

SCIENCE FOR the PLANET

Determinazione di *New* e *Legacy* PFAS in un
bacino idrografico del Centro Italia:
variazione temporale e valutazione del rischio
per la salute umana ed ambientale

Federica Castellani*, Matteo Vitali



* federica.castellani@uniroma1.it

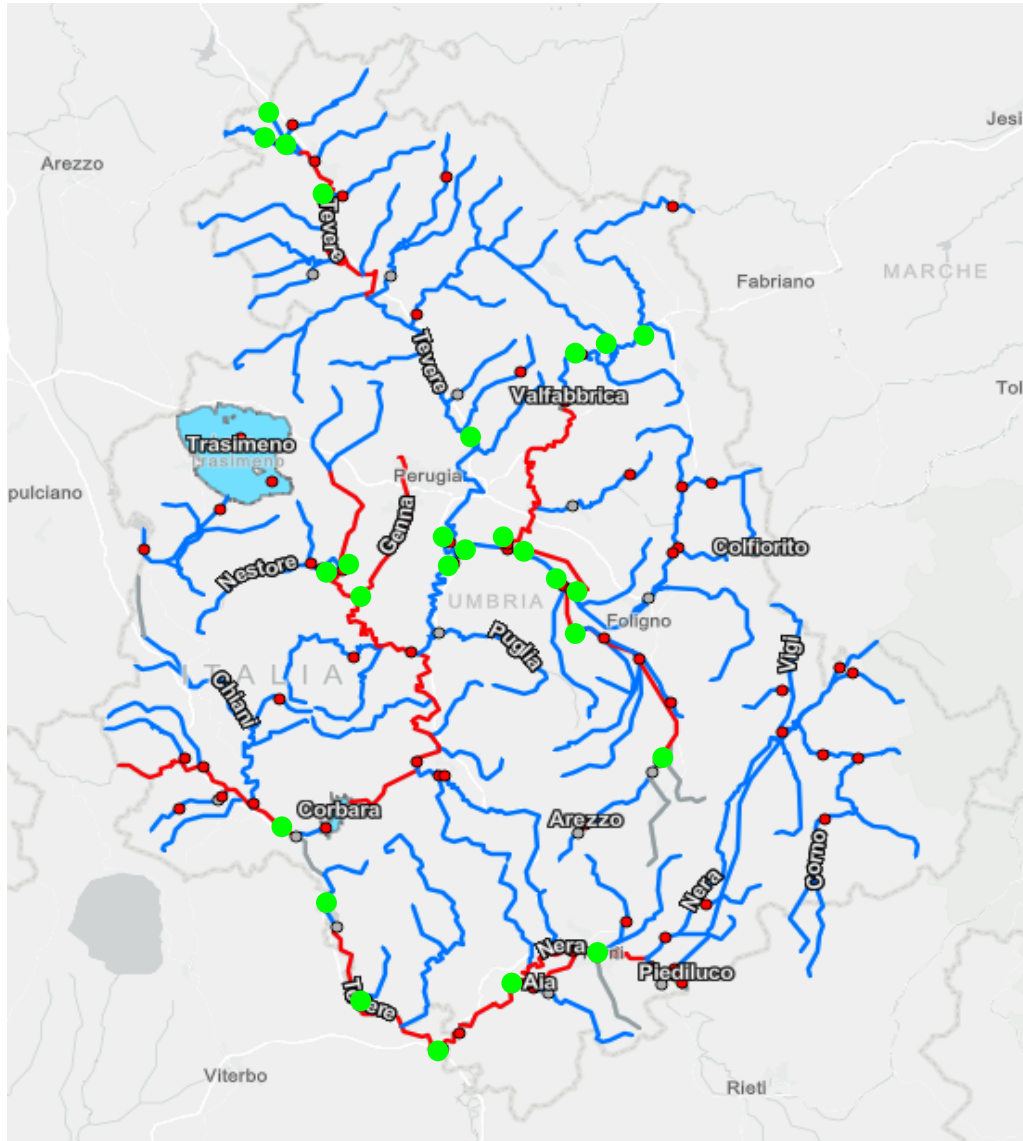


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

PFAS: La Campagna di Monitoraggio

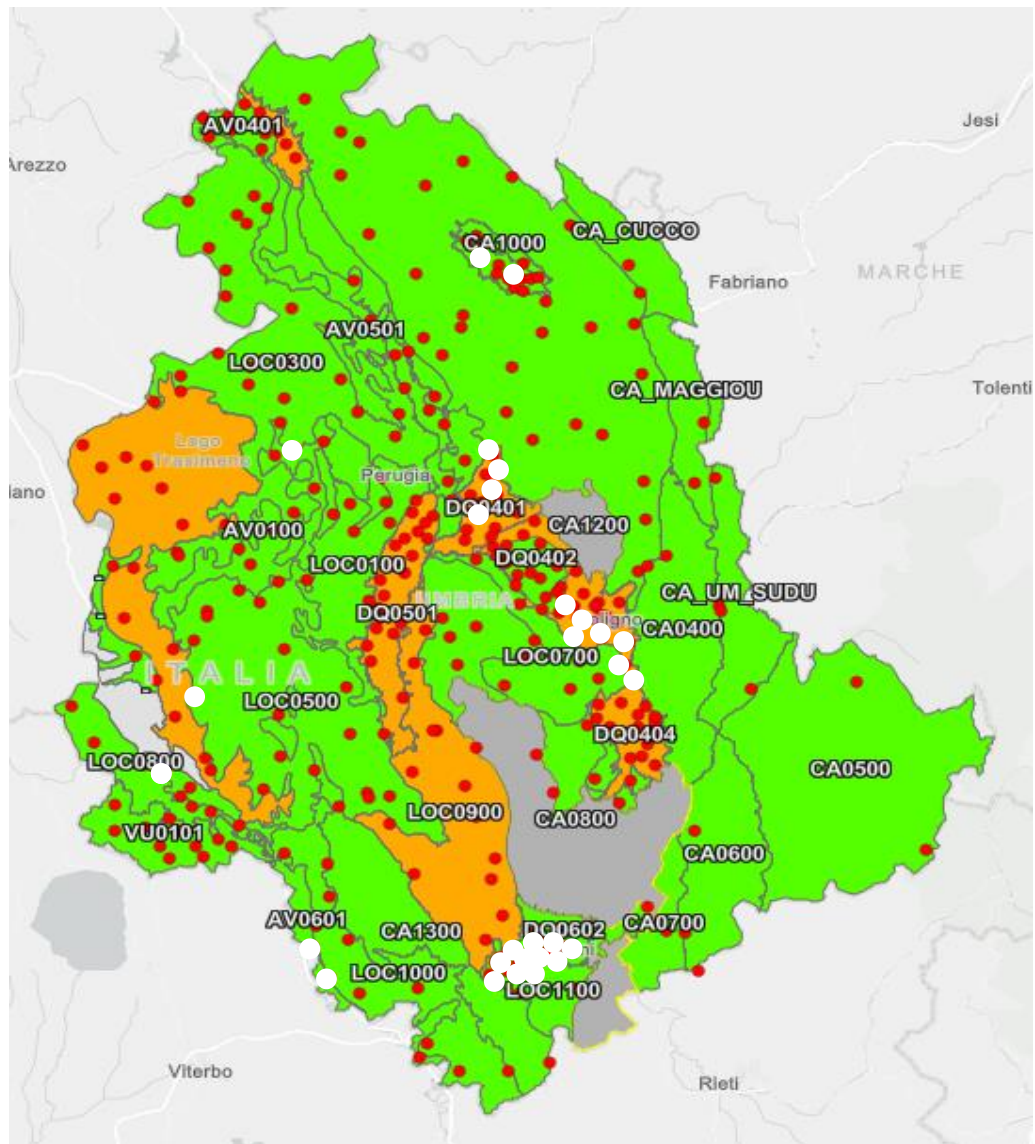
- ◇ Presenza di **23 PFAS**: 13 Acidi Carbossilici (**C4-C18**), 8 Acidi Solfonici (**C4-C12**), **Gen-X** e **ADONA**
- ◇ **30 acque superficiali** della regione Umbria
- ◇ **32 acque sotterranee** della regione Umbria
- ◇ **Assenza di sorgenti emissive** sul territorio = **assenza di rischio** per la **salute umana** ed **ambientale**
- ◇ **Acque superficiali**: Campagna di **monitoraggio mensile** (Ottobre 2023 – Gennaio 2024)
- ◇ **Acque sotterranee**: Campagna di **monitoraggio stagionale** (Autunno 2023 e Primavera 2024)

