque sotterranee.

Le 6 classi di RISCHIO sono state ricondotte alle 3 classi indicate dalla Direttiva Quadro: Non a RISCHIO, Probabilmente a RISCHIO, a RISCHIO e per quest'ultime due sono state assegnate densità crescenti per un monitoraggio "operativo" dei Nitrati pari a 16 Km<sup>2</sup>/pt (cella 4 Km) e 4 Km<sup>2</sup>/pt (cella 2 Km). La densità standard della rete MAT (ca. 30 Km<sup>2</sup>/pt) è ritenuta adeguata per la sorveglianza delle situazioni non a Rischio.



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

1	molto basso	1-2	non a Rischio	-	-
2	basso	3-4			
3	moderato	5-6	probabilmente a Rischio	4 Km	16Km <sup>2</sup> /pt
4	alto	7-10			
5	elevato	11-18	a Rischio	2 Km	4Km <sup>2</sup> /pt
6	estremamente elevato	19-36			

Reti di monitoraggio così disegnate sono state oggetto di un campionamento operativo nella stagione di morbida 2009 per quanto riguarda le ZVN della Chiana e del Massaciuccoli ed i cui risultati sono di seguito discussi.

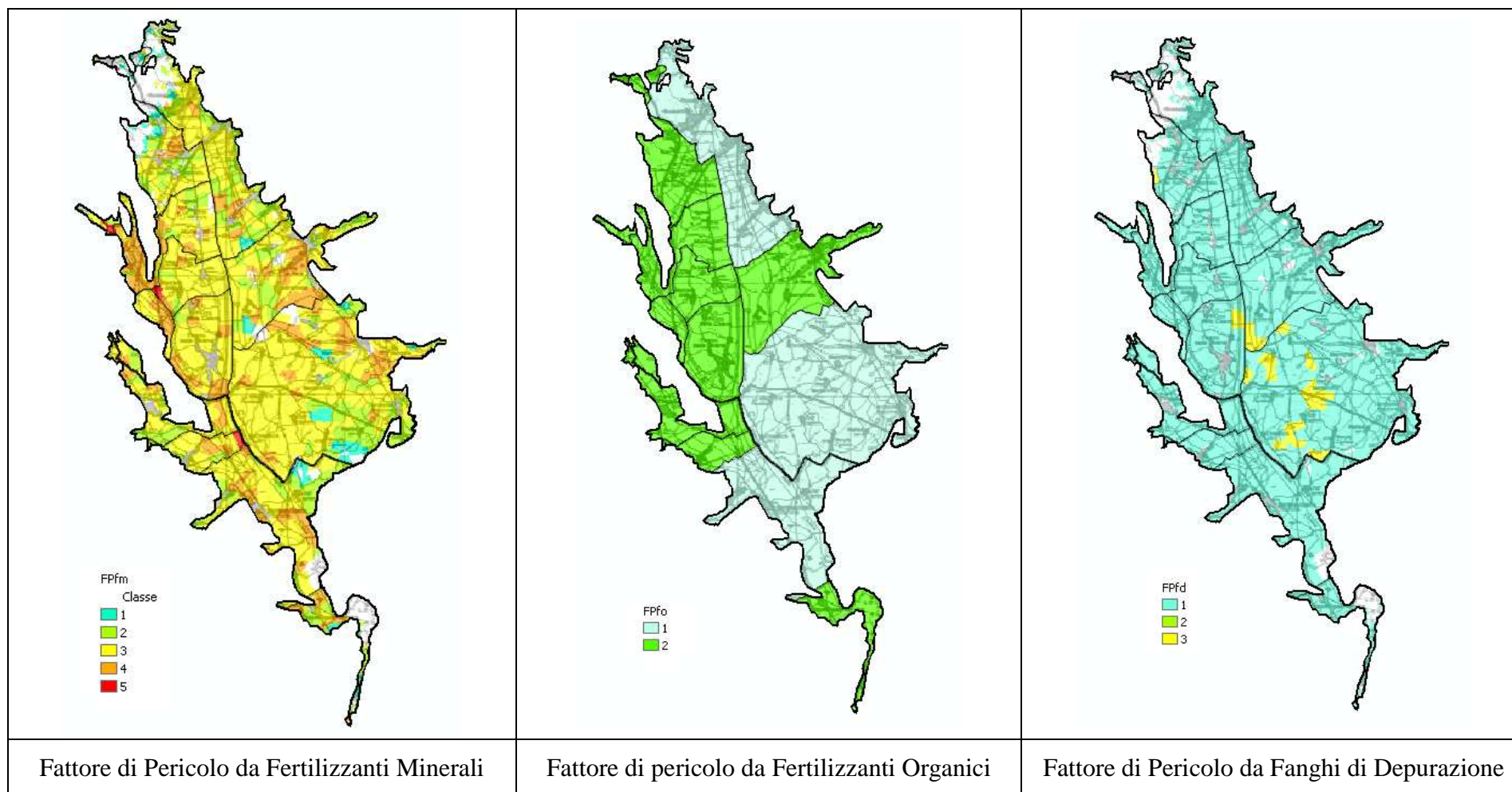
### 1.5.1 ZVN CHIANA - Campagna morbida 2009

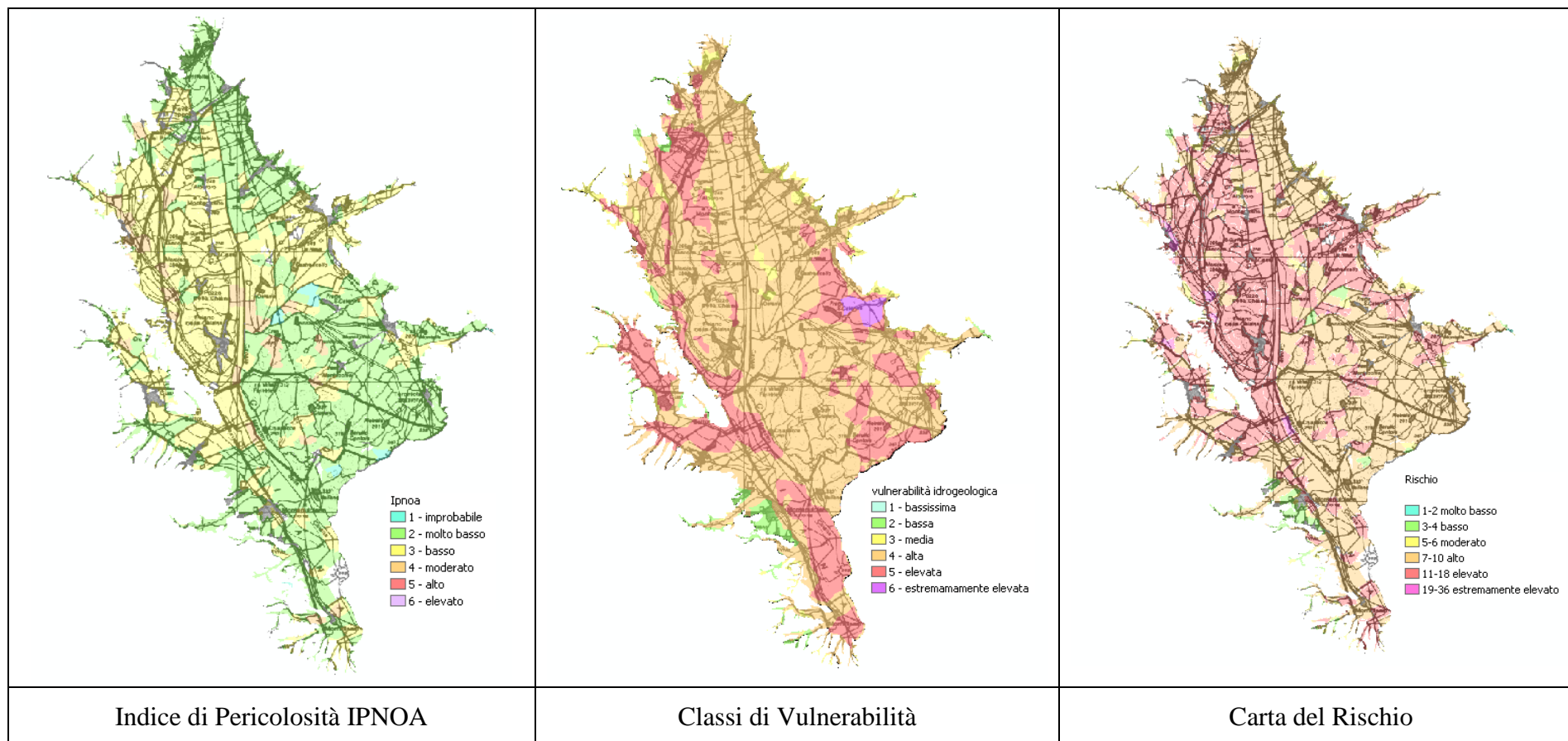
La Rete di Monitoraggio di Indagine sulla contaminazione da Nitrati della ZVN della Chiana è stata progettata sulla base della mappatura del rischio di inquinamento da Nitrati ed integrata con i dati di monitoraggio delle stazioni MAT esistenti. La rete consiste di 88 maglie di rilevamento con estensione variabile tra 4 e 16 Km<sup>2</sup>. In aggiunta alla classificazione del Rischio su base territoriale (indici IPNOA e carta della vulnerabilità, vv. figure successive) è stata comunque considerata la presenza di tenori elevati di Nitrati riscontrati nelle stazioni di monitoraggio della rete MAT, utilizzando ancora, come per lo studio dei trend, il valore soglia del 75% dello Standard di Qualità Ambientale indicato dalla normativa e pari a 50 mg/L, ovvero 37,5 mg/L.

Come illustrato nel paragrafo 2.1.2, per il Corpo Idrico della Chiana sono state riscontrate 8 stazioni “a rischio”, per una di queste, PRATO DI BINDO, un trend in incremento significativo, ed assenza di trend (stazionarietà) per le altre. La stazione POZZO SUPERFICIALE 20 ha confermato il tipico trend stagionale dei Nitrati, con incremento in fase di morbida e decremento in magra, dovuto con tutta probabilità, all’origine superficiale esterna e non da imputare ad una contaminazione.

ZVN Nome	Limite Confidenza Media [mg/L]	Nome Punto	Comune	N anni	N dati	Media [mg/L]	Devst [mg/L]	periodo	Risultato analisi trend
CHIANA	90,2	POZZO CESA N.4	MARCIANO DELLA CHIANA	6	12	75,90	25,31	2002- 2007	-
CHIANA	63,5	POZZO BADICORTE N.8	MARCIANO DELLA CHIANA	6	12	60,83	4,68	2002- 2007	-
CHIANA	60,2	POZZO MANCIANO	CASTIGLION FIORENTINO	6	12	49,18	19,46	2002- 2007	-
CHIANA	60,1	POZZO DI BROLIO	CASTIGLION FIORENTINO	6	12	52,78	12,94	2002- 2007	-
CHIANA	46,7	POZZO VIA VECCHIA SENESE	CIVITELLA IN VAL DI CHIAN	6	12	38,98	13,74	2002- 2007	-
CHIANA	45,1	POZZO RIGUTINO VIALE	AREZZO	6	12	38,36	11,91	2002- 2007	-
CHIANA	44,8	POZZO SUPERFICIALE 20	FOIANO DELLA CHIANA	6	12	30,53	25,19	2002- 2007	Stagionalità Significativa
CHIANA	43,2	POZZO PRATO DI BINDO	SINALUNGA	7	26	40,85	6,02	2001- 2007	Incremento significativo

Nelle figure che seguono sono riportati, in dettaglio per la ZVN Chiana, i vari strati informativi che compongono l’analisi del rischio (IPNOA, Vulnerabilità, Rischio) messa a confronto, in ultimo, con gli stati chimici ed eventuale presenza di trend delle stazioni MAT.



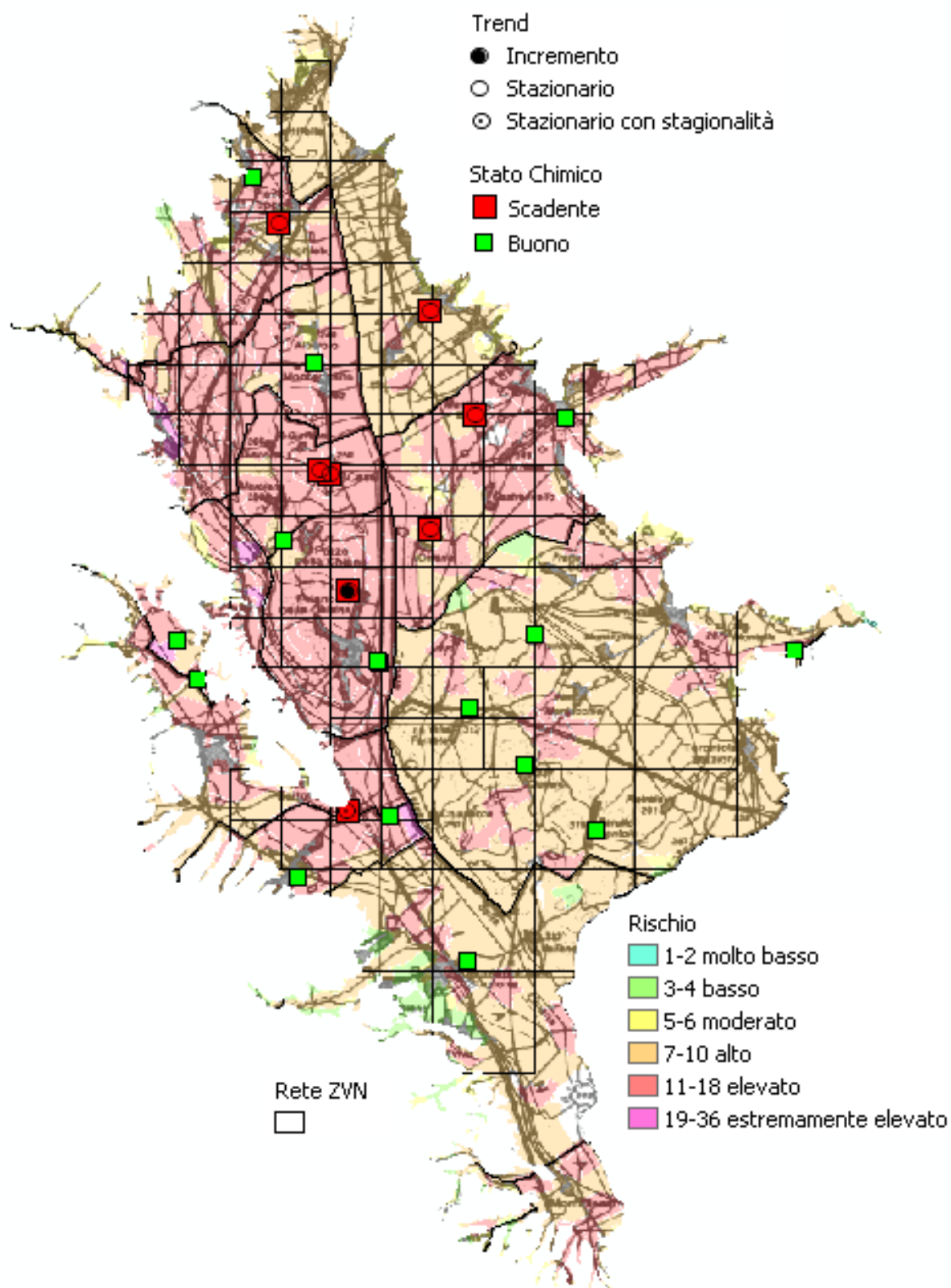






**ARPAT**

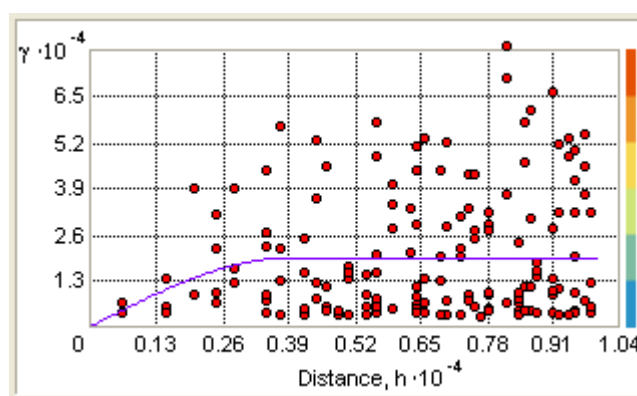
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



Gli 88 punti di prelievo sono stati campionati nei mesi di Aprile e Maggio del periodo di morbida 2009 da parte di squadre di rilevatori appartenenti al Dipartimento ARPAT di Arezzo, Università di Firenze Dipartimento di Scienze della Terra (titolare, con il supporto di ARPAT, del Progetto di Ricerca di Interesse nazionale sulla Vulnerabilità da Nitrati della Val di Chiana) e della Provincia di Arezzo per i parametri dei nitrati, nitriti e ammonio che hanno mostrato tutti una notevole variabilità con alti CV.

Indicatore	N	N stazioni MAT	<min	<max	Min	Max	Media	Devst	CV	LogCV
AMMONIACA - mg/L NH <sub>4</sub>	88	20	0.02	0.1	0.06	1.4	0.11	0.24	2.32	0.31
NITRATI - mg/L	88	20	0.5	1	0.5	1057	55.1	122.0	2.21	0.83
NITRITI - mg/L	88	20	0.02	0.1	3.5	3.5	0.13	0.52	4.13	0.23

E' stato comunque possibile, pur in presenza di notevole variabilità, effettuare l'elaborazione del variogramma dei Nitrati per la prima falda, esclusi cioè 8 pozzi della rete MAT appartenenti al sistema confinato, in assenza di nugget<sup>3</sup>, ad interpolazione esatta, approssimando un range di continuità dei valori pari a ca. 3 Km ben compatibile con la dimensione delle maglie .



<sup>3</sup> L'effetto pepita "nugget" corrisponde alla intercetta nell'origine del variogramma dovuta alla presenza di possibili discontinuità dei valori che i dati mostrano anche a distanze molto ravvicinate. L'interpolazione con effetto pepita ammette un possibile errore nei dati misurati e fornisce una rappresentazione più smussata, a differenza della interpolazione "esatta" nella quale il valore estrapolato coincide, nel punto di misura, con lo stesso valore misurato.

La mappa di distribuzione spaziale dei Nitrati elaborata tramite kriging, per quanto indicativa di una variabile continua vista l'assenza di nugget, si presenta complessa e solo in parte riconducibile ad una relazione diretta tra rischio di inquinamento da nitrati (maglie di campionamento di lato 2 o 4 Km) e presenza di nitrati in falda.

Nonostante, infatti, la media dei valori dei risultati per le maglie 2 Km risulta quasi il doppio della media dei valori delle maglie 4 Km l'elaborazione del Test di Fisher tra contenuto in Nitrati classificati come aR / nR (a Rischio / non a Rischio sulla base della soglia del 75% VL 50 mg/L) espresso dai pozzi delle diverse maglie e tipologia di rischio territoriale della maglia (2 Km<sup>2</sup> e 4 Km<sup>2</sup>) risulta in una bassa significatività ( $0.30 \gg 0.05$ )

MagliaTipo	Indicatore	Min	Max	Media	Devst	N
<b>2K</b>	NITRATI - mg/L	0.3	1057.0	<b>64.8</b>	140.7	64
<b>4K</b>	NITRATI - mg/L	0.3	103.6	<b>33.6</b>	38.0	13

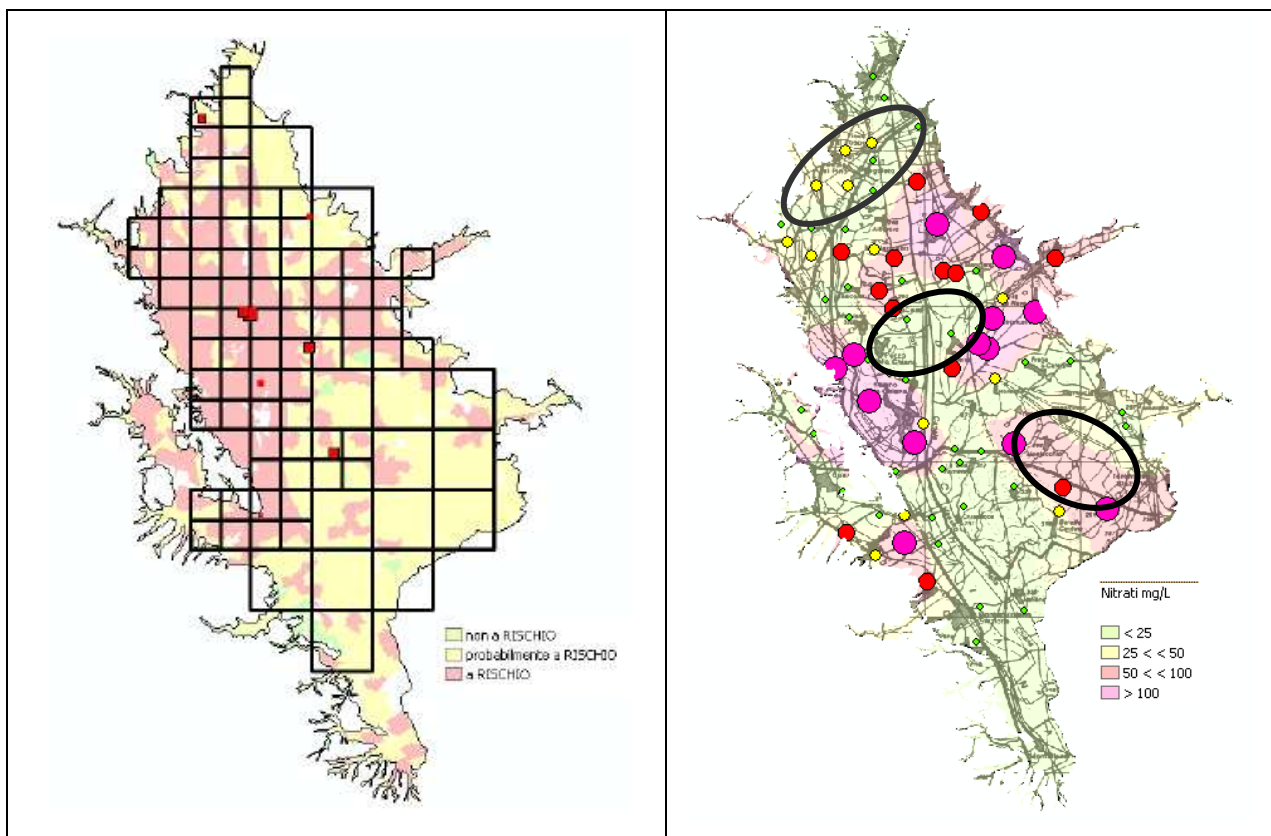
MagliaTipo	aR	nR	Totali
<b>2K</b>	<b>27</b>	37	64
<b>4K</b>	4	<b>9</b>	13
<i>Totali</i>	31	46	77

Il raffronto tra la mappa del rischio ed i risultati del monitoraggio presenta infatti almeno tre zone in significativo contrasto:

- per l'area SE a Sud dell'A1, zone Barullo-Centoia dove si riscontrano in zona pAR, Nitrati nell'ordine di 100 mg/L (ZVN433 e ZVN411)
- l'area centrale tra Pozzo della Chiana ed Osteria dove si riscontrano in zona aR, concentrazioni di Nitrati molto basse (ZVN162, ZVN240, ZVN227 e ZVN131)



- l'area lungo la SGC Grosseto Fano tra Alberoro e Togoletto (ZVN017, ZVN040 e ZVN036) ancora in zona aR con concentrazioni basse di Nitrati.

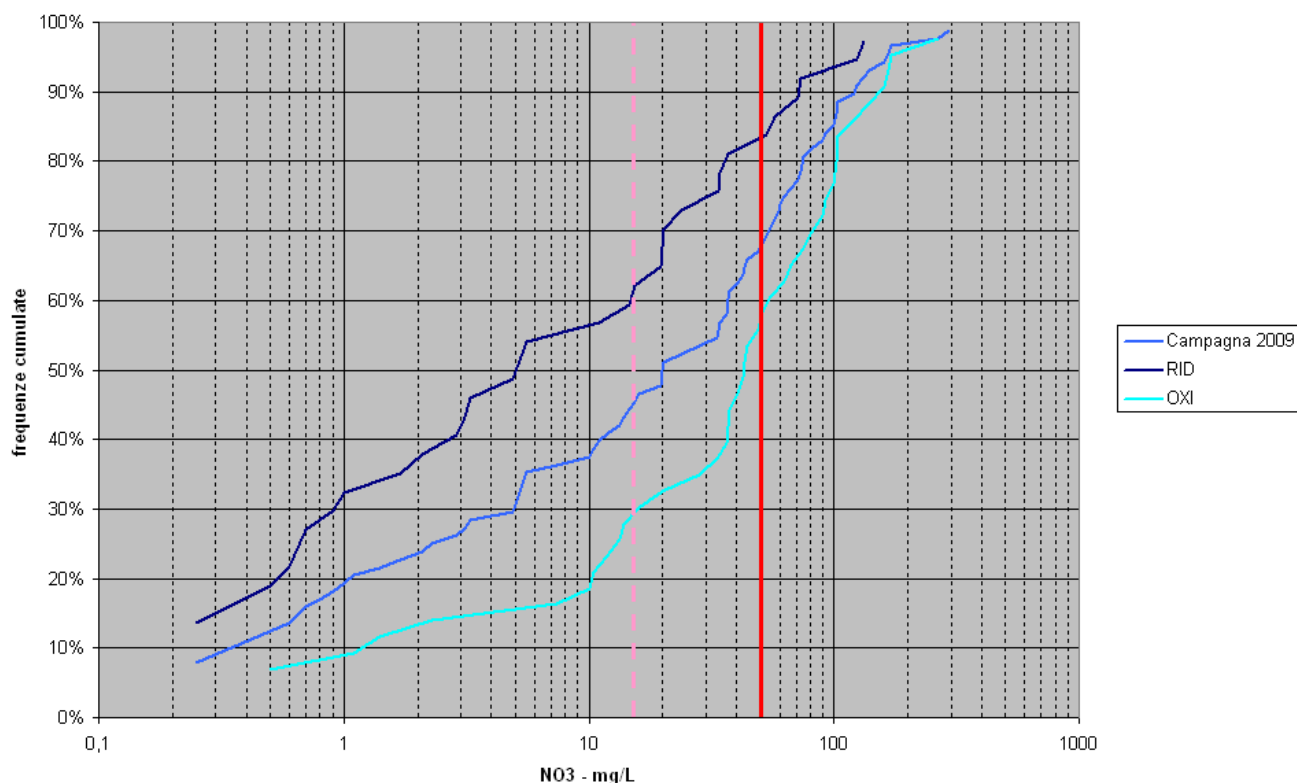


Per quanto riguarda la prima anomalia della porzione SE, è possibile intravedere una seppur limitata corrispondenza analizzando in maggior dettaglio i tre distinti Fattori di Pericolo del metodo IPNOA ed in particolare la componente dello spandimento di Fanghi di Depurazione nel Comune di Cortona.

Più problematica l'interpretazione delle altre due anomalie a basso contenuto in  $\text{NO}_3$ , sebbene, almeno per la seconda, sia possibile rintracciare dalla Carta di Vulnerabilità l'esistenza di terreni di minore vulnerabilità, possibilmente di granulometria più fine.

La distribuzione dei Nitrati è stata dunque analizzata anche tramite diagramma di frequenza cumulata dove sono state riportate, sia la distribuzione complessiva degli 80 pozzi del primo sistema freatico o semiconfinato, sia le distribuzioni separate, in campo ossigenato e campo

riducente sulla base dei contenuti di Fe e Mn indicati<sup>4</sup> dalle linee guida BRIDGE sulla determinazione del fondo naturale (BRIDGE 2006).



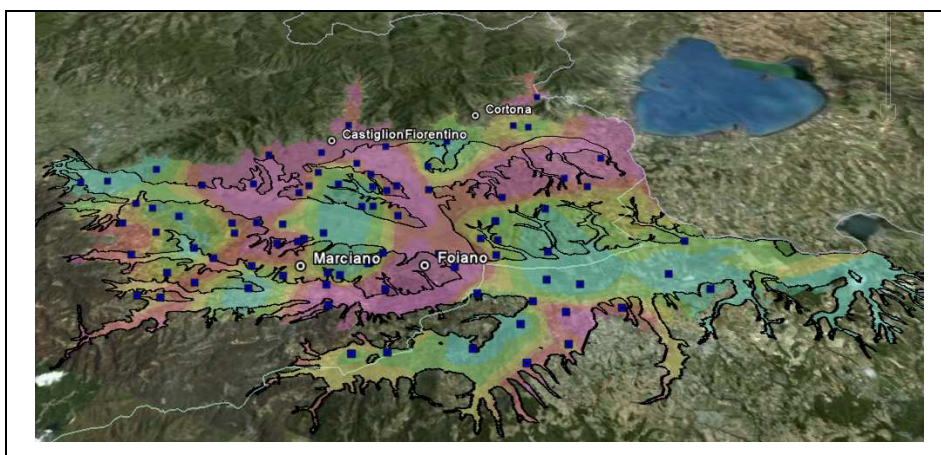
Dal grafico, si può osservare, come i valori più bassi di NO<sub>3</sub> corrispondano nel complesso a condizioni di facies ridotta. La curva di distribuzione dei nitrati, in campo ossigenato, mostra una più pronunciata discontinuità, tra un possibile fondo naturale e valori inquinati, in corrispondenza del Valore Soglia di 16 mg/L, mentre di più difficile interpretazione risulta, come atteso, la curva di distribuzione dei pozzi in facies ridotta.

<sup>4</sup> La separazione dei pozzi in campo ossidante e riducente è stata condotta secondo le linee guida per la determinazione del fondo naturale indicate dal Progetto BRIDGE che indicano i Valori Soglia di 0,2 mg/L di Fe e 0,05 mg/L di Mn come possibili discriminanti tra campo ossigenato e riducente.

A conferma della complessità dei meccanismi di riduzione dello ione nitrato da un lato e di presenza di contaminazioni puntuali dall'altra, per nessuno dei due gruppi è stato possibile ricondurre ad un'unica distribuzione.

Riguardo l'esistenza di condizioni di facies ridotta, a carico del primo sistema freatico della Val di Chiana, è ipotizzabile che alcune situazioni possano corrispondere a sistemi di locale bassa permeabilità di origine palustre (limi argillosi e torbe), in netta facies riducente, dove lo ione nitrato possa andare incontro a trasformazione e riduzione. La presenza importante di processi di denitrificazione è stata, tra l'altro, segnalata da una precedente campagna isotopica (N, O) sulle acque sotterranee della Val di Chiana.

Il confronto però, tra le aree di bonifica recente e le aree a bassi Nitrati non confermano semplicemente una tale ipotesi<sup>5</sup>.



<sup>5</sup> La discordanza tra isocone dei Nitrati ed aree dei paleolaghi disattende comunque anche l'ipotesi, contraria, avanzata in passato, di un'origine naturale dei Nitrati, dovuta all'ossidazione della sostanza organica dei depositi palustri.



Le aree di massima e minima concentrazione in Nitrati, mostrano, infatti, andamenti trasversali, tagliando sia i terreni delle formazioni fluviolacustri incise sia i terreni dei depositi olocenici di fondovalle, in relazione, forse, in ultima ipotesi, con possibili linee di dislocazione contro appenniniche sepolte, responsabili o della permanenza di aree depresse nei sistemi sia fluviolacustre che recente e/o della possibile venuta di acque profonde.

Sono in corso di svolgimento ulteriori approfondimenti di natura geochimica ed isotopica tesi a chiarire l'esistenza di distinte famiglie geochimiche nel sistema acquifero della Val di Chiana e relazioni tra sistemi profondi e superficiali.

#### *1.5.2 ZVN MASSACIUCCOLI - Campagna morbida 2009*

Sebbene le acque sotterranee presenti nelle aree contermini il Lago di Massaciuccoli, non rappresentino corpi idrici di particolare significatività e l'inclusione dell'area nelle ZVN sia legata soprattutto alle condizioni di forte eutrofizzazione dello specchio lacustre, è stata comunque progettata una specifica Rete di Monitoraggio di Indagine sulla contaminazione da Nitrati nella ZVN del Massaciuccoli e condotta nel 2009 una campagna di indagine.



La rete di monitoraggio è stata calibrata, come nel caso della ZVN Chiana, sulla base della mappatura del rischio di inquinamento da Nitrati di origine agricola e comunque integrata con alcune stazioni di campionamento delle Acque Superficiali. Consiste di 28 maglie di rilevamento con estensione variabile tra 4 e 16 Km<sup>2</sup>.

La rete di monitoraggio d'indagine è stata campionata, nei mesi di Giugno e Luglio 2009, da parte di squadre di rilevatori appartenenti ai Dipartimenti ARPAT di Lucca e Pisa ed alla Scuola Superiore di Sant'Anna titolare, in contemporanea, di uno studio sulle ZVN, più mirato agli aspetti gestionali delle ZVN e rientrante nel Progetto di Approfondimento commissionato ad ARSIA dalla stessa Regione Toscana (Settore Agricoltura), oltre al prezioso supporto del Dr. Roberto Balatri che ha eseguito negli anni numerose campagne di monitoraggio per conto della Provincia di Lucca.

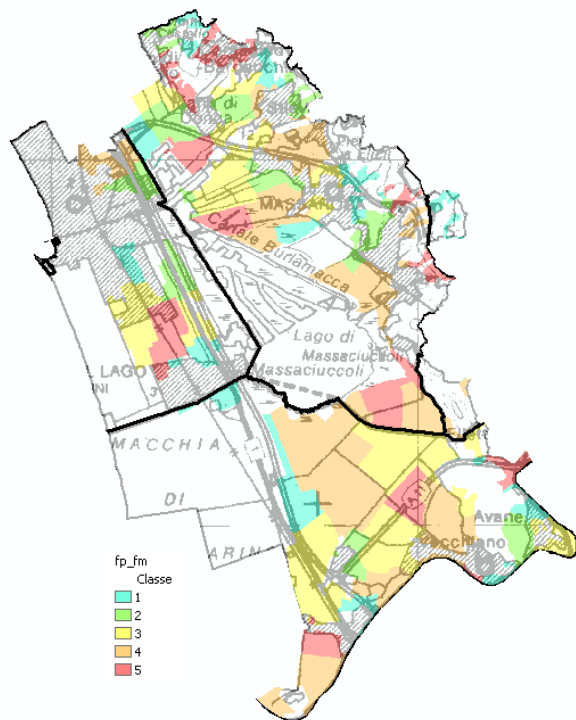
Nelle figure che seguono sono riportati, in dettaglio per la ZVN Massaciuccoli, i vari strati informativi che compongono l'analisi del rischio (IPNOA, Vulnerabilità, Rischio).



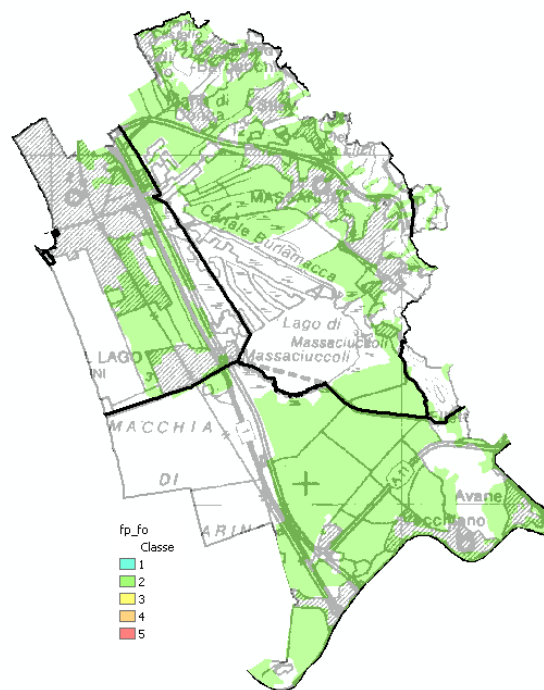


**ARPAT**

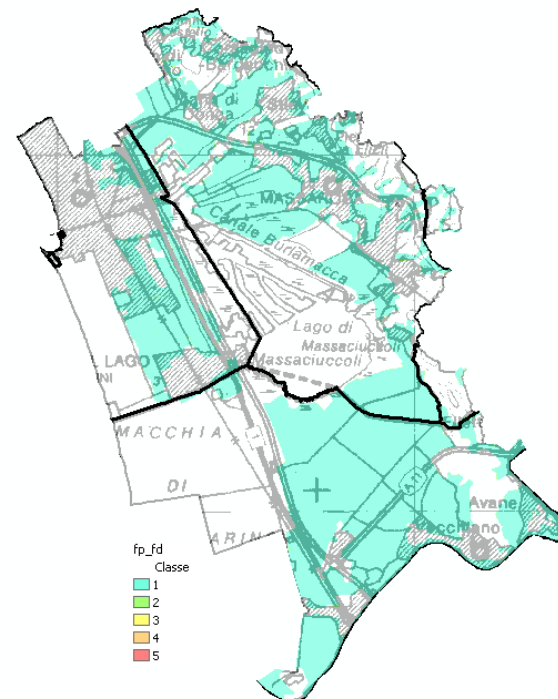
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



Fattore di Pericolo da Fertilizzanti Minerali



Fattore di pericolo da Fertilizzanti Organici

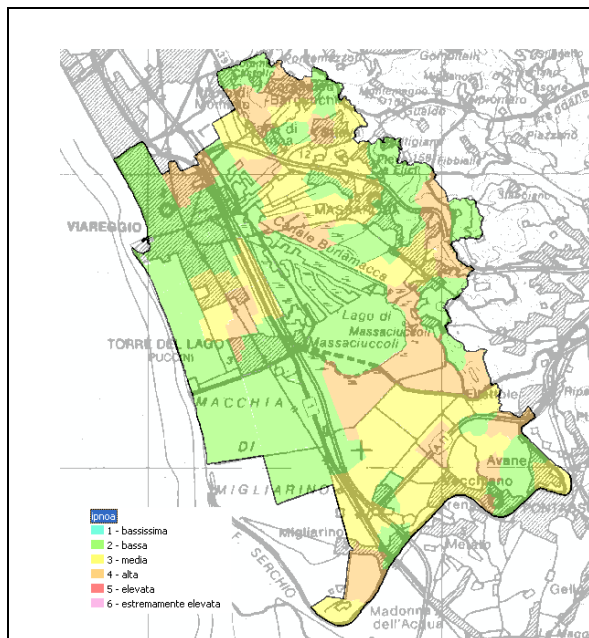


Fattore di Pericolo da Fanghi di Depurazione

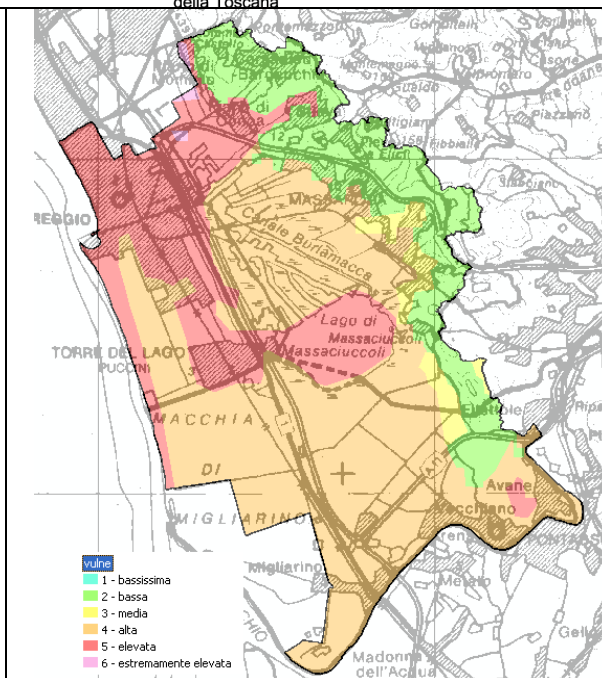


**ARPAT**

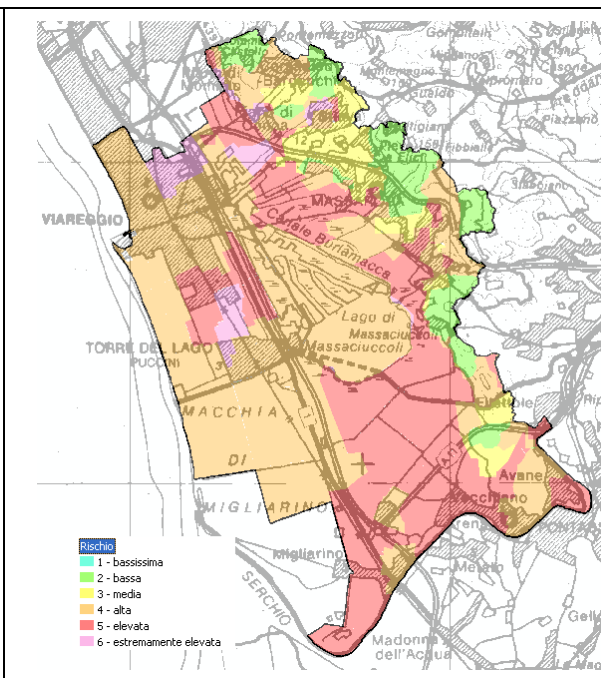
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



Indice di Pericolosità IPNOA



Classi di Vulnerabilità

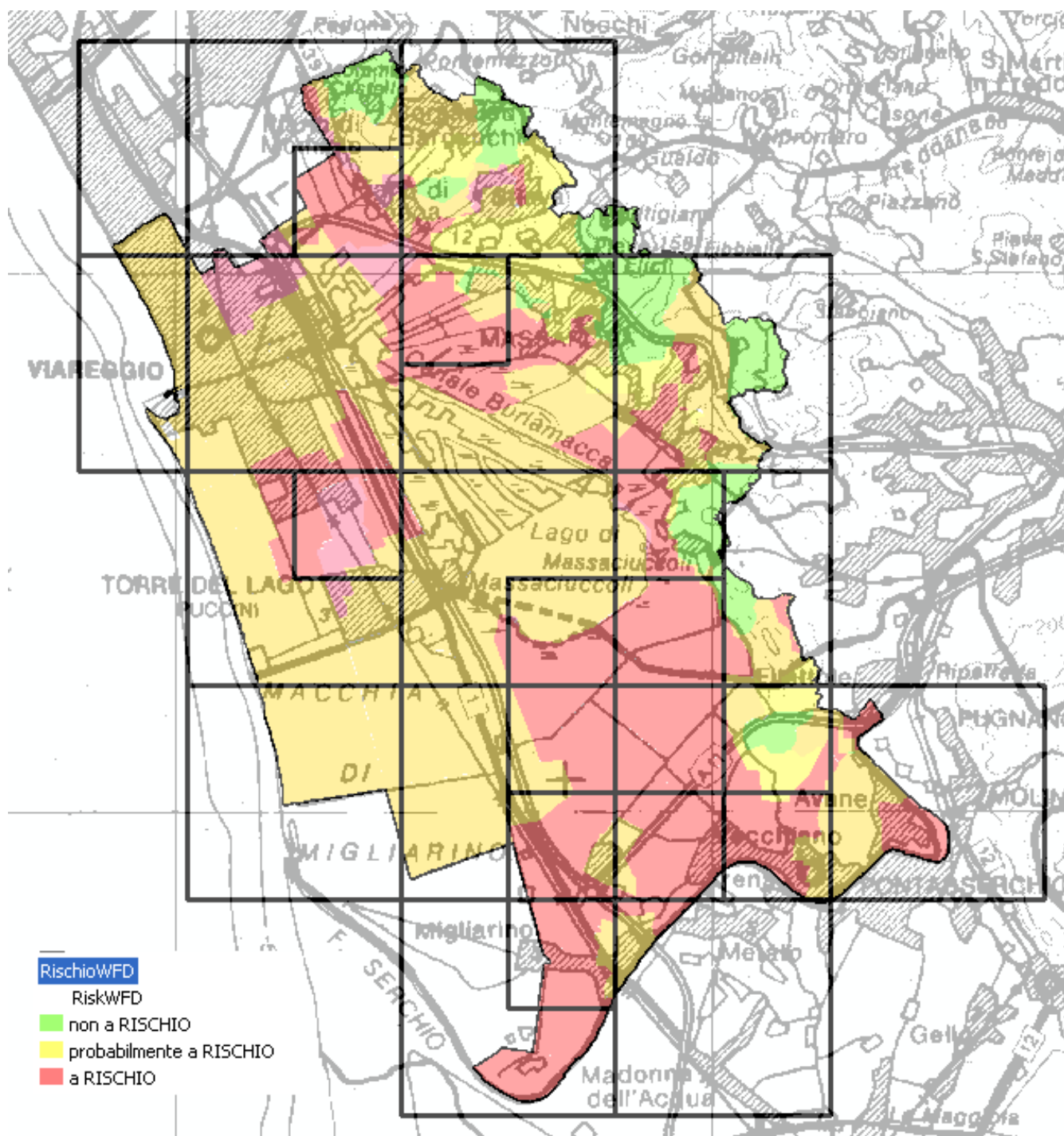


Carta del Rischio



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana





I parametri ricercati sulle acque campionate riguardano, oltre ai nutrienti N e P, indicatori chimico fisici generali, cationi e anioni della facies idrochimica, sostanze inorganiche ed una lista di controllo dei Pesticidi.

