

DIRETTIVA “NITRATI” (DIR 91/676/CEE)

*Analisi dello Stato e tendenze
per i corsi d'acqua e
per le acque sotterranee.
Quadriennio 2020-2023*

ARPA Lombardia

Giugno 2024



Documento redatto da:

Andrea Fazzone

Valeria Marchesi

ARPA Lombardia

Direzione Tecnica Monitoraggi e Prevenzione del Rischio Naturale

U.O. Acque Sotterranee e Monitoraggio Chimico Fiumi

Via I. Rosellini, 17

20124 – Milano

Tel. 02.69666.1

PEC: arpa@pec.regione.lombardia.it

WEB: www.arpalombardia.it

Giugno 2024

Sommario

1	OBIETTIVO	4
2	CONTENUTI.....	4
3	ACQUE SOTTERRANEE	5
3.1	Rete di Monitoraggio Nitrati: Descrizione e Risultati 2020-2023	5
3.2	Concentrazioni medie di nitrati nelle acque sotterranee	8
3.3	Concentrazioni massime di nitrati nelle acque sotterranee	11
3.4	Andamento delle concentrazioni medie di nitrati nelle acque sotterranee: confronto tra il quadriennio 2020-2023 e il precedente quadriennio 2016-2019	13
4	ACQUE SUPERFICIALI – Corsi d’acqua	16
4.1	Rete di Monitoraggio Nitrati: Descrizione e Risultati 2020-2023	16
4.2	Concentrazioni medie di nitrati nei corsi d’acqua.....	17
4.3	Concentrazioni massime di nitrati nei corsi d’acqua	20
4.4	Andamento delle concentrazioni medie di nitrati nei corsi d’acqua: confronto tra il quadriennio 2020-2023 e il precedente quadriennio 2016-2019	22
4.5	Concentrazioni medie invernali di nitrati nei corsi d’acqua.....	25
4.6	Stato trofico nei corsi d’acqua	27
5	ZONE VULNERABILI AI NITRATI, PUNTI DI CRITICITÀ E APPROFONDIMENTI.....	29

1 OBIETTIVO

L'analisi dei dati e delle tendenze è fondamentale per confrontare i risultati ottenuti nel periodo di riferimento (quadriennio 2020-2023) con quelli del periodo precedente (quadriennio 2016-2019) relativamente ai punti di monitoraggio comuni nei due periodi. Questa relazione si propone di valutare l'evoluzione della qualità delle acque sotterranee e superficiali (corsi d'acqua), concentrandosi specificamente sul parametro nitrati e sull'eutrofizzazione.

L'approccio metodologico in uso include la comparazione diretta delle concentrazioni di nitrati e dei livelli di eutrofizzazione nelle acque monitorate durante i due periodi di studio. Tale confronto è supportato dall'utilizzo di mappe che visualizzano geograficamente le variazioni osservate nel tempo.

I dati raccolti durante il quadriennio 2020-2023 rappresentano il punto di riferimento per determinare eventuali cambiamenti significativi rispetto al periodo precedente. Questo approccio consente di identificare trend positivi o negativi nelle concentrazioni di nitrati e nei fenomeni di eutrofizzazione, fornendo così una base scientifica per valutare l'efficacia delle politiche di gestione delle risorse idriche e di miglioramento della qualità delle acque.

L'analisi condotta mira quindi a fornire una panoramica dettagliata dell'evoluzione della qualità delle acque nel contesto specifico dei nitrati e dell'eutrofizzazione, utilizzando dati comparativi tra periodi temporali definiti per identificare pattern e tendenze significative.

2 CONTENUTI

Per illustrare i risultati delle elaborazioni in formato tabellare sono state utilizzate le tipologie di mappe indicate nelle Linee guida proposte dalla DG Ambiente della Commissione europea (febbraio 2011) nel documento "Stato e tendenze dell'ambiente acquatico e delle pratiche agricole - Guida alla stesura delle relazioni degli Stati membri":

1. mappe dei valori medi annui per il periodo di riferimento 2020-2023;
2. mappe dei valori massimi per il periodo di riferimento 2020-2023;
3. mappa dei valori medi invernali (media ottobre-marzo) nel periodo 2020-2023 per le acque superficiali;
4. mappa dell'evoluzione/tendenze medie annuali tra il periodo di riferimento (2020-2023) e quello di controllo 2016-2019;
5. mappe dei punti critici considerando i valori medi e massimi per le acque superficiali e sotterranee.

3 ACQUE SOTTERRANEE

3.1 Rete di Monitoraggio Nitrati: Descrizione e Risultati 2020-2023

La rete di monitoraggio di ARPA Lombardia, specifica per identificare l'inquinamento da Nitrati e relativa alla matrice acque sotterranee, è costituita per il quadriennio di riferimento 2020-2023 da 253 punti (3 sostituti di punti dismessi), uniformemente distribuiti sul territorio dell'alta e bassa pianura lombarda (Figura 1) in relazione all'estensione delle Zone vulnerabili ai Nitrati.

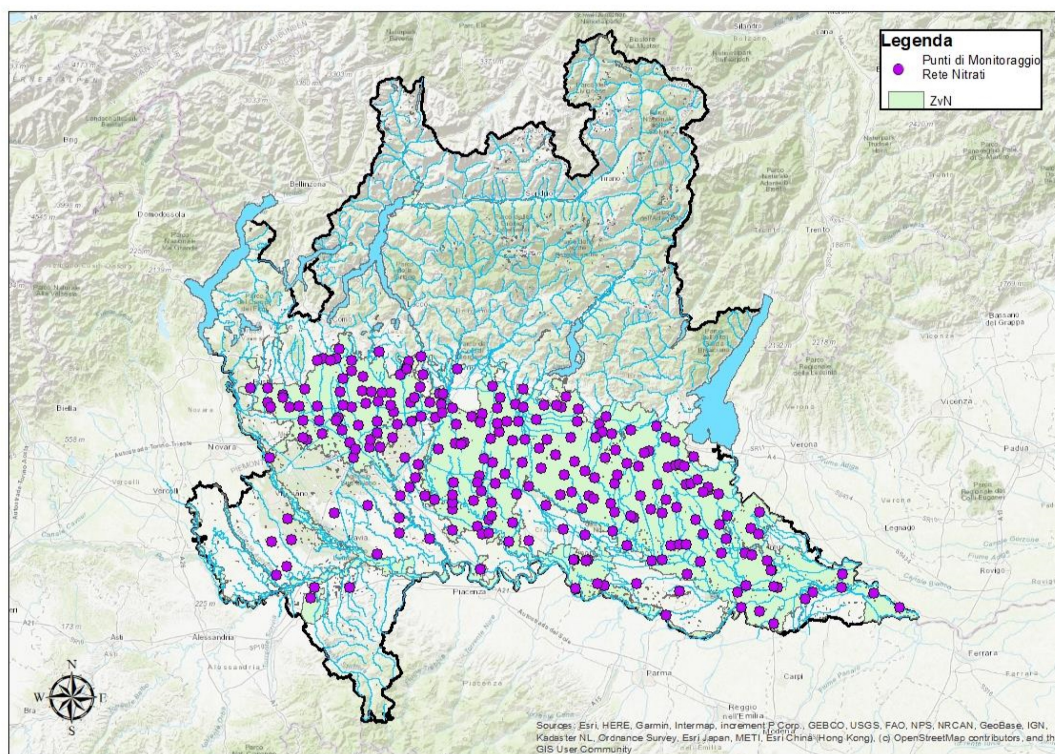


Figura 1 - Punti di monitoraggio ARPA Lombardia, quadriennio 2020-2023 acque sotterranee

I punti di monitoraggio dei nitrati sono stati selezionati dalle tre principali Idrostrutture presenti: l'Idrostruttura superficiale (ISS), l'Idrostruttura intermedia (ISI), l'Idrostruttura profonda (ISP). Circa il 60% dei punti di monitoraggio rappresenta l'acquifero più superficiale (ISS).

La selezione dei punti di monitoraggio è avvenuta principalmente in base alla loro collocazione geografica.

1. Internamente alle Zone vulnerabili ai Nitrati (ZvN)

Sono stati selezionati tutti i punti di monitoraggio qualitativo che captano dall'acquifero superficiale (ISS), dall'acquifero intermedio (ISI) e dagli Acquiferi Locali.

Sono stati esclusi i punti di monitoraggio appartenenti all'acquifero più profondo (ISP).

2. Esternamente alle Zone vulnerabili ai Nitrati

Non essendo necessario lo stesso livello di dettaglio di cui al punto 1, sono stati applicati criteri uniformi per definire i punti di monitoraggio più sensibili a un

possibile inquinamento da nitrati. Sono quindi stati selezionati solamente i punti di monitoraggio appartenenti all'acquifero più superficiale (ISS) e tra questi solamente quelli appartenenti a quei comuni che rispondono contestualmente a due condizioni: il rapporto di superficie SAU rispetto alla superficie di estensione comunale deve essere significativo (60%), il Surplus di Azoto a livello comunale deve essere positivo.

Complessivamente, sono stati selezionati 253 punti di monitoraggio per rappresentare la Rete di Monitoraggio Nitrati.

Campagne di Monitoraggio

- Vengono ordinariamente eseguite n.2 campagne/anno: la prima in periodo primaverile, la seconda in periodo autunnale. Nell'anno 2018 è stata effettuata anche una campagna estiva, per un totale di n.3 campagne di monitoraggio.
- Nell'anno 2020 è stata eseguita una sola campagna di monitoraggio (quella autunnale) a causa del periodo di lockdown dovuto alla pandemia di Coronavirus.
- Nell'anno 2023 è stata eseguita una sola campagna di monitoraggio (quella primaverile); la seconda campagna non è stata condotta per permettere approfondimenti sulla sicurezza dei punti di campionamento e di misura nell'ambito delle verifiche avviate dal Servizio di Prevenzione e Protezione dell'Agenzia.

Eliminazione e Sostituzione di Punti di Monitoraggio (2020-2023)

- Durante il quadriennio 2020-2023, sono stati eliminati dalla rete 18 punti di monitoraggio, che nel quadriennio precedente (2016-2019) avevano registrato concentrazioni di nitrati inferiori a 25 mg/l, condizione mantenuta anche nel periodo di monitoraggio d'interesse.
- In 27 casi i pozzi/piezometri sono stati dismessi a causa di sopraggiunta inagibilità e per approfondimenti relativi alle interferenze/pressioni. I pozzi dismessi sono in corso di sostituzione.
- Per i pozzi di Tromello (PV) PO018164NR0001 (inagibilità), Quistello (MN) PO0200470R0001 (fermo-impianto) e Revere (MN) PO0200490R0085 (fermo-impianto) sono stati individuati e attivati punti sostitutivi (PO018164NR0024, PO020047NU0001, PO0200720R0002).

Solo in 11 casi (Tabella 1), per inagibilità o fermo-impianto o guasto, non sono disponibili valori analitici per l'intero quadriennio, rendendo di fatto pari a 242 i punti di monitoraggio analizzati ed elaborati nel corso del quadriennio 2020-2023. Nel quadriennio 2016-20189, di questi 11 punti, 9 presentavano concentrazioni medie inferiori a 25 mg/l, un punto (Leno – BS) concentrazione media pari a 29 mg/l ed un ulteriore punto (Trigolo – CR) concentrazione media pari a 75,7 mg/l (il piezometro è risultato inagibile per cessata disponibilità della proprietà).

ND_NatStatCode	ND_StationType	ND_NatStatName
PO0160760R1283	2	Civate al Piano
PO017073NUP001	1a	Gambara
PO0170880RC541	1a	Leno
PO019027NRA001	1b	Castelvisconti
PO0190970U0002	2	Soncino
PO019110NRA001	1b	Trigolo
PO0200260R0001	1b	Goito
PO0200470R0001	1b	Quistello
PO0200490R0085	1b	Revere
PO0200530R0089	1b	Roverbella
PO0980020U0002	2	Bertonico

Tabella1 – Punti di monitoraggio dismessi e con assenza di valori analitici nel quadriennio 2020-2023

L'attività di monitoraggio dei nitrati ha permesso di ottenere un quadro dettagliato della distribuzione e delle variazioni delle concentrazioni nelle aree monitorate.

Rete di monitoraggio Nitrati 2024

Nonostante la riduzione del numero di punti di monitoraggio, la rete 2024 risulta sufficientemente numerosa e distribuita (come illustrato in Figura 2), consentendo di ottenere un quadro completo dell'inquinamento da nitrati di origine agro-zootecnica su tutto il territorio regionale. La densità e la collocazione dei punti di monitoraggio garantiscono che le aree critiche e vulnerabili siano adeguatamente coperte.

