

I MACROINVERTEBRATI BENTONICI COME BIOINDICATORI PER VALUTARE GLI IMPATTI DELLE OPERAZIONI DI FLUITAZIONE

Alberto Doretto – alberto.doretto@uniupo.it



Essay

Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene

David Dudgeon

Flow regulation, dams and water abstraction

Dam construction markedly alters flow conditions to which biota are adapted, and a riverine section above the dam is replaced by a reservoir. Movement of animals is obstructed, especially migratory species, and material (organic carbon, sediments and nutrients) is entrained. Reservoirs retain over 10,000 km³ of water, five times the standing volume of the Earth's rivers, reducing sediment flux to the oceans by over 25% [3]; 48% of river volume is moderately to severely impacted by flow regulation, or fragmentation, or both [6]; and only 37% of rivers longer than 1,000 kilometres remain free-flowing [7]. Water abstracted for irrigation and other human needs leads to reduced downstream flows (even dewatering). These are often accompanied by downstream channelization and constraints imposed by levees and concretized banks. Dams are also the source of water transfers between drainage basins, changing conditions in donor and recipient rivers, permitting exchanges between formerly isolated biotas [8].

Received: 15 March 2021 | Revised: 20 October 2021 | Accepted: 26 October 2021

DOI: 10.1111/ele.13931

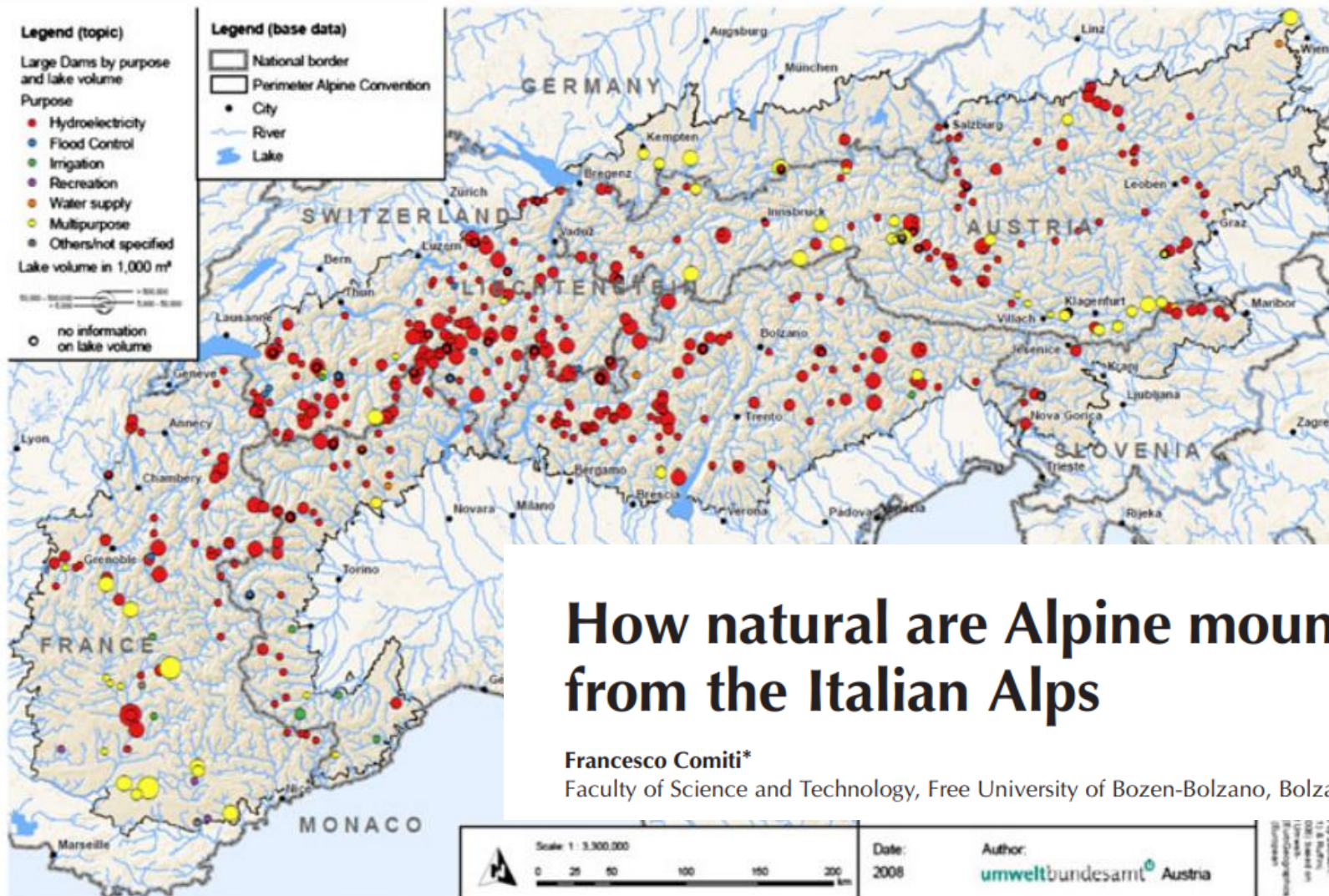
VIEWPOINT

ECOLOGY LETTERS  WILEY

A global agenda for advancing freshwater biodiversity research

C Develop and test landscape- and catchment-based management and restoration programmes that explicitly consider lakes, rivers, ponds and wetlands. This includes environmentally and ecologically compatible dam schemes to minimise negative impacts. Given the current global surge in hydropower dam construction and planning, and acknowledging the wealth of literature available on the impacts of dams on freshwaters (Reid et al., 2019; Thieme et al., 2021; Zarfl et al., 2019), it is fundamental to implement evidence-based guidelines for improving dam building and operation to preserve ecological connectivity. As a broad guiding principle, evidence-based strategies need to be implemented to enhance blue infrastructure and preserve the associated ecosystem services provided by freshwater biodiversity.

Le dighe e gli invasi artificiali rappresentano una delle principali alterazioni per i fiumi alpini



Si contano circa 140 dighe ad uso idroelettrico con un'altezza del coronamento > 15 m nelle Alpi italiane

Figure 3. Map showing the location of large dams in the Alps at present (source: <http://www.alpconv.org>). The vast majority is for hydropower generation. This figure is available in colour online at wileyonlinelibrary.com/journal/espl



Le operazioni di fluitazione degli invasi possono rappresentare un serio impatto ambientale per i torrenti alpini e il loro biota



Decreto Ministeriale 205 del 12/10/2022: Piano di Gestione → Progetto di Monitoraggio Ambientale

«criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi secondo quanto previsto dall'articolo 114, commi 2, 3, 4 e 9 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, nel rispetto degli obiettivi di qualità ambientale fissati dalla direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000 e definiti ai sensi dell'articolo 77 del decreto legislativo n. 152 del 2006, per il mantenimento o raggiungimento del buono stato ecologico e chimico dei corpi idrici interessati»



Siltation

«eccessivo accumulo di
sedimento fine (< 2mm)»

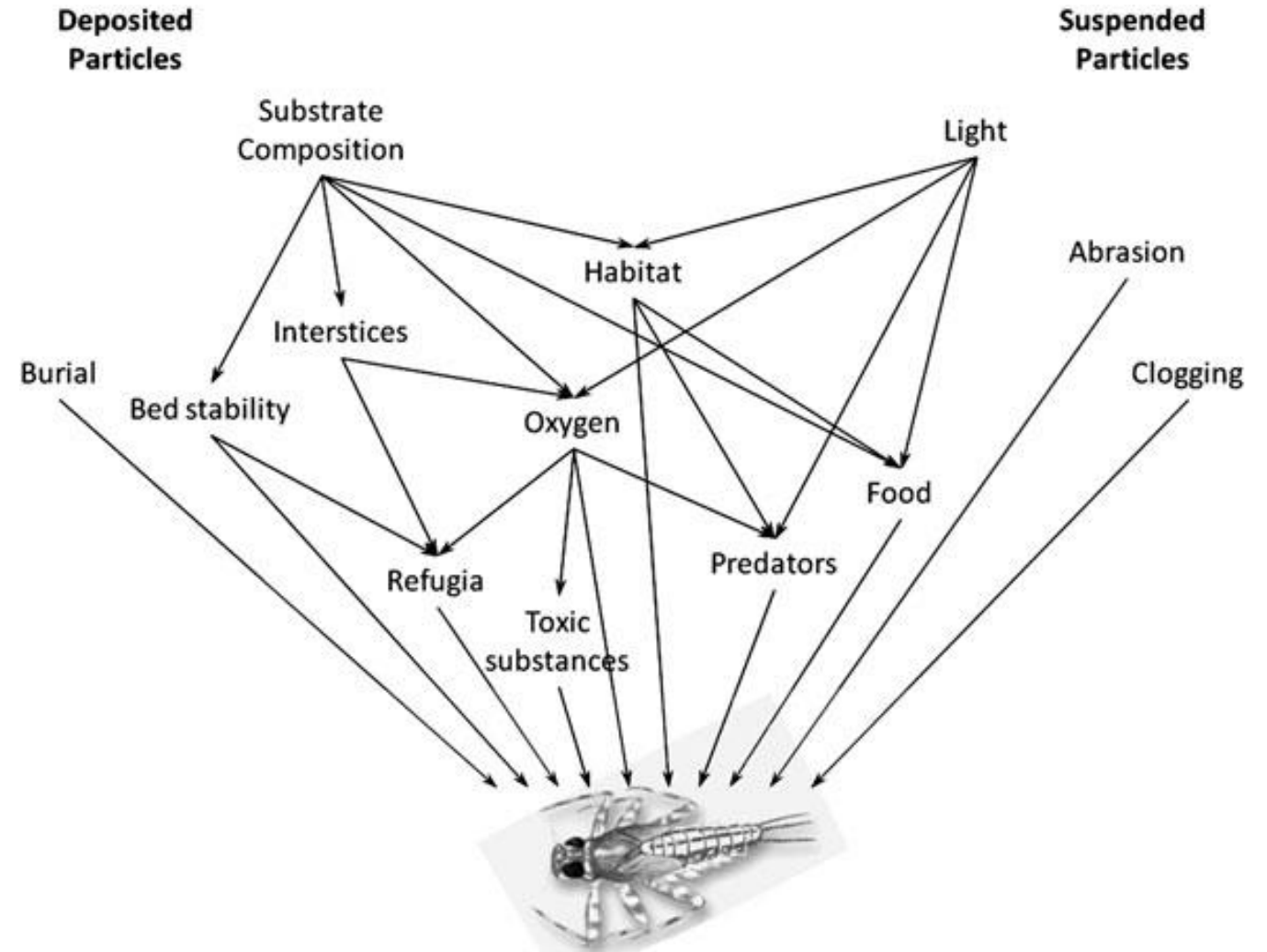


THE IMPACT OF FINE SEDIMENT ON MACRO-INVERTEBRATES

J. I. JONES,^{a*} J. F. MURPHY,^a A. L. COLLINS,^{b,c} D. A. SEAR,^c P. S. NADEN^d and P. D. ARMITAGE^e

Impatti diretti:

- ✓ Seppellimento degli organismi
- ✓ Perdita di substrato e riempimento degli interstizi
- ✓ Abrasione corporea
- ✓ Danni a particolari strutture anatomiche (tracheobranchie) e/o a funzioni vitali (respirazione, alimentazione)

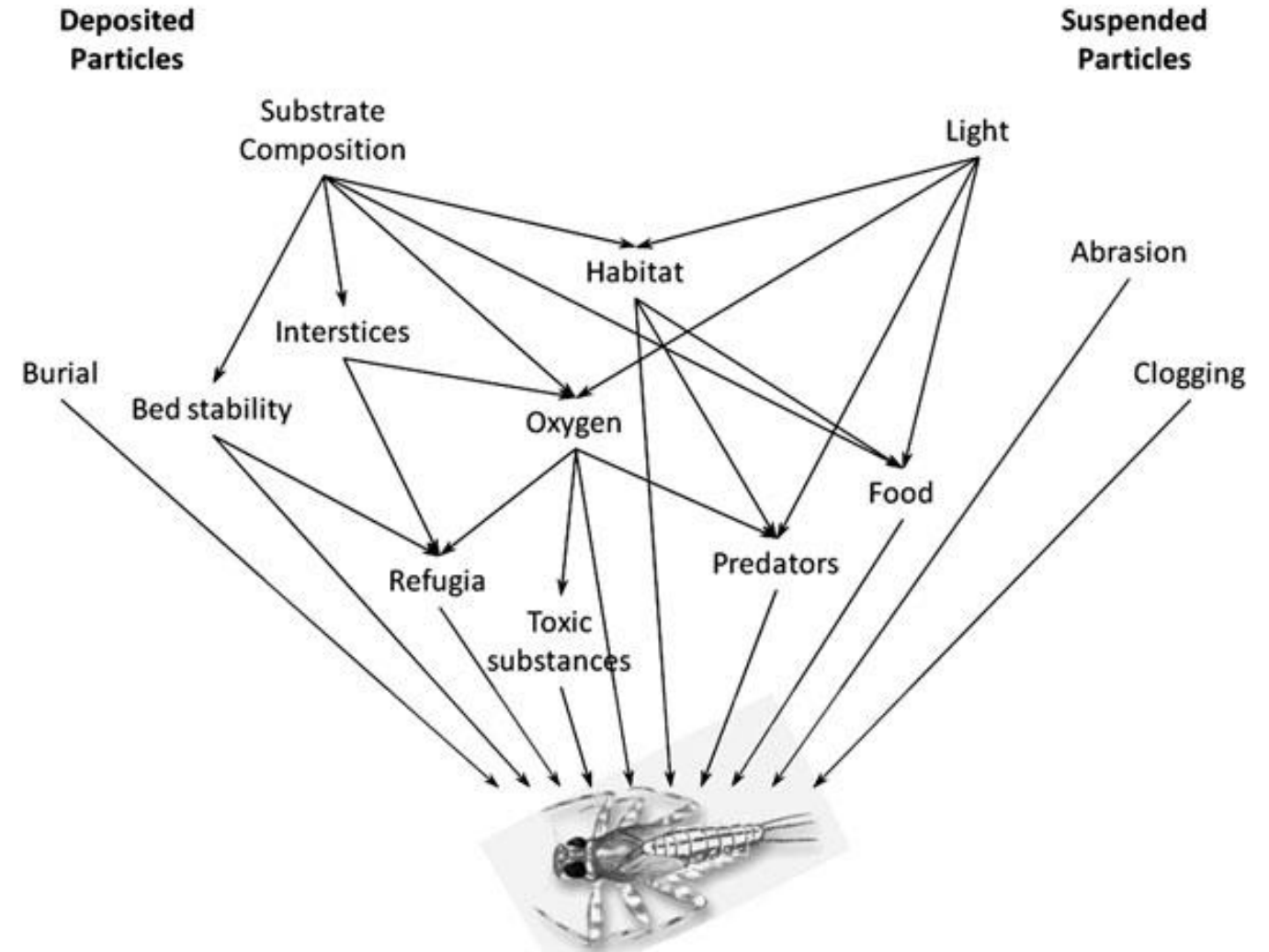


Impatti indiretti:

- ✓ Riduzione dell'ossigeno disciolto e degli scambi gassosi tra il substrato e la colonna d'acqua
- ✓ Accumulo di sostanze tossiche
- ✓ Elevata torbidità e impatto sulla produttività primaria
- ✓ Minore ritenzione della CPOM (Coarse Particulate Organic Matter)

THE IMPACT OF FINE SEDIMENT ON MACRO-INVERTEBRATES

J. I. JONES,^{a*} J. F. MURPHY,^a A. L. COLLINS,^{b,c} D. A. SEAR,^c P. S. NADEN^d and P. D. ARMITAGE^e



Scopo del lavoro

- ✓ Valutare la risposta dei macroinvertebrati bentonici nei confronti dell'eccessivo accumulo di sedimento fine (siltation)
- ✓ Sviluppare un indice di biomonitoraggio stressor-specifico
- ✓ Validazione dell'indice mediante diversi casi studio relativi alle operazioni di fluitazione



Macroinvertebrati bentonici: ottimi bioindicatori

Organismi acquatici, invertebrati, visibili ad occhio nudo e la cui taglia corporea è superiore a 1 mm



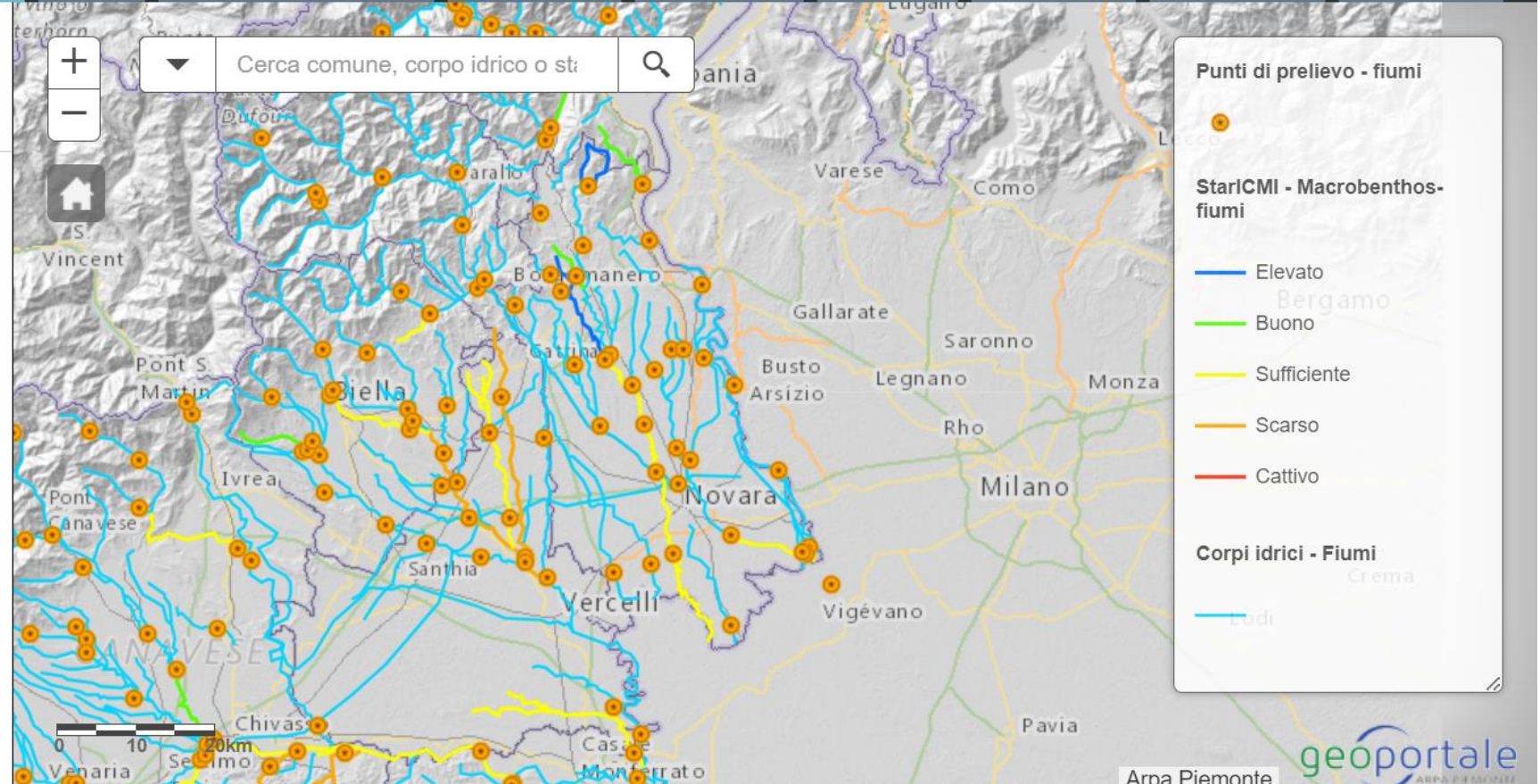
Bioindicatori per i corsi d'acqua ai sensi delle seguenti normative:

- Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE
- D.Lgs. 152/2006

Fiumi

Macrobenthos - indice STAR_ICMi (Standardisation of River Classification_Intercalibrati on Multimetric Index)

Macrobenthos - componente biologica dei Macroinverbrati per la quale viene calcolato l'indice STAR_ICMi (Standardisation of River Classification_Intercalibration Multimetric Index)

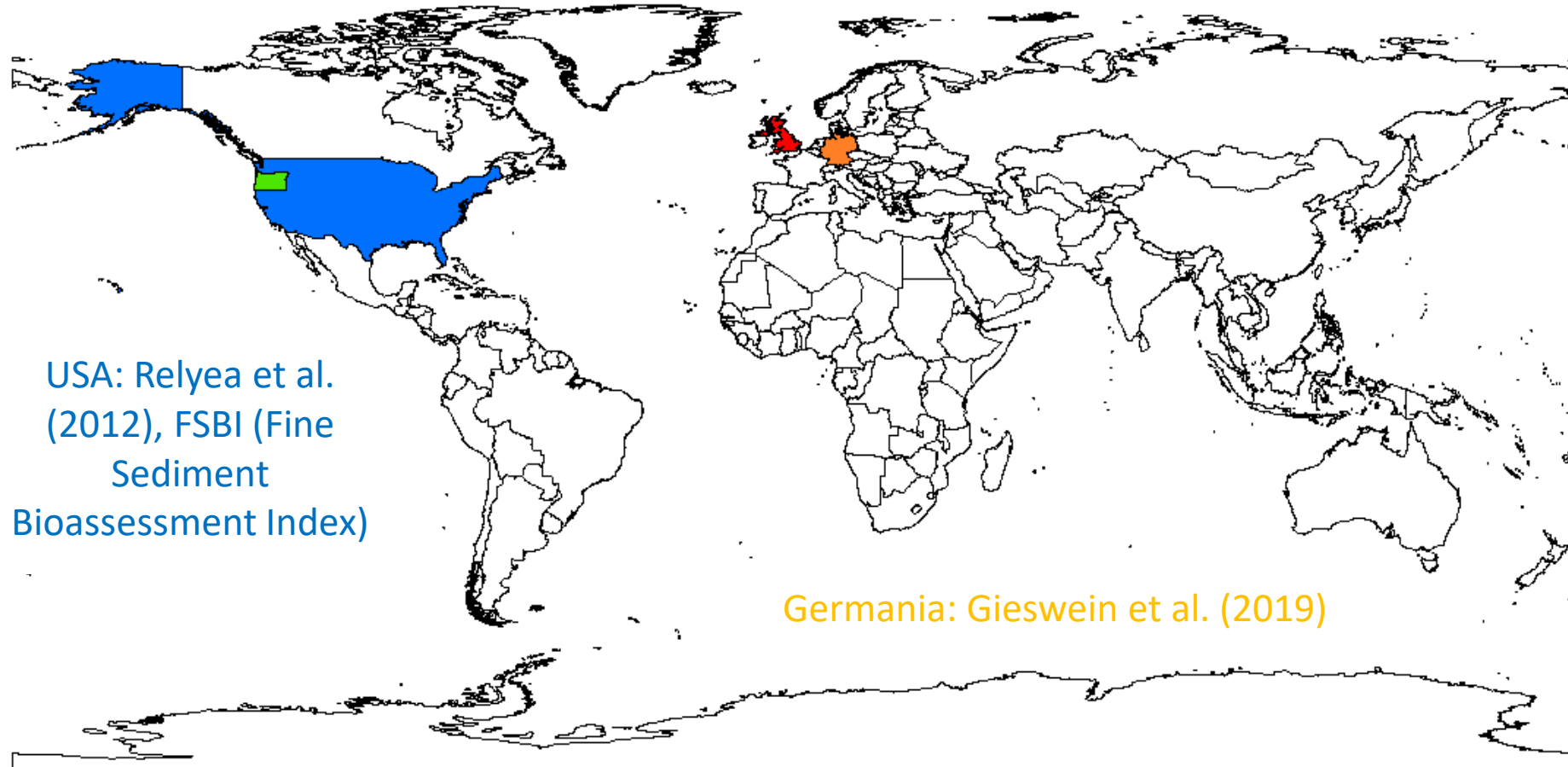


Tuttavia, l'indice STAR_ICMi non è stressor-specifico e quindi non sempre è efficace nel monitorare gli effetti di alterazioni specifiche quali ad esempio le operazioni di fluitazione

Indici specifici in relazione alla siltation sono stati proposti e sviluppati solo recentemente

UK: Extence et al. (2013), Glendell et al. (2014),
Turley et al. (2014, 2015, 2016), PSI (Proportion of
Sediment-sensitive Invertebrates)

Oregon: Hubler et al. (2016), BSTI
(Biological Sediment Tolerance Index)



USA: Relyea et al.
(2012), FSBI (Fine
Sediment
Bioassessment Index)

Germania: Gieswein et al. (2019)

La maggior parte degli indici precedentemente illustrati sono indici biotici: ad ogni taxon viene assegnato un punteggio (oppure una classe) in base alla sua sensibilità/tolleranza nei confronti del sedimento fine

Example from PSI (Extence et al. 2013)

Category A: very sensitive

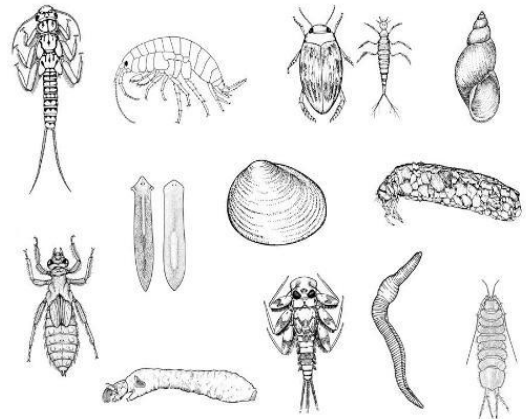
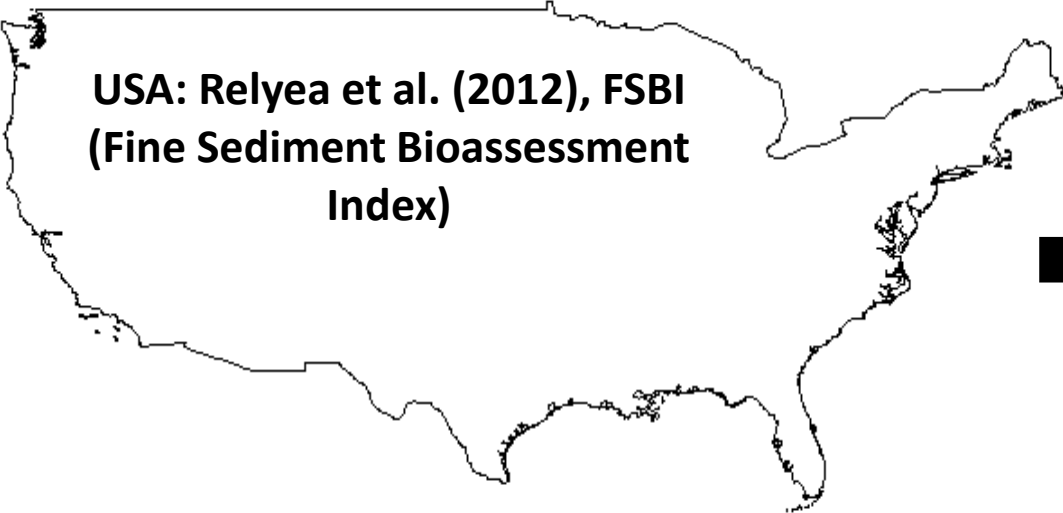