I risultati sono riportati nelle tabelle seguenti:

Indicatore		N	<min	<max	Min	Max	Media	Devst	CV	LogCV
Chimico Fisiche	CONDUCIBILITA' - $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C	53	856	856	428	5206	1.54E+03	1.13E+03	0.74	0.09
	OSSIGENO DISCIOLTO - mg/L O <sub>2</sub>	10			0.33	5.1	1.70E+00	1.56E+00	0.92	8.26
	pH - unità pH	36			6.7	7.9	7.33E+00	3.31E-01	0.05	0.02
	DUREZZA TOTALE - °F	18			20	103	4.36E+01	2.15E+01	0.49	0.11
	TEMPERATURA DELL' ACQUA - °C	36			14.9	23	1.84E+01	1.95E+00	0.11	0.04
Facies Idrochimica	CLORURI - mg/L	36			23	1347	2.47E+02	3.53E+02	1.43	0.24
	BICARBONATI - mg/L HCO <sub>3</sub>	36			146	1375.6	4.67E+02	2.88E+02	0.62	0.09
	CALCIO - mg/L Ca	36			39	320	1.45E+02	6.54E+01	0.45	0.09
	SODIO - mg/L Na	36			7	1032	1.76E+02	2.29E+02	1.3	0.26
	POTASSIO - mg/L K	36			1	42	1.46E+01	9.33E+00	0.64	0.36
	MAGNESIO - mg/L Mg	36			7	164	4.03E+01	3.40E+01	0.84	0.22
	SOLFATI - mg/L	36	2	2	1	608	1.66E+02	1.56E+02	0.94	0.25
Inorganiche e Metalli	BROMURI - mg/L	36	0.1	0.5	0.05	4.05	6.97E-01	1.03E+00	1.48	1.05
	FLUORURI - mg/L	18	0.1	0.5	0.05	0.39	1.68E-01	8.98E-02	0.53	0.31
	CROMO - $\mu\text{g}/\text{L}$	18	1	1	0.5	2.4	9.78E-01	7.34E-01	0.75	2.63
	CADMIO - $\mu\text{g}/\text{L}$	18	0.2	0.2	0.1	0.1	1.00E-01	1.20E-09	0	0
	ARSENICO - $\mu\text{g}/\text{L}$	18	1	1	0.5	7.9	1.13E+00	1.74E+00	1.54	2.53
	NICHEL - $\mu\text{g}/\text{L}$	18	1	1	0.5	26	4.11E+00	5.90E+00	1.44	1.17
	RAME - $\mu\text{g}/\text{L}$	18	1	1	0.5	20	3.43E+00	5.32E+00	1.55	3.03
	PIOMBO - $\mu\text{g}/\text{L}$	18	1	1	0.5	31	2.33E+00	7.16E+00	3.07	3.28
	FERRO - $\mu\text{g}/\text{L}$	18	10	10	5	5076	5.79E+02	1.24E+03	2.14	0.47
	MANGANESE - $\mu\text{g}/\text{L}$	18			8.1	1804	6.07E+02	5.94E+02	0.98	0.26
	ZINCO - $\mu\text{g}/\text{L}$	18	1	1	0.5	556	7.42E+01	1.45E+02	1.95	0.92
Nutrienti	AZOTO AMMONIACALE - mg/L N	36	0.016	0.05	0.008	35	3.73E+00	8.32E+00	2.23	3.01
	AZOTO TOTALE - mg/L N	36	1	1	0.5	37	8.73E+00	8.75E+00	1	0.63
	NITRATI - mg/L NO <sub>3</sub>	36	1	5	0.5	<b>147</b>	2.09E+01	3.35E+01	1.6	1.06
	ORTOFOSFATI - mg/L P	36	0.05	0.05	0.025	5.5	5.02E-01	1.09E+00	2.17	0.74
	FOSFORO TOTALE - mg/L P	36	0.05	0.05	0.025	<b>6</b>	6.05E-01	1.16E+00	1.92	0.91



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Pesticidi
CLOROTALONIL - µg/L
CLORPIRIFOS-METILE - µg/L
DDE, OP- - µg/L
DDE, PP- - µg/L
CLORDANO - µg/L
DDD, OP- - µg/L
DDD, PP- - µg/L
DDT, OP- - µg/L
DDT, PP- - µg/L
ALACLOR - µg/L
BENFLURALIN - µg/L
ALDRIN - µg/L
AZINFOS-METILE - µg/L
AZINFOS-ETILE - µg/L
ATRAZINA, DESETIL- - µg/L
<b>ATRAZINA - µg/L</b>
PARATION-METILE - µg/L
PARATION - µg/L
PENDIMETALIN - µg/L
OXADIAZON - µg/L
OXADIXIL - µg/L
METALAXIL - µg/L
METOLACLOR - µg/L
METOSSICLORO - µg/L
SIMAZINA - µg/L
PIRIMIFOS-METILE - µg/L
PIRIMIFOS-ETILE - µg/L
PROPAZINA - µg/L
PROCIMIDONE - µg/L
PROMETRINA - µg/L
ETAFLURALIN - µg/L
ESACLOROCICLOESANO-BETA - µg/L
ESACLOROCICLOESANO-DELTA - µg/L
ESACLOROCICLOESANO-ALFA - µg/L
ESACLOROBENZENE (HCB) - µg/L
ESAZINONE - µg/L
FENTION - µg/L
ETION - µg/L
DIMETOATO - µg/L
DIELDRIN - µg/L
ENDOSULFAN II (BETA) - µg/L

ENDRIN - µg/L
ENDOSULFAN SOLFATO - µg/L
ENDOSULFAN I (ALFA) - µg/L
EPTACLORO EPOSSIDO - µg/L
EPTACLORO - µg/L
IPRODIONE - µg/L
MALATION - µg/L
MALAOXON - µg/L
LINDANO (GAMMA ISOMERO DELL'ESACLOROCICLOESANO) - µg/L
TERBUTRINA - µg/L
TRIFLURALIN - µg/L
TERBUTILAZINA - µg/L
VINCLOZOLIN - µg/L
TERBUTILAZINA, DESETIL- - µg/L

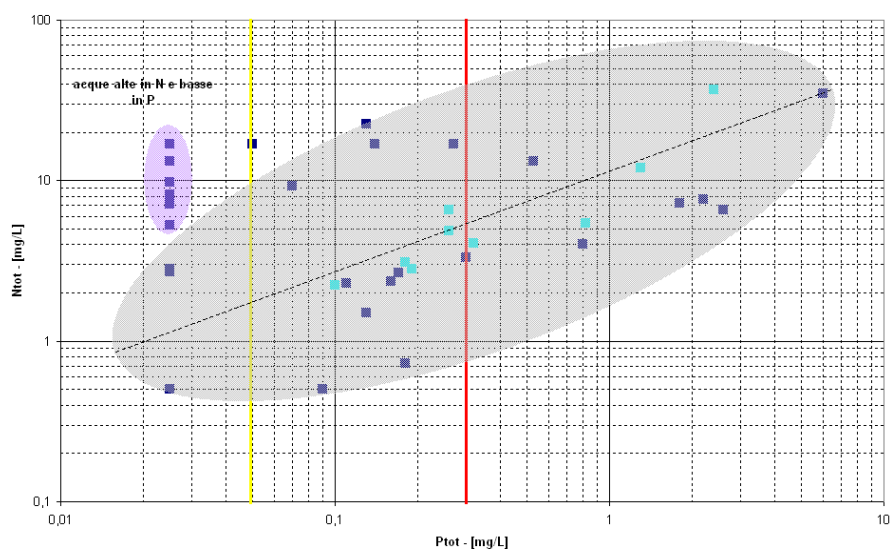
I dati sui nutrienti hanno evidenziato concentrazioni notevoli di nitrati, fino a 147 mg/L, e soprattutto di fosforo, fino a 6 mg/L. Si tratta di concentrazioni del tutto eccezionali considerata da un lato la nota scarsa mobilità del fosforo e dall'altro che tenori già di 0,3 mg/L sono indice di uno stato scadente delle acque dei corsi d'acqua (0.05 mg/L nel caso di acque lacustri).

Analizzando separatamente, per i nutrienti, i due gruppi delle Acque Superficiali e Sotterranee, è apparso altresì evidente che le concentrazioni maggiori sia in nitrati che in fosforo sono presenti nelle acque sotterranee che mostrano, per questi due parametri e soprattutto per il fosforo, una forte variabilità ( $CV > 2$ ).

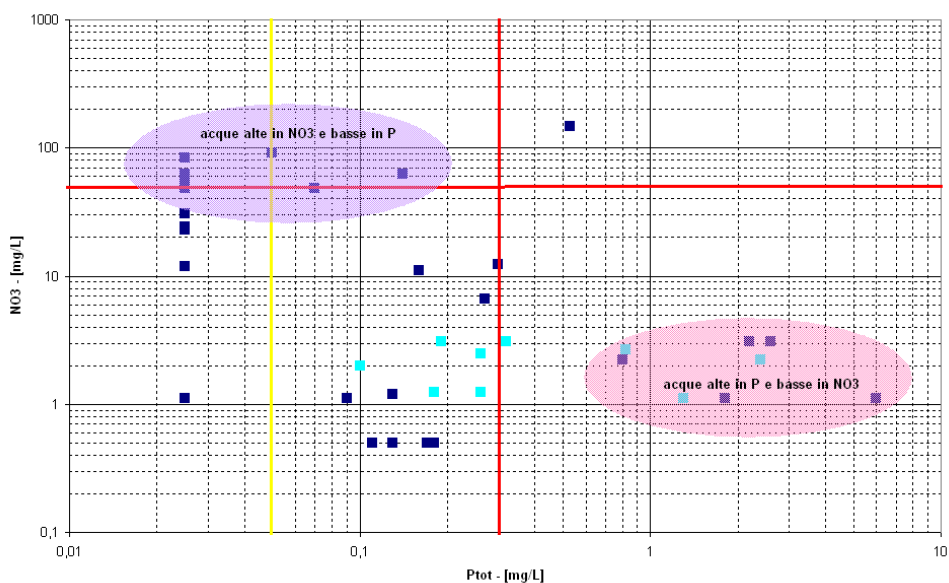
Acque SOTTERRANEE										
Indicatore		N	<min	<max	Min	Max	Media	Devst	CV	LogCV
C	CONDUCIBILITA' ELETTRICA - $\mu S/cm$ a 25°C	40	856	856	428	5206	1,23E+03	8,94E+02	0,73	0,08
	OSSIGENO DISCIOLTO - mg/L O <sub>2</sub>	5			0,33	1,87	8,16E-01	6,64E-01	0,81	1,7
	pH - unità pH	27			6,7	7,8	7,28E+00	3,11E-01	0,04	0,02
	DUREZZA TOTALE - °F	14			20	71	3,64E+01	1,24E+01	0,34	0,09
	TEMPERATURA DELL' ACQUA - °C	27			14,9	23	1,78E+01	1,80E+00	0,1	0,03
Z	AZOTO AMMONIACALE - mg/L N	27	0,016	0,05	0,008	34	3,01E+00	7,19E+00	2,39	2,09
	AZOTO TOTALE - mg/L N	27	1	1	0,5	35	8,75E+00	8,11E+00	0,93	0,68
	NITRATI - mg/L NO <sub>3</sub>	27	1	2,21	0,5	<b>147</b>	<b>2,72E+01</b>	3,67E+01	1,35	0,97
	ORTOFOSFATI - mg/L P	27	0,05	0,05	0,025	5,5	5,16E-01	1,19E+00	2,32	0,72
	FOSFORO TOTALE - mg/L P	27	0,05	0,05	0,025	<b>6</b>	<b>5,91E-01</b>	1,28E+00	<b>2,17</b>	0,83

Acque SUPERFICIALI										
Indicatore		N	<min	<max	Min	Max	Media	Devst	CV	LogCV
C	CONDUCIBILITA' ELETTRICA - $\mu S/cm$ a 25°C	13			999	4570	2,50E+03	1,29E+03	0,52	0,07
	OSSIGENO DISCIOLTO - mg/L O <sub>2</sub>	5			0,48	5,1	2,58E+00	1,75E+00	0,68	1,31
	pH - unità pH	9			6,7	7,9	7,46E+00	3,71E-01	0,05	0,03
	DUREZZA TOTALE - °F	4			38	103	6,88E+01	2,96E+01	0,43	0,11
	TEMPERATURA DELL' ACQUA - °C	9			17,4	22	2,00E+01	1,41E+00	0,07	0,02
Z	AZOTO AMMONIACALE - mg/L N	9	0,05	0,05	0,025	35	5,87E+00	1,13E+01	1,93	7,44
	AZOTO TOTALE - mg/L N	9			2,23	37	8,67E+00	1,10E+01	1,27	0,5
	NITRATI - mg/L NO <sub>3</sub>	9	2,213	5	1,107	3,0982	<b>2,13E+00</b>	7,83E-01	0,37	0,59
	ORTOFOSFATI - mg/L P	9	0,05	0,05	0,025	2,3	4,63E-01	7,50E-01	1,62	0,82
	FOSFORO TOTALE - mg/L P	9			0,1	2,4	<b>6,48E-01</b>	7,63E-01	<b>1,18</b>	1,09

Il diagramma binario  $P_{tot}$ - $N_{tot}$  mostra la generale correlazione tra i due parametri, ma anche la possibile presenza di un gruppo di acque sotterranee con contenuti alti in N e bassi in P, gruppo cui appartiene anche l'unico campione positivo per atrazina con nitrati = 61 mg/L e fosforo < 0.05 mg/L.

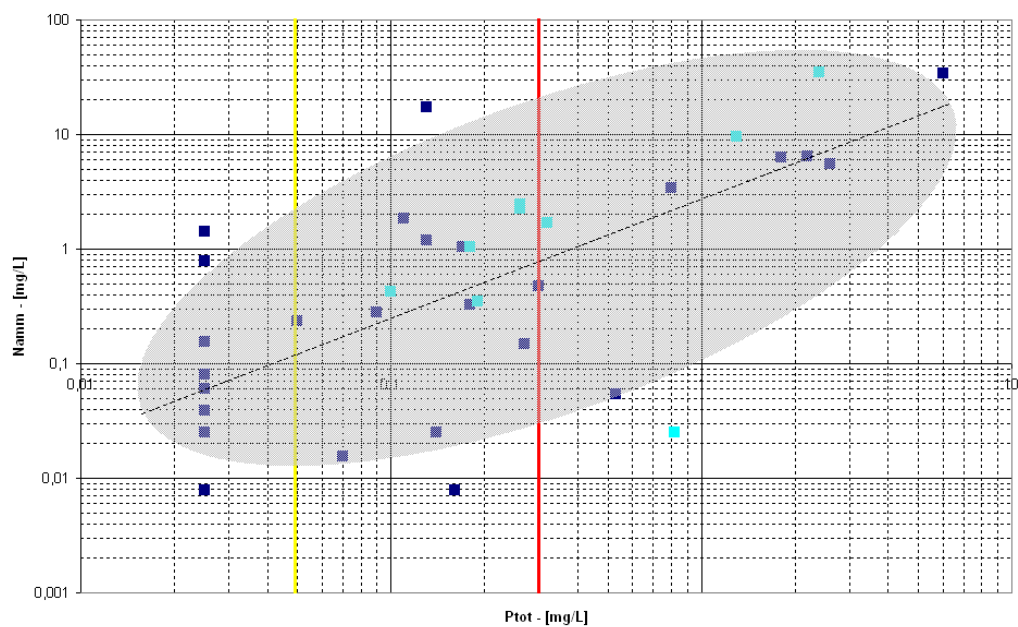


I due successivi diagrammi binari del fosforo, contro le due speciazioni dell'azoto in campo ossigenato (nitrati) e ridotto (ammonio), evidenziano come il gruppo delle acque alte in N e basse in P corrispondano anche ad acque sotterranee ossigenate a Nitrati.

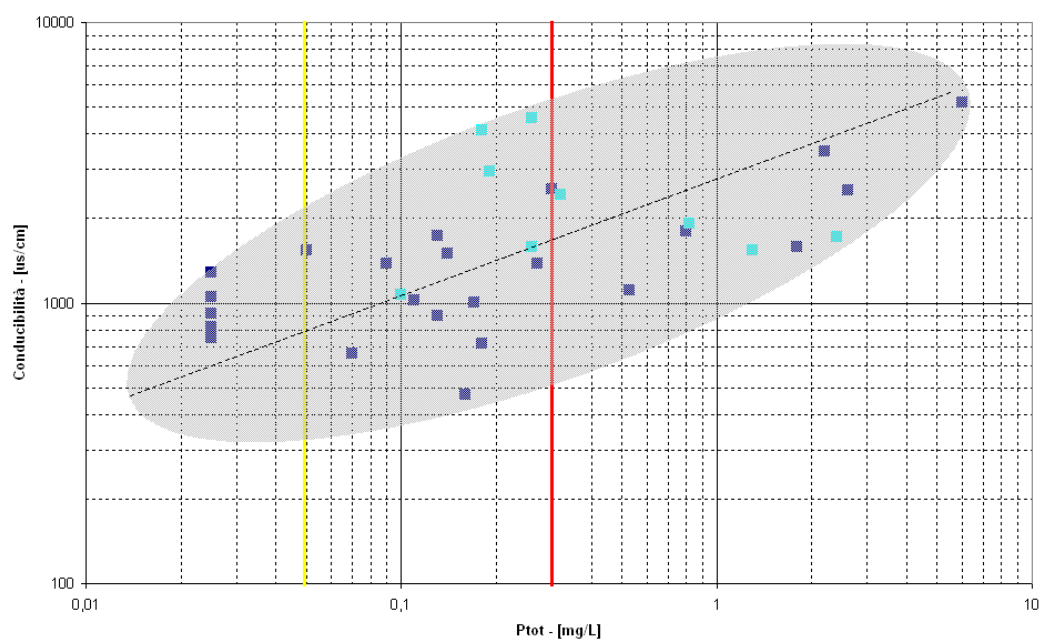




**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

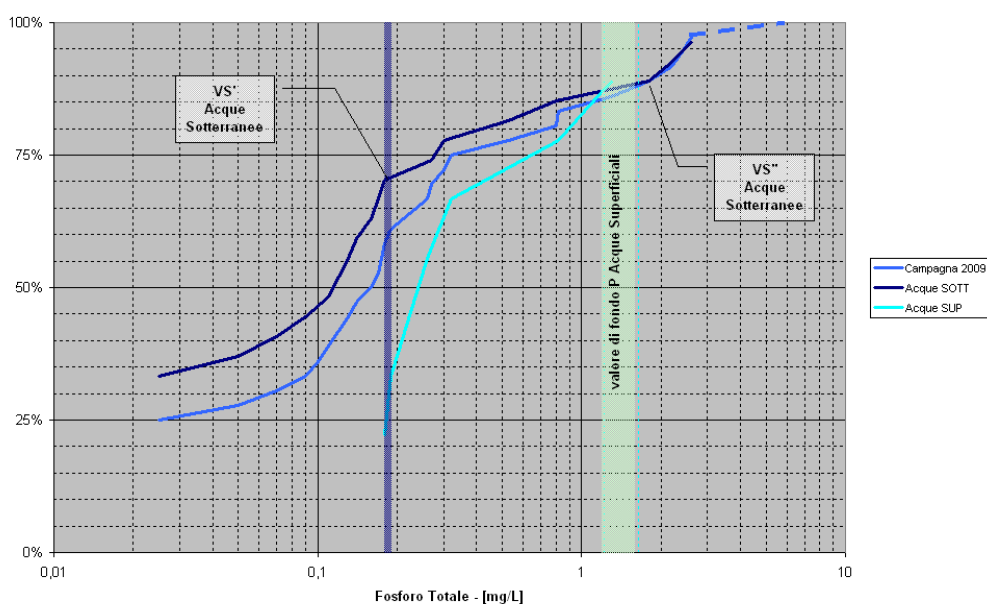
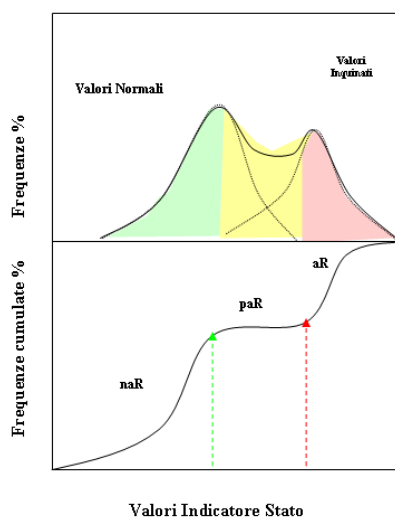


Una ulteriore caratteristica delle acque ricche in fosforo è data anche da una discreta correlazione con la conducibilità.



La presenza, nelle acque sotterranee del Massaciuccoli, di due distinte famiglie in quanto a contenuti di fosforo, suggerita in precedenza anche dagli elevati valori del CV, è stata dunque analizzata tramite un diagramma delle frequenze cumulate.

La figura sotto riportata mostra, in relazione ad una ipotesi teorica di due popolazioni, una derivata dalle concentrazioni normali ed una da concentrazioni inquinate, il significato e la posizione di possibili soglie di separazione tra le diverse popolazioni



Il diagramma delle frequenze cumulate del fosforo conferma, in effetti, una decisa distinzione tra la distribuzione di frequenza delle acque sotterranee, dove sembrano coesistere due popolazioni e quella, relativamente più omogenea, delle acque superficiali.

Per quest'ultimo gruppo l'analisi tramite ProUCL<sup>6</sup> di EPA ha evidenziato un solo possibile outlier (AS16 P = 2,1 mg/L) ed una possibile compatibilità dei dati rimanenti con le distribuzioni lognormali e gamma. ProUCL suggerisce come probabile valore di fondo un Upper Prediction Limit con confidenza del 95% pari a 1,6 mg/L ed un valore del 95° percentile (parametro indicato da ISPRA [2009]) pari a 1,2 mg/L.

Si tratta di valori ben al di sotto dei valori in eccesso di fosforo presenti in almeno 3 pozzi (F1: 2,2 mg/L, PZ2: 2,6 mg/L e MW3: 6 mg/L) come nello stesso campione di acqua superficiale individuato come possibile outlier, campioni ubicati, tutti, nel settore sud del Lago nel Comune di Vecchiano.

L'esistenza di valori così elevati di fosforo nelle acque sotterranee, considerata la bassa solubilità e mobilità in acqua delle molecole associate, rappresenta un aspetto decisamente peculiare del sistema Massaciuccoli e pone alcuni interrogativi sulle fonti di origine.

L'apporto di fosforo dalle concimazioni, infatti, per quanto certamente critico e notevole nell'ambiente del Massaciuccoli, come testimoniano i valori comunque elevati riscontrati nelle acque superficiali (media 0.6 mg/L) e superiori ai valori soglia di stato scadente del Dlgs 152/99 (0.05 mg/L per i laghi e 0.03 mg/L per i corsi d'acqua), non sembra, infatti, in grado di giustificare concentrazioni così notevoli, soprattutto nelle acque sotterranee e nell'ordine di più mg/L.

D'altra parte anche in presenza di un eccesso di apporto di fosforo dalla superficie, dovremmo attenderci, vista la bassa mobilità, una maggior presenza nelle acque superficiali rispetto alle sotterranee.

---

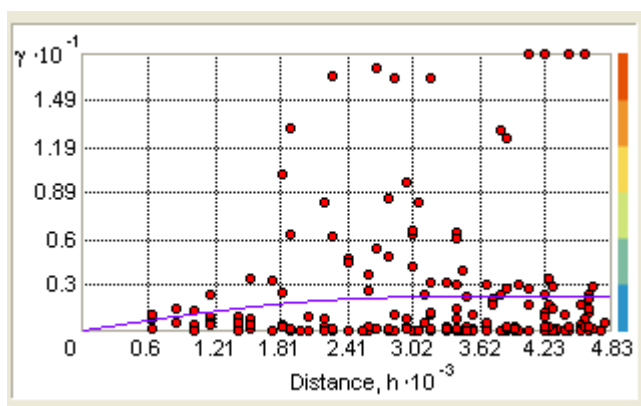
<sup>6</sup> Software di pubblico dominio dell'Agenzia Ambientale degli Stati Uniti (EPA) per l'esecuzione di test statistici (parametrici e non) per il riconoscimento di popolazioni e definizione dei valori di fondo.  
<http://www.epa.gov/esd/tsc/software.htm>

Una ipotesi alternativa, attualmente in corso di approfondimento (Rossetto et alii, 2010) è data da una possibile origine naturale del fosforo, dovuto alla degradazione e ossidazione dei depositi torbosi, prosciugati dalla bonifica idraulica e lavorati in superficie per l'uso agricolo.

Numerosi autori ([EUROPEAT](#), 2006), hanno segnalato infatti, sia per gli effetti sulla produzione di gas serra che per la produzione occulta di nutrienti, l'esistenza, proprio in contesti di ex-zone palustri sottoposte a bonifica, di importanti processi di degradazione della sostanza organica con rilascio di CO<sub>2</sub> in aria e nutrienti nelle acque di circolazione.

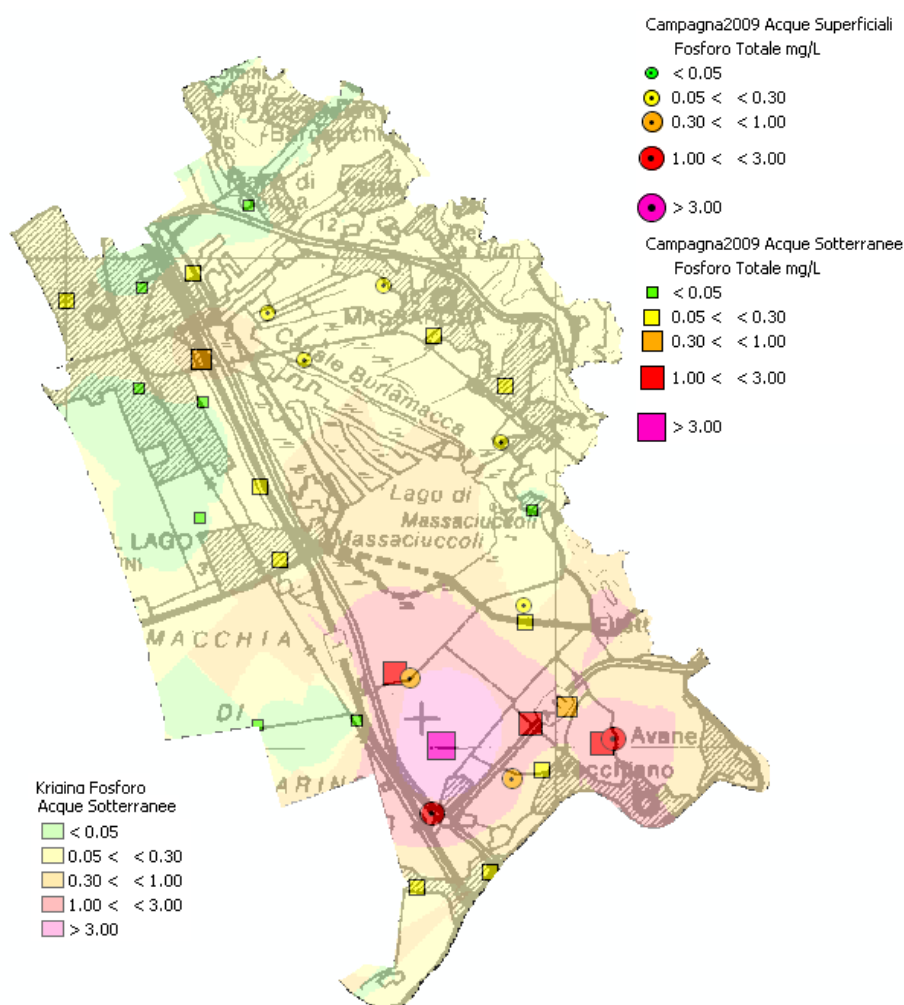
La subsidenza che si genera in queste aree (Gambolati et alii, 2007), non appare controllata dalla sola compattazione meccanica del materiale ma anche da una sorta di "compattazione chimica" ,provocata dalla degradazione del materiale torboso una volta drenato, portato in superficie e sottoposto a processi di lavorazione agricola che con l'aratura rappresentano un ulteriore incremento all'areazione ed ossidazione di questo tipo di terreni.

Nelle figure che seguono sono riportate alcune elaborazioni della distribuzione spaziale del fosforo. Il variogramma, nonostante la forte variabilità, è risultato con assenza di errore nell'origine e range di continuità dei valori pari a 3 Km ca.



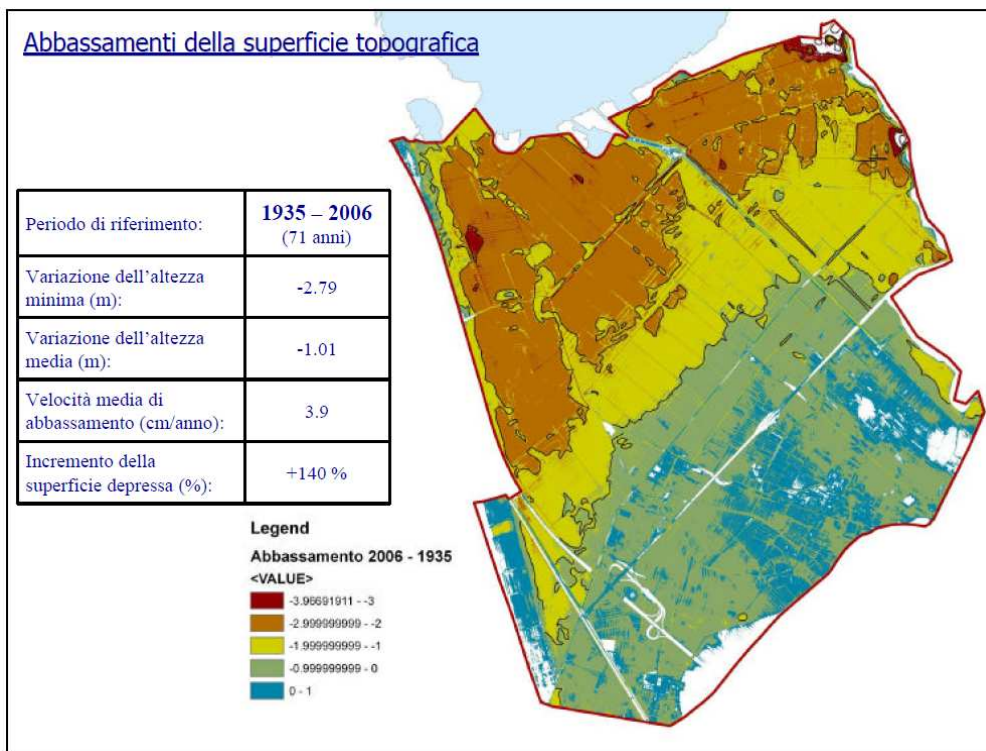


A probabile conferma dell'ipotesi di una origine naturale, seppure indotta, derivata dai processi di degradazione delle torbe si può osservare come i maggiori contenuti di fosforo risultino concentrati entro un'area di forma triangolare, compresa tra i tracciati autostradali dell'area meridionale, ed in buona corrispondenza sia con gli stessi limiti della zona di bonifica di Vecchiano sia con i valori massimi osservati di subsidenza, fino a -3 m, registrati nel periodo 1935-2009 dal Consorzio di Bonifica Versilia Massaciuccoli (2009).

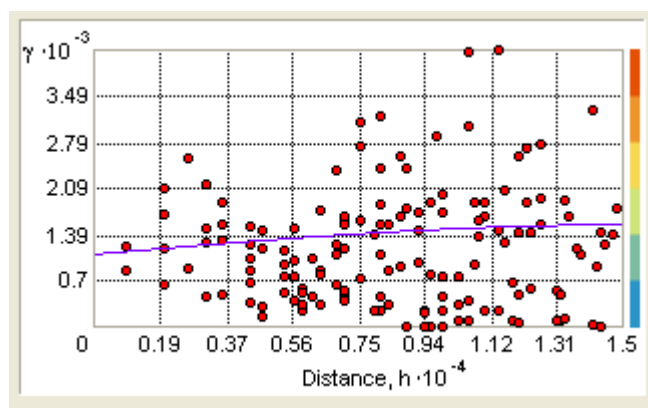




**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana



L'elaborazione spaziale dei dati dei nitrati, è stata limitata all'utilizzo dell'algoritmo dell'Inverso della Distanza (IDW), poiché non è risultata una sufficiente continuità espressa da un variogramma sostanzialmente piatto.

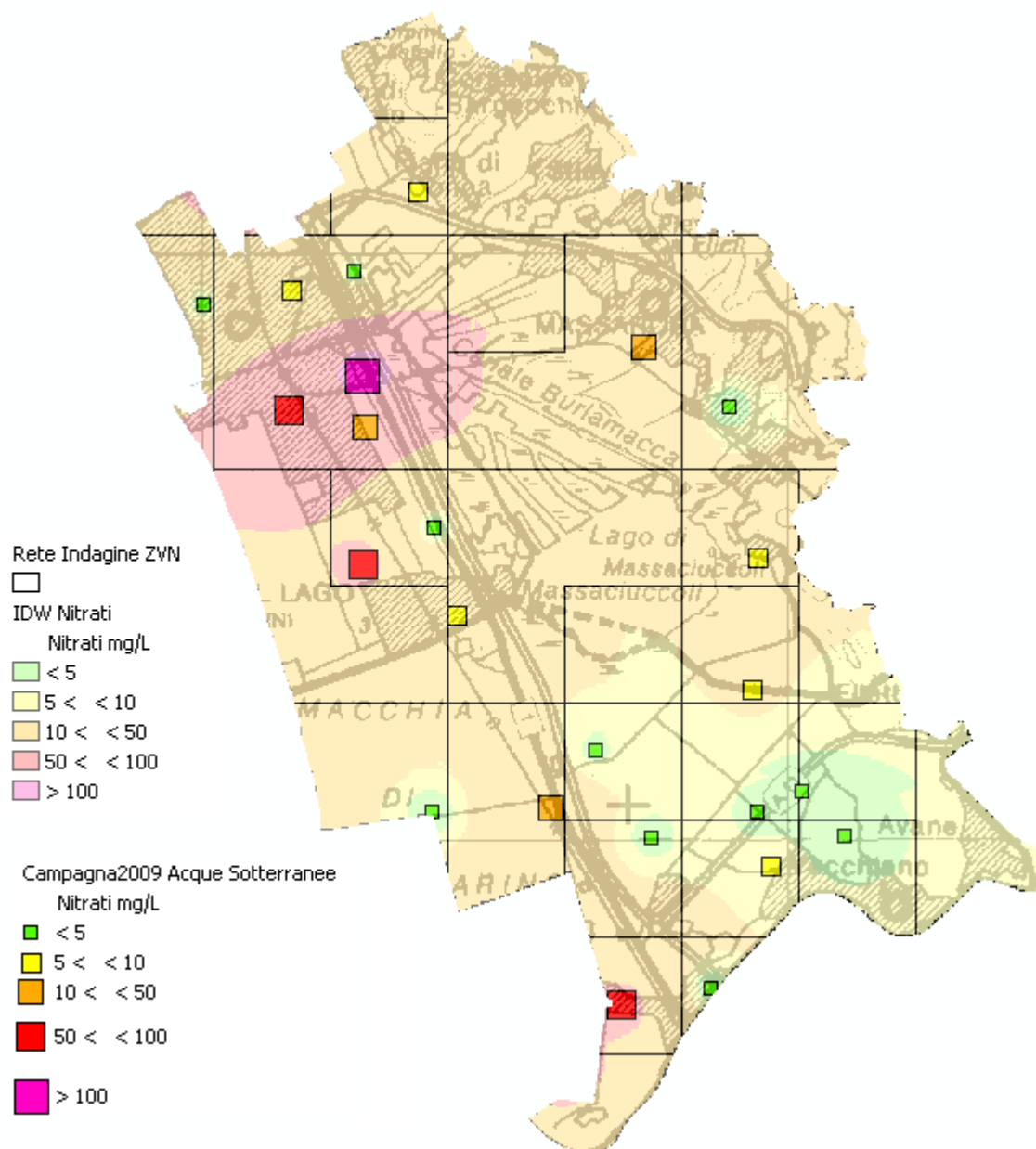


La mappa elaborata rende conto di quanto descritto in precedenza circa l'assenza di correlazione tra nitrati e fosforo.



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



## 1.6 CONCLUSIONI

Nella Tavola allegata: Zone Vulnerabili da Nitrati di Origine Agricola sono riportati i risultati del lavoro svolto per quanto riguarda:

- l'analisi dei dati di monitoraggio disponibili per l'identificazione dei punti a rischio e valutazione dei trend in corso;
- l'analisi territoriale delle pressioni e degli impatti per i corpi idrici superficiali e sotterranei, rapportate alla vulnerabilità specifica per la definizione del rischio effettivo di inquinamento da Nitrati e Nutrienti di origine agricola;
- la distribuzione dei Nitrati derivata da specifiche campagne di monitoraggio d'indagine

### 1.6.1 ZONE DESIGNATE E NUOVE PROPOSTE

Il raffronto dei risultati con lo stato dell'arte della designazione delle ZVN evidenzia quanto segue:

- 1) Le ZVN A, attualmente designate, corrispondono alle aree più a rischio.
- 2) L'analisi dei trend sulle ZVN designate nel 2003 evidenzia attualmente, alla fine del 2007, una situazione ancora critica per quanto riguarda il contenuto dei Nitrati nelle acque sotterranee con ben 5 stazioni in incremento significativo (4 nella ZVN del Cecina ed una nella ZVN della Chiana) solo in parte mitigate da due stazioni in decremento significativo ed una in reversal trend sempre sulla ZVN del Cecina;
- 3) La condizione nel complesso negativa per quanto riguarda le acque sotterranee, certamente caratterizzate da tempi più lunghi di ricarica e rinnovamento rispetto ai corpi idrici superficiali, è in parte mitigata dai risultati dell'analisi dei trend del contenuto in Ptot delle acque superficiali (corsi d'acqua e laghi) in particolare della ZVN Chiana, con 3 stazioni in decremento significativo;

- 4) Le ZVN B, in approfondimento, corrispondono egualmente ad aree a rischio con l'eccezione della ZVN Pitigliano;
- 5) L'analisi dei Trend per le zone B, presenta una situazione leggermente più positiva, con un solo caso di trend in incremento (Pozzo di Trebbio della Val Tiberina) interpretabile, in realtà, anche come reversal trend in attuale decremento. Segnali positivi anche dal decremento significativo del contenuto in Ptot dello stesso Lago di Montedoglio.

In conclusione, l'analisi di rischio riconferma le Zone A attualmente designate come assolutamente critiche per quanto si intravedano alcuni segnali di miglioramento dal 2004 per le acque sotterranee e dal 2002 per le acque superficiali.

Per quanto riguarda invece l'opportunità di nuove possibili individuazioni rappresentate anche dalle stesse Zone B si osserva quanto segue:

- La ZVN Fiora Pitigliano, sebbene mostri nel complesso, livelli discreti di concentrazione dello ione nitrato, non risulta tra le aree critiche individuate dall'analisi di rischio; considerato l'esiguo numero di stazioni attualmente presenti, si suggerisce un approfondimento sulle origini del contenuto di nitrati ed al momento una sospensione dall'elenco delle ZVN in proposta;
- Le ZVN Cornia e Grosseto sono invece confermate dall'analisi di rischio e potrebbero rappresentare nuove designazioni;
- Ulteriori ZVN di possibile nuova designazione, individuate dall'analisi di rischio e confermate anche da tenori complessivi dello ione nitrato superiori a 25 mg/L, sono rappresentate in primo luogo dai Corpi Idrici Sotterranei della Pianura dell'Albegna e della Pianura di Follonica ed in ultimo della Pianura di Prato dove, seppure in presenza di una notevole pressione civile l'analisi di rischio rivela anche un possibile contributo di parte agricola;

- Ulteriori ZVN di possibile nuova individuazione per la matrice delle acque superficiali e problematiche di eutrofizzazione sono individuate infine nei bacini e sottobacini dei seguenti corsi d'acqua:

- Emissario di Bientina, Canale Altopascio e Canale Rogio;
- Canale Usciana;
- Era, Elsa, ed Arno a Valle di Fucecchio;
- Greve, Mugnone, Ombrone a monte della Caserana ed Arno a valle di Rosano;
- Arno a Figline.

e laghi:

- Orti Bottagone;
- Diaccia Botrona;
- Santa Luce;
- MontePulciano e Chiusi;
- Bolgheri;
- Accesa

Da notare che tutte le aree sopraindicate per quanto riguarda i corsi d'acqua ed i laghi di Levane e la Penna, sono ricomprese nell'ampia area sensibile del Fiume Arno, corrispondente all'intero bacino escluse Mugello e Casentino ed alta Val Bisenzio, dove per maggiore fonte di pressione rappresentata dal carico di acque reflue urbane sono previsti specifici obiettivi e interventi da parte della direttiva 91/271.

L'individuazione di una ZVN in queste aree, giustificata dall'analisi di rischio condotta, potrebbe portare un ulteriore contributo al risanamento attraverso un possibile controllo e riduzione delle pressioni agricole.

### *1.6.2 AREE A RISCHIO NELLE ZONE VULNERABILI*

La valutazione di rischio, effettuata secondo la metodologia sopra descritta, ha permesso da un lato, di assegnare, secondo gli indirizzi della normativa di settore, la categoria di rischio ai corpi idrici superficiali e sotterranei sui quali condurre il monitoraggio operativo e di sorveglianza negli anni a venire, una volta definiti i nuovi corpi idrici e la nuova rete di monitoraggio, e dall' altro di convalidare ed integrare le ZVN attualmente designate ed in approfondimento.

La carta delle zone vulnerabili da nitrati, prodotta sulla scorta dei dati di monitoraggio ma anche di una analisi di rischio più puntuale, presenta, all'interno delle aree di riferimento dei corpi idrici vulnerati e/o vulnerabili, areali di maggior interesse che corrispondono alle aree effettivamente a rischio.

Le aree a rischio delle ZVN possono rappresentare effettive priorità su cui meglio concentrare gli sforzi e le possibilità permesse dal Codice di Buona Pratica Agricola e dal Programma d'Azione.

### *1.6.3 MONITORAGGIO D' INDAGINE NELLE ZVN*

I risultati delle reti di monitoraggio d'indagine sulle ZVN della Chiana e Massaciuccoli, derivate dall'analisi di rischio, convalidano l'importanza e significatività delle pressioni agricole. Inoltre tali indagini hanno evidenziato, ad una scala di maggiore dettaglio, come sia necessario considerare i diversi processi e contesti naturali, oltre alla necessità di approfondire le conoscenze attuali.

Nel caso della ZVN della Chiana sono state osservate, infatti, aree con basse concentrazioni di nitrati pur in presenza di rischio, riferibili a probabili condizioni redox di facies ridotta. Si tratta di aree forse riferibili ad ex zone depresse con prevalente sedimentazione fine e torbosa, nelle quali potrebbe realizzarsi naturalmente il processo di denitrificazione e parziale trasformazione della molecola nitrato in molecola ammonio ma forse anche a zone influenzate da possibili mixing con acque di venuta profonda, non inusuali nel contesto idrogeochimico della Chiana.



Per la ZVN di Massaciuccoli la campagna 2009 ha riportato sia nelle acque sotterranee che superficiale (rete dei canali) notevoli concentrazioni di nutrienti, in particolare nelle acque profonde eccezionali concentrazioni di fosforo.

Le concentrazioni misurate di fosforo, nell'ordine di qualche mg/L, sono risultate ben superiori ai tenori, già elevati, osservati nelle acque superficiali e per la loro origine è stata ipotizzata una possibile fonte naturale, data dai processi di degradazione chimica per ossidazione dei depositi torbosi innescata dal prosciugamento meccanico di queste aree e favorita ulteriormente dall'uso agricolo di questi terreni con continua aratura e frammentazione di questi depositi.