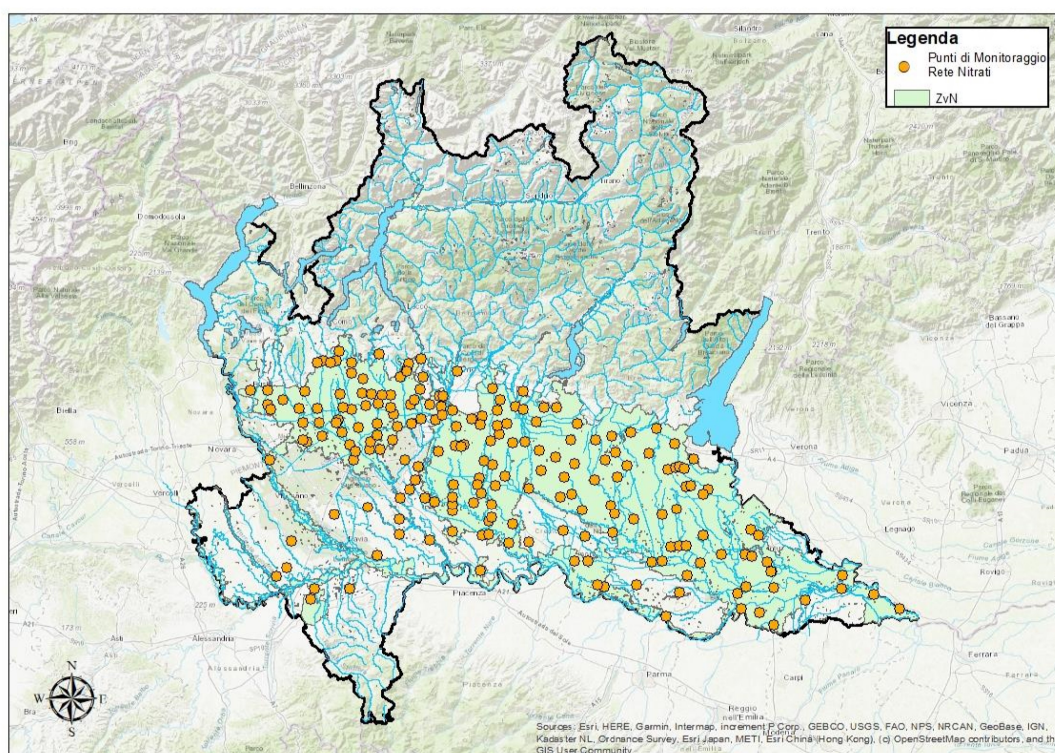


Figura 2 – Rete Nitrati 2024 (208 punti di monitoraggio)

3.2 Concentrazioni medie di nitrati nelle acque sotterranee

Le concentrazioni medie di nitrati (mg/l) sono state classificate in quattro classi di concentrazione:

- **Prima Classe Qualitativa (<25 mg/l)**
Il 61,6% dei punti di monitoraggio rientra in questa classe, che, come osservato anche nel quadriennio precedente, indica una prevalenza di concentrazioni di nitrati relativamente basse nella maggior parte dei siti monitorati.
- **Seconda Classe Qualitativa (25-40 mg/l)**
Il 22,7% dei punti di monitoraggio si trova in questa classe, suggerendo una moderata presenza di nitrati in una porzione significativa dei siti.
- **Terza Classe Qualitativa (40-50 mg/l)**
Il 9,9% dei punti di monitoraggio rientra in questa classe, indicando che una minoranza dei siti presenta concentrazioni di nitrati elevate, ma ancora sotto il limite di 50 mg/l.
- **Classe Oltre 50 mg/l**
Il restante 5,8% dei punti di monitoraggio supera il limite di 50 mg/l per la concentrazione annua media di nitrati. Questa classe è la meno rappresentata, ma indica la presenza di siti con livelli di nitrati critici che necessitano di studi e/o controlli approfonditi.

Al fine di una visualizzazione più dettagliata e comparativa delle diverse classi qualitative, i dati sono rappresentati nella Tabella 2, nel Grafico 1 e nella Figura 3.

mg/l NO ₃	N. Punti di monitoraggio	% punti di monitoraggio
<25	149	61,6
25-40	55	22,7
40-50	24	9,9
>50	14	5,8

Tabella 2 – Concentrazioni medie di nitrati (mg/l) distribuite in classi

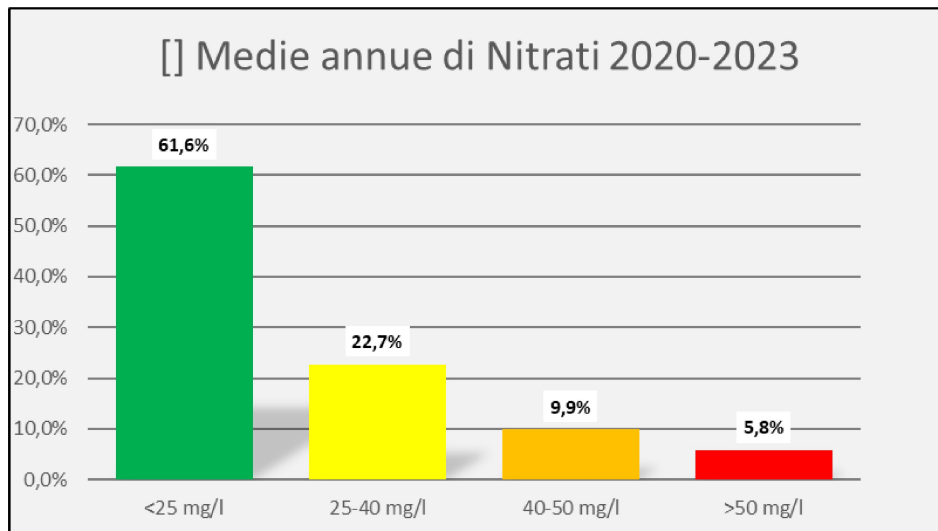


Grafico 1 – Distribuzione percentuale in classi delle concentrazioni medie annue di nitrati (mg/l) nelle acque sotterranee nel quadriennio di riferimento 2020-2023

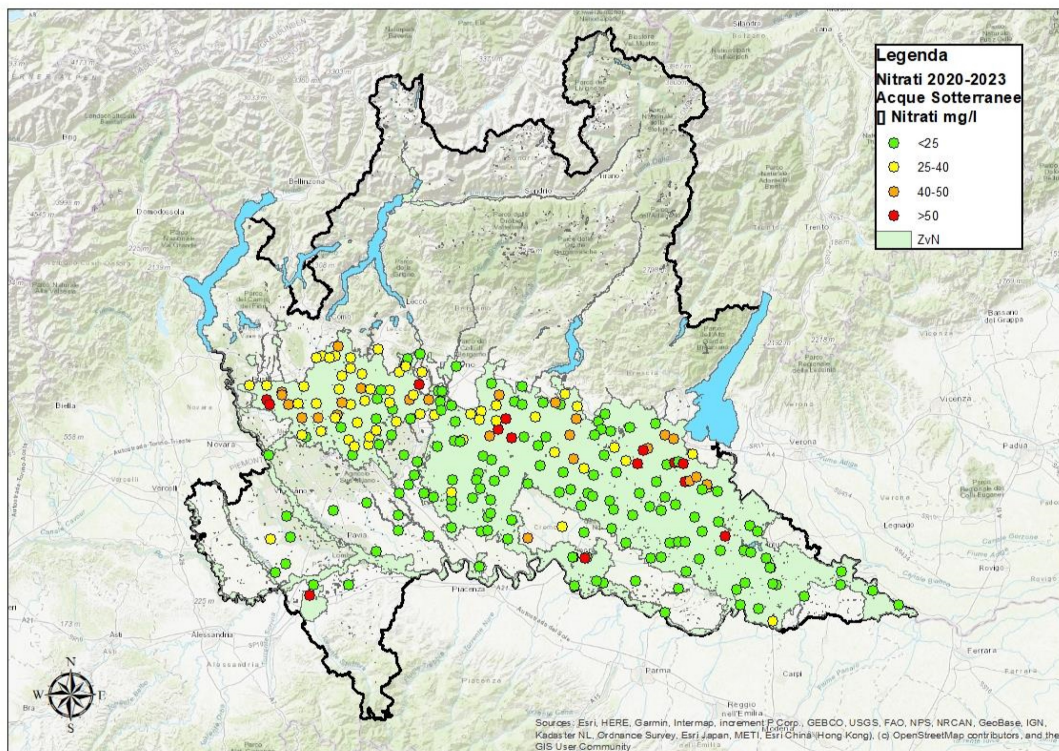


Figura 3 – Mappa delle distribuzioni in classi delle concentrazioni medie annue di nitrati (mg/l) nelle acque sotterranee nel quadriennio di riferimento 2020-2023

Al fine di valutare le variazioni tra i due quadrienni, nel Grafico 2, per ciascuna delle quattro classi di concentrazione, sono affiancati l'istogramma relativo alla percentuale di dati del quadriennio 2020-2023 (campitura piena) e l'istogramma relativo alla percentuale di dati del quadriennio 2016-2019 (campitura a scacchi).

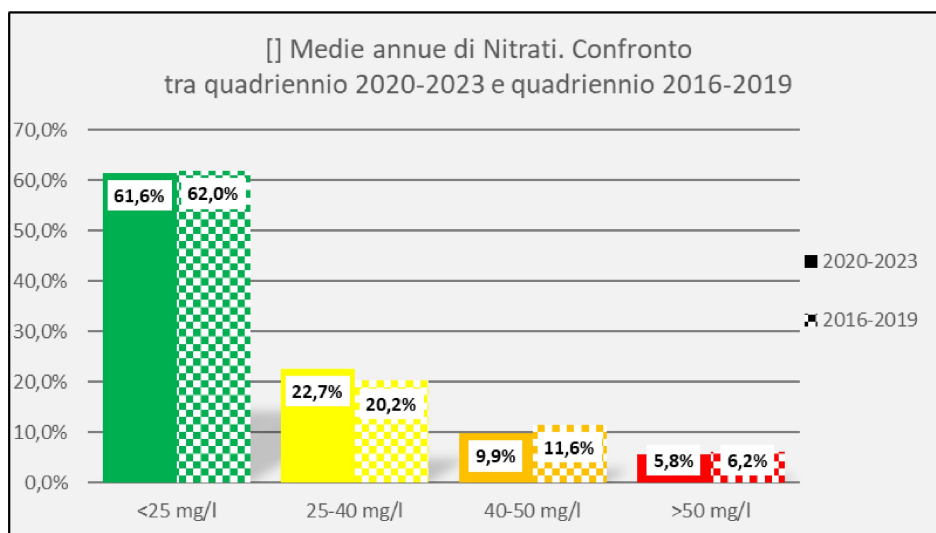


Grafico 2 – Distribuzione percentuale in classi delle concentrazioni medie annue di nitrati (mg/l) nelle acque sotterranee, confronto tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019

Le distribuzioni possono essere così descritte.

- Stabilità nelle basse concentrazioni (<25 mg/l): la costanza, circa al 62%, indica che la maggior parte delle misurazioni in entrambi i periodi ha mostrato basse concentrazioni di nitrati.
- Aumento nella fascia 25-40 mg/l: un aumento del 3% circa potrebbe indicare una leggera tendenza verso l'incremento delle concentrazioni di nitrati nelle concentrazioni intermedie.
- Riduzione nelle fasce 40-50 mg/l e >50 mg/l: i punti aventi le concentrazioni più elevate di nitrati risultano in lieve diminuzione.

3.3 Concentrazioni massime di nitrati nelle acque sotterranee

La distribuzione delle concentrazioni massime di nitrati segue un pattern simile a quello delle concentrazioni medie, con alcune differenze nella classe superiore a 50 mg/l.

- **Prima Classe Qualitativa (<25 mg/l)**
Nel 55,8% dei siti di monitoraggio le concentrazioni massime si mantengono al di sotto di 25 mg/l.
- **Seconda Classe Qualitativa (25-40 mg/l) e Terza Classe Qualitativa (40-50 mg/l)**
La distribuzione nella seconda e terza classe qualitativa per le concentrazioni massime rimane simile a quella delle concentrazioni medie, con oltre il 33% di punti di monitoraggio con concentrazioni massime tra i 25 e i 50 mg/l.
- **Classe Oltre >50 mg/l**
La percentuale di punti di monitoraggio ove le concentrazioni massime superano il valore di 50 mg/l è quasi doppia rispetto a quella relativa ai valori medi; ciò è imputabile a una maggior frequenza di siti con picchi di nitrati, probabilmente legati a episodi di inquinamento sporadici.

