

La Ricerca Scientifica nelle Aree tutelate dall'Ente Alpi Cozie
«Recenti Studi e Ricerche» 23 marzo 2026, Salbertrand

Sentinelle d'alta quota: i laghi alpini come laboratorio a cielo aperto per lo studio dei cambiamenti ambientali

Alice Gabetti, Camilla Mossotto

Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta (IZSPLV)
Centro di Referenza Regionale per la Biodiversità degli Ambienti Acquatici (BIOAQUA)



Laghi alpini: ecosistemi estremi

- Temperature rigide e coperture di **neve e ghiaccio persistenti**, **sbalzi termici stagionali**
- Elevata esposizione ai **raggi ultravioletti in estate**
- Scarsità di **nutrienti**, ridotta **produttività primaria**
- Poche specie dominanti, altamente **specializzate** e adattate a condizioni di vita difficili



Ecosistemi fragili e minacciati

➤ **Cambiamenti climatici**
 Nelle Alpi, le temperature sono aumentate di **2°C nel XX secolo**.
 Il ritiro dei ghiacciai e lo scongelamento del permafrost rilasciano **inquinanti storici (*legacy pollutants*)** immettendoli nuovamente nell'ecosistema

➤ **Trasporto a lungo raggio dei contaminanti**
 Deposizione atmosferica di metalli pesanti, contaminanti emergenti (es. microplastiche), inquinanti organici persistenti (POPs)...

➤ **Pressioni locali**

- **Specie Aliene:** l'introduzione storica di pesci per la pesca sportiva ha alterato l'equilibrio delle reti trofiche
- **Impatto Antropico:** turismo crescente, sfruttamento idroelettrico e pascolo intensivo



Immagine modificata da Pastorino et al., 2024

Aree di studio



Laghi della Balma



Lago Nero



Lago Clot Foiron



Lago Fontanafredda

Progetto ALPLA

ALPine LAkes: indicators of global change





CON IL CONTRIBUTO DI  **Fondazione CRT**

Obiettivo del progetto



Studiare i laghi alpini come **indicatori precoci ("sentinelle")** del cambiamento globale e dell'inquinamento

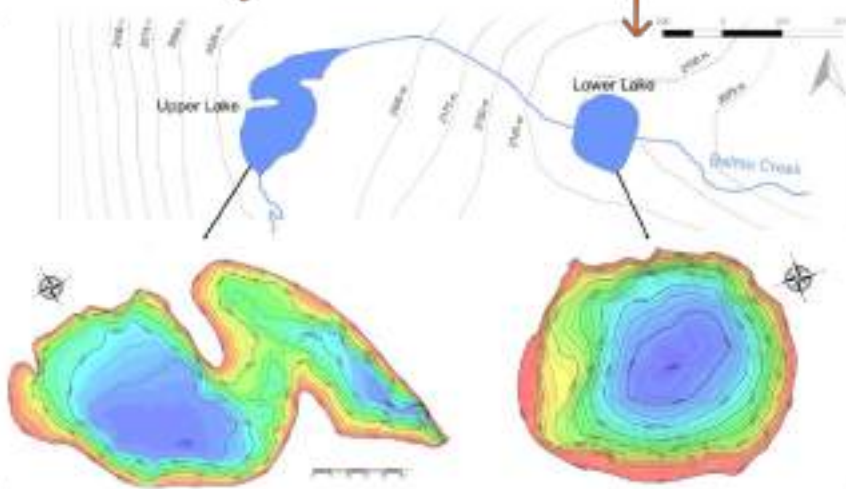
Attività e Ambiti di Ricerca

-  Rilievi batimetrici
-  Analisi chimico-fisica delle acque, Paleolimnologia
-  Caratterizzazione biologica
-  Ecotossicologia



Laghi della Balma

Progetto ALPLA



Lago Sottano
2101 m s.l.m.



Lago Soprano
2212 m s.l.m.

Macroinvertebrati bentonici

Progetto ALPLA



- **Lago Superiore:** prevalenza di **Oligocheti** favorita da fondali più fini e fangosi
- **Lago Inferiore:** Dominanza di **Chironomidi**, legata a substrati più grossolani



➔ La **struttura delle comunità** è modellata principalmente dalla composizione del **substrato**, dalle concentrazioni di **nutrienti** e dalla **temperatura** dell'acqua

L'importanza delle **indagini su scala locale**

- Migliore comprensione dei **fattori sito-specifici** che influenzano le comunità
- Indispensabili per prevedere la resilienza degli ecosistemi e per implementare misure di **conservazione** mirate

Elementi in traccia nei macroinvertebrati

Ricerca di elementi in traccia tramite ICP-MS in **Chironomidi e Oligocheti** e **sedimento**



- Accumuli più alti nei Chironomidi; livelli elevati di **Ferro**, **Rame** e **Zinco**
- Fattore di bioaccumulo (BAF): valori elevati per **Cadmio** e **Zinco** nei Chironomidi

Origine dei Contaminanti:

1. **Antropica:** Trasporto atmosferico da aree industrializzate, combustione
2. **Naturale:** Erosione delle rocce e del suolo

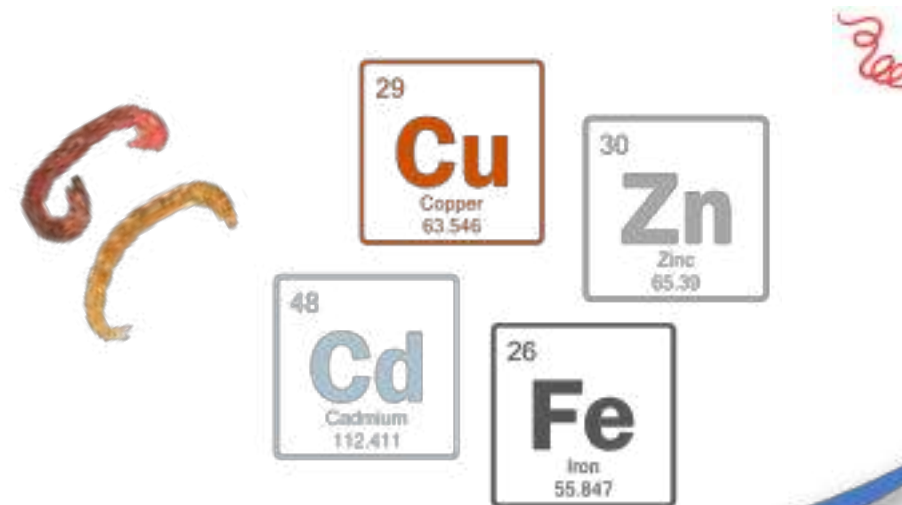
Environmental Science and Pollution Research
<https://doi.org/10.1007/s11356-019-07325-x>

RESEARCH ARTICLE

Check for updates

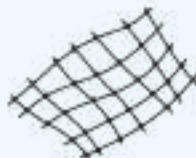
Macrobenthic invertebrates as bioindicators of trace elements in high-mountain lakes

Paolo Pastorino^{1,2} · Elisabetta Pizzul¹ · Marco Bertoli¹ · Selene Perilli¹ · Paola Brizio² · Gianguido Salvi² · Giuseppe Esposito⁴ · Maria Cesarina Abete² · Marino Prearo² · Stefania Squadrone²



Ittiofauna alloctona

Campionamenti con reti multi maglia branchiali



- Popolazione strutturata → Classi di età da 0+ a 4+
- Pressione predatoria su macrobenthos e insetti terrestri



● Stato sanitario:

Carnobacterium maltaromaticum
Carnobacterium divergens



Progetto ALPLA

Salvelinus fontinalis



Article

Assessment of Biological and Sanitary Condition of Alien Fish from a High-Mountain Lake (Cottian Alps)

Paolo Pastorino^{1,2,*}, Marino Prearo², Marco Bertoli¹, Vasco Menconi², Giuseppe Esposito¹, Marzia Righetti², Davide Mugetti², Sabina Pederiva², Maria Cesarina Abete² and Elisabetta Pizzul¹

www.nature.com/scientificreports

scientific reports

OPEN

The unusual isolation of carnobacteria in eyes of healthy salmonids in high-mountain lakes

Paolo Pastorino^{1,2,*}, Silvia Colussi^{1,3}, Elisabetta Pizzul¹, Katia Varello¹, Vasco Menconi², Davide Mugetti¹, Mattia Tomasoni², Giuseppe Esposito¹, Marco Bertoli¹, Elena Bozzetta¹, Alessandro Dondo¹, Pier Luigi Acutis² & Marino Prearo¹

Cambiamento Climatico nelle Alpi e Patogeni: il Caso di *Rana temporaria*

Il Caso Studio

Aprile 2021

Lago delle Rane (1916 m) e Stagno Selleries (1985 m)



Approccio interdisciplinare

Patogeni Identificati

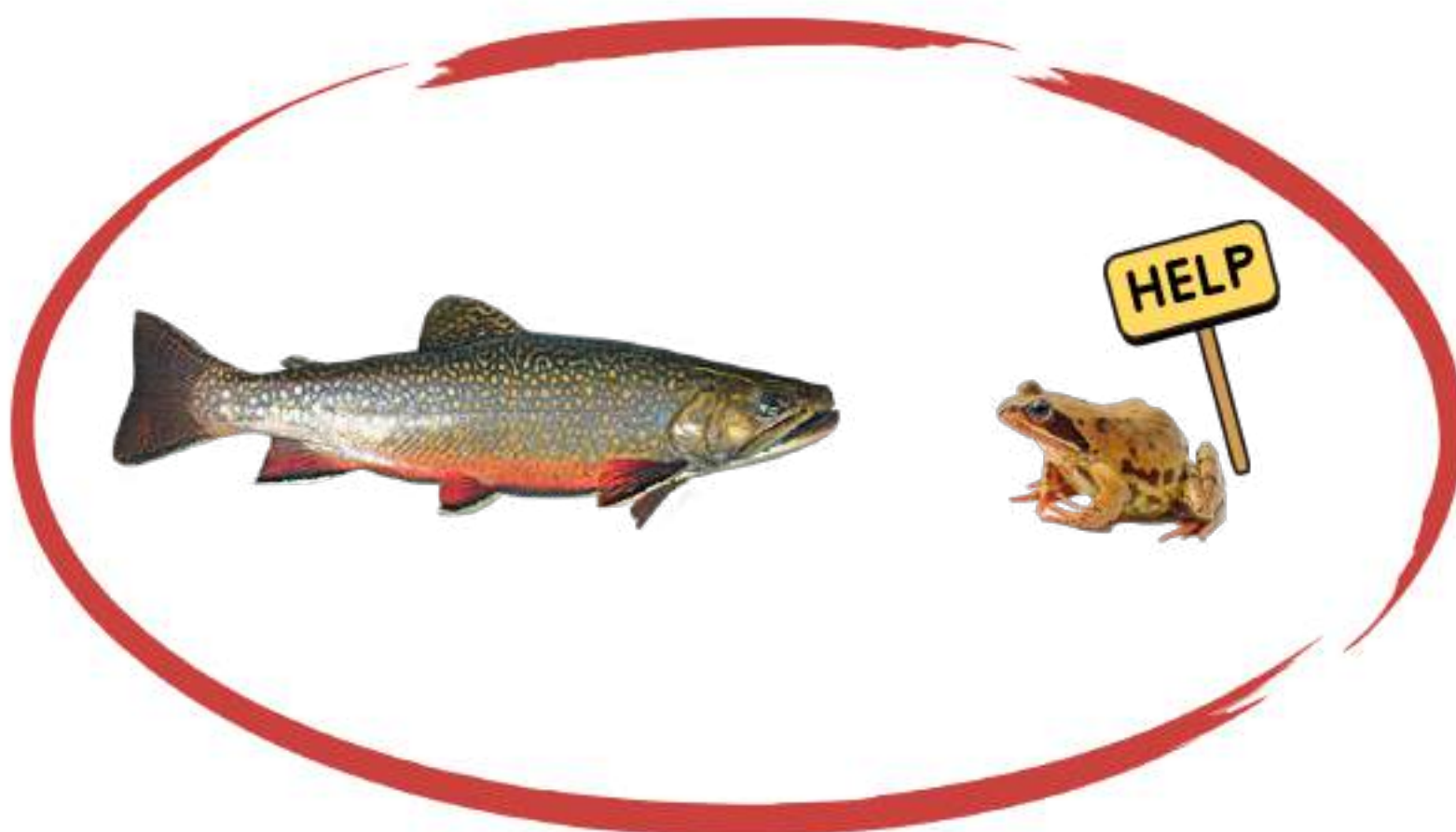
- *Carnobacterium maltaromaticum*
- *Aeromonas sobria*, *A. salmonicida*