## **2 AREE SENSIBILI**

Si considera area sensibile secondo quanto indicato dal Dlgs 152/06 ex Dlgs 152/99 un sistema idrico classificabile in uno dei seguenti gruppi:

- a) laghi naturali, altre acque dolci, estuari e acque del litorale già eutrofizzati, o probabilmente esposti a prossima eutrofizzazione in assenza di interventi protettivi specifici.
- b) acque dolci superficiali destinate alla produzione di acqua potabile che potrebbero contenere, in assenza di interventi, una concentrazione di nitrato superiore a 50 mg/L (stabilita conformemente alle disposizioni pertinenti della direttiva 75/440 concernente la qualità delle acque superficiali destinate alla produzione d'acqua potabile)
- c) aree che necessitano, per gli scarichi afferenti, di un trattamento supplementare al trattamento secondario al fine di conformarsi alle prescrizioni previste dalla presente norma.

Lo stesso Dlgs 152/06 indica con l'art.91 come aree sensibili i seguenti corpi idrici:

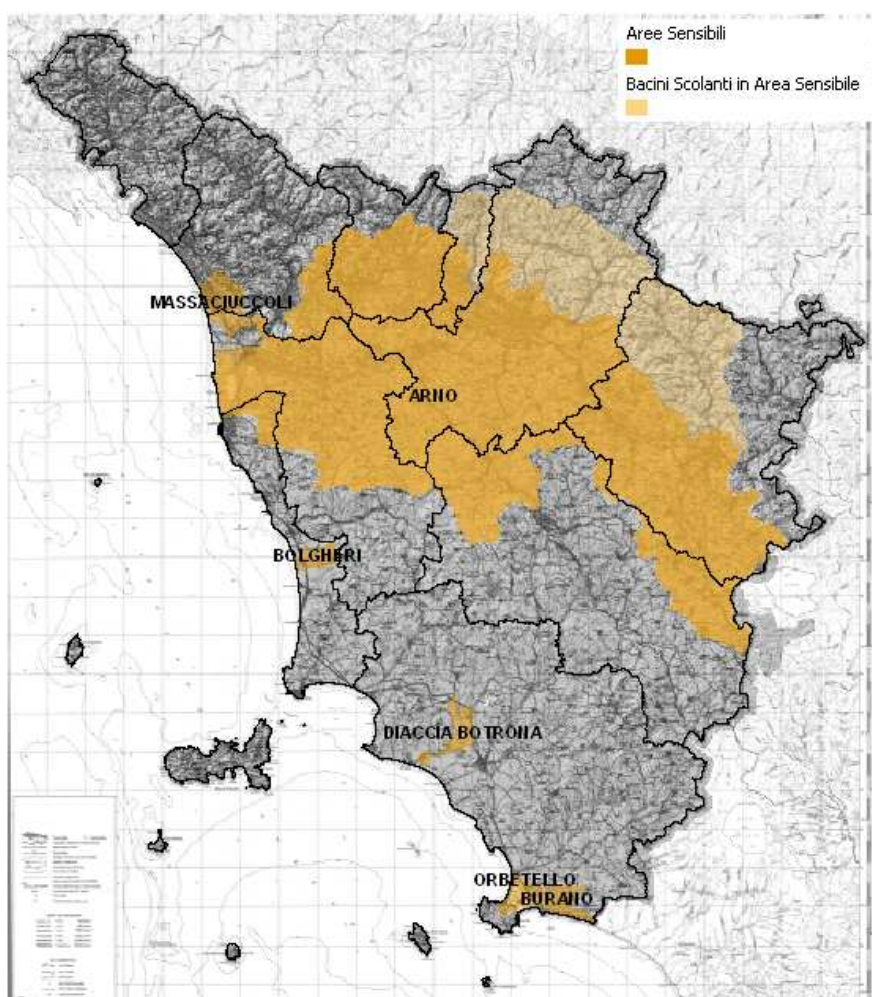
- Arno a Valle di Firenze e relativi affluenti
- Area lagunare di Orbetello

In ottemperanza al disposto dell'art.91 del D.Lgs. 152/06 (già art. 18 del D.Lgs. 152/99), la Regione Toscana ha identificato sul proprio territorio a partire dalla delibera di Consiglio Regionale n. 170 dell' 8 ottobre 2003 fino ad oggi sei aree sensibili.

- Padule di Bolgheri nel bacino regionale del Toscana Costa (Delibera di Consiglio Regionale n. 170/2003)
- Zona circostante al Lago di Massaciuccoli nel bacino del fiume Serchio (Delibera di Consiglio Regionale n. 172/2003)
- Area sensibile del bacino dell'Arno (Delibera di Consiglio Regionale n. 6/2005)

- Padule della Diaccia Botrona nel bacino regionale dell'Ombrone (Delibera di Consiglio Regionale n. 171/2003)
- Lago di Burano nel bacino regionale dell'Ombrone (Delibera di Consiglio Regionale n. 171/2003)
- Laguna di Orbetello nel bacino regionale dell'Ombrone (Delibera di Consiglio Regionale n. 171/2003)

Si è trattato di aree per le quali esistevano, da un lato, per il Massaciuccoli, Orbetello, e l'Arno problematiche note di eutrofizzazione dovute a pressioni anche di tipo civile e dall'altro la presenza di zone umide (Bolgheri, Diaccia Botrona), già individuate ai sensi della convenzione RAMSAR del 2/2/1971 resa operativa con DPR 448/1976.



La perimetrazione delle suddette aree è stata distinta, nel solo caso dell'Arno, in "Aree Sensibili" in s.s. e, nel solo caso dell'Arno, e nei "Bacini Scolanti in Area Sensibile", rappresentati dalle aree montane di Mugello, Casentino e Medio Alto Bisenzio.

La distinzione indicata dal Piano di Tutela non ha però effetti di sorta sulle prescrizioni e sugli obiettivi indicati dalla Direttiva 91/271, dal momento che, come indicato nel comma 5 dell'articolo 5 della direttiva i commi 2, 3 e 4 dello stesso articolo relativi alle prescrizioni su N e P per singoli impianti o per l'intero bacino si applicano a tutti gli scarichi ... *"situati all'interno dei bacini drenanti in aree sensibili e che contribuiscono all'inquinamento di tali aree"* Secondo un recente chiarimento dato dal Ministero in occasione del Questionario sulla Direttiva 91/271 Urban Waste Water Treatment Plant (UWWTP) del 2009, l'area sensibile in s.s. dovrebbe corrispondere così ad un corpo idrico (corso d'acqua o lago) mentre il "bacino drenante" all' area sensibile in s.e. cioè ad una delle Aree Protette di cui all'art. 6 della Direttiva 2000/60 dove si applicano le particolari disposizioni della direttiva 91/271.

E' possibile però, in ogni caso, distinguere tra bacini drenanti che contribuiscono meno all'inquinamento di tali aree.

## 2.1 SISTEMA DI COLLETTAMENTO E DEPURAZIONE: BILANCIO DEPURATIVO

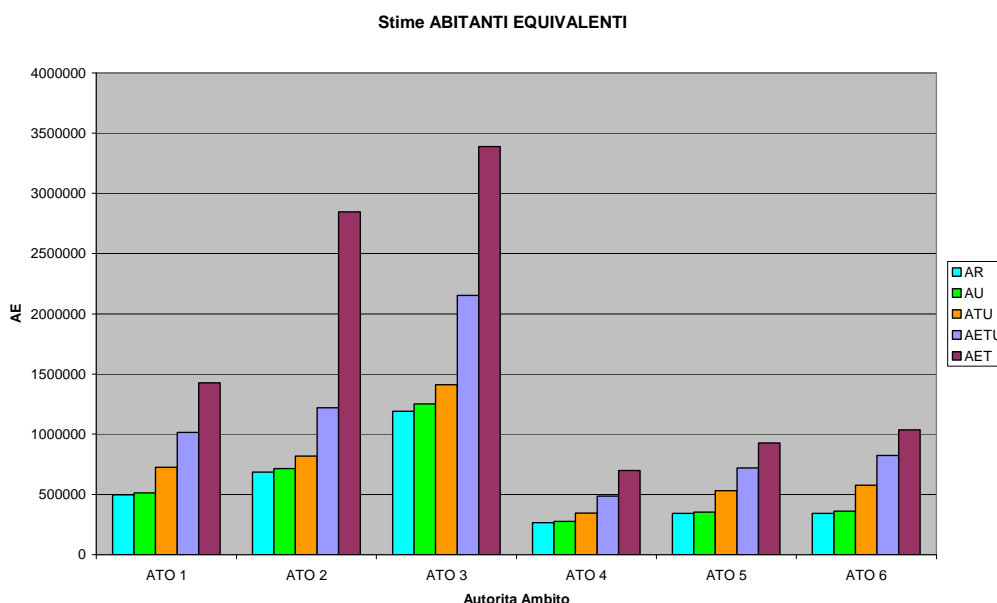
### 2.1.1 DEFINIZIONE DEGLI AGGLOMERATI

La definizione degli Agglomerati indicati dalla Direttiva 271/91/CE, richiesti con il primo Questionario della Commissione Europea 2007 per la raccolta delle informazioni ai sensi degli articoli 13 e 15, si è basata sulle seguenti fonti di dati.

- ⇒ Perimetri delle Località ISTAT (Centri e Nuclei) con relative stime del Carico Generato calcolato dalla metodologia ISTAT (ISTAT 2007). ISTAT ha fornito i dati comunali del censimento 2001 con proiezione al 2005 relativi alle singole

componenti (popolazione residente, presente, pendolari, posti letto, seconde case, servizi ristorazione, micro e macro attività manifatturiere cioè inferiori o superiori a 5 addetti). I dati e le stime ISTAT, derivati dai coefficienti CNR-IRSA, sono state quindi disaggregate a livello di singola località ancora sulla base degli stessi Censimenti ISTAT 2001 dell'industria e della popolazione acquisendo, al contempo, da CNR-IRSA coefficienti più mirati relativi al metodo per sottoclassi relativo all'industria alimentare (Barbiero et alii, 1998) e dal metodo dei coefficienti zonali di livello provinciale (Barbiero, 2003). Le varie componenti che concorrono alla definizione degli AETU ed AET secondo la metodologia ISTAT sono riunite nelle seguenti stime:

- AR – abitanti residenti
- AU – abitanti urbani (con presenti e pendolari)
- ATU – abitanti totali urbani (con componente turistica e servizi di ristorazione)
- AETU – abitanti equivalenti totali urbani (con attività economiche fino a 5 addetti)
- AET – abitanti equivalenti totali

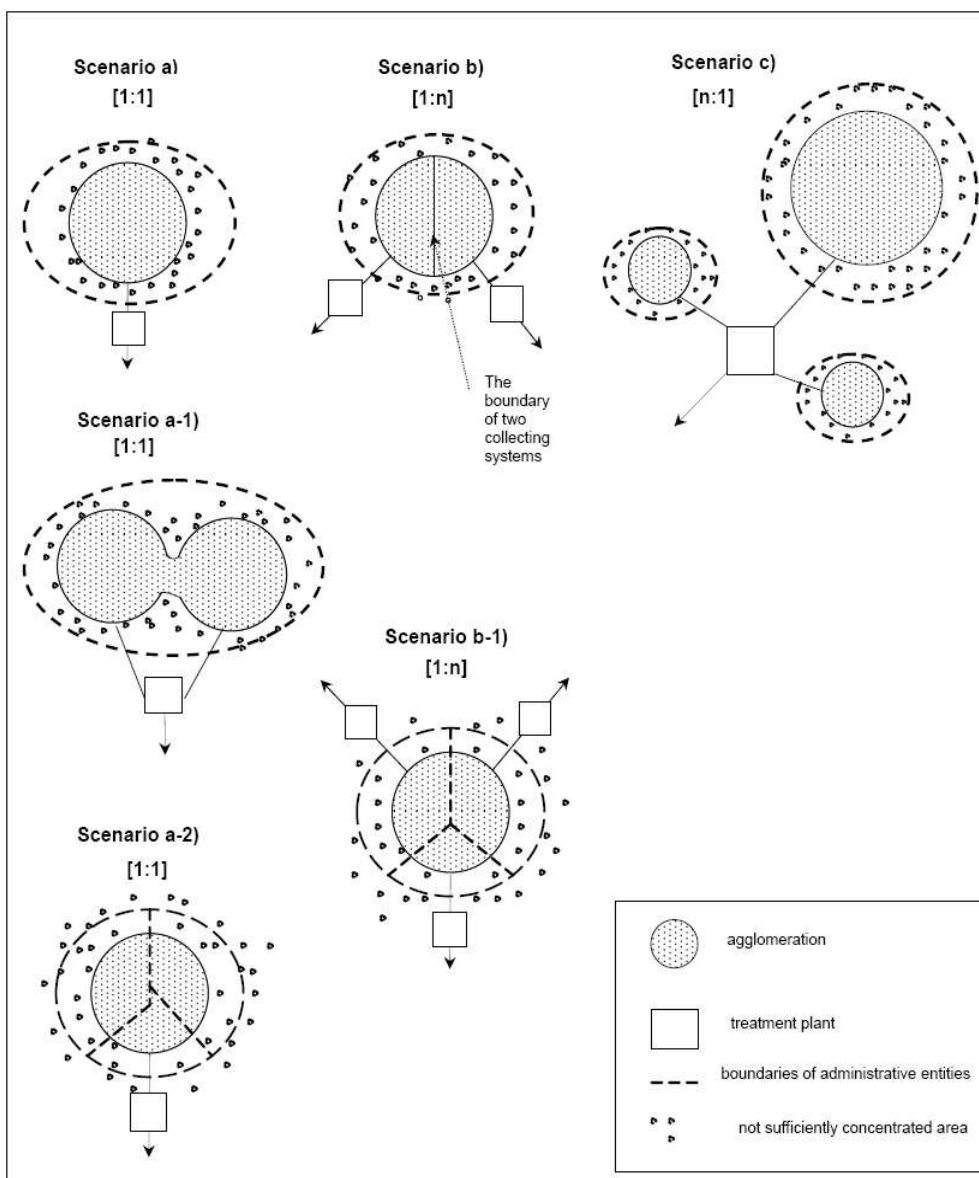


- ⇒ Censimento dello stato della depurazione (impianti di depurazione, scarichi collettati e collettabili) realizzato dalle Autorità di Ambito e Gestori del Servizio Idrico Integrato per la preparazione di uno specifico Accordo di Programma.

Per incrociare le due fonti dati è stato richiesto ad ATO e Gestori SSI di esplicitare le relazioni tra località ISTAT ed elementi del censimento scarichi e con riferimento alla figura esplicativa contenuta nella linea Guida “Termini e definizioni della Direttiva sul trattamento delle acque reflue urbane (91/271/CEE)” si è convenuto quindi di:

- 1) mantenere la località ISTAT come elemento base, escludendo il frazionamento di località in più agglomerati ancorché serviti da impianti di depurazione e relativi sistemi di collettamento distinti, come lo scenario di tipo c), anche su base orografica;
- 2) riconoscere un livello più generale di aggregazione delle località ISTAT in “MacroAgglomerati”, che circoscrivono sistemi più o meno complessi ed estesi, basati sullo scenario di tipo c), di relazioni tra località e scarichi; un impianto di depurazione corrisponde così ad un solo MacroAgglomerato, che rappresenta un’utile Unità di Bilancio;
- 3) definire gli Agglomerati per l’applicazione della Direttiva 271/91 per le stesse località ISTAT, in prima approssimazione e salvo situazioni di effettiva continuità del tessuto urbano rispondenti ai tipi a1), a2) e b1);
- 4) nel caso di relazioni n:1 tra Località ed Impianti di Depurazione, in assenza di dati certi sulle diverse quote del carico trattato spettanti alle diverse località, è stabilita, convenzionalmente, la percentuale trattata dall’impianto per singola

località, in ragione del rapporto tra AET località/(somma AET località che afferiscono all'impianto);



Il quadro conoscitivo predisposto da ARPAT nel 2007 con il supporto degli ATO e gestori del SII è stato aggiornato recentemente, per il report 2009, con il ricorso ad una web application, che seppure prototipale e limitata per adesso all'ambiente intranet di ARPAT, ha mostrato la sua



validità quale possibile strumento di condivisione e rapido aggiornamento delle informazioni tra i diversi soggetti interessati (ARPAT, ATO, Regione Toscana).

L'applicazione consente, da un lato l'associazione dei punti di scarico rappresentanti le diverse categorie indicate dai report UWW alle località ISTAT suggerendo, nel caso di impianti a servizio di più località la ripartizione convenzionale prima notata del carico in ingresso all'impianto in relazione al diverso peso in termini di AET delle località. Dall'altro è possibile costruire e verificare diverse ipotesi di agglomerati, intesi come insiemi delle unità elementari delle località ISTAT, controllando al contempo la significatività della estensione geografica risultante.

### Agglomerati

[Torna Vista Generale](#)
[Torna Vista Agglomerati](#)
[Salva Modifiche](#)
[<](#)
[>](#)
[Nuovo](#)
[Modifica](#)

Agglomerato Nome:

Carico Generato:

C1 ISCON: Carico Collettato Depurato:  % 100

C1 NOTCON: Carico Collettato Non Depurato:  %

C2: Carico Non Collettato Depurato:  %

C3: Carico Non Collettato Non Depurato:  %

Agglo Report 2007:


26 of 4093

### Località associate

[Elimina i segnati](#)
[Nuova Località](#)

	Località Id	Loc. Ar	Loc. Aet	Loc. Aet	Località Nome
<input type="checkbox"/>	4900610003	5187	22862	23997	Donoratico
<input type="checkbox"/>	4900610004	247	2692	3062	Marina di Castagneto Carducci
<b>report total:</b>		<b>5434</b>	<b>25554</b>	<b>27059</b>	

### Google Maps



Visualizza su GM

Georeferenzia Nuovo

### Scarichi

[Torna](#)
[Elimina](#)
[Salva Modifiche](#)
[<](#)
[>](#)

Scarico Id:

Scarico Nome:

Scarico Sigla:

Scarico Gh E:

Scarico Gh N:

Scarico Lat:

Scarico Lon:

Scarico Ae:

Scarico Ae Prog:

Scarico Tipo:

Scarico HI Gm:

266 of 4366

Impianto Lat:

Impianto Lon:

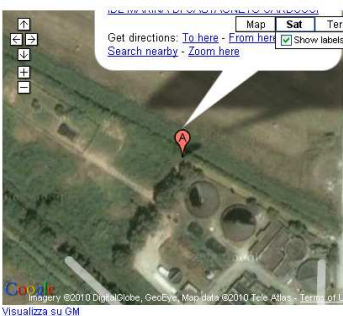
Impianto HI Gm:

### Località associate

[Elimina i segnati](#)
[Nuova Località](#)

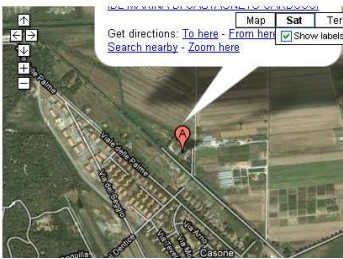
	Località Id	Località Nome	Loc. Ar	Loc. Aet	Loc. Aet	quota %	% Calcolata Su Base Aet
<input type="checkbox"/>	4900610003	Donoratico	5187	22862	23997	88	87.84
<input type="checkbox"/>	4900620001	Casone	78	248	248	1	.91
<input type="checkbox"/>	4900610004	Marina di Castagneto Carducci	247	2692	3062	11	11.21
<input type="checkbox"/>	4900624906	Torinella	4	13	13	0	.05
<b>report total:</b>						<b>100</b>	

### Google Maps - Scarico



Visualizza su GM

### Google Maps - Impianto



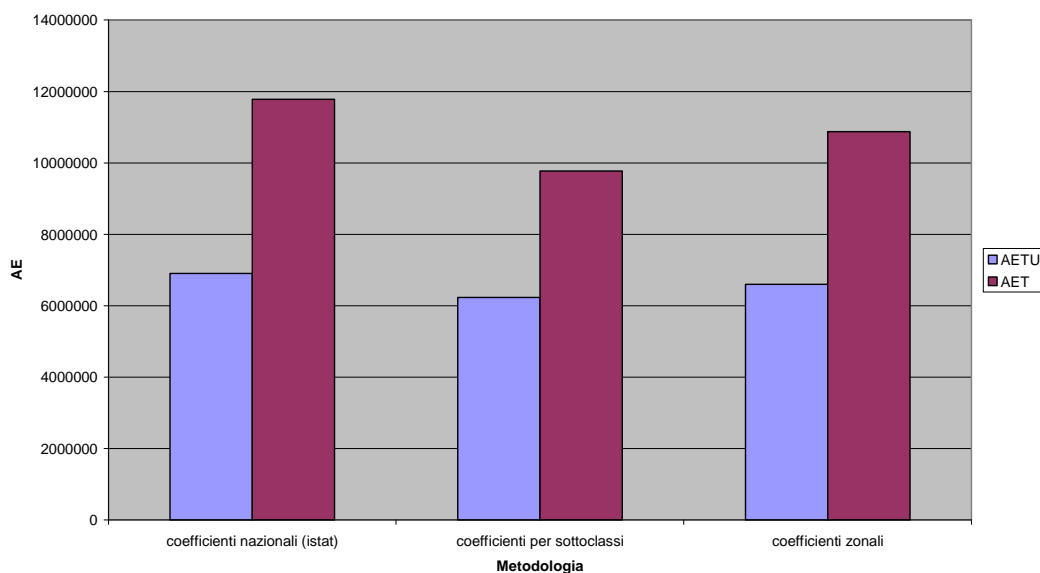
Visualizza su GM

E' stato possibile confrontare e per certi aspetti verificare, il carico generato per singolo agglomerato, derivato dalla sommatoria dei dati di fonte ATO e gestori SII con le stime di base ISTAT, rilevando una generale concordanza ma anche la presenza di alcune criticità quali:

- una generale sottostima del carico generato degli agglomerati da parte dei dati ATO-SII giustificabile con:
  - o presenza trattamenti primari delle fosse biologiche (bi-tricamerale ed imhoff, tradizionalmente diffusi nella realtà toscana anche per lo scarico in pubblica fognatura); il carico delle fosse biologiche comunque restituito, tramite gli autospurghi, ad impianti di depurazione diversi e non necessariamente quelli dell'agglomerato, non è contabilizzato nel carico trattato indicato dai gestori anche perché sottoposto a pretrattamenti diversi e distinta disciplina normativa dei rifiuti.
  - o presenza, almeno nelle aree più periferiche dei perimetri delle località ISTAT di trattamenti appropriati che uniscono al trattamento primario di fosse biologiche bi-tricamerale ed imhoff un successivo trattamento secondario con ossidazione dei reflui per insufflazione di ossigeno, subirrigazione e più recentemente fitodepurazione;
- variabilità della stima degli AETU, influenzata dal calcolo degli AE tramite i coefficienti CNR-IRSA derivanti dalle attività economiche (Barbiero et alii, 1991).



Confronto metodi CNR-IRSA per stima ABITANTI EQUIVALENTI



- presenza dei distretti industriali della piccola e media impresa, che trattano, con gli impianti del cartario (Casa del Lupo e Veneri), tessile (Baciacavallo) e del cuoio (Aquarno e Cuoiodepur) acque reflue sia industriali che civili; i carichi trattati nel complesso dagli impianti suddetti eccedono significativamente i carichi generati di fonte ISTAT anche quando riferiti alla stima degli Abitanti Equivalenti Totali rilevando la presente inadeguatezza dei Coefficienti IRSA CNR.

In conclusione è comunque risultato che, dal confronto dei carichi generati derivati dai dati ATO-SII, e tenuto conto delle diverse caratteristiche e vocazioni dei diversi agglomerati, varie stime (AU, ATU, AETU, AET) più o meno influenzate dalla presenza di carichi diversi dal normale metabolismo umano e/o affette da probabili errori di stima possono essere motivatamente assunte come base per la definizione del Carico generato degli Agglomerati.

### 2.1.2 *BILANCIO DEPURATIVO*

Il quadro conoscitivo relativo allo stato della depurazione delle acque reflue urbane della Toscana, una volta definito il Carico Generato di riferimento dell'Agglomerato si è esplicitato sia nel 2007 che nel 2009 con i seguenti 4 indicatori richiesti dal reporting per la direttiva 91/271:

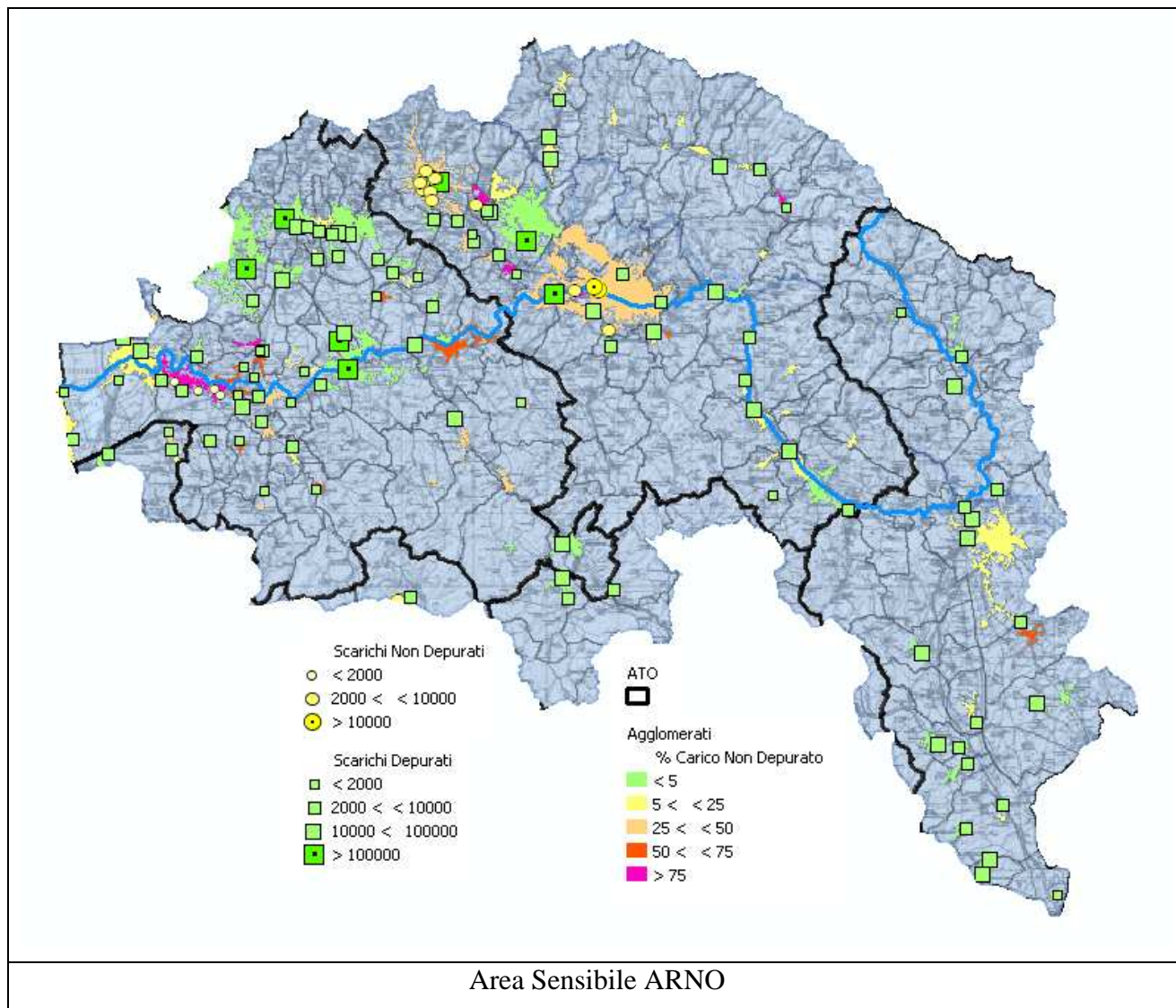
- C1 : percentuale del carico generato collettato dai sistemi di pubblica fognatura, suddiviso tra la percentuale già connessa ad impianti di depurazione (ISCON) e quindi trattata e la percentuale ancora non connessa (NOTCON) attivamente ad impianti di depurazione, in via di ultimazione;
- C2: percentuale del carico generato non collettato ma che subisce comunque dei trattamenti appropriati, almeno primario C2pri o completo secondario C2sec;
- C3: percentuale di carico generato non collettato e non trattato, va ricordato che la realtà toscana prevede comunque sempre l'esistenza di una fossa biologica almeno bicamerale per il pretrattamento degli scarichi.

Purtroppo, i dati relativi ai due questionari non sono facilmente confrontabili dal momento che per i due sono state impiegate diverse modalità di stima in AE del carico trattato degli impianti. Nel 2007, infatti, risultando sul momento indisponibili i dati sul BOD dell'annualità 2005, i carichi trattati sono stati basati sulla equivalenza tra AE e portata scaricata (200 l/ab.gg), mentre nel 2009 i carichi sono stati valutati (più correttamente secondo quanto indicato dalla Direttiva 91/271) su base BOD5 (60g /ab.gg).

I 4 indicatori sono stati calcolati sia per gli agglomerati definiti sia per l'entità più generali dei macro agglomerati. Nella figura sotto riportata, sono indicati gli agglomerati che insistono nelle tre aree sensibili, con le relative percentuali di carico generato non trattato (solo primario: C1 NOTCON + C2pri) e l'ubicazione dei punti di scarico secondo le diverse tipologie.



**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

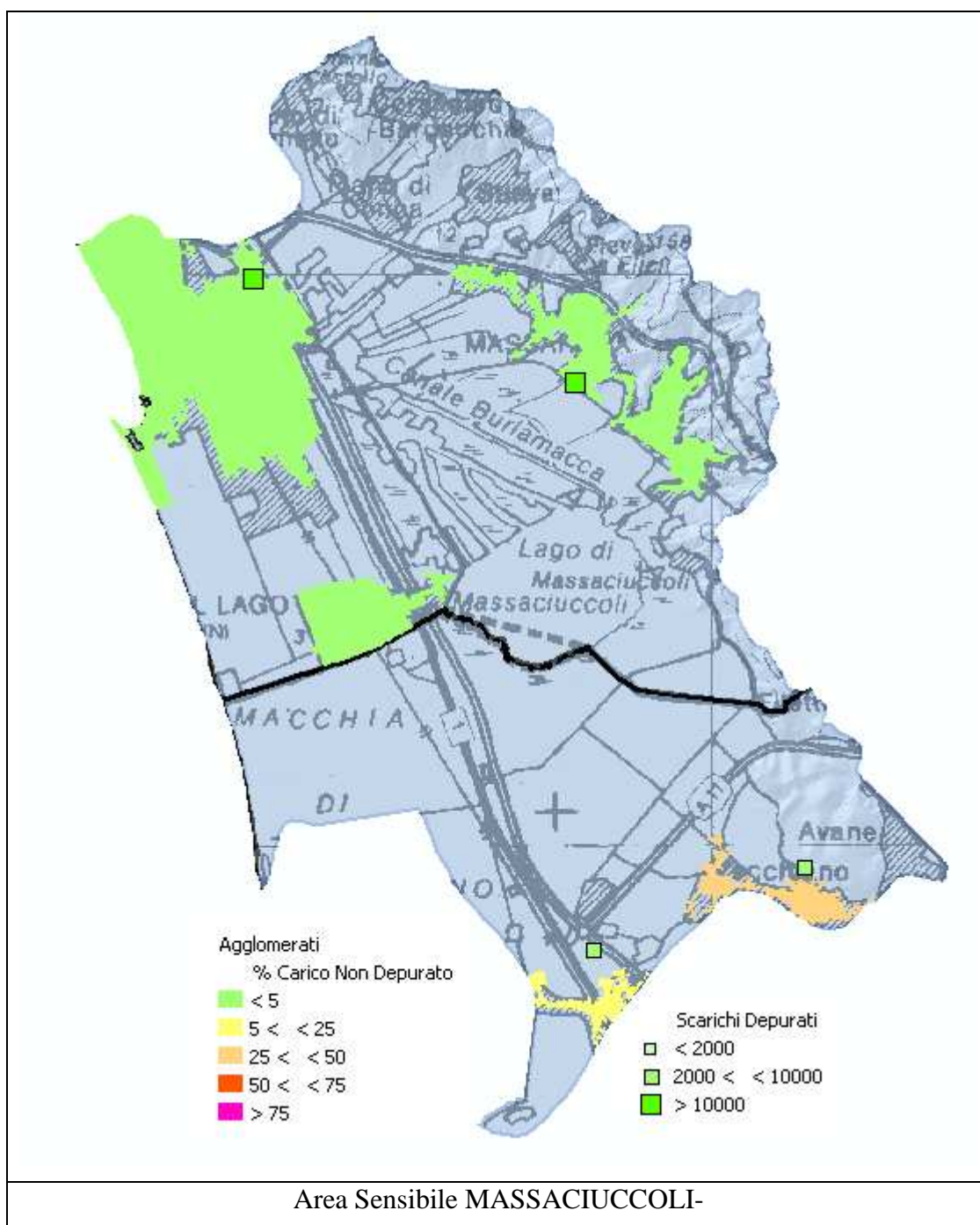


Le situazioni ancora critiche, soprattutto per l'area sensibile dell'Arno, sono note e rappresentate da:

- Collettori in sx e dx d'Arno della città di Firenze per i quali non è ancora stato completato il collegamento all'impianto di San Colombano;
- Il forte carico concentrato dei depuratori di acque reflue prevalentemente industriali, dei distretti:
  - Tessile nel bacino dell'Ombrone Pistoiese;
  - Cartario nel bacino del Padule di Fucecchio;
  - Cuoio nel bacino del Canale d'Usciana



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana



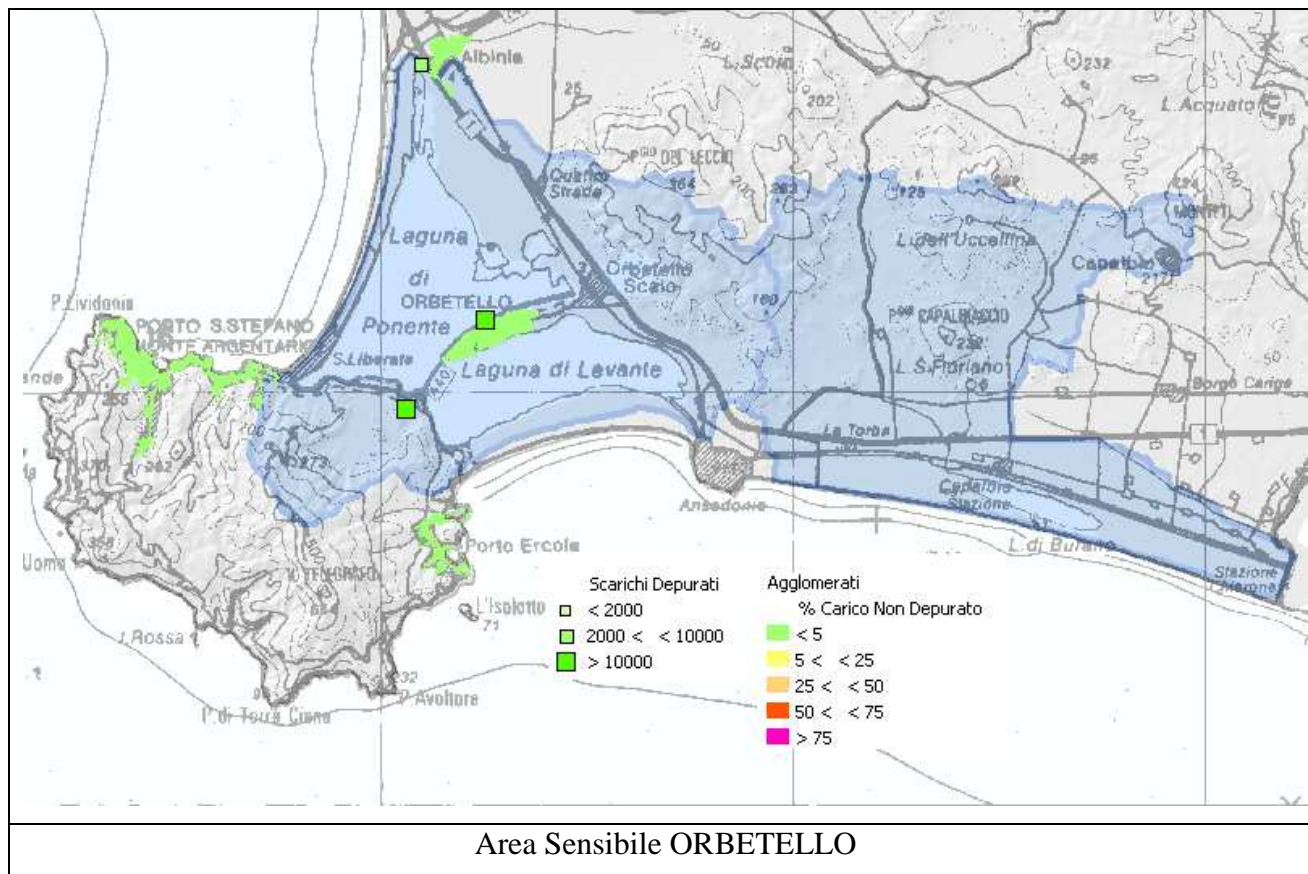
Per l'Area Sensibile di Massaciuccoli, si rilevano ancora quote importanti di Carico non completamente depurato, da parte degli agglomerati dell'ATO Medio Valdarno di Vecchiano-Nodica e Migliarino.





**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



## 2.2 MONITORAGGIO DELL'EFFICIENZA DEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE

La conformità degli scarichi alla direttiva 91/271 è regolata dalla tabella 1 per Impianti superiori a 2000 AE e tabella 2 per impianti superiori a 10000 AE e con scarico in area sensibile, di cui al Dlgs 152/2006.

Tab.1 - Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane

Potenzialità impianto in AE (abitanti equivalenti)	2000 - 10000		> 10000	
Parametri (media giornaliera)	Concentrazione	% riduzione	Concentrazione	% riduzione
BOD <sub>5</sub> (senza nitrificazione) mg/L	≤ 25	70 - 90	≤ 25	80
COD mg/L	≤ 125	75	≤ 125	75
Solidi Sospesi mg/L	≤ 35	90	≤ 35	90

Tab.2 - Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane recapitanti in aree sensibili

Parametri (media annua)	10000 - 100000		> 100000	
	Concentrazione	% riduzione	Concentrazione	% riduzione
Fosforo totale (P mg/L)	≤ 2	80	≤ 1	80
Azoto totale (N mg/L)	≤ 15	70-80	≤ 10	70-80

Per i depuratori che insistono in aree sensibili la direttiva 91/271, recepita dai Dlgs 152/99 e Dlgs 152/2006, fissa dunque gli obiettivi più rigorosi della tabella 2, riguardanti l'abbattimento del carico di nutrienti N e P, sia in termini di percentuali di abbattimento, sia come concentrazioni assolute. Uno o entrambi i parametri possono essere applicati secondo la situazione locale, si utilizza il valore della concentrazione o la percentuale minima di riduzione.

E' possibile, in alternativa ai limiti tabellari di concentrazione, dimostrare il raggiungimento degli obiettivi per le zone sensibili anche attraverso la riduzione complessiva del 75% del carico di N e P in uscita da tutti gli impianti di depurazione.

A questo proposito, per quanto riguarda l'area sensibile dell'Arno, la Regione Toscana ha espresso l'intenzione di applicare l'art. 5(4) della direttiva 91/271 che prevede appunto, una verifica della percentuali di abbattimento dei nutrienti sull'intero bacino superiore al 75% per azoto e fosforo.

Nel 2006, la Regione ha incaricato l'Università Di Firenze, Dipartimento di Ingegneria Ambientale di effettuare uno studio (Lubello, 2007), in relazione alla fattibilità dell'applicazione dell'art.5(4). Gli impianti di trattamento, compresi nel calcolo del carico totale, sono impianti di potenzialità sia maggiore che minore ai 2000 AE (taglia minima presa in considerazione per lo studio è di 20 AE).

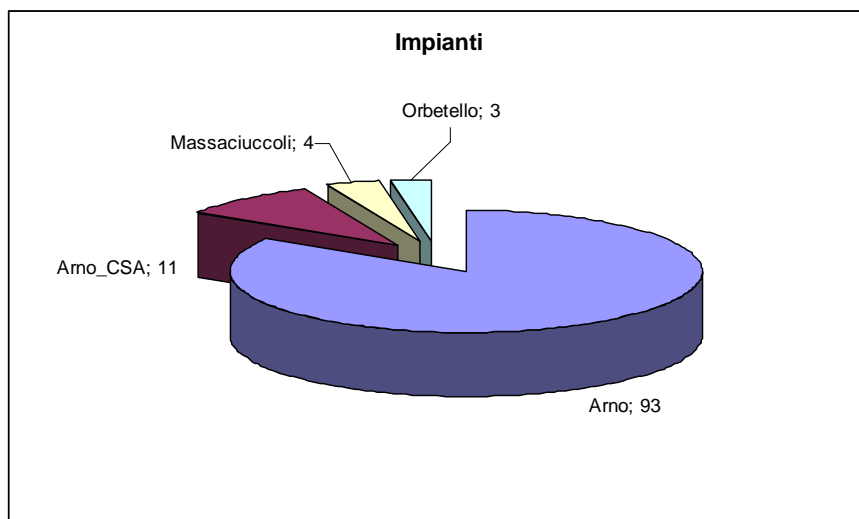
Lo studio ha evidenziato che i valori di abbattimento non sono distanti dall'obiettivo di legge, assentandosi al 71% per N e 72% per Ptot. Al fine del raggiungimento del 75% sono previsti interventi nelle zone industriali attraverso Accordi di programma: (Tessile 29.7.2004 con

integrazione 28.1.2006, Cartario 28.1.2006, Cuoio 29.4.2004 con integrazione 28.1.2006), e interventi agli impianti di depurazione civili, programmati nel periodo 2008-2012.

Ad oggi, nell'area sensibile dell'Arno, è possibile effettuare una nuova ricognizione dei dati di efficienza degli impianti di depurazione a servizio degli agglomerati superiori a 2000 AE, già definiti con il report UWW 2007, utilizzando i dati del report UWW 2009. Come nel caso dello studio Lubello (2007), anche in questo caso sono stati i Gestori del SII a fornire i dati delle concentrazioni di BOD5, COD, SSP, N e P in ingresso ed uscita dagli impianti, mediati sull'anno 2007, riferimento del report UWW2009.

Nelle aree sensibili della Toscana ricadono 111 impianti di depurazione che complessivamente hanno un carico in ingresso di 3.446.561 AE. Le aree sensibili prese in considerazione sono 3 (Lago di Massaciuccoli, Laguna di Orbetello, Fiume Arno) e sono distribuite nelle sei ATO presenti nella regione. L'area sensibile dell'Arno, come indicato in premessa, si compone di due porzioni distinte, Arno e bacino drenante dell'Arno. Nel bacino dell'Arno ricadono complessivamente 104 impianti di depurazione di cui 93 ricadono nell'area sensibile in s.s. ed 11 impianti nei bacini montani (Arno\_CSA). Nel Lago di Massaciuccoli troviamo 4 impianti, infine nella laguna di Orbetello gli impianti sono 3.

Area Sensibile		Numero Impianti	Totale Carico Trattato (AE)
Arno	Arno	93	3 186 740
	Bacini montani	11	104 545
Lago di Massaciuccoli		4	121 276
Laguna di Orbetello		3	34 000



Nella tabella seguente, riferita ai soli Impianti delle Aree Sensibili a servizio di Agglomerati superiori a 10000 AE, si può osservare come a questi Impianti afferisca gran parte del Carico trattato.

Impianti di Agglomerati > 10000 AE					
Area Sensibile		Numero Impianti	% impianti	Totale Carico Trattato (AE)	% carico
Arno	Arno	43	46%	3 009 978	94%
	Bacini montani	4	36%	63 719	61%
Lago di Massaciuccoli		2	50%	111 871	92%
Laguna di Orbetello		2	67%	30 000	88%



Di seguito si riporta l'elenco degli impianti censiti con il carico in ingresso e la portata in mc/anno, ordinati in base al bacino drenante e suddivisi per ATO.

