

Corso su interventi di riqualificazione integrata idraulico-ambientale dei canali gestiti dai Consorzi di Bonifica

Progetto LIFE RINASCE – Reggio Emilia 8 ottobre 2019

Applicazioni dell'ecologia fluviale: degrado, riqualificazione, beni e servizi dell'ecosistema

Pierluigi Viaroli

**Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità
Ambientale – Università di Parma**

Foto : Autorità di Bacino del Fiume Po

1. Principi e concetti dell'ecologia fluviale
 - 1.1. approccio tradizionale
 - 1.2. complessità del «filtro fluviale» nell'Antropocene
2. Il degrado: pressioni locali e cambiamenti globali
3. Vegetazione e comunità microbiche negli ecosistemi acquatici: processi e funzioni
4. Beni e servizi ecosistemici
 - 4.1. Investire sulla natura
 - 4.2. la parte nascosta del «filtro fluviale»: gli ambienti acquatici minori
5. La riqualificazione fluviale: una scommessa per sfruttare i servizi ecosistemici ?

1. Principi e concetti dell'ecologia fluviale

1.1. approccio tradizionale

1.2. complessità del «filtro fluviale» nell'Antropocene

2. Il degrado: pressioni locali e cambiamenti globali

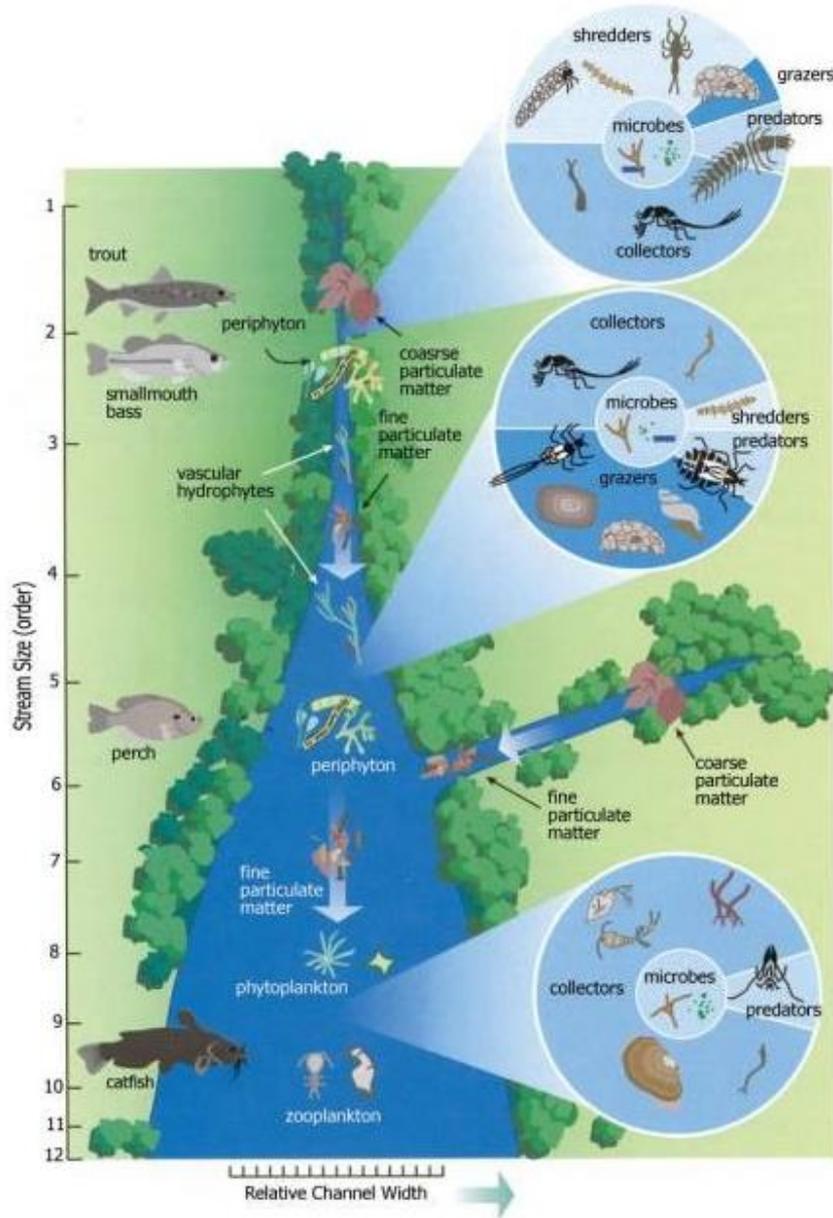
3. Vegetazione e comunità microbiche negli ecosistemi acquatici: processi e funzioni

4. Beni e servizi ecosistemici

4.1. Investire sulla natura

4.2. la parte nascosta del «filtro fluviale»: gli ambienti acquatici minori

5. La riqualificazione fluviale: una scommessa per sfruttare i servizi ecosistemici ?



River continuum concept

Il sistema fluviale è costituito da un continuum di comunità biotiche che sono determinate da fattori topografici, idrologici e fisico-chimici

<https://www.bing.com/images/>

Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell, C. E. Cushing, 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137

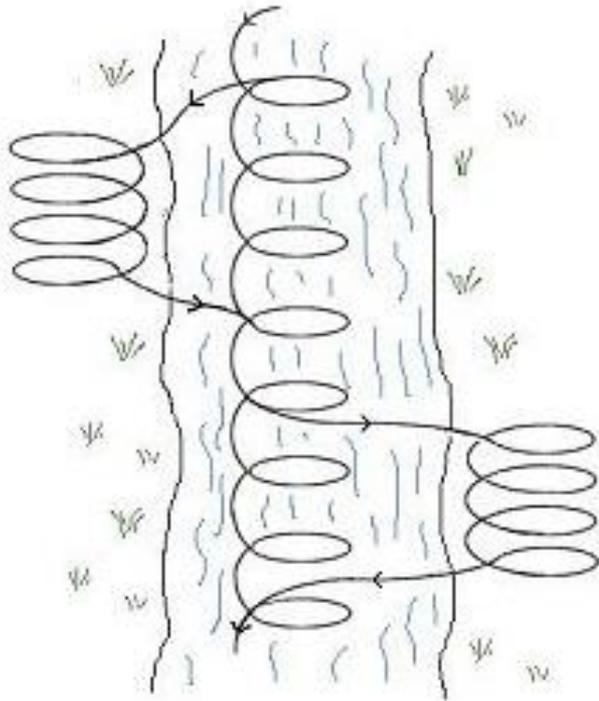
Spirale dei nutrienti

In un corso d'acqua le sostanze inquinanti seguono un andamento spiraliforme che dipende dalle interazioni tra acqua, sedimenti e biota.

A sua volta il corso d'acqua può essere equiparato ad una spirale

- un sistema menadriforme è come una spirale con le spire molto ravvicinate
- un sistema rettilineo è come una spirale allungata con spire distanti tra di loro
- se ci sono interazioni laterali (es. lanche) si forma una spirale parallela.

Più le spire sono vicine e fitte e maggiore è la capacità di ritenzione, trasformazione ed eliminazione degli inquinanti.



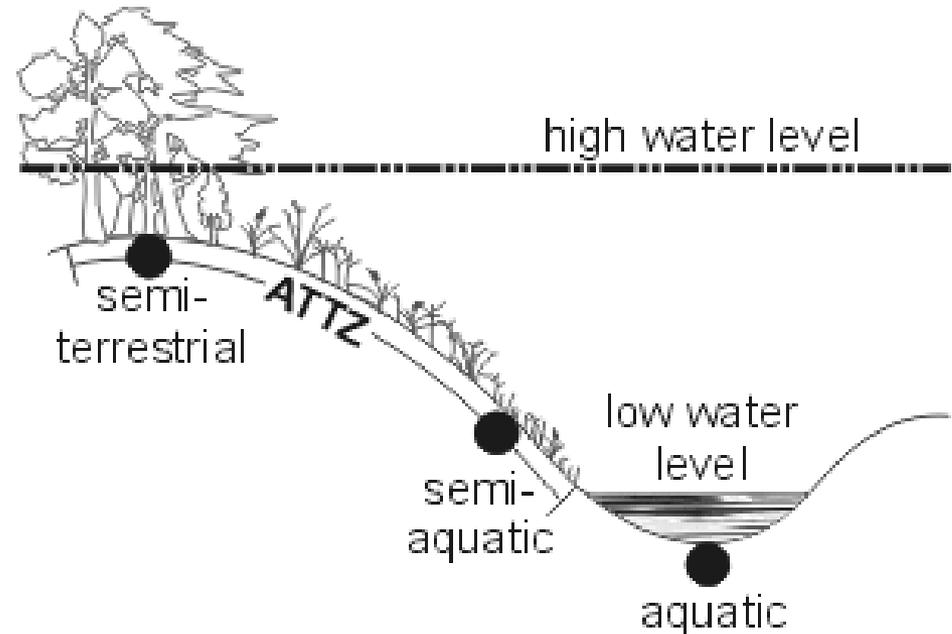
Pulsazione delle piene

Le variazioni di livello dovute alle piene regolano la struttura biologica e i processi biogeochimici nelle zone laterali che diventano particolarmente reattive (ATTZ = zona di transizione acqua-terra)