Le acque superficiali: la campagna di monitoraggio



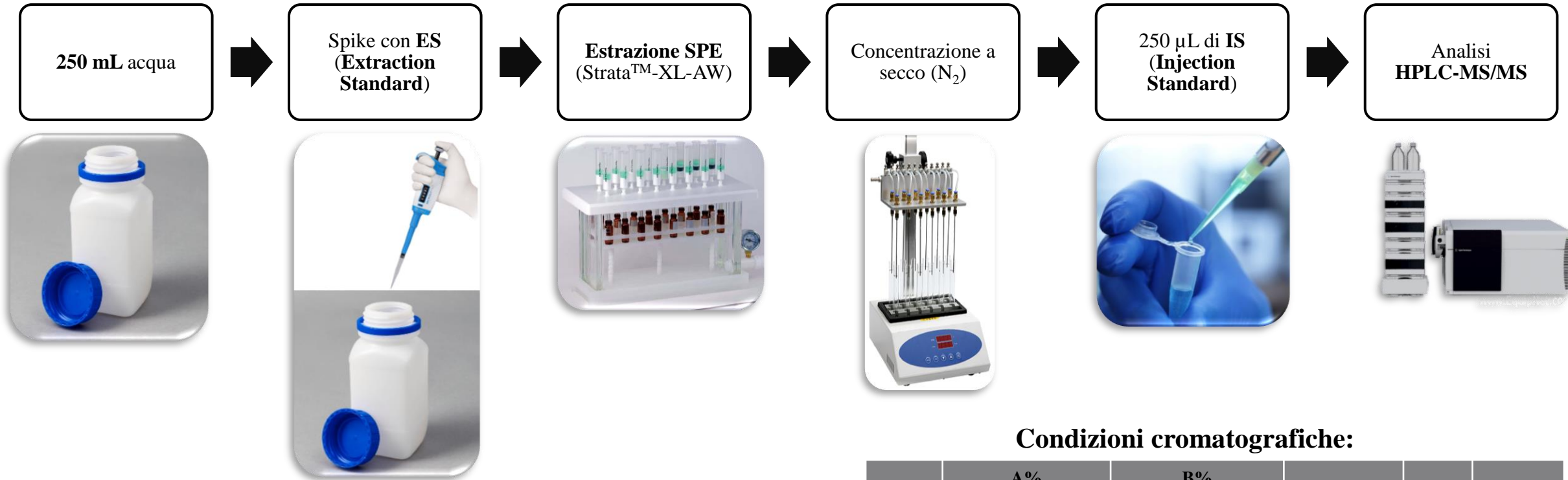
- ◇ 30 stazioni di monitoraggio
- ◇ **Pressioni diffuse:** agro-zootecnia (100%), siti industriali (53%), dilavamento urbano (23%), deposizioni atmosferiche (20%)
- ◇ **Pressioni puntuali:** discariche (2 stazioni), depuratore urbano (1 stazione)
- ◇ **53%** caratterizzate da uno stato chimico **“buono”**

Le acque sotterranee: la campagna di monitoraggio



- ◇ 32 stazioni di monitoraggio
- ◇ **Pressioni diffuse:** agro-zootecnia e dilavamento urbano (42%)
- ◇ **Pressioni puntuali:** siti industriali (42%)
- ◇ **65%** caratterizzate da uno stato chimico “**buono**”
- ◇ **Uso:** potabile o irriguo (77%)

PFAS: metodica analitica (EPA Method 533)



- ◇ **Colonna analitica:** Zorbax Eclipse Plus C18 RRHD, 50 x 3.0 mm, 1.8 µm (Agilent Technologies)
- ◇ **Colonna di Delay:** Zorbax Eclipse Plus C18 RRHD, 4.6 x 30 mm (Agilent Technologies)

Condizioni cromatografiche:

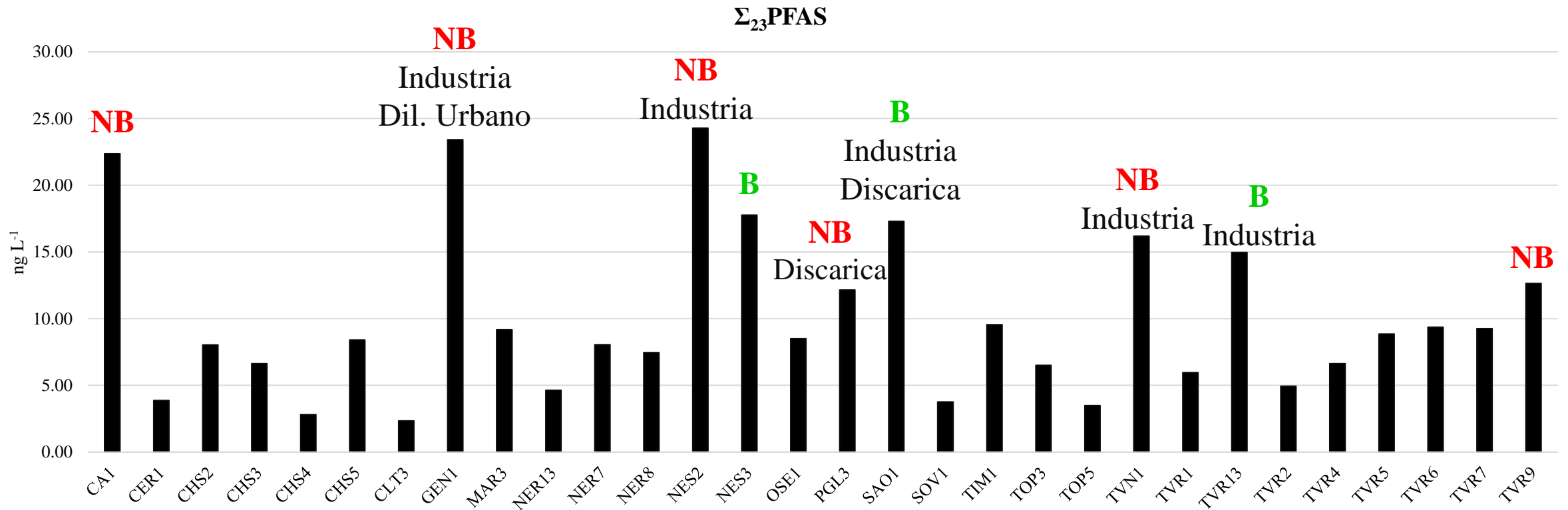
t (min)	A% (H ₂ O + 2 mM acetato di ammonio)	B% (MeOH + 2 mM acetato di ammonio)	Flusso (mL min ⁻¹)	V _{inj} (µL)	T _{colonna} (°C)
0	60	40	0.5	5	40
0.5	60	40			
8	20	80			
12	20	80			
12.01	5	95			
13	5	95			

Risultati: PFAS nelle acque superficiali

◇ Range concentrazioni Σ_{23} PFAS: 2,34 – 24,28 ng L⁻¹

◇ Congeneri più abbondanti: PFBA > PFPeA > PFHxA > PFOA > PFBS > PFHpA > PFOS

◇ GEN-X sempre “not detected”