Bacino	ATO	Impianto	Carico in ingresso (AE)	Portata mc/anno
Arno	1 - TOSCANA NORD	IDL CASA DEL LUPO	271643	11331495
Arno	2 - VALDARNO INFERIORE	IDL PONTE A BAGNOLO - VINCI	3000	
		IDL CALCINAIA	1581	536
		IDL PONTE A CAPPIANO	66210	1300000
		IDL PECCIOLI	900	429
		IDL PONTEDERA - VIA HANGAR	5596	5732
		IDL SAN PROSPERO - CASCINA	2305	2427
		IDL VIA VOLTA	1422	282
		IDL VENERI	198000	
		IDL TORRICCHIO	3546	774
		IDL LA FONTINA	27240	5500
		IDL VICOPISSANO	2000	
		IDL MARINA DI PISA	1155	770
		IDL PONSACCO	7686	2087
Arno	2 - VALDARNO INFERIORE	IDL CENAIA	2911	747
		IDL VAIANO	4149	915
		IDL BELLAVISTA	2237	926
		IDL BACCANE	5139	1301
		IDL FATTORIA	5396	1850
		IDL TRAVERSAGNA	10460	2597
		IDL LE LAME - POGGIBONSI	34060	7569
		IDL CASCINE DI BUTI - CANNAI	394	243
		IDL ORATOIO	6532	1999
		IDL TIRRENIA - VANNINI	5856	1708
		IDL LA ROTTA	1764	422
		IDL PONTICELLI SANTA MARIA A MONTE	1012	377
		IDL PITTINI	3713	1114
		IDL CINTOLESE	3348	877
		IDL PAGNANA	34151	12365
		IDL CAMBIANO	22606	7596
		IDL SCHIAVONE	1016	303
		IDL CAPANNOLI	3373	342
		IDL CASCIANA TERME	1239	482
		IDL CUIOIO DEPUR	740000	
		IDL BARAGAGLIA	7247	1111
		IDL INTERCOMUNALE PIEVE	82017	14294



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

Bacino	ATO	Impianto	Carico in ingresso (AE)	Portata mc/anno
		IDL ALTOPASCIO CAPOLUOGO	10707	1821
		IDL COLLE DI COMPITO	3647	777
		IDL FORNACETTE	1881	617
		IDL BIENTINA CAPOLUOGO	2247	1085
		IDL SAN JACOPO	41677	7780
		IDL PERIGNANO	1084	748
		IDL CHIESINA CAPOLUOGO	2065	804
		IDL STABBIA	673	262
		IDL PISA SUD	577	969
		IDL AQUARNO	305936	6509368
		IDL LUGNANO	1076	838
		IDL PESCIA CAPOLUOGO	17693	3112
		IDL VALDERA ACQUE	14000	
		IDL SAN GIUSTO	20206	1877230
Arno	3 - VALDARNO MEDIO	IDL SAN GIOVANNI - VIA DEGLI URBINI	47404	5000000
		IDL PONTE A NICCHERI	10594	1305026
		IDL VIA DI CACCINI	3866	651314
		IDL BACIACAVALLLO	254047	36602825
		IDL CAVRIGLIA	1354	110000
		IDL FIGLINE - LAGACCIONI	35790	2945000
		IDL LEVANE	3336	249474
		IDL RONCO - VIA FERRUCCI	3713	498723
		IDL PISTOIA CENTRALE - PASSAVANT	100789	4291928
		IDL BOTTEGONE	8144	644138
		IDL CANDELI	1457	337001
		IDL VIA DELLA TORRE	3563	577629
		IDL ASCHIETO	67581	1666000
		IDL SEANO	7040	623503
		IDL RIGNANO - VIA DEL MOLINO	2029	137610
		IDL CALICE	76099	8852154
Arno	3 - VALDARNO MEDIO	IDL VIA FIRENZE	4406	188280
		IDL VIA BRUNELLESCHI	1856	322614
		IDL CASALGUIDI	8284	345548
		IDL SAN COLOMBANO	282463	57243519
		IDL TAVARNUZZE - VIA CASSIA 160/A	2547	304790
		IDL LA FONTE	4797	315000
Arno	4 - VALDARNO SUPERIORE	IDL RIALTO	10540	445352
		IDL VIA VOLTELLA	27280	698000



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

Bacino	ATO	Impianto	Carico in ingresso (AE)	Portata mc/anno
		IDL RUOTI	11909	387913
		IDL CIVETTAIO	9767	393600
		IDL LA CEPPA	7826	264060
		IDL NIBBIANO	6776	205174
		IDL IMPIANTO MONSIGLIOLO	10977	1332361
		IDL MOLIN NUOVO	5169	208607
		IDL RIBUSSOLAIA	18153	806619
		IDL PIETRICCIA	1693	64173
		IDL CORBAIA	4050	
		IDL CASOLINO	68640	8418000
		IDL PONTE A CHIANTI	14954	1277863
		IDL POZZO NUOVO	2164	274606
Arno	5 - TOSCANA COSTA	IDL VOLTERRA NORD	6429	328500
		IDL STAGNO	7620	233608
		IDL VICARELLO	1500	
		IDL COLLESALVETTI	4690	184362
Arno	6 - OMBRONE	IDL CIPRESSI	30071	815921
		IDL SAN MARZIALE	5000	
		IDL CASTELLINA SCALO	6000	451359

Bacino	ATO	Impianto	Carico in ingresso (AE)	Portata mc/anno
Bacini montani AS Arno	3 - VALDARNO MEDIO	IDL RABATTA	24846	5400000
		IDL LA GINESTRA	8843	1000000
		IDL LE CONFINA	7507	978174
		IDL GABOLANA VAIANO	11011	1541694
		IDL DICOMANO	900	197254
		IDL CANTAGALLO	16033	1991239
	4 - VALDARNO SUPERIORE	IDL PONTE ALLA CHIASSA	7839	
		IDL TONACATO	2000	
		IDL QUARATA	5166	
		IDL LA NAVE	8571	875900
		IDL SOCI	11829	472202

Bacino	ATO	Impianto	Carico in ingresso (AE)	Portata mc/anno
Lago di Massaciuccoli	1 - TOSCANA NORD	IDL VIAREGGIO	92857	
		IDL MASSAROSA	19014	
	2 - VALDARNO INFERIORE	IDL VECCHIANO	5923	1653
		IDL MIGLIARINO	3482	846

Bacino	ATO	Impianto	Carico in ingresso (AE)	Portata mc/anno
Laguna di Orbetello	6 - OMBRONE	IDL TERRAROSSA	15000	
		IDL NEGHELLI	15000	
		IDL ALBINIA	4000	

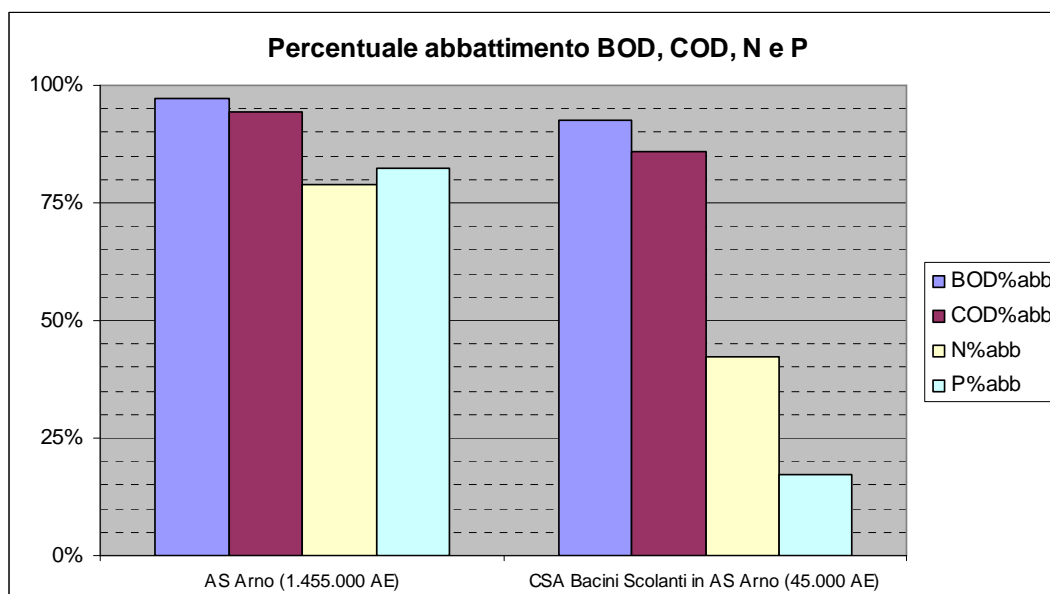
### 2.2.1 PERCENUALE D'ABBATTIMENTO NELL'AREA SENSIBILE DELL'ARNO

I parametri forniti dagli ATO e Gestori per la predisposizione del report UWW2009, rappresentati dai carichi in ingresso ed uscita di BOD<sub>5</sub>, COD, azoto, fosforo e riferiti all'anno 2007, sono stati dunque analizzati in merito alla percentuale di abbattimento per l'area sensibile del bacino dell'Arno.

Come indicato dalla tabella seguente, i dati sull'abbattimento di N e P disponibili, riguardanti i soli impianti a servizio di agglomerati con capacità superiore a 10.000 AE rappresentano, per quanto incompleti, un'aliquota significativa prossima al 60% del carico trattato.

Impianti di Agglomerati > 10000AE con Dati di Abbattimento N e P da Report UWW2009					
Area Sensibile		Numero Impianti	% impianti	Totale Carico Trattato (AE)	% carico
Arno	Arno	30	70%	1 651 424	55%
	Bacini montani	2	50%	36 675	58%

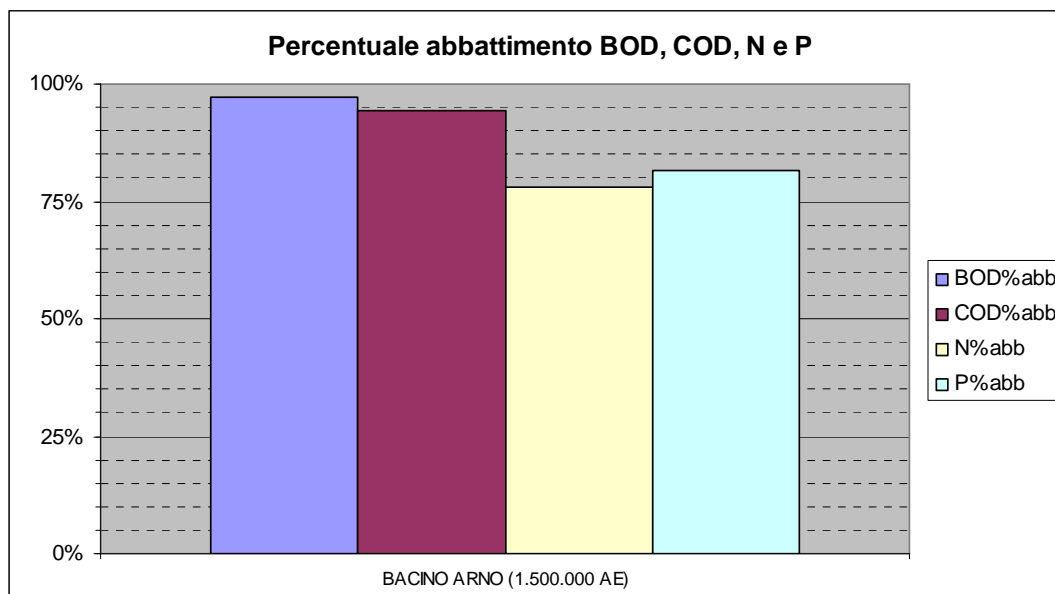
L'area sensibile è stata analizzata per le due porzioni dell'AS Arno s.s. (Intero bacino con esclusione dei sottobacini montani (Sieve, Mugello ed Alto Bisenzio) ed il Bacino scolante nell'AS Arno (gli stessi sottobacini montani).



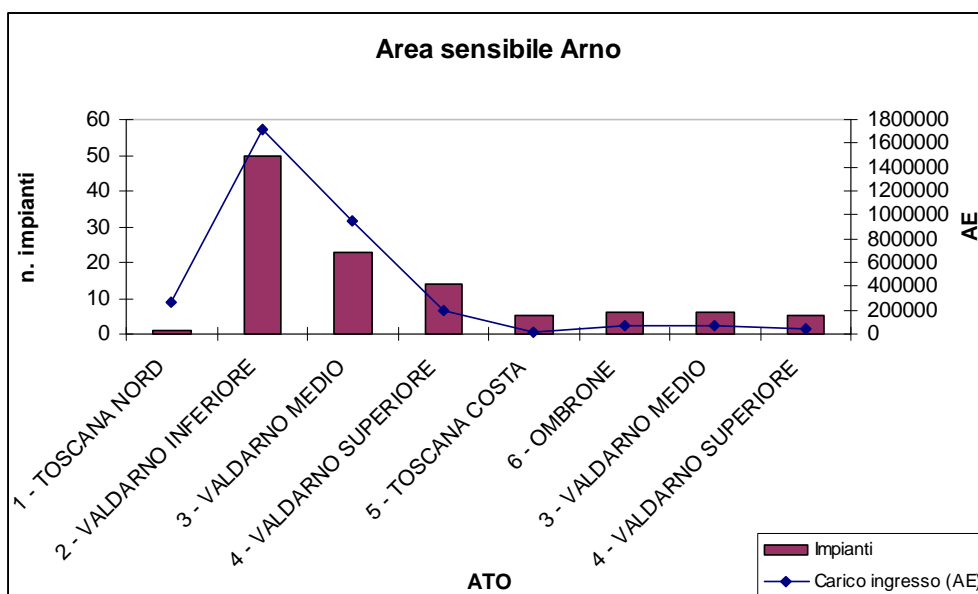
I raggruppamenti analizzati rientrano nella riduzione prevista dalle tabelle per il BOD<sub>5</sub> e il COD e per azoto e fosforo per l'Area sensibile dell'Arno in s.s. come indicata dalla DCR 6/2005.

Diversamente, nei bacini montani si raggiungono rispettivamente solo il 42% per azoto e 17% per fosforo. Questi valori sono decisamente bassi, ma costituendo solo il 3% del carico depurato, non alterano il risultato complessivo sull'intero bacino, come riportato nel grafico sottostante.

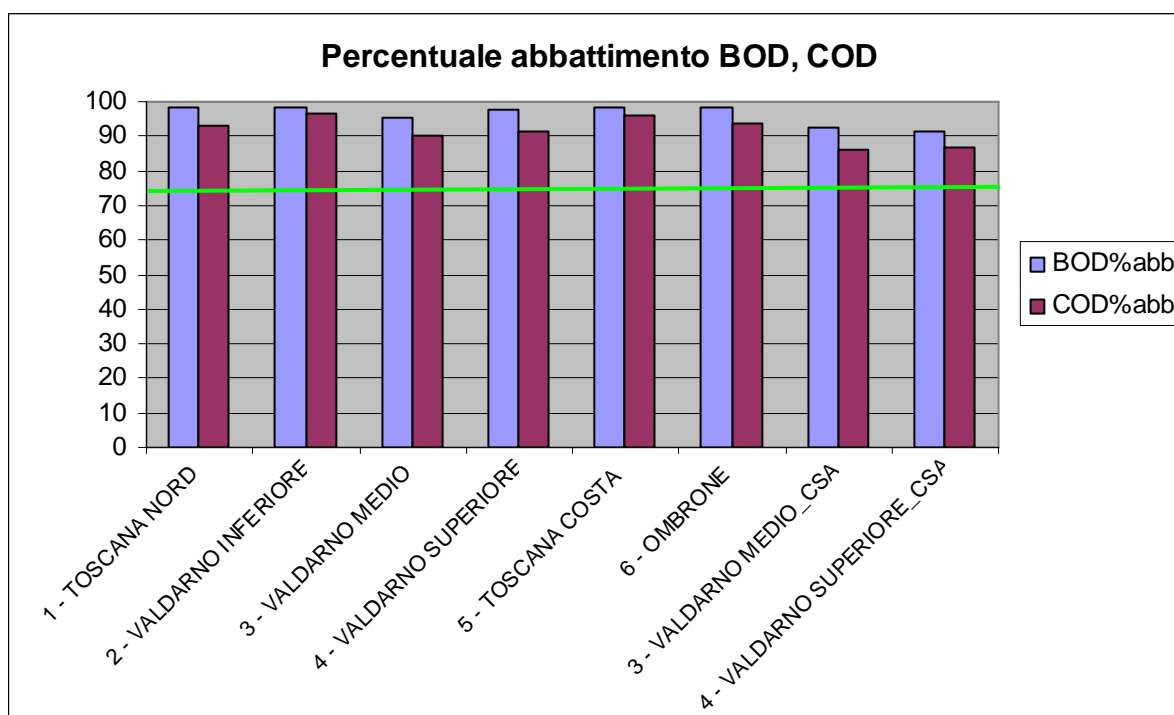
L'abbattimento sull'intero Bacino dell'Arno, relativamente al campione analizzato, è infatti per BOD<sub>5</sub> del 97,1 %, per il COD 94,2 %, per N totale 77,9 % e per il P totale 81,5 %.



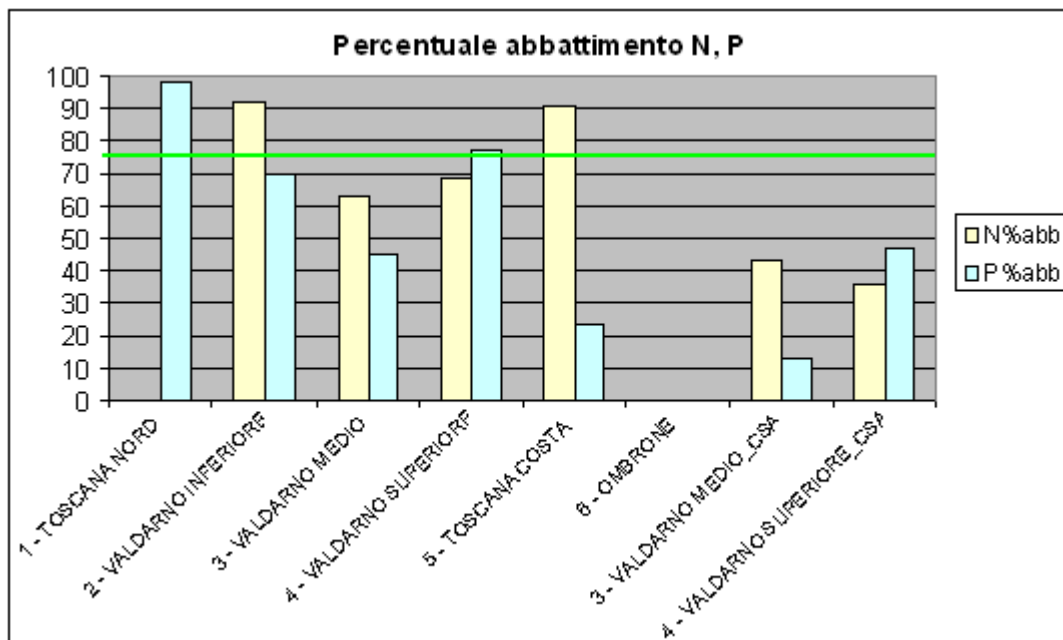
Per quanto riguarda la consistenza numerica degli impianti e il carico in abitanti equivalenti, per il bacino dell'Arno appare evidente che il valdarno inferiore, medio e superiore in questo ordine hanno il numero maggiore di impianti con il maggiore carico in AE.



Analizzando in dettaglio i dati riguardanti gli abbattimenti di BOD<sub>5</sub>, COD, azoto e fosforo disponibili per l'area sensibile dell'Arno suddivisi per ATO si osserva che l'efficienza dell'abbattimento in BOD<sub>5</sub> e COD rientra nella soglia del 75% calcolato sul complesso degli impianti per ATO e tipologia di aree sensibile.



Diversa la situazione per i parametri di azoto e fosforo dove si evidenziano, invece, da un lato gli ATO che contribuiscono all'obiettivo di Bacino superando il valore del 75% per azoto (ATO 2 ed ATO 5) e del 75% per fosforo (ATO 1 ed ATO 4) e, dall'altro, gli ATO più distanti dall'obiettivo con percentuali di abbattimento critiche, per azoto (ATO 3 ed ATO 4) e per fosforo (ATO 3 ed ATO 5).



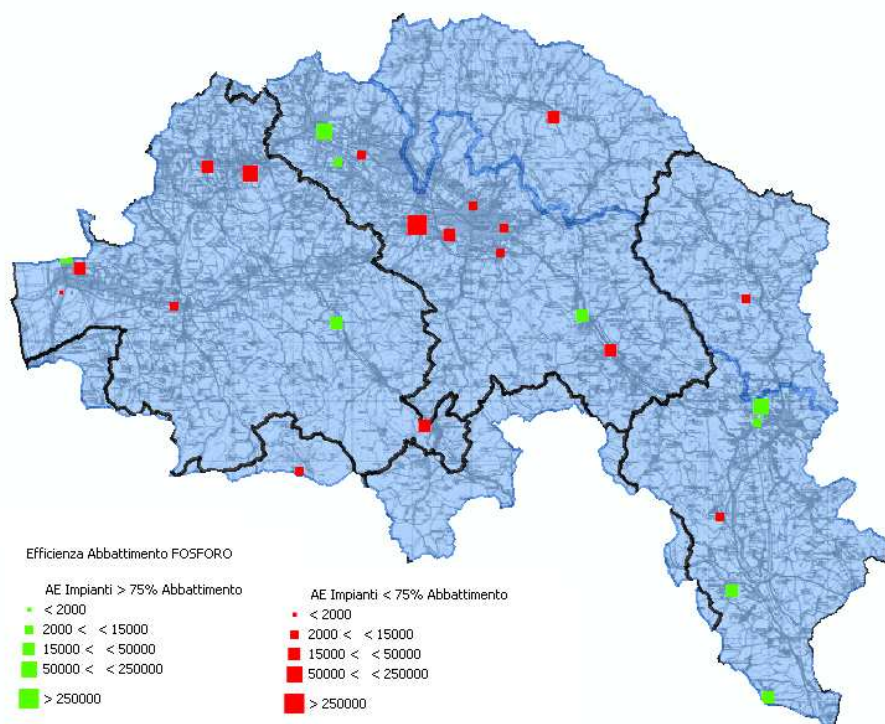
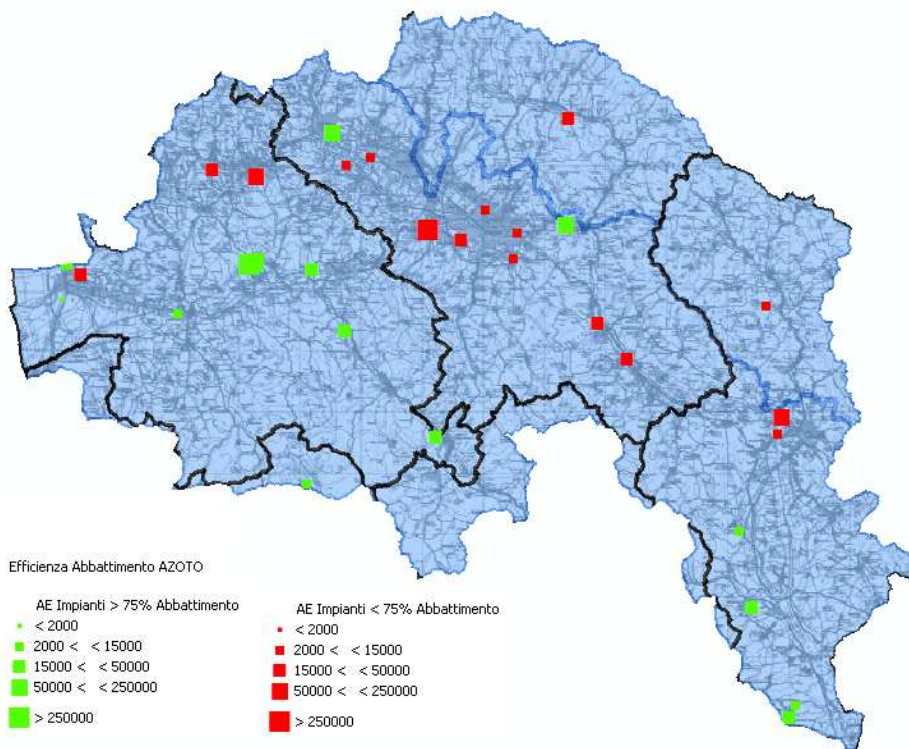
Nelle figure che seguono è riportata la localizzazione dei diversi impianti di depurazione conformi o o meno al valore limite del 75% di efficienza d'abbattimento sia per N che per P.

In particolare evidenza l'area Fiorentina con percentuali di abbattimento sempre inferiori al 75% .





**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana



## 2.2.2 CONTROLLI E AUTOCONTROLLI

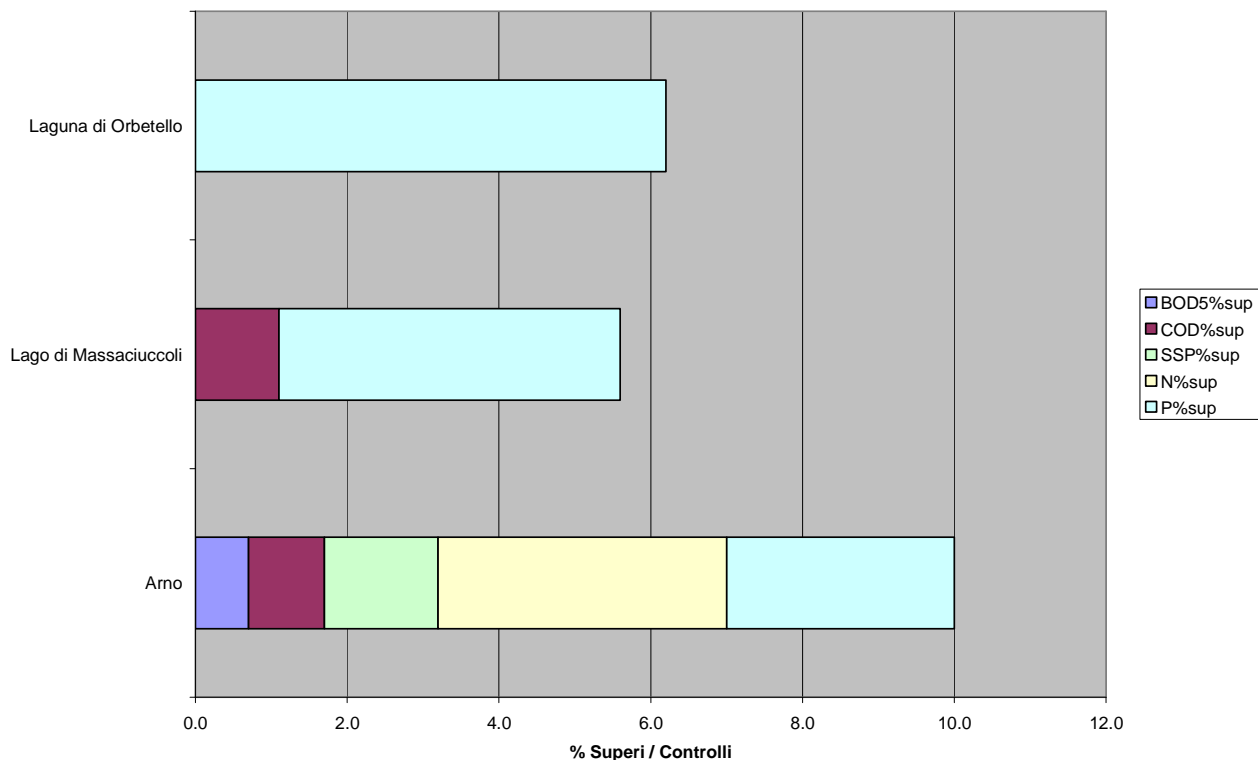
Con il presente studio, oltre alla disamina dei dati di fonte ATO-Gestori del SII, forniti per il report UWW2009, si è ritenuto opportuno acquisire nel SIRA, a completamento dei controlli eseguiti direttamente dai dipartimenti e relativamente allo stesso anno di riferimento del report UWW2009, cioè il 2007, gli autocontrolli trasmessi dal Gestore SII come disciplinati da appositi protocolli.

La raccolta dei dati ha riguardato, in modo estensivo, tutti gli impianti di depurazione afferenti ad agglomerati superiori a 10.000 AE che insistono in area sensibile.

Impianti di Agglomerati > 10000AE con Dati da Controlli e Autocontrolli					
Area Sensibile		Numero Impianti	% impianti	Totale Carico Trattato (AE)	% carico
Arno	Arno	30	70%	2 648 000	88%
	Bacini montani	2	50%	35 857	56%
Lago di Massaciuccoli		2	100%	111 871	100%
Laguna di Orbetello		1	50%	15 000	50%

Il carico trattato dal campione dei suddetti impianti con dati disponibili corrisponde ad oltre l'80% del carico trattato complessivo.

I risultati in termini di conformità ai Valori Soglia di cui alle Tab. 1 (BOD5, COD e SSP) e Tab. 2 (azoto e fosforo) sono illustrati nel seguente grafico che riporta le percentuali di superamento dei Valori Soglia di cui alle Tab. 1 e 2 sul totale dei controlli per singolo parametro.



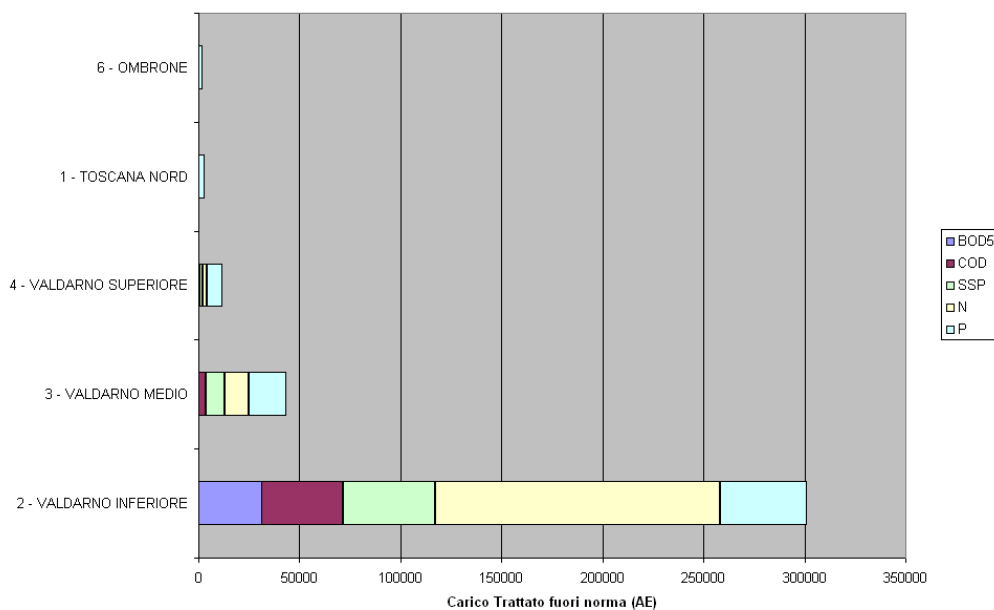
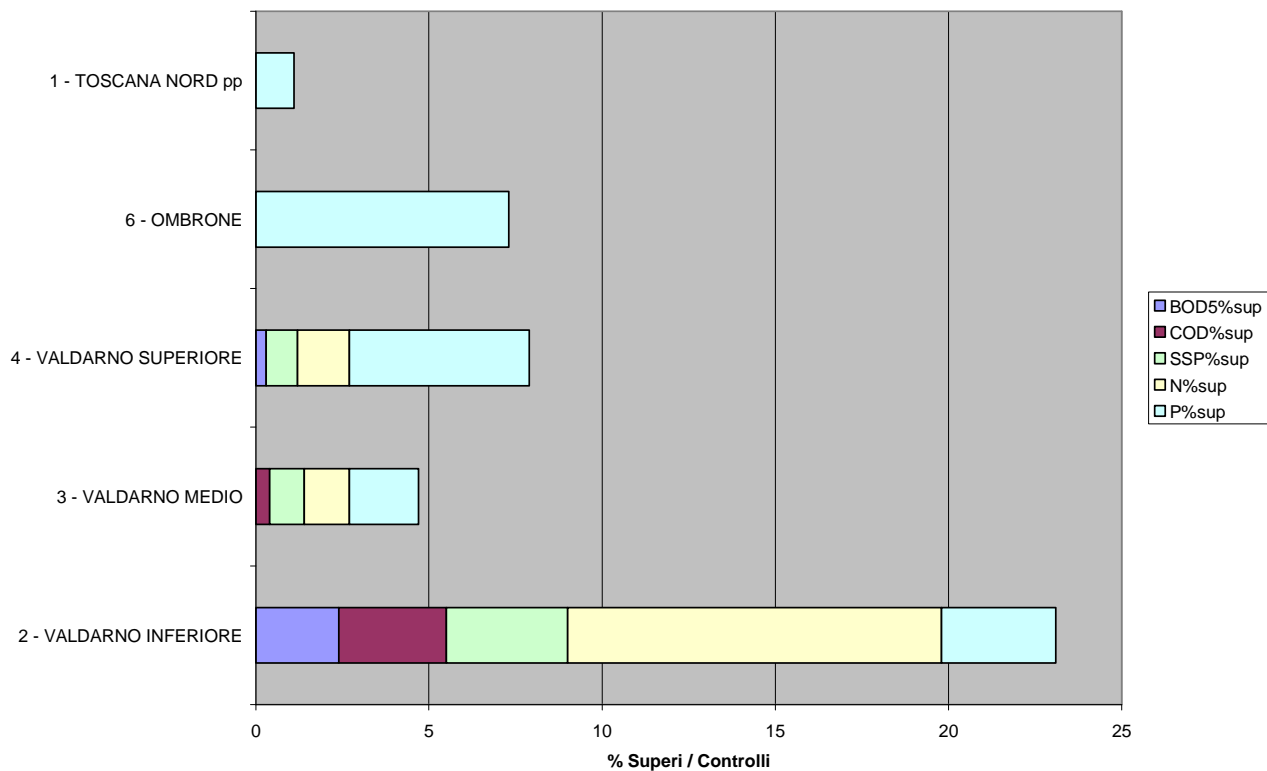
E' possibile osservare che le non conformità ai valori soglia di azoto e fosforo di cui alla Tabella 2, persistono anche in presenza di un efficace soddisfacimento dei requisiti della Tabella 1.

AS	Num Controlli	Num Superi	%Superi	BOD5 %sup	COD %sup	SSP %sup	N %sup	P %sup	Superi Tab1	Superi Tab2
Arno	1751	178	10.2	0.7	1.0	1.5	3.8	3.0	3.2	6.8
Lago di Massaciuccoli	88	5	5.7	0.0	1.1	0.0	0.0	4.5	1.1	4.5
Laguna di Orbetello	16	1	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	6.2

Per l'Area Sensibile dell'Arno, i dati fuori norma sono stati analizzati dunque per ATO, sia in termini di efficienza assoluta ( $\% \text{ Nsuperi} / \text{Ncontrolli}$ ) sia in termini di efficienza relativa, tramite un possibile indicatore "carico fuori norma" ( $\% \text{ Nsuperi} / \text{Ncontrolli} * \text{CaricoTrattato}$ ) legato alla effettiva potenzialità dell'impianto.



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

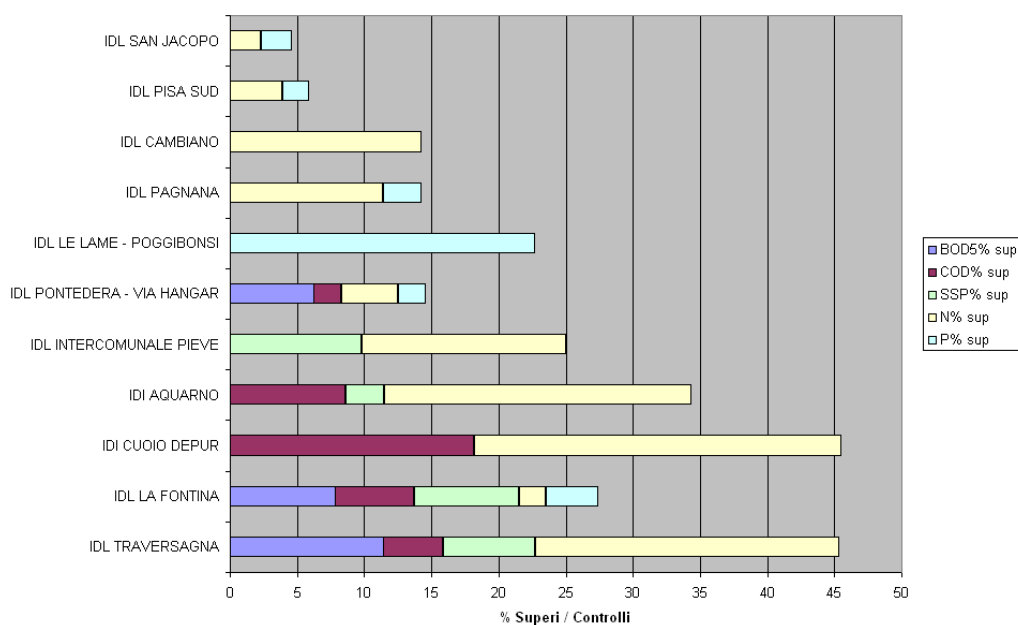


La situazione più critica, sia in termini di efficienza assoluta che relativa, appare con evidenza quella dell'ATO 2 Valdarno inferiore, seguita dall'ATO 3 e quindi dall'ATO 4, le cui peggiori

performance in termini di numero di superi per N e P rispetto all'ATO 2 sono fortemente ridimensionate, in termini relativi, rispetto all'ATO3.

### 2.2.2.1 ATO 2 Valdarno Inferiore

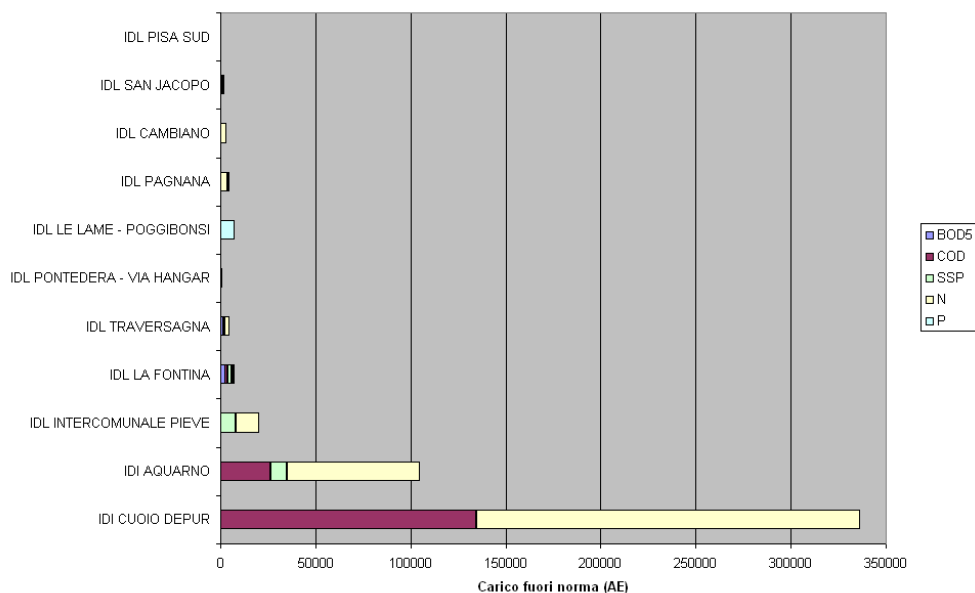
La situazione più critica dell'ATO 2 è dovuta in termini di efficienza assoluta agli Impianti di Aquarno, CuoioDepur, La Fontina e Traversagna.



In termini di efficienza relativa, la situazione più critica, soprattutto a carico del COD e dell'azoto, si sostanzia nei primi due impianti di maggiore potenzialità rappresentati da Aquarno e CuoioDepur.



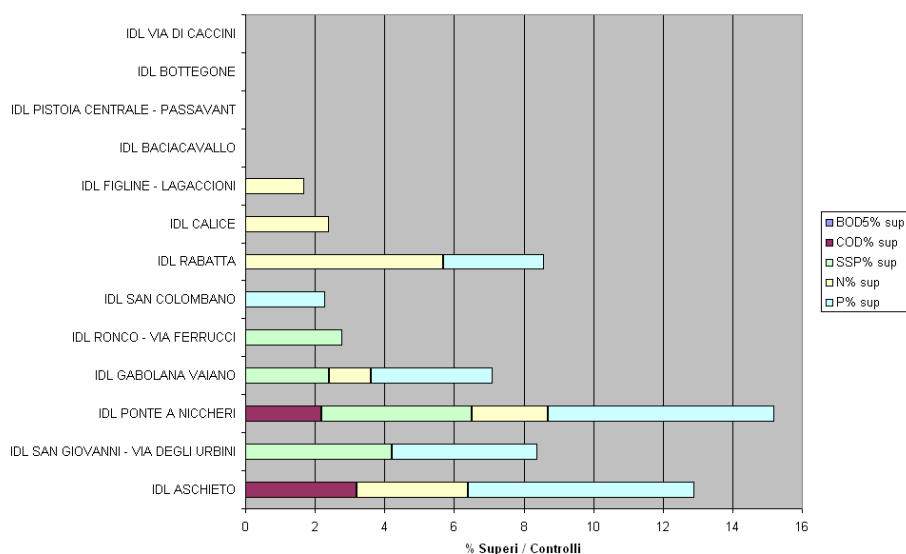
**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



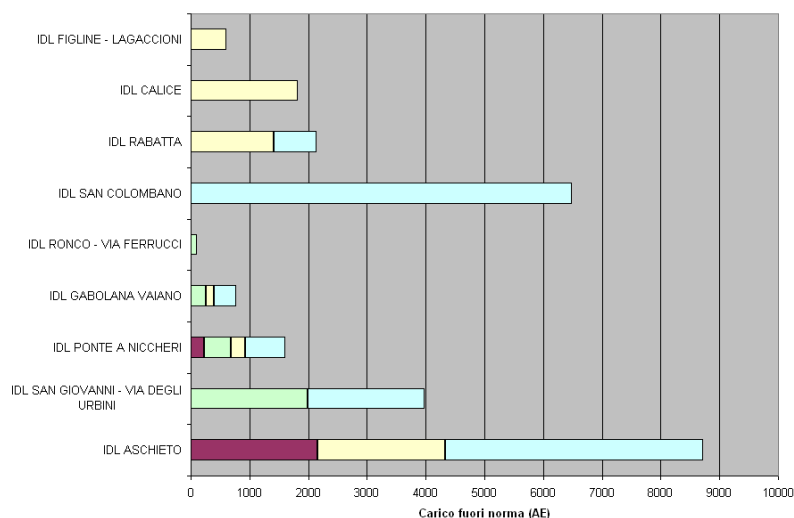
Impianto	Totale Carico Trattato (AE)	Num Controlli	Num Superi	% Superi	BOD5% sup	COD% sup	SSP% sup	N% sup	P% sup	Superi Tab1	Superi Tab2
IDI CUOIO DEPUR	740000	33	15	45,5	0	18,2	0	27,3	0	18,2	27,3
IDI AQUARNO	305936	35	12	34,3	0	8,6	2,9	22,9	0	11,5	22,9
IDL INTERCOMUNALE PIEVE	82017	92	23	25	0	0	9,8	15,2	0	9,8	15,2
IDL SAN JACOPO	41677	43	2	4,7	0	0	0	2,3	2,3	0	4,6
IDL PAGNANA	34151	35	5	14,3	0	0	0	11,4	2,9	0	14,3
IDL LE LAME - POGGIBONSI	34060	44	10	22,7	0	0	0	0	22,7	0	22,7
IDL LA FONTINA	27240	51	14	27,5	7,8	5,9	7,8	2	3,9	21,5	5,9
IDL CAMBIANO	22606	14	2	14,3	0	0	0	14,3	0	0	14,3
IDL TRAVERSAGNA	10460	44	20	45,5	11,4	4,5	6,8	22,7	0	22,7	22,7
IDL PONTEDERA - VIA HANGAR	5596	48	7	14,6	6,2	2,1	0	4,2	2,1	8,3	6,3
IDL PISA SUD	577	51	3	5,9	0	0	0	3,9	2	0	5,9

### 2.2.2.2 ATO 3 Valdarno Medio

La situazione dell'ATO 3 Valdarno Medio individua, in termini di efficienze assolute, le situazioni più critiche a carico degli Impianti di Aschieto (COD, N e P) , Ponte a Niccheri (COD, SSP, N, P) , Rabatta (N e P) e San Giovanni (SSP e P).