Ad esempio

Acqua bassa – il suolo si ossigena e viene favorita la nitrificazione

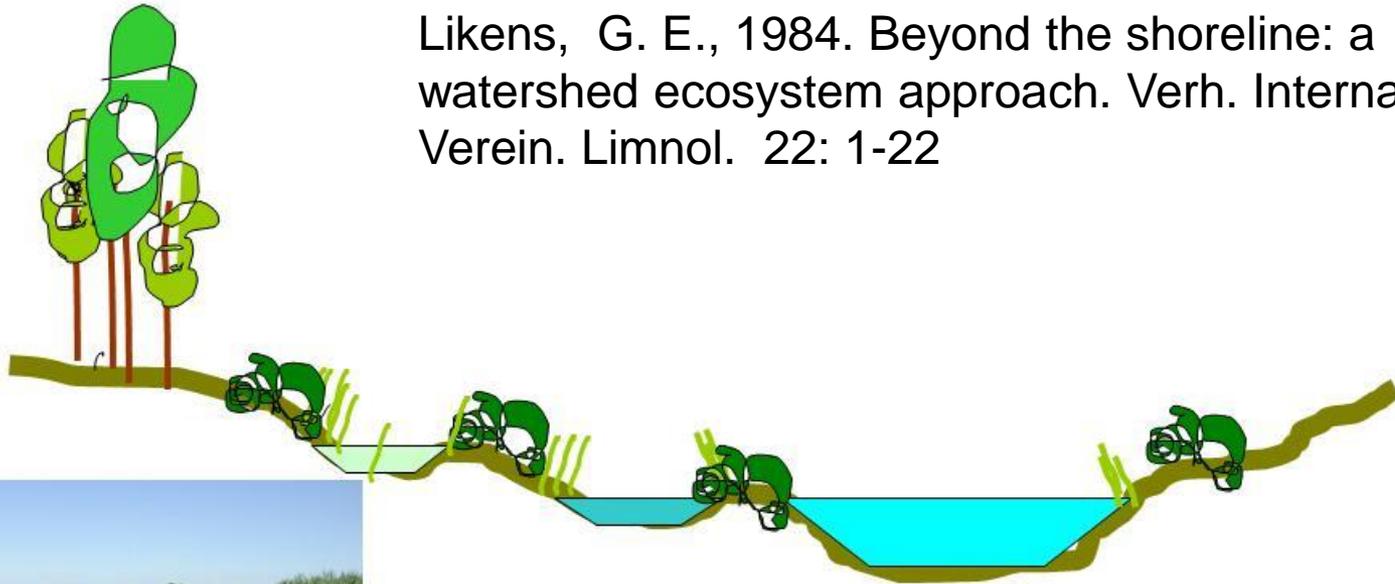
Acqua alta – il suolo diventa anossico e si ha denitrificazione

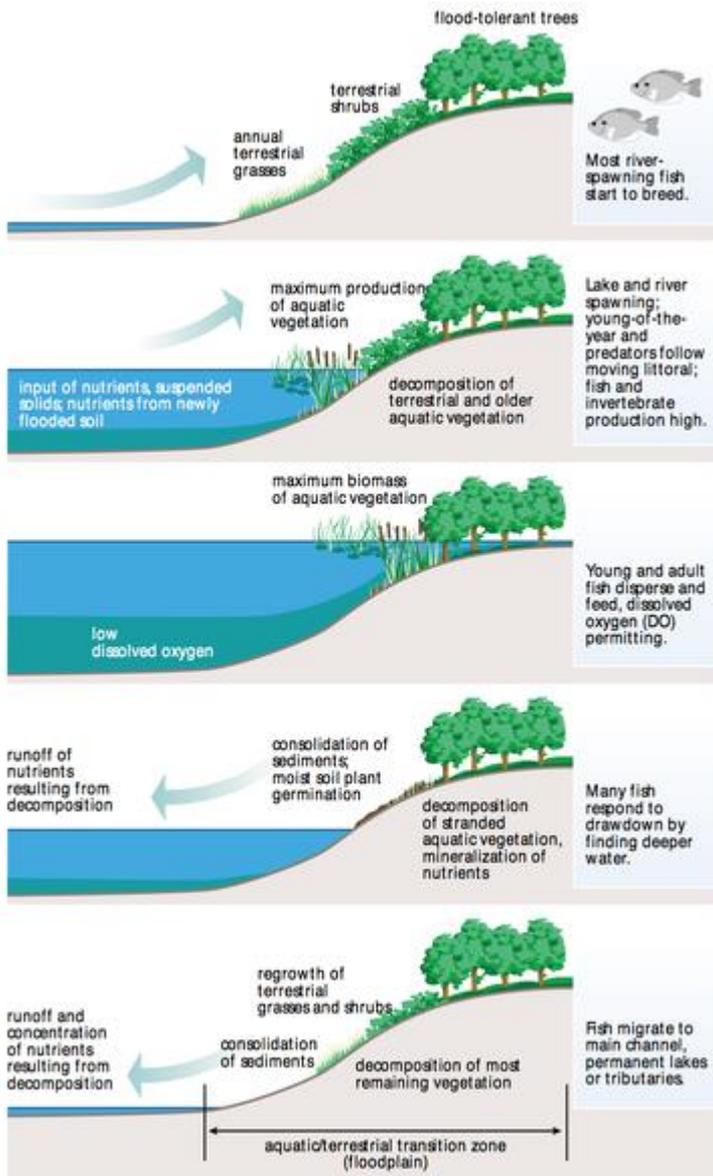


Junk W.J., Bayley P.B., Sparks R.E., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Canadian Special Publications Fishery Aquatic Science 106: 110-127.

Connettività laterale - lanche, stagni, ambienti umidi formano un filtro che trattiene e trasforma le sostanze inquinanti rilasciate dai sistemi urbani, industriali ed agricoli. L'ambiente golenale ha una grande varietà di habitat con centinaia di specie. Le zone umide sono aree di riproduzione e nursery per le specie presenti nel fiume. La funzionalità del fiume dipende dalla connettività laterale e dalla conservazione delle zone umide

Likens, G. E., 1984. Beyond the shoreline: a watershed ecosystem approach. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22: 1-22

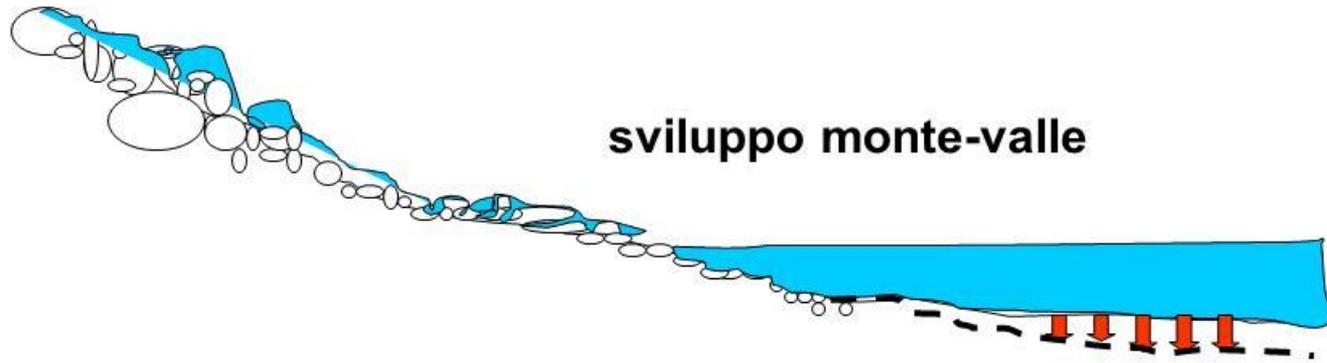




Le variazioni di livello regolano sono influenti su numerose specie acquatiche che passano una parte del ciclo vitale negli ambienti laterali (es. lanche)

L'interruzione della connettività tra alveo attivo e zona laterale può costituire una minaccia per le specie interessate (es. Specie ittiche di interesse commerciale o per la pesca amatoriale)

UNA SINTESI - Le tre dimensioni spaziali del fiume presentano interfacce o zone di confine molto reattive.



Wetzel, R.G., 1990. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24: 6-24.