I dettagli della distribuzione sono riportati nella Tabella 3, nel Grafico 3 e nella Figura 4, che forniscono una rappresentazione grafica e comparativa delle diverse classi qualitative.

mg/l NO ₃	N. Punti di monitoraggio	% punti di monitoraggio
<25	135	55,8
25-40	56	23,1
40-50	27	11,2
>50	24	9,9

Tabella 3 – Concentrazioni massime di nitrati (mg/l) distribuite in classi

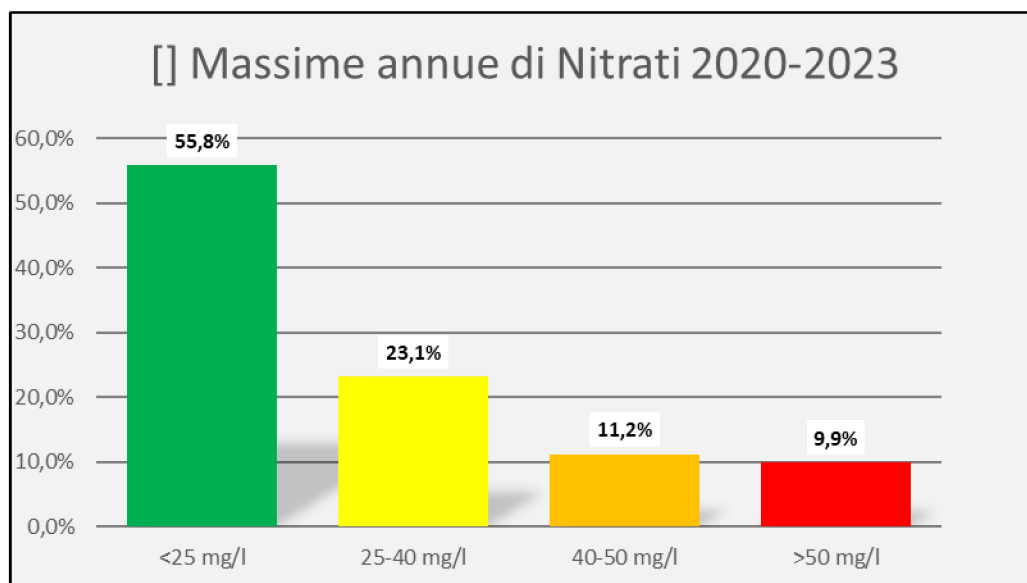


Grafico 3 – Distribuzione percentuale in classi delle concentrazioni massime annue di nitrati (mg/l) nelle acque sotterranee nel quadriennio di riferimento 2020-2023

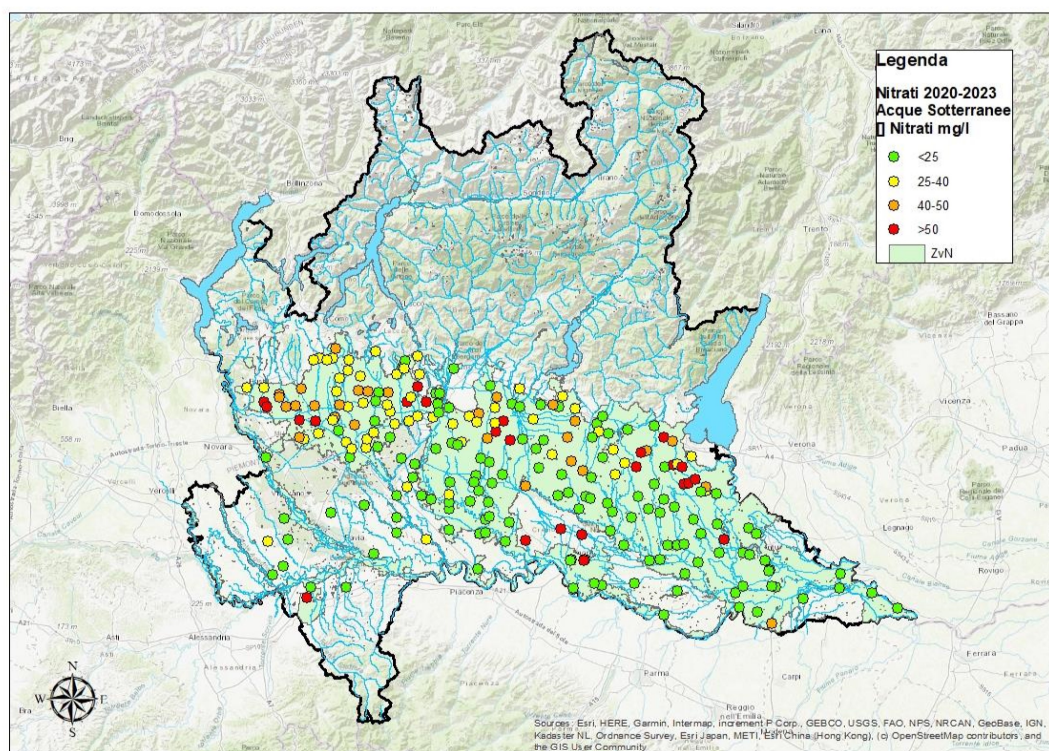


Figura 4 – Mappa delle distribuzioni in classi delle concentrazioni massime annue di nitrati (mg/l) nelle acque sotterranee nel quadriennio di riferimento 2020-2023

Analogamente a quanto rilevato nel quadriennio precedente, la maggior parte dei superamenti del valore limite di nitrati (50 mg/l) si verifica nei punti di campionamento localizzati in aree con un basso livello di protezione intrinseca dei suoli, come la fascia di alta pianura dei fontanili, caratterizzata da suoli con una bassa capacità di denitrificazione.

3.4 Andamento delle concentrazioni medie di nitrati nelle acque sotterranee: confronto tra il quadriennio 2020-2023 e il precedente quadriennio 2016-2019

L'evoluzione temporale dei livelli di nitrati nelle acque sotterranee rappresenta un importante indicatore della qualità ambientale. Sono stati esaminati i dati relativi a 242 punti di monitoraggio comuni tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019, al fine di identificare le tendenze prevalenti nelle concentrazioni di nitrati.

Per ogni punto di monitoraggio in comune nei due quadrienni è stata calcolata la differenza tra il valore medio di concentrazione di nitrati nel periodo 2020-2023 e nel periodo 2016-2019. Le differenze di concentrazioni tra i due periodi sono state raggruppate in 5 classi rappresentative della variazione di concentrazione di nitrati nei due periodi:

- Forte diminuzione della concentrazione media: $\bar{x}_{2020-2023} - \bar{x}_{2016-2019} < -5 \text{ mg/l}$;
- Debole diminuzione della concentrazione media: $-5 \text{ mg/l} < \bar{x}_{2020-2023} - \bar{x}_{2016-2019} < -1 \text{ mg/l}$;
- Stabilità della concentrazione media: $-1 \text{ mg/l} < \bar{x}_{2020-2023} - \bar{x}_{2016-2019} < +1 \text{ mg/l}$;
- Debole aumento della concentrazione media: $+1 \text{ mg/l} < \bar{x}_{2020-2023} - \bar{x}_{2016-2019} < +5 \text{ mg/l}$;
- Forte aumento della concentrazione media: $\bar{x}_{2020-2023} - \bar{x}_{2016-2019} > +5 \text{ mg/l}$.

La variazione tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019 è illustrata nella Tabella 4 e nel Grafico 4 (sottoforma di istogrammi).

- **Colore blu** (variazione $< -5 \text{ mg/l}$): il 9,5% delle stazioni presenta variazioni nelle concentrazioni di nitrati inferiori a -5 mg/l (forte diminuzione).
- **Colore verde** ($-5 < \bar{x} < -1 \text{ mg/l}$): il 26,9% delle stazioni presenta variazioni nelle concentrazioni di nitrati comprese tra -5 e -1 mg/l (debole diminuzione).
- **Colore giallo** ($-1 < \bar{x} < 1 \text{ mg/l}$): il 43% delle stazioni presenta variazioni nelle concentrazioni comprese tra -1 e $+1 \text{ mg/l}$ (stabilità).
- **Colore arancione** ($+1 < \bar{x} < +5 \text{ mg/l}$): il 12,8% delle stazioni presenta variazioni nelle concentrazioni comprese tra $+1$ e $+5 \text{ mg/l}$ (debole aumento).
- **Colore rosso** ($> +5 \text{ mg/l}$): il 7,9% delle stazioni presenta variazioni nelle concentrazioni superiori a $+5 \text{ mg/l}$ (forte aumento).

Il colore giallo, con il 43% dei punti, indica che la maggior parte delle variazioni nei livelli di nitrati tra i due periodi sono state minime (tra -1 e 1 mg/l), suggerendo stabilità nei livelli di nitrati per quasi metà delle osservazioni. I colori arancione e rosso indicano che il 20,7% delle variazioni sono costituite da incrementi, con la maggior parte compresi tra $+1$ e $+5 \text{ mg/l}$ (debole aumento), indicando possibili variazioni locali che richiedono ulteriori indagini e monitoraggio.

I colori verde e blu mostrano che una significativa parte delle variazioni (il 36,4% complessivamente) sono consistite in riduzioni dei livelli di nitrati.

Complessivamente emerge quindi una tendenza alla diminuzione delle concentrazioni medie di nitrati.

Tendenza	Simbolo	mg/l NO ₃	Punti di monitoraggio	% punti di monitoraggio
Calo		> -5	23	9,5
		Da -1 a -5	65	26,9
Stabilità		da -1 a +1	104	43,0
Aumento		da +1 a +5	31	12,8
		> +5	19	7,9

Tabella 4 – Variazione delle concentrazioni medie di nitrati (mg/l) tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019

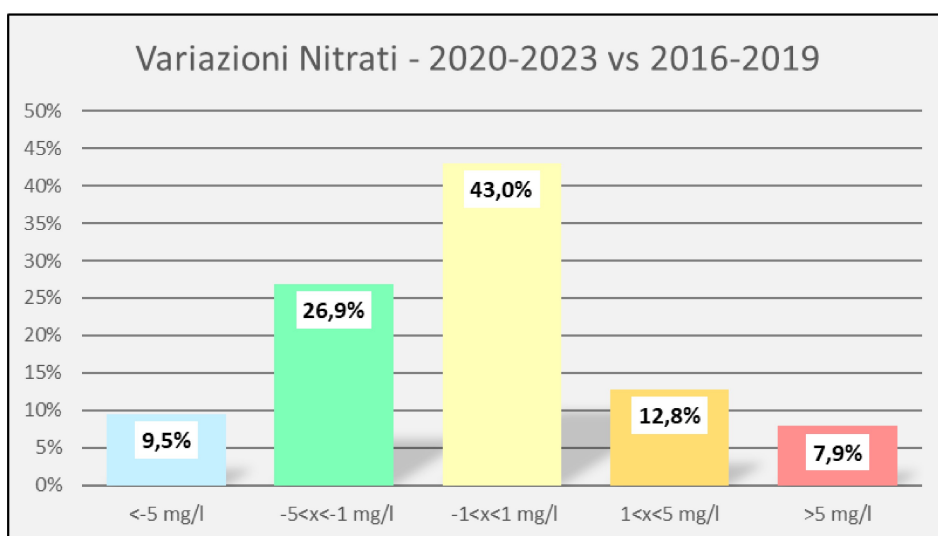


Grafico 4 – Distribuzione percentuale in classi delle variazioni delle concentrazioni medie annue di nitrati (mg/l) tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019

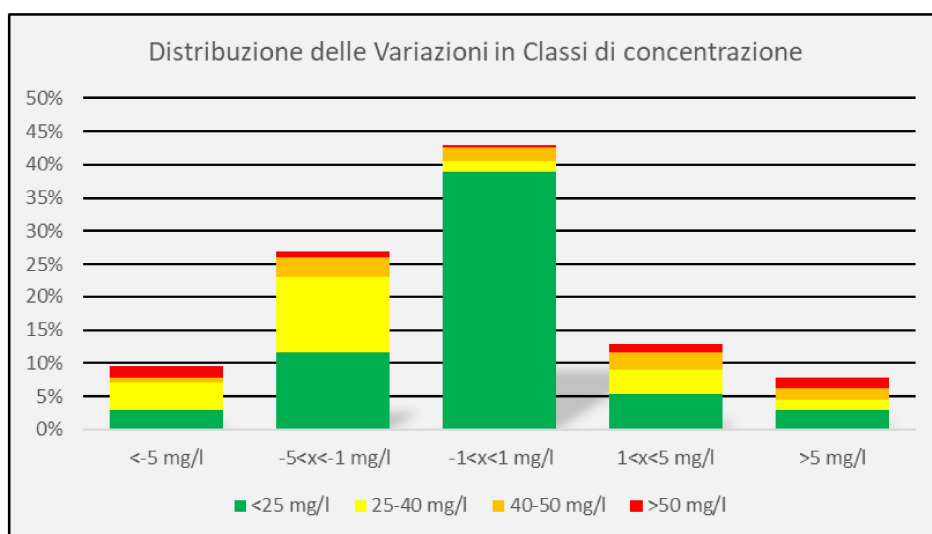


Grafico 5 – Distribuzione percentuale delle variazioni medie annue di nitrati (mg/l) tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019 nelle quattro classi di concentrazione (media mg/l 2020-2023)

Il Grafico 5, che costituisce un approfondimento del Grafico 4, descrive, per ciascuna delle cinque classi di variazione (forte diminuzione, debole diminuzione, stabilità, debole aumento, forte aumento), la propria distribuzione nelle quattro classi di concentrazione (<25 mg/l, 25-40 mg/l, 40-50 mg/l, >50 mg/l) considerando il valore medio di concentrazione 2020-2023. I punti aventi concentrazioni maggiori di 50 mg/l sono maggiormente presenti nelle classi di variazione estreme (forte diminuzione e forte aumento), mentre sono trascurabili nella classe di stabilità, che invece è costituita per circa il 90% da punti aventi concentrazioni inferiori a 25 mg/l.