In termini di efficienza relativa le situazioni più critiche sono rappresentate soprattutto da Aschieto (COD, N e P) e San Colombano (P)



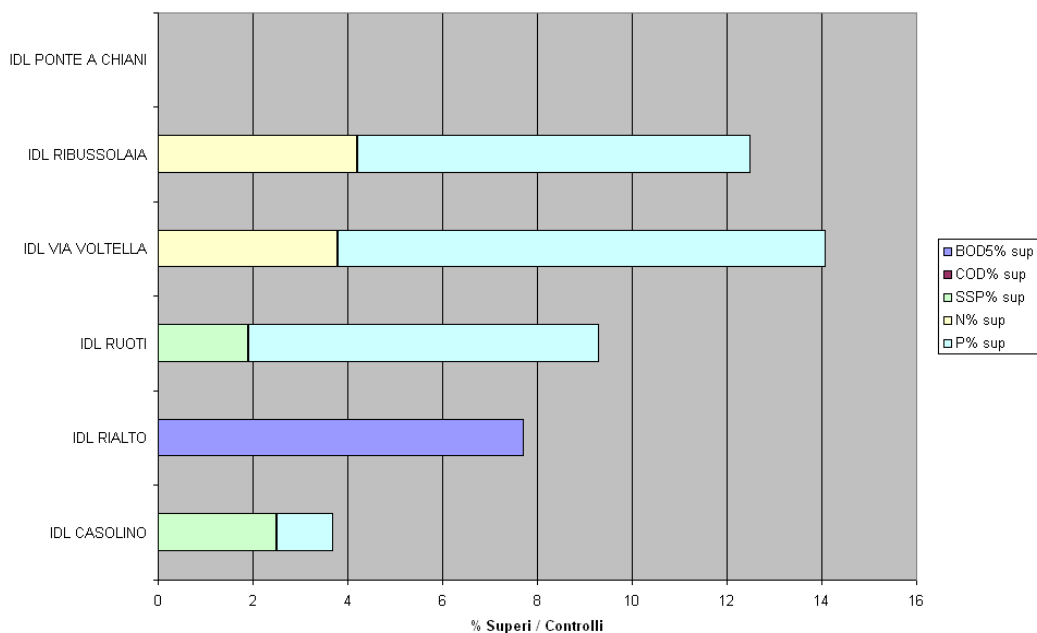


**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

Impianto	Totale Carico Trattato (AE)	Num Controlli	Num Superi	% Superi	BOD5% sup	COD% sup	SSP% sup	N% sup	P% sup	Superi Tab1	Superi Tab2
IDL BOTTEGONE	8144	38	0	0						0	0
IDL CALICE	76099	85	2	2,4	0	0	0	2,4	0	0	2,4
IDL ASCHIETO	67581	62	8	12,9	0	3,2	0	3,2	6,5	3,2	9,7
IDL SAN GIOVANNI - VIA DEGLI URBINI	47404	48	4	8,3	0	0	4,2	0	4,2	4,2	4,2
IDL VIA DI CACCINI	3866	5	0	0						0	0
IDL RONCO - VIA FERRUCCI	3713	36	1	2,8	0	0	2,8	0	0	2,8	0
IDL FIGLINE - LAGACCIONI	35790	58	1	1,7	0	0	0	1,7	0	0	1,7
IDL SAN COLOMBANO	282463	44	1	2,3	0	0	0	0	2,3	0	2,3
IDL BACIACAVALLLO	254047	86	0	0						0	0
IDL RABATTA	24846	35	3	8,6	0	0	0	5,7	2,9	0	8,6
IDL GABOLANA VAIANO	11011	85	6	7,1	0	0	2,4	1,2	3,5	2,4	4,7
IDL PONTE A NICCHERI	10594	46	7	15,2	0	2,2	4,3	2,2	6,5	6,5	8,7
IDL PISTOIA CENTRALE - PASSAVANT	100789	77	0	0						0	0

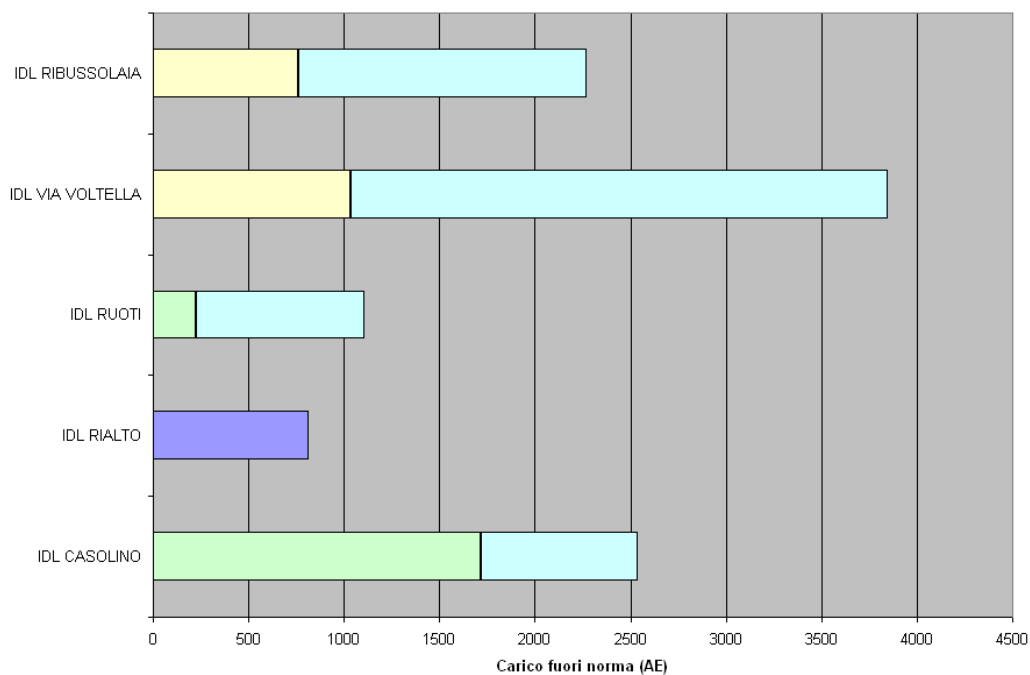
### 2.2.2.3 ATO 4 Valdarno Superiore

La situazione del Valdarno Superiore individua, in termini di efficienza assoluta, le situazioni più critiche negli impianti di Via Voltella (N e P) e Ribussolaia (N e P).





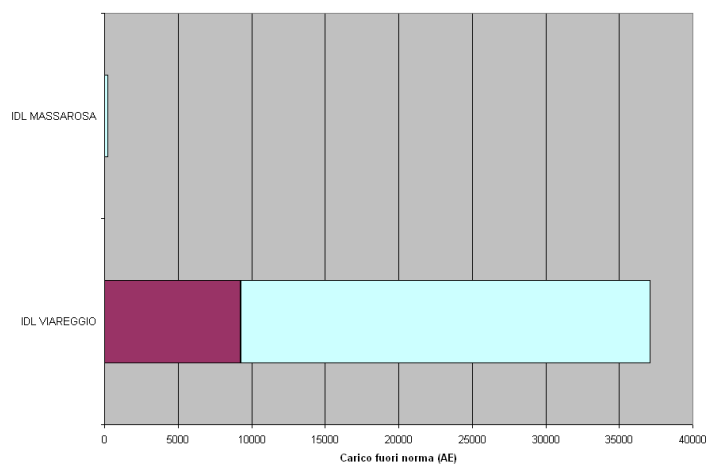
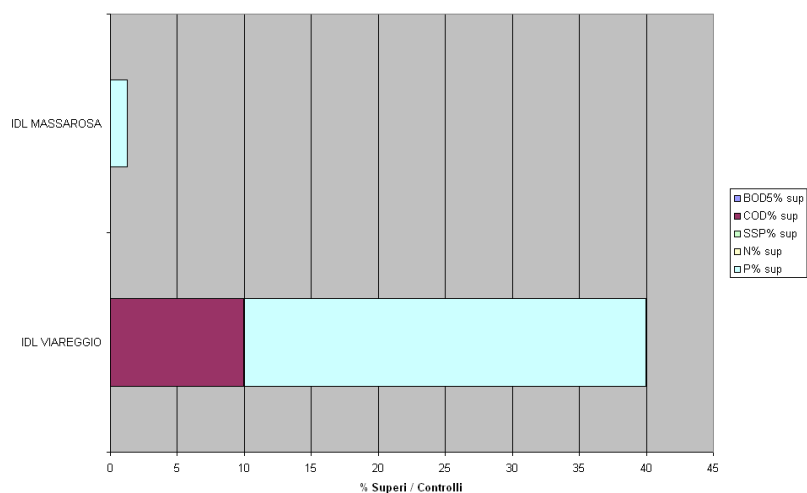
In termini di efficienza relativa gli impianti più critici sono rappresentati ancora da Via Voltella (N e P) e Casolino (N e P)



Impianto	Totale Carico Trattato (AE)	Num Controlli	Num Superi	% Superi	BOD5% sup	COD% sup	SSP% sup	N% sup	P% sup	Superi Tab1	Superi Tab2
IDL CASOLINO	68640	81	3	3,7	0	0	2,5	0	1,2	2,5	1,2
IDL VIA VOLTELLA	27280	78	11	14,1	0	0	0	3,8	10,3	0	14,1
IDL RIBUSSOLAIA	18153	48	6	12,5	0	0	0	4,2	8,3	0	12,5
IDL PONTE A CHIARI	14954	51	0	0						0	0
IDL RUOTI	11909	54	5	9,3	0	0	1,9	0	7,4	1,9	7,4
IDL RIALTO	10540	13	1	7,7	7,7	0	0	0	0	7,7	0

#### 2.2.2.4 Lago Massaciuccoli

Dei due impianti afferenti all'area sensibile di Massaciuccoli più critico, sia in termini di efficienza assoluta che relativa, appare il contributo dell'Impianto di Viareggio.



Impianto	Totale Carico Trattato (AE)	Num Controlli	Num Superi	% Superi	BOD5% sup	COD% sup	SSP% sup	N% sup	P% sup	Superi Tab1	Superi Tab2
IDL VIAREGGIO	92857	10	4	40	0	10	0	0	30	10	30
IDL MASSAROSA	19014	78	1	1,3	0	0	0	0	1,3	0	1,3

### 2.2.2.5 Laguna Orbetello

L'unico Impianto attivo nel 2007 è rappresentato da Terrarossa con un numero molto limitato di superi in P.

Impianto	Totale Carico Trattato (AE)	Num Controlli	Num Superi	% Superi	BOD5% sup	COD% sup	SSP% sup	N% sup	P% sup	Superi Tab1	Superi Tab2
TERRAROSSA (GR)	15000	16	1	6,2	0	0	0	0	6,2	0	6,2

### 2.2.3 EMISSIONI DI FOSFORO

Sulla base dei dati sia di fonte Report UWW2009 sia derivati dai Controlli ed Autocontrolli è stata realizzata una valutazione delle concentrazioni di fosforo scaricate in area sensibile dai principali impianti di depurazione rispetto alle concentrazioni limite di 1 e 2 mg/L indicate dalla direttiva 91/271 per impianti con carico trattato superiore, rispettivamente, a 100.000 AE e tra 10.000 e 100.000 AE.

Area Sensibile ARNO							
ATO	Impianto		Carico Trattato AE	Portata Scaricata mc/anno	Fosforo in uscita t/anno	Stima Concentrazione Fosforo in uscita stimata g/mc	Media Controlli P uscita mg/L
1 - TOSCANA NORD pp	UR3704	IDI CASA DEL LUPO	<u>271643</u>	11331495	16.00	1.412	1.561
ATO 2 VALDARNO INFERIORE	UR3252	IDI CUOIO DEPUR	<u>740000</u>				1.850
	UR4346	IDI AQUARNO	<u>305936</u>	6509368			2.220
	UR0483	IDI VENERI	<u>198000</u>				1.037
	UR3319	IDL INTERCOMUNAL E PIEVE	82017	5217310	11.80	2.262	1.064
	UR3810	IDL SAN JACOPO	41677	2839700	7.50	2.641	3.707
	UR2930	IDL PAGNANA	34151	4513225	5.10	1.130	1.690
	UR2234	IDL LE LAME - POGGIBONSI	34060	2762685	8.00	2.896	2.151
	UR0967	IDL LA FONTINA	27240	2007500	8.23	4.100	2.887



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

Area Sensibile ARNO							
ATO	Impianto		Carico Trattato AE	Portata Scaricata mc/anno	Fosforo in uscita t/anno	Stima Concentrazione Fosforo in uscita stimata g/mc	Media Controlli P uscita mg/L
	UR2949	IDL CAMBIANO	22606	2772540	5.30	1.912	1.809
	UR4394	IDL PESCIA CAPOLUOGO	17693	1135880	3.75	3.301	4.182
	UR3691	IDL ALTOPASCIO CAPOLUOGO	10707	664665			2.100
	UR2188	IDL TRAVERSAGNA	10460	947905			4.088
	UR1008	IDL PONSACCO	7686	761755			3.290
	UR2715	IDL TIRRENIA - VANNINI	5856	623420	1.40	2.246	
	UR0419	IDL PONTEDERA - VIA HANGAR	5596	2092180	5.60	2.677	2.177
	UR3705	IDL COLLE DI COMPITO	3647	283605			1.549
	UR0421	IDL SAN PROSPERO - CASCINA	2305	885855			1.280
	UR4316	IDL PISA SUD	577	353685	0.70	1.979	1.814
3 VALDARNO MEDIO	UR4028	IDL SAN COLOMBANO	<u>282463</u>	57243519	128.35	2.242	2.500
	UR1042	IDL BACIACAVALLLO	<u>254047</u>	36602825			0.901
	UR2171	IDL PISTOIA CENTRALE - PASSAVANT	<u>100789</u>	4291928	9.73	2.267	
	UR3867	IDL CALICE	76099	8852154			0.527
	UR2995	IDL ASCHIETO	67581	1666000	3.64	2.185	2.115
	UR0623	IDL SAN GIOVANNI - VIA DEGLI URBINI	47404	5000000	16.15	3.230	1.701
	UR1272	IDL FIGLINE - LAGACCIONI	35790	2945000	3.59	1.219	1.402
	UR0168	IDL SAN GIUSTO	20206	1877230	3.01	1.603	
	UR0688	IDL PONTE A NICCHERI	10594	1305026	3.53	2.705	2.520
	UR3901	IDL CASALGUIDI	8284	345548	0.75	2.170	
	UR2173	IDL BOTTEGONE	8144	644138	0.96	1.490	
	UR3287	IDL SEANO	7040	623503	0.30	0.481	
	UR4076	IDL LA FONTE	4797	315000	0.88	2.794	
	UR3872	IDL VIA FIRENZE	4406	188280	0.58	3.081	
	UR0716	IDL VIA DI CACCINI	3866	651314	1.03	1.581	1.371
	UR2159	IDL RONCO - VIA FERRUCCI	3713	498723	0.69	1.384	1.140
	UR2420	IDL VIA DELLA TORRE	3563	577629	1.45	2.510	2.087
	UR1773	IDL LEVANE	3336	249474	0.87	3.487	



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

Area Sensibile ARNO							
ATO	Impianto		Carico Trattato AE	Portata Scaricata mc/anno	Fosforo in uscita t/anno	Stima Concentrazione Fosforo in uscita stimata g/mc	Media Controlli P uscita mg/L
	UR4073	IDL TAVARNUZZE - VIA CASSIA 160/A	2547	304790	1.01	3.314	
	UR3633	IDL RIGNANO - VIA DEL MOLINO	2029	137610	0.44	3.197	
	UR3873	IDL VIA BRUNELLESCHI	1856	322614	0.96	2.976	
	UR2179	IDL CANDELI	1457	337001	0.91	2.700	
	UR1190	IDL CAVRIGLIA	1354	110000	0.38	3.455	
4 VALDARNO SUPERIORE	UR3363	IDL CASOLINO	68640	8418000	14.98	1.780	1.028
	UR1676	IDL VIA VOLTELLA	27280	698000	2.00	2.865	2.425
	UR3328	IDL RIBUSSOLAIA	18153	806619	1.57	1.946	2.321
	UR3364	IDL PONTE A CHIARI	14954	1277863	1.99	1.557	1.432
	UR2212	IDL RUOTI	11909	387913	0.76	1.959	2.427
	UR2874	IDL IMPIANTO MONSIGLIOLO	10977	1332361	2.52	1.891	
	UR0074	IDL RIALTO	10540	445352	1.46	3.278	1.233
	UR2224	IDL CIVETTAIO	9767	393600	0.88	2.236	
	UR2793	IDL LA CEPPA	7826	264060	0.98	3.711	
	UR2803	IDL NIBBIANO	6776	205174	0.62	3.022	
	UR2882	IDL MOLIN NUOVO	5169	208607	0.63	3.020	
	UR3957	IDL POZZO NUOVO	2164	274606	0.82	2.986	
5 TOSCANA COSTA	UR3331	IDL PIETRICCIA	1693	64173	0.14	2.182	
	UR3076	IDL STAGNO	7620	233608	0.28	1.199	
	UR0410	IDL VOLTERRA NORD	6429	328500	1.77	5.388	8.205
6 OMBRONE	UR4211	IDL COLLESALVETTI	4690	184362	0.35	1.898	
	UR0513	IDL CIPRESSI	30071	815921			3.626
	UR0514	IDL SAN MARZIALE	5000				2.598

Area Sensibile ARNO - Bacini Drenanti							
ATO	Impianto		Carico Trattato AE	Portata Scaricata mc/anno	Fosforo in uscita t/anno	Stima Concentrazione Fosforo in uscita stimata g/mc	Media Controlli P uscita mg/L
3 VALDARNO	UR0127	IDL RABATTA	24846	5400000	14.91	2.761	1.818
	UR1637	IDL GABOLANA	11011	1541694			1.111



**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Area Sensibile ARNO - Bacini Drenanti							
ATO	Impianto		Carico Trattato AE	Portata Scaricata mc/anno	Fosforo in uscita t/anno	Stima Concentrazione Fosforo in uscita stimata g/mc	Media Controlli P uscita mg/L
MEDIO		VAIANO					
	UR0214	IDL LA GINESTRA	8843	1000000	2.20	2.200	
	UR3511	IDL DICOMANO	900	197254	0.30	1.521	
4 VALDARNO SUPERIORE	UR3373	IDL SOCI	11829	472202	0.22	0.466	
	UR2827	IDL LA NAVE	8571	875900	1.44	1.644	

Area Sensibile MASSACIUCCOLI							
ATO	Impianto		Carico Trattato AE	Portata Scaricata mc/anno	Fosforo in uscita t/anno	Stima Concentrazione Fosforo in uscita stimata g/mc	Media Controlli P uscita mg/L
1 TOSCANA NORD	UR0315	IDL VIAREGGIO	92857				2.610
	UR1496	IDL MASSAROSA	19014				2.436

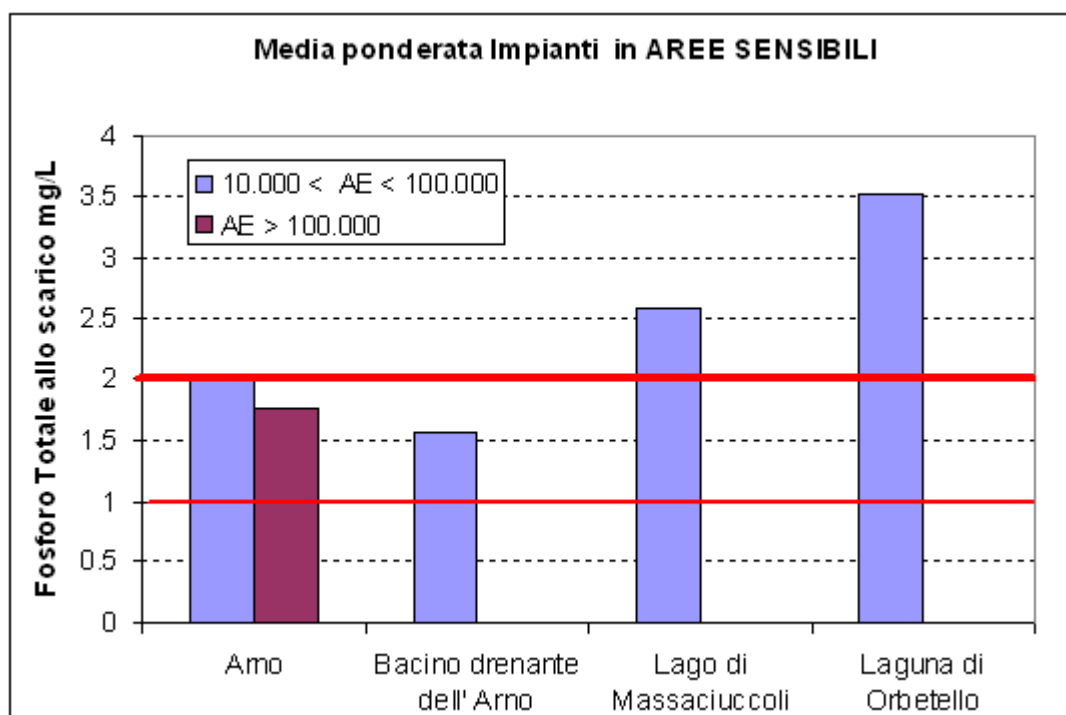
Area Sensibile ORBETELLO BURANO							
ATO	Impianto		Carico Trattato AE	Portata Scaricata mc/anno	Fosforo in uscita t/anno	Stima Concentrazione Fosforo in uscita stimata g/mc	Media Controlli P uscita mg/L
6 OMBRONE	UR0302	TERRAROSSA (GR)	15000				4.181
	UR0823	NEGHELLI (GR)	15000				2.882

I dati evidenziano numerose situazioni con fosforo totale allo scarico eccedente le soglie rispettive di 1 e 2 mg/L previste all'interno delle aree sensibili per impianti eccedenti i 100.000 e 10.000 AE rispettivamente.

Le situazioni migliori si ritrovano all'interno dell'area sensibile ARNO per gli impianti inferiori a 100.000 AE ed in particolare nell'area dei Bacini Drenanti.

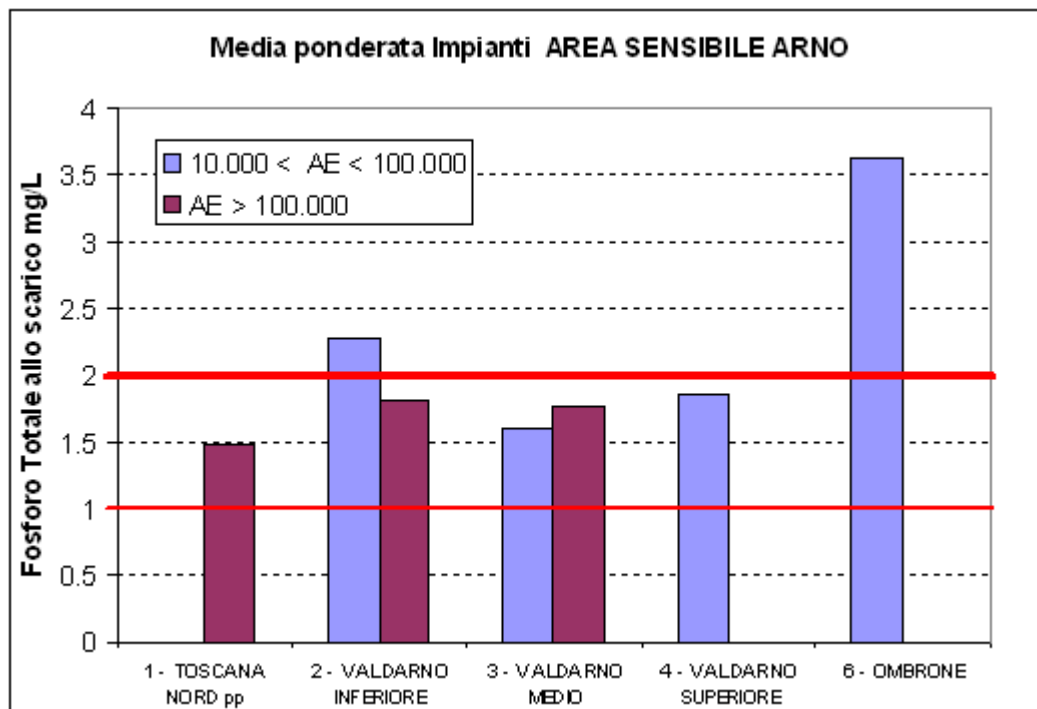
Situazioni più critiche sono rilevate per l'area sensibile ORBETELLO soprattutto a carico dell'impianto di Terrarossa attualmente in corso di dismissione.

Critiche le situazioni dell'area sensibile di MASSACIUCCOLI, dove è da rilevare che l'impianto di VIAREGGIO con peggiori prestazioni non scarica nel Lago, e degli impianti di maggiore potenzialità > 100.000 AE dell'AS ARNO.



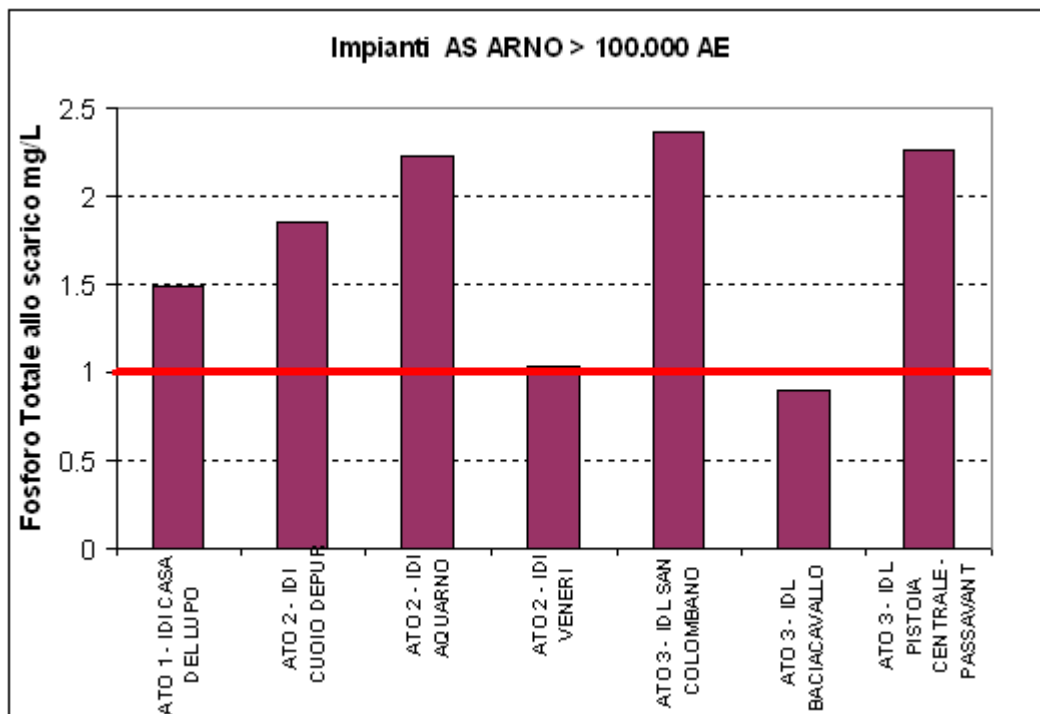
Analizzando in dettaglio le prestazioni degli impianti di depurazione dell'AS ARNO, distinte per ATO, si evidenzia la situazione più critica a carico dell'ATO 6 per l'impianto di Cipressi e per l'ATO 2 soprattutto per gli Impianti di Pescia Capoluogo, Traversagna e San Iacopo. Da evidenziare, per l'ATO2 che i tre impianti non appartengono in ogni caso a bacini con scarico diretto in Arno.

Situazioni non adeguate, si rilevano infine per gli impianti di maggiori dimensioni di tutti e tre gli ATO.

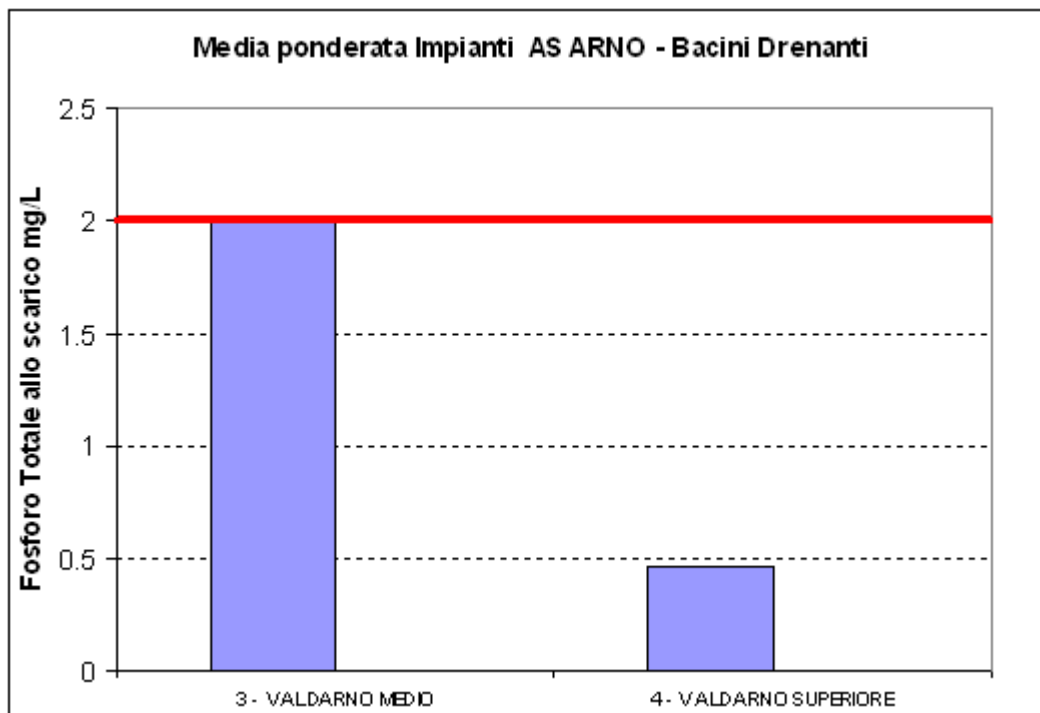


Analizzando in dettaglio per singolo impianto si osserva come le situazioni più critiche risultano a carico dei due impianti di depurazione esclusivamente di acque reflue urbane della zona fiorentina e pistoiese (SAN COLOMBANO e PISTOIA CENTRALE). Per gli impianti di depurazione a forte componente industriale è da osservare che il raggiungimento della conformità è da ricondurre verosimilmente anche al favorevole rapporto di diluizione rispetto alla componente domestica.





Particolarmente ridotte, infine le concentrazioni in P allo scarico dei depuratori < 100.000 AE delle aree dei Bacini drenanti di ATO 4.



## 2.3 ANALISI DEL TREND

Anche per le Aree Sensibili, si è proceduto nell'analisi dei trend dell'indicatore del Fosforo totale, già individuato come parametro di maggior rilievo per la valutazione della vulnerabilità da nutrienti.

Sono state considerate le stazioni MAS, nel periodo di monitoraggio fino al 2007 e sulla base delle concentrazioni di P<sub>tot</sub>, sono state selezionate le situazioni a rischio, cioè i casi in cui il limite superiore di confidenza della media del periodo eccede il 75% del valore soglia individuato in 0,3 mg/L per i corsi d'acqua e 0,05 per i laghi.

Sulle stazioni a rischio è stata successivamente testata l'esistenza di trend monotonic in riferimento agli ultimi 7 anni (periodo 2000-2007) su punti che garantissero almeno una serie minima di 5 anni con almeno 15 valori trimestrali delle acque superficiali.

Per il trend in inversione non sono stati impostati invece limiti temporali e scelti punti con almeno 10 anni e 30 misure

<b>Analisi Trend</b>	<b>Frequenza di monitoraggio</b>	<b>Numero minimo di anni</b>	<b>Numero massimo di anni</b>	<b>Numero minimo di misure</b>
<i>Monotonic</i>	<i>Trimestrale</i>	5	15	15
<i>Reversal</i>	<i>Trimestrale</i>	10	30	30

### 2.3.1 TREND MONOTONICO

Nella tabella seguente sono riportati i risultati per 23 stazioni a rischio sui corsi d'acqua e 3 stazioni a rischio su laghi e specchi d'acqua

CORSI Area Sensibile ARNO - Ptot [mg/L]											
StaId	StaNome	Periodo	Num Anni	Num Valori	Media	DevSt	CV	UCL95	Ptot classe	Trend	Stag
MAS-129	OMBRONE - PONTE DELLA CASERANA	2002-2007	6	53	0.830	0.691	0.833	0.830	scadente	incremento	S
MAS-130	OMBRONE - CARMIGNANO STAZIONE FFSS	2001-2007	11	75	0.607	0.331	0.546	0.607	scadente	decremento	
MAS-123	GREVE - LOC. PONTE A GREVE	2001-2007	10	76	0.503	0.356	0.708	0.503	scadente		S
MAS-144	USCIANA - MASSARELLA	2002-2007	5	46	0.478	0.409	0.857	0.478	scadente		S
MAS-108	ARNO - CAMAIONI - CAPRAIA	2001-2007	11	78	0.456	0.374	0.820	0.456	scadente		S
MAS-126	BISENZIO - RENAI A MONTE CONFLUENZA ARNO	2001-2007	7	67	0.420	0.647	1.541	0.420	scadente		
MAS-113	CHIANA - BRIGLIA EX CERACE	2001-2007	11	65	0.412	0.304	0.738	0.412	scadente	decremento	S
MAS-112	CHIANA - PONTE DI CESA	2001-2007	11	69	0.397	0.321	0.809	0.397	scadente	decremento	S
MAS-109	ARNO - PONTE DI FUCECCHIO	2002-2007	9	41	0.378	0.316	0.837	0.378	scadente		
MAS-127	MUGNONE - CONFLUENZA ARNO LOC. INDIANO	2001-2007	10	68	0.373	0.319	0.856	0.373	scadente		S
MAS-146	CANALE ROGIO - BARACCA DI NANNI	2002-2007	8	68	0.306	0.233	0.761	0.306	scadente		
MAS-110	ARNO - PONTE DI CALCINAIA	2002-2005	8	40	0.282	0.157	0.558	0.282	a rischio	incremento	S
MAS-111	ARNO - PONTE DELLA VITTORIA	2002-2007	6	50	0.245	0.130	0.531	0.245	a rischio		
MAS-140	PESCIA DI COLLODI - PONTE SETTEPASSI	2002-2007	6	56	0.230	0.192	0.837	0.230	a rischio		
MAS-149	EMISSARIO BIENTINA - FOCE	2002-2007	5	37	0.225	0.132	0.586	0.225	a rischio	incremento	S
MAS-125	BISENZIO - LOC. MEZZANA	2000 - 2007	8	91	0.215	0.515	2.393	0.215	a rischio	decremento	



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

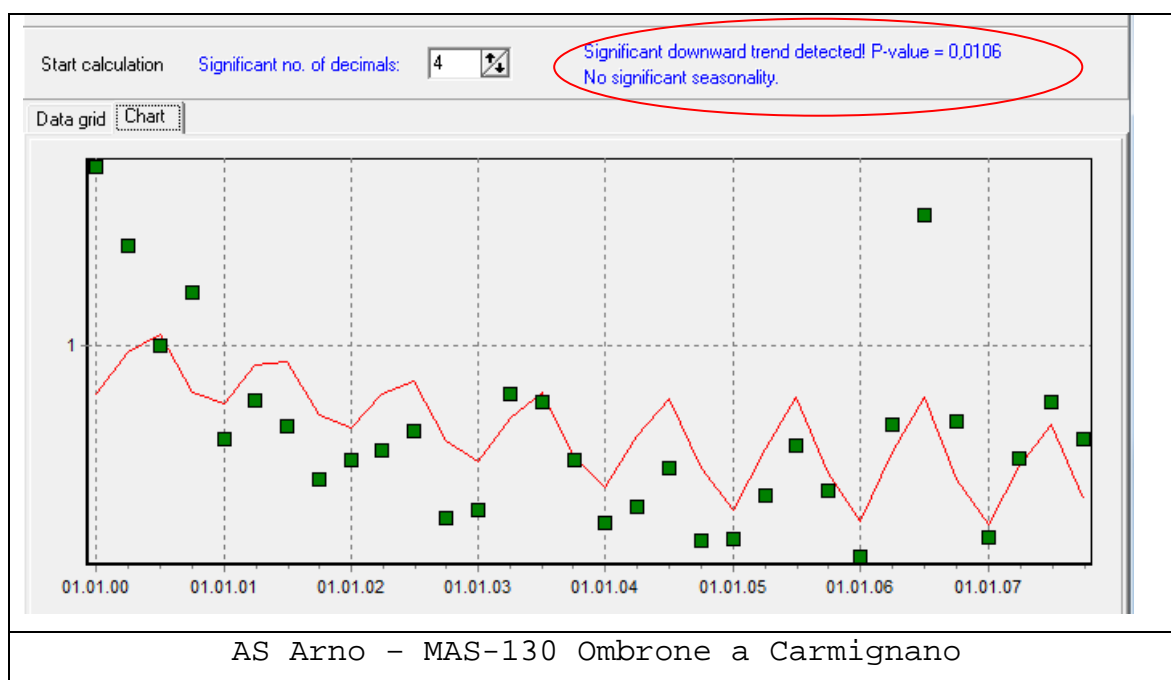
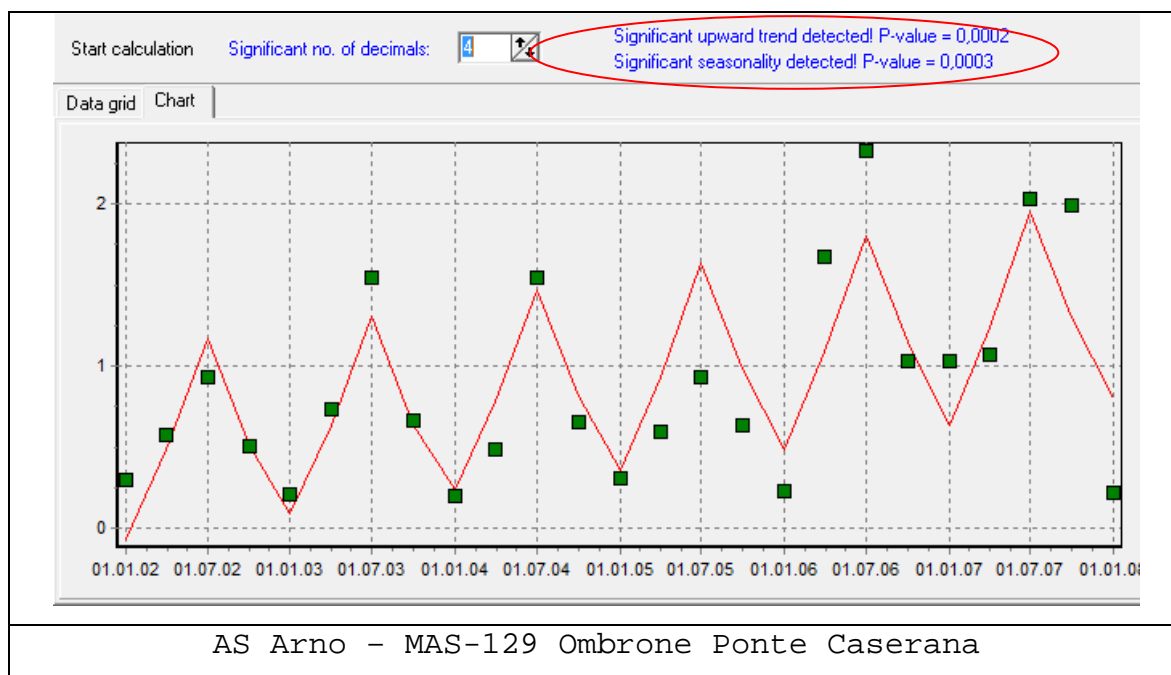
LAGHI Area Sensibile ARNO - Ptot [mg/L]											
StaId	StaNome	Periodo	Num Anni	Num Valori	Media	DevSt	CV	UCL95	Ptot classe	Trend	Stag
MAS-143	FUCECCHIO - INTERNO PADULE	2002-2007	6	43	0.722	0.540	0.747	0.722	scadente		
MAS-114	MONTEPULCIANO - INTERNO INVASO	2001-2007	7	67	0.086	0.069	0.803	0.086	scadente		
MAS-115	CHIUSI - INTERNO INVASO	2002-2007	6	64	0.055	0.064	1.165	0.055	scadente		

CORSI Area Sensibile MASSACIUCCOLI - Ptot [mg/L]											
StaId	StaNome	Periodo	Num Anni	Num Valori	Media	DevSt	CV	UCL95	Ptot classe	Trend	Stag
MAS-014	CANALE BURLAMACCA TORRE MATILDE	2002-2007	6	50	0.368	0.339	0.921	0.368	scadente		

LAGHI Area Sensibile MASSACIUCCOLI - Ptot [mg/L]											
StaId	StaNome	Periodo	Num Anni	Num Valori	Media	DevSt	CV	UCL95	Ptot classe	Trend	Stag
MAS-012	MASSACIUCCOLI SPONDA EST	2002-2007	6	49	0.144	0.120	0.828	0.144	scadente		
MAS-013	MASSACIUCCOLI SPONDA OVEST	2002-2007	6	50	0.116	0.091	0.783	0.116	scadente		

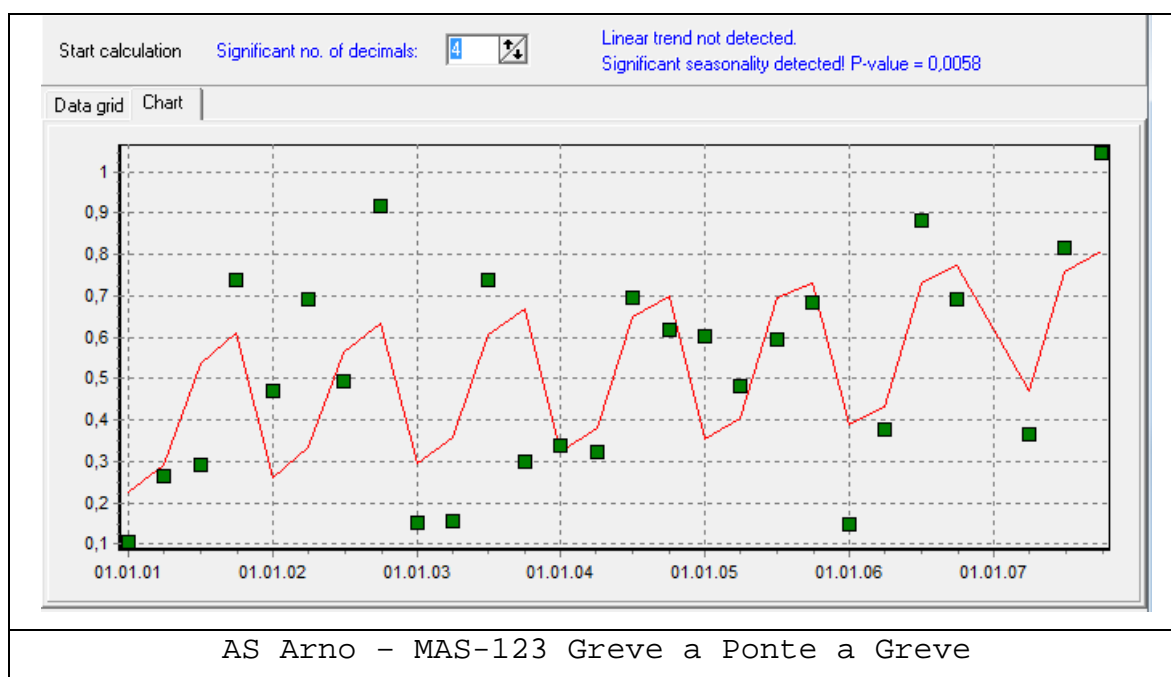
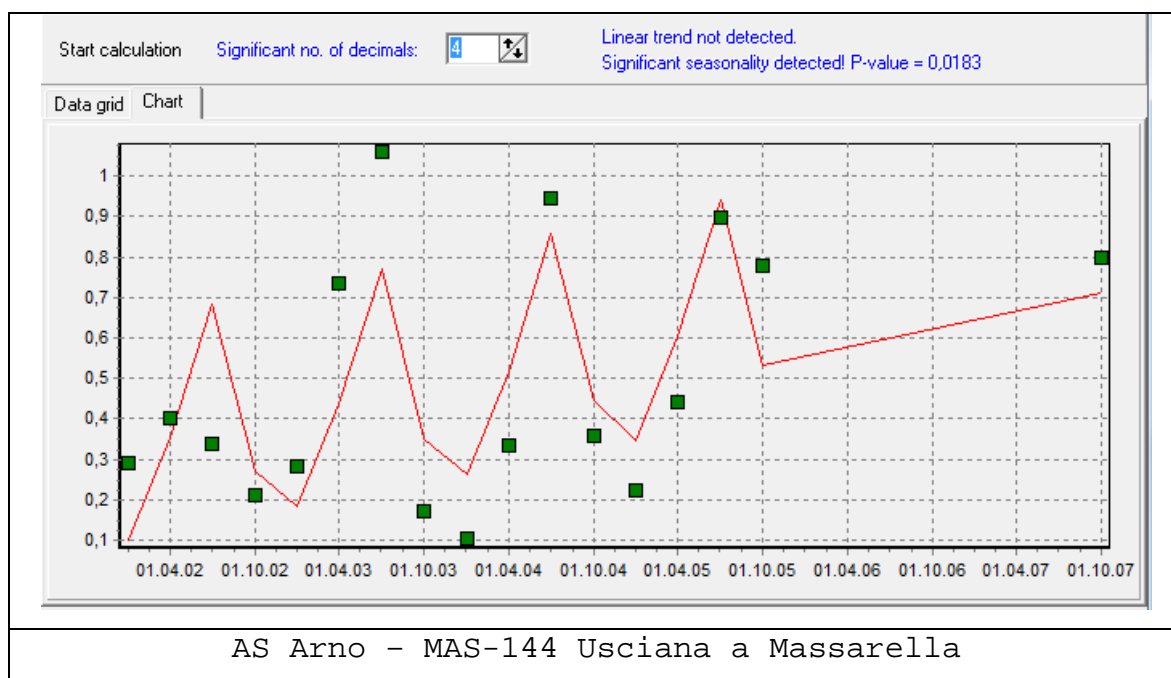
LAGHI Area Sensibile ORBETELLO BURANO - Ptot [mg/L]											
StaId	StaNome	Periodo	Num Anni	Num Valori	Media	DevSt	CV	UCL95	Ptot classe	Trend	Stag
MAS-089	ORBETELLO - INTERNO LAGUNA DI PONENTE	2002-2007	6	75	0.047	0.049	1.054	0.047	a rischio		
MAS-088	ORBETELLO - INTERNO LAGUNA DI LEVANTE	2002-2007	6	58	0.039	0.037	0.948	0.039	a rischio		