1. Principi e concetti dell'ecologia fluviale

1.1. approccio tradizionale

1.2. complessità del «filtro fluviale» nell'Antropocene

2. Il degrado: pressioni locali e cambiamenti globali

3. Vegetazione e comunità microbiche negli ecosistemi acquatici: processi e funzioni

4. Beni e servizi ecosistemici

4.1. Investire sulla natura

4.2. la parte nascosta del «filtro fluviale»: gli ambienti acquatici minori

5. La riqualificazione fluviale: una scommessa per sfruttare i servizi ecosistemici ?

ANTROPOCENE: epoca geologica in cui i processi geologici e climatici sono determinati/influenzati dall'uomo (E. Stoermer 1980)

- Crutzen P, 2005. Benvenuti nell'Antropocene. L'uomo ha cambiato il clima, la Terra entra in una nuova era. Mondadori.
- Vörösmarty CJ, Pahl-Wostl C, Bhaduri A, 2013. Water in the Anthropocene: new perspectives for global sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5: 535–538.
- Vörösmarty CJ, Meybeck M, Pastore CL, 2015. Impair-then-repair: a brief history & global scale hypothesis regarding the human-water interactions in the Anthropocene. *Daedalus* 144: 1-16.

PRESSIONI SUGLI ECOSISTEMI ACQUATICI

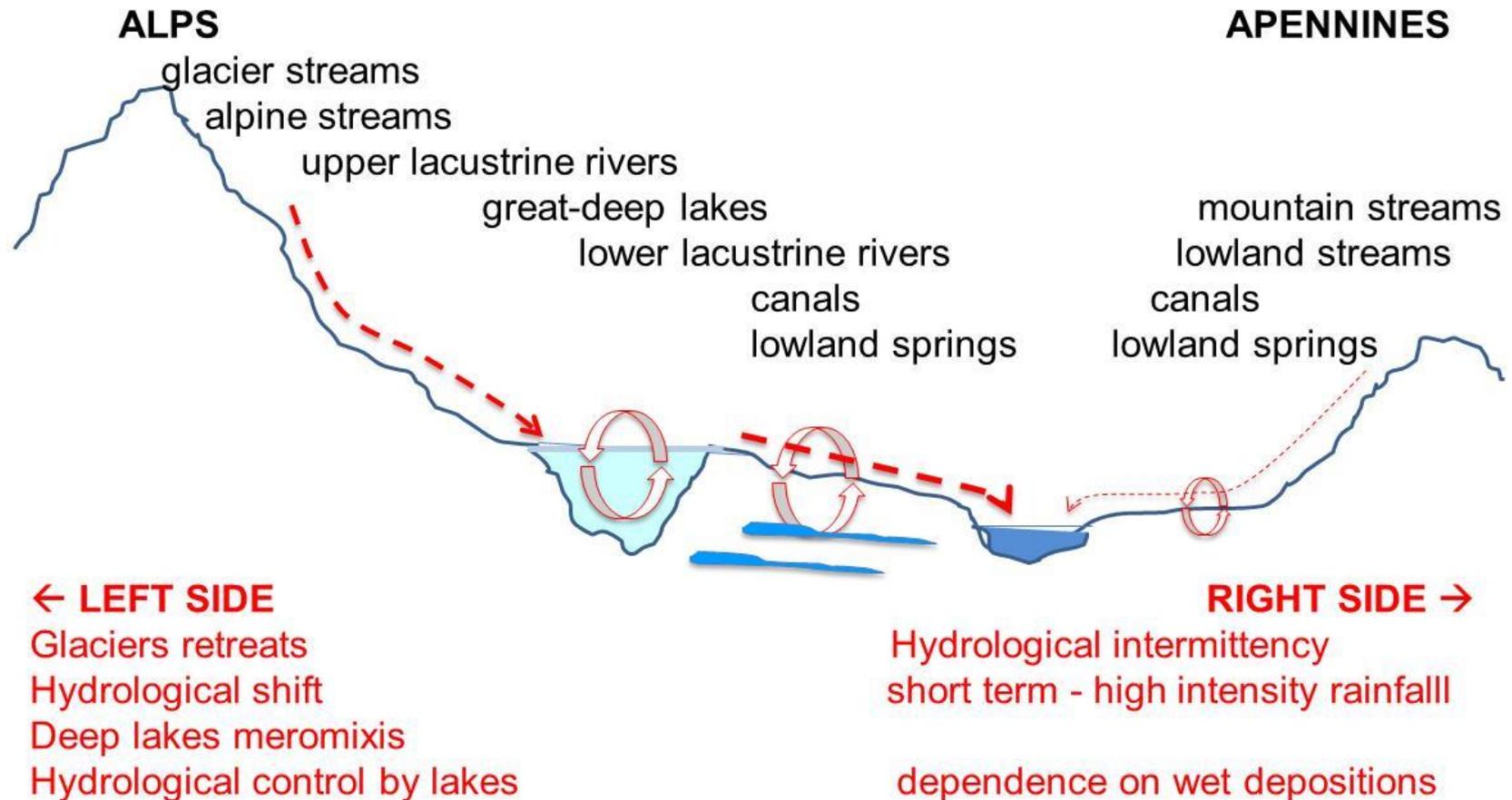
(adattato da Vörösmarty et al., 2015; Meibeck et al., 2016)

	1900-20	1920-40	1940-60	1960-80	1980-00	2000-20
popolazione						
aree urbane impermeabili						
bacinizzazione idroelettrica						?
bonifiche						
derivazioni irrigue						
difese idrauliche						
attività estrattive						
Cambiamento climatico						

Il sistema idrografico è complesso e si compone di molteplici ecosistemi interconnessi a formare il **filtro fluviale**

Meybeck & Vörösmarty, 2005. C. R. Geoscience 337: 107–123.

Esempio: il sistema idrografico del Po

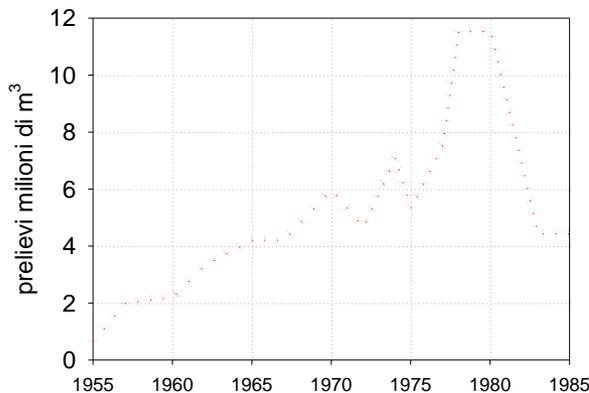


1. Principi e concetti dell'ecologia fluviale
 - 1.1. approccio tradizionale
 - 1.2. complessità del «filtro fluviale» nell'Antropocene
- 2. Il degrado: pressioni locali e cambiamenti globali**
3. Vegetazione e comunità microbiche negli ecosistemi acquatici: processi e funzioni
4. Beni e servizi ecosistemici
 - 4.1. Investire sulla natura
 - 4.2. la parte nascosta del «filtro fluviale»: gli ambienti acquatici minori
5. La riqualificazione fluviale: una scommessa per sfruttare i servizi ecosistemici ?

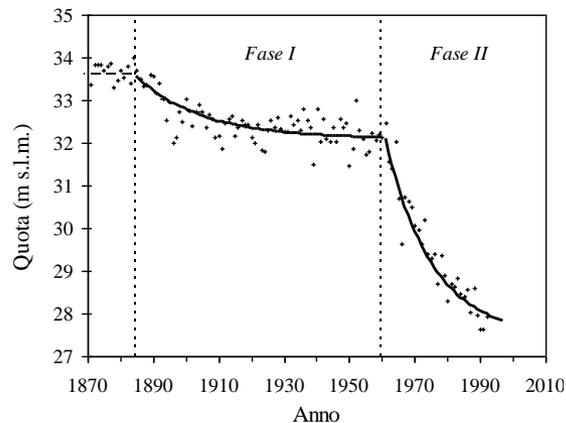
EREDITA' DEL PASSATO

1955-1985: Le grandi perturbazioni che hanno effetti sui deflussi

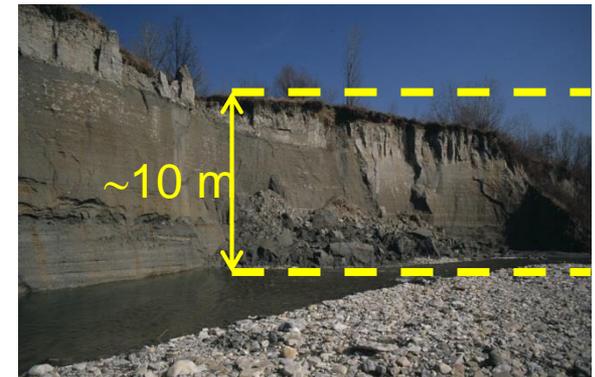
- 1958-1962 = aree metropolitane e A1
- 1960-62 = sbarramento di Isola Serafini
- estrazione di inerti in alveo + sbarramenti + arginature
- erosione + incisione + rettificazione corsi d'acqua