Category D: very tolerant



Il valore dell'indice viene quindi calcolato sulla base dell'abbondanza relativa dei taxa più sensibili

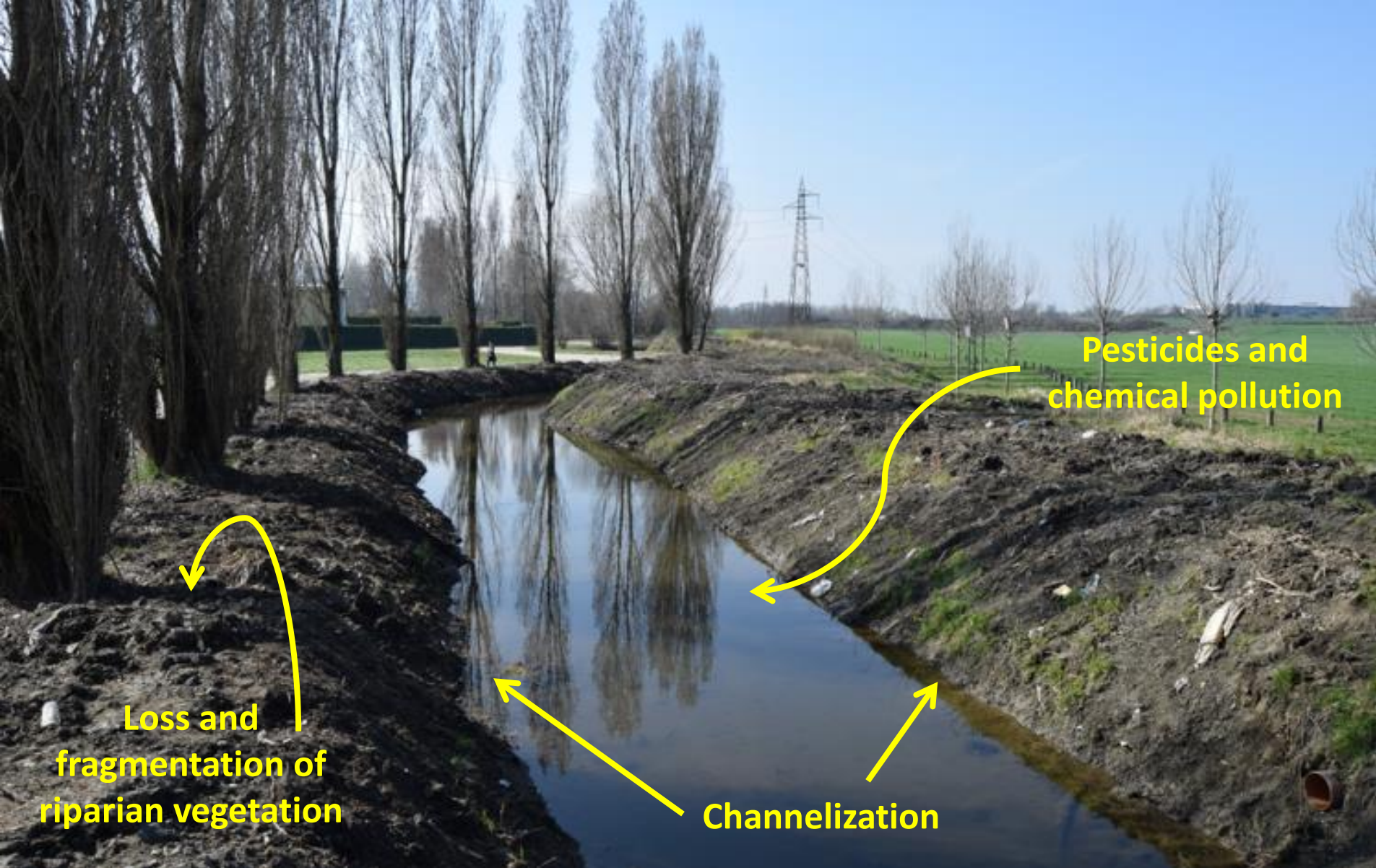
Alcune limitazioni:



Stessi taxa ?

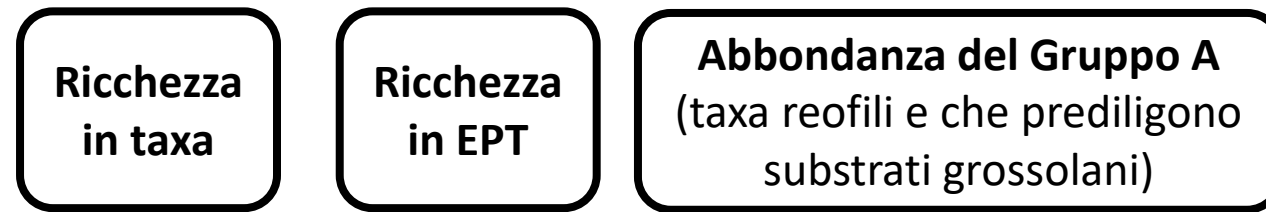
Informazioni su tolleranza/sensibilità ?

Alcune limitazioni: molti dei precedenti indici sono stati sviluppati in contesto agricolo



Siltation Index for LoTic EcoSystems (SILTES)

- ✓ Indice **stressor-specifico**: appositamente sviluppato per quantificare l'impatto dell'eccessiva deposizione di sedimento fine. Vuole essere un supporto all'indice STAR_ICMi
- ✓ Indice **multimetrico** basato sulla comunità a **macroinvertebrati bentonici**
- ✓ 3 metriche:



$$\text{SILTES} = \frac{\left(\frac{m - m_{\min}}{m_{\max} - m_{\min}} + \frac{m - m_{\min}}{m_{\max} - m_{\min}} + \frac{m - m_{\min}}{m_{\max} - m_{\min}} \right)}{3}$$

Da dove nasce l'indice SILTES?

- ✓ Esperienza pregressa sugli effetti della sedimentazione fine e biomonitoraggio
- ✓ Necessità di un indice stressor-specifico



ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Limnologica 37 (2007) 186–192

Effects of clogging on stream macroinvertebrates: An experimental approach

Tiziano Bo, Stefano Fenoglio*, Giorgio Malacarne, Massimo Pessino, Francesca Sgariboldi

Journal of Freshwater Ecology, 2016
Vol. 31, No. 2, 299–302, <http://dx.doi.org/10.1080/02705060.2015.1124297>



NOTE

Fine sedimentation affects CPOM availability and shredder abundance in Alpine streams

Alberto Doretto^a, Francesca Bona^a, Elisa Falasco^a, Elena Piano^a, Paolo Tizzani^b and Stefano Fenoglio^{c*}

J. Limnol., 2017; 76(s1): 21-28
DOI: 10.4081/jlimnol.2016.1584

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Biomonitoring with macroinvertebrate communities in Italy: what happened to our past and what is the future?

Tiziano BO,¹ Alberto DORETTO,² Alex LAINI,³ Francesca BONA,² Stefano FENOGLIO^{1*}

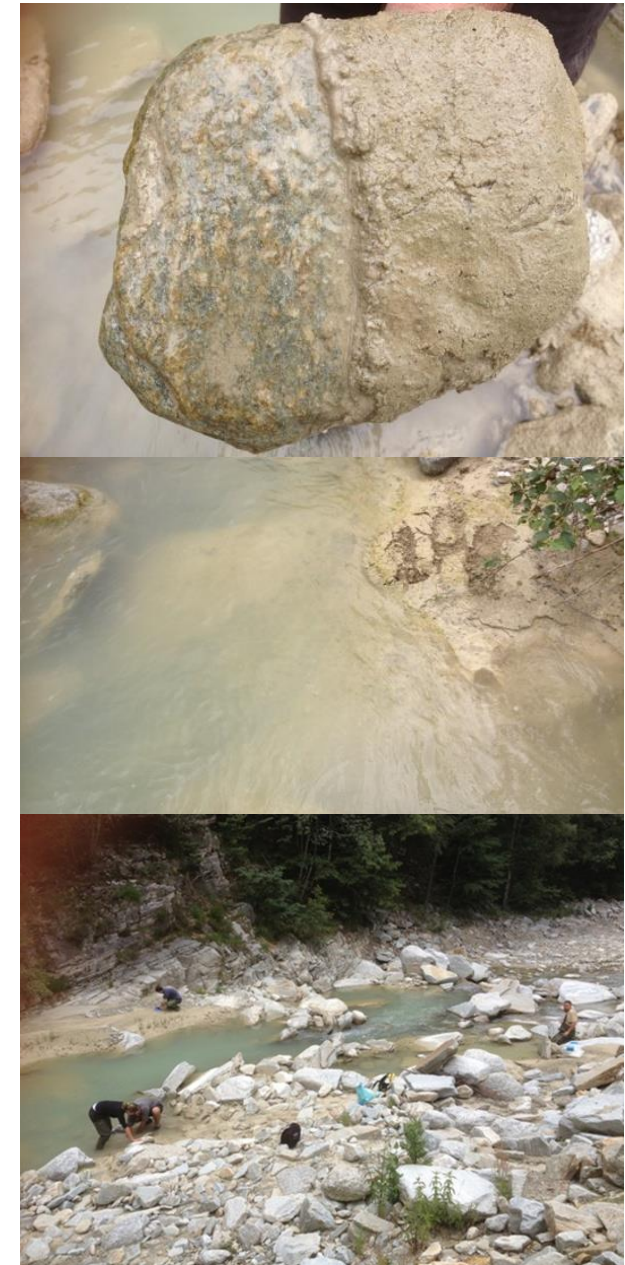
RIVER RESEARCH AND APPLICATIONS

River Res. Applic. 32: 1316–1326 (2016)

Published online 20 August 2015 in Wiley Online Library
(wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/rra.2941

INCREASED SEDIMENT LOADS IN ALPINE STREAMS: AN INTEGRATED FIELD STUDY

F. BONA^{a*}, A. DORETTO^a, E. FALASCO^a, V. LA MORGIA^b, E. PIANO^a, R. AJASSA^c AND S. FENOGLIO^d





Contents lists available at ScienceDirect

Ecological Indicators

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



Research paper

How to assess the impact of fine sediments on the macroinvertebrate communities of alpine streams? A selection of the best metrics

Alberto Doretto^{a,1}, Elena Piano^{a,*,1}, Francesca Bona^a, Stefano Fenoglio^b

^a DBIOS, University of Turin, Via Accademia Albertina 13, I-10123 Turin, Italy

^b DISIT, University of Piemonte Orientale, Viale Teresa Michel 25, I-15121 Alessandria, Italy



- ✓ Individuare le metriche di comunità che maggiormente rispondono all'aumento del sedimento fine
- ✓ Sulla base di queste creare un nuovo indice multi-metrico