### 2.3.1.1 AREA SENSIBILE ARNO



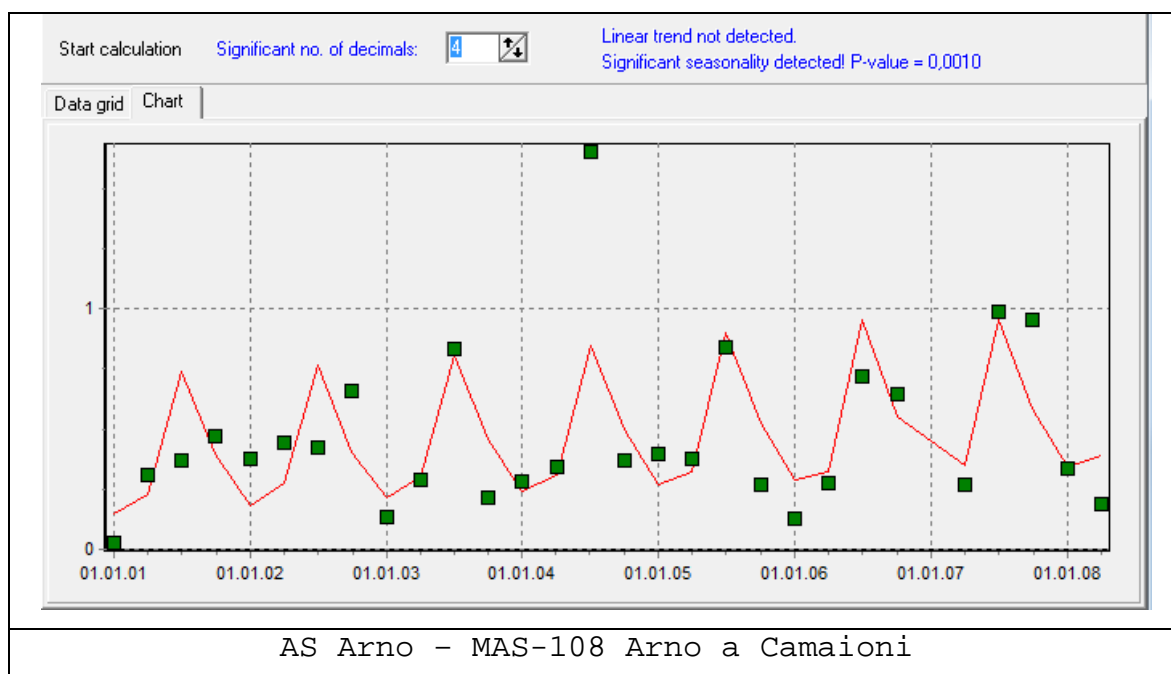
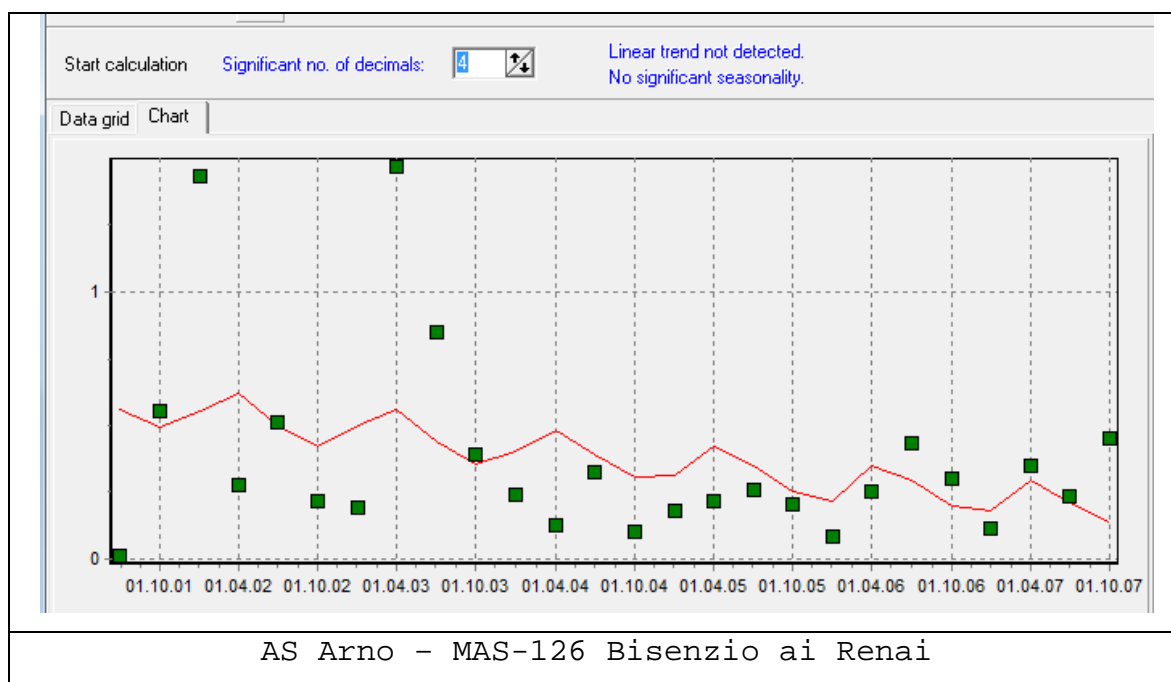


**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



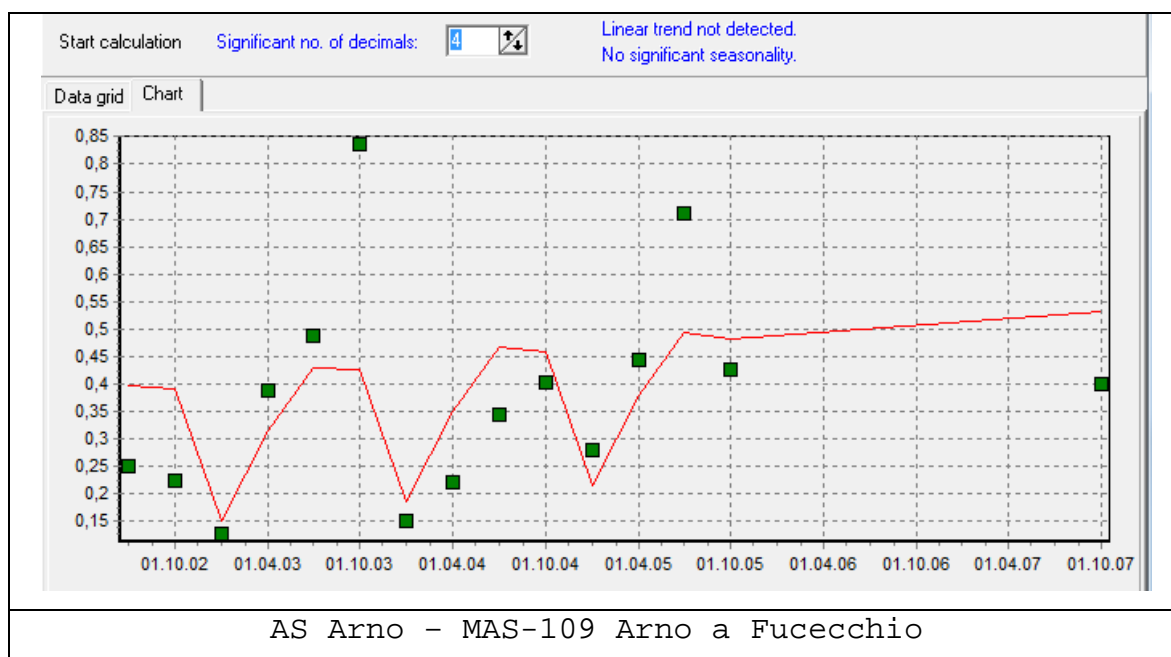
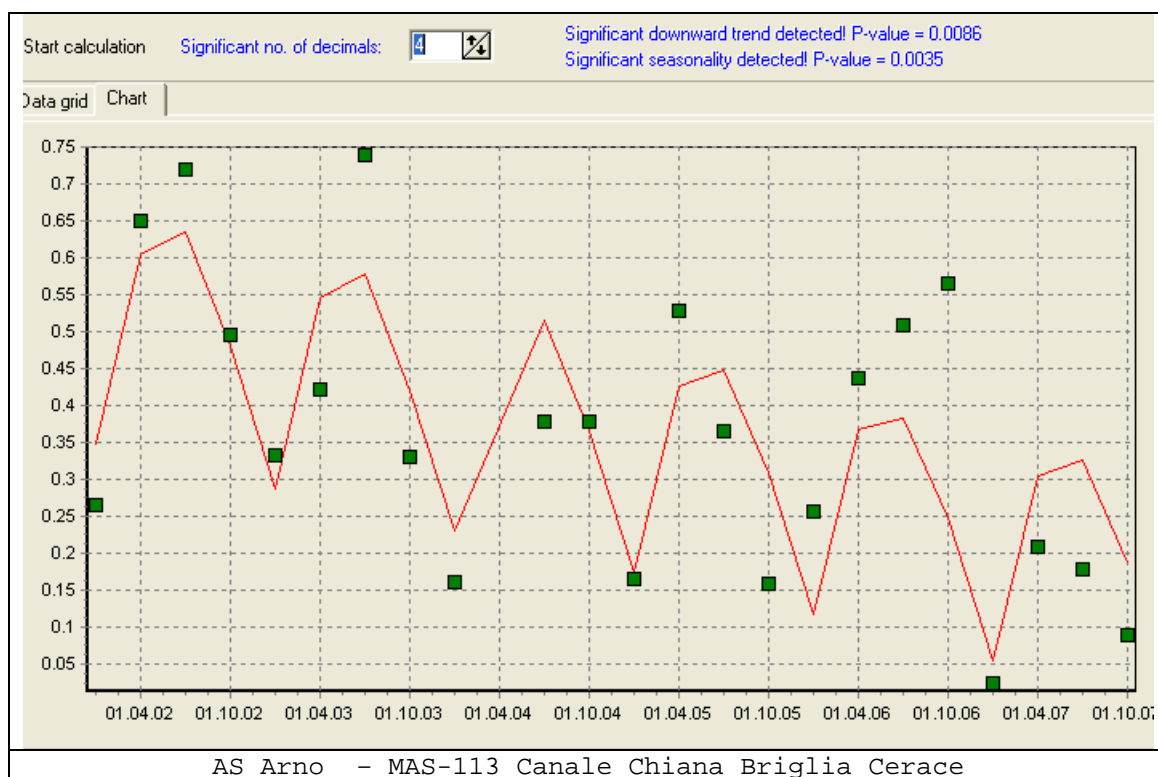


**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana





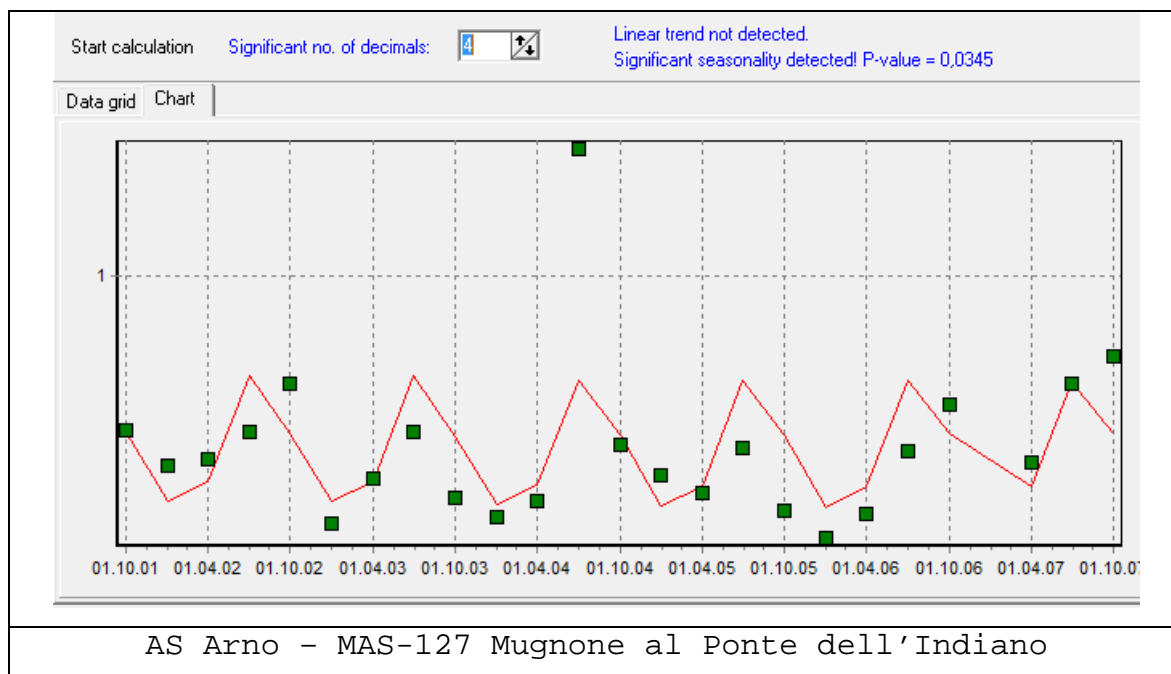
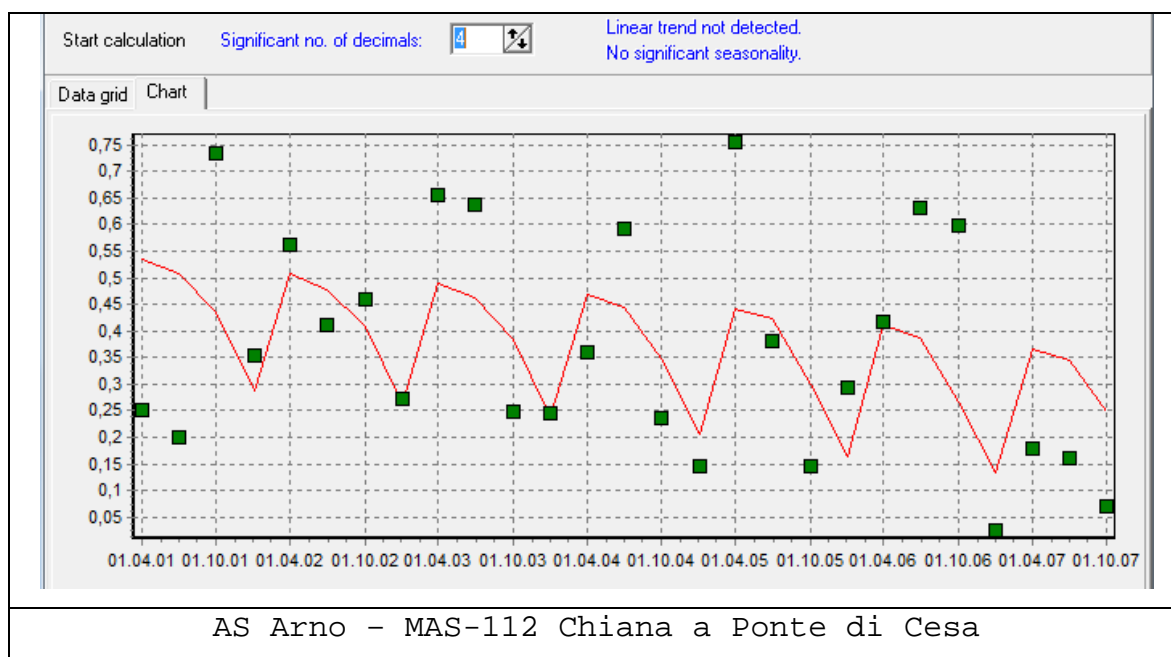
**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana





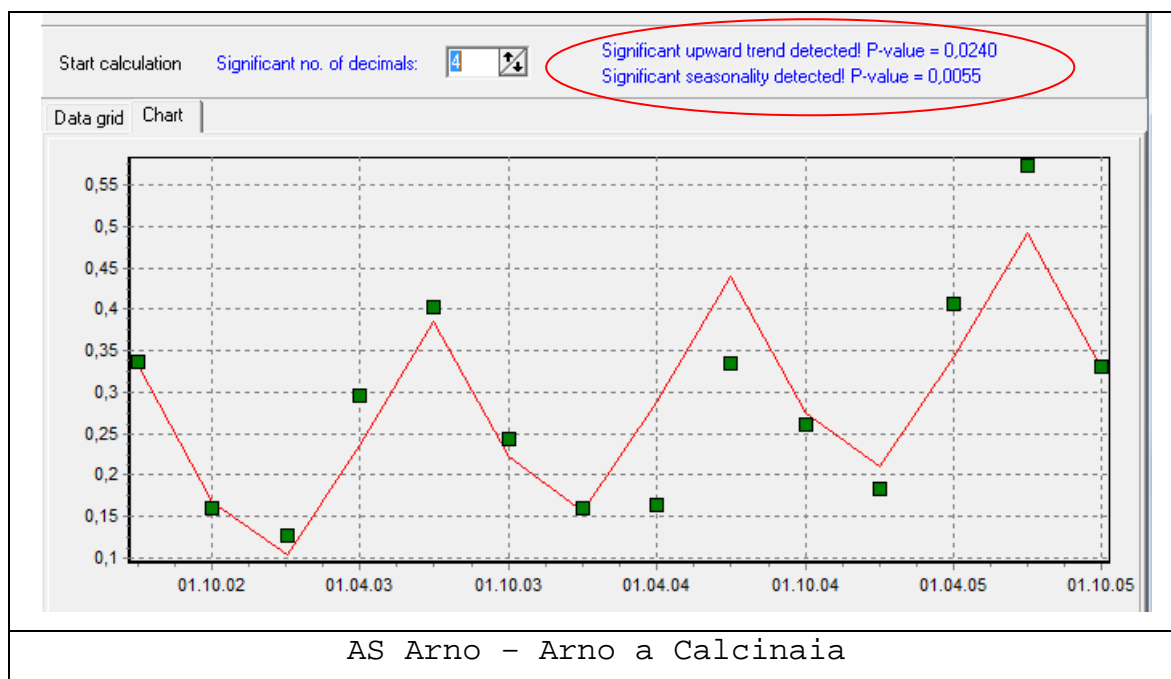
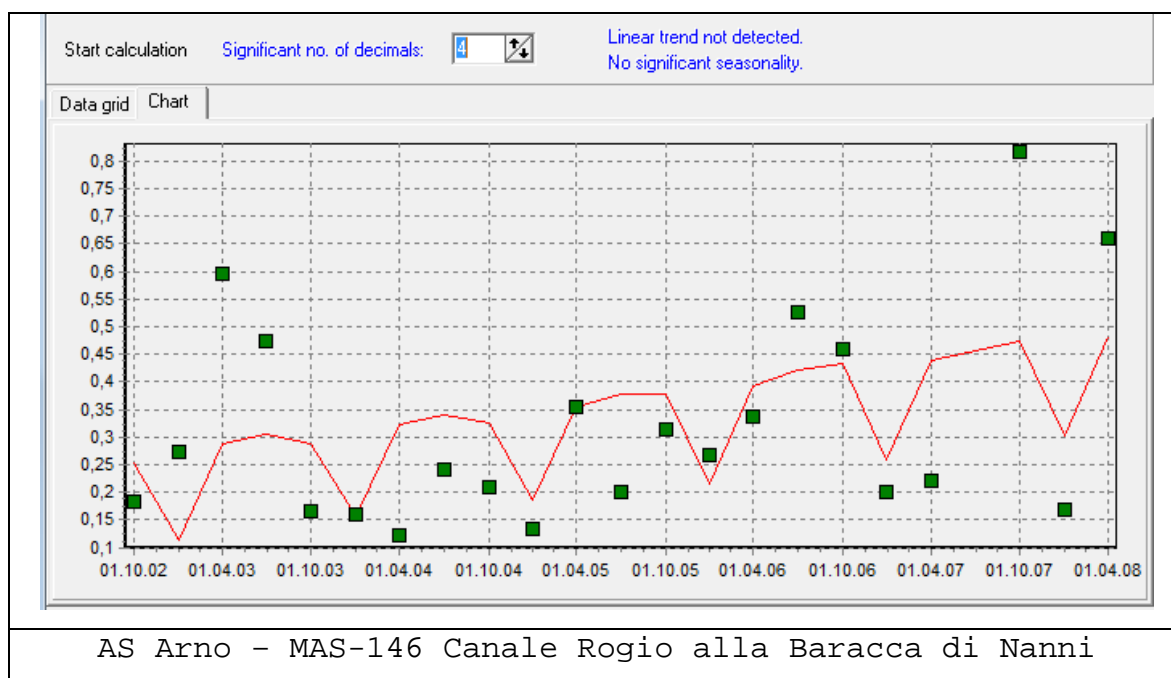


**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana



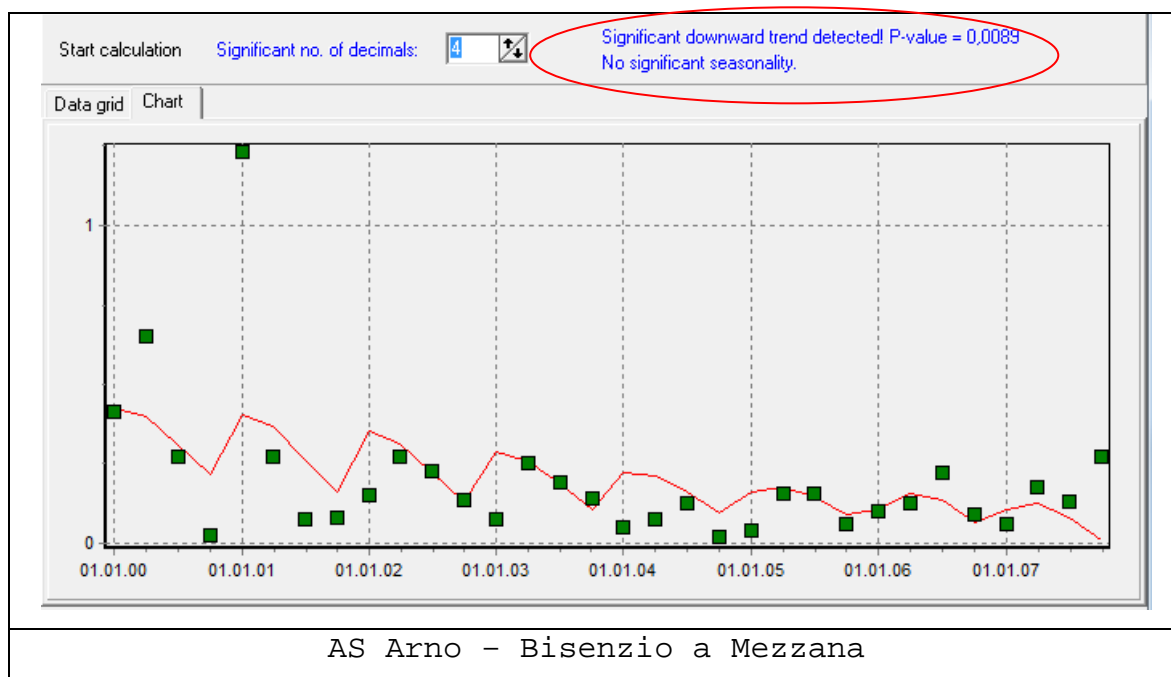
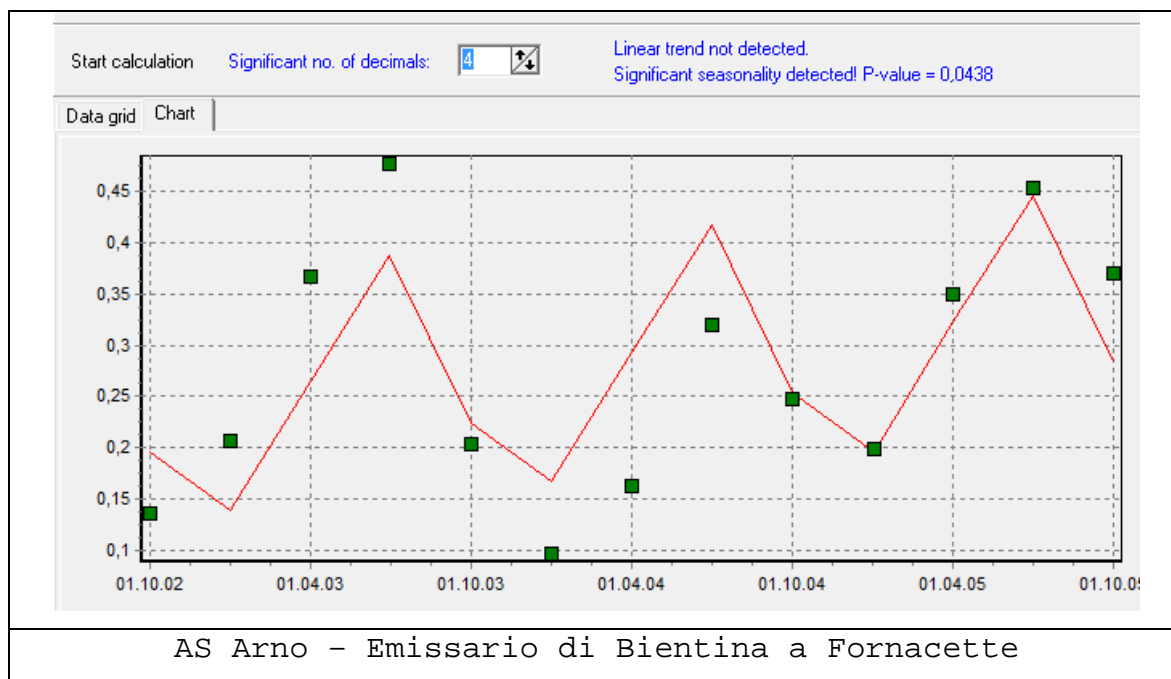


**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana



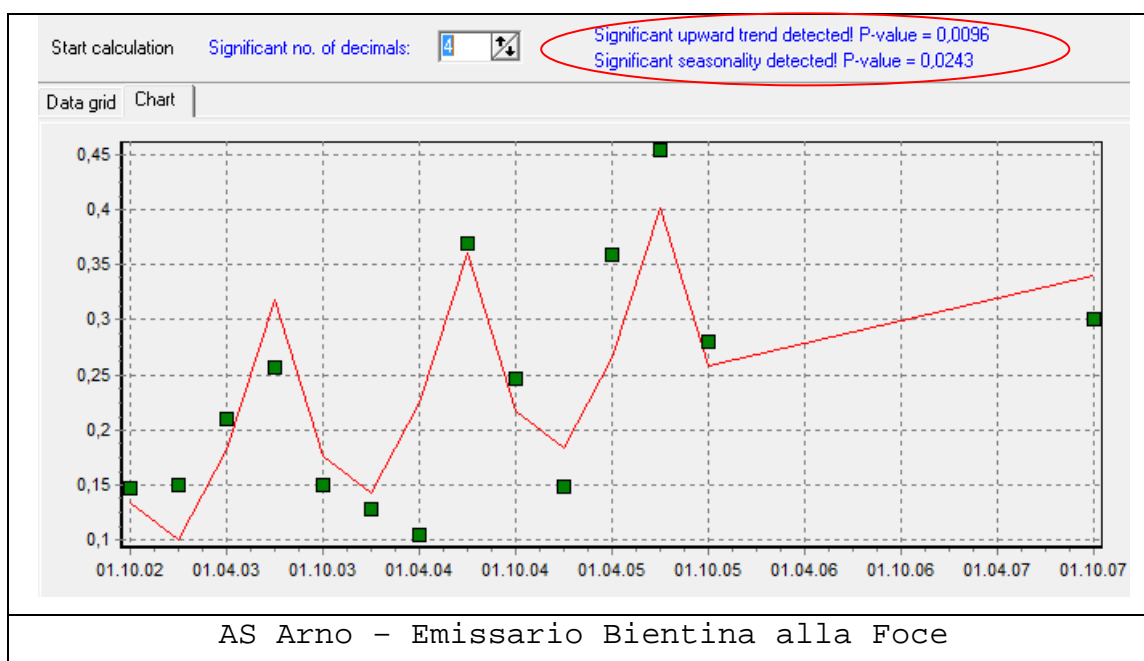
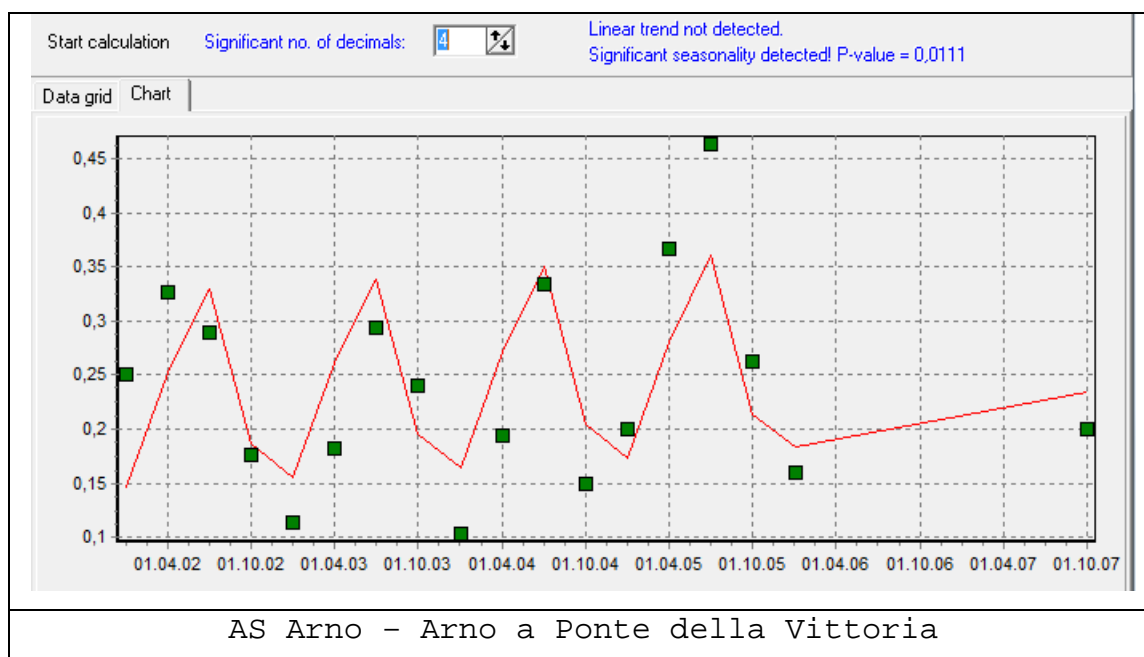


**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



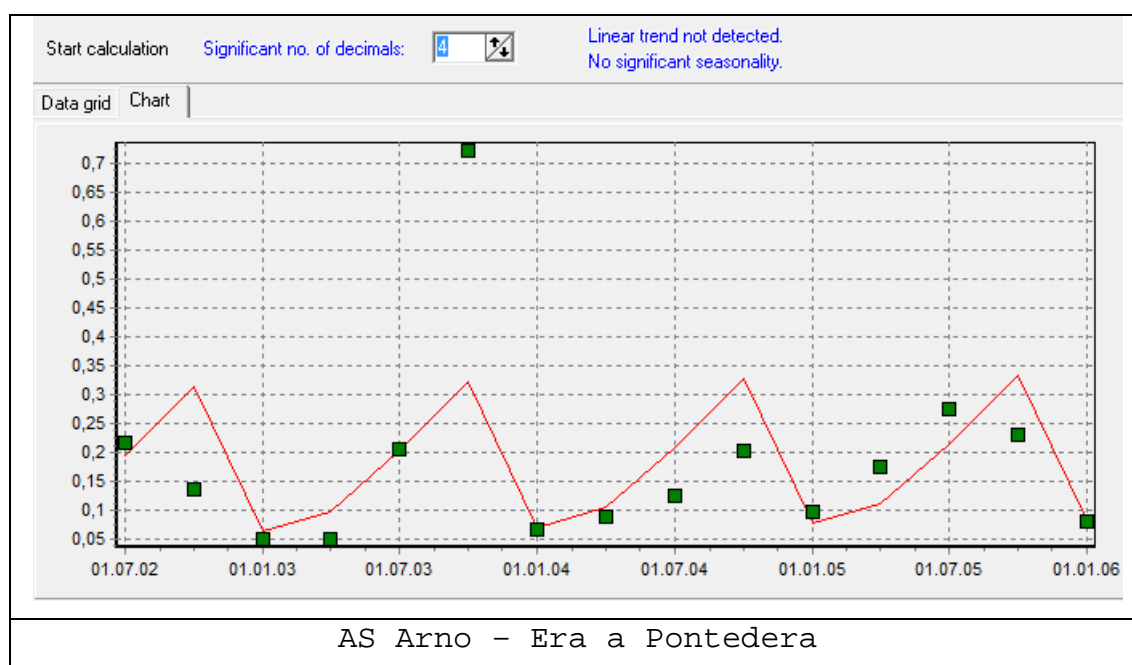
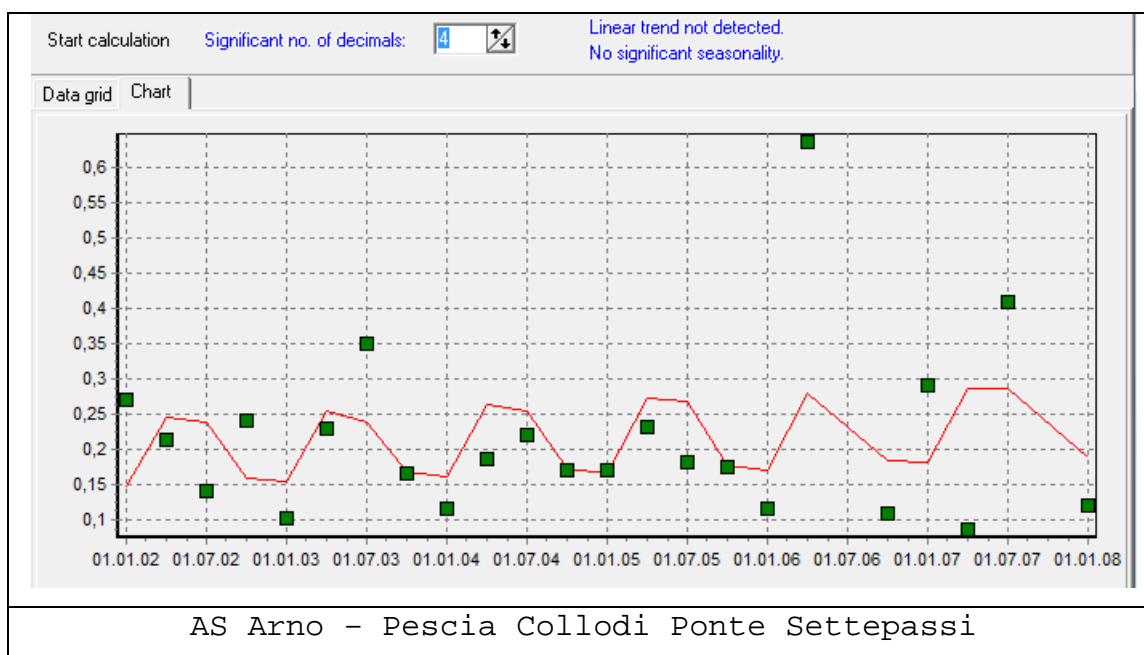


**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



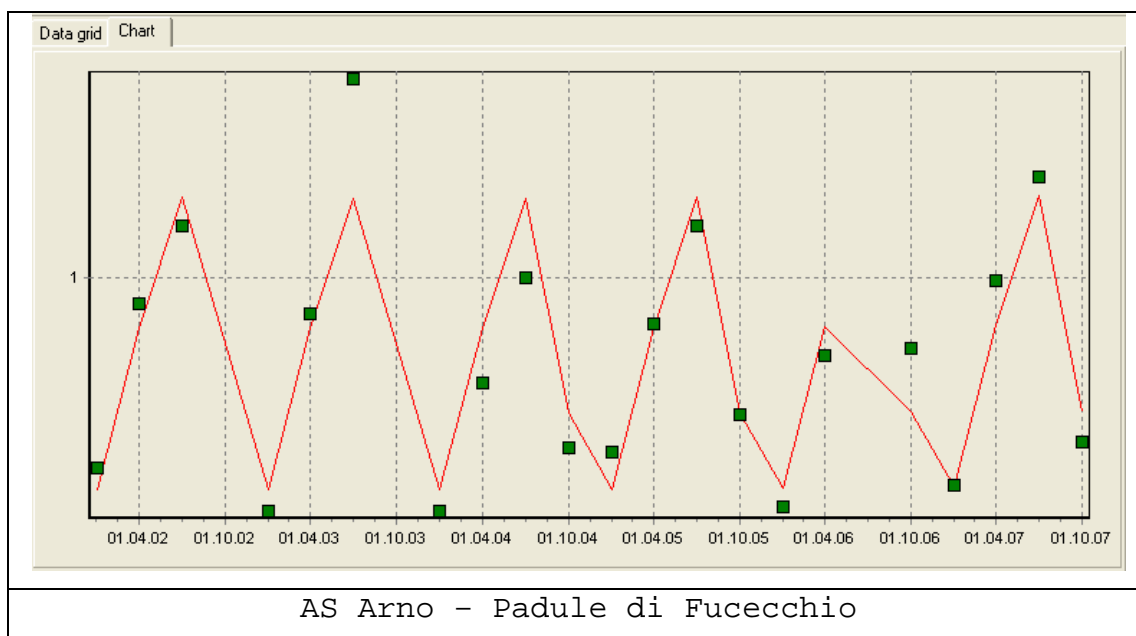
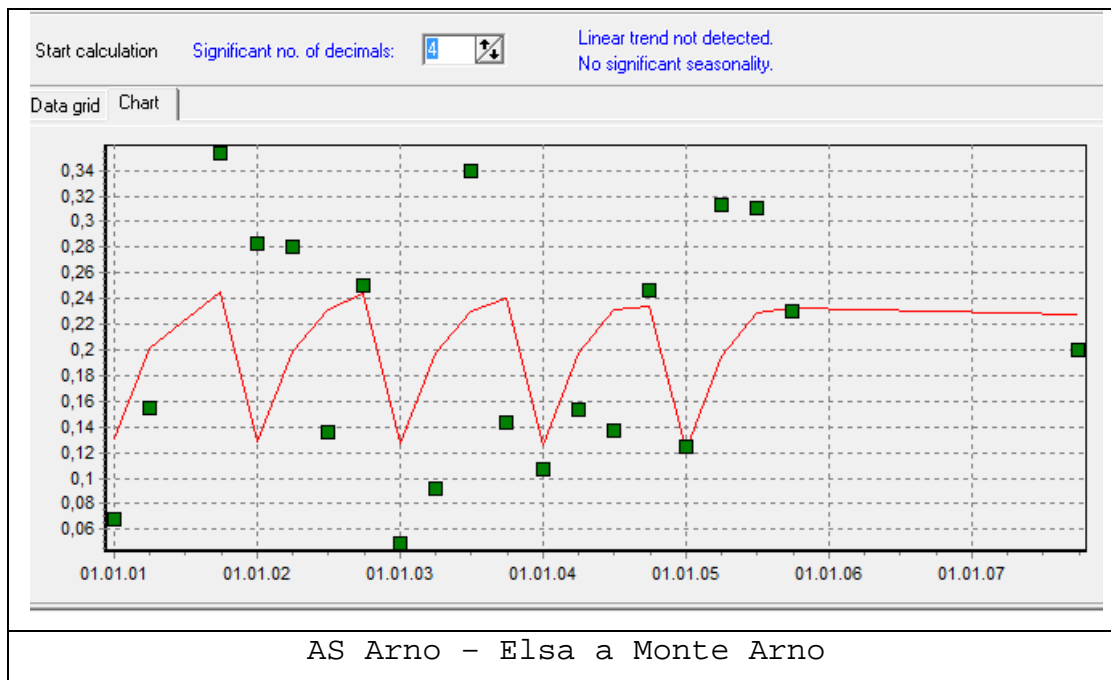


**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

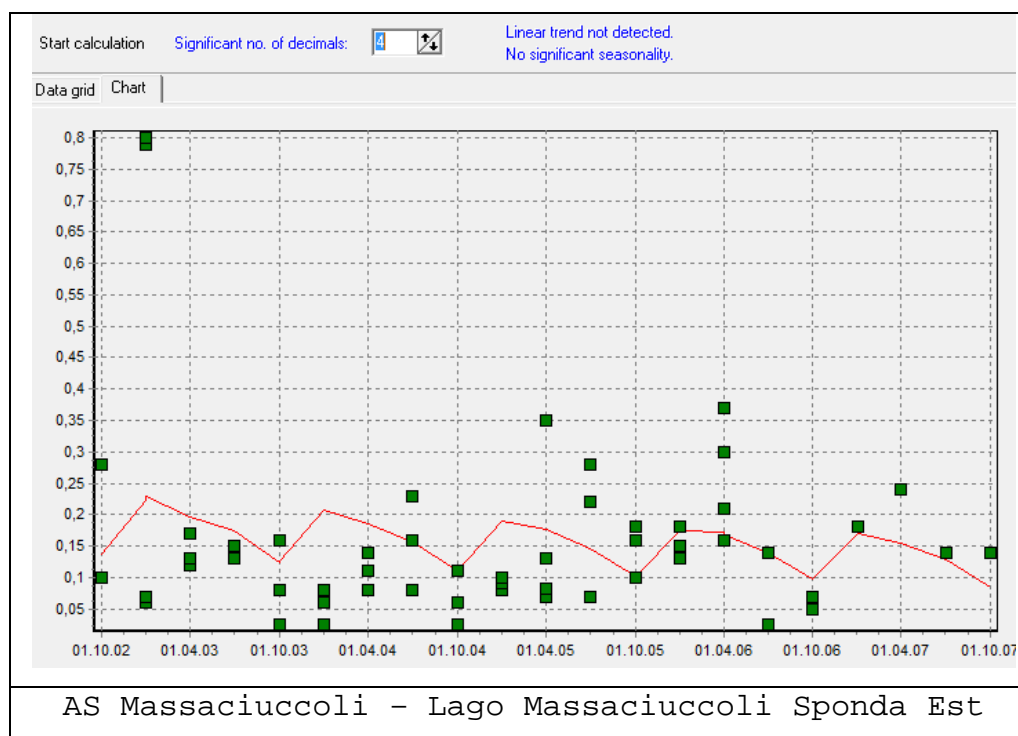
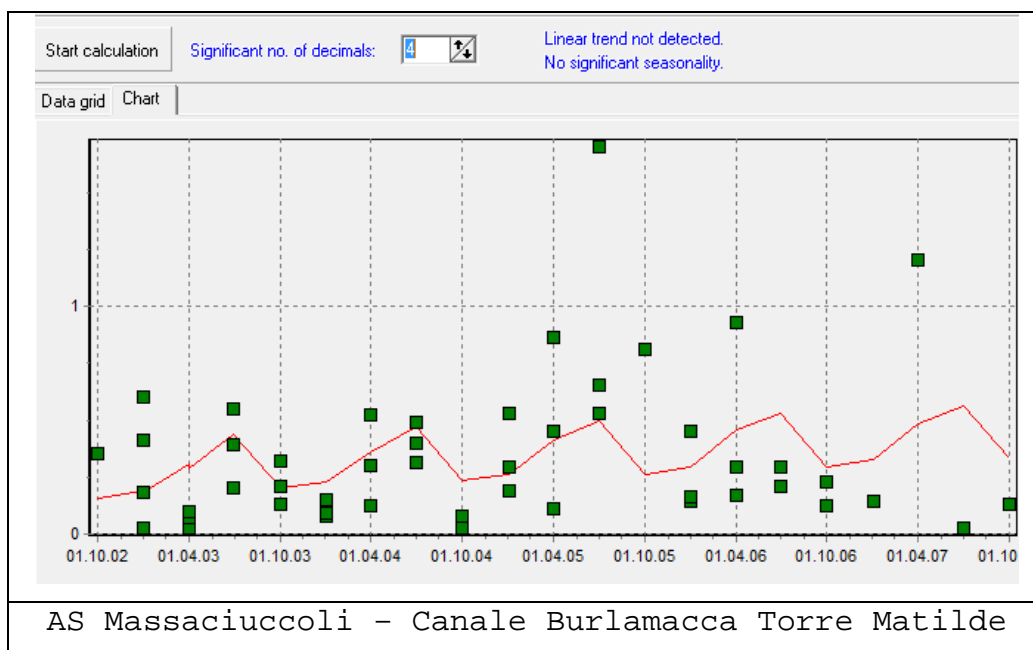