Prelievo di inerti dal Po (milioni di m³) autorizzato dal Magistrato per il Po nel tratto tra Paesana e Pontelagoscuro (Lamberti, 1993)



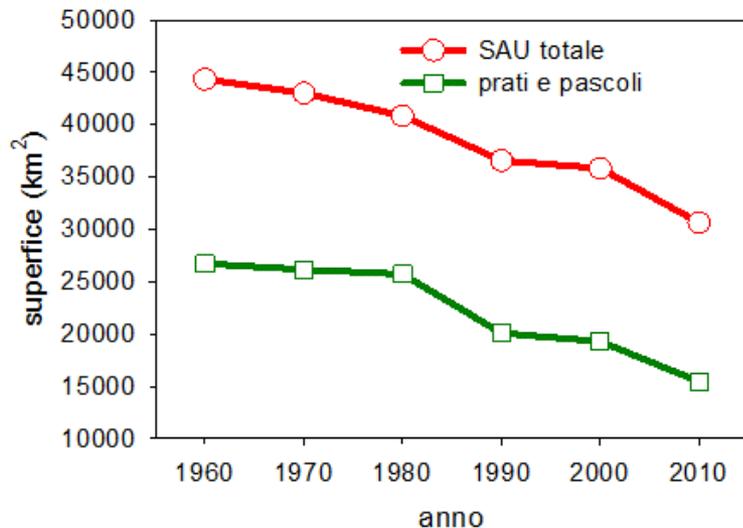
Variazioni temporali della quota del fondo del Fiume Po a Cremona (Lamberti & Schippa, 1994).



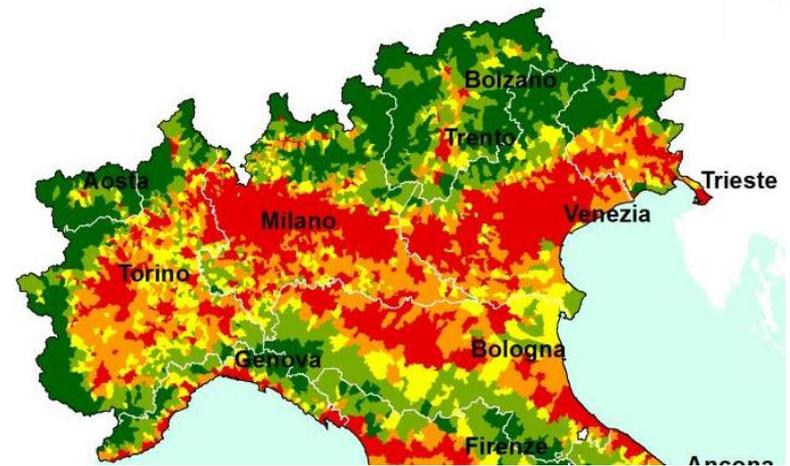
Il torrente Stirone all'altezza di Forno (a monte di Fidenza)
<http://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/geositi/scheda.jsp?id=2117>

EREDITÀ DEL PASSATO

consumo di suolo e urbanizzazione nel bacino del Po



Variazioni temporali della Superficie Agricola Utile (SAU) totale (km²) e della SAU destinata a prati e pascoli nel bacino del Po dal 1960 al 2010.

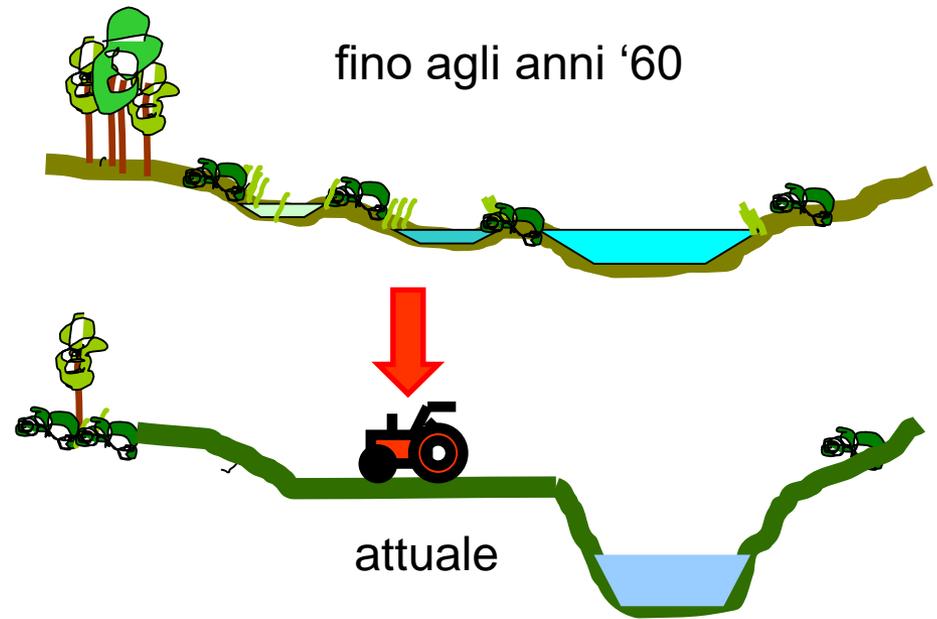
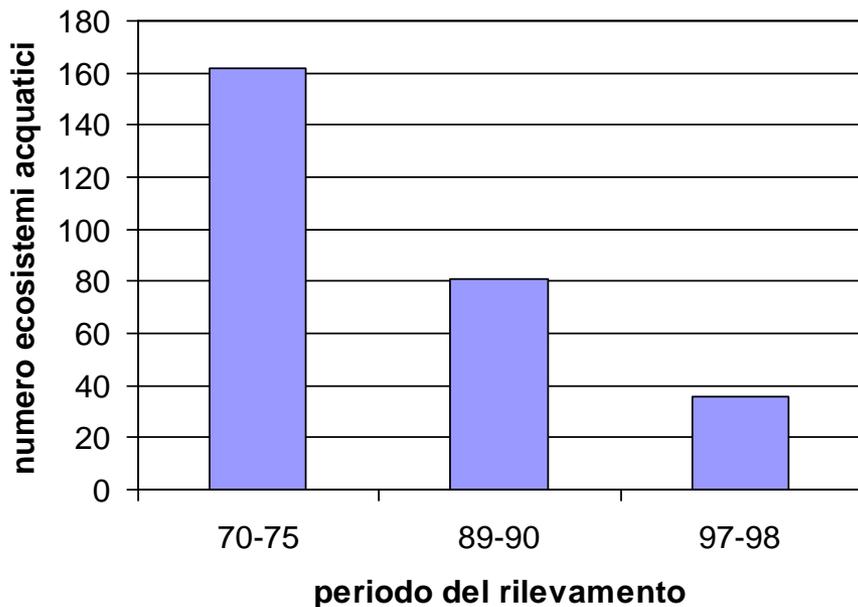


Consumo di suolo a scala comunale (% del territorio comunale) nel 2012. (ISPRA, 2015. Il consumo di suolo in Italia. Rapporti 218/2015).

Rosso > costruito 10% territorio comunale

Profonde alterazioni idro-morfologiche

abbassamento quota di fondo
pensilizzazione della golena
interruzione della connettività laterale



Variazione del numero di ambienti acquatici permanenti nella golena del Po in provincia di Piacenza dal 1970 al 1998