"Multi-Stressor Environments» → sinergia tra cambiamenti climatici e malattie infettive

- Temperature dell'aria insolitamente alte + acque basse → **stress termico** compromette il sistema immunitario agendo da catalizzatore per infezioni batteriche.
- Patogeni considerati innocui o legati ad altre specie possono diventare letali quando il clima altera l'**equilibrio ospite-patogeno**





Aree di studio



Laghi della Balma



Lago Nero



Lago Clot Foiron



Lago Fontanafredda

Lago Nero

2022, 2023, 2024



Ittiofauna e stato sanitario



Sanguinerole (*Phoxinus sp.*), trota fario (*Salmo trutta*) e salmerino di fonte (*Salvelinus fontinalis*)
Isolati batteri opportunisti (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Serratia*, *Carnobacterium*...)



Comunità macrobentonica

Organismi tipici di laghi alpini (Chironomidi e Oligocheti), oltre a Odonati, Bivalvi, Gasteropodi e Crostacei



Analisi chimico fisiche



Temperatura elevata (16 – 19 °C). Nutrienti in concentrazione variabile, con accumuli locali, in calo a seguito della diminuzione delle attività di pascolo del bestiame dal 2023



2070 m

Lago Clot Foiron

2024, 2025

Ittiofauna e stato sanitario



Sanguinerole (*Phoxinus sp.*) e trota fario (*Salmo trutta*)
Isolati batteri opportunisti (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*)

Comunità macrobentonica

Comunità semplificata (Chironomidi e Oligocheti), l'immissario
funge da hotspot di biodiversità (Plecotteri, Efemerotteri...)



Analisi chimico fisiche

Temperatura elevata (15,2 – 16,8 °C); nutrienti variabili con accumuli
locali di ammoniaca (0,02 – 0,2 mg/L) e fosfati (1,8 – 2,9 mg/L)



2134 m

Lago Fontana Fredda

2025

Ittiofauna e stato sanitario

Assenza di fauna ittica



Comunità macrobentonica

Comunità più diversificata, oltre a Chironomidi e Oligocheti presenti diverse specie di Odonati, Coleotteri, Tricotteri...



Analisi chimico fisiche

Temperatura elevata (16,6 – 18,9 °C); valori elevati di fosfati (1,4 – 1,9 mg/L)



2167 m

Ecosistemi fragili e minacciati

- **Cambiamenti climatici**
Nelle Alpi, le temperature sono aumentate di **+2°C nel XX secolo**
Il ritiro dei ghiacciai e lo scongelamento del permafrost rilasciano **inquinanti storici (*legacy pollutants*)** immettendoli nuovamente nell'ecosistema

- **Trasporto a lungo raggio dei contaminanti**
Deposizione atmosferica di metalli pesanti, contaminanti emergenti (es. microplastiche) e inquinanti organici persistenti (**POP**s)

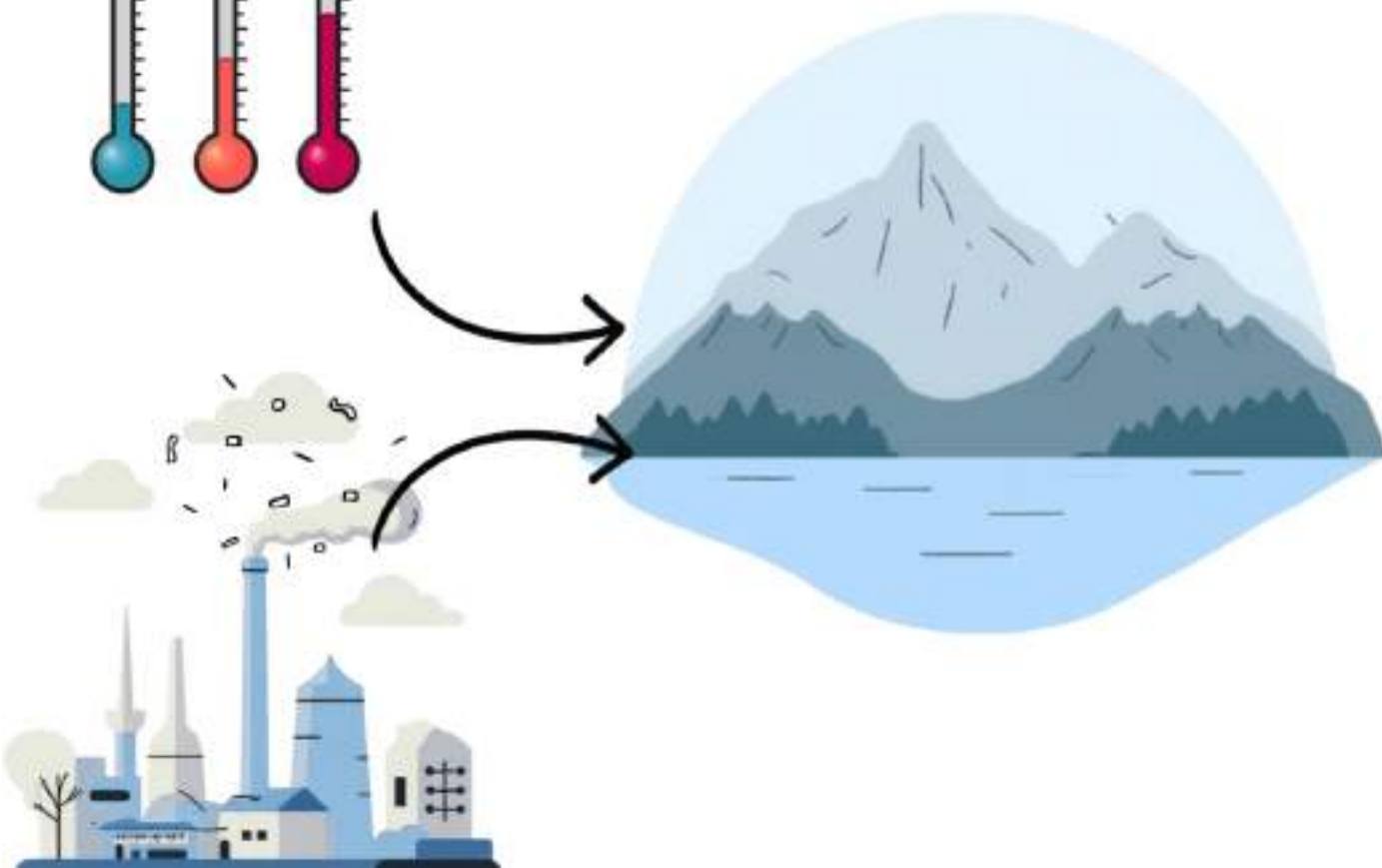
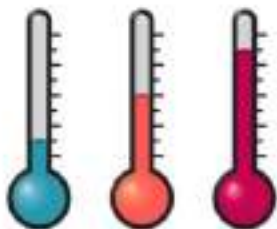
- **Pressioni locali**
 - Specie Aliene: l'introduzione storica di pesci per la pesca sportiva ha alterato l'equilibrio delle reti trofiche
 - Impatto Antropico: turismo crescente, sfruttamento idroelettrico e pascolo intensivo