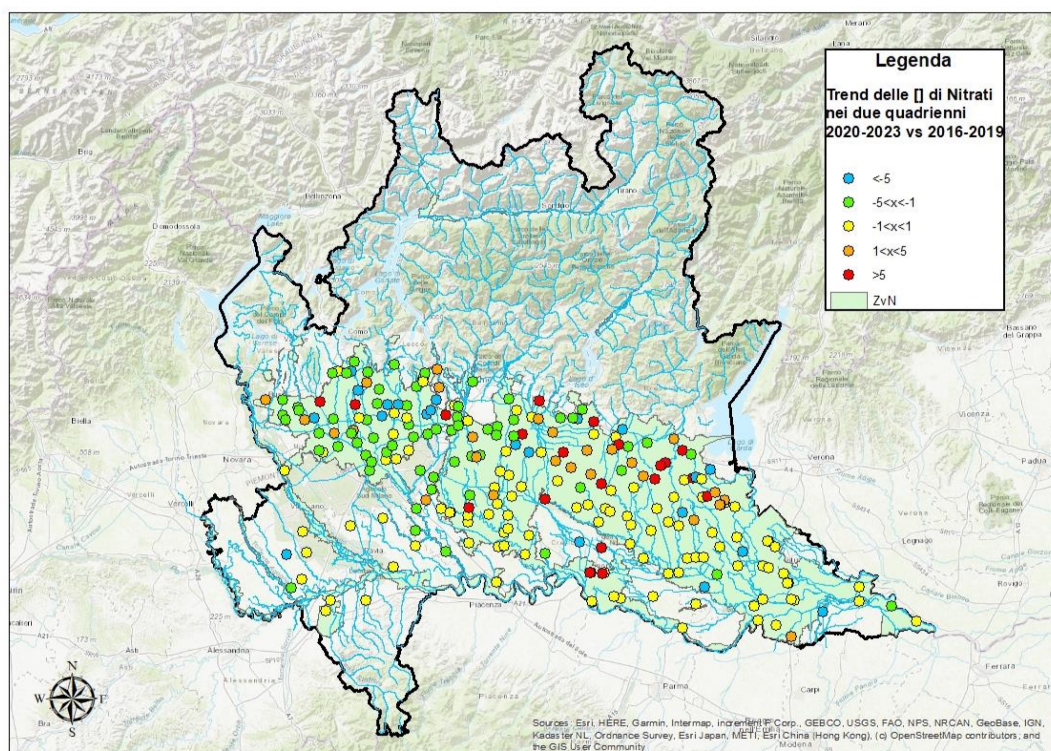


Figura 5 – Mappa delle distribuzioni in classi delle variazioni di concentrazioni medie annue di nitrati (mg/l) nelle acque sotterranee tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019

In sintesi, la distribuzione delle variazioni mostra che la maggior parte delle misurazioni rientra nella categoria di variazione minima e sostanziale stabilità ($-1 < \bar{x} < +1$ mg/l), seguita da una percentuale significativa di misurazioni con riduzioni moderate ($-5 < \bar{x} < -1$ mg/l). Le variazioni più estreme, sia in aumento che in diminuzione, sono meno frequenti. Questo suggerisce che nel periodo 2020-2023, le concentrazioni di nitrati siano state generalmente stabili rispetto al periodo 2016-2019, con una tendenza maggiore verso lievi riduzioni piuttosto che aumenti.

La distribuzione dei punti di monitoraggio che presentano un andamento delle concentrazioni di nitrati in aumento è prevalentemente localizzata in aree caratterizzate da suoli poco protetti (fascia di alta pianura dei fontanili) su cui insistono più fonti di inquinamento di origine azotata. In particolare, le concentrazioni più significative sono presenti nell'area urbana-suburbana compresa tra il fiume Olona e il fiume Lambro o in aree a forte componente agro-zootecnica (area del Cremonese, Bassa Pianura Bresciana e Bergamasca).

4 ACQUE SUPERFICIALI – Corsi d'acqua

4.1 Rete di Monitoraggio Nitrati: Descrizione e Risultati 2020-2023

La rete di monitoraggio dei corsi d'acqua di ARPA Lombardia dedicata al monitoraggio dei nitrati è costituita, per il quadriennio di riferimento 2020-2023, da 168 punti di monitoraggio (Figura 6).

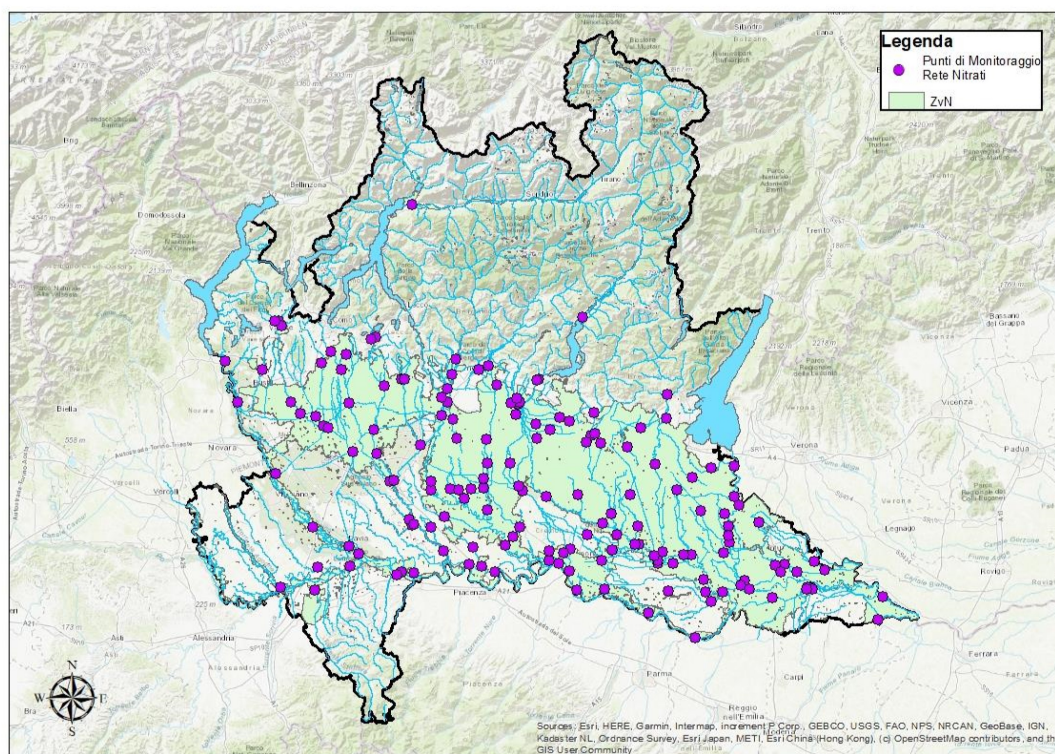


Figura 6 - Punti di monitoraggio ARPA Lombardia (rete nitrati), corsi d'acqua, quadriennio 2020-2023

Conformemente a quanto stabilito dal Decreto Ministeriale 56/2009, tabella 3.6, il monitoraggio chimico viene eseguito con cadenza annuale su tutti i punti di monitoraggio. Per gli elementi di qualità chimica non appartenenti all'elenco delle sostanze prioritarie, come i nitrati, è garantita una frequenza di monitoraggio almeno trimestrale (almeno 4 campagne/anno).

Nel corso del 2020, tuttavia, le frequenze di monitoraggio sono state influenzate dalle restrizioni imposte dal lockdown dovuto alla pandemia di Coronavirus.

Nonostante l'intento di mantenere una frequenza di monitoraggio trimestrale per i nitrati, circostanze straordinarie hanno portato talvolta a una riduzione delle frequenze di campionamento, come ad esempio ulteriori periodi di restrizione legati alla pandemia (2021) o periodi di prolungata asciutta di corsi d'acqua nell'anno 2022.

4.2 Concentrazioni medie di nitrati nei corsi d'acqua

Lo studio delle medie annuali delle concentrazioni di nitrati nel periodo 2020-2023, prevede la suddivisione dei dati in sei classi di concentrazione, al fine di valutare la distribuzione e la frequenza dei livelli di nitrati nelle acque monitorate.

La tabella 5 e il Grafico 6 mostrano la distribuzione percentuale delle concentrazioni medie annue di nitrati nei vari intervalli di concentrazione.

- **Prima Classe Qualitativa (<2 mg/l)**
Il 3% dei campioni rientra in questa classe, indicando livelli molto bassi di nitrati.
- **Seconda Classe Qualitativa (2-10 mg/l)**
Questa classe rappresenta il 42,1% dei campioni, evidenziando che la maggior parte delle acque monitorate ha concentrazioni di nitrati relativamente basse.
- **Terza Classe Qualitativa (10-25 mg/l)**
Il 38,4% dei campioni ha concentrazioni di nitrati comprese tra 10 e 25 mg/l. Questa è il secondo intervallo più rappresentato.
- **Quarta Classe Qualitativa (25-40 mg/l)**
L'11,6% dei campioni rientra in questa classe, mostrando una presenza significativa ma non predominante di punti di monitoraggio.
- **Quinta Classe Qualitativa (40-50 mg/l)**
Solo l'1,8% dei campioni mostra concentrazioni di nitrati tra 40 e 50 mg/l.
- **Classe Oltre 50 mg/l**
Questa classe rappresenta il 3% dei campioni, indicando una scarsa presenza di punti che presentano livelli molto elevati di nitrati.

mg/l NO ₃	N. Punti di monitoraggio	% punti di monitoraggio
<2	5	3,0
2-10	69	42,1
10-25	63	38,4
25-40	19	11,6
40-50	3	1,8
>50	5	3,0

Tabella 5 – Concentrazioni medie di nitrati (mg/l) distribuite in classi

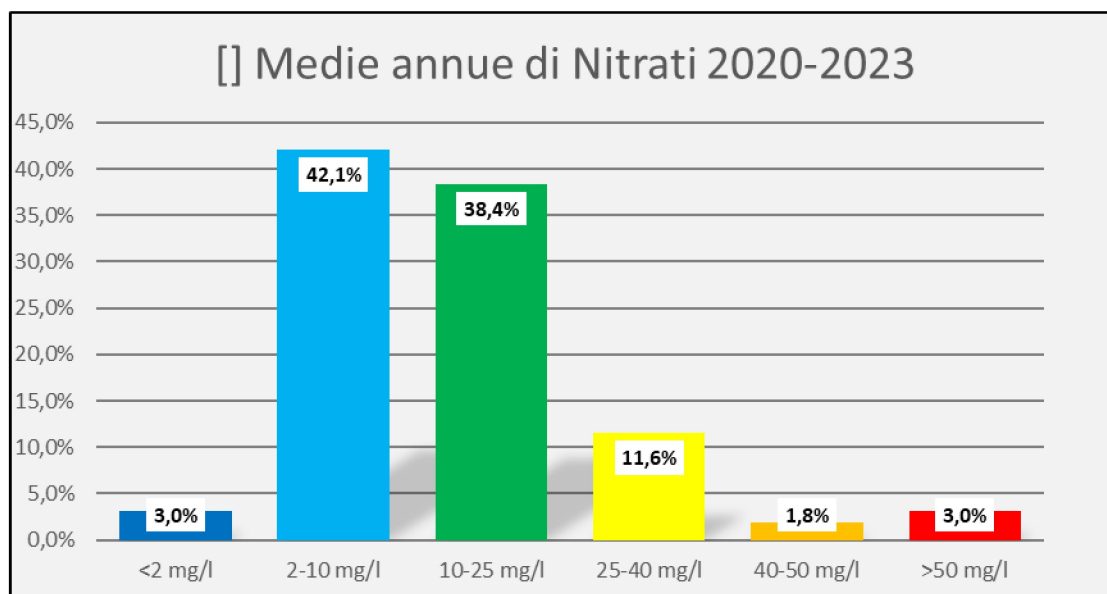


Grafico 6 – Distribuzione percentuale in classi delle concentrazioni medie annue di nitrati (mg/l) nei corsi d'acqua nel quadriennio di riferimento 2020-2023