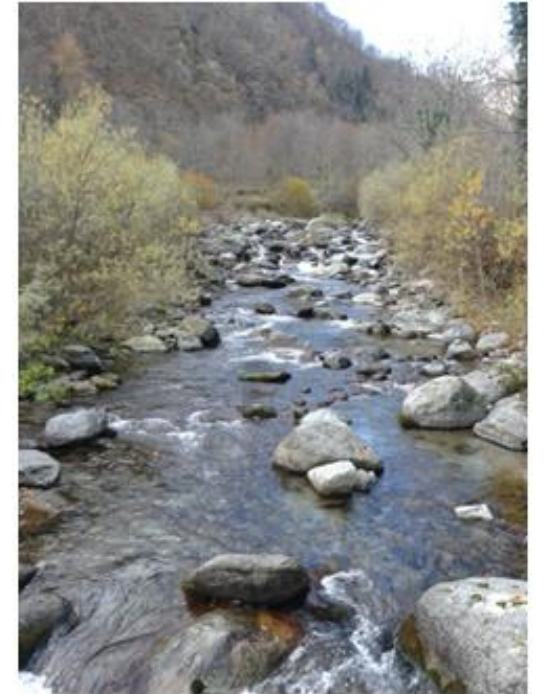
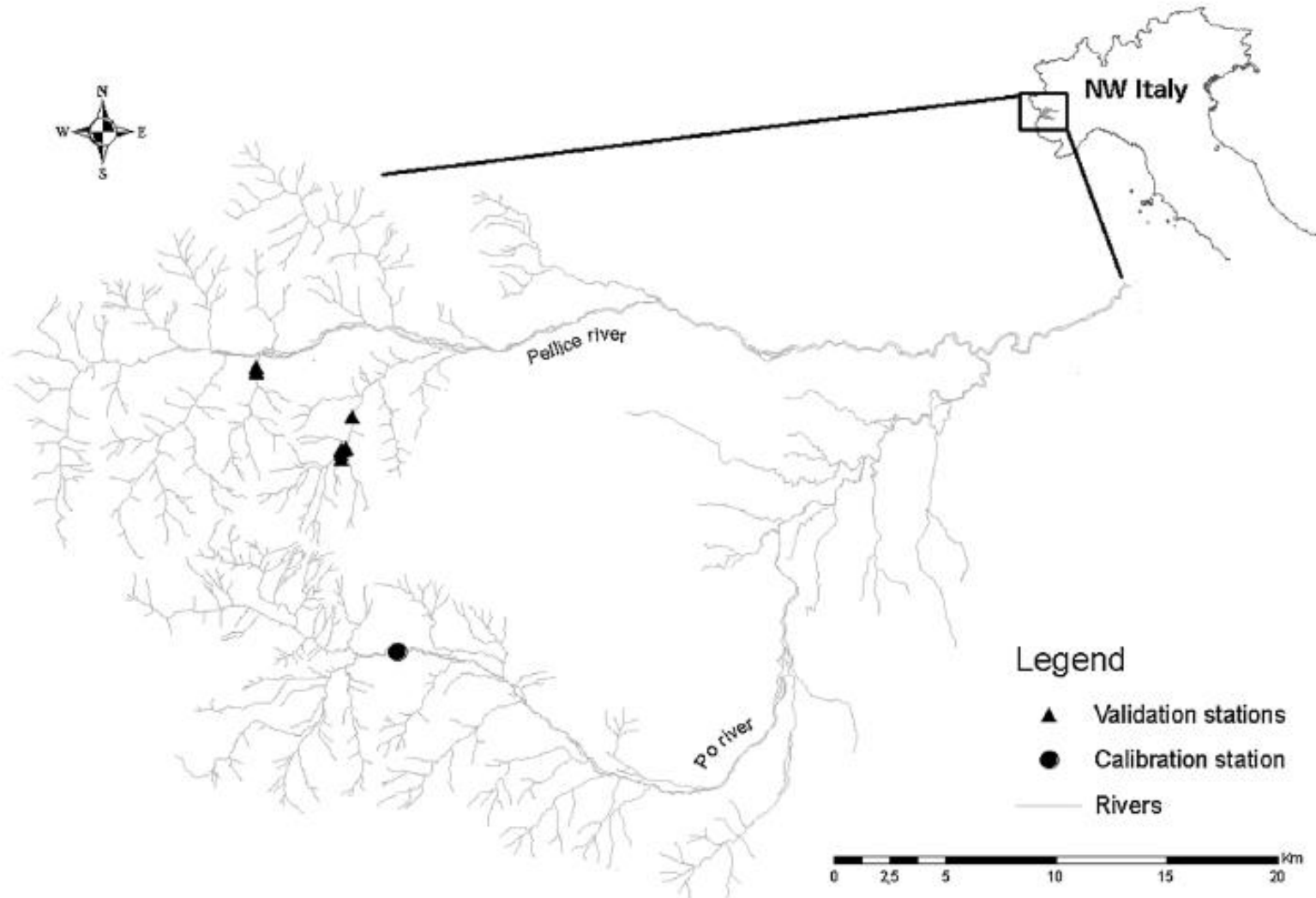
Come prima cosa sono state selezionate **12 metriche** sulla base della letteratura scientifica

Table 2

Candidate community metrics used in this study and relative categories, ecological information and references.

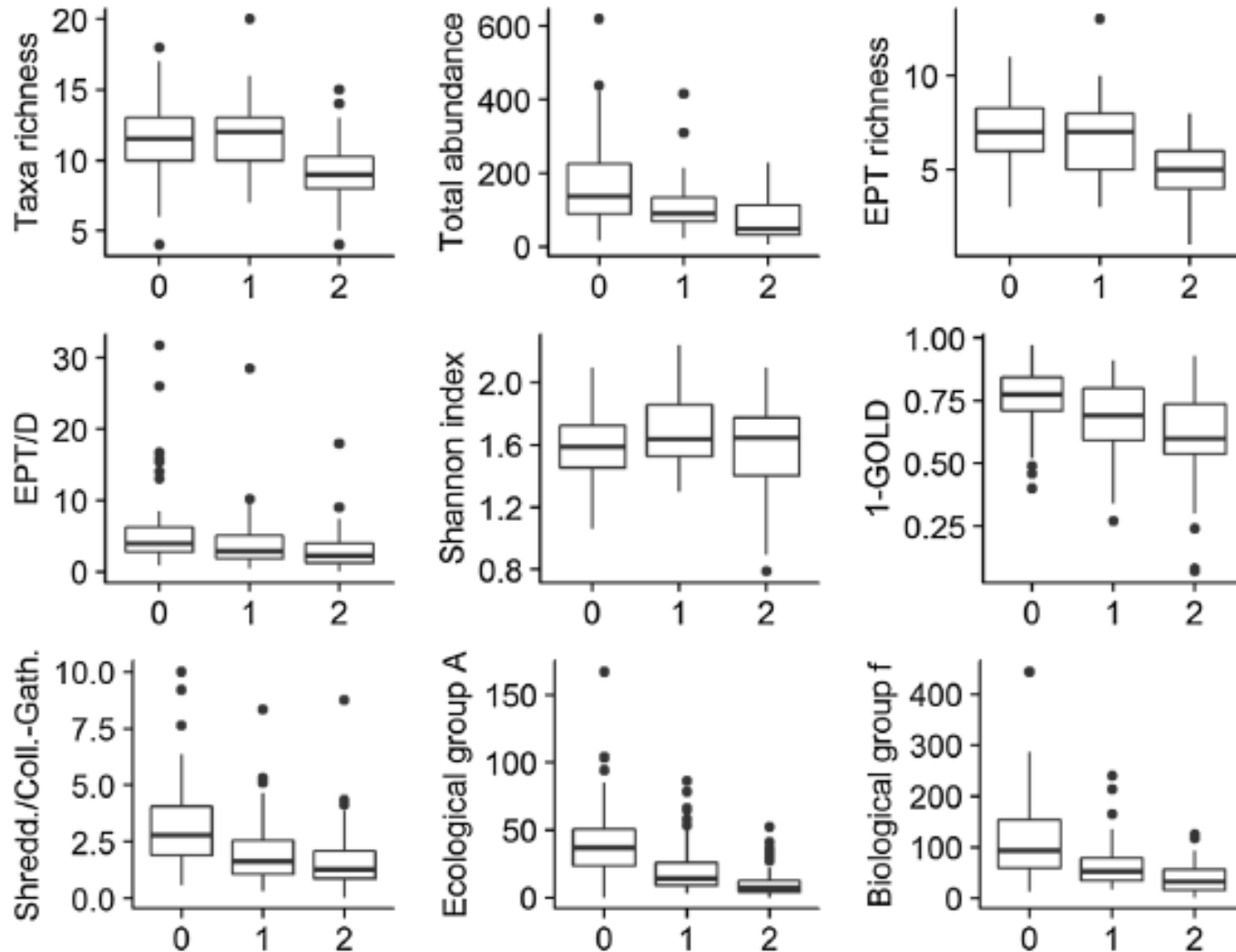
Metric	Category	Ecological information
Taxa richness (S)	Compositional	Richness/diversity
Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera richness (EPT S)	Compositional	Richness/diversity
Inverse relative abundance of Gasteropoda-Oligochaeta-Diptera (1-GOLD)	Structural	Sensitivity/tolerance
Shannon-Wiener index (H')	Compositional	Richness/diversity
Total abundance (N)	Structural	Composition/abundance
Ratio between Ephemeroptera,-Plecoptera-Trichoptera and Diptera (EPT/D)	Structural	Composition/abundance
Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera percentage (EPT%)	Compositional	Sensitivity/tolerance
Abundance of Chironomidae	Structural	Composition/abundance
Chironomidae/Diptera	Structural	Composition/abundance
Shredders/Collector-gatherers	Functional	Functional traits
Abundance of biological group f (univoltine, large-sized taxa)	Functional	Functional traits
Abundance of ecological group A (rheophilous and stony-associated taxa)	Functional	Functional traits

La loro risposta alla quantità di sedimento fine è stata testata usando 2 database indipendenti

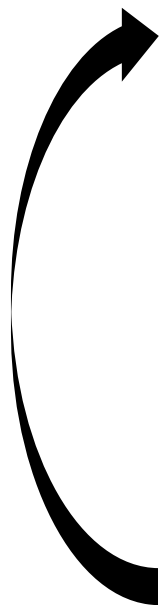
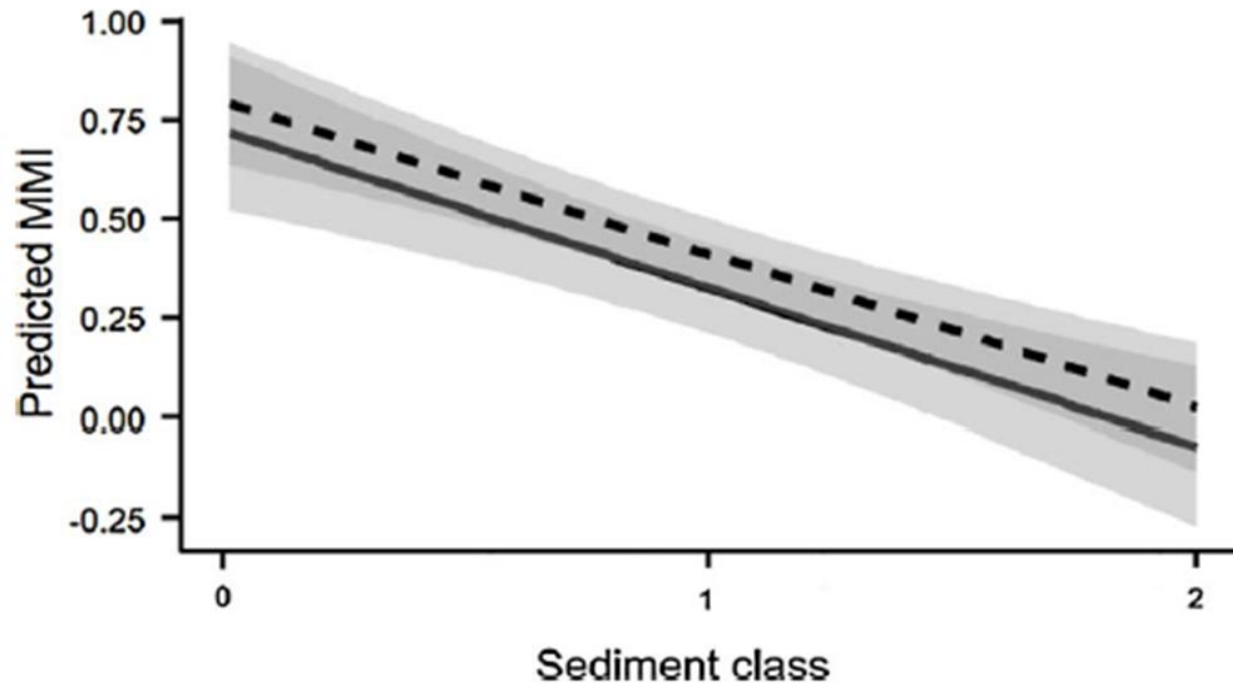


Dataset di calibrazione (Fiume Po)

Esperimento manipolativo: **135 substrati artificiali** riempiti con diverse percentuali di sedimento fine (0%, 50%, 66%)



Database di validazione: attività estrattive come fonte di sedimento fine




- Ricchezza
in taxa
- Ricchezza
in EPT
- Abbondanza del Gruppo A
(taxa reofili e che prediligono
substrati grossolani)

$$\text{SILTES} = \frac{\left(\frac{m - m_{\min}}{m_{\max} - m_{\min}} + \frac{m - m_{\min}}{m_{\max} - m_{\min}} + \frac{m - m_{\min}}{m_{\max} - m_{\min}} \right)}{3}$$



Comba-Liussa

Effectiveness of artificial floods for benthic community recovery after sediment flushing from a dam

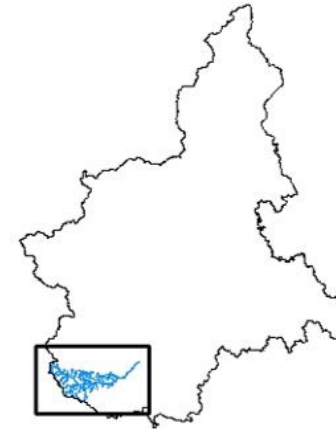
Alberto Doretto  · Tiziano Bo · Francesca Bona · Mattia Apostolo · Davide Bonetto · Stefano Fenoglio



— le parole che valgono, le notizie che restano —

ATTUALITÀ | lunedì 18 gennaio 2016, 12:15

Fiume Stura osservato speciale dopo le operazioni di svasso da parte dell'Enel



Roccasparvera (CN)
Gennaio 2016



Interventi alla diga di Roccasparvera

REDAZIONE / 24 GENNAIO 2016





7-8 Gennaio 2016

Svaso dall'impianto
di Roccasparvera



Marzo 2016

Impatto persistente



Maggio 2016

Ricacci artificiali come
strategia per rimuovere
il sedimento



Dicembre 2015 –

Dicembre 2017

Biomonitoraggio
(macroinvertebrati)