Torrente Enza a valle di Montecchio



Foto: Daniele Nizzoli

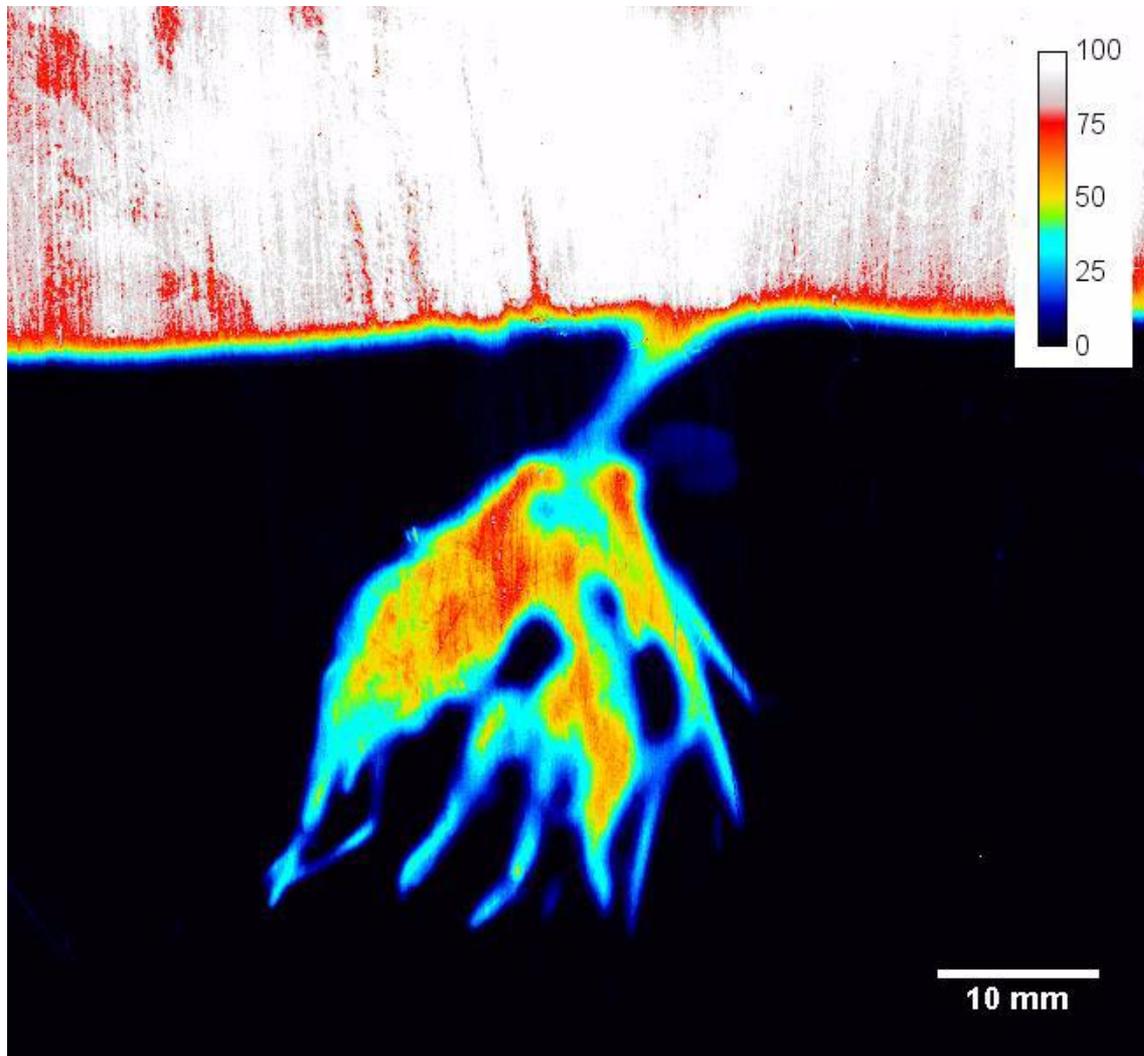
1. Principi e concetti dell'ecologia fluviale
 - 1.1. approccio tradizionale
 - 1.2. complessità del «filtro fluviale» nell'Antropocene
2. Il degrado: pressioni locali e cambiamenti globali
- 3. Vegetazione e comunità microbiche negli ecosistemi acquatici: processi e funzioni**
4. Beni e servizi ecosistemici
 - 4.1. Investire sulla natura
 - 4.2. la parte nascosta del «filtro fluviale»: gli ambienti acquatici minori
5. La riqualificazione fluviale: una scommessa per sfruttare i servizi ecosistemici ?

A photograph of a pond or stream. The water is dark and reflects the sky. There is a dense line of green trees and bushes along the far bank. In the foreground, there are tall green grasses and other plants growing on the bank. The water is covered with many small, green, leafy plants, likely submerged vegetation.

La vegetazione nei corsi d'acqua svolge importanti funzioni di stabilizzazione del substrato e di regolazione dei processi biogeochimici, ossigena le acque e offre rifugio e cibo per la fauna acquatica

Foto M. Bartoli

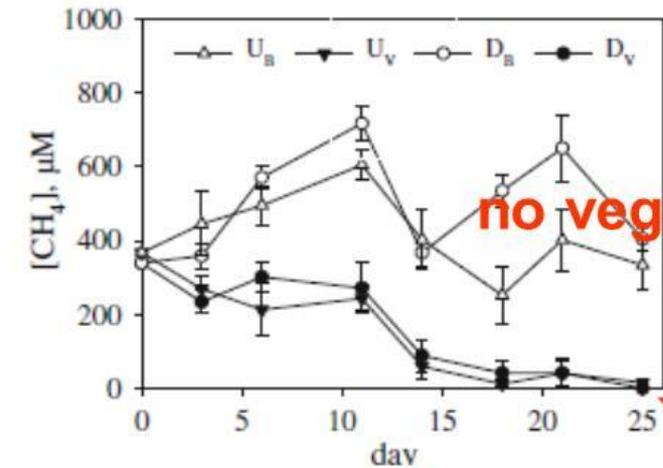
Questi processi sono amplificati dalle piante acquatiche



Trasporto radicale di O_2 : riveste una grande importanza nella selezione della vegetazione e come supporto ai processi microbici di ossido-riduzione (es. Nitrificazione –denitrificazione)

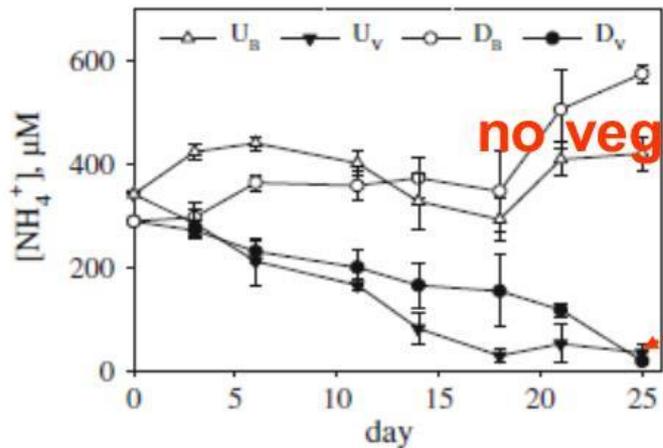
Variazioni delle concentrazioni di O_2 (%sat) nella rizosfera di *Vallisneria spiralis*. Tempo totale: 24 h; luce/buio: 13/11; immagini rilevate ogni 20 minuti (immagini di Mazzocchi Univ Southern Denmark & Bartoli Univ Parma)

Cosa fanno le piante acquatiche?



Esempio: le macrofite sommerse sono in grado di modificare le acque interstiziali

no vegetazione



no vegetazione

Racchetti E., Bartoli M., Ribaud C., Longhi D., Naldi M., Iacumin P., Viaroli P., 2010. Short term changes of pore water chemistry in river sediments during the early colonization by *Vallisneria spiralis*. *Hydrobiologia*, 652: 127-137

rimozione dell'azoto per denitrificazione ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$)

Piana golenale di Po, Oglio e Mincio

Valutazione sperimentale della denitrificazione in 22 zone umide-rami fluviali con differenti comunità a macrofite. Di questi ambienti, 10 sono connessi e 12 sono non connessi all'alveo fluviale principale.

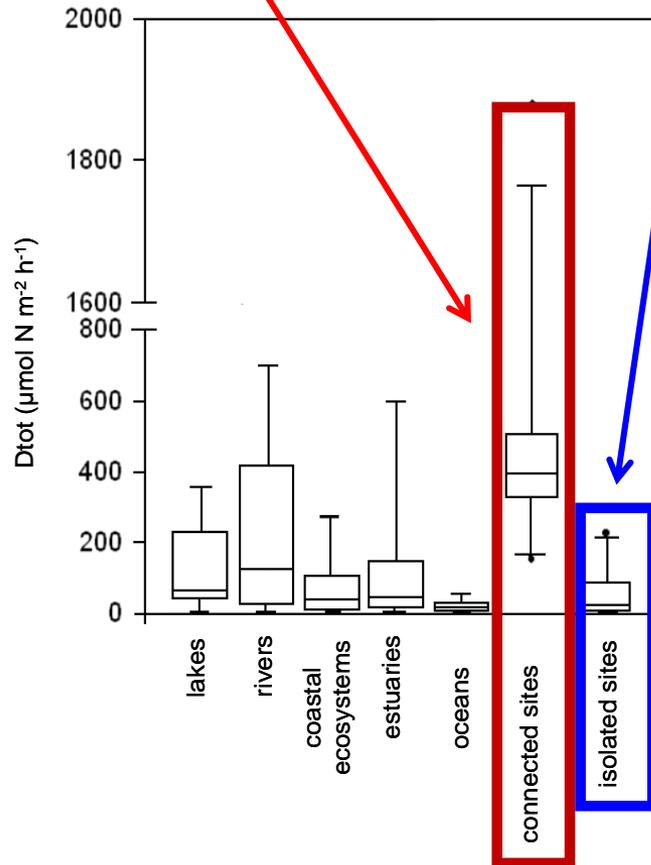


- misure stagionali in estate e inverno
- tre metodologie differenti

Racchetti E., Bartoli M., Soana E., Longhi D., Christian R. R., Pinardi M., Viaroli P., 2011. Influence of hydrological connectivity of riverine wetlands on nitrogen removal via denitrification. *Biogeochemistry*, 103: 335- 354.