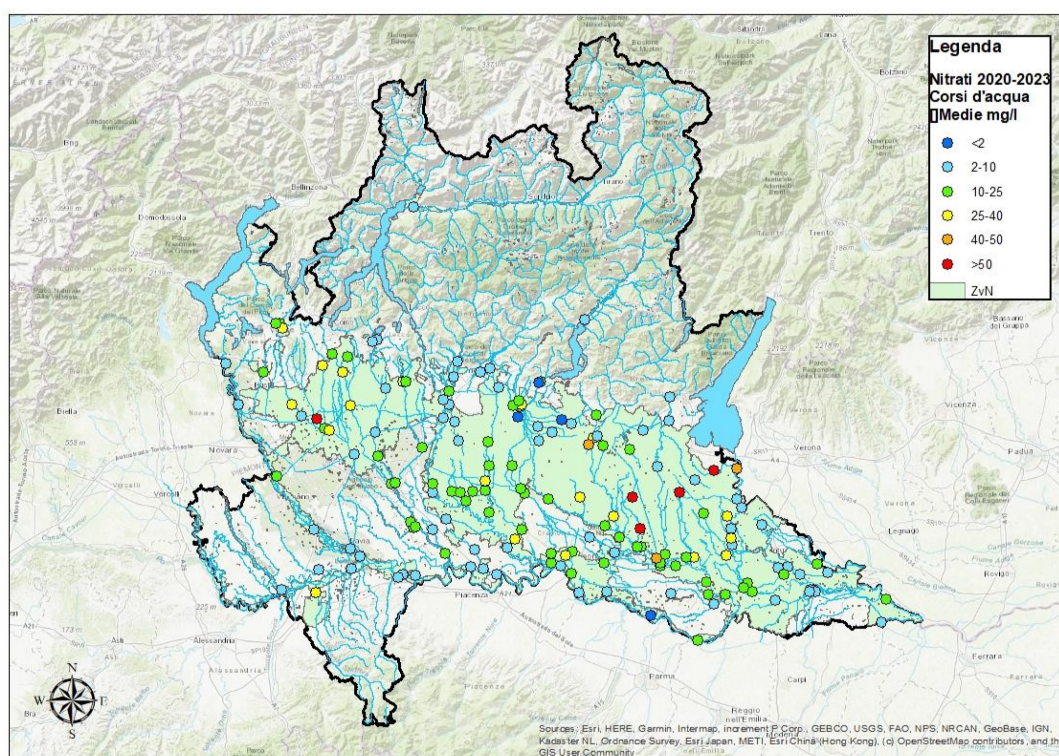


Figura 7 – Mappa delle distribuzioni in classi delle concentrazioni medie annue di nitrati (mg/l) nei corsi d'acqua nel quadriennio di riferimento 2020-2023

Al fine di valutare le variazioni tra i due quadrienni, nel Grafico 7, per ciascuna Classe di concentrazione, sono affiancati l'istogramma relativo alla percentuale di dati del quadriennio 2020-2023 (campitura piena) e l'istogramma relativo alla percentuale di dati del quadriennio 2016-2019 (campitura a scacchi).

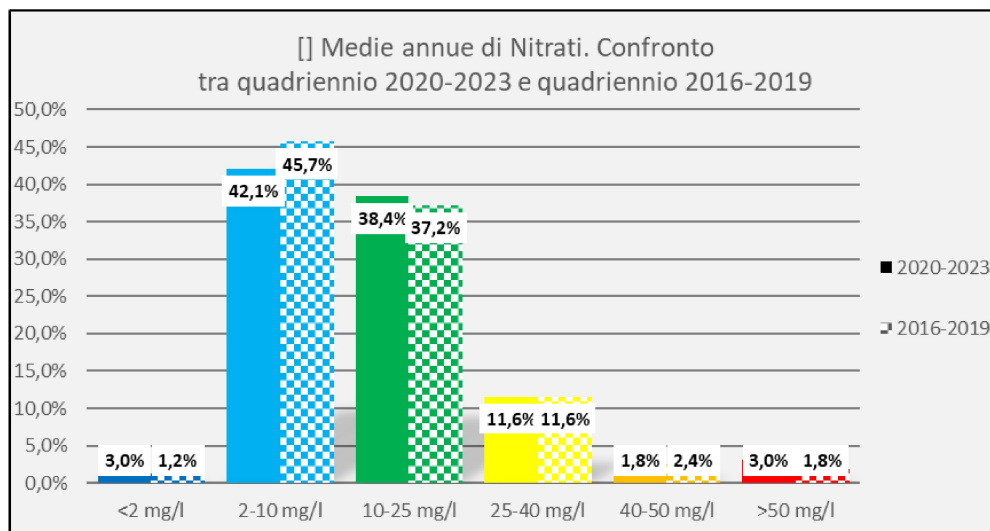


Grafico 7 – Distribuzione percentuale in classi delle concentrazioni medie annue di nitrati (mg/l) nei corsi d'acqua, confronto tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019

Le distribuzioni possono essere così descritte.

- Aumento dell'1,8% dei punti nelle bassissime concentrazioni (< 2 mg/l).
- Riduzione nella fascia 2-10 mg/l: una diminuzione del 3,6% in questa fascia di concentrazione indica un lieve peggioramento dei punti di monitoraggio con un basso livello di concentrazione di nitrati, mantenendo comunque il più alto livello di presenza di tutte le classi considerate (> 40%).
- Aumento nella fascia 10-25 mg/l: un aumento dello 0,8% potrebbe indicare una leggera tendenza verso l'incremento delle concentrazioni di nitrati in questa fascia, rappresentata da acque con basse concentrazioni di nitrati.
- Stabilità nella fascia 25-40: questa fascia di concentrazione non ha subito variazioni nei due quadrienni di monitoraggio.
- Riduzione della fascia 40-50 mg/l: una riduzione dello 0,6% indica un lieve miglioramento per questa fascia di concentrazione.
- Aumento dell'1,2% dei punti con alte concentrazioni (> 50 mg/l).

Durante il quadriennio 2020-2023, la maggior parte dei corsi d'acqua che hanno registrato concentrazioni medie di nitrati prossime o superiori a 50 mg/l sono situati nel territorio pianeggiante tra le province di Brescia e Mantova, ove apporti misti di origine urbane e agro-zootecnica possono impattare sulla presenza di concentrazioni elevate di nitrati nelle acque superficiali.

4.3 Concentrazioni massime di nitrati nei corsi d'acqua

La distribuzione delle concentrazioni massime di nitrati nelle sei classi qualitative mostra notevoli differenze rispetto alla distribuzione dei valori medi. In particolare:

- diminuzione nelle prime tre classi: le prime tre classi qualitative, rappresentanti i valori più bassi di nitrati, mostrano una diminuzione di presenze del 29,2%;
- aumento nelle classi quarta, quinta e sesta: le tre classi con le concentrazioni più elevate mostrano un incremento del 29,3%.

Questa distribuzione evidenzia una maggiore frequenza di picchi di inquinamento temporanei, puntuali e/o sporadici, che influenzano la qualità delle acque superficiali (Tabella 6, Grafico 8).

mg/l NO ₃	N. Punti di monitoraggio	% punti di monitoraggio
<2	0	0,0
2-10	32	19,5
10-25	57	34,8
25-40	30	18,3
40-50	23	14,0
>50	22	13,4

Tabella 6 – Concentrazioni massime di nitrati (mg/l) distribuite in classi

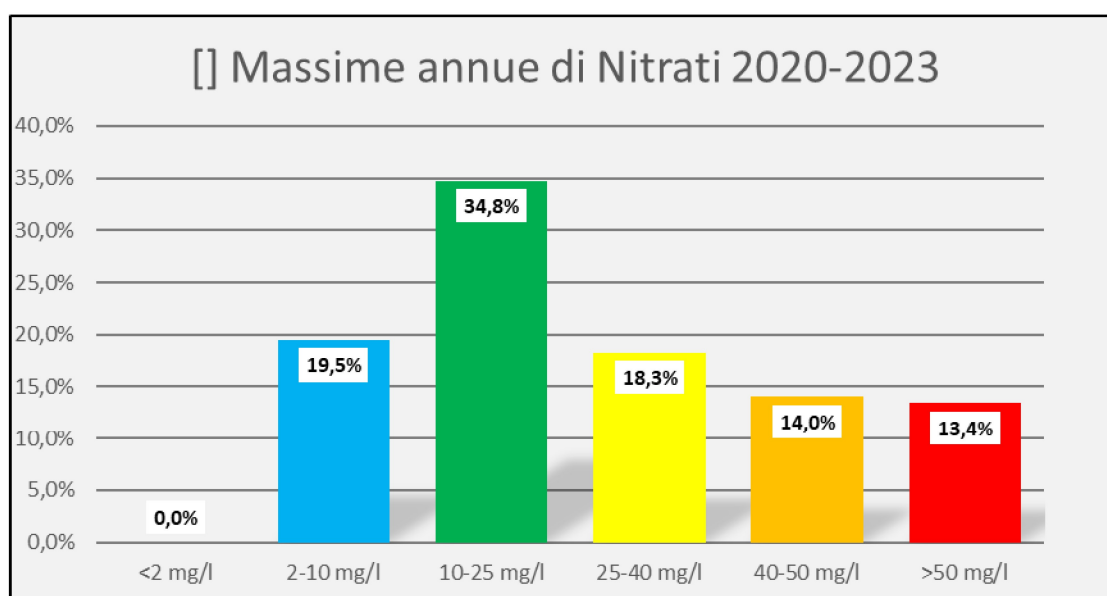


Grafico 8 – Distribuzione percentuale in classi delle concentrazioni massime annue di nitrati (mg/l) nei corsi d'acqua nel quadriennio di riferimento 2020-2023

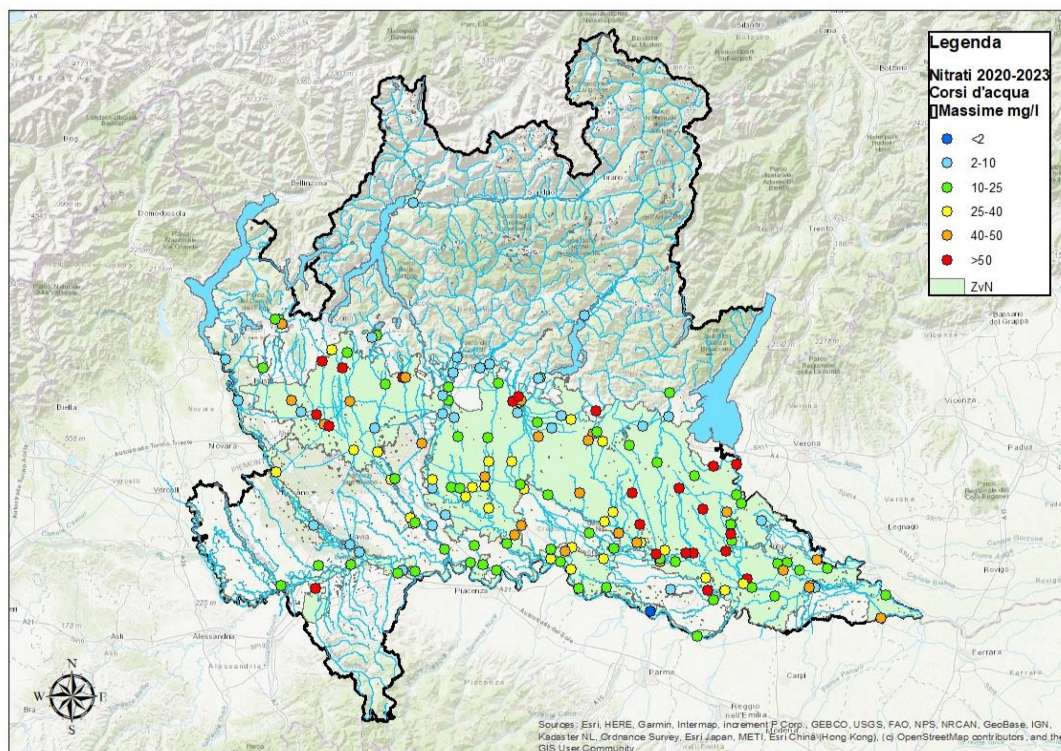


Figura 8 – Mappa delle distribuzioni in classi delle concentrazioni massime annue di nitrati (mg/l) nei corsi d'acqua nel quadriennio di riferimento 2020-2023

I risultati del monitoraggio indicano che la maggior parte dei corsi d'acqua con concentrazioni massime di nitrati oltre 50 mg/l si trova nella pianura mantovana e nelle aree limitrofe delle province di Cremona e Brescia. Questi corsi d'acqua sono prevalentemente artificiali e utilizzati per scopi irrigui.

Le aree con le più alte concentrazioni medie e massime di nitrati coincidono con le zone ad uso agricolo intensivo; valori elevati di nitrati sono stati riscontrati anche in aree densamente urbanizzate, come la zona milanese.

L'analisi dei dati suggerisce che le concentrazioni di nitrati nei corsi d'acqua sono fortemente influenzate dall'uso del suolo. Le pratiche agricole intensive, compreso l'uso di fertilizzanti e la gestione di reflui zootecnici, sono le principali fonti di nitrati nelle aree rurali. Nei contesti urbani il deflusso di acque piovane e lo scarico di acque reflue contribuiscono ulteriormente ai livelli di nitrati.

4.4 Andamento delle concentrazioni medie di nitrati nei corsi d'acqua: confronto tra il quadriennio 2020-2023 e il precedente quadriennio 2016-2019

L'analisi delle variazioni di nitrati nei corsi d'acqua della Pianura Lombarda tra i quadrienni 2020-2023 e 2016-2019 fornisce indicazioni significative sulle tendenze nel tempo.