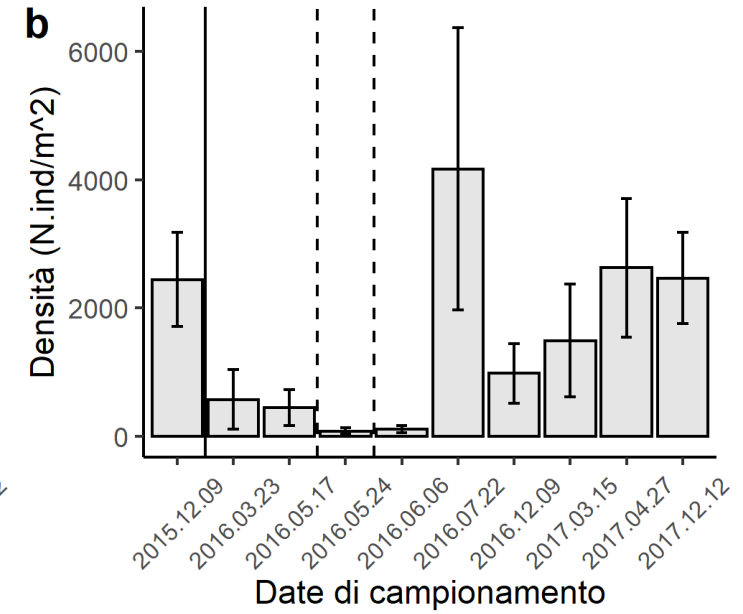
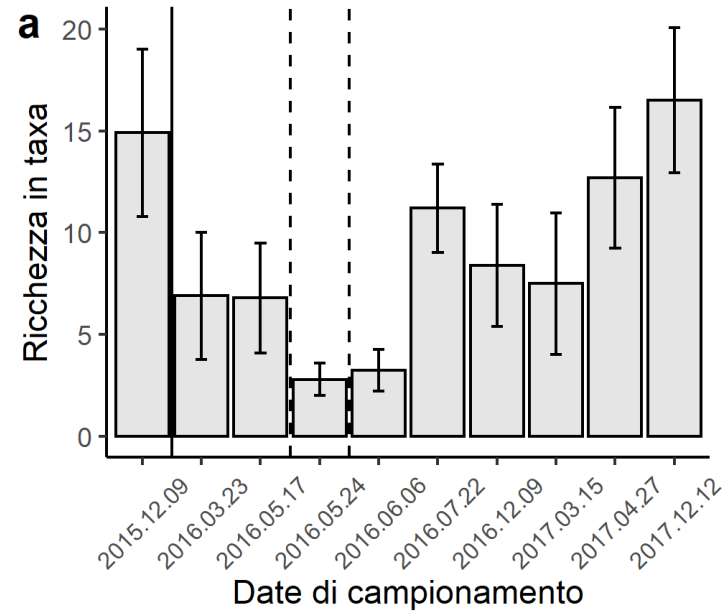
- ✓ 10 campagne di campionamento (circa 2 anni)
- ✓ 7680 invertebrati campionati
- ✓ 38 famiglie diverse



Settore Presidio del Territorio – Ufficio
polizia locale faunistico ambientale

→ Fluitazione

- - - → Ricacci d'acqua

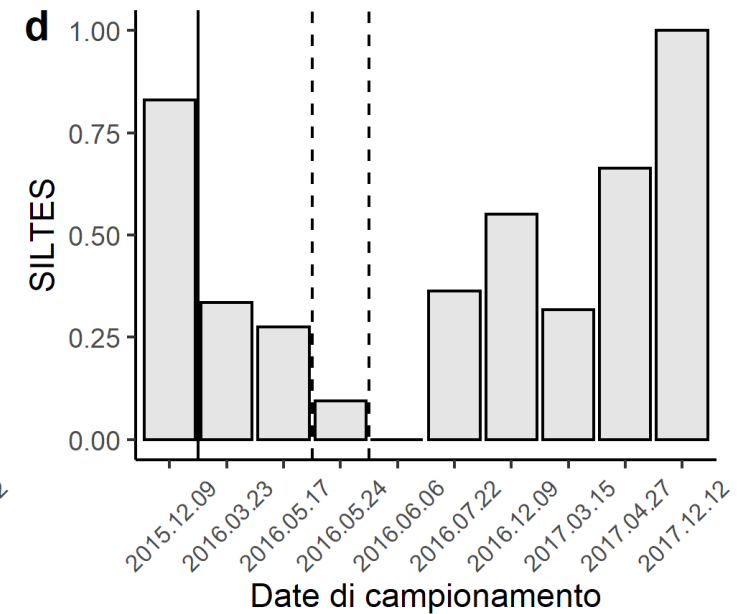
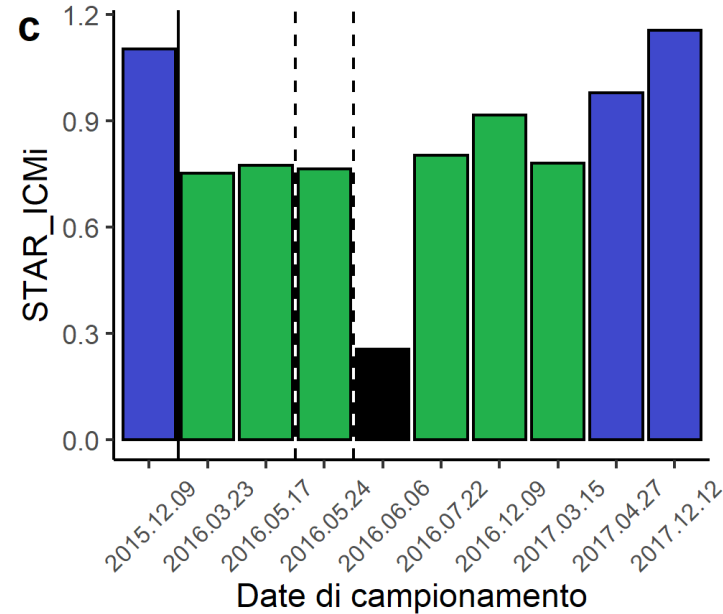


Classi di qualità STAR_ICMi:

Elevato

Buono

Scarso





ELSEVIER

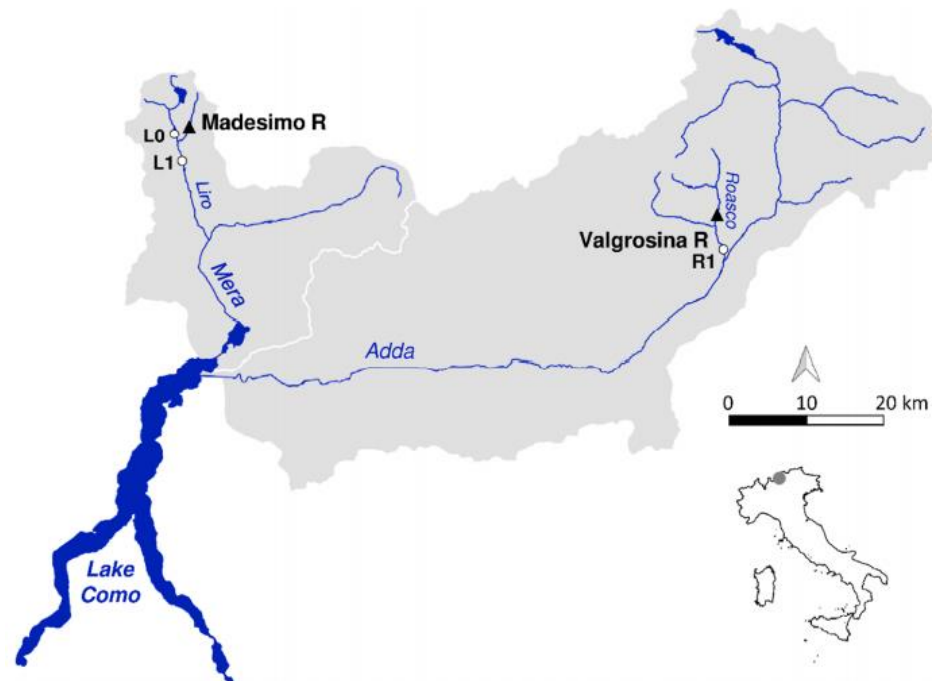
Contents lists available at [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com)

Ecological Indicators

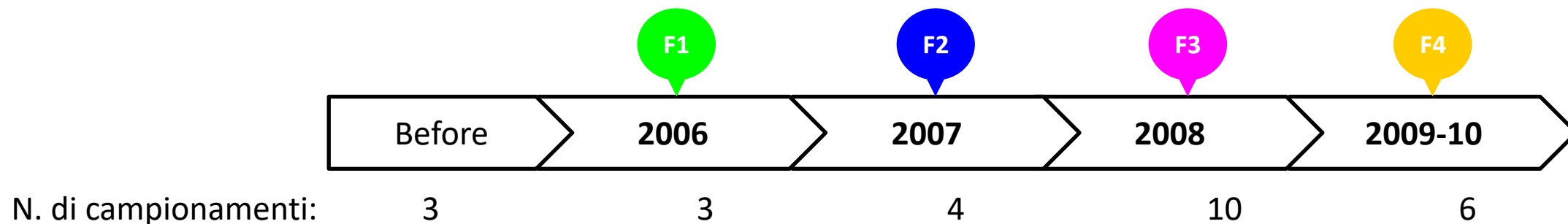
journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolind

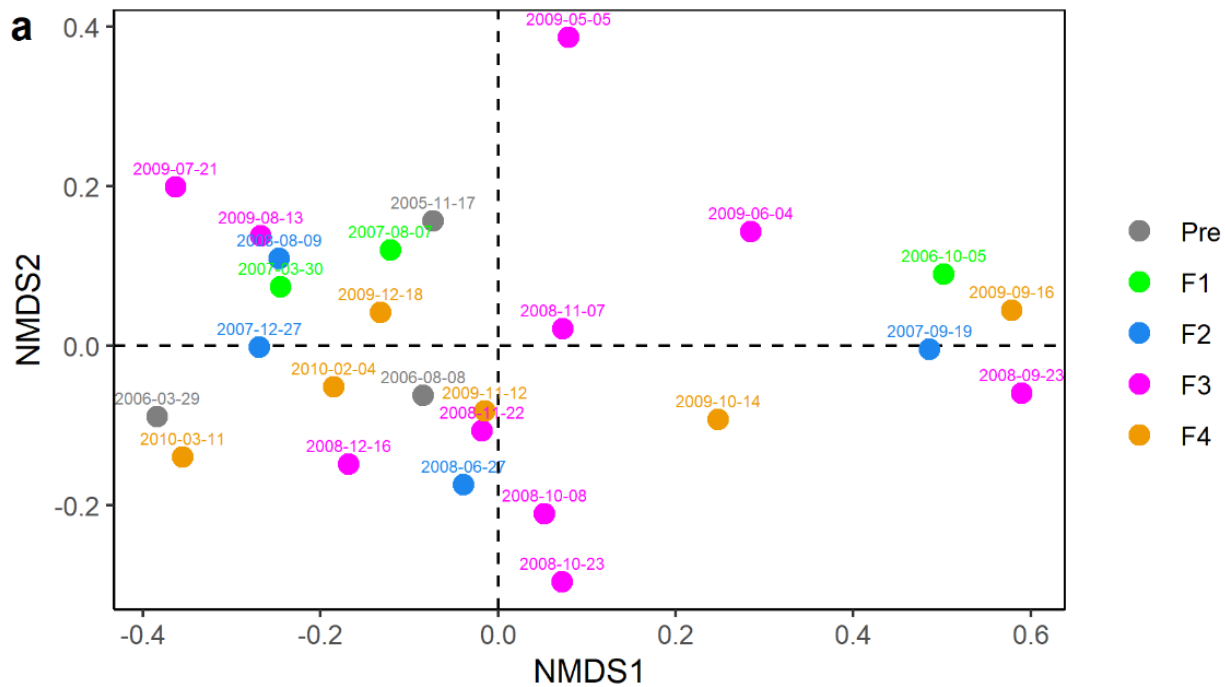
Beta-diversity and stressor specific index reveal patterns of macroinvertebrate community response to sediment flushing

Alberto Doretto ^{a,b,*,1}, Elena Piano ^{b,c}, Stefano Fenoglio ^{b,c}, Francesca Bona ^{b,c}, Giuseppe Crosa ^d, Paolo Espa ^e, Silvia Quadroni ^{d,*,2}



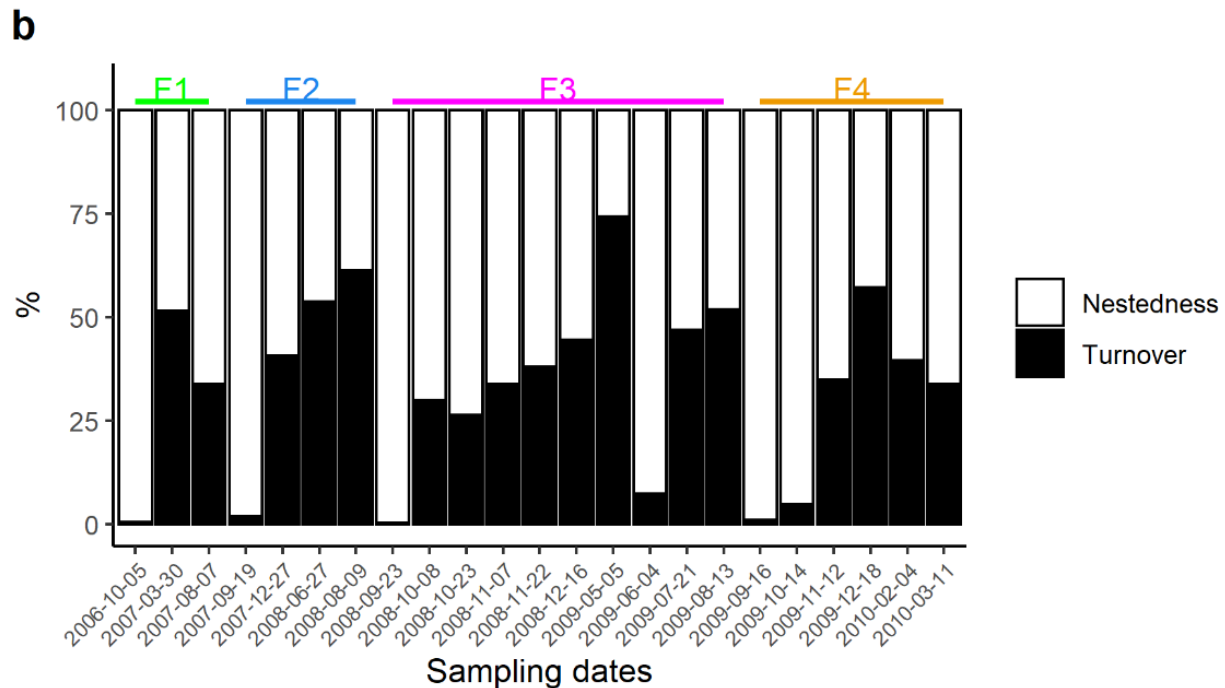
Sito di campionamento interessato da operazione di fluitazione effettuate nella stessa stagione (agosto-settembre) ma su più anni consecutivi (2006-2010)





Cambiamenti nella
composizione tassonomica
delle comunità
macrobentoniche

Dal confronto con i dati pregressi, emerge
che tali cambiamenti sono attribuibili per
lo più alla perdita di taxa (nestedness),
soprattutto nelle prime date di
campionamento dopo la fluitazione



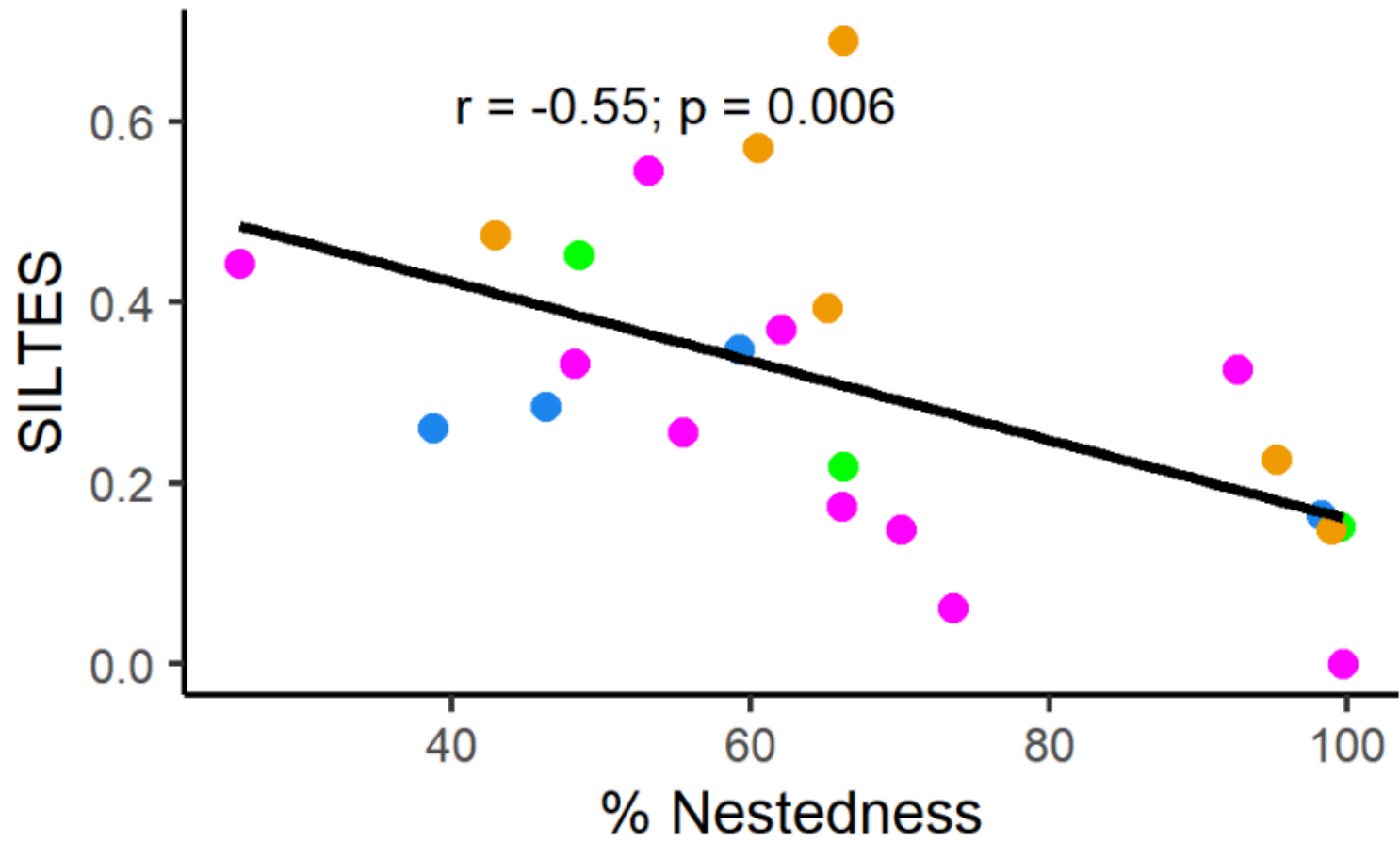
Global Ecology and Biogeography, (Global Ecol. Biogeogr.) (2010) 19, 134–143

MACROECOLOGICAL
METHODS

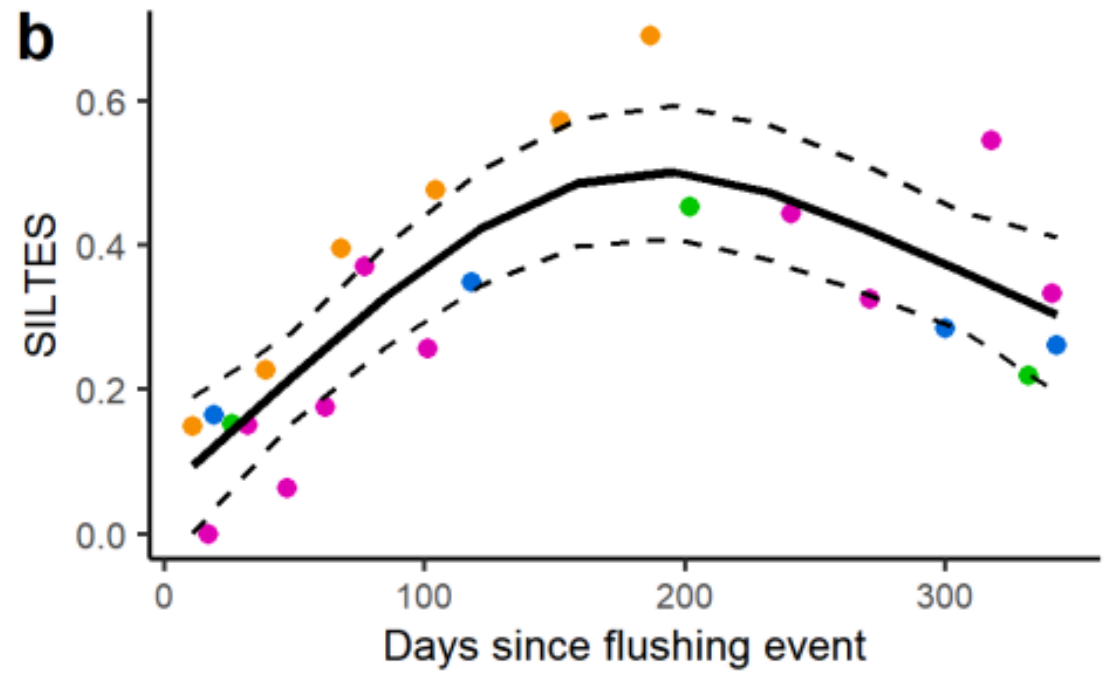
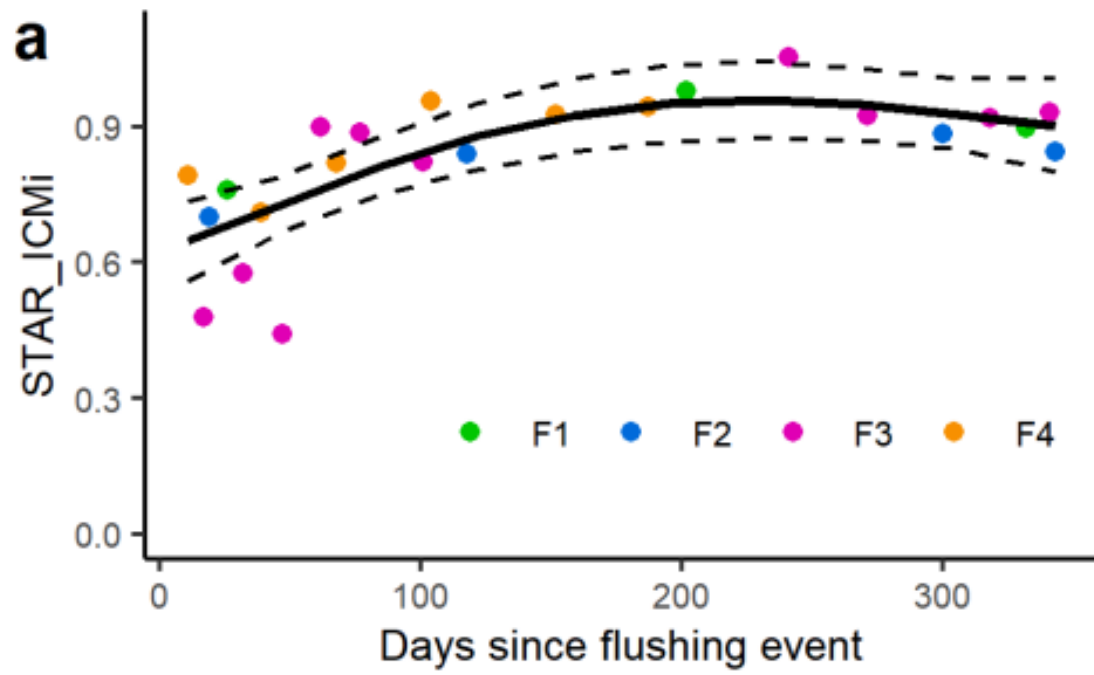


Partitioning the turnover and
nestedness components of beta diversity

Andrés Baselga*



Forte correlazione tra l'indice SILTES e la percentuale di nestedness



Confronto tra STAR_ICMi e indice SILTES

3 diversi mesohabitat



Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst. 2022, 423, 2
© A. Doretto *et al.*, Published by EDP Sciences 2022
<https://doi.org/10.1051/kmae/2021037>

www.kmae-journal.org

Knowledge &
Management of
Aquatic
Ecosystems

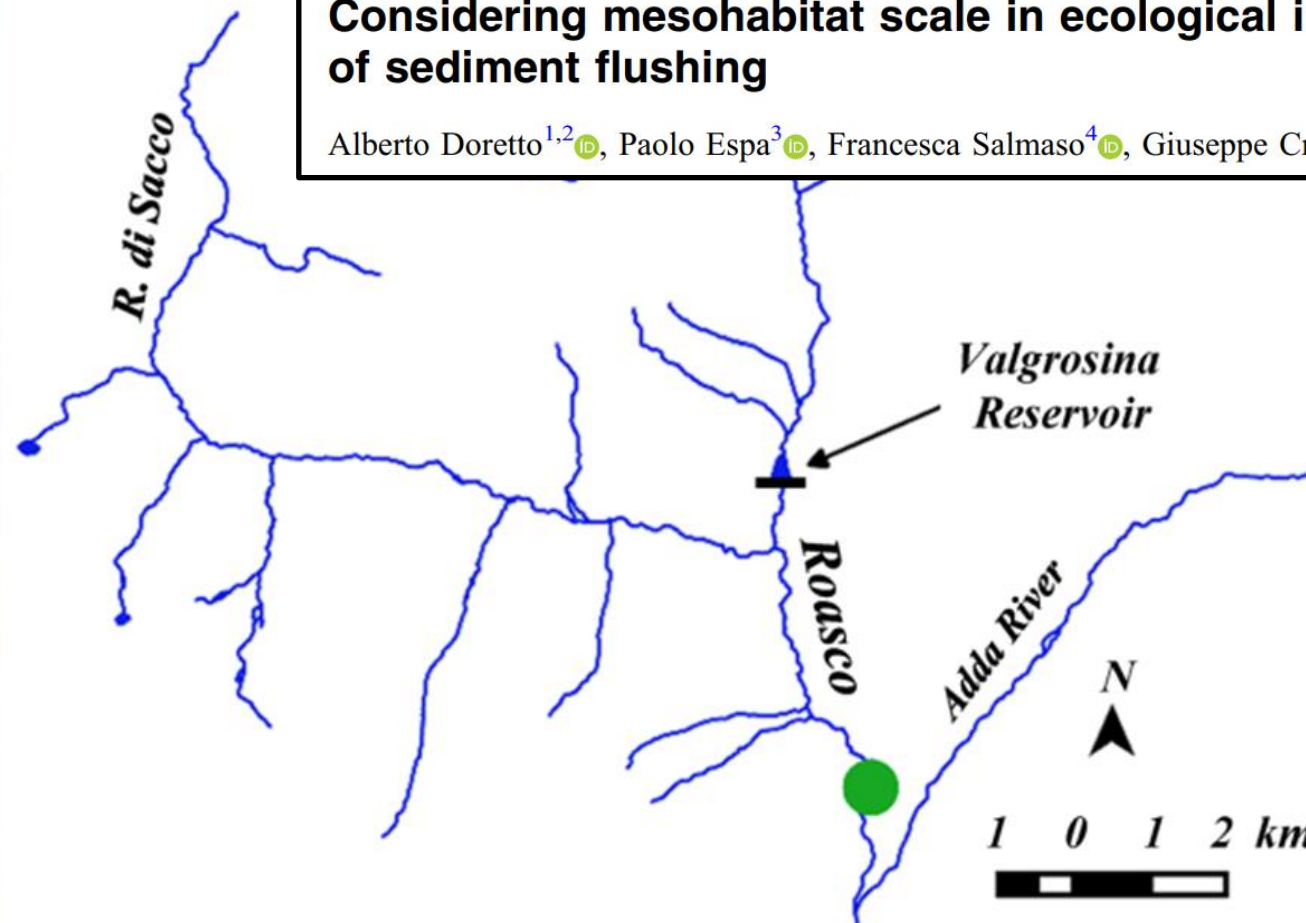
Journal fully supported by Office
français de la biodiversité

RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Considering mesohabitat scale in ecological impact assessment of sediment flushing

Alberto Doretto^{1,2}, Paolo Espa³, Francesca Salmaso⁴, Giuseppe Crosa⁴ and Silvia Quadroni^{4,*}



1 Campionamento pre-fluitazione

5 Campionamenti post-fluitazione (ca 1 anno dopo)

Confronto tra SILTES e indice DFSI (Deposited Fine Sediment Index)

Il DFSI è un indice biotico basato sulla risposta taxon-specifica dei singoli taxa alla quantità di sedimento fine

Development and validation of a macroinvertebrate-based biomonitoring tool to assess fine sediment impact in small mountain streams

Alexander Gieswein ^{a,*}, Daniel Hering ^{a,b}, Armin W. Lorenz ^{a,b}

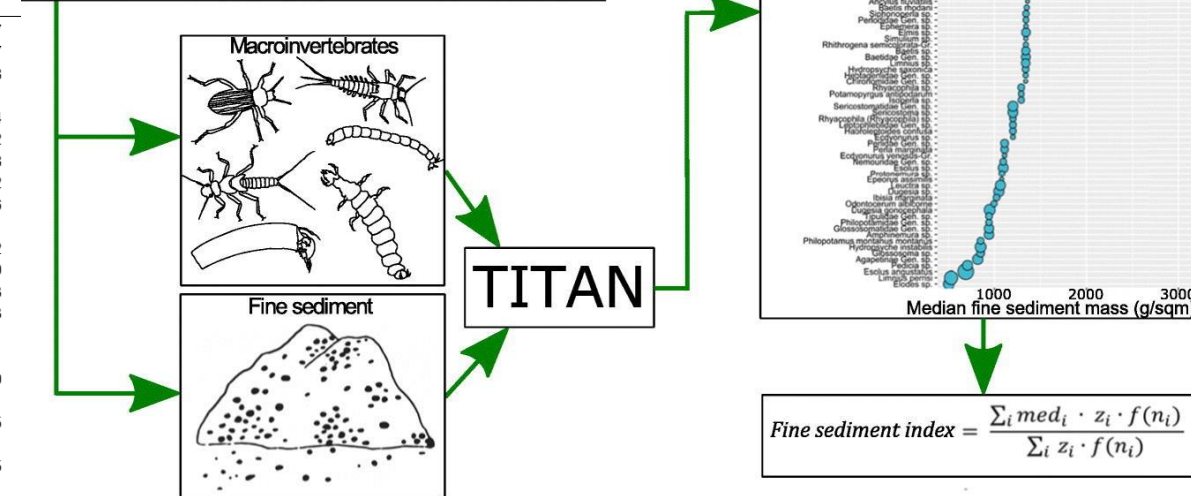
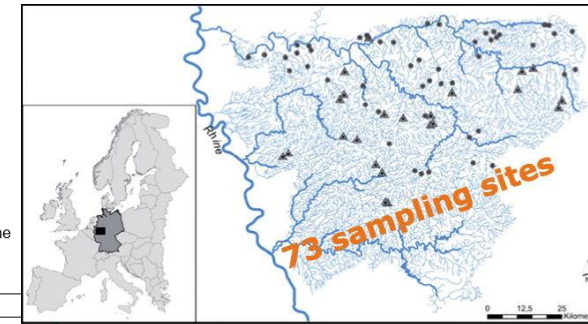
^a Department of Aquatic Ecology, Faculty of Biology, University of Duisburg-Essen, Universitätsstrasse 5, D-45141 Essen, Germany
^b Centre of Water and Environmental Research, University of Duisburg-Essen, Universitätsstrasse 5, D-45141 Essen, Germany

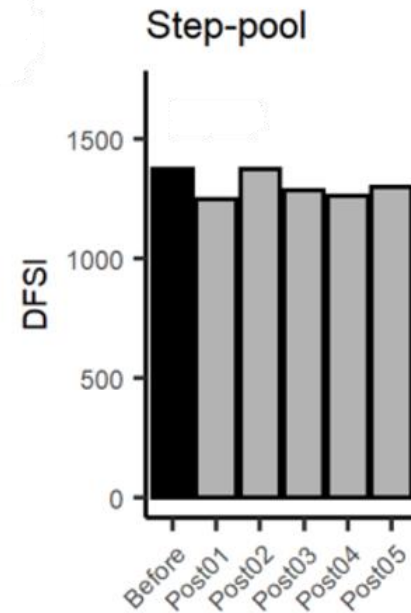
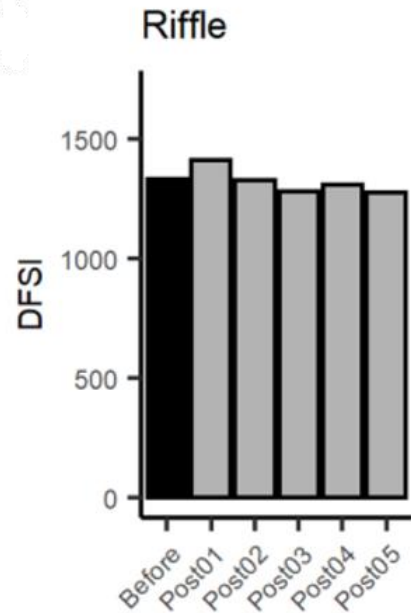
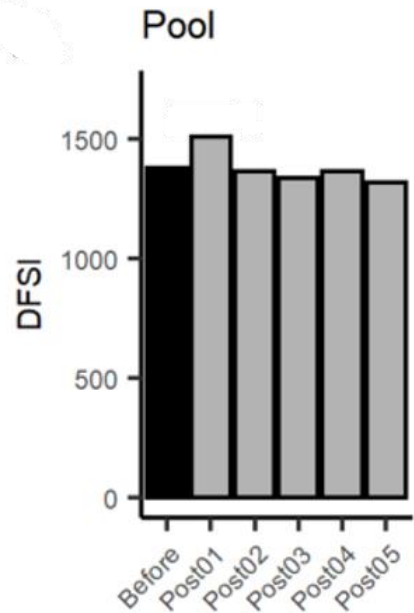
Table S3

Indicator taxa (reliability ≥ 0.7) identified via TITAN in response to fine sediment stressor gradient.

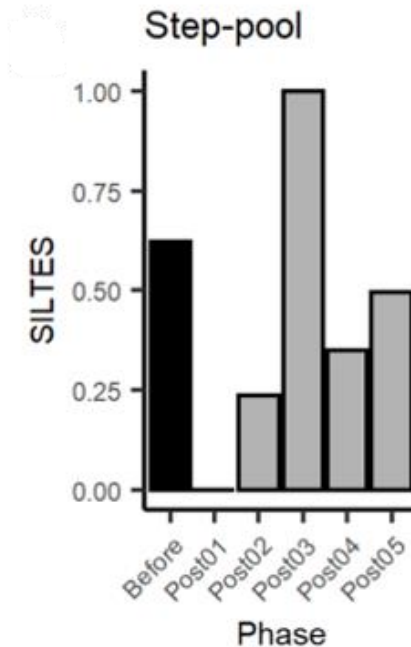
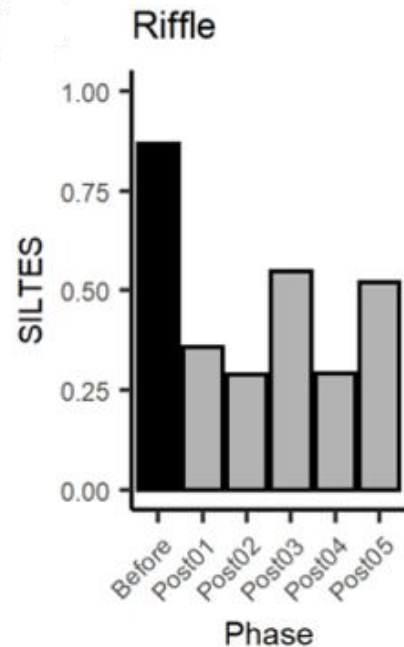
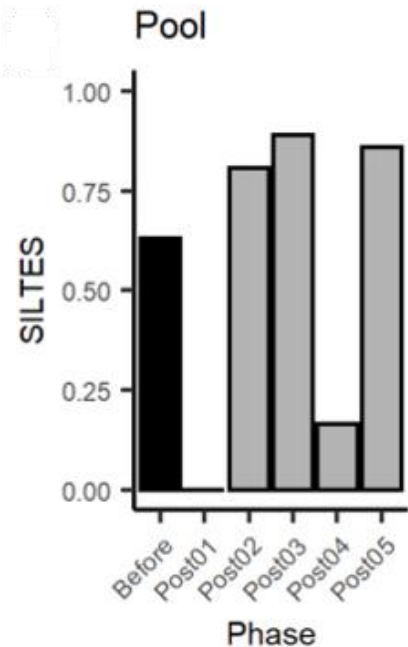
Taxa are listed in descending order by z-score. Frequency specifies the number of sampling sites at which each taxon occurred in the data set. The median, mean, range and SD represent the value of the fine sediment mass of all sampling sites at which each indicator taxon occurred.