Zone umide connesse al fiume e in buone condizioni → elevata rimozione di azoto (media annuale: 330 kg ha⁻¹ anno⁻¹)

Zone umide isolate e in cattivo stato →: bassa rimozione di azoto (media annuale : 35 kg ha⁻¹ anno⁻¹)



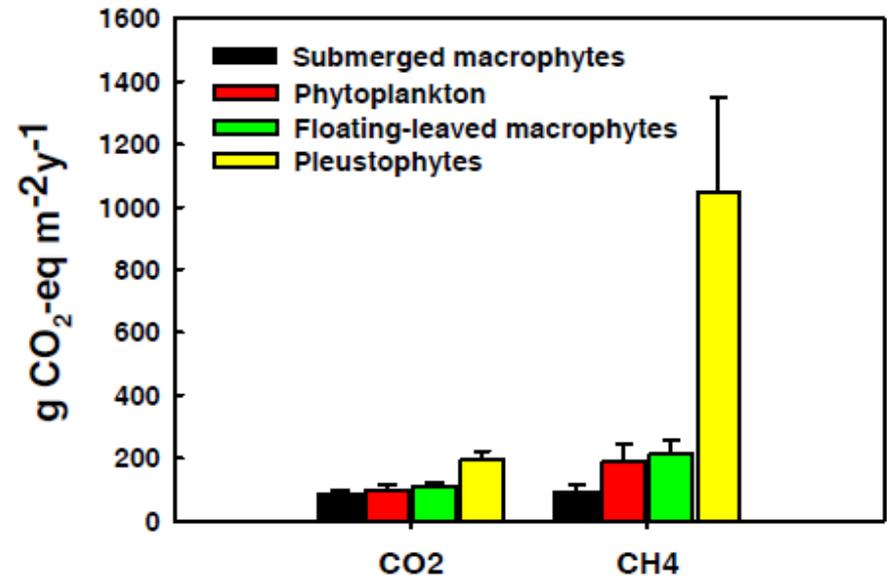
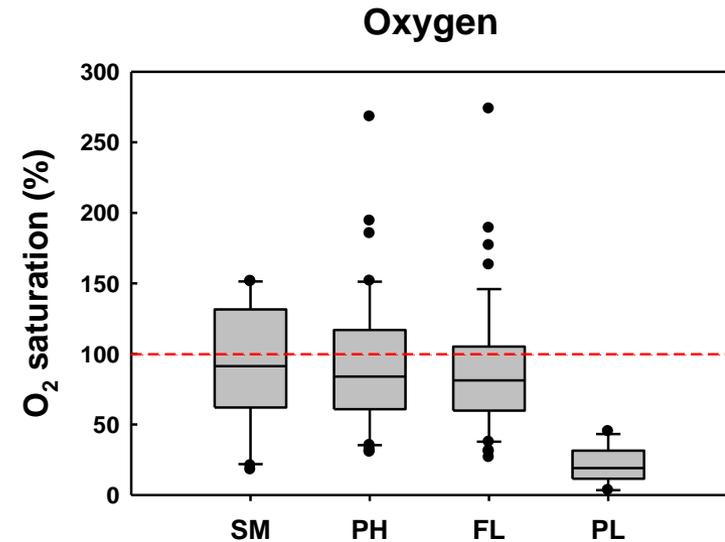
Dove è presente vegetazione acquatica in buona salute si ha una elevata rimozione di azoto, dello stesso ordine di grandezza delle quote da fertilizzazione ammesse dalla direttiva nitrati

Fertilizzazione azotata ammessa
zone vulnerabili a nitrati: 170 kg ha⁻¹ anno⁻¹
zone non vulnerabili: 340 kg ha⁻¹ anno⁻¹

Comunità vegetali, stato trofico e metabolismo dell'ecosistema:
effetto sull'emissione di gas-serra



Stato trofico crescente



Ribaudo et al., *Aquatic Botany* 94: 134-142
Ribaudo et al., *EURAC Book* 58: 281-292

1. Principi e concetti dell'ecologia fluviale

1.1. approccio tradizionale

1.2. complessità del «filtro fluviale» nell'Antropocene

2. Il degrado: pressioni locali e cambiamenti globali

3. Vegetazione e comunità microbiche negli ecosistemi acquatici: processi e funzioni

4. Beni e servizi ecosistemici

4.1. Investire sulla natura

4.2. la parte nascosta del «filtro fluviale»: gli ambienti acquatici minori

5. La riqualificazione fluviale: una scommessa per sfruttare i servizi ecosistemici ?

WWAP (UN World Water Assessment Programme)/UN-Water. 2018. *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. Paris, UNESCO

The role of ecosystems in the water cycle

- ✓ Ecological processes in a landscape influence the quality of water and the way it moves through a system, as well as soil formation, erosion, and sediment transport and deposition – all of which can exert major influences on hydrology.
- ✓ Although forests often receive the most attention when it comes to land cover and hydrology, grasslands and croplands also play important roles.
- ✓ Soils are critical in controlling the movement, storage and transformation of water.
- ✓ Biodiversity has a functional role in NBS whereby it underpins ecosystem processes and functions and, therefore, the delivery of ecosystem services.



Ferrara 10-12 settembre 2019

Capitale Naturale: la Gestione per la Conservazione

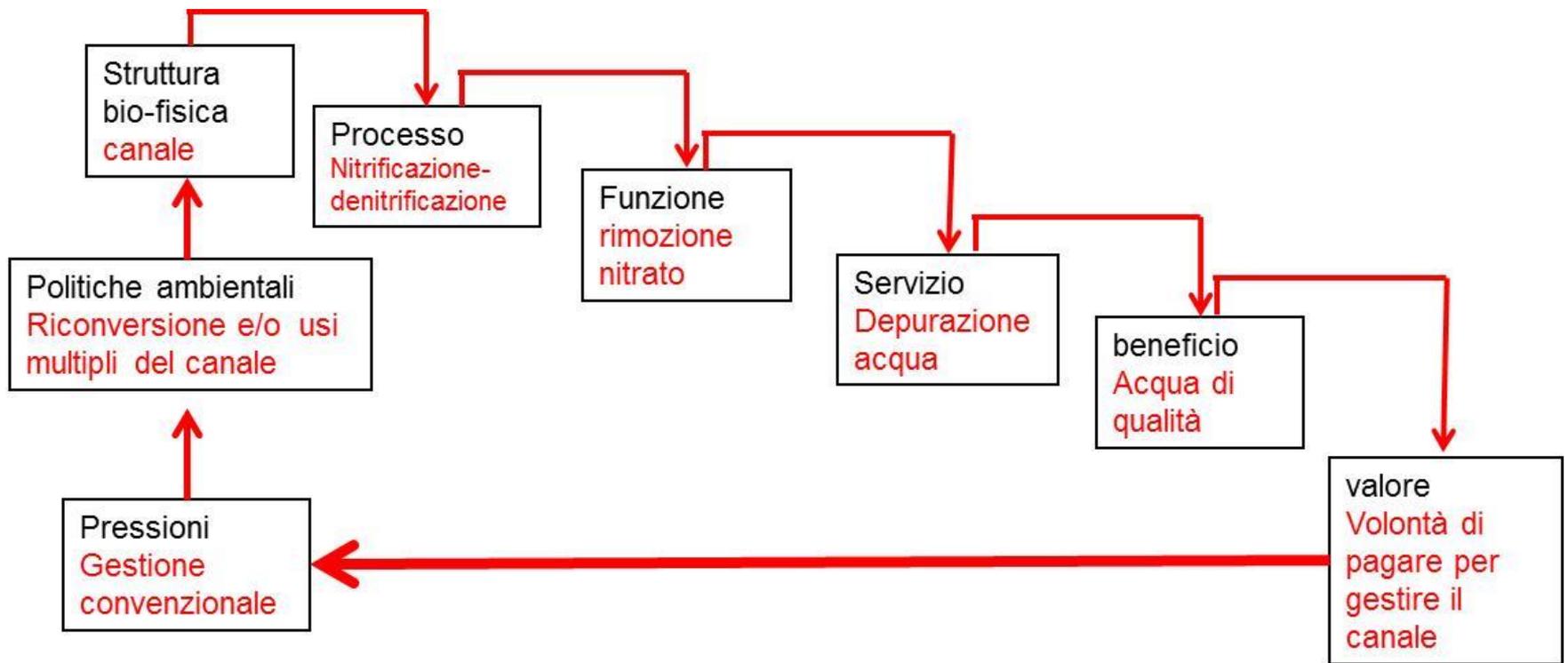
Non solo il nostro benessere ma anche la nostra sopravvivenza dipendono dal mantenimento del Capitale Naturale e dei Servizi Ecosistemici a questo connessi.