Il monitoraggio delle concentrazioni di nitrati è stato eseguito su 164 di punti di rilevamento comuni ai due periodi considerati.

Per ogni punto di monitoraggio in comune nei due quadrienni è stata calcolata la differenza tra il valore medio di concentrazione di nitrati nel periodo 2020-2023 e nel periodo 2016-2019. Le differenze di concentrazioni tra i due periodi sono state raggruppate in 5 classi rappresentative della variazione di concentrazione di nitrati nei due periodi:

- Forte diminuzione della concentrazione media: $\bar{x}_{2020-2023} - \bar{x}_{2016-2019} < -5 \text{ mg/l}$;
- Debole diminuzione della concentrazione media: $-5 \text{ mg/l} < \bar{x}_{2020-2023} - \bar{x}_{2016-2019} < -1 \text{ mg/l}$;
- Stabilità della concentrazione media: $-1 \text{ mg/l} < \bar{x}_{2020-2023} - \bar{x}_{2016-2019} < +1 \text{ mg/l}$;
- Debole aumento della concentrazione media: $+1 \text{ mg/l} < \bar{x}_{2020-2023} - \bar{x}_{2016-2019} < +5 \text{ mg/l}$;
- Forte aumento della concentrazione media: $\bar{x}_{2020-2023} - \bar{x}_{2016-2019} > +5 \text{ mg/l}$.

La variazione tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019 è illustrata nella Tabella 7 e nel Grafico 8 (sottoforma di istogrammi).

- **Colore blu** (variazione $< -5 \text{ mg/l}$): il 4,9% delle stazioni presenta variazioni nelle concentrazioni di nitrati inferiori a -5 mg/l (forte diminuzione).
- **Colore verde** ($-5 < \bar{x} < -1 \text{ mg/l}$): il 20,7% delle stazioni presenta variazioni nelle concentrazioni di nitrati comprese tra -5 e -1 mg/l (debole diminuzione).
- **Colore giallo** ($-1 < \bar{x} < 1 \text{ mg/l}$): il 42,7% delle stazioni presenta variazioni nelle concentrazioni comprese tra -1 e $+1 \text{ mg/l}$ (stabilità).
- **Colore arancione** ($+1 < \bar{x} < +5 \text{ mg/l}$): il 27,4% delle stazioni presenta variazioni nelle concentrazioni comprese tra $+1$ e $+5 \text{ mg/l}$ (debole aumento).
- **Colore rosso** ($> +5 \text{ mg/l}$): il 4,3% delle stazioni presenta variazioni nelle concentrazioni superiori a $+5 \text{ mg/l}$ (forte aumento).

Il colore giallo, con il 42,7% dei punti, indica che la maggior parte delle variazioni nei livelli di nitrati tra i due periodi sono state minime (tra -1 e 1 mg/l), suggerendo stabilità nei livelli di nitrati per quasi metà delle osservazioni. I colori arancione e rosso indicano che il 31,7% delle variazioni sono costituite da incrementi, con la maggior parte compresi tra $+1$ e $+5 \text{ mg/l}$ (debole aumento), indicando possibili variazioni locali che richiedono ulteriori indagini e monitoraggio.

I colori verde e blu mostrano che una significativa parte delle variazioni (25,6% complessivamente) sono consistite in riduzioni dei livelli di nitrati.

Tendenza	Simbolo	mg/l NO ₃	Punti di monitoraggio	% punti di monitoraggio
Calo		> -5	8	4,9
		Da -1 a -5	34	20,7
Stabilità		da -1 a +1	70	42,7
Aumento		da +1 a +5	45	27,4
		> +5	7	4,3

Tabella 7 – Variazione delle concentrazioni medie di nitrati (mg/l) tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019

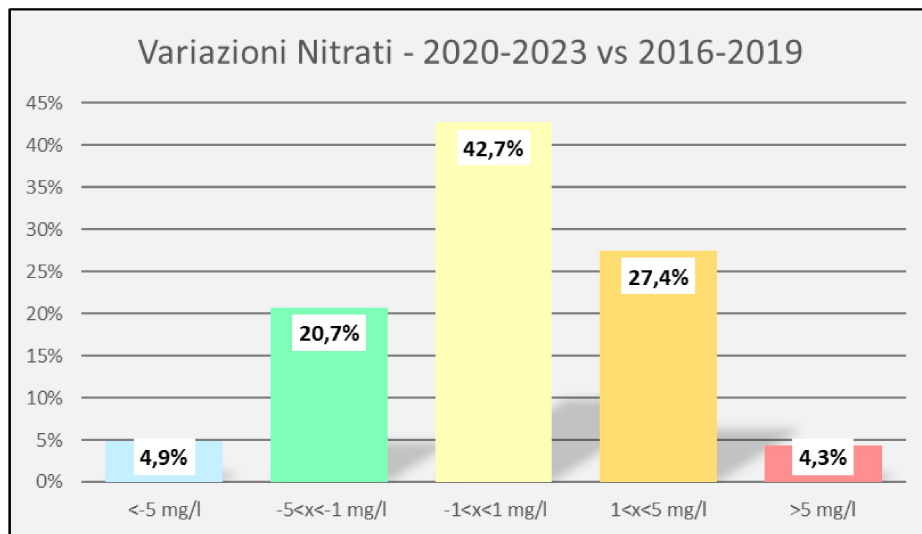


Grafico 9 – Distribuzione percentuale in classi delle variazioni delle concentrazioni medie annue di nitrati (mg/l) tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019

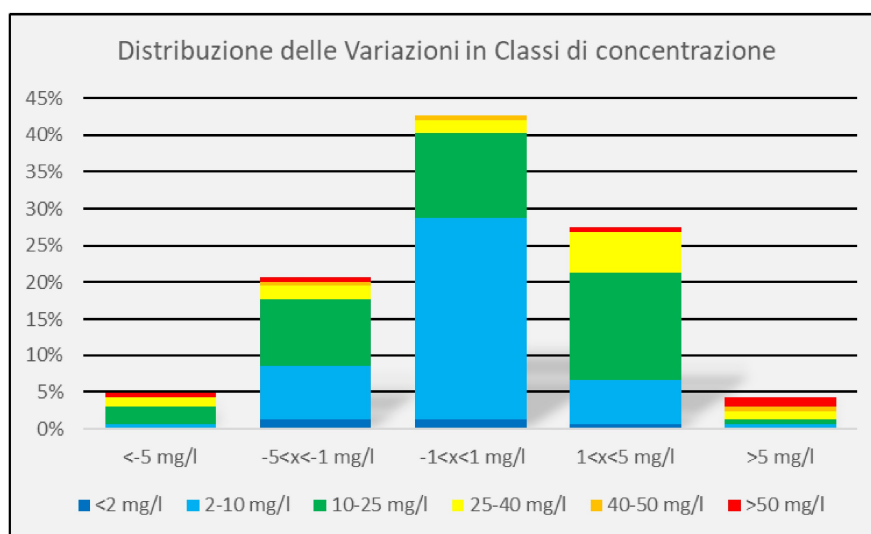


Grafico 10 – Distribuzione percentuale delle variazioni medie annue di nitrati (mg/l) tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019) nelle sei classi di concentrazione (media mg/l 2020-2023)

Il Grafico 10, che costituisce un approfondimento del Grafico 9, descrive, per ciascuna delle cinque classi di variazione (forte diminuzione, debole diminuzione, stabilità, debole aumento, forte aumento), la propria distribuzione nelle sei classi di concentrazione (<2 mg/l, 2-10 mg/l, 10-25 mg/l, 25-40 mg/l, 40-50 mg/l, >50 mg/l) considerando i valori medi del periodo 2020-2023. I punti aventi concentrazioni maggiori di 50 mg/l sono maggiormente presenti nelle classi di variazione estreme (forte diminuzione e forte aumento), mentre non sono presenti nella classe di stabilità, che è costituita da oltre il 90% di punti aventi concentrazioni inferiori a 25 mg/l.

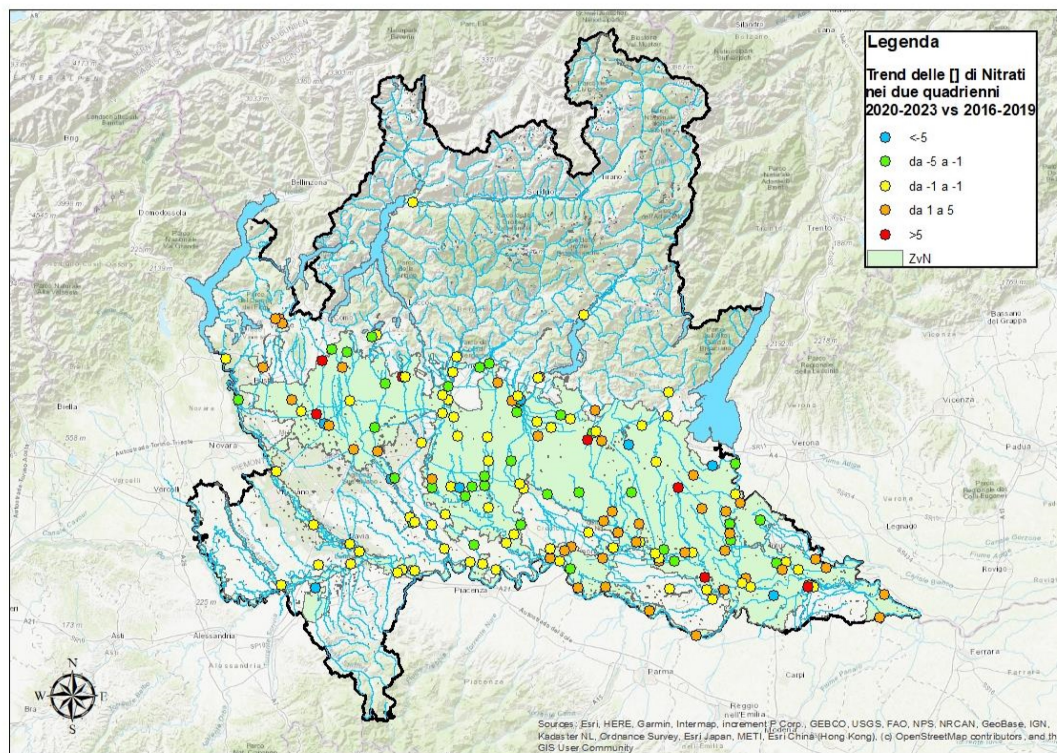


Figura 9 – Mappa delle distribuzioni in classi delle variazioni di concentrazioni medie annue di nitrati (mg/l) nei corsi d’acqua tra il quadriennio 2020-2023 e il quadriennio 2016-2019

I punti con concentrazioni di nitrati in aumento sono prevalentemente localizzati in aree caratterizzate dalla presenza di molteplici fonti di inquinamento da azoto, sia di origine urbana sia agricola.

4.5 Concentrazioni medie invernali di nitrati nei corsi d'acqua

Le medie annuali tendono a riflettere un quadro più stabile e complessivo delle concentrazioni di nitrati, mentre le medie invernali possono mostrare variazioni più marcate a causa delle condizioni meteorologiche e delle pratiche agricole stagionali. Durante l'inverno, l'aumento del dilavamento causato dalla minore copertura vegetale, la ridotta attività biologica e la minor diluizione possono portare a concentrazioni di nitrati più elevate. Queste differenze stagionali sono d'interesse per comprendere meglio le dinamiche di inquinamento e per pianificare misure di gestione efficaci.