Immagine modificata da Pastorino et al., 2024

LAGHI ALPINI COME SENTINELLE DEL CAMBIAMENTO GLOBALE

Cambiamento
climatico

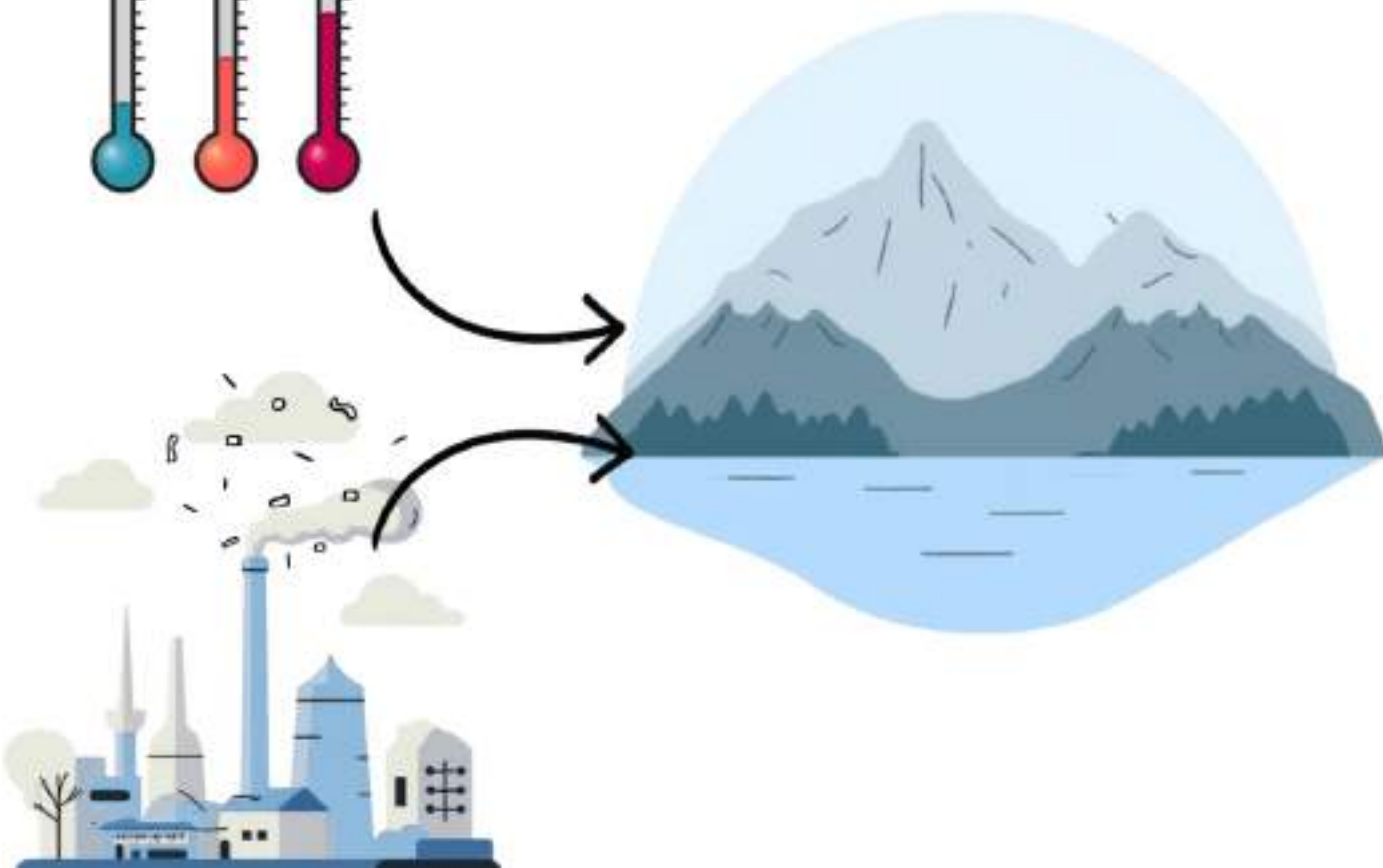
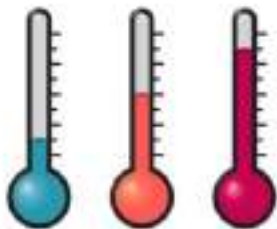


Inquinamento

- Alterazioni di ossigeno, nutrienti e idrologia
- Accumulo di contaminanti (metalli pesanti, POPs, microplastiche)
- Maggiore stress per gli organismi acquatici
- Rilascio e aumento della tossicità degli inquinanti (aumentato dal cambiamento climatico)

LAGHI ALPINI COME SENTINELLE DEL CAMBIAMENTO GLOBALE

Cambiamento
climatico



Inquinamento



**Quanto sono
inquinati i laghi
d'alta quota vicino
a noi?**

LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
24187

First edition
2023-09



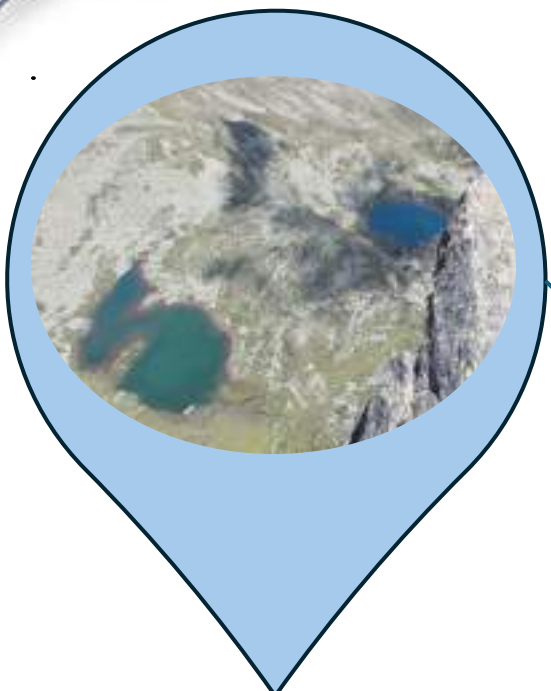
Large microplastic

qualsiasi particella di plastica solida insolubile in acqua con dimensioni comprese tra 1 mm e 5 mm

Microplastic

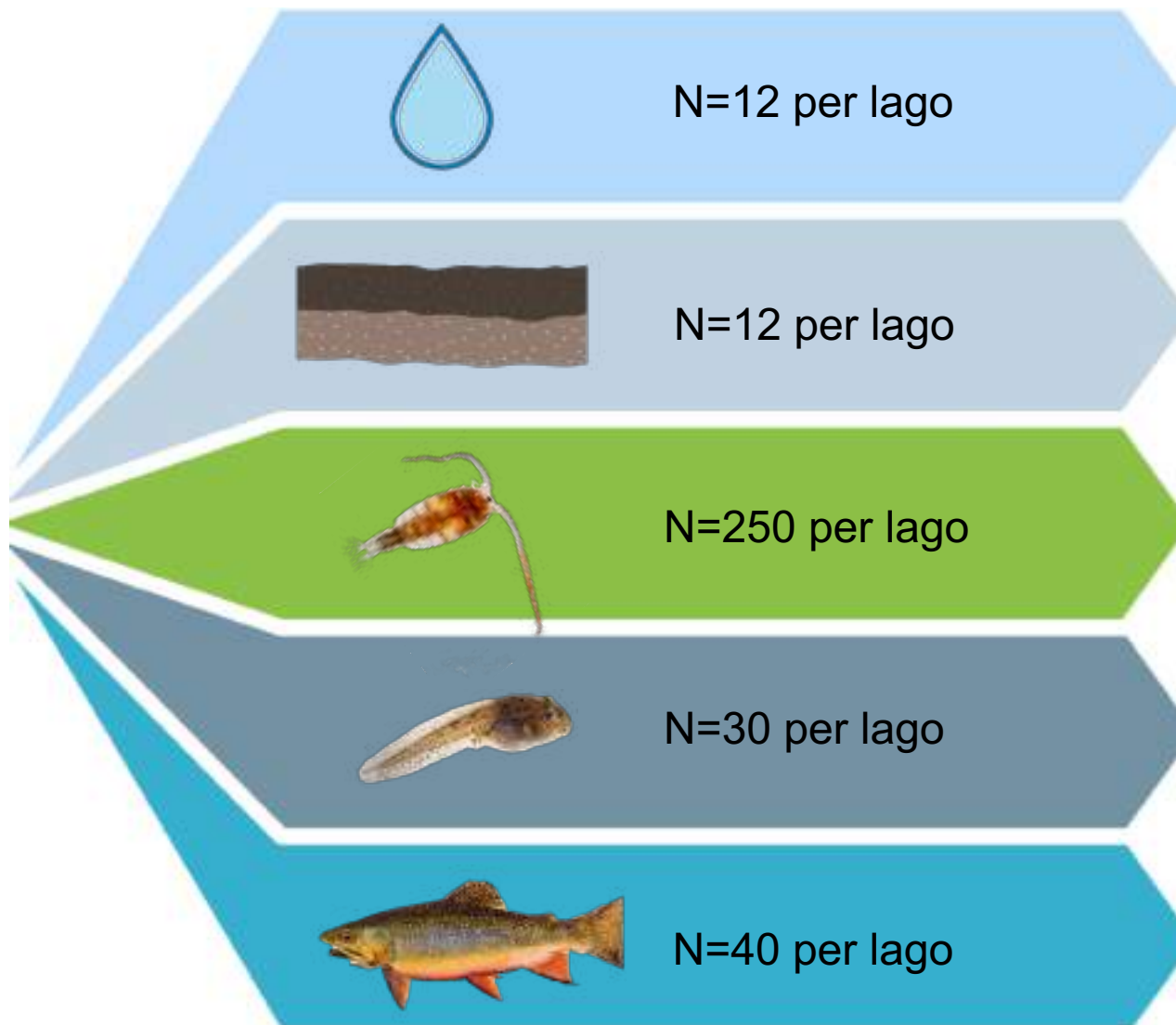
qualsiasi particella di plastica solida insolubile in acqua con dimensioni comprese tra 1 μm e 1 000 μm (= 1 mm)

LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE

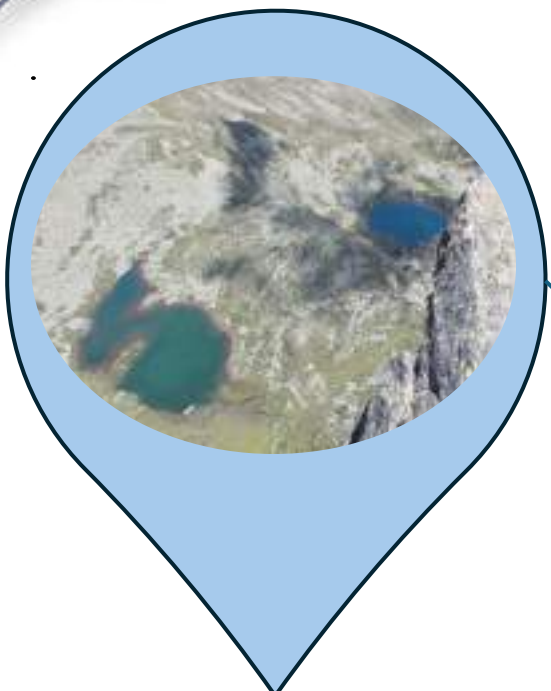


**Matrici
Analizzate**

**Laghi della Balma,
Coazze (TO)**

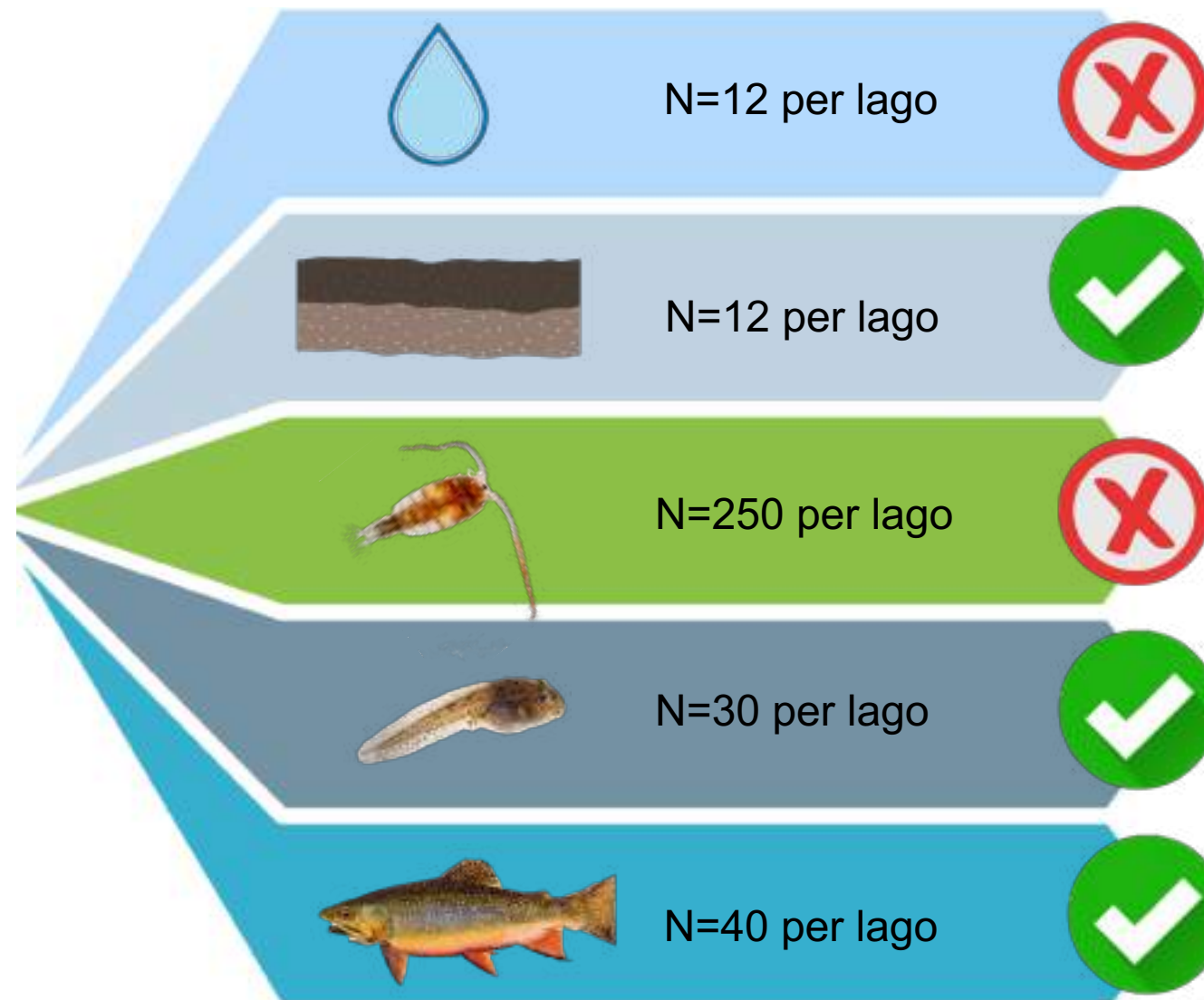


LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE

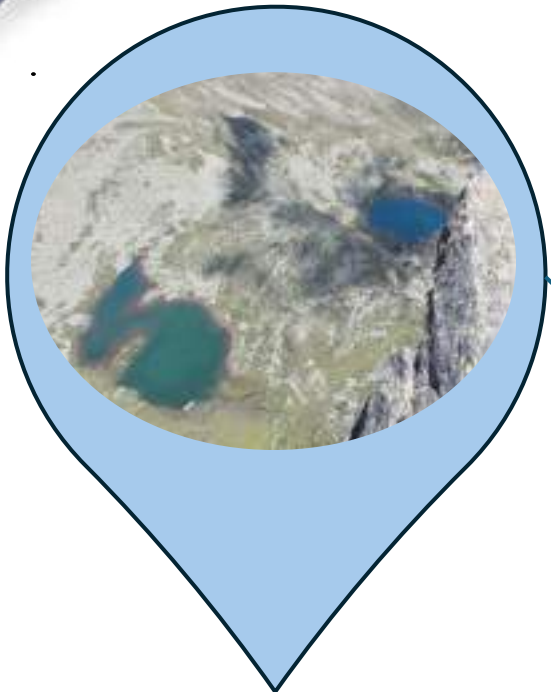


**Matrici
Analizzate**

**Laghi della Balma,
Coazze (TO)**



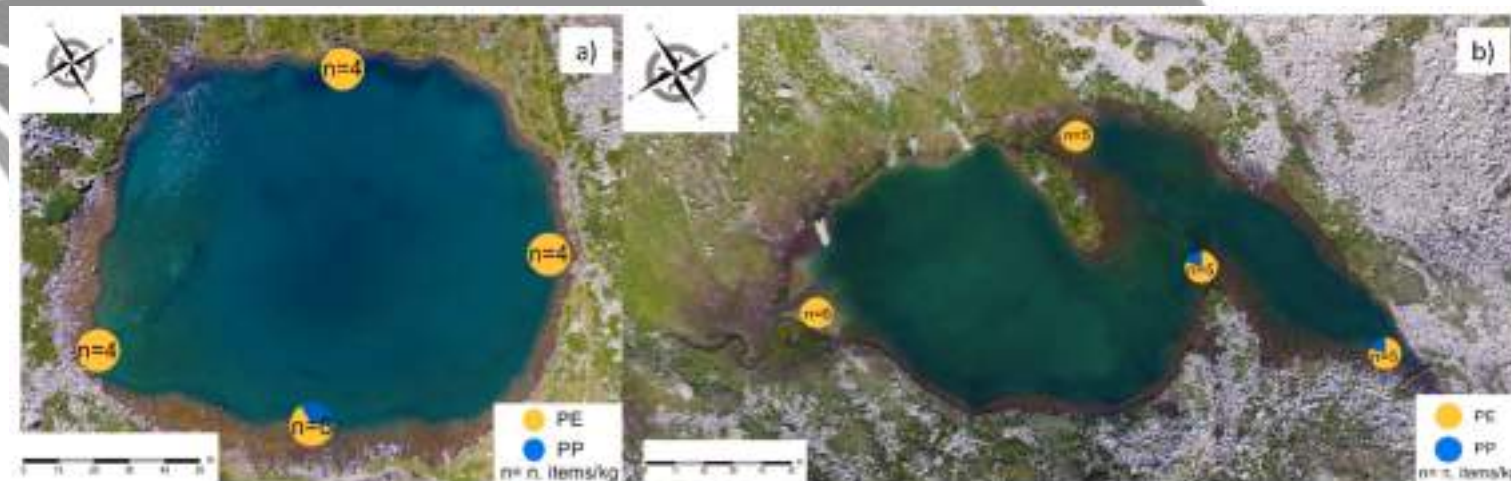
LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE



Laghi della Balma,
Coazze (TO)