S.It.E. - Società Italiana di Ecologia

XXIX Congresso Nazionale

Servizi dell'ecosistema



Maes et al., 2011. A spatial assessment of ecosystem services in Europe: methods, case studies and policy analysis – phase 1. PEER Report No. 3, Ispra: Partnership for European Environmental Research.

La sfida per l'ecologia delle acque interne

- ✓ identificare gli ecosistemi e i sotto-sistemi chiave
- ✓ quantificare i processi e le funzioni associate
- ✓ identificare i servizi ecosistemici (SE) che forniscono
- ✓ elaborare indicatori affidabili dei SE

Tratto e modificato da Grizzetti et al., 2019, *Science of the Total Environment* 671:452-465

			fiumi	laghi	Zona riparia	Zone umide	Golena	Canali	Laghi di cava	Risaie
Servi ecosistemici	approvvigionamento	Beni alimentari, legname	X	X	X				X	X
		Acqua per usi vari	X	X				X	X	
	Regolazione e mantenimento	Depurazione	X	X	X	X	X	X	X	X
		Contrasto erosione			X	X	X	X		
		Contrasto piene		X	X	X	X	X		
	culturali	Turismo, attività ricreative	X	X	X				X	

1. Principi e concetti dell'ecologia fluviale
 - 1.1. approccio tradizionale
 - 1.2. complessità del «filtro fluviale» nell'Antropocene
2. Il degrado: pressioni locali e cambiamenti globali
3. Vegetazione e comunità microbiche negli ecosistemi acquatici: processi e funzioni
- 4. Beni e servizi ecosistemici**
 - 4.1. Investire sulla natura
 - 4.2. la parte nascosta del «filtro fluviale»: gli ambienti acquatici minori**
5. La riqualificazione fluviale: una scommessa per sfruttare i servizi ecosistemici ?

CAPITALE NATURALE NASCOSTO - Oltre la linea di costa

Gli ecosistemi dimenticati, minacciati e alterati nelle aree laterali di corsi d'acqua e laghi: quali beni e servizi ecosistemici offrono?

Qualità del paesaggio fluviale
Valore estetico
Attività ricreative

Sequestro carbonio
Produzione legname

Qualità territorio agricolo circostante
Valorizzazione prodotti agricoli

Habitat specie selvatiche
Conservazione biodiversità
Rifugio impollinatori
Cicli vitali specie acquatiche

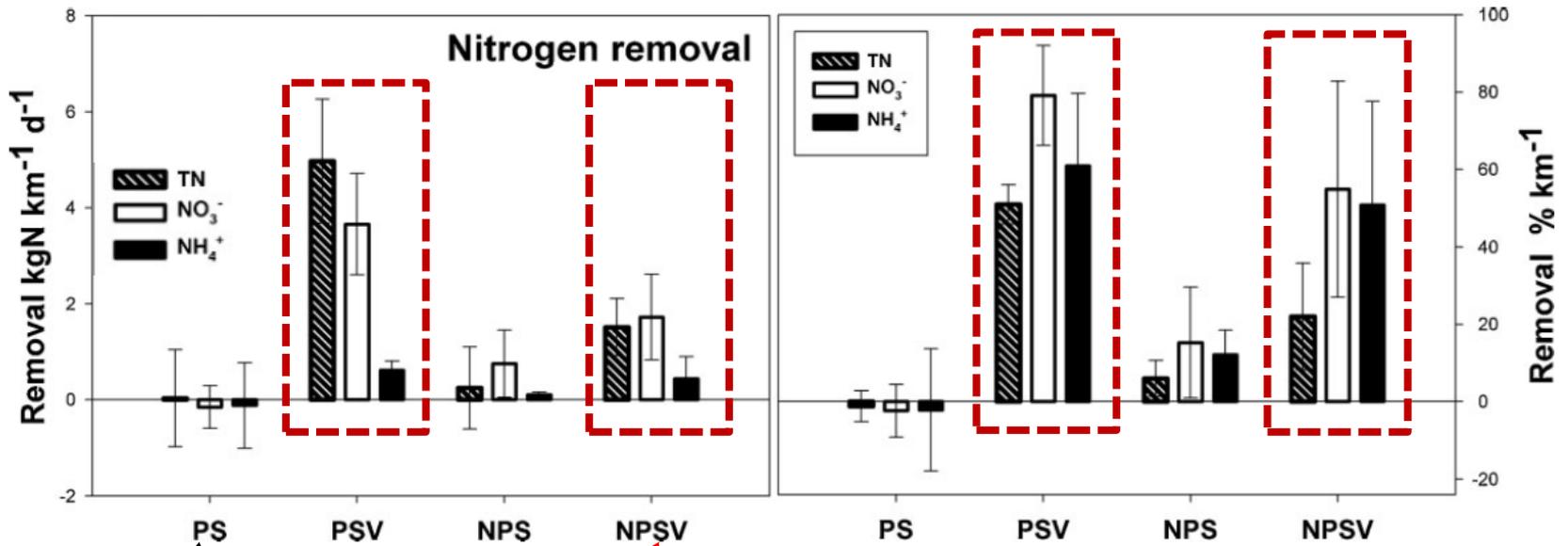


Depurazione acqua
Ritenzione acqua

Mantenimento deflusso
Mitigazione piene

Regolazione del microclima

Servizi di regolazione del ciclo dell'azoto: rimozione dell'azoto in canali di bonifica



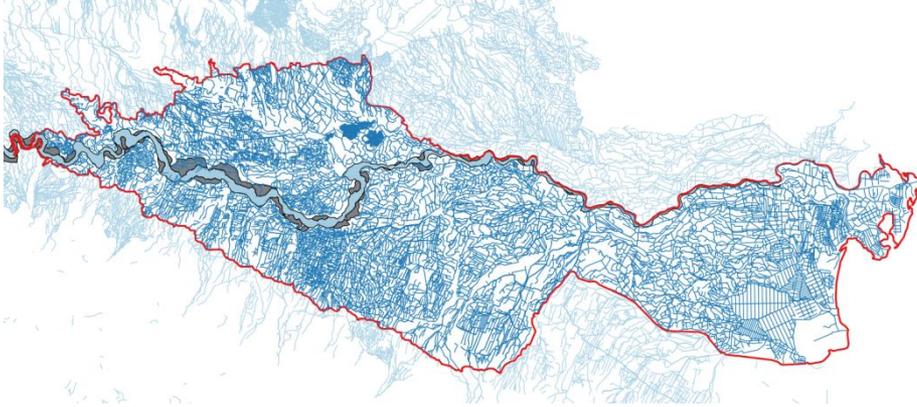
PS: point source pollution
 NPS: non-point source pollution



Phragmites australis
Typha latifolia

Pierobon, E., Castaldelli, G., Mantovani, S., Vincenzi, F., Fano, E.A., 2013. Nitrogen removal in vegetated and unvegetated drainage ditches impacted by diffuse and point sources of pollution. *Clean Soil, Air, Water*, 41: 24-31.

Esercizio di up-scaling dei servizi di regolazione del ciclo dell'azoto nel bacino di pianura del fiume Po



Altitudine < 50 m a.s.l.
Superficie = 9 100 km² (~90% SAU)
Popolazione = 1,8 milioni abitanti
Sviluppo canali = 18 500 km

	vegetazione	sfalcio	Azoto rimosso (t)
Scenario BAU	5%	2: luglio-ottobre	<5000
Scenario GREEN1	25%	1: ottobre	~18 000
Scenario GREEN2	50%	1: ottobre	~33 000
Scenario GREEN2	90%	1: ottobre	~55 000

Soana E, Bartoli M, Milardi M, Fano EA, Castaldelli G, 2019- An ounce of prevention is worth of pound of cure: managing macrophytes for nitrate mitigation in irrigated agricultural watersheds. Science of the Total Environment 647: 301-312

1. Principi e concetti dell'ecologia fluviale
 - 1.1. approccio tradizionale
 - 1.2. complessità del «filtro fluviale» nell'Antropocene
2. Il degrado: pressioni locali e cambiamenti globali
3. Vegetazione e comunità microbiche negli ecosistemi acquatici: processi e funzioni
4. Beni e servizi ecosistemici
 - 4.1. Investire sulla natura
 - 4.2. la parte nascosta del «filtro fluviale»: gli ambienti acquatici minori
5. La riqualificazione fluviale: una scommessa per sfruttare i servizi ecosistemici ?

VALE LA PENA INVESTIRE SU CAPITALE NATURALE E SERVIZI ECOSISTEMICI DELLE ACQUE INTERNE?

Acuna et al., 2013. Journal of Applied Ecology 50: 988-997

canali, zone umide residuali e laghi di cava offrono possibilità di interventi di tipo adattativo, per stralci e con costi ragionevoli.