La distribuzione delle concentrazioni medie invernali di nitrati in Lombardia (Tabella 8, Grafico 11) è molto simile all'andamento delle concentrazioni medie annue (Tabella 5, Grafico 6), anche se è possibile notare rispetto a quest'ultimo, un'inversione di presenze tra la seconda e la terza classe di concentrazione. La sostanziale stabilità potrebbe suggerire che le fonti di nitrati sono relativamente costanti durante tutto l'anno, senza picchi significativi dovuti a fenomeni stagionali.

mg/l NO ₃	N. Punti di monitoraggio	% punti di monitoraggio
<2	5	3,0
2-10	57	34,8
10-25	69	42,1
25-40	20	12,2
40-50	8	4,9
>50	5	3,0

Tabella 8 - Concentrazioni medie invernali di nitrati (mg/l) distribuite in classi

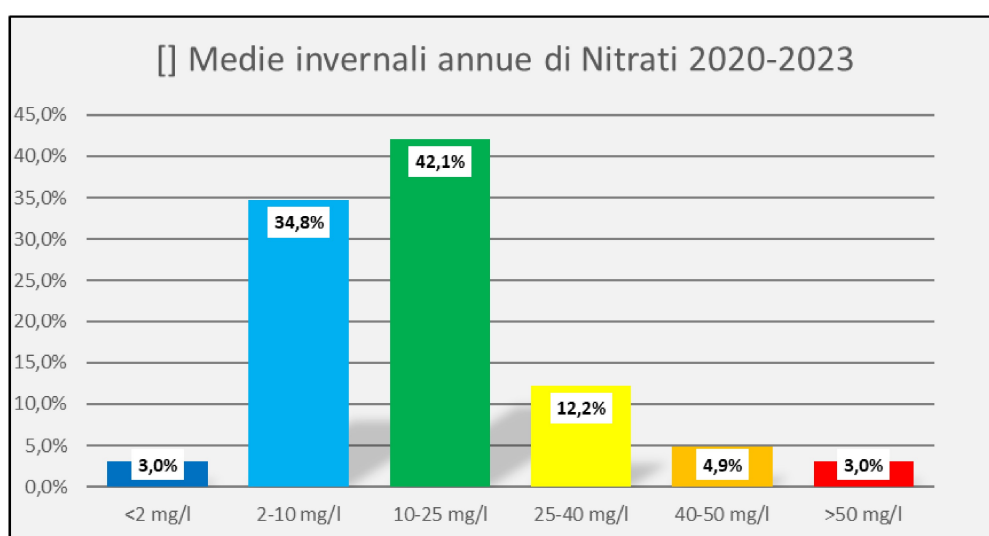


Grafico 11 - Distribuzione percentuale in classi delle concentrazioni medie invernali annue di nitrati (mg/l) nei corsi d'acqua nel quadriennio di riferimento 2020-2023

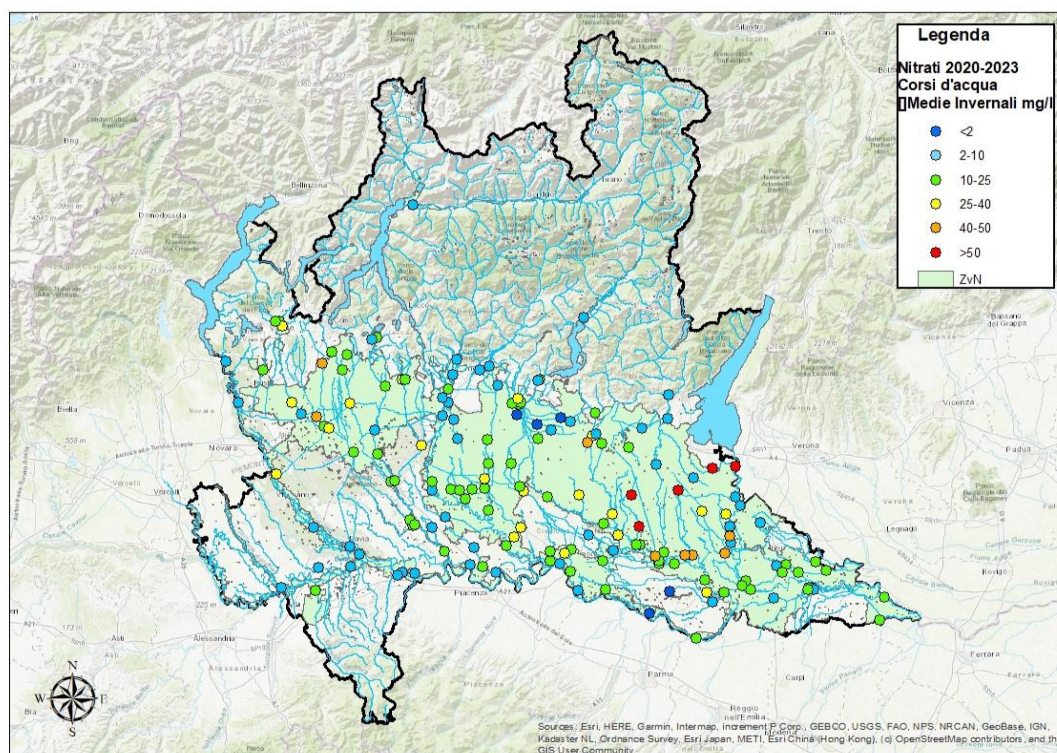


Figura 10 – Mappa delle distribuzioni in classi delle concentrazioni medie invernali annue di nitrati (mg/l) nei corsi d'acqua nel quadriennio di riferimento 2020-2023

L'analisi dei dati relativi al quadriennio 2020-2023 (Figura 10), ha evidenziato che i corsi d'acqua con concentrazioni medie invernali di nitrati superiori al limite di 50 mg/l sono situati prevalentemente nelle pianure tra le province di Brescia e Mantova. Questi corpi idrici, spesso artificiali e utilizzati per scopi irrigui, registrano valori elevati di nitrati, indicando una pressione antropica costante sulle risorse idriche.

4.6 Stato trofico nei corsi d'acqua

L'eutrofizzazione è un fenomeno di produzione accelerata di materia organica, come alghe e piante superiori, nelle acque, causata dall'aumento della presenza di nutrienti. Questo processo provoca danni all'ecosistema acquatico, tra cui lo sviluppo accelerato di alghe tossiche, la riduzione dell'ossigeno disciolto, la perdita di vegetazione acquatica sommersa, disturbi all'equilibrio degli organismi presenti e il conseguente deterioramento della qualità dell'acqua.

Lo stato trofico nei corsi d'acqua è stato calcolato seguendo i Criteri per la valutazione dell'eutrofizzazione nei corpi idrici superficiali, relativi all'attuazione della Direttiva 91/676/CEE – Relazione ex art. 10, quadriennio 2020-2023, utilizzando la modalità di integrazione degli elementi biologici vegetali (Diatomee e Macrofite acquatiche) con quelli chimico-fisici (LIMeco) definiti dalla seguente tabella (Tabella 9).

		INDICE BIOLOGICO				
		CATTIVO	SCARSO	SUFFICIENTE	BUONO	ELEVATO
INDICE CHIMICO/FISICO	CATTIVO	E1	E1	E1	E4	E4
	SCARSO	E1	E1	E1	E4	E4
	SUFFICIENTE	E1	E1	E2	E6	E6
	BUONO	E3	E3	E5	N	N
	ELEVATO	E3	E3	E5	N	N

Tabella 9 - Integrazione degli elementi di qualità per la valutazione dell'eutrofizzazione nei fiumi.

Sono stati considerati 159 punti di monitoraggio per valutare lo stato trofico nei corpi idrici. Di questi, 88 punti hanno restituito un esito E1, 16 punti un esito E2, 13 punti un esito E3, 26 punti un esito E5, 15 punti un esito N, e 1 punto è stato considerato Non Eutrofico basandosi esclusivamente sul giudizio LIMeco (Elevato). Queste distribuzioni sono rappresentate nella Tabella 10 e nel Grafico 12.

Classi di Trofia	N. Punti di monitoraggio	% punti di monitoraggio
Non_eutrophic	30	19
Could become eutrophic	26	16
Eutrophic	103	65

Tabella 10 – Distribuzione delle classi di Trofia

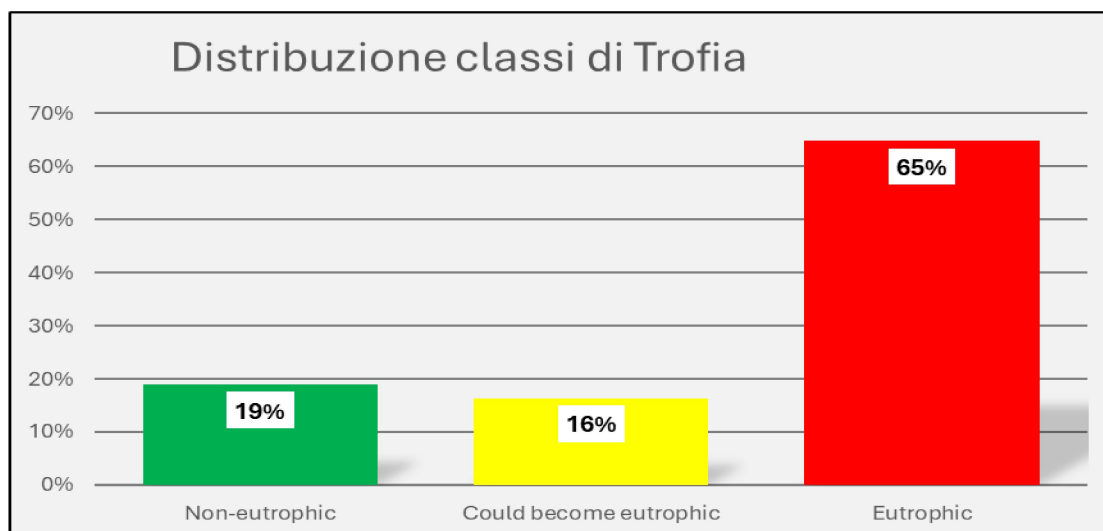


Grafico 12 - Distribuzione delle classi di Trofia

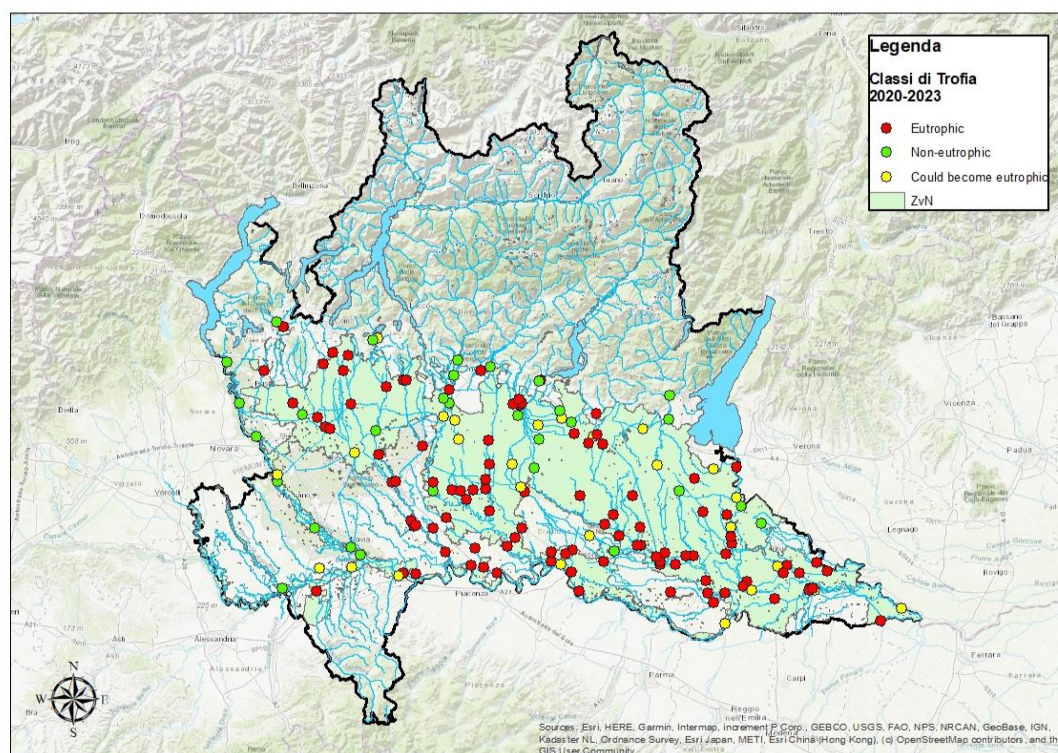


Figura 11 - Mappa delle distribuzioni in classi dello stato trofico nelle acque superficiali

La mappa delle distribuzioni delle classi di trofia per il quadriennio 2020-2023 evidenzia una predominanza delle classi eutrofiche all'interno delle attuali zone vulnerabili ai nitrati (ZnV). Le aree con la maggiore distribuzione di classi eutrofiche sono prevalentemente quelle a forte impatto antropico, comprese sia in zone agricole che in zone altamente urbanizzate. In particolare, una significativa concentrazione di punti di monitoraggio classificati come eutrofici si riscontra nella Bassa Pianura Lombarda, che comprende le province di Lodi, Cremona e Mantova.