**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

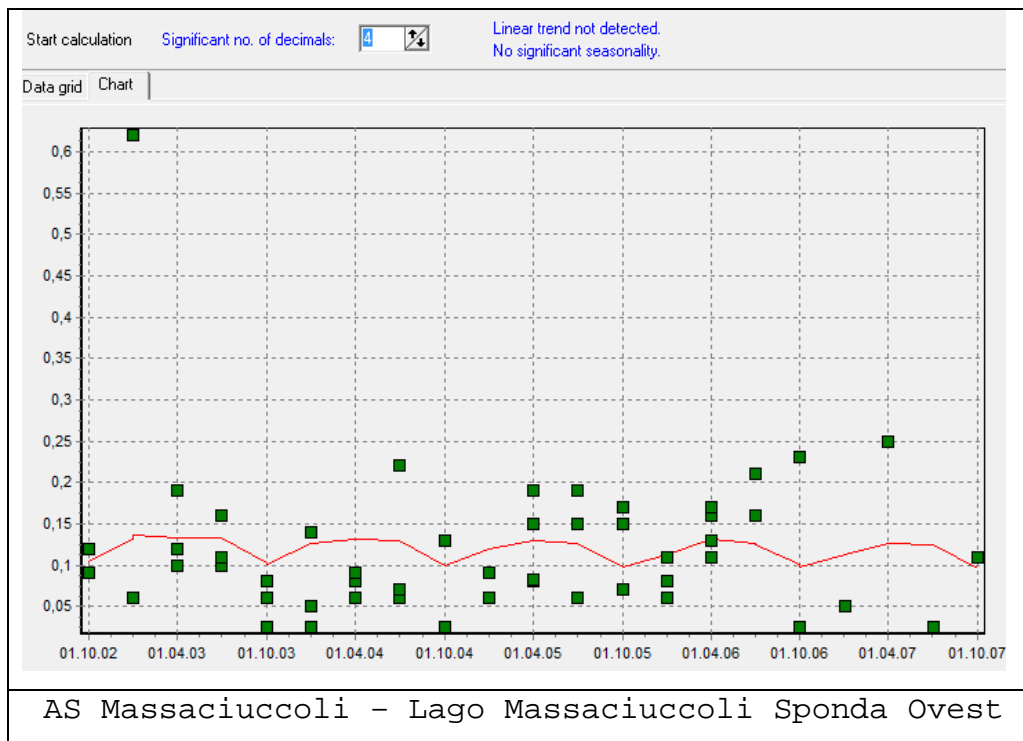


### 2.3.1.2 AREA SENSIBILE MASSACIUCCOLI



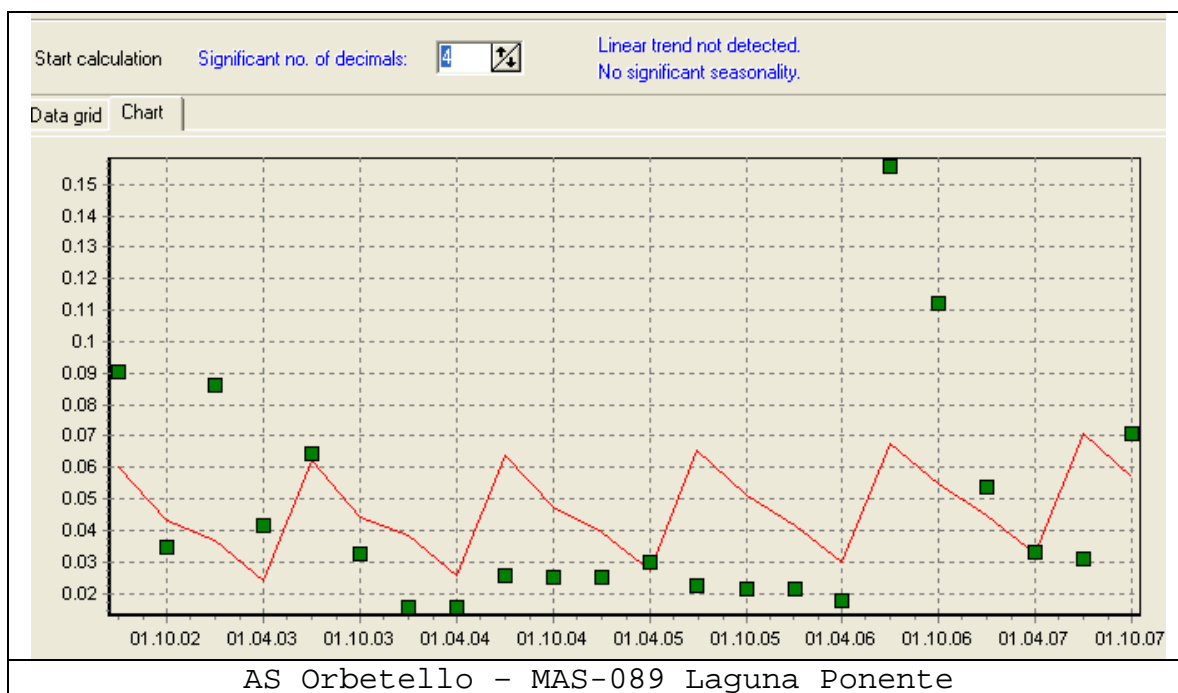
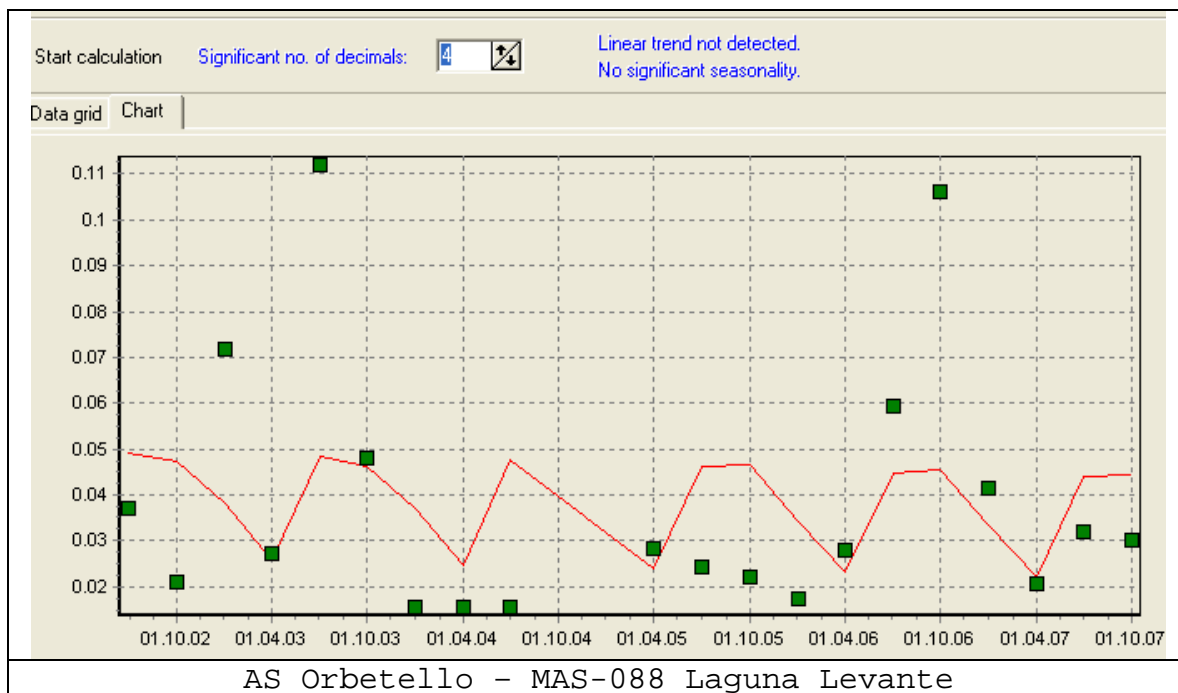


**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana





### 2.3.1.3 AREA SENSIBILE ORBETELLO BURANO



### 2.3.2 TREND IN INVERSIONE

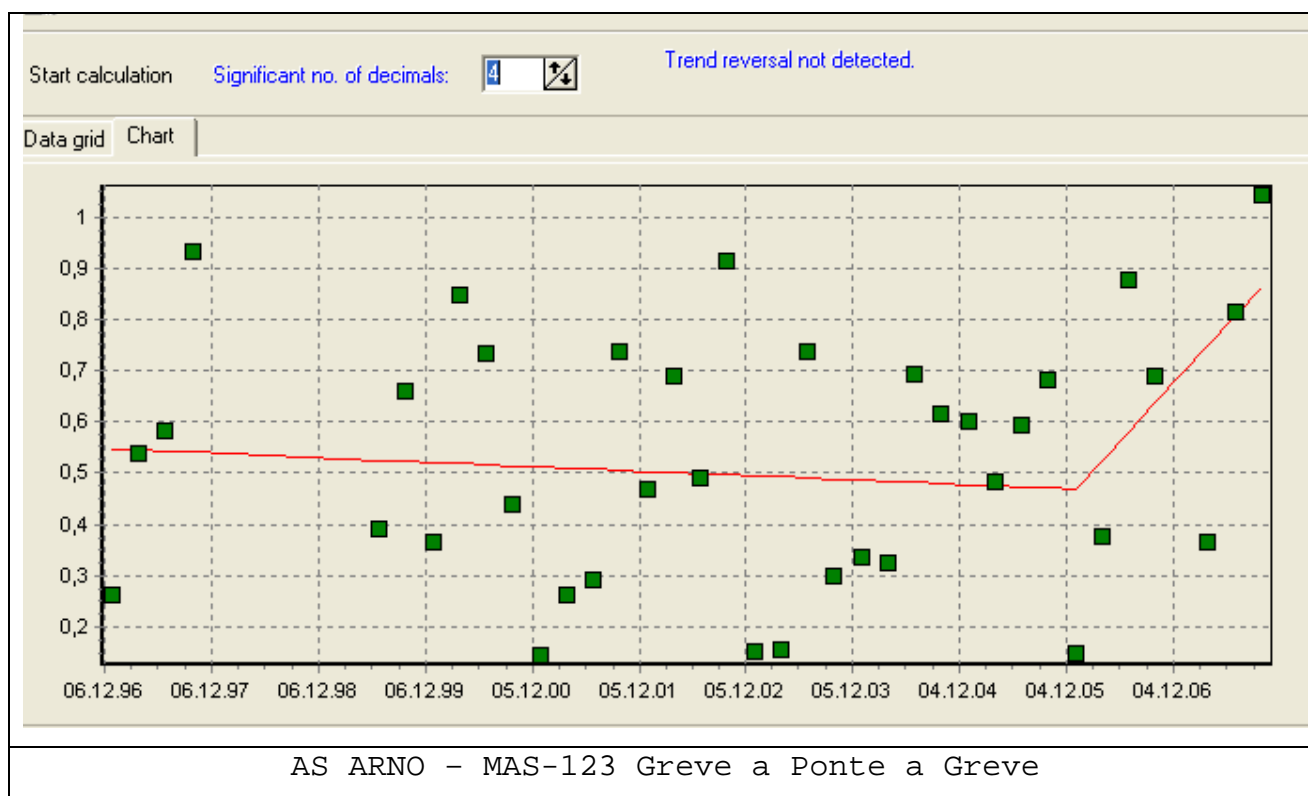
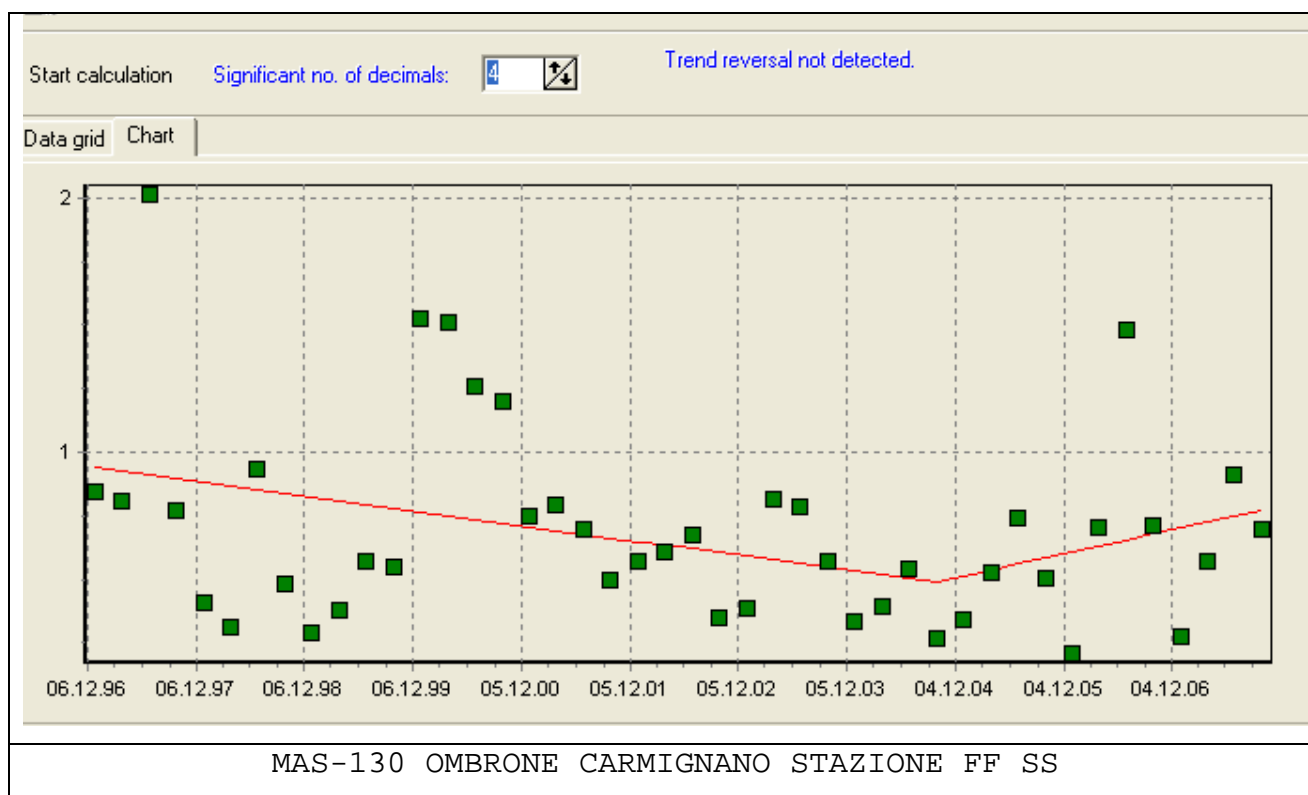
Nella tabella seguente sono riportati i risultati per 6 stazioni a rischio sui corsi d'acqua nell'area sensibile ARNO.

CORSI Area Sensibile ARNO - Ptot [mg/L]										
StaId	StaNome	Periodo	Num Anni	Num Valori	Media	DevSt	CV	UCL95	Ptot Classe	Reversal Trend
MAS-130	OMBRONE - CARMIGNANO STAZIONE FFSS	1997-2007	11	123	0.734	0.598	0.814	0.734	scadente	ND
MAS-123	GREVE - LOC. PONTE A GREVE	1997-2007	10	102	0.524	0.365	0.698	0.524	scadente	ND
MAS-108	ARNO - CAMAIONI - CAPRAIA	1997-2007	11	119	0.493	0.464	0.943	0.493	scadente	ND
MAS-113	CHIANA - BRIGLIA EX CERACE	1997-2007	11	112	0.360	0.271	0.752	0.360	scadente	Inversione in decremento
MAS-127	MUGNONE - CONFLUENZA ARNO LOC. INDIANO	1997-2007	10	100	0.344	0.286	0.832	0.344	scadente	ND
MAS-112	CHIANA - PONTE DI CESA	1997-2007	11	113	0.322	0.291	0.902	0.322	scadente	Inversione in decremento

Trend in inversione sono presenti nelle due stazioni sulla Chiana, con positivo decremento delle concentrazioni in fosforo a partire dal 2001 per la stazione più a valle e dal 2005 per la stazione a ponte di Cesa.

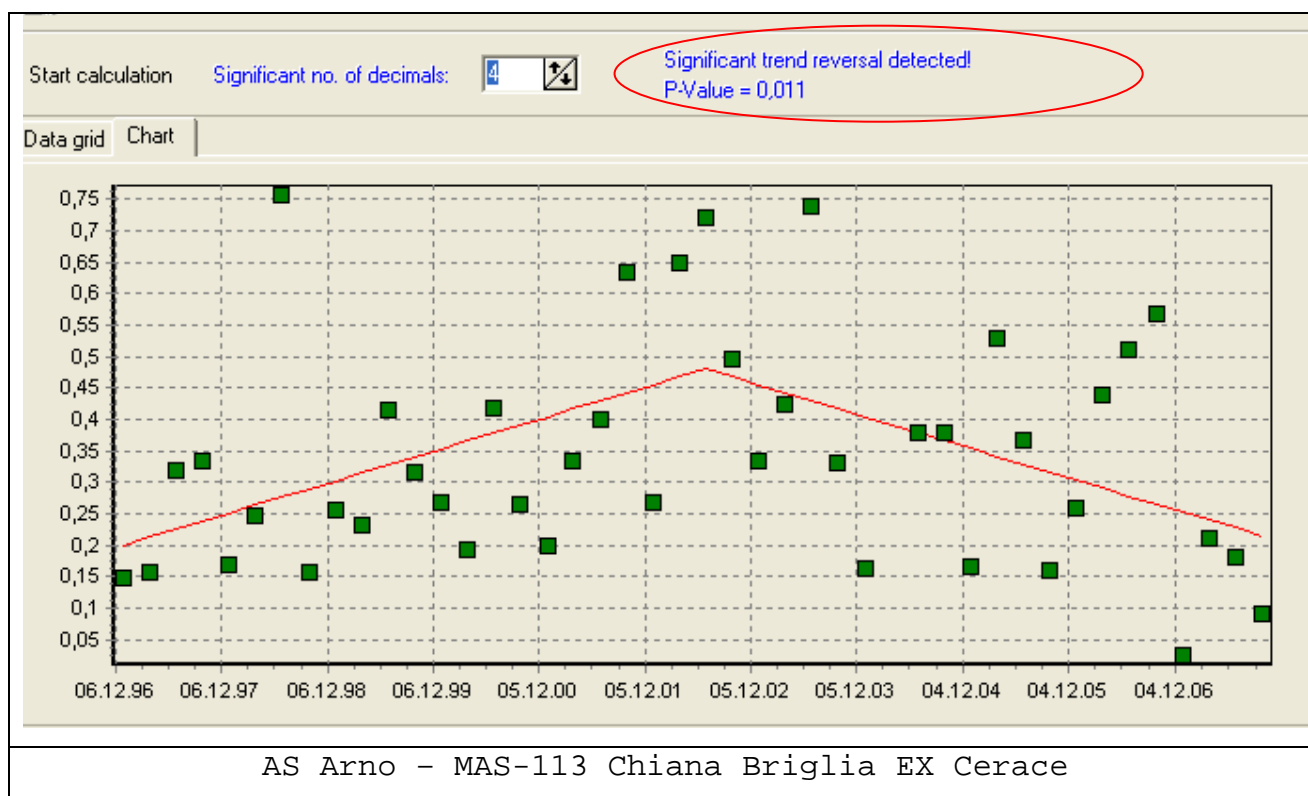
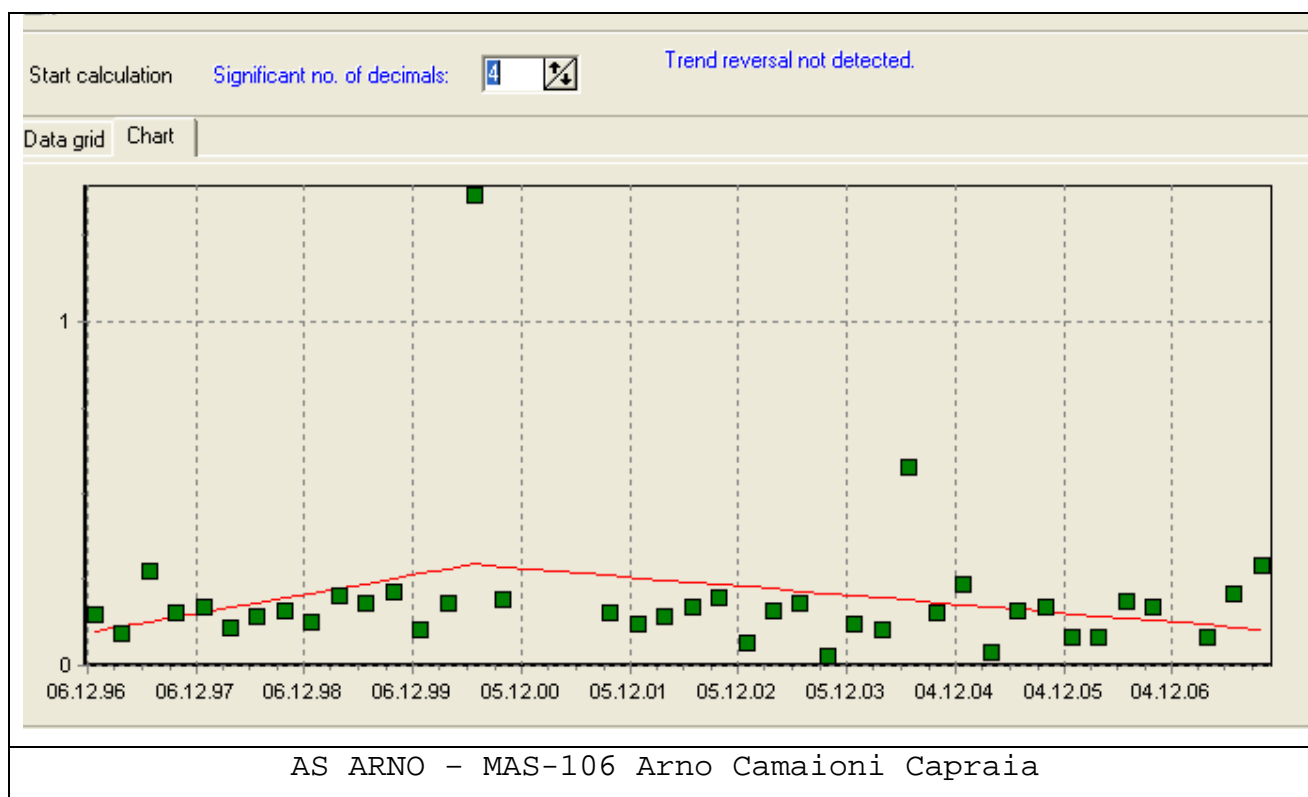


**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



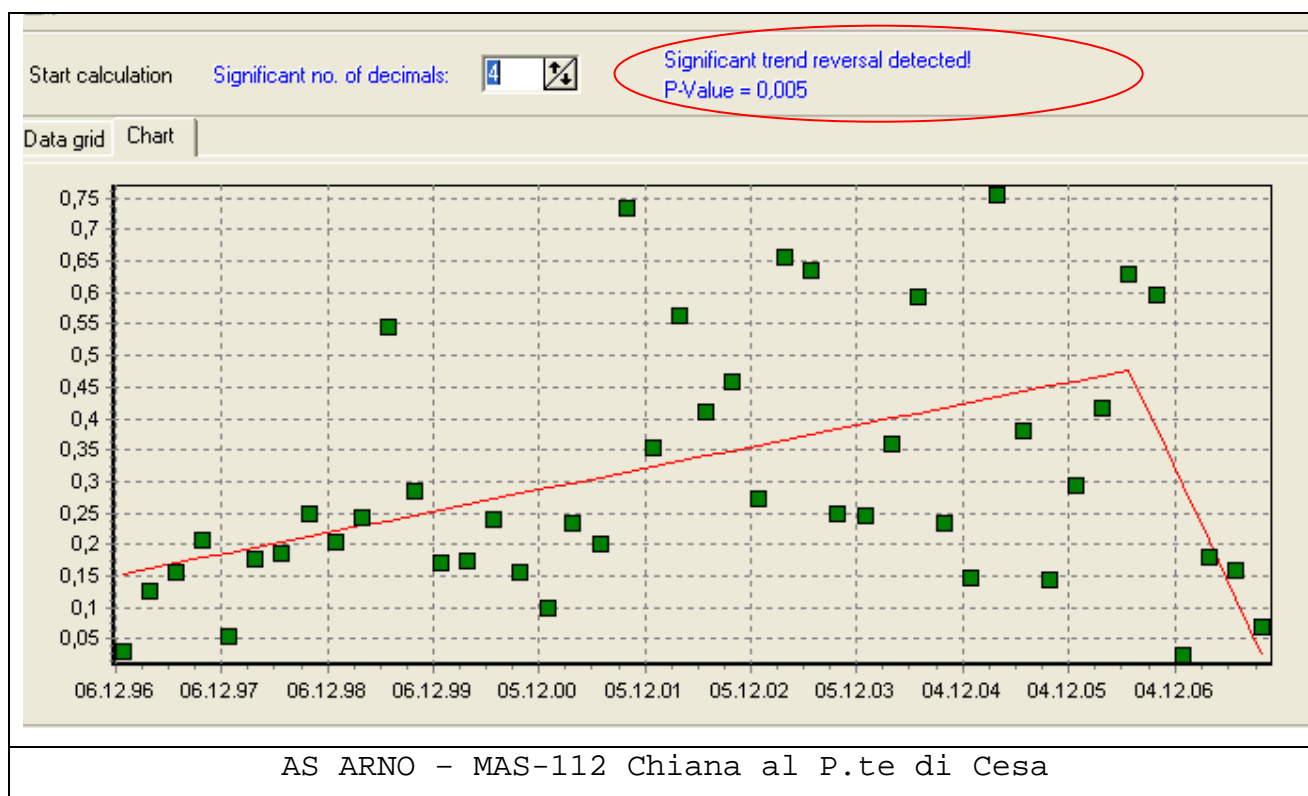
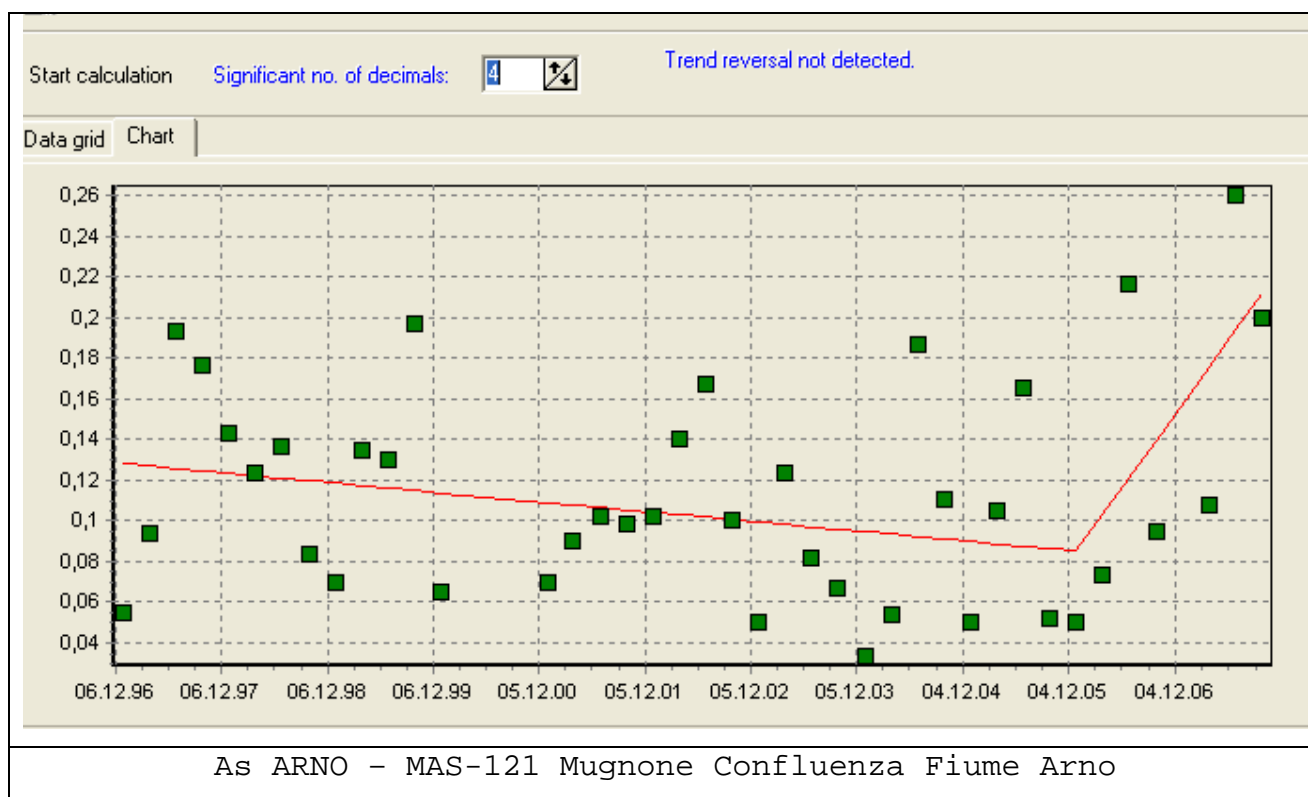


**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana





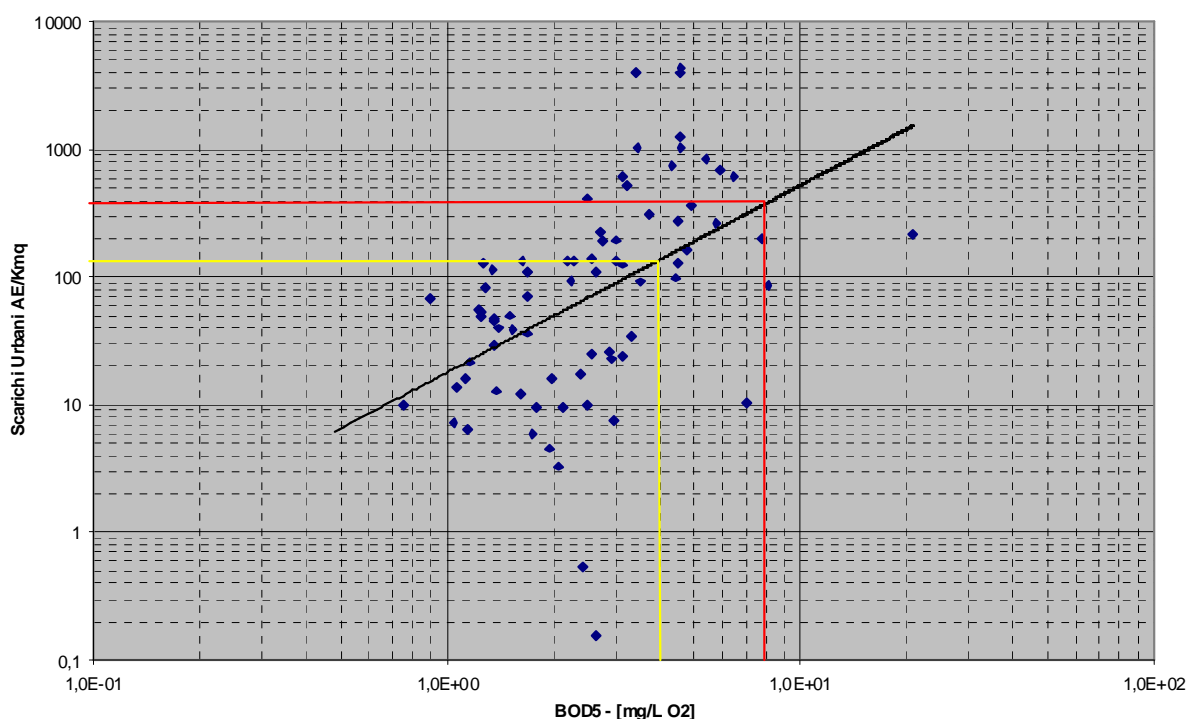
**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



## 2.4 ANALISI TERRITORIALE

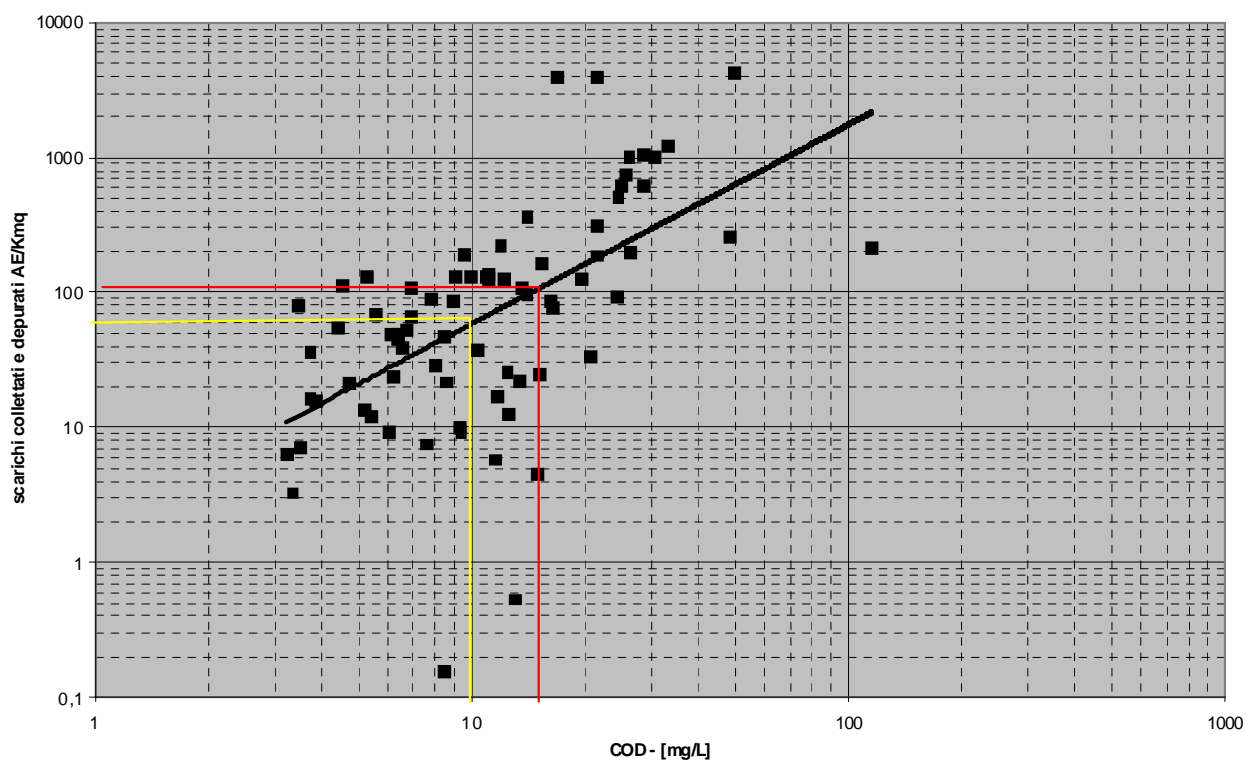
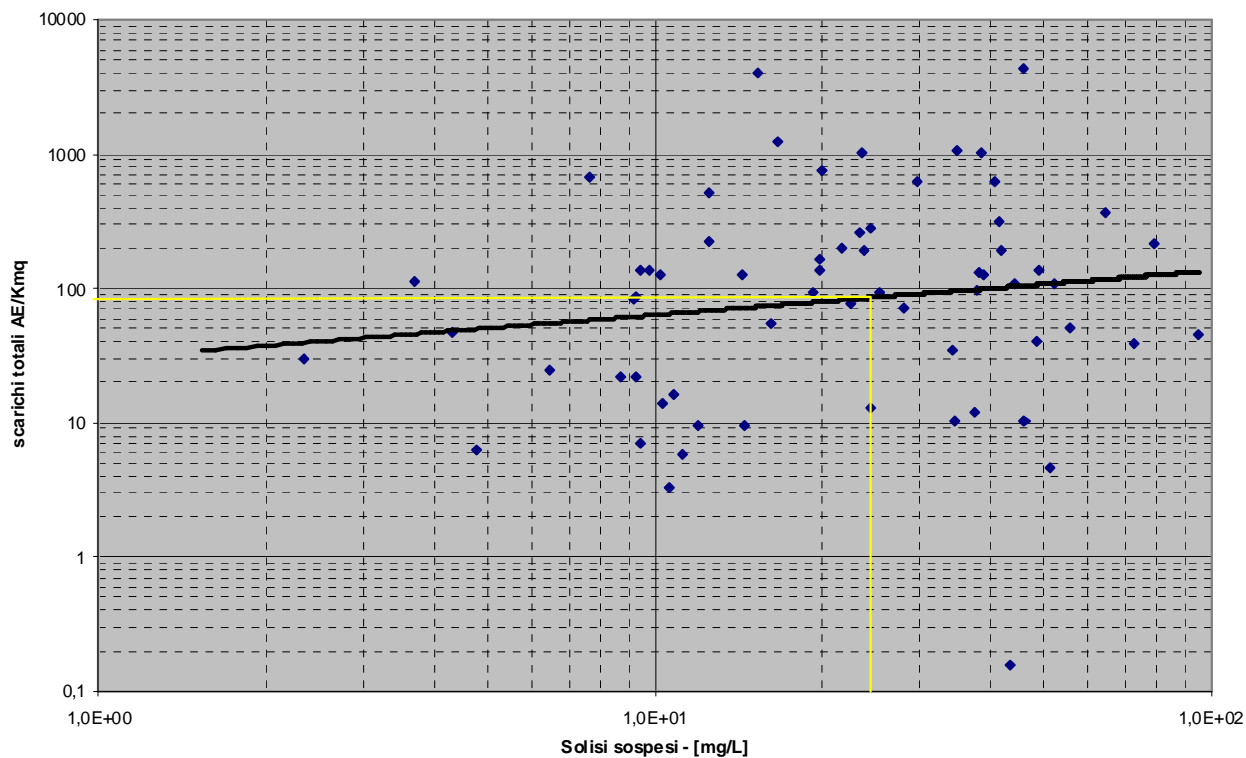
Con l'obiettivo di convalidare e/o integrare le attuali designazioni di Area Sensibile, è stata realizzata sull'intero territorio regionale una analisi delle pressioni e degli impatti e del rischio.

L'impatto della pressione antropica, sullo stato di qualità delle acque, è reso evidente, dai diagrammi sotto riportati, che riportano correlazioni tra l'indicatore di pressione del Carico Totale Generato dagli Agglomerati con gli indicatori delle Tab.1 e 2 della Direttiva 91/271 quali BOD5, COD, Solidi Sospesi, Azoto totale e Fosforo totale oltre al Percloroetilene, sostanza ubiquitaria dei contesti urbanizzati. Tra questi indicatori, il COD è risultato il più sensibile per Corsi e Canali ed il Fosforo per i Laghi ed Acque di Transizione.