Matrici
Analizzate

● PE
● PP
n= n. items/kg



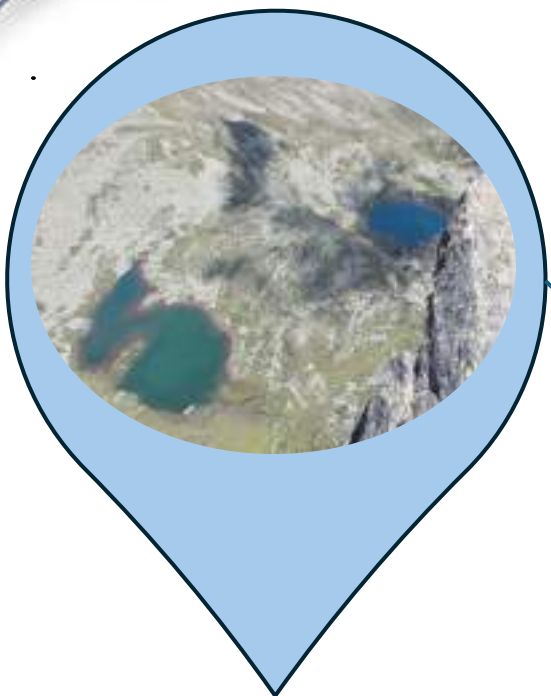
N=12 per lago



N=12 per lago

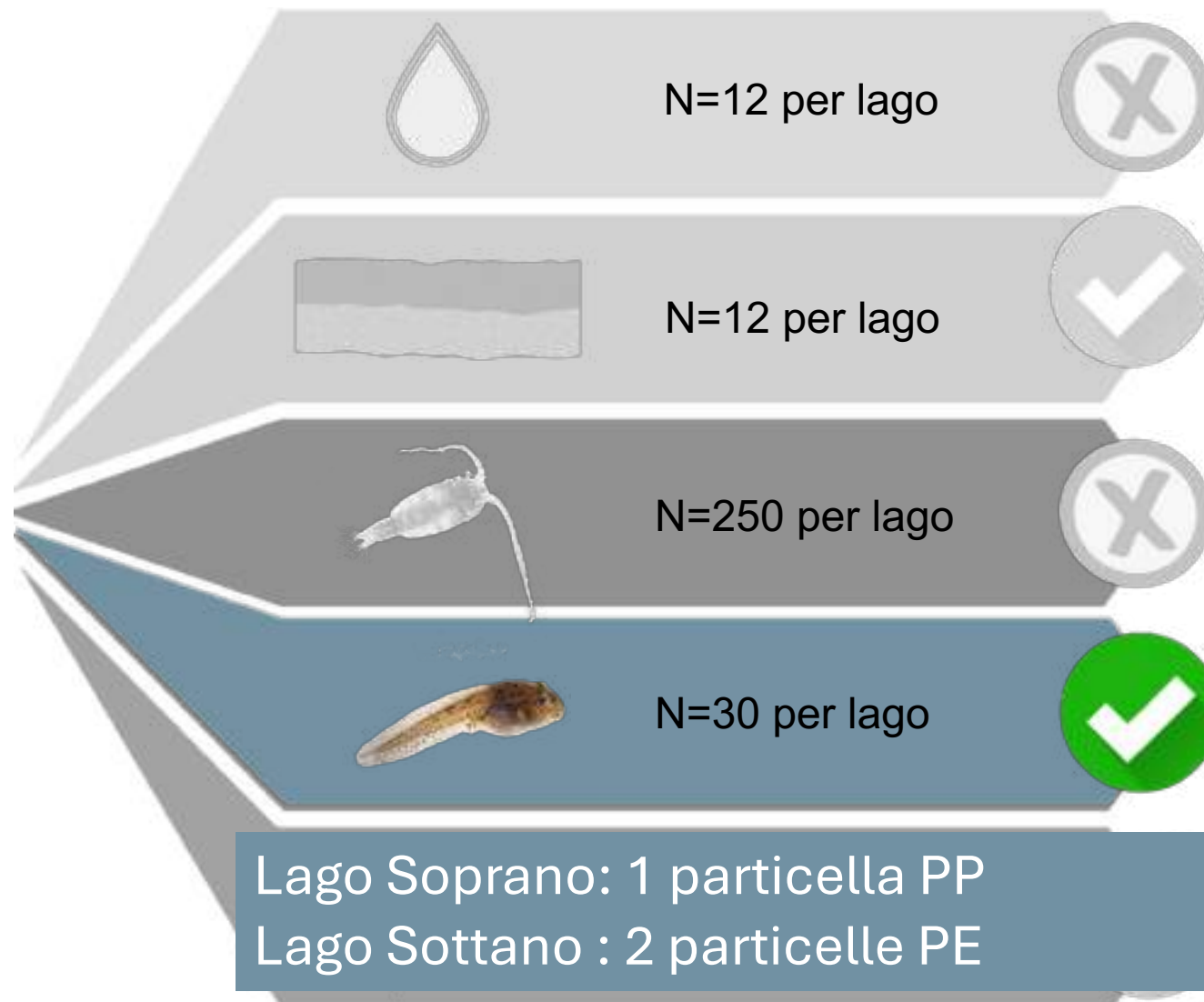


LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE

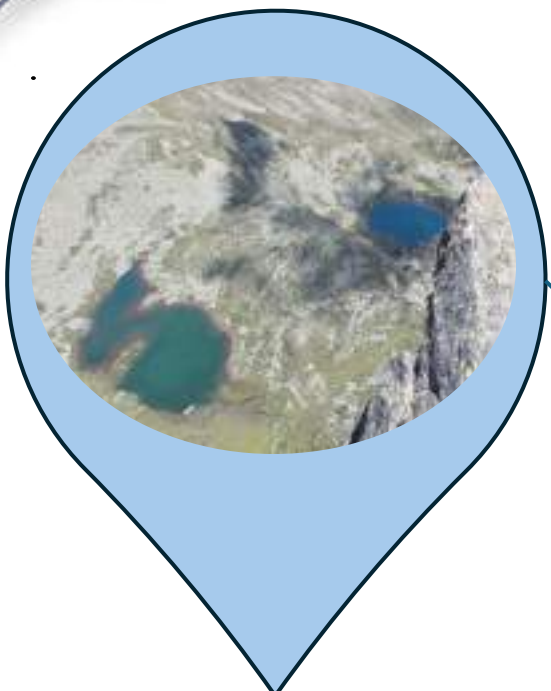


Laghi della Balma,
Coazze (TO)

Matrici
Analizzate

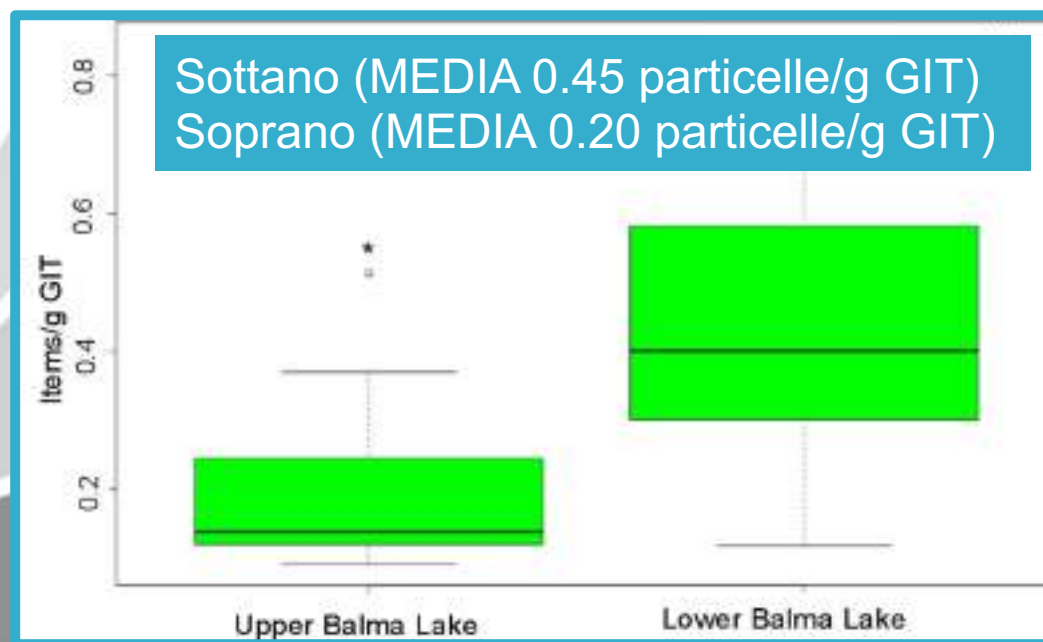


LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE



**Laghi della Balma,
Coazze (TO)**

**Matrici
Analizzate**



Lago Sottano: 60% PE, 40% PP;
Lago Soprano: 53% PE, 47% PP



N=40 per lago



UTILIZZI DEL POLIPROPILENE & POLIETILENE



IMBALLAGGI



PRODOTTI CASALINGHI



GIOCATTOLI



TESSUTI & FIBRE



COMPONENTI AUTO



TUBI & FITTING



PACKAGING FARMACEUTICO



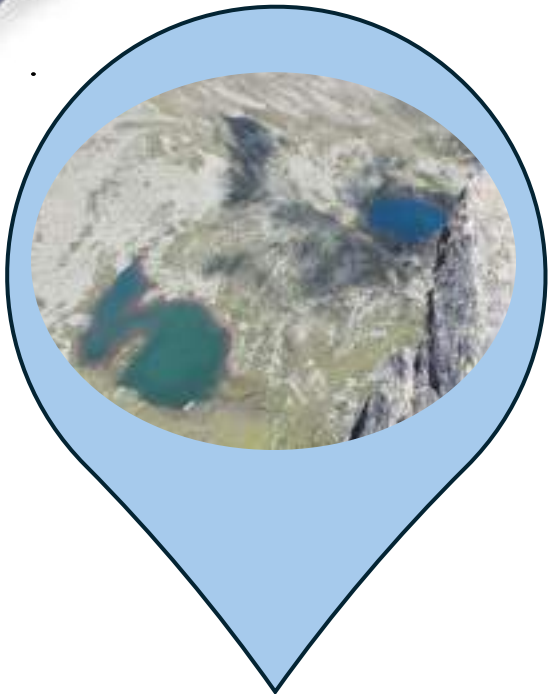
ARTICOLI PER AGRICOLTURA



APPLICAZIONI EDILI

LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE

Sebbene il numero di microplastiche presenti nei campioni (sedimento, girini, pesci) fosse basso, le evidenze suggeriscono che il **trasporto a lunga distanza, il vento e il turismo siano potenziali fonti di contaminazione da microplastiche** in questi ecosistemi remoti.



**Laghi della Balma,
Coazze (TO)**

Poiché la maggior parte dei laghi di alta montagna era originariamente priva di **pesci**, questi potrebbero essere catturati per il **monitoraggio delle microplastiche** negli ambienti di alta montagna.



Ecological Indicators 150 (2023) 110215

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

 **Ecological Indicators** 

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolind

 **Microplastics in biotic and abiotic compartments of high-mountain lakes from Alps**

Paolo Pastorino^{a,*}, Serena Anselmi^b, Giuseppe Esposito^c, Marco Bertoli^c, Elisabetta Pizzul^d,
Damià Barceló^{e,f}, Antonia Concetta Elia^g, Alessandro Dondo^h, Marino Prearoⁱ, Monia Renzi^c

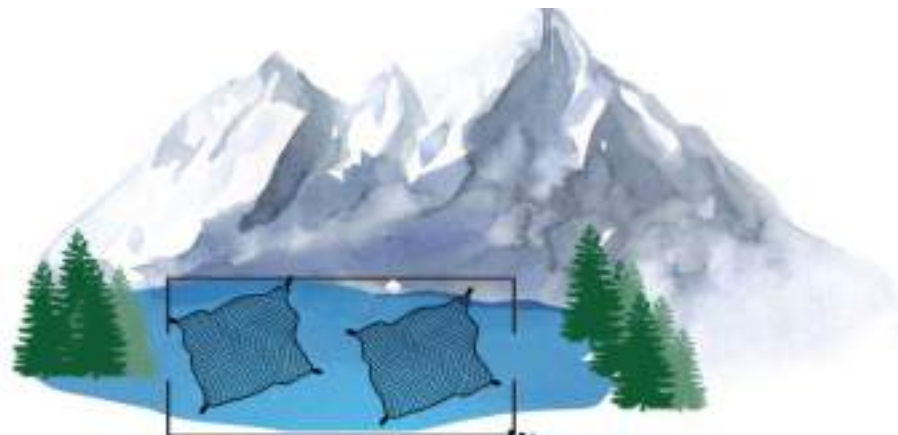
^a Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta, Via Bologna 246, 10054 Torino, Italy
^b Bioscience Research Center, Via Aurelio Niccolò 32, 58015 Orbetello, GR, Italy
^c University of Trieste, Department of Life Science, Via Ippolito 10, 34127 Trieste, Italy
^d Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), C. Jordi Girona 18-26, 08034 Barcelona, Spain
^e Catalan Institute for Water Research (ICRA-CSIC), Emili Graells 101, 17003 Girona, Spain
^f University of Perugia, Department of Chemistry, Biology and Biotechnology, Via Elce di Sesto 6, 06072 Perugia, Italy

LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE



Matrici
Analizzate

Lago Nero,
Cesana Torinese
(TO)



2023 → 19 pesci (18 *Salmo trutta*, 1 *Phoxinus lumaireul*)

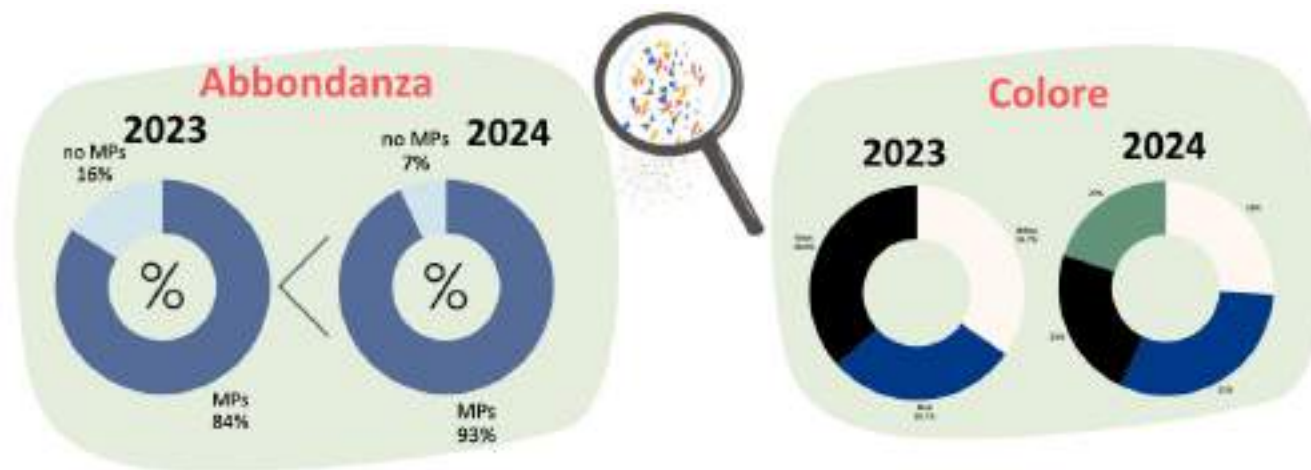
2024 → 14 pesci (11 *S. trutta*, 5 *P. lumaireul*, 3 *Salvelinus fontinalis*)

LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE



**Lago Nero,
Cesana Torinese
(TO)**

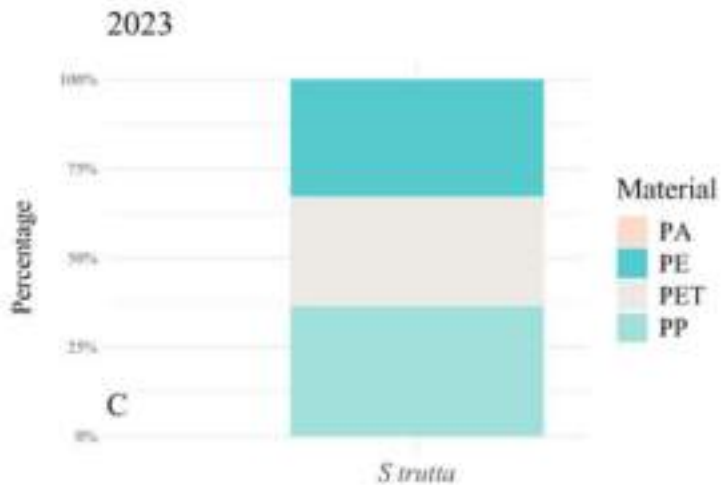
Anno	Specie	N°	Individui con MPs	% contaminazione
2023	<i>P. lumaireul</i>	1	0	0
	<i>S. trutta</i>	18	16	89%
2024	<i>P. lumaireul</i>	5	4	80%
	<i>S. trutta</i>	6	6	100%
	<i>S. fontinalis</i>	3	3	100%



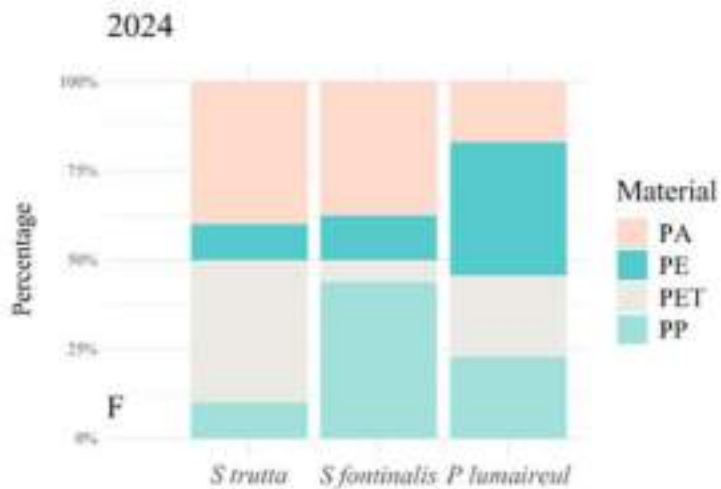
LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE



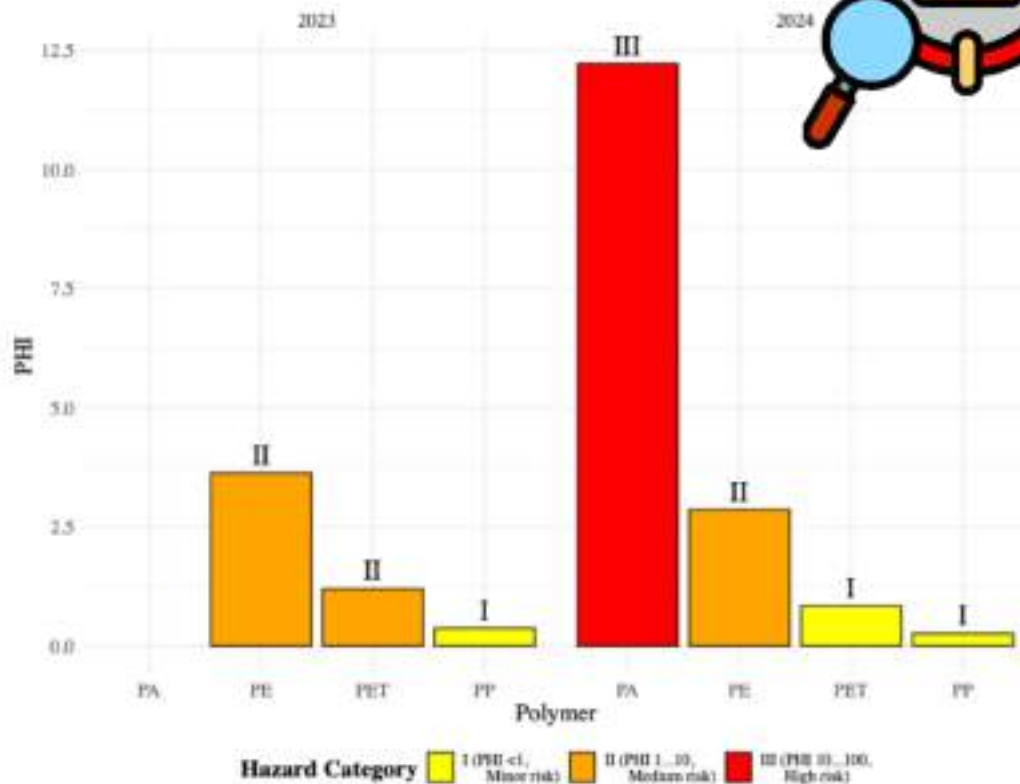
**Lago Nero,
Cesana Torinese
(TO)**



Poliammide (PA) rilevata solo nel 2024, probabilmente associata a tessuti sintetici o attrezzature da pesca



LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE



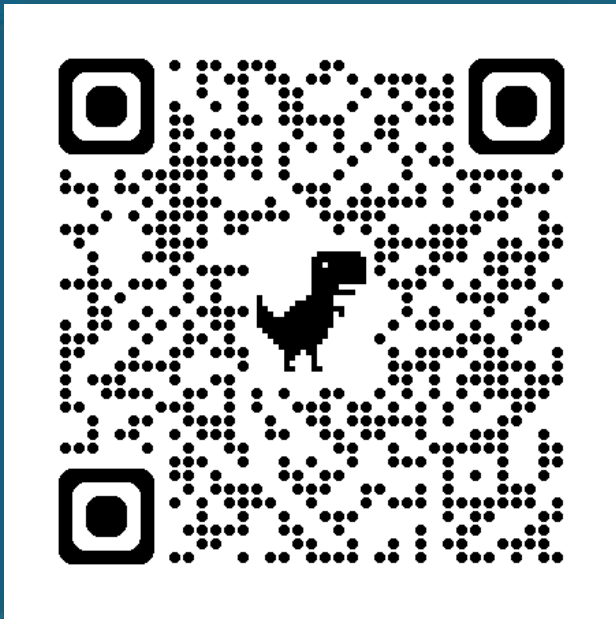
PHI (Plastic Hazard Index)

Indice che stima il rischio potenziale delle microplastiche in base alla pericolosità dei polimeri presenti.

Valori più alti = maggiore rischio ambientale (Grade I basso → Grade III elevato).

Le differenze osservate tra gli anni potrebbero riflettere **variabilità ambientale** (turismo stagionale, deposizione atmosferica), ma non indicano necessariamente un trend temporale.

LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE



Article

High-Mountain Contamination: Microplastic Occurrence and Risk Assessments in Fish from Nero Lake, Italy

Camilla Mossotto ^{1,2,3,*}, Serena Anselmi ⁴, Tecla Bentivoglio ⁴, Alice Gabetti ^{1,2}, Giuseppe Esposito ^{1,3},
Alessandra Maganza ^{1,2,3}, Antonia Concetta Elia ³, Monia Renzi ³, Damia Barceló ⁴, Elisabetta Pizzul ³,
Marino Prearo ¹ and Paolo Pastorino ^{1,2,*}

¹ The Veterinary Medical Research Institute for Piemonte, Liguria and Valle D'Aosta, 10154 Torino, Italy; alice.gabetti@izsplv.it (A.G.); giuseppe.esposito@izsplv.it (G.E.); alessandra.maganza@izsplv.it (A.M.); marino.prearo@izsplv.it (M.P.)

² Regional Reference Centre for the Biodiversity of Aquatic Environments (BioAqua), 10051 Avigliana, Italy

³ Department of Chemistry, Biology and Biotechnology, University of Perugia, 06123 Perugia, Italy; antonia.elia@unipg.it

⁴ Bioscience Research Center, 58015 Orbetello, Italy; serena.anselmi@brc.it (S.A.);

tecla.bentivoglio@brc.it (T.B.)

⁵ Department of Life Sciences, University of Trieste, 34127 Trieste, Italy; mrenzi@units.it (M.R.); pizzul@units.it (E.P.)

⁶ Chemistry and Physics Department, University of Almería, 04120 Almería, Spain; damiab@ual.es

* Correspondence: camilla.mossotto@izsplv.it (C.M.); paolo.pastorino@izsplv.it (P.P.);

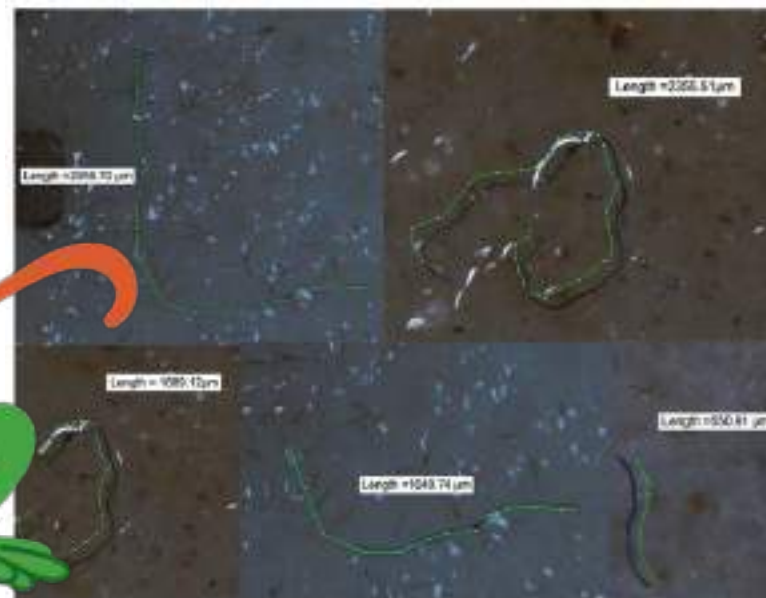
Tel.: +39-011-268-6295 (P.P.)

LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE



**Lago Sellaries,
Roure (TO)**

Individuo	N° plastiche	Polimero
1	1	PA
2	1	PA
3	1	PET
4	1	PE
5	1	PA



LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA MICROPLASTICHE



Communication

Microplastics Occurrence in the European Common Frog (*Rana temporaria*) from Cottian Alps (Northwest Italy)

Paolo Pastorino ^{1,*}, Marino Prearo ¹, Alessia Di Blasio ², Damia Barcelò ^{3,4}, Serena Anselmi ⁵, Silvia Colussi ¹, Silvia Alberti ⁶, Giovanni Tedde ², Alessandro Dondo ¹, Michele Ottino ⁶, Elisabetta Pizzul ⁷ and Monia Renzi ⁷



Le microplastiche possono avere impatti ecologici sugli organismi acquatici.



Turismo e attività umane sono tra le principali fonti, soprattutto attraverso imballaggi in PE e PP e fibre sintetiche.



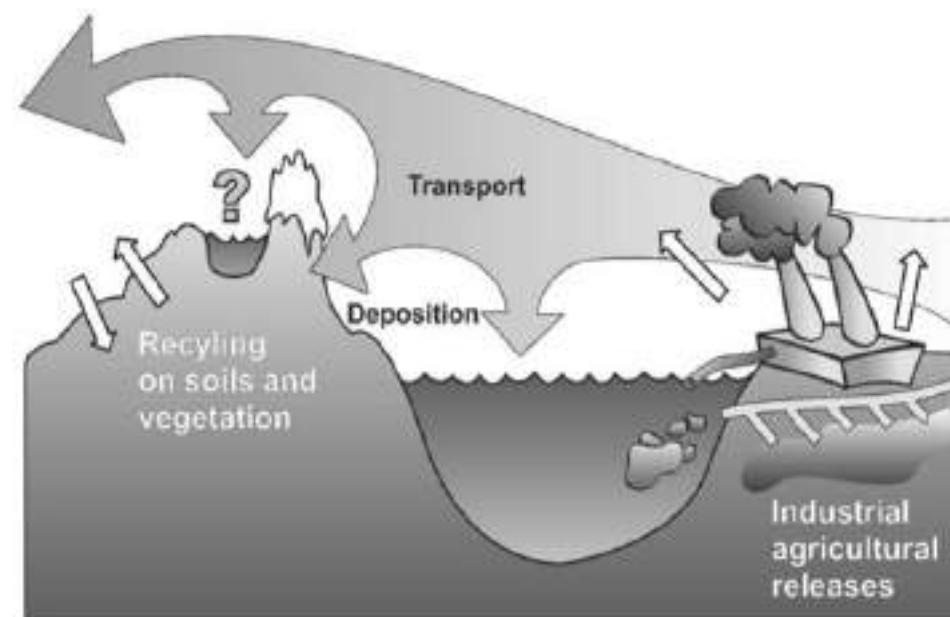
È necessario promuovere collaborazioni scientifiche globali, strategie di gestione dei rifiuti plastici e programmi di *citizen science* per monitorare e ridurre l'inquinamento.

LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA INQUINANTI ORGANICI PERSISTENTI

I POP sono sostanze chimiche tossiche di origine industriale con effetti negativi su salute umana e ambiente. Sono definiti persistenti perché si degradano molto lentamente e rimangono nell'ambiente per lunghi periodi.

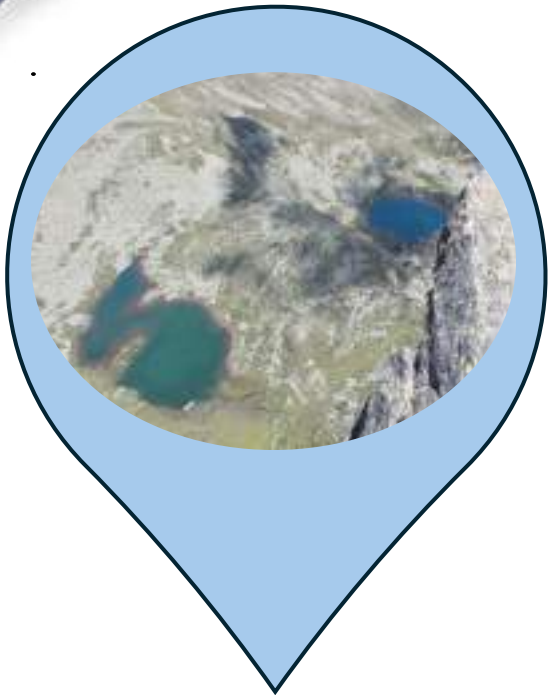
Criteria per definire un POP:

- Persistenza nell'ambiente (lunga emivita)
- Trasporto a lunga distanza
- Bioaccumulo negli organismi viventi
- Elevata tossicità



Kallenborn, 2006

LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA INQUINANTI ORGANICI PERSISTENTI



**Laghi della Balma,
Coazze (TO)**



Anni:
2017
2018
2019
2020
2021



Morfometrie

Classe
d'età
1+ → 4+



Organochlorine pesticides (OCPs)	Polychlorobiphenyls (PCBs)	Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs)
HCBu	PCB_101	
PeCB	PCB_118	PBDE_28
HCBz	PCB_153	PBDE_47
Methoxychlor	PCB_138	PBDE_99
p,p'-DDE	PCB_180	PBDE_100
o,p'-DDD	PCB_28	PBDE_153
o,p'-DDT	PCB_52	PBDE_154
p,p'-DDD		PBDE_183
p,p'-DDT		
Aldrin		
Dieldrin		
Endrin		
Isodrin		
a-Chlordane		
g-Chlordane		
o,p'-DDE		
Endosulfan_I		
Endosulfan_II		
a-HCH		
b-HCH		
g-HCH		
d-HCH		
Heptachlor		
Heptachlor_epoxide_Isomer_A		
Heptachlor_epoxide_Isomer_B		
Mirex		
Oxychlordane_Isomer		

41 POPs



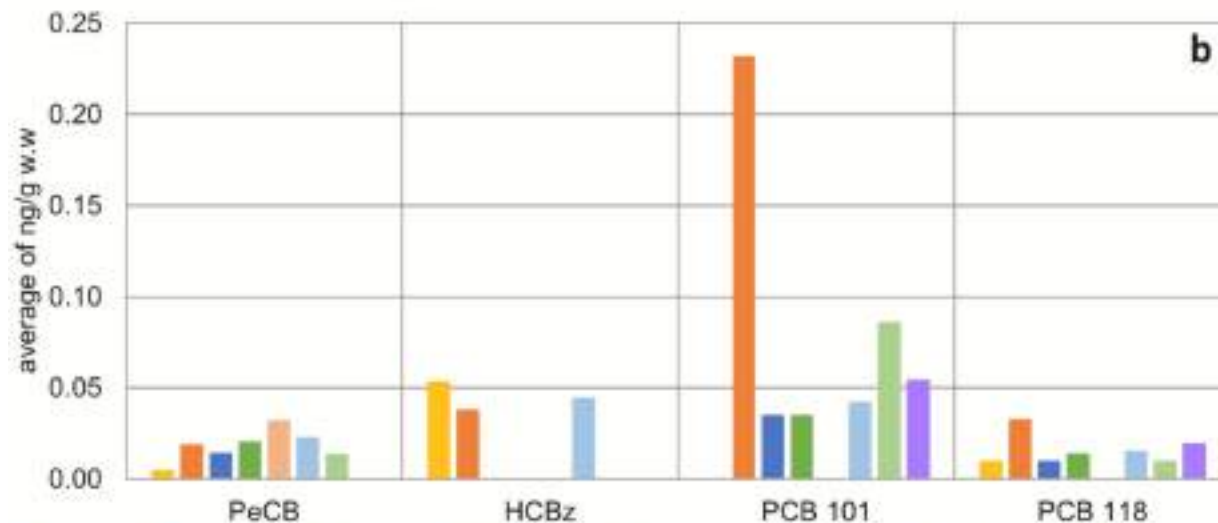
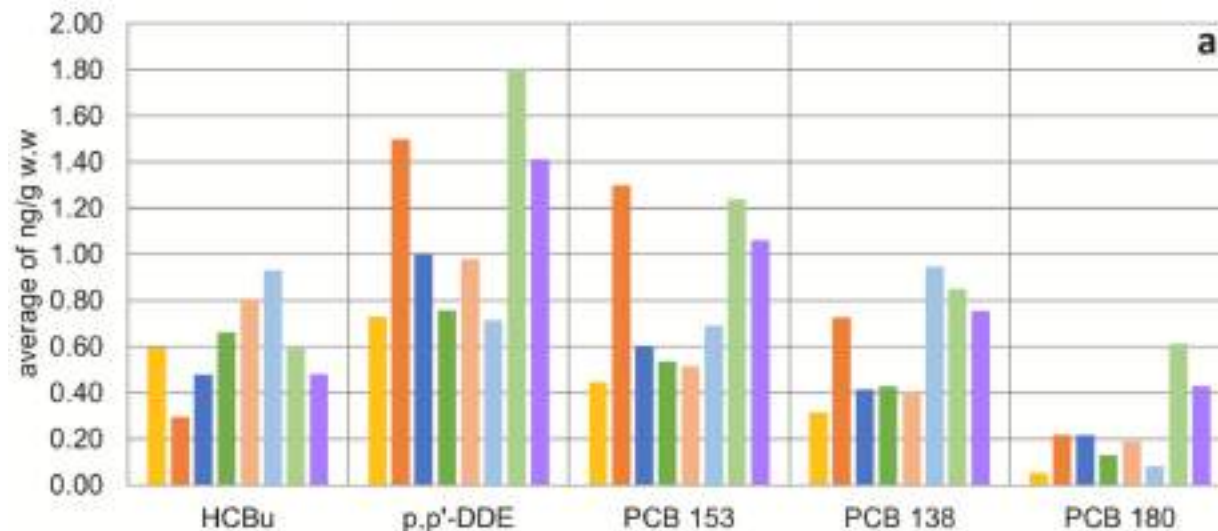
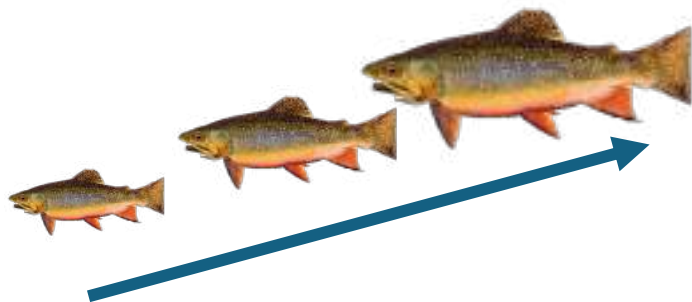
Q Exactive™
GC Orbitrap™ GC-MS/MS



LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA INQUINANTI ORGANICI PERSISTENTI

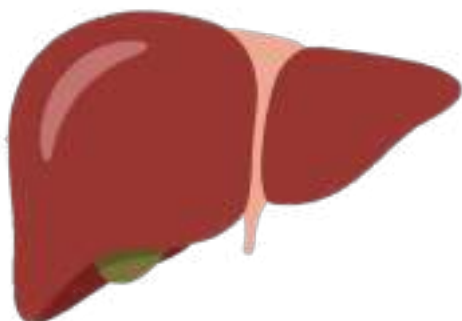
Non vi è alcuna tendenza nel corso degli anni e non vi è alcuna differenza tra i laghi Balma.

Vi è solo una lieve differenza di accumulo: Maggiore in pesci di taglia maggiore



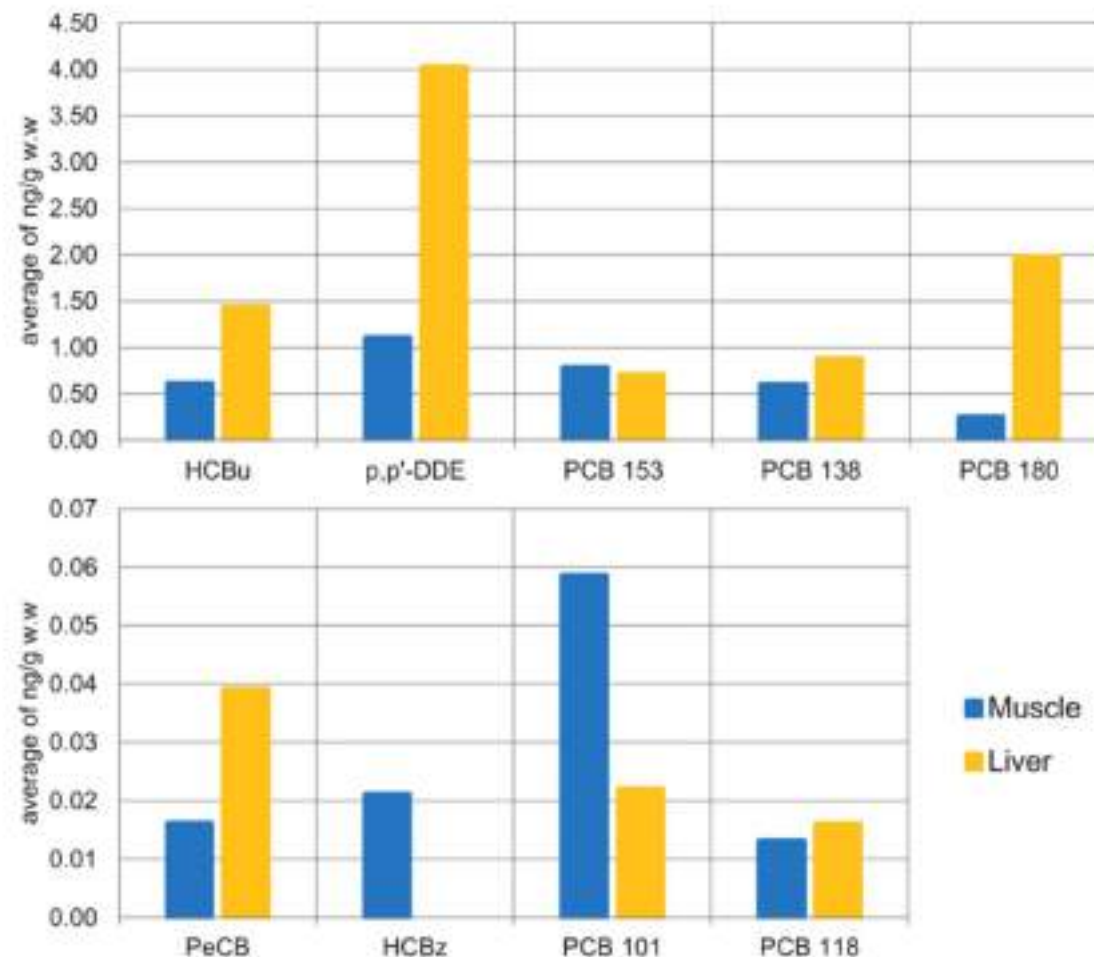
■ LBL 2017 ■ LBL 2018 ■ LBL 2019 ■ LBL 2020 ■ UBL 2018 ■ UBL 2019 ■ UBL 2020 ■ UBL 2021

LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA INQUINANTI ORGANICI PERSISTENTI

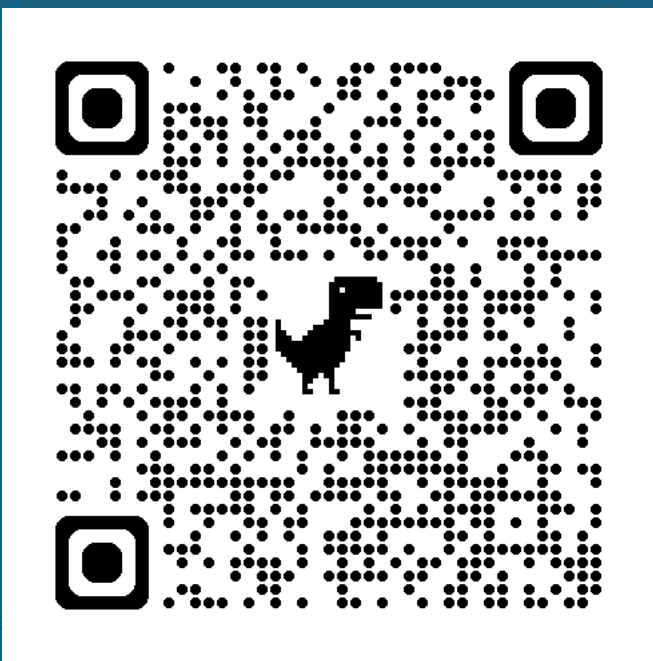


Per l'analisi del fegato, sono stati esaminati in totale 28 campioni, tutti provenienti dal Lago Soprano, di cui 13 raccolti nel 2020 e 15 nel 2021.

Il carattere lipofilo del fegato porta al bioaccumulo di una maggiore quantità di POP rispetto al tessuto muscolare. Tuttavia, il metabolismo epatico potrebbe eliminare alcuni POP, con conseguente maggiore accumulo nel muscolo.



LAGHI ALPINI: INQUINAMENTO DA INQUINANTI ORGANICI PERSISTENTI



Environmental Chemistry and Ecotoxicology 7 (2025) 686–695

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

KeAi
CHINESE ROOTS
GLOBAL IMPACT

Environmental Chemistry and Ecotoxicology
journal homepage: www.keaipublishing.com/en/journals/environmental-chemistry-and-ecotoxicology/



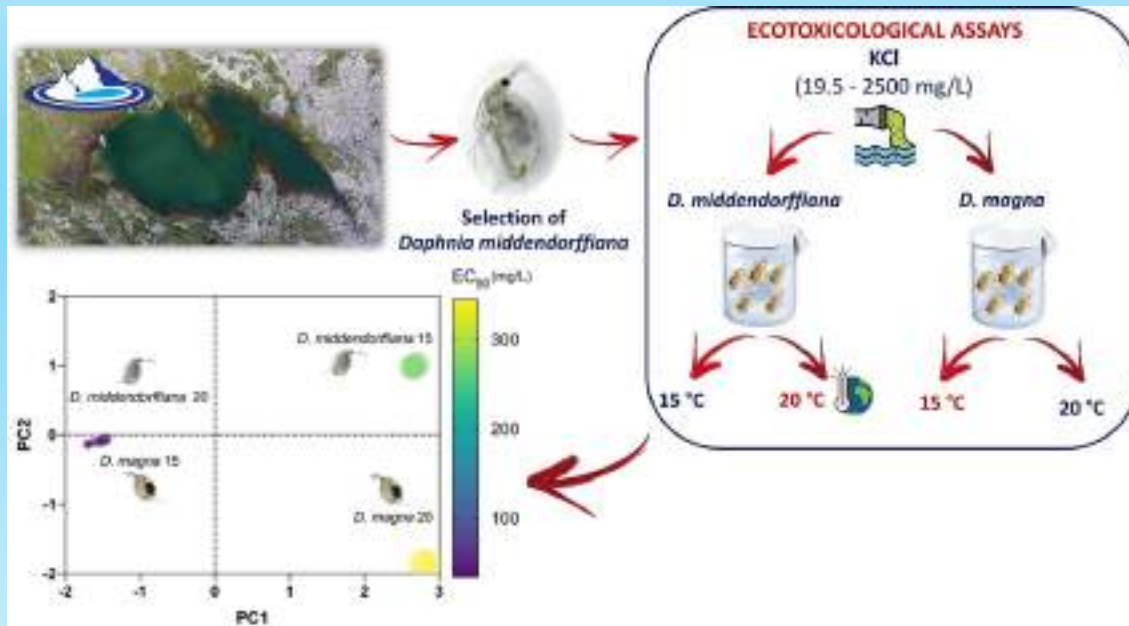
Still there: Persistent Organic Pollutants in fish from two Italian high-mountain lakes

Aina Queral-Beltran ^a, Paolo Pastorino ^{b,*}, Marino Prearo ^b, Romà Tauler ^a, Silvia Lacorte ^{b,*}

^a Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA-CSIC), Department of Environmental Chemistry, Carrer de Jordi Girona 19-26, 08034 Barcelona, Spain

^b Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta, Via Bologna 148, 10154 Tortona, Italy

LAGHI ALPINI COME SENTINELLE DEL CAMBIAMENTO GLOBALE



Ecological Indicators
 Volume 17, Number 20, 2018

Combined effect of temperature and a reference toxicant (KCl) on *Daphnia middendorffiana* (Crustacea, Daphniidae) in a high-mountain lake

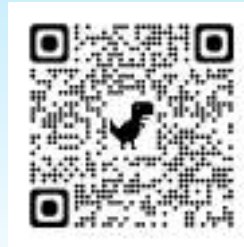
Barbara Pozzan¹, A. B. Marina Pavesi², Antonio Scatena³, Paolo Bernabè⁴, Eugenio Sacchi⁵, Maria De Biasi⁶, Elisabetta Tassi⁷, Daniela Basso⁸, Antonia Corsetti Biaz⁹, Maria Basso¹⁰



Environmental Toxicology and Pharmacology
 Volume 121, January 2021, 104912

What lies beneath the ice? How gadolinium affects *Cyclops abyssorum* during Alpine winters

Alice Gabetti¹, Daniela Vazzoler^{2,3}, Francesco Pavesi⁴, Simona Amadori⁵, Alessandra Magagnoli⁶, Giuseppe Scatena⁷, Maria Vittoria Biaz⁸, Alessandra Gagliardi⁹, Stefano Sacchi¹⁰, Maria Basso¹¹, Antonia Corsetti Biaz¹², Marina Pavesi¹³, Paolo Pozzan¹⁴, A. B.





- Analisi delle microplastiche nelle sanguinerole del Lago Clot Foiron (Cesana Torinese)



- Campionamenti nel lago della Manica (Val Chisone)