5 ZONE VULNERABILI AI NITRATI, PUNTI DI CRITICITÀ E APPROFONDIMENTI

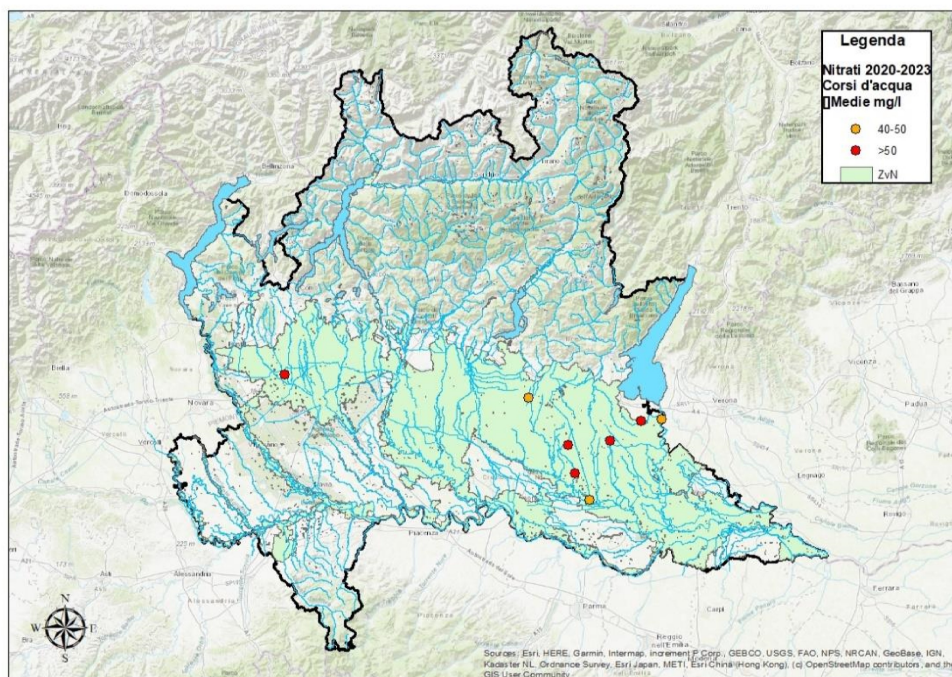


Figura 12 – Mappa dei superamenti nelle acque superficiali nel corso del quadriennio 2020-2023 sulla base dei valori medi

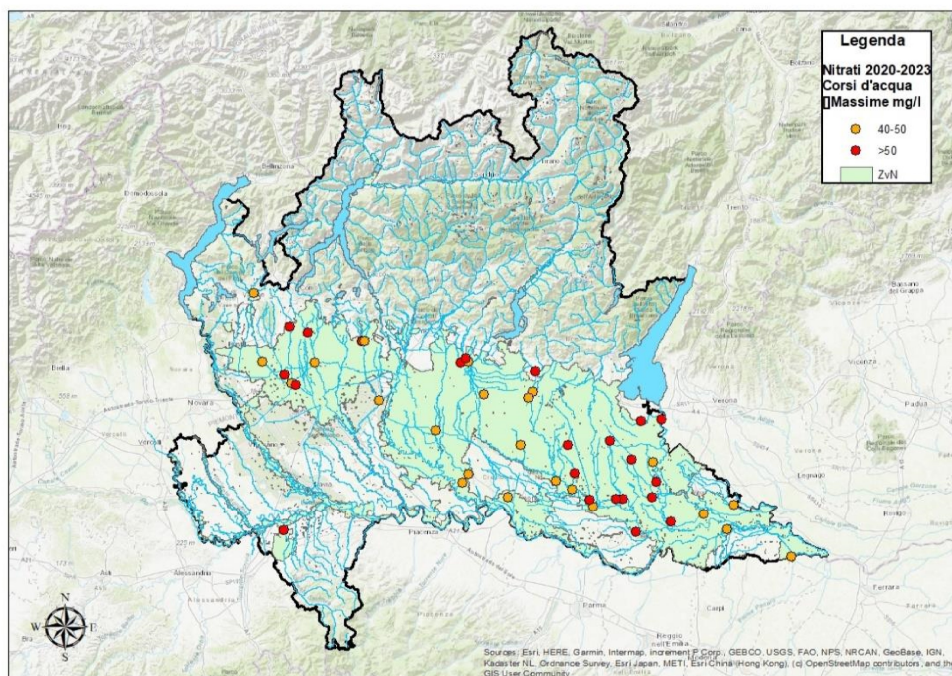


Figura 13 – Mappa dei superamenti nelle acque superficiali nel corso del quadriennio 2020-2023 sulla base dei valori massimi

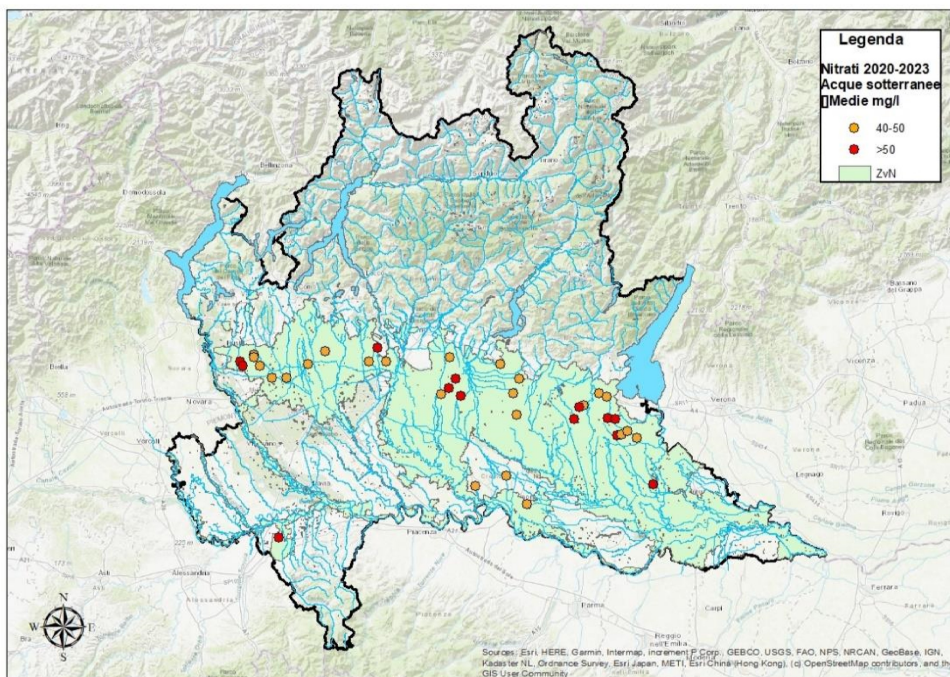


Figura 14 – Mappa dei superamenti nelle acque sotterranee nel corso del quadriennio 2020-2023 sulla base dei valori medi

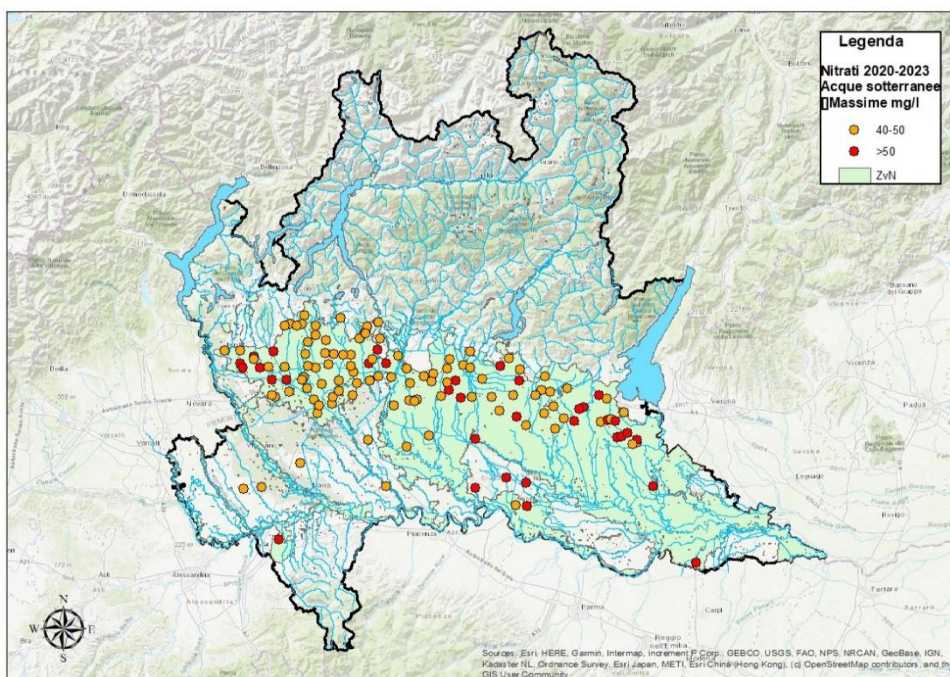


Figura 15 – Mappa dei superamenti nelle acque sotterranee nel corso del quadriennio 2020-2023 sulla base dei valori massimi

Le Figure 12 e 13 mostrano che quasi tutti i punti di monitoraggio dei corsi d'acqua con concentrazioni medie o massime di nitrati superiori ai limiti di 40 mg/l o 50 mg/l ricadono all'interno delle Zone vulnerabili ai Nitrati (ZvN). Un'eccezione sono i punti di monitoraggio sul Torrente Redone nel territorio di Brescia, che presenta concentrazioni medie superiori ai limiti, ma si trova esternamente alle ZvN. Come mostrato anche nelle precedenti Figure 7 e 8 si evidenzia una maggiore presenza di punti critici nelle aree con prevalente attività agro-zootecnica o fortemente urbanizzate e nelle zone con minore protezione dei suoli.

Per le acque sotterranee tutti i punti di monitoraggio critici ricadono nelle vigenti ZvN.

La principale discriminante per le acque sotterranee potrebbe essere attribuita alla collocazione in aree sensibili all'inquinamento da azoto, come la fascia delle risorgive/fontanili. Per le acque superficiali, invece, la discriminante principale trova correlazione con l'uso del suolo e i carichi inquinanti associati.

Approfondimento sulla crisi idrica dell'anno 2022

L'attività istituzionale di monitoraggio sull'intera rete regionale (comprendente anche i punti della rete nitrati) e il calcolo dell'indice LIMeco possono essere d'interesse per un approfondimento sull'azoto nitrico.

Per il calcolo dell'indice LIMeco (6 classi) vengono considerati i nutrienti N-NH₄, N-NO₃, P-tot e l'ossigeno disciolto (% di saturazione).

Con particolare riferimento all'azoto nitrico, il valor medio relativo alle concentrazioni rilevate nell'anno 2022 è stato confrontato con quello relativo al periodo 2009-2021.

In Figura 16, partendo dallo stato del LIMeco 2022 (punti colorati in base alla classe dell'indice), i corpi idrici superficiali individuati lungo le aste principali sono rappresentati:

- in colore rosso in caso di aumento della concentrazione media 2022 rispetto alla concentrazione media 2009-2021;
- in colore blu in caso di diminuzione della concentrazione media 2022 rispetto alla concentrazione media 2009-2021.

I peggioramenti più diffusi hanno interessato l'area di alta e media pianura lombarda, in particolare nelle aree dell'Oglio sublacuale e del Mella, ove si sono registrate situazioni di secche prolungate. E' importante considerare che, in ogni caso, l'entità delle modifiche nelle concentrazioni medie dipende dalle caratteristiche del corpo idrico (naturale, artificiale), del suo regime idrologico (perenne/intermittente, regolato/non regolato) e dalle caratteristiche del suo bacino idrografico (meccanismi di veicolazione dei carichi di nitrati: puntuali e/o diffusi).

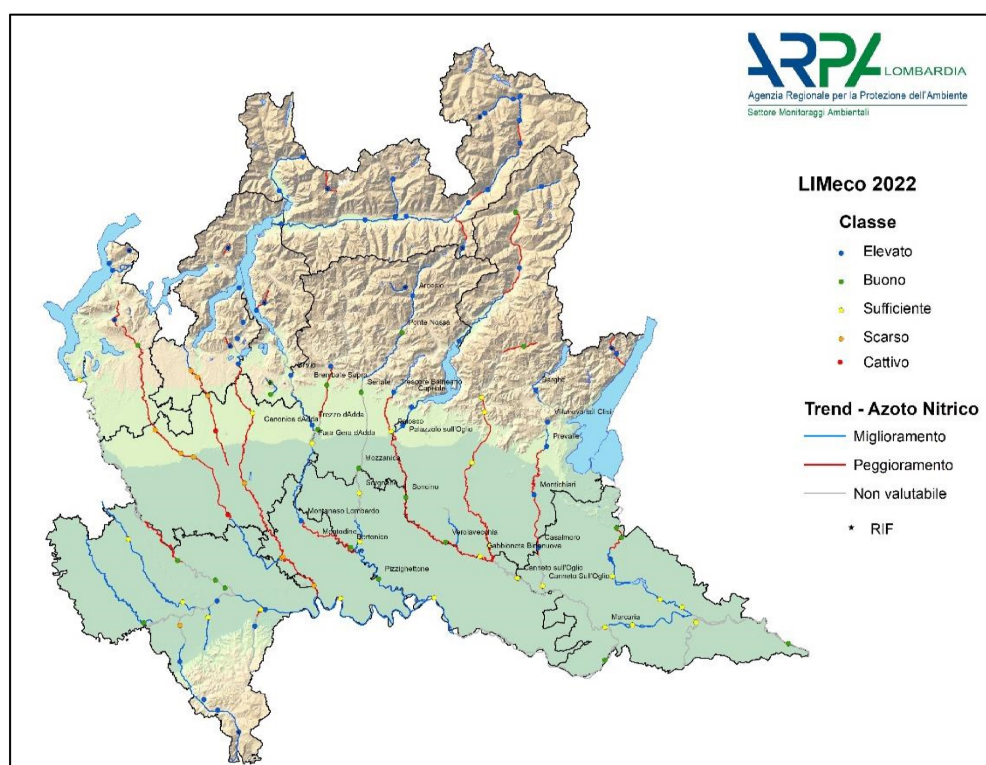


Figura 16 – Variazione delle concentrazioni medie di azoto nitrico tra l'anno 2022 e il periodo 2009-2021 per i principali corsi d'acqua