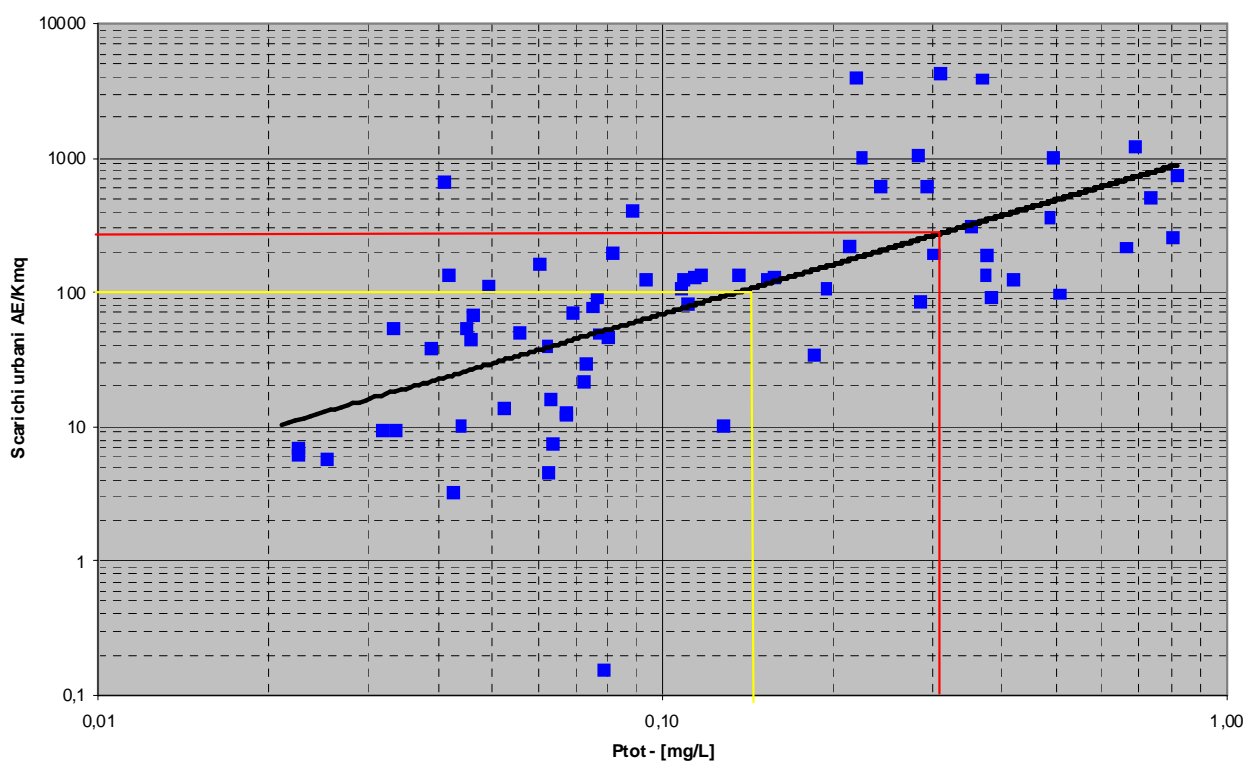
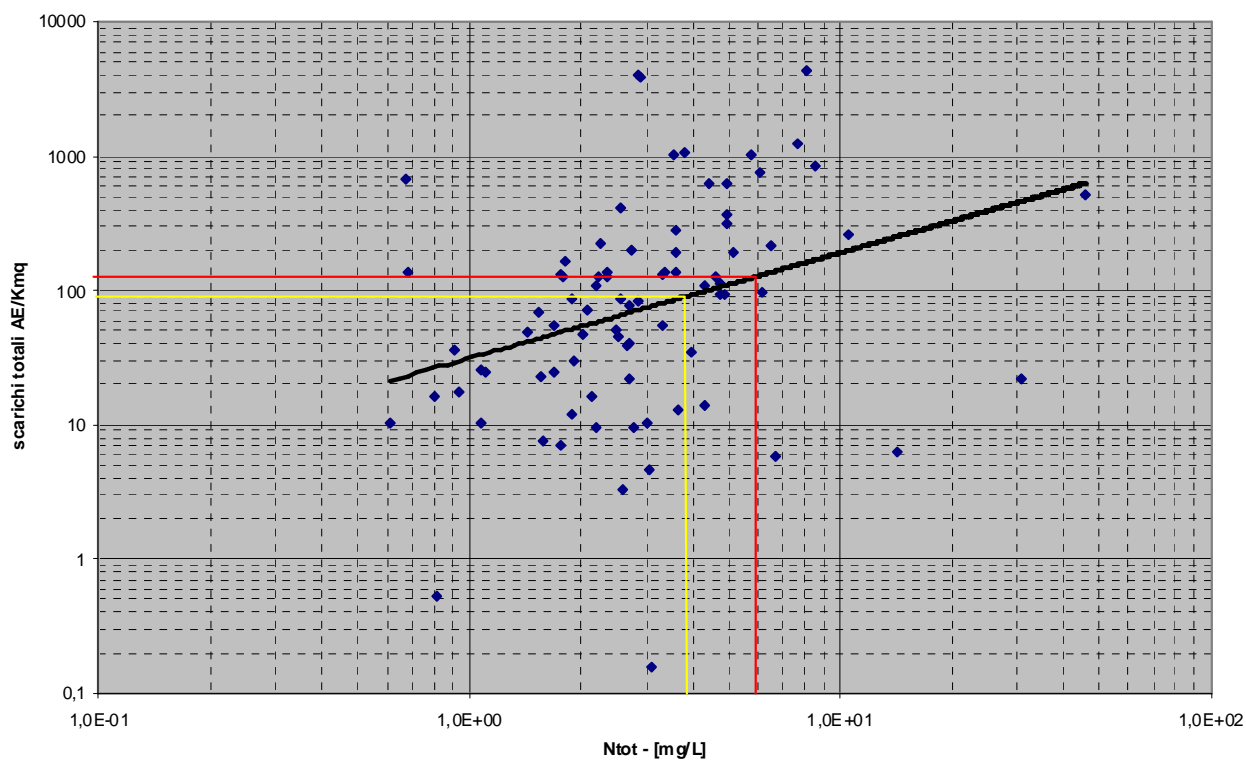


**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana





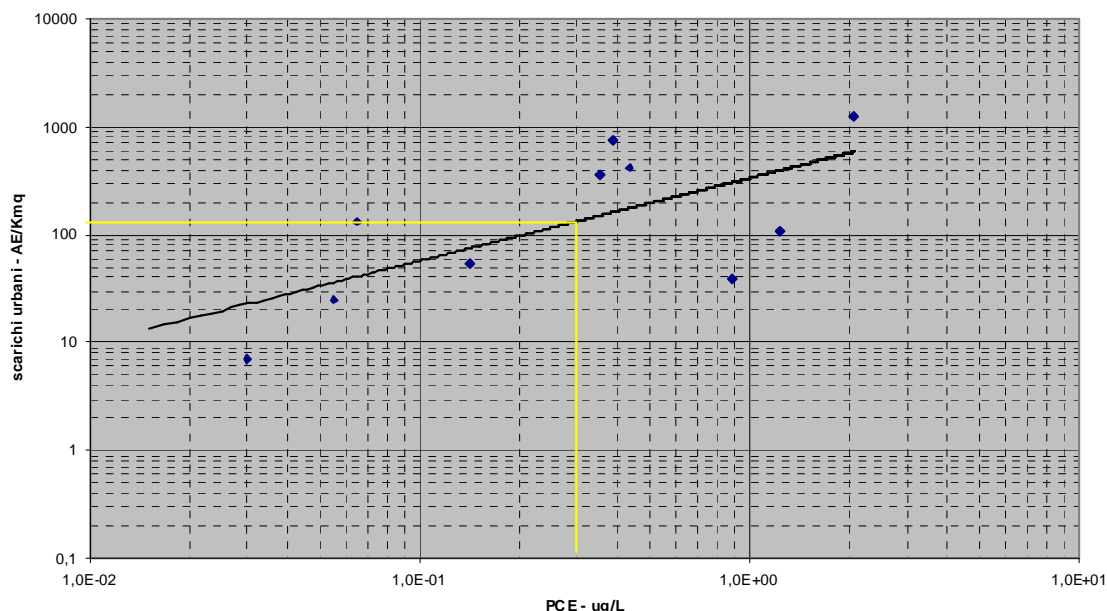
**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana







**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana



Questa generale concordanza tra Carico Generato totale, depurato o meno ed indicatori di impatto, nasconde alla scala di bacino, le influenze dei Carichi non depurati, sebbene una correlazione specifica è riconoscibile almeno per il BOD5.

PRESSIONI	Acque Superficiali Interne - Corsi e Canali										
	Matrici e Indicatori		SOGLIE ricavate da distribuzione frequenza		SOGLIE ricavate da correlazioni pressione stato					CATEGORIA DI RISCHIO	
	Acque Superficiali Interne	primo quartile	mediana	terzo quartile	Indicatore Stato	IS soglia paR	IS soglia aR	IP soglia paR	IP soglia aR	probabilmente a RISCHIO	a RISCHIO
SCARICHI DI ACQUE REFLUE URBANE	Carico totale AE/km² bacino	22	87	197	Azoto totale mg/L	3,8	6	90	130	60	115
					Fosforo totale - mg/L	0,15	0,30	100	300		
					COD mg/L	10	15	60	115		
					BOD5 - mg/L O2	4	8	150	400		
					PCE - µg/L	0,3		130			
	Solidi sospesi - mg/L	25		85							
	Carico non depurato AE/km² bacino	1,4	7,5	15,6	BOD5 - mg/L O2	4	8	11	21	11	21
Analisi Pressioni Impatti - Corsi e Canali											



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

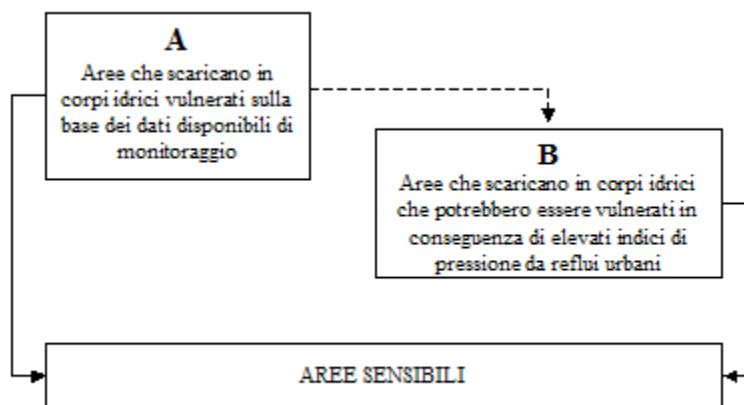
PRESSIONI	Matrici e Indicatori	Acque Superficiali Interne - Laghi ed Acque di Transizione									
		SOGLIE ricavate da distribuzione frequenza			SOGLIE ricavate da correlazioni pressione stato					CATEGORIA DI RISCHIO	
	Acque Superficiali Interne	primo quartile	mediana	terzo quartile	Indicatore Stato	IS soglia pAR	IS soglia aR	IP soglia pAR	IP soglia aR	probabilmente a RISCHIO	a RISCHIO
SCARICHI DI ACQUE REFLUE URBANE	Carico totale AE/km² bacino	22	87	197	Azoto totale mg/L	3.8	6	90	130	10	20
					Fosforo totale - mg/L	0.03	0.05	10	20		
					COD mg/L	10	15	60	115		
					BOD5 - mg/L O2	4	8	150	400		
					PCE - µg/L	0.3		130			
	Solidi sospesi - mg/L	25		85							
	Carico non depurato AE/km² bacino										
	1.4	7.5	15.6	BOD5 - mg/L O2	4	8	11	21	11	21	

Analisi Pressioni Impatti – Laghi e Acque di Transizione

Analisi Pressioni Impatti – Laghi e Acque di Transizione

Mutuando la metodologia già descritta, per l'individuazione delle aree vulnerabili da nitrati e nutrienti di origine agricola, anche per il comparto urbano, tema della direttiva UWW 91/271, è possibile giungere ad una verifica delle aree sensibili fin qui individuate e possibile proposta di nuove.

Nelle Aree Sensibili, a differenza delle Zone Vulnerabili da Nitrati di Origine Agricola dove le pressioni sono applicate sul suolo agricolo, le pressioni dei reflui urbani sono applicate direttamente al reticolo idrografico. Per questo non interviene nella definizione del rischio il meccanismo di attenuazione rappresentato dalla maggiore o minore vulnerabilità dei suoli.

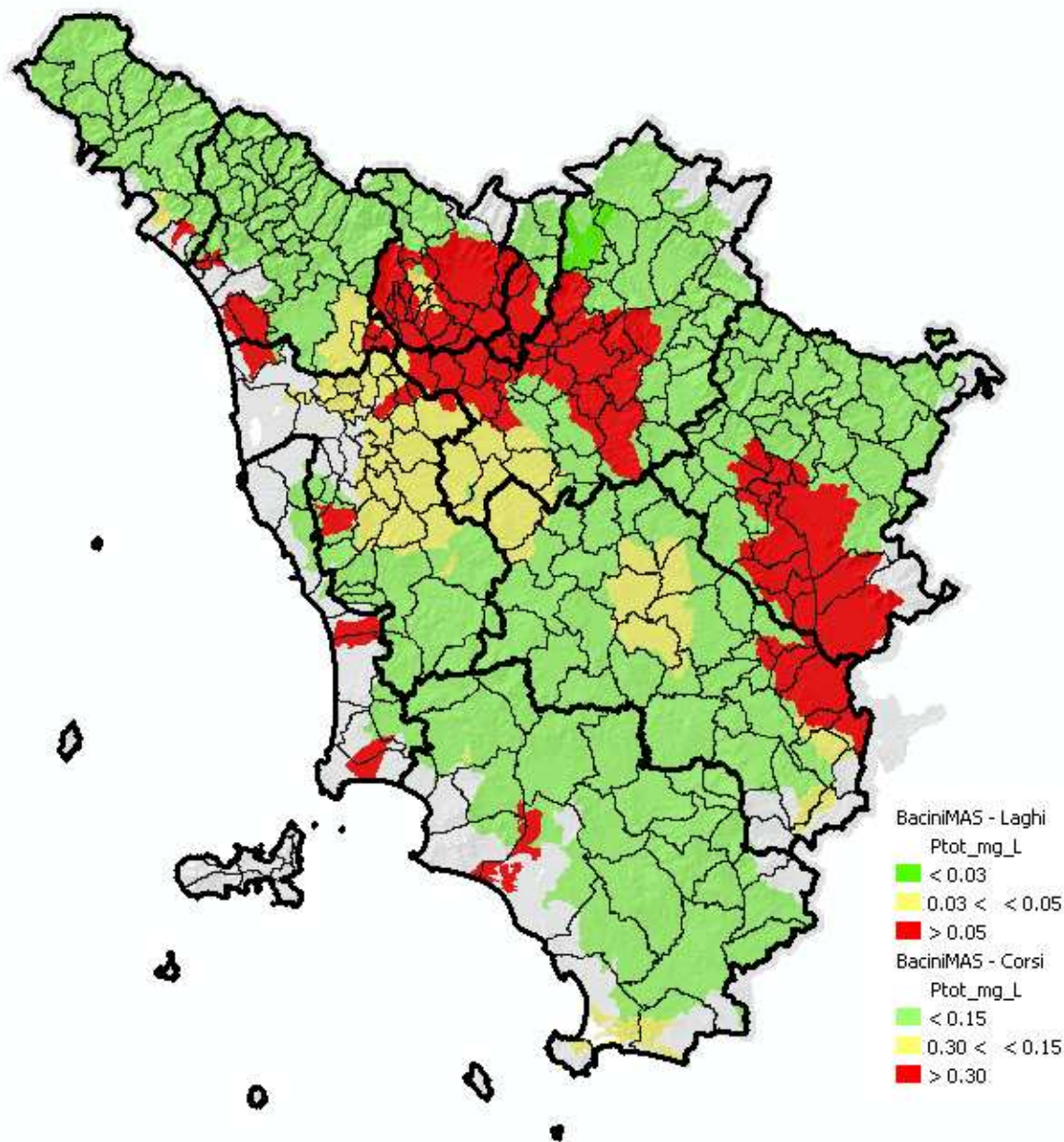


Le aree A “vulnerate” sono rappresentate dai bacini di riferimento dei Corpi idrici, con concentrazione dell’indicatore Fosforo totale eccedenti le soglie paR/aR di 0.03/0.05 mg/L per i laghi e 0.15/0.30 per i corsi d’acqua.

Le aree B “potenzialmente vulnerabili” sono rappresentate, in aggiunta, dai bacini di riferimento dei Corpi Idrici, individuate sulla base delle sole pressioni sulla base delle soglie paR/aR del Carico Totale in AE/Kmq (60/115 per i corsi e 10/20 per i laghi).



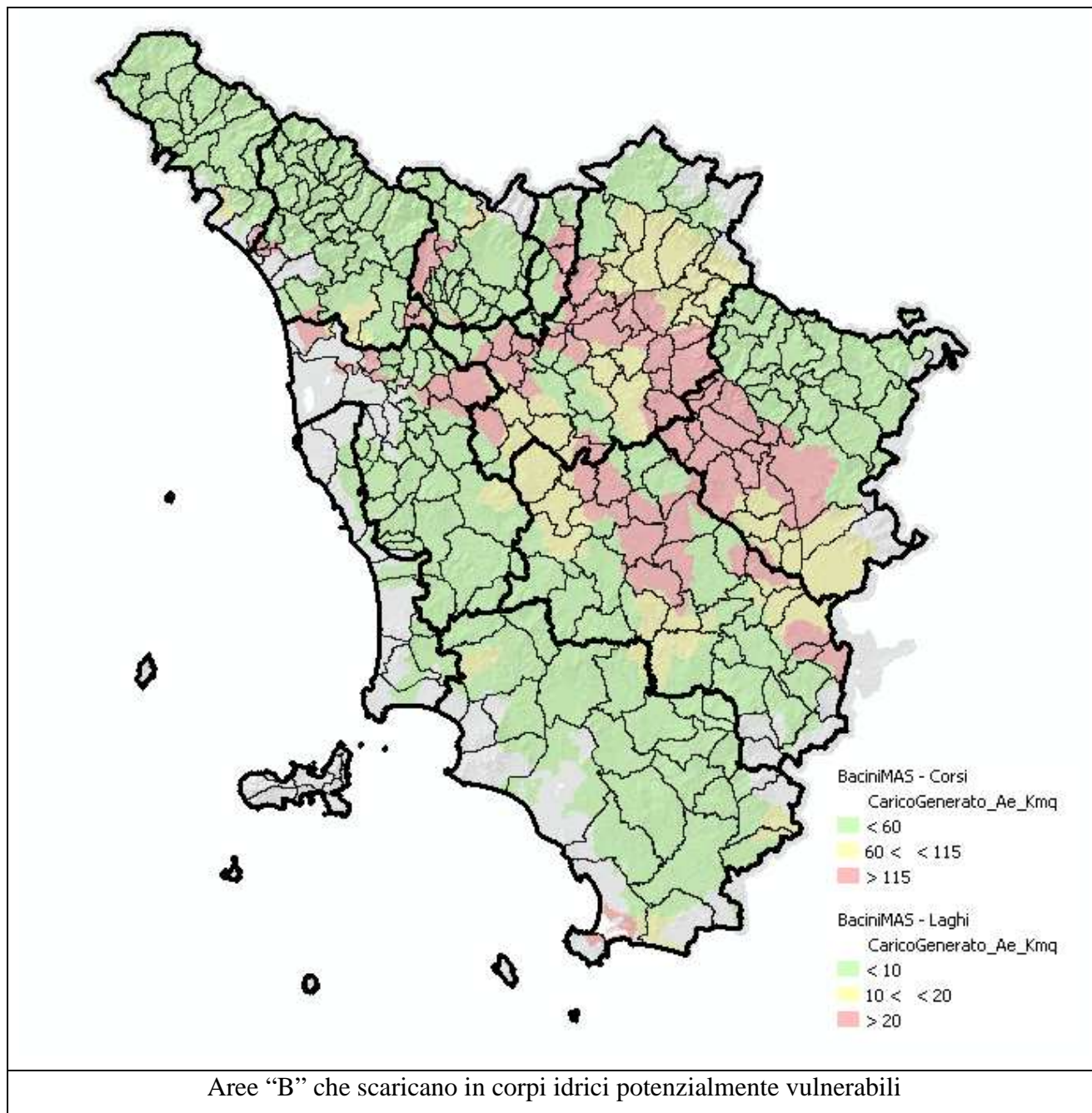
**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



Aree "A" che scaricano in corpi idrici vulnerati



**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



Le tabelle che seguono, riportano, in dettaglio, quanto illustrato nelle mappe precedenti.

Per i bacini delle Acque Superficiali Interne (Corsi-Canali e Laghi-Invasi) le concentrazioni medie Azoto totale e Fosforo totale nel periodo 2002-2006, indicatori significativi sebbene non

esclusivi della pressione urbana, presentano una correlazione, nel complesso significativa, con l'indicatore di pressione del Carico Generato.

Nelle tabelle sotto riportate sono infatti evidenziati in sfondo chiaro rosato/giallo/verde i valori aR/par/naR dell'indicatore di pressione carico Generato AE/Kmq ed in carattere rosso (grassetto / corsivo) i valori (scadenti/ critici) dell'indicatore di stato Ptot mg/L.

### Corsi e Canali

Bacino MAS		Carico Generato AE/Kmq	Ptot [mg/L]	Ntot [mg/L]
MAS-145	USCIANA - CATERATTE	4273	0,31	8,08
MAS-140	PESCIA DI COLLODI - PONTE SETTEPASSI	4002	0,22	3,01
MAS-026	FRIGIDO - FOCE VIA GAROSI	3938	0,33	2,99
MAS-130	OMBRONE - CARMIGNANO STAZIONE FFSS	1248	0,58	7,57
MAS-148	EMISSARIO BIENTINA - FORNACETTE	1044	0,27	3,82
MAS-149	EMISSARIO BIENTINA - FOCE	1037	0,22	3,55
MAS-144	USCIANA - MASSARELLA	1012	0,47	5,76
MAS-014	CANALE BURLAMACCA TORRE MATILDE	844	0,36	8,6
MAS-129	OMBRONE - PONTE DELLA CASERANA	758	0,76	6,18
MAS-110	ARNO - PONTE DI CALCINAIA	619	0,28	4,97
MAS-111	ARNO - PONTE DELLA VITTORIA	616	0,24	4,41
MAS-029	VERSILIA - PONTE ALLA SIPE	520	0,56	45,68
MAS-030	VERSILIA - FOCE CINQUALE	416	0,09	2,57
MAS-108	ARNO - CAMAIONI - CAPRAIA	363	0,47	5
MAS-109	ARNO - PONTE DI FUCECCHIO	315	0,34	4,96
MAS-147	CANALE ALTOPASCIO - LOC, PONTE GINI VALLE DI ALTOPASCIO	264	0,78	10,56
MAS-125	BISENZIO - LOC, MEZZANA	222	0,14	2,35
MAS-039	ARBIA - MONTE CONFLUENZA OMBRONE	195	0,28	3,62
MAS-113	CHIANA - BRIGLIA EX CERACE	190	0,43	5,17
MAS-127	MUGNONE - CONFLUENZA ARNO LOC, INDIANO	137	0,35	3,57
MAS-134	ELSA PRESA POGGIBONSI	134	0,12	3,46
MAS-107	ARNO - ROSANO	133	0,1	2,46





**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Bacino MAS		Carico Generato AE/Kmq	Ptot [mg/L]	Ntot [mg/L]
MAS-106	ARNO PRESA FIGLINE MATASSINO	133	0,15	3,43
MAS-105	ARNO - PONTE ACQUABORRA	128	0,1	2,25
MAS-126	BISENZIO - RENAI A MONTE CONFLUENZA ARNO	127	0,43	4,66
MAS-116	FOENNA - LOC, PONTE NERO	126	0,08	2,52
MAS-084	PECORA - A 3 KM A MONTE LOC, CURA NUOVA	114	0,05	4,72
MAS-135	ELSA - A MONTE CONFLUENZA IN ARNO	108	0,19	4,76
MAS-121	SIEVE - PRESA ACQUEDOTTO SAN FRANCESCO	108	0,1	2,25
MAS-123	GREVE - LOC, PONTE A GREVE	99	0,51	6,38
MAS-112	CHIANA - PONTE DI CESA	93	0,42	4,6
MAS-133	ELSA - PONTE DI SANTA GIULIA	92	0,07	4,97
MAS-007	SERCHIO - MIGLIARINO	88	0,08	1,88
MAS-024	CARRIONE - FOCE PONTE VIALE VERRAZZANO	87	0,29	2,67
MAS-090	LENTE - S,P, 46 PIAN DELLA MADONNA A VALLE PONTE	82	0,11	2,83
MAS-137	ERA - LOC, S, QUIRICO - PONTE PER ULIGNANO	79	0,08	2,71
MAS-033	OMBRONE - VALLE CONFLUENZA MERSE LOC, POGGIO ALLE MURA	70	0,07	2,1
MAS-094	RENO - PRESA ACQUEDOTTO LOC, PRACCHIA	68	0,04	1,66
MAS-085	PECORA - SP,125 VECCHIA AURELIA A VALLE PONTE	55	0,03	3,29
MAS-101	ARNO - PONTE DI TERROSSOLA	54	0,05	1,74
MAS-034	OMBRONE - VALLE CONFLUENZA ORCIA	50	0,06	2,49
MAS-102	ARNO CASTELLUCCIO BUON RIPOSO	50	0,09	1,48
MAS-061	TEVERE - PONTE DI PISTRINO	48	0,09	2,06
MAS-035	OMBRONE - VALLE CONFLUENZA FOSSO LUPAIE	45	0,05	2,52
MAS-036	OMBRONE - PONTE D'ISTIA	40	0,07	2,71
MAS-037	OMBRONE - LA BARCA	39	0,04	2,67
MAS-020	TAVERONE- AULLA A MONTE SS CISA	36		0,99
MAS-138	ERA - PONTE DI PONTEDERA	34	0,19	3,99
MAS-060	TEVERE - PONTE DI FORMOLE	29	0,08	1,91
MAS-003	SERCHIO - GHIVIZZANO	26	0,06	1,08
MAS-004	SERCHIO - PIAGGIONE	25	0,08	1,69



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Bacino MAS		Carico Generato AE/Kmq	Ptot [mg/L]	Ntot [mg/L]
MAS-016	MAGRA - AULLA 200 M A MONTE DEL MUNICIPIO	24	0,06	1,34
MAS-005	SERCHIO - PONTE SAN PIETRO - LUCCA	23	0,05	1,55
MAS-006	FIUME SERCHIO - PONTE DI RIPAFRATTA	22	0,09	30,61
MAS-092	FIORA - SS, 74 KM, 42,8	22	0,07	2,75
MAS-002	SERCHIO - PONTE DI CAMPPIA - FOSCIANDORA	17	0,06	0,93
MAS-017	MAGRA - CONFINE REGIONALE LOC, CAPRIGLIOLA	16		0,82
MAS-093	FIORA - LOC, EX FRANCESCHELLI - SP, 32 MANCIANO	16	0,07	2,13
MAS-041	MERSE - PONTE STRADA IL SANTO	14	0,06	4,84
MAS-086	FINE - GUADO POLVERONI	13	0,06	3,78
MAS-044	ORCIA - LOC, PODERE CASACCIA	12	0,07	1,98
MAS-132	PESA - A MONTE CONFLUENZA ARNO LOC, MONTELUPO	10	0,14	3,41
MAS-079	CORNIA - FOCE	9		2,23
MAS-050	BRUNA - FOCE PONTI DI BADIA	9	0,03	2,76
MAS-023	CARRIONE - PONTICELLA DI CAINA	8	0,07	1,69
MAS-048	BRUNA - MONTE TORRENTE CARSIA LOC, CASTEANI	7	0,02	1,73
MAS-055	ALBEGNA - PONTE SS 322 PER MONTEMERANO	6	0,02	14,31
MAS-056	ALBEGNA - BARCA DEI GRAZI	6	0,03	6,67
MAS-071	CECINA - PONTE SS1 AURELIA	5	0,05	3,29
MAS-049	BRUNA - SP, 31 COLLACCHIA LOC, LA BARTOLINA	3	0,04	2,59
MAS-011	LIMA - PONTE CATENE - BAGNI DI LUCCA	1	0,05	0,82
MAS-032	OMBRONE - MONTE BUONCONVENTO - VIVAIO PIANTE	0	0,06	3,09
MAS-001	SERCHIO - PONTE PETROGNANO - CAMPORGIANO		0,06	1
MAS-009	LIMA - PONTE PER RIVORETA		0,03	1,24
MAS-010	LIMA - TANA TERMINI - BAGNI DI LUCCA		0,06	0,97
MAS-015	VERDE - A MONTE DI GUINADI - PONTE DI CADUGO			0,72





**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Bacino MAS	Carico Generato AE/Kmq	Ptot [mg/L]	Ntot [mg/L]
MAS-019	GORDANA - PONTE A MONTE CONFLUENZA MAGRA		1,06
MAS-021	AULELLA - LOC, GRAGNOLA MONTE CONFLUENZA LUCIDO		1
MAS-022	AULELLA - LOC, AULLA PASSAGGIO A LIVELLO		1,33
MAS-025	FRIGIDO - VALLE CONFLUENZA RENARA		0,87
MAS-027	SERRA - PARCO DEI BIMBI	0,06	1,13
MAS-028	VEZZA - DISCESA ALVEO CAVA	0,06	0,9
MAS-031	OMBRONE- MONTE PONTE DEL GARBO	0,11	3,77
MAS-038	ARBIA - MONTE PONTE DI PIANELLA	0,06	1,28
MAS-040	MERSE - PONTE SS 441 - MONTIERI	0,04	1,05
MAS-042	FARMA - A VALLE LOC, PETRIOLO	0,04	1,82
MAS-043	ORCIA - LOC, BAGNOVIGNONI	0,12	4,2
MAS-045	GRETANO - A VALLE PONTE SP 21 DEL TERZO	0,04	3,01
MAS-046	MELACCE - SP 17 VOLTINA PER CINIGIANO	0,02	1,74
MAS-047	TRASUBBIE - MONTE PONTE DOPO SP 64 FRONZINA	0,02	1,09
MAS-053	OSA - SS, STATALE 323 A VALLE PONTE		
MAS-054	ALBEGNA - MOLINO PER SANTA CATERINA	0,03	0,85
MAS-058	MARECCHIA - MOLIN DI BASCIO	0,06	1,48
MAS-059	TEVERE - MOLIN DEL BECCO	0,07	1,72
MAS-062	SINGERNA - ONTANETO	0,07	1,27
MAS-064	SOVARA - PONTE SS 73 CONFINE REGIONE	0,06	1,97
MAS-065	CERFONE - MONTERCHI CONFINE REGIONE	0,07	2,14
MAS-066	ASTRONE - PONTE CAVALCAVIA A1 (SS321)	0,18	4,95
MAS-067	RIGO - TORRICELLA CONFINE REGIONE	0,17	2,38
MAS-068	CECINA - PONTE PER ANQUA		1,02
MAS-069	CECINA - MONTE CONFLUENZA POSSERA	0,09	1,25
MAS-070	CECINA - PONTE PONTEGINORI	0,07	1,81
MAS-072	PAVONE - PONTE SAN DALMAZIO		1,51



**ARPAT**  
 Agenzia regionale  
 per la protezione ambientale  
 della Toscana

	Bacino MAS	Carico Generato AE/Kmq	Ptot [mg/L]	Ntot [mg/L]
MAS-073	POSSERA - A MONTE CONFLUENZA CECINA		0,07	2,22
MAS-074	S, MARTA - SALINE		0,25	7,25
MAS-075	GRANDE MONTECATINI - MONTE CONFLUENZA CECINA		0,07	2,19
MAS-076	STERZA - PONTE LOC, GABELLA		0,08	1,54
MAS-077	CORNIA - SERRAIOLA		0,06	2
MAS-078	CORNIA VIVALDA			2,21
MAS-080	MILIA - PONTE AD ARCHI		0,02	1,59
MAS-081	MASSERA - PONTE PER SASSETTA		0,08	1,39
MAS-091	FIORA - SP, 119 CELLENA SELVENA K, 5,5		0,05	1,03
MAS-095	LIMENTRA DI SAMBUCA - PRESA ACQUEDOTTO OSPEDALETTO		0,03	1,38
MAS-096	SANTERNO - CONFINE REGIONALE		0,03	1,14
MAS-097	VECCIONE - BADIA DI MOSCHETA		0,04	1,42
MAS-098	SENIO - PRESA ACQUEDOTTO - LOC, PALAZZUOLO		0,05	1,22
MAS-099	LAMONE - PRESA ACQUEDOTTO CAMPIGNO			1,02
MAS-100	ARNO - MOLIN DI BUCCHIO		0,05	0,95
MAS-117	FOENNA - USCITA INVASO CALCIONE LOC, MODANELLA			1,42
MAS-118	STURA - PRESA ACQUEDOTTO		0,04	1,59
MAS-119	SIEVE - PONTE PER MONTECUCCOLI		0,04	1,4
MAS-120	SIEVE - MONTE DI SAN PIERO		0,03	1,18
MAS-124	BISENZIO - TERRIGOLI ALTO BISENZIO		0,03	1,15
MAS-128	OMBRONE PISTOIESE - PROMBIALLA PRESA ACQUEDOTTO		0,03	1,6
MAS-131	PESA - PRESA SAMBUCA		0,05	1,63
MAS-136	EGOLA - PRESA DI RODILOSSO LATINO			0,88
MAS-139	PESCIA DI COLLODI - PONTE A VILLA		0,06	1,48
MAS-141	NIEVOLE - FORRABUIA PRESA MONTECATINI		0,03	2,57
MAS-142	NIEVOLE - PONTE DEL PORTO		0,16	3,41
MAS-146	CANALE ROGIO - BARACCA DI NANNI		0,28	4,23
MAS-150	TORA - PONTE MEDICEO		0,1	3,76

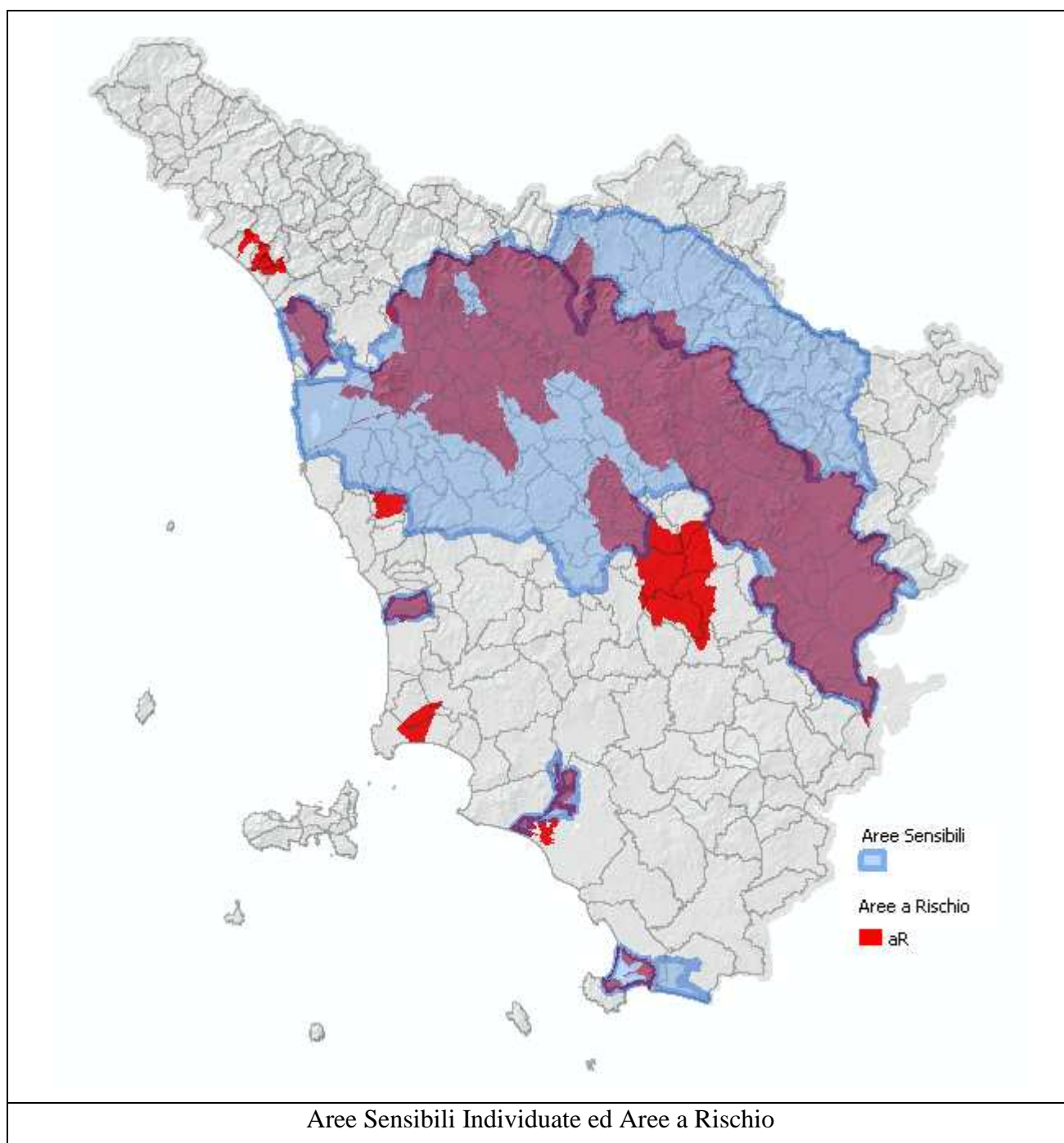
## Laghi ed Acque di Transizione

Bacino MAS		Carico Generato AE/Kmq	Ptot [mg/L]	Ntot [mg/L]
MAS-088	ORBETELLO - INTERNO LAGUNA DI LEVANTE	682	0.04	0.67
MAS-012013	MASSACIUCCOLI	275	0.13	3.58
MAS-143	FUCECCHIO - INTERNO PADULE	219	0.66	6.51
MAS-114	MONTEPULCIANO - INTERNO INVASO	199	0.08	2.75
MAS-115	CHIUSI - INTERNO INVASO	164	0.06	1.82
MAS-089	ORBETELLO - INTERNO LAGUNA DI PONENTE	134	0.04	0.68
MAS-103	PENNA	132	0.11	1.76
MAS-104	LEVANE	128	0.15	1.78
MAS-057	BURANO - INTERNO LAGO	10	0.04	1.07
MAS-052	DIACCIA BOTRONA - INTERNO PADULE		0.11	2.37
MAS-082	BOLGHERI - CENTRO LAGO		0.10	1.49
MAS-083	ORTI BOTTAGONE - CENTRO LAGO		0.10	1.27
MAS-087	LAGO S. LUCE - INTERNO INVASO		0.06	3.07
MAS-051	ACCESA - INTERNO LAGO		0.04	1.22
MAS-122	BILANCINO - INTERNO INVASO		0.02	1.26
MAS-117	FOENNA - USCITA INVASO CALCIONE LOC. MODANELLA			1.35
MAS-018	INVASO DEL TEGLIA			0.83

In ultimo, nella mappa che segue, sono riportate e confrontate le Aree a Rischio A+B, con le attuali individuazioni di area sensibile.



**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana



Si osserva, nel complesso, una buona concordanza tra le zone attualmente designate e le risultanze dell'analisi territoriale, delle pressioni e degli impatti, con alcune considerazioni:

- La distinzione operata, dal Piano di Tutela per l'AS dell'Arno, in merito ai bacini scolanti in AS di Mugello, Casentino ed Alto Medio Bisenzio, corrisponde in gran parte ad aree non a rischio, con alcune eccezioni:
  - o sottobacino del Bisenzio a Mezzana, caratterizzato da una elevata pressione da scarichi civili circa 200 AE/Kmq e concentrazioni di Fosforo comunque discrete 0.14 mg/L;
  - o sottobacino del Borro delle Sieci incluso, per via delle caratteristiche nei bacini scolanti del Mugello, ma valutato nel complesso come a rischio, in riferimento al sottobacino dell'Arno Camaioni-Rosano.
- La presenza di aree a Rischio di possibile nuova individuazione:
  - o Arbia, corpo idrico sotteso alla confluenza dell'Ombrone fino al Ponte di Pianella (195 AE/Kmq e 0.28 mg/L P<sub>tot</sub>);
  - o Corpi Idrici minori a rischio individuati tra Laghi ed Acque di Transizione:
    - Lago di Santa Luce (P<sub>tot</sub> 0.05 mg/L)
    - Orti Bottagone (P<sub>tot</sub> 0.09 mg/L)
  - o Corpi Idrici vulnerabili per elevate pressioni civili.
    - Frigido, corpo idrico sotteso alla foce fino alla confluenza del Renara (3900 AE/Kmq, P<sub>tot</sub> 0.33 mg/L)
    - Versilia corpo idrico sotteso alle stazioni della Foce a Cinquale e del Ponte alla Sipe fino alla confluenza Serra – Vezza (416-520 AE/Kmq, P<sub>tot</sub> 0.09-0.56 mg/L)

## 2.5 CONCLUSIONI

Nella Tavola allegata “Aree Sensibili” sono riportati i risultati del lavoro svolto per quanto riguarda:

- l’analisi territoriale delle pressioni urbane e degli impatti per i corpi idrici superficiali, per la definizione del rischio di inquinamento da reflui urbani;
- l’analisi dei dati di monitoraggio disponibili per l’identificazione delle stazioni a rischio di non raggiungimento di un buono stato chimico degli indicatori di Tab.1 e Tab.2 della Direttiva 91/271 inclusa l’analisi dei trend;
- la localizzazione degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane nel territorio regionale e per le aree sensibili con evidenziate le concentrazioni di fosforo totale allo scarico.

Il raffronto dei risultati con lo stato dell’arte della designazione delle Aree Sensibili evidenzia come le aree attualmente individuate corrispondono in linea di massima alle zone maggiormente a rischio. Si conferma la suddivisione già operata nel Piano di Tutela in merito alla designazione dell’area sensibile Arno tra un area “montana” meno problematica che include i sottobacini di Casentino, Sieve ed alto Bisenzio con l’area sensibile Arno in s.s..

L’analisi comparata su scala regionale delle pressioni e degli impatti ha evidenziato altresì ulteriori aree critiche riconosciute come tali per le elevate concentrazioni in fosforo (Arbia, Lago santa Luce, padule Orti Bottagone) o presenza di elevate pressioni civili (Frigido e Versilia) .

L’analisi dei dati di monitoraggio in termini di stato buono/a rischio/scadente derivato dalle concentrazioni in fosforo delle stazioni di monitoraggio in confronto ai valori soglia degli indici SECA (LIM) e SEL (0,3 mg/L per i corsi e 0,054 mg/L per i laghi) mostrano come all’interno dell’area sensibile dell’Arno è possibile separare due ulteriori porzioni critiche rappresentate dal

canale della Chiana e dai laghi di Levane e Penna nel Valdarno Superiore, dall'area del Valdarno Medio ed Inferiore, separate da un tratto del corso principale in condizioni discrete da Figline fino a Rosano.

All'interno dell'area del Valdarno Medio, inoltre, si rileva un deciso miglioramento espresso dai trend in decremento delle stazioni di monitoraggio sul Bisenzio a Mezzana e dell'Ombrone alla confluenza in Arno da ricondurre, probabilmente alla riduzione, da un lato a del carico inquinante dell'industria tessile dall'altro al miglioramento dell'efficienza depurativa degli impianti del distretto. Viceversa la stazione sempre sull'Ombrone al ponte alla Caserana<sup>7</sup>, influenzata dalle concentrazioni di fosforo dello scarico del depuratore di Pistoia Centrale nonché dalle basse percentuali di collettamento e completa depurazione per gli agglomerati di Pistoia e soprattutto Agliana, appare ancora problematica e con concentrazioni di fosforo in incremento oltre la soglia di 2 mg/L. Stazionarie e critiche nel complesso le situazioni dei corsi d'acqua della Greve, Mugnone e Bisenzio dell'agglomerato fiorentino.

Nel Valdarno Inferiore, le condizioni del corso d'acqua si mantengono stazionarie e scadenti tra le stazioni di Montelupo e Fucecchio. Dalla stazione di Calcinaia fino alla stazione di Pisa, le concentrazioni in fosforo si riducono apprezzabilmente, nonostante l'ingresso in destra idrografica delle acque scadenti del Canale di Usciana, attenuate dagli affluenti in sinistra e soprattutto dalle acque di discreta qualità del Fiume Era. Alla stazione di Calcinaia vi è comunque un preoccupante trend in incremento.

Per quanto riguarda, invece, la situazione dei bacini inclusi nella AS Arno ma che non scaricano direttamente nel corso d'acqua, una situazione più critica è rappresentata dal bacino del Bientina, su cui grava il carico del comprensorio lucchese, con concentrazioni critiche alla stazione di Ponte Gini (Canale di Altopascio) e trend in incremento alla stazione della Emissario di Bientina.

---

<sup>7</sup> A conferma dei segnali di miglioramento dell'area le condizioni dell'Ombrone al Ponte alla Caserana stanno mostrando, con riferimento ai dati dell'ultimo triennio 2007-2010, un apprezzabile miglioramento con trend in inversione.

La situazione dell'AS Massaciuccoli appare critica per il contenuto in fosforo del lago come del canale Burlamacca suo defluente. Lo studio dei trend non mostra apprezzabili segni di miglioramento con generale stazionarietà delle concentrazioni.

Situazioni stazionarie, sebbene con tenori in fosforo inferiori, risultano anche per le due lagune di ponente e levante dell'area sensibile di Orbetello-Burano.

Sia per l'AS Massaciuccoli che per l'AS Orbetello-Burano la verifica delle prestazioni degli impianti di depurazione ivi presenti, ha evidenziato in ogni caso, situazioni non ottimali e suscettibili di miglioramento.



## BIBLIOGRAFIA

Barbiero G., Carone G., Cicioni Gb., Puddu A., Spaziani F.M. (1991) – Valutazione dei Carichi Inquinanti Potenziali per i principali Bacini Idrografici italiani: Adige, Arno, Po, Tevere. Quad. Ist. Ric. Acque 90.

Barbiero G., Puddu A. e Spaziani F.M. (1998) – I coefficienti di Popolazione Equivalente delle Attività Economiche . Inquinamento 1-1998

Barbiero G. (2003) – Il metodo dei Coefficienti Zonali per la Valutazione del carico Inquinante Potenziale Industriale nelle diverse aggregazioni territoriali - Quad. Ist. Ric. Acque 119.

CE (2007) - Termini e definizioni della Direttiva sul trattamento delle acque reflue urbane (91/271/CEE)- Gennaio 2007

Civita M. (1994) – Le Carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica. Pitagora Editrice, Bologna, pp. 325

EUROPEAT, 2006. Tools and scenarios for sustainable management of European peat soils to protect associated landscapes and natural areas in relation to agricultural production. [WWW]  
<URL:[http://cordis.europa.eu/data/PROJ\\_FP5/ACTIONeqDndSESSIONeq112482005919ndDOCe2797ndTBLeqEN\\_PROJ.htm](http://cordis.europa.eu/data/PROJ_FP5/ACTIONeqDndSESSIONeq112482005919ndDOCe2797ndTBLeqEN_PROJ.htm)> [Accessed 10 January 2010]

Gambolati, G., Putti, M., Teatini, P., Gasparetto Stori, G., 2006. Subsidence due to peat oxidation and impact on drainage infrastructures in a farmland catchment south of the Venice Lagoon.

ISTAT (2007) - Livelli di inquinamento delle acque reflue – Collana Ambiente e Territorio Statistiche in breve

Lubello C. (2007) – Bacino del Fiume Arno: Individuazione della strategia d'intervento di indirizzo regionale per il raggiungimento dell'obiettivo tutela delle acque del Fiume Arno quale Area Sensibile.

Padovani L. e Trevisan M. (2002): I nitrati di origine agricola nelle acque sotterranee: Un indice parametrico per l'individuazione di aree vulnerabili. Consiglio nazionale delle Ricerche, Pubblicazione n° 2478.

## **ALLEGATI**

Tabella: Campagna d'Indagine 2009 ZVN Chiana – Esiti Analitici

Tabella: Campagna d'Indagine 2009 ZVN Massaciuccoli – Esiti Analitici

Tavola: Zone Vulnerabili da Nitrati

Tavola: Aree Sensibili