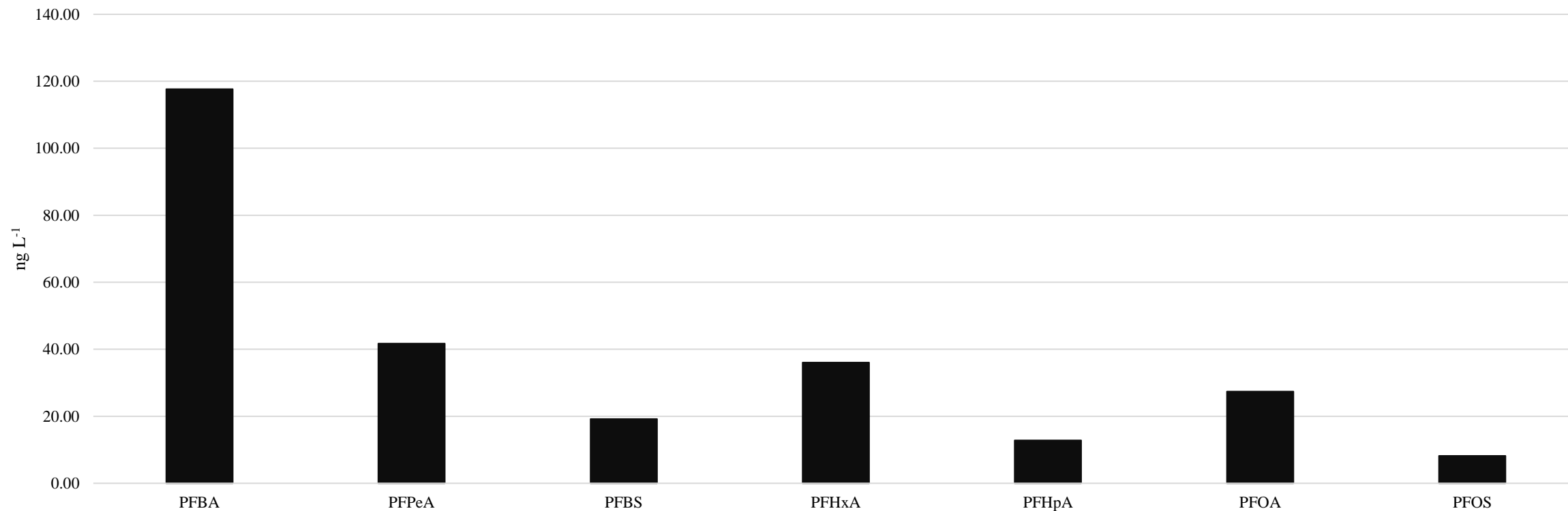


Risultati: PFAS nelle acque superficiali

◇ Range concentrazioni Σ_{23} PFAS: 2,34 – 24,28 ng L⁻¹

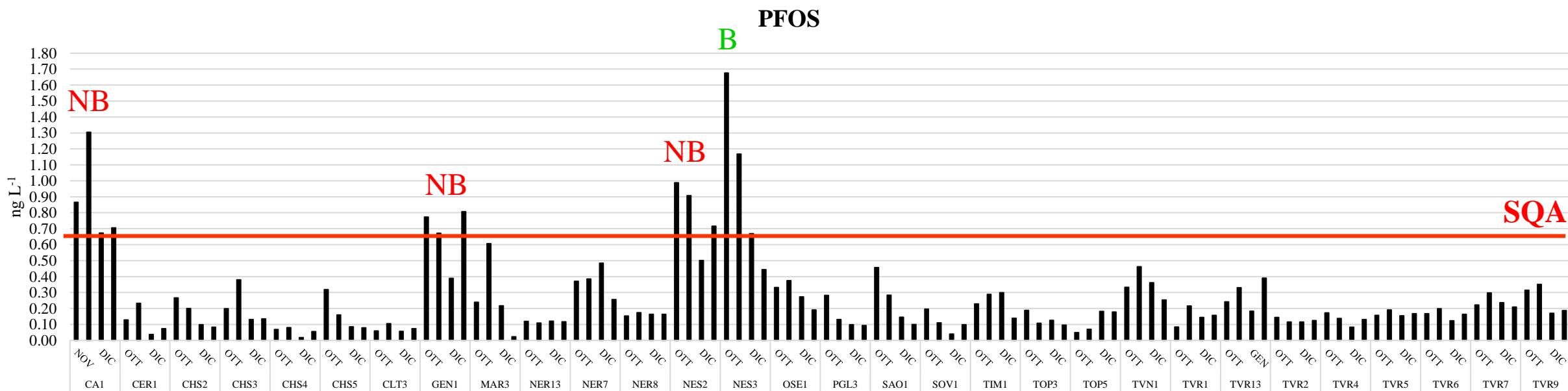
◇ Congeneri più abbondanti: PFBA > PFPeA > PFHxA > PFOA > PFBS > PFHpA > PFOS

◇ GEN-X sempre “not detected”



Risultati: PFAS nelle acque superficiali

- ◇ **Concentrazioni** confrontate con **Standard di Qualità Ambientale (SQA, D.Lgs 172/2015)** fissati per **6 PFAS**: **1000 ng L⁻¹** per **PFHxA**, **3000 ng L⁻¹** per **PFPeA** e **PFBS**, **7000 ng L⁻¹** per **PFBA**, **100 ng L⁻¹** per **PFOA**, **0,65 ng L⁻¹** per **PFOS**
- ◇ **Tutti i PFAS in linea con SQA in tutti i campioni analizzati**
- ◇ **PFOS: eccezione: 11% dei campioni supera SQA**



Risultati: valutazione del rischio ambientale nelle acque superficiali

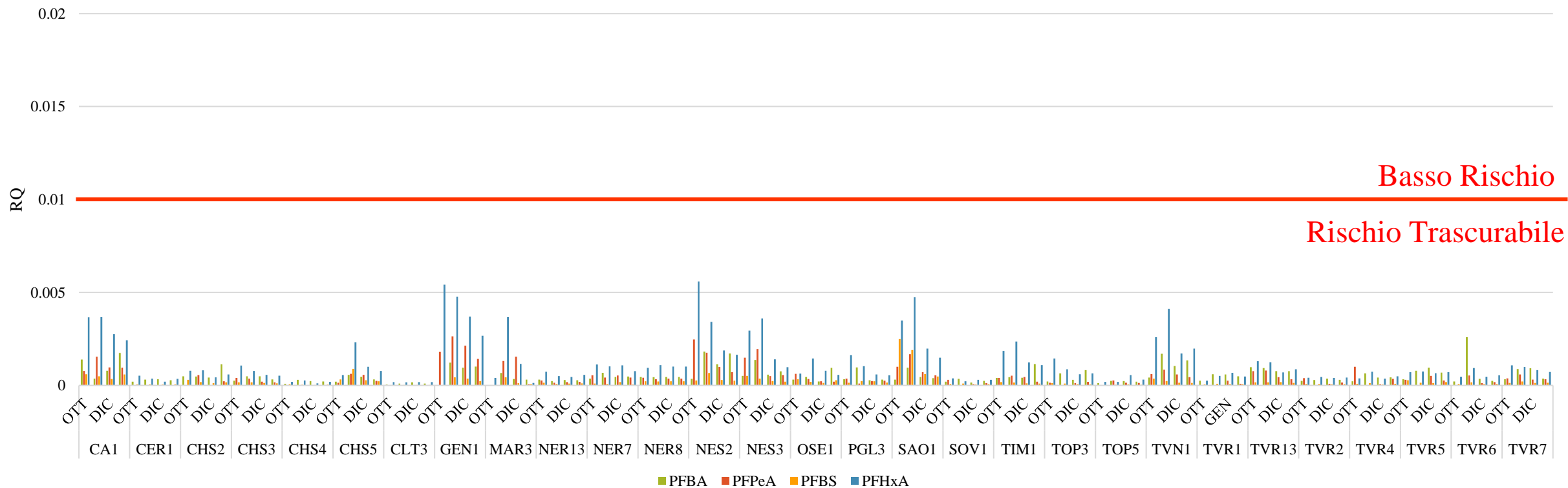
◇ **Valutazione del rischio ambientale:** metodo del Quoziente di Rischio (RQ)

$$RQ = \frac{\text{Concentrazione Ambientale}}{SQA}$$

- > 1: **Alto rischio**
- 0,1 < RQ < 1: **Medio rischio**
- 0,01 < RQ < 0,1: **Basso rischio**

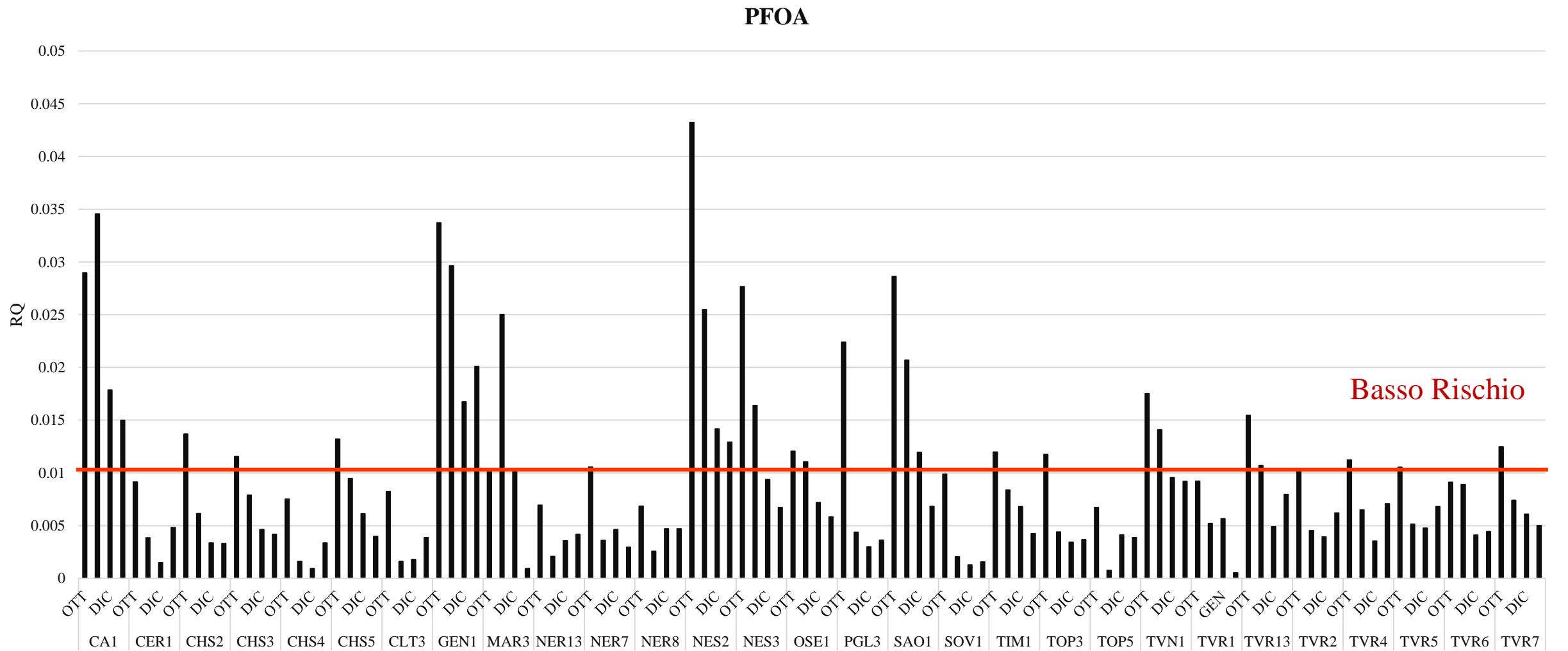
◇ **RQ calcolato per 6 PFAS: PFHxA, PFPeA, PFBS, PFBA, PFOA, PFOS**

PFBA, PFPeA, PFBS, PFHxA



Risultati : valutazione del rischio ambientale nelle acque superficiali

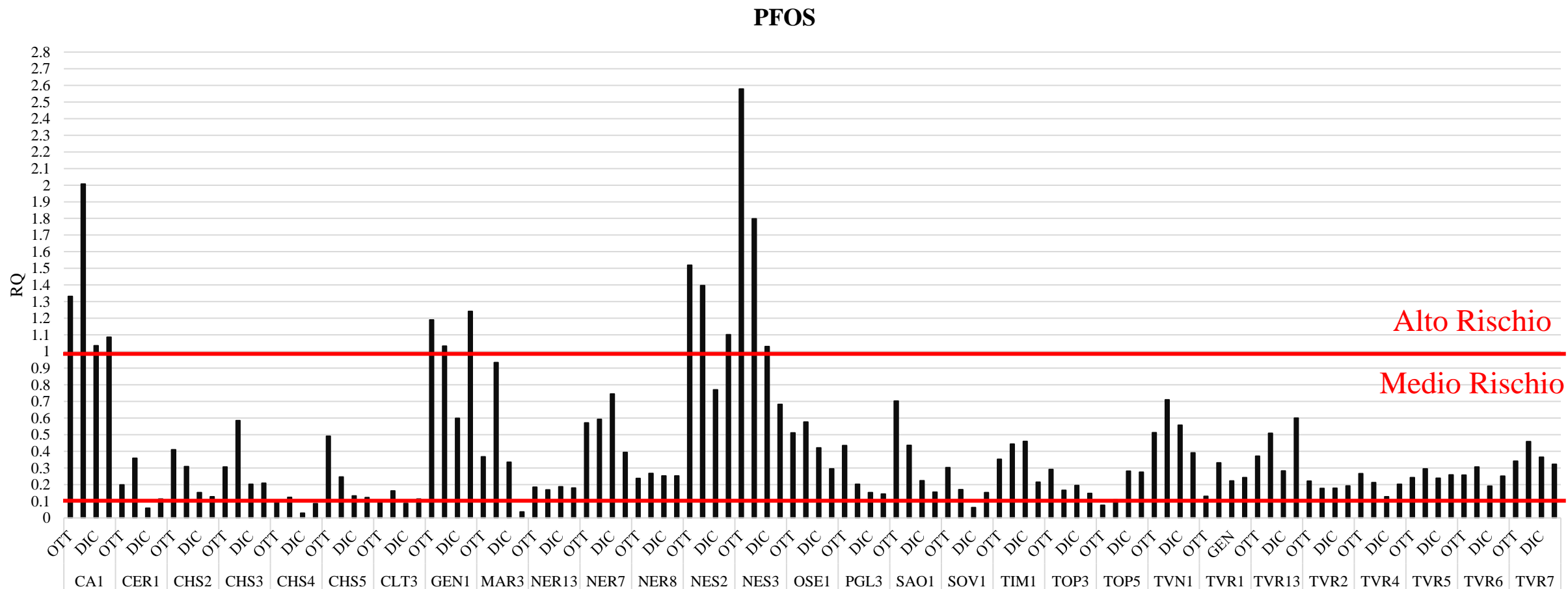
◇ PFOA: $0,01 < RQ < 0,1$ → 32% campioni a **Basso Rischio**



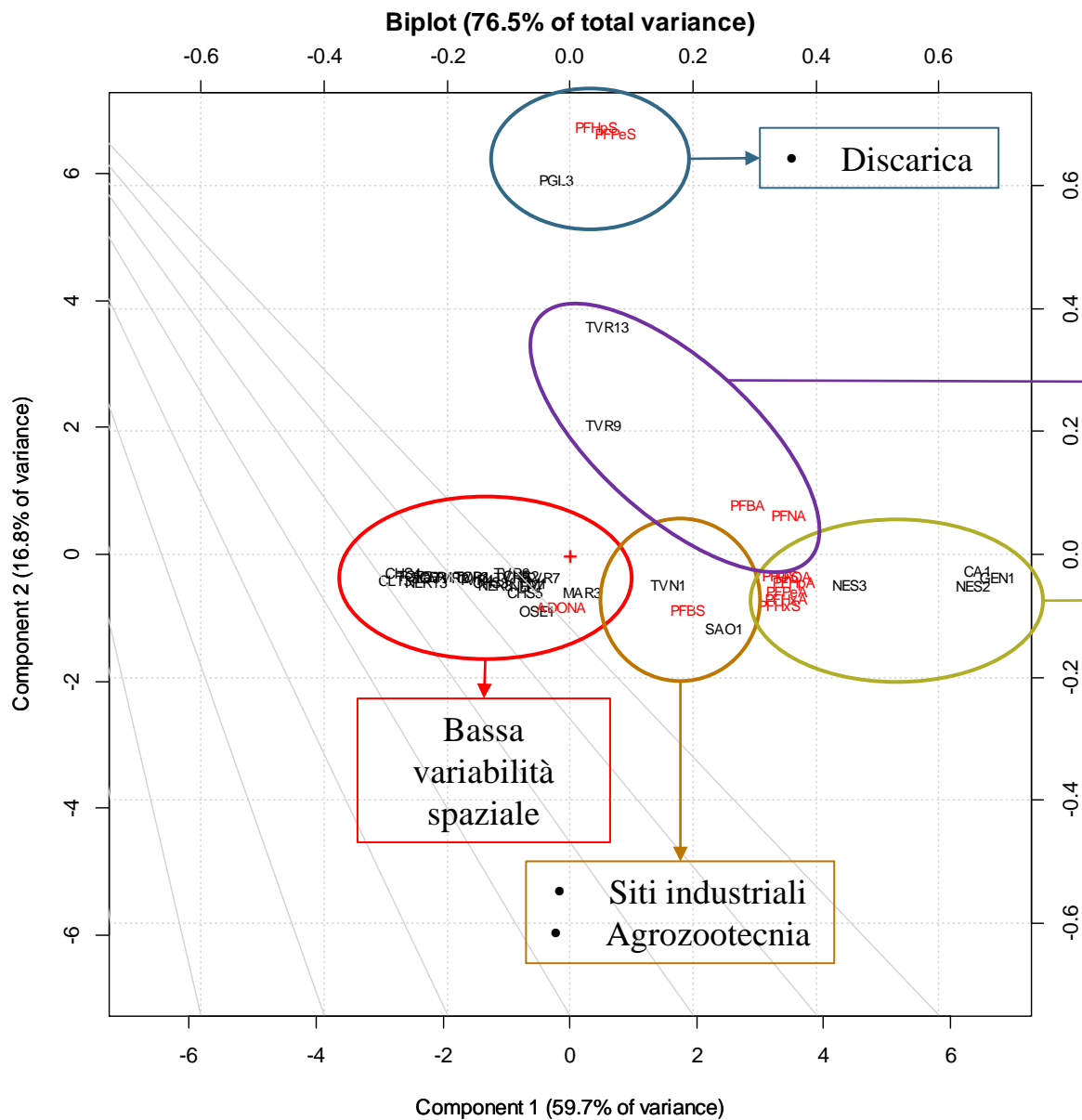
Risultati: valutazione del rischio ambientale nelle acque superficiali

◇ PFOS: $RQ > 1 \rightarrow 11\%$ campioni a **Alto Rischio**

◇ PFOS: $0,1 < RQ < 1 \rightarrow 83\%$ campioni a **Medio Rischio**



Risultati: variabilità spaziale nelle acque superficiali



◇ Gen-X, PFNS, C10-C18 esclusi più del 50% dei campioni < LOD

- Siti vicini tra loro
- Agrozootecnia
- Siti industriali

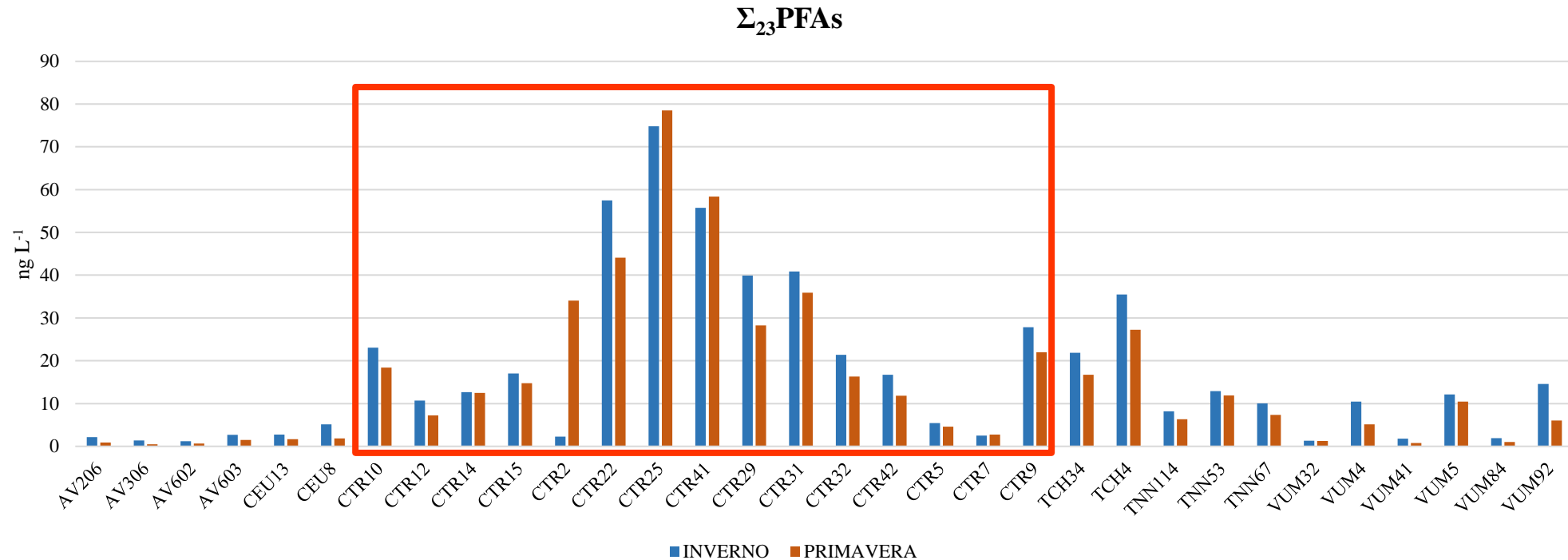
- Siti di monitoraggio vicini tra loro
- Agrozootecnia
- Siti industriali

Conferma: indagini specifiche sul territorio (industria, acque reflue, etc)



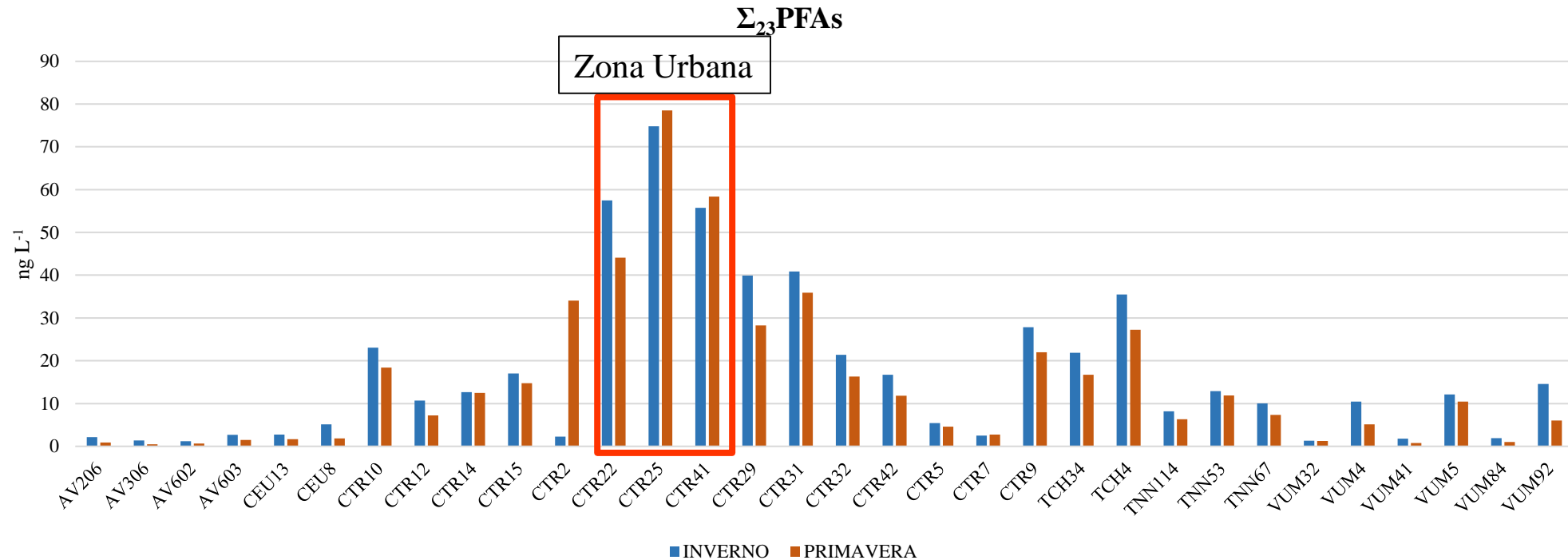
Risultati: PFAS nelle acque sotterranee

- ◇ **Range concentrazioni Σ_{23} PFAS inverno: 1,19 – 74,81 ng L⁻¹**
- ◇ **Range concentrazioni Σ_{23} PFAS primavera: 0,46 – 78,53 ng L⁻¹**
- ◇ **Congeneri più abbondanti: PFBA > PFPeA > PFHxA > PFOA > PFOS > PFBS**



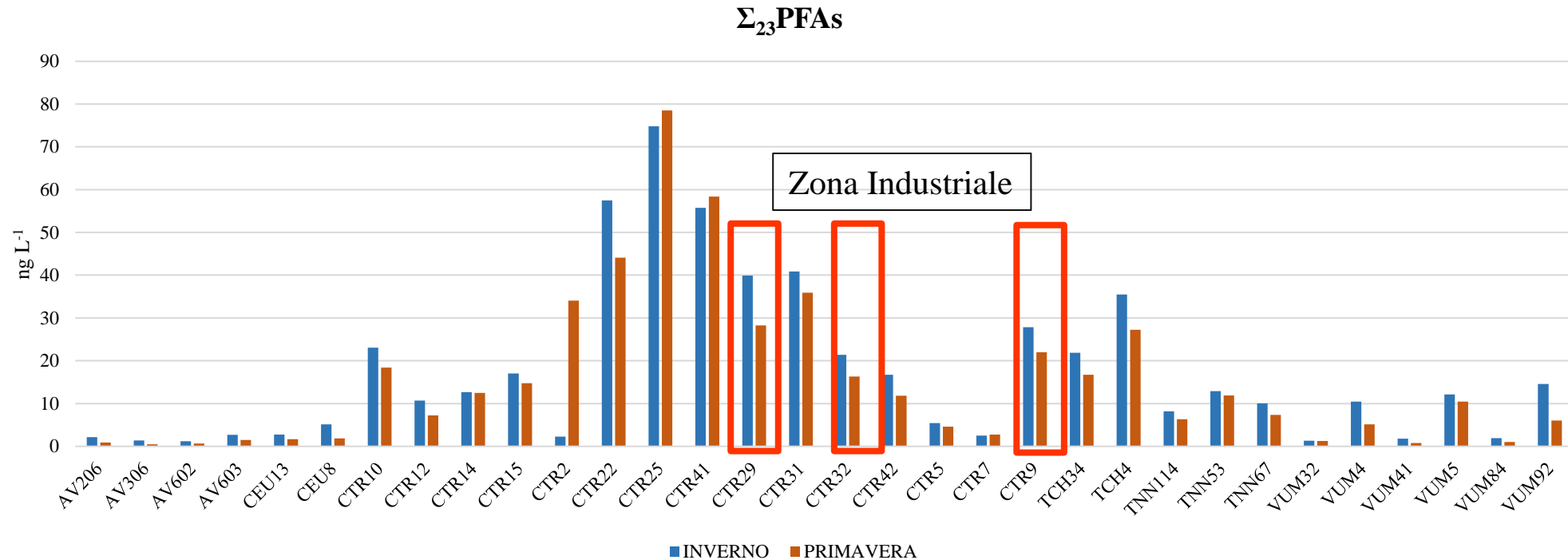
Risultati: PFAS nelle acque sotterranee

- ◇ Range concentrazioni Σ_{23} PFAS inverno: 1,19 – 74,81 ng L⁻¹
- ◇ Range concentrazioni Σ_{23} PFAS primavera: 0,46 – 78,53 ng L⁻¹
- ◇ Congeneri più abbondanti: PFBA > PFPeA > PFHxA > PFOA > PFOS > PFBS



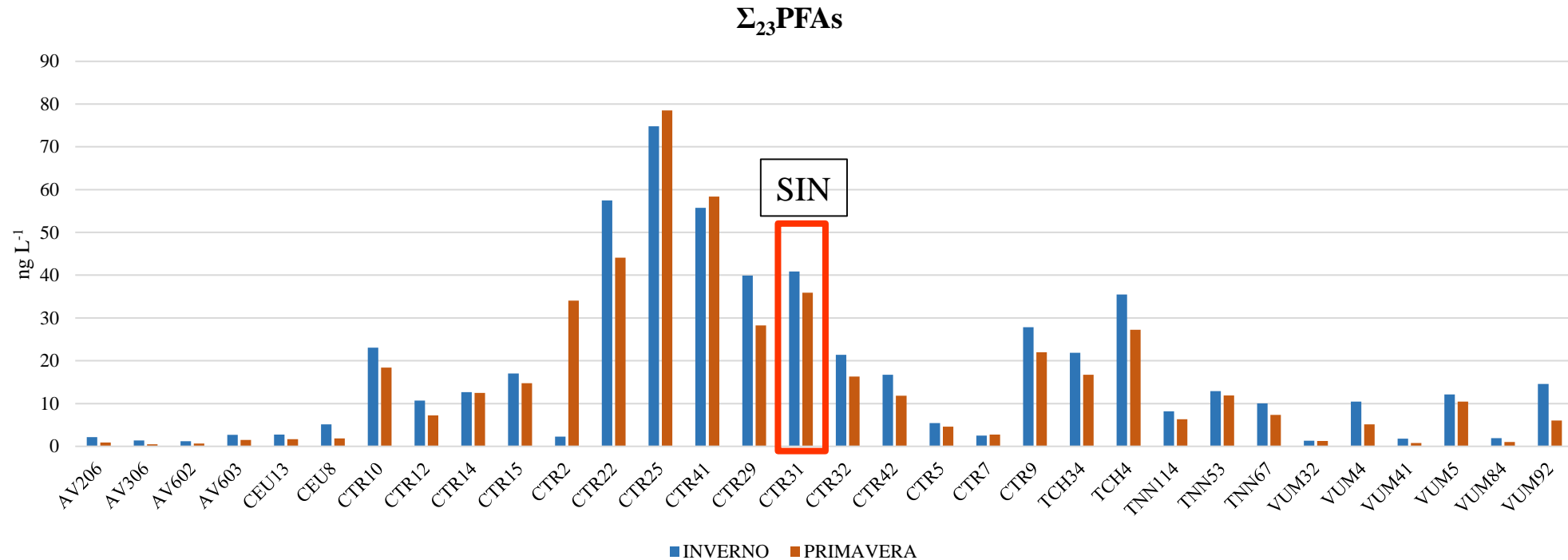
Risultati: PFAS nelle acque sotterranee

- ◇ **Range concentrazioni Σ_{23} PFAS inverno: 1,19 – 74,81 ng L⁻¹**
- ◇ **Range concentrazioni Σ_{23} PFAS primavera: 0,46 – 78,53 ng L⁻¹**
- ◇ **Congeneri più abbondanti: PFBA > PFPeA > PFHxA > PFOA > PFOS > PFBS**



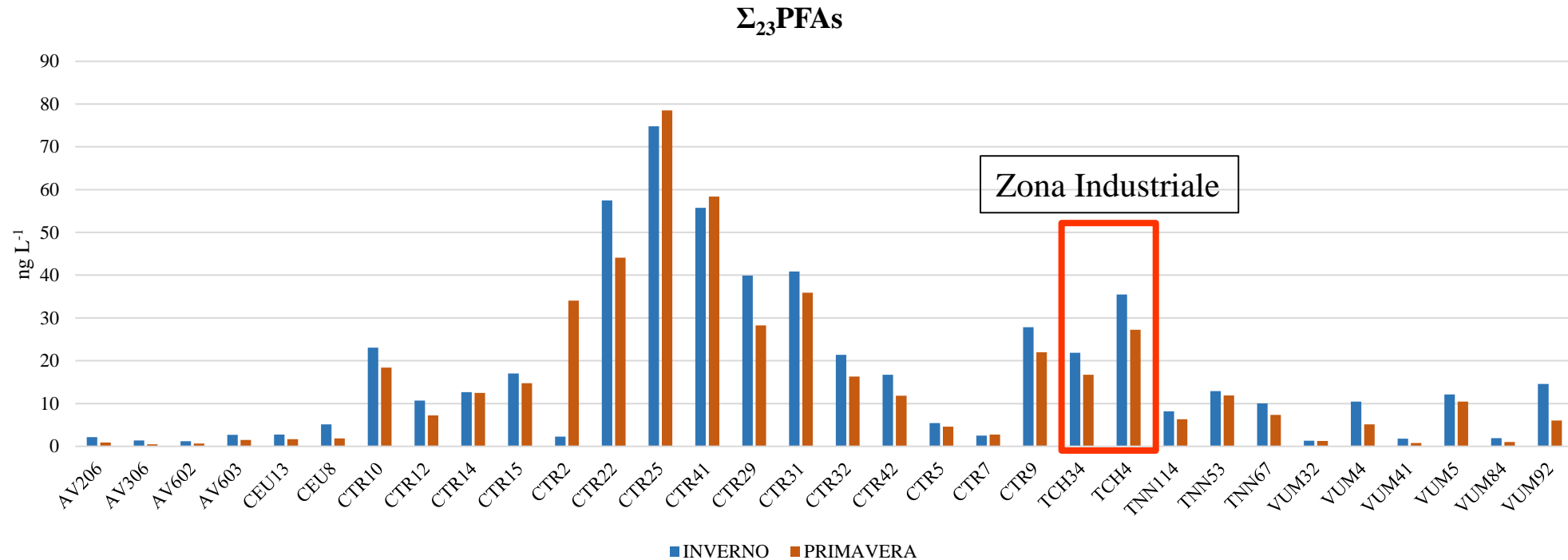
Risultati: PFAS nelle acque sotterranee

- ◇ **Range concentrazioni Σ_{23} PFAS inverno: 1,19 – 74,81 ng L⁻¹**
- ◇ **Range concentrazioni Σ_{23} PFAS primavera: 0,46 – 78,53 ng L⁻¹**
- ◇ **Congeneri più abbondanti: PFBA > PFPeA > PFHxA > PFOA > PFOS > PFBS**



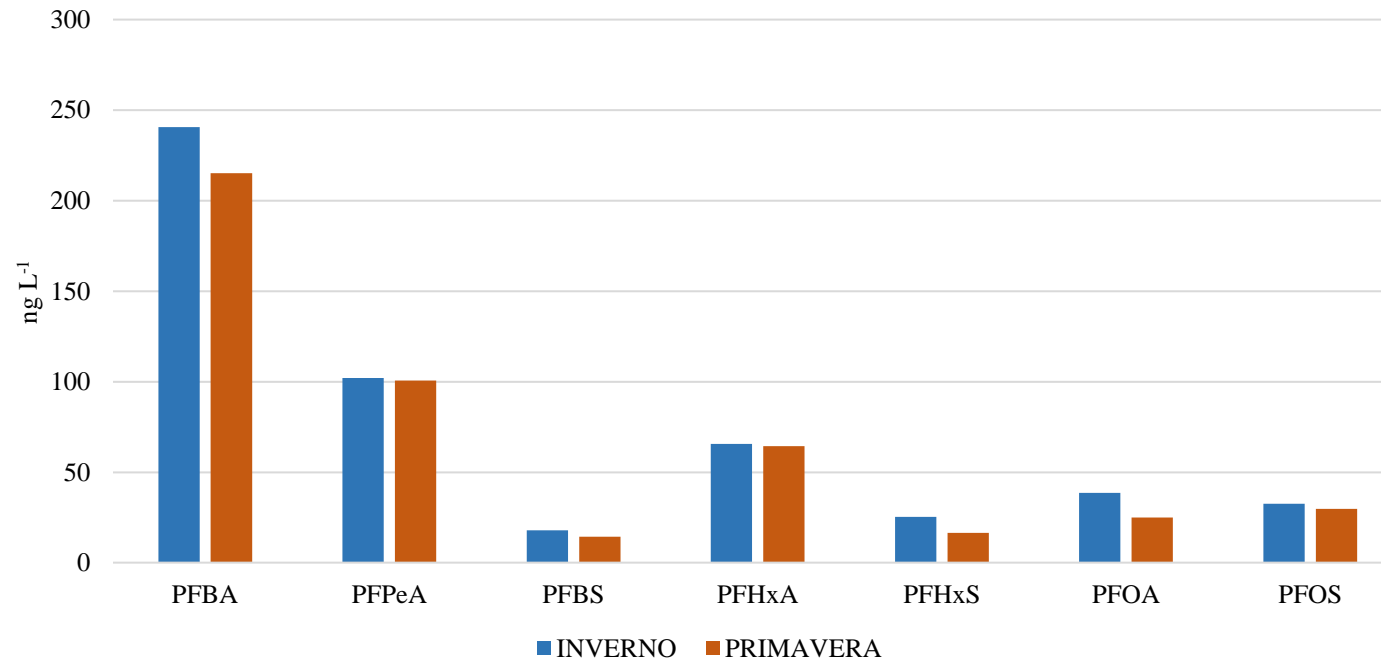
Risultati: PFAS nelle acque sotterranee

- ◇ **Range concentrazioni Σ_{23} PFAS inverno: 1,19 – 74,81 ng L⁻¹**
- ◇ **Range concentrazioni Σ_{23} PFAS primavera: 0,46 – 78,53 ng L⁻¹**
- ◇ **Congeneri più abbondanti: PFBA > PFPeA > PFHxA > PFOA > PFOS > PFBS**

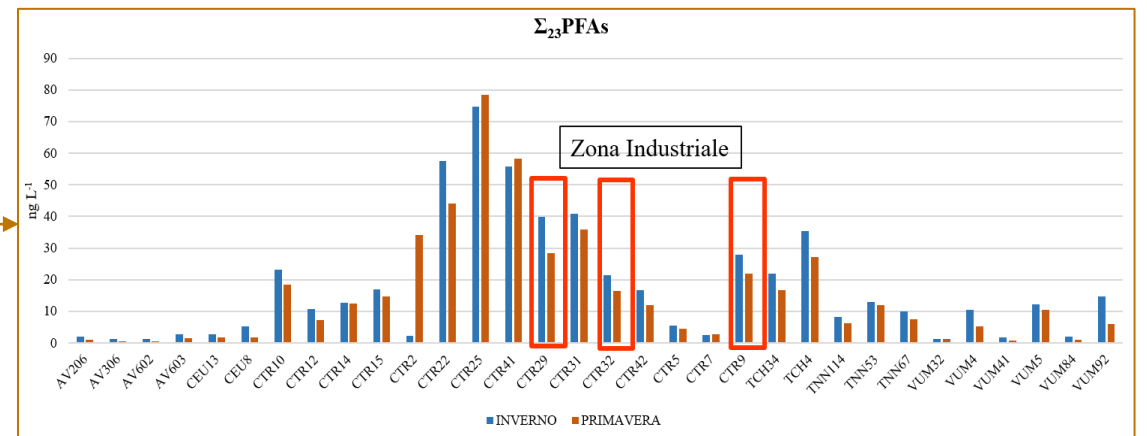
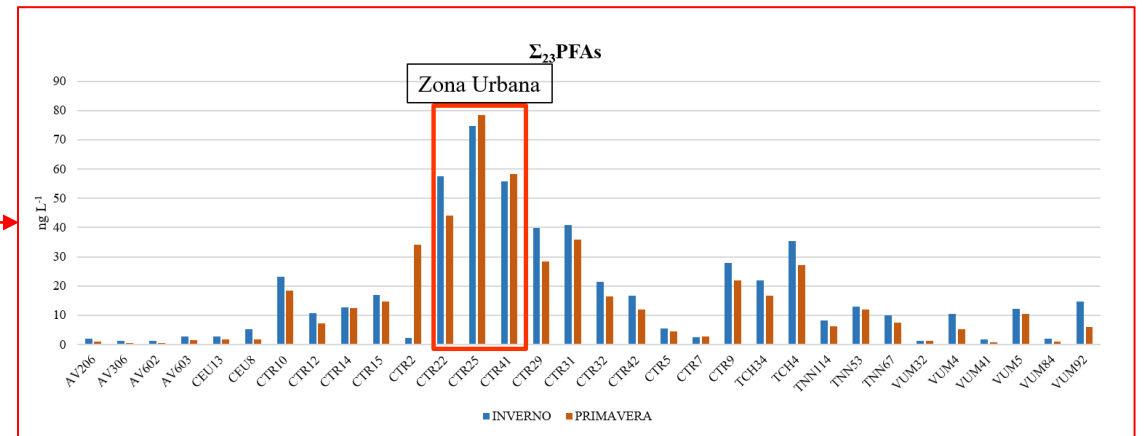
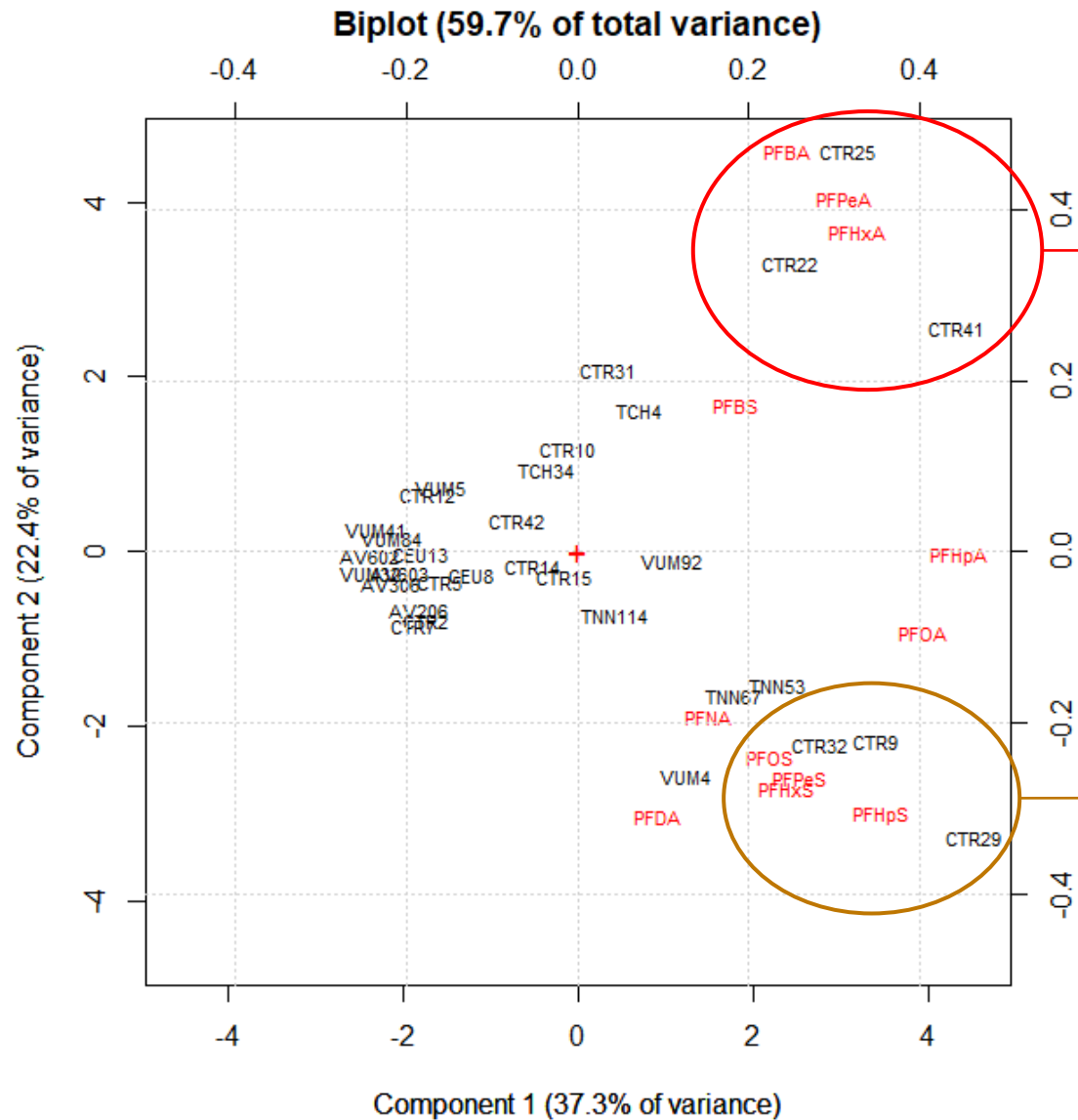


Risultati: PFAS nelle acque sotterranee

- ◇ **Range concentrazioni Σ_{23} PFAS inverno: 1,19 – 74,81 ng L⁻¹**
- ◇ **Range concentrazioni Σ_{23} PFAS primavera: 0,46 – 78,53 ng L⁻¹**
- ◇ **Congeneri più abbondanti: PFBA > PFPeA > PFHxA > PFOA > PFOS > PFBS**



Risultati: PFAS nelle acque sotterranee



Risultati: PFAS nelle acque sotterranee

- ◇ **Concentrazioni** confrontate con **Valori Soglia (VS; D.M. 6 luglio 2016)** fissati per **5 PFAS: 1000 ng L⁻¹ per PFHxA, 3000 ng L⁻¹ per PFPeA e PFBS, 500 ng L⁻¹ per PFOA, 30 ng L⁻¹ per PFOS**
- ◇ **Tutti i PFAS in linea con VS in tutti i campioni analizzati**

Risultati: valutazione del rischio per la salute umana

- ◇ **77%** acque sotterranee: **destinate alla produzione di acqua potabile**
- ◇ **Concentrazioni** confrontate con **valori limite (D.Lgs 18/2023)** fissati per $\Sigma_{20}\text{PFAS}$: **100 ng L⁻¹**
- ◇ $\Sigma_{20}\text{PFAS}$ **in linea in tutti i campioni analizzati** (valori max: **77,43 ng L⁻¹** campagna primaverile, **74,48 ng L⁻¹** campagna invernale)
- ◇ **2020: European Food Safety Authority (EFSA)** fissa **TWI (Tolerable Weekly Intake; ng kg⁻¹ bw⁻¹**: intake tot derivante da acqua e alimenti) per la **somma di 4 PFAS (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS): Effetto sinergico** nel manifestare **effetti avversi** per la **salute umana**
- ◇ PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS: più frequentemente riscontrati nel **siero della popolazione generale**

Risultati: valutazione del rischio per la salute umana

- ◇ Calcolo **EDI** (Estimated Daily Intake; $\text{ng kg}^{-1} \text{day}^{-1}$):

$$EDI = \frac{\Sigma \text{Concentrazioni}_{PFOA+PFOS+PFNA+PFHxS} (\text{ng L}^{-1}) \times L_{H_2O}}{BW (\text{kg})}$$

- ◇ Calcolo EDI effettuato per fasce di età (adulti e bambini):


- ◇ **Adulti:** 70 kg, 2,25 L H₂O/giorno

- ◇ **Bambini (9 anni):** 35 kg, 2 L H₂O/giorno

- ◇ Calcolo **RQ** (Quoziente di Rischio):

$$RQ = \frac{EDI}{TDI (0,63 \text{ ng kg}^{-1} \text{day}^{-1})}$$

> 1: Alto rischio
0,1 < RQ < 1: Medio rischio
0,01 < RQ < 0,1: Basso rischio

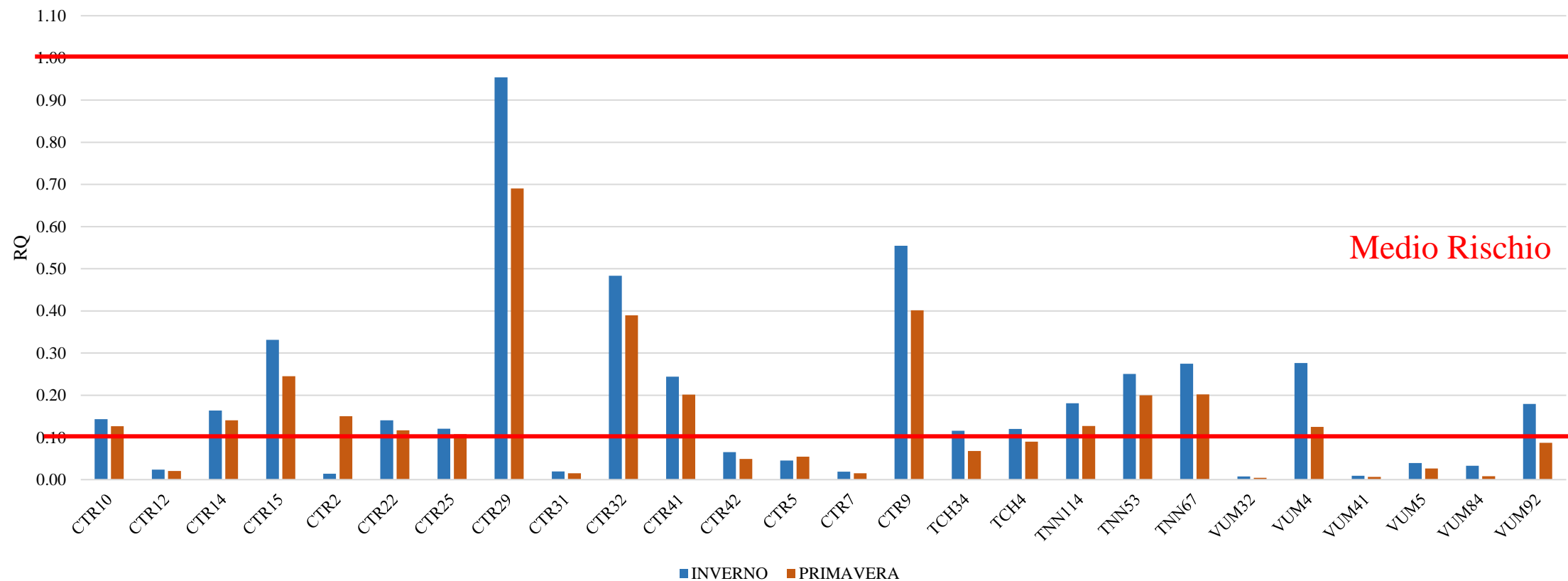

$$TDI = \frac{TWI}{7}$$

Risultati: valutazione del rischio per la salute umana

◇ RQ Adulti:

- ◇ **Campagna invernale: 62% dei campioni a medio rischio**
- ◇ **Campagna Primaveraile : 54% dei campioni a medio rischio**

RQ ADULTI

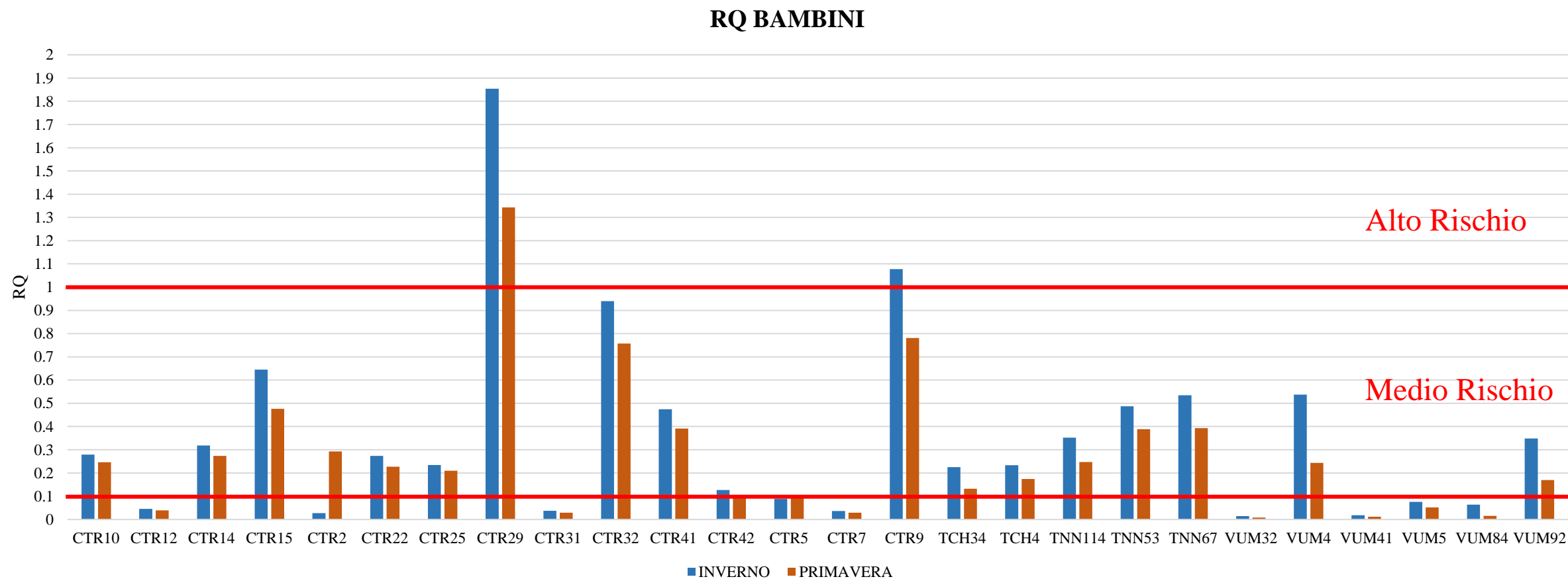


Risultati: valutazione del rischio per la salute umana


◇ RQ Bambini:

◇ **Campagna Invernale: 2 acque sotterranee ad alto rischio e 58% dei campioni a medio rischio**

◇ **Campagna Primaverile: 1 acqua sotterranea ad alto rischio e 69% dei campioni a medio rischio**



Conclusioni:

- ◇ **Presenza di 23 PFAS nelle acque sotterranee e superficiali della regione Umbria: assenza di sorgenti emissive dirette = assenza di rischio per la salute umana e ambientale** 
- ◇ Dati di **contaminazione delle acque superficiali** confrontati con gli **SQA** fissati per 6 PFAS: solo **PFOS** supera SQA nell'**11%** dei campioni
- ◇ **Valutazione del rischio per il biota acquatico**: calcolo **RQ** → **rischio basso** o **trascurabile** per la gran parte dei campioni analizzati. **PFOS**: eccezione. **11%** campioni ad **alto rischio**, **83%** a **medio rischio**
- ◇ **Acque sotterranee**: tutti i **valori di contaminazione in linea** con i **valori soglia**
- ◇ **77%** acque sotterranee: **destinate alla produzione di acqua potabile** → **valutazione del rischio per la salute umana**: calcolo **RQ** per **bambini e adulti**
- ◇ **Adulti: 58%** acque a “**medio rischio**”
- ◇ **Bambini:**
 - ◇ **Campagna Invernale: 58%** dei campioni a **medio** rischio e **2 acque sotterranee** ad **alto** rischio
 - ◇ **Campagna Primaveraile: 69%** dei campioni a **medio** rischio e **1 acqua sotterranea** ad **alto** rischio

Grazie per l'attenzione!