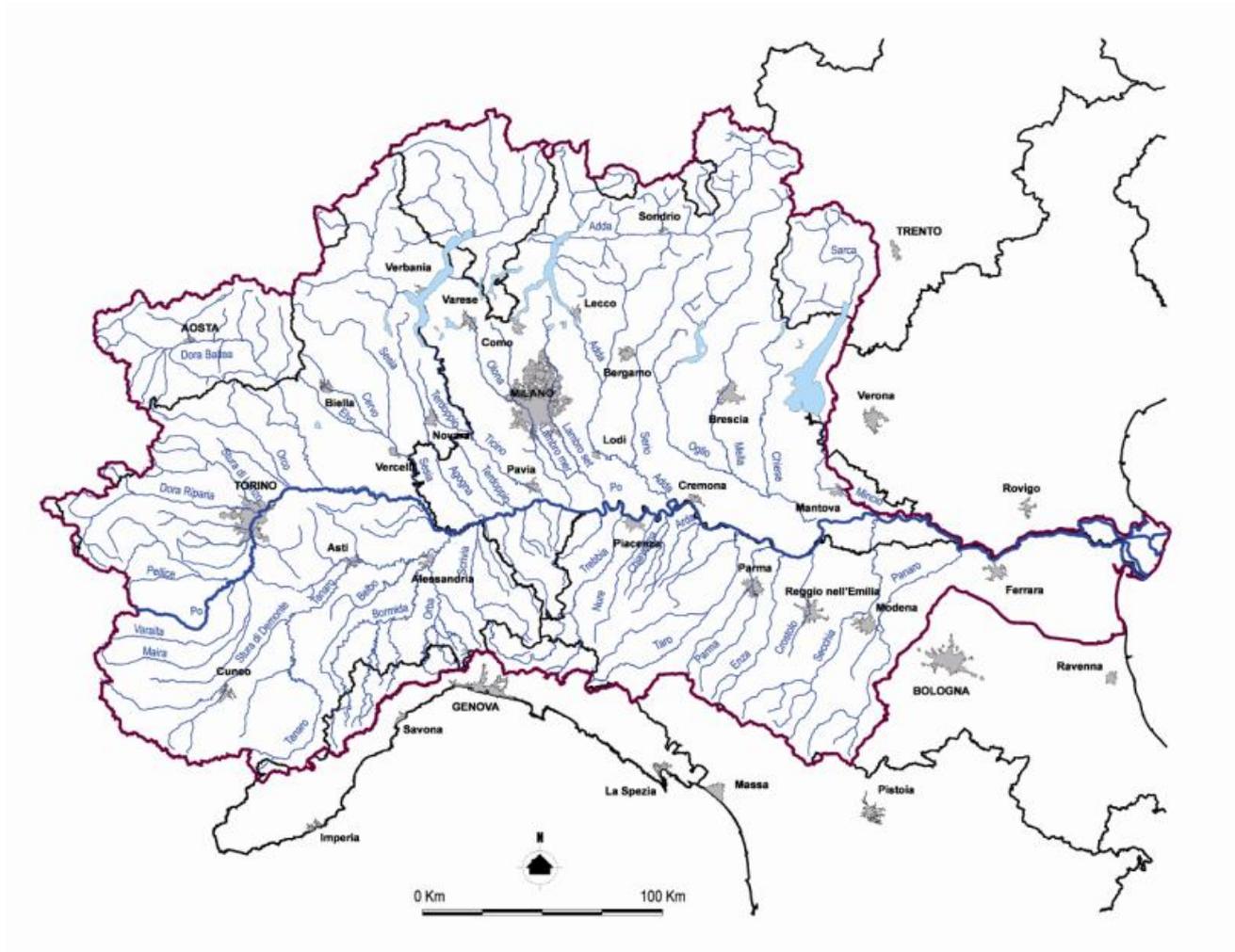
Attualmente sono in corso progetti pilota di riqualificazione idraulica-ambientale (es. <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/life-rinascce>; <https://www.acquerisorgive.it/ambiente/riqualificazione-ambientale/>)

In prospettiva occorre sviluppare capacità di progettare interventi di **restoration ecology** per garantire

- miglioramento e conservazione del capitale naturale dei corpi idrici marginali
- fornitura di servizi ecosistemici di
 - ✓ approvvigionamento (acqua, legname)
 - ✓ regolazione (rimozione di azoto e altri inquinanti, prevenzione rischio idrogeologico)
 - ✓ qualità del paesaggio (condizioni di salubrità/qualità dell'agro-alimentare)

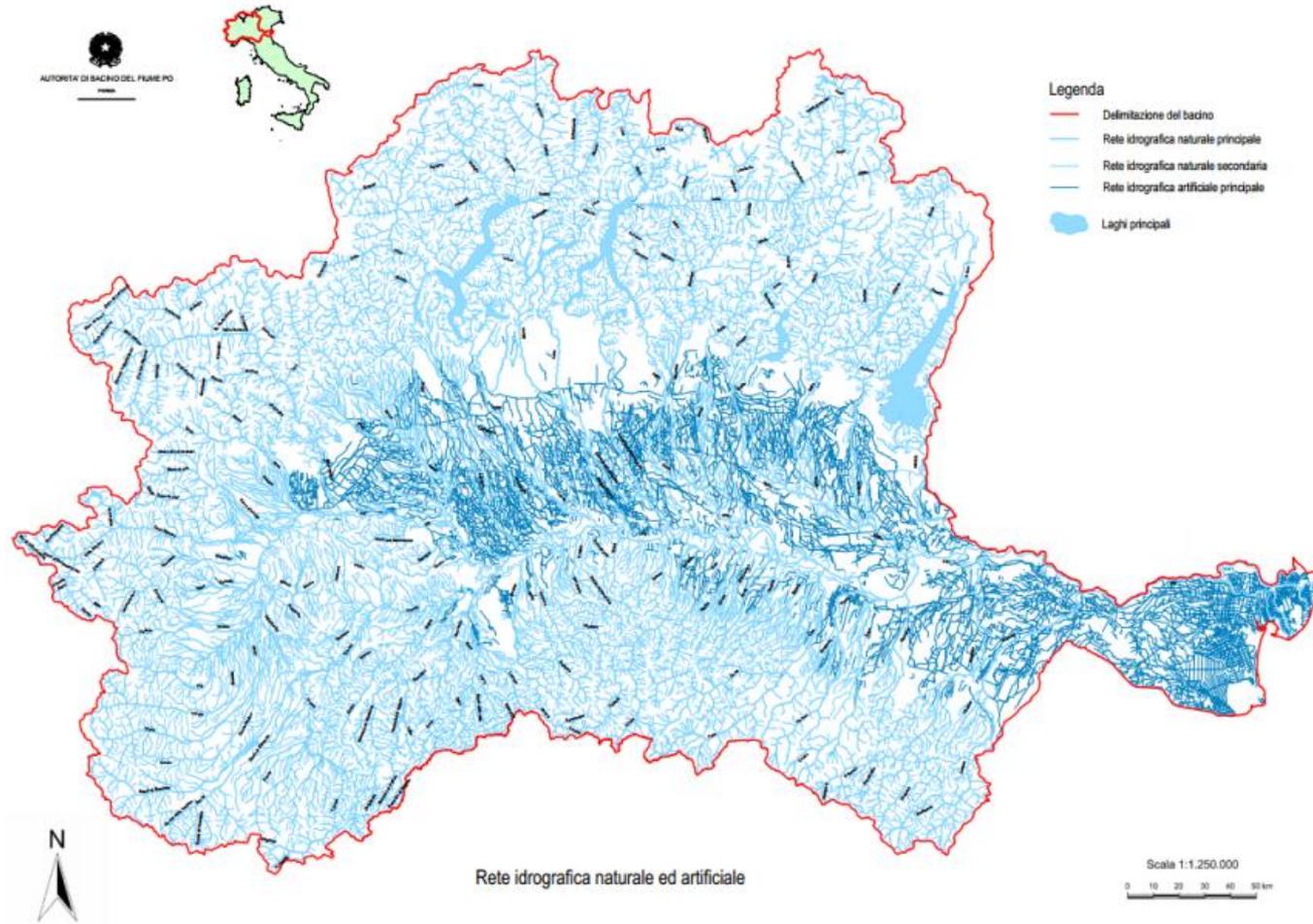
DOVE INTERVENIRE? Esempio bacino del fiume Po

43 fiumi/corsi d'acqua principali con $L > 50$ km
Lunghezza totale $\cong 4500$ km



Dove intervenire: bacino del fiume Po

canali naturali e artificiali: lunghezza $\cong 50\ 000$ km



Progetto LIFE RINASCE – Consorzio di Bonifica dell’Emilia Centrale
Riqualificazione