Taxon	Taxonomic group	Level	Frequency	Z-score	Reliability	Fine sediment mass (g/m ²)			
						Median	Mean	Range	SD
<i>Esolus angustatus</i>	Coleoptera	Species	8	7.33	0.84	688	1078	116-3500	1137
<i>Gammarus roeselii</i>	Amphipoda	Species	5	6.59	0.90	3017	5839	1607-10751	3987
<i>Ergobdella</i> sp.	Hirudinea	Genus	17	6.58	1.00	1978	3403	716-20930	4648
<i>Procladius olivacea</i>	Diptera	Species	19	6.46	0.99	1978	4201	116-20930	4921
<i>Ergobdella octoculata</i>	Hirudinea	Species	14	6.35	1.00	2121	3751	716-20930	5074
<i>Limnius perrisi</i>	Coleoptera	Species	8	6.31	0.96	526	1289	188-4223	1452
Tubificidae Gen. sp.	Oligochaeta	Family	17	5.76	1.00	2590	4163	716-20930	4888
<i>Elodes</i> sp.	Coleoptera	Genus	7	5.11	0.93	502	1518	188-5760	2042
<i>Dugesia gonocephala</i>	Turbellaria	Species	25	4.99	0.99	948	1458	116-9286	1806
<i>Hydrosyche instabilis</i>	Trichoptera	Species	11	4.98	0.93	849	1005	116-2733	789
Agapetinae Gen. sp.	Trichoptera	Sub-Family	8	4.72	0.71	819	1167	116-3500	1112
<i>Dugesia</i> sp.	Turbellaria	Genus	26	4.69	0.99	1048	1454	116-9286	1770
<i>Ergobdellidae</i> Gen. sp.	Hirudinea	Family	21	4.62	0.93	1833	2974	346-20930	4273
<i>Leuctra</i> sp.	Elsoptera	Genus	28	4.57	0.99	1064	1326	116-4314	1023
Sericostomatidae Gen. sp.	Trichoptera	Family	40	4.55	0.92	1200	1397	116-4223	963
<i>Pedicia</i> sp.	Diptera	Genus	7	4.50	0.94	707	718	188-1291	408
<i>Elmis aenea</i>	Coleoptera	Species	19	4.49	0.99	1834	1956	116-4223	1060
<i>Sericostoma</i> sp.	Trichoptera	Genus	40	4.49	0.92	1200	1397	116-4223	963
<i>Esolus</i> sp.	Coleoptera	Genus	18	4.47	0.88	1095	1384	116-4223	1125
<i>Amphinemura</i> sp.	Elsoptera	Genus	13	4.30	0.96	941	998	317-1903	559
<i>Brillia bifida</i>	Diptera	Species	6	4.27	0.77	1832	5262	188-20930	7825
Glossosomatidae Gen. sp.	Trichoptera	Family	13	4.25	0.93	941	1077	116-3500	900





Scarse differenze tra le date di campionamento e anche tra i diversi mesohabitat



Marcate differenze tra le date di campionamento e anche tra i diversi mesohabitat

In conclusione:

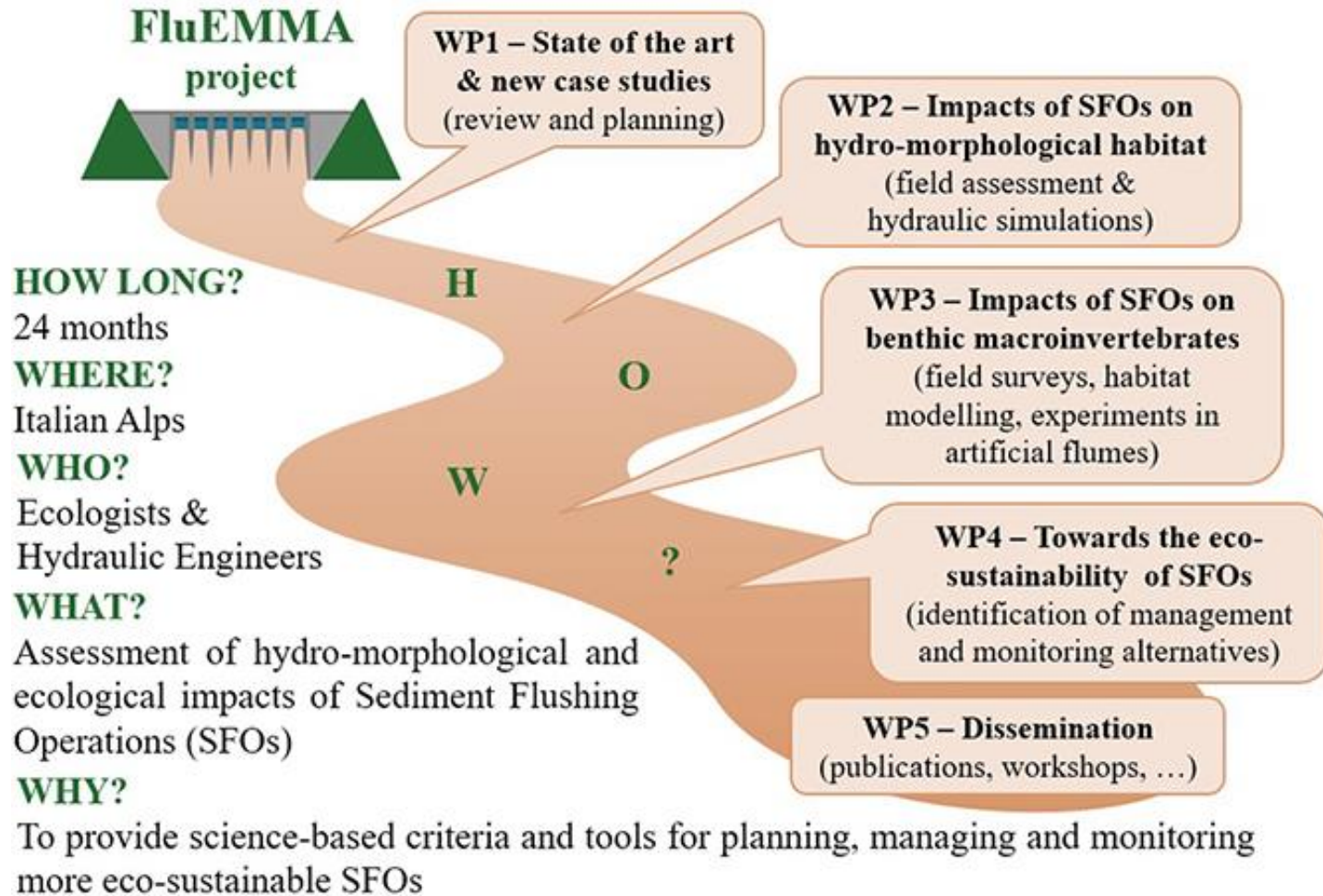
- **Macroinvertebrati sono dei buoni bioindicatori per monitorare l'effetto delle operazioni di fluitazione (e conseguente sedimentazione) sull'ecosistema fluviale**
- **L'indice SILTES sembra fornire prestazioni migliori rispetto all'indice tuttora previsto dalla normativa italiana (indice STAR_ICMi)**

Sviluppi futuri:

- **Validare ulteriormente l'indice SILTES con altri casi studio relativi ad operazioni di fluitazione nell'arco alpino**
- **Utilizzare l'indice SILTES per il monitoraggio**



An interdisciplinary approach to study sediment **Flushing** operations from alpine reservoirs: **Ecological, hydro-Morphological and Management Aspects (FluEMMA)**



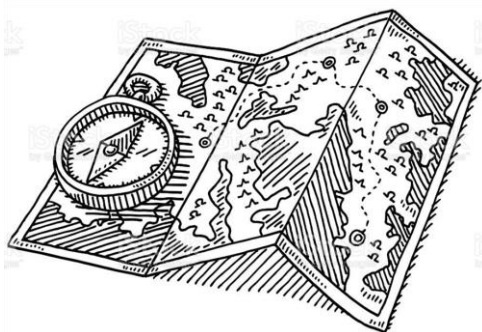
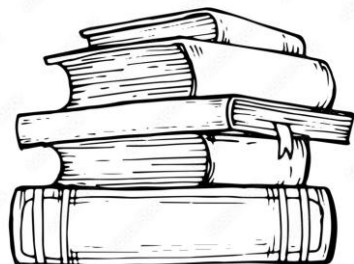
Progetto di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN) 2022



FREIE UNIVERSITÄT BOZEN
LIBERA UNIVERSITÀ DI BOLZANO
FREE UNIVERSITY OF BOZEN · BOLZANO

WP1

Stato dell'arte e selezione di nuovi casi studio



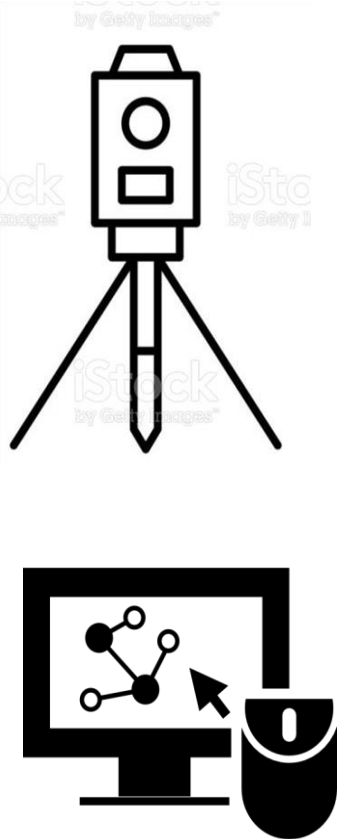
- Analisi bibliografica della letteratura scientifica e degli articoli pubblicati a livello nazionale e internazionale
- Screening delle linee guida normative e/o documenti tecnici disponibili a livello regionale, nazionale e internazionale
- Analisi di dati pregressi relativi ad eventi di svaso e fluitazione di sedimenti in contesto alpino
- Selezione di nuovi casi studio

Collaborazioni con:



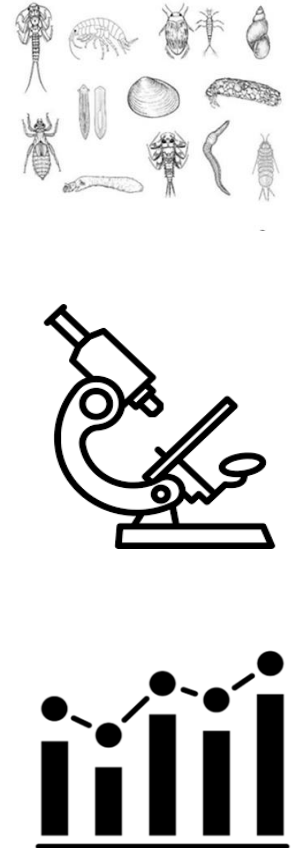
WP2 Impatti sull'habitat idro-morfologico

- Caratterizzazione del trasporto solido e del deposito di sedimento fine durante e dopo le operazioni di svaso e fluitazione
- Rilievi in campo e analisi batimetriche
- Modelli e simulazioni idrauliche (1D, 2D/3D) e di disponibilità di habitat



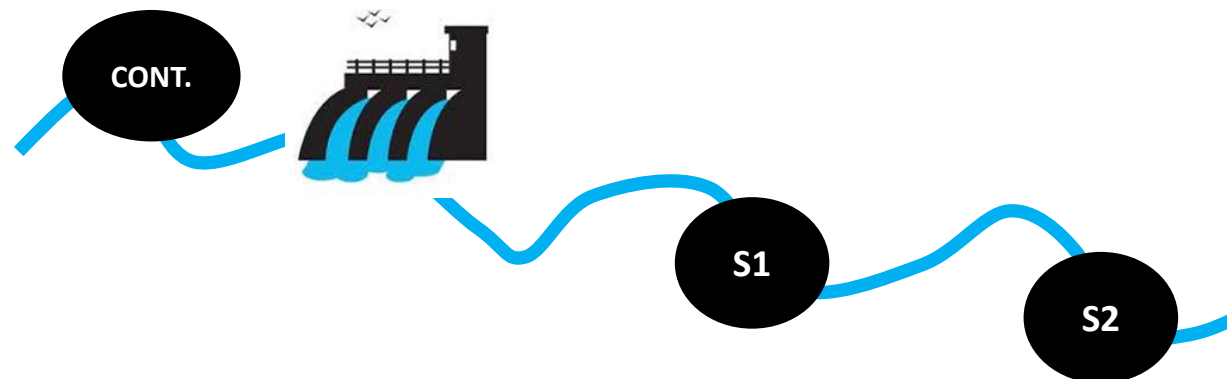
WP3 Impatti sul macrobenthos

- Effetti delle operazioni di svaso e fluitazione sulla ricchezza, abbondanza e composizione delle comunità macrobentoniche
- Valutazione della capacità di resilienza delle comunità macrobentoniche
- Identificazione delle migliori metriche e/o indici di biomonitoraggio



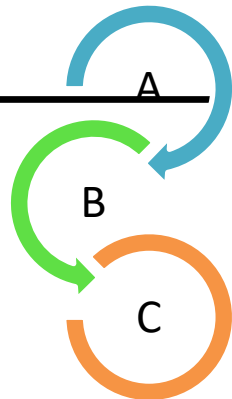
Before-After-Control-Impact (BACI) experimental design

WP(s)			Attività / Dati	PRE		DURANTE	POST (mesi)							
2	3	4		PRE1	PRE2		1	2	3	5	7	9	11	13
X	X	X	Pebble count x 10 transetti	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	McNeil X 3 (monte, centro, valle)		X		X			X				
X	X	X	Topografia / batimetria		X		X			X				
X		X	Torbidità e portata			X								
	X	X	10 Surber (macrobenthos)	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	Velocità X 10 Surber	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	Profondità X 10 Surber	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
	X		Chl-a X 10 Surber (integrato)	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	% fine X 10 Surber	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	Spessore deposito X 10 Surber	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
	X	X	Microhabitat X 10 Surber	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
	X		CPOM x 10 Surber	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X



WP4 Possibili soluzioni gestionali

- Fornire e/o integrare linee guida per lo svolgimento e il monitoraggio delle operazioni di svaso e fluitazione
- Condividere le migliori metodologie e indicatori per tutto l'arco alpino



WP5 Disseminazione dei risultati

- Pubblicazioni scientifiche
- Contributi a congressi nazionali e internazionali
- Workshop con stakeholders
- Social media



Possibilità di condurre
esperimenti manipolativi
utilizzando il set di fiumi
artificiali del Centro
ALPSTREAM (Ostana, CN)



Work in progress & sviluppi futuri



EXPERIMENTAL DESIGN

Days	0 to 21	22	23 (and 24)	38 (39)	40
Tasks / activities	Opening flume inlet for natural colonization + kick samples addition	Sediment addition in TREATMENT flumes only (7.5 kg m ²)	T1 sampling (all flumes): 9 cylinders per flume + 6 surber samples	2 weeks	T2 sampling (all flumes): 9 cylinders per flume + 6 surber samples



UNIVERSITÀ DEL PIEMONTE ORIENTALE

Grazie per l'attenzione

Alberto Doretto

alberto.doretto@uniupo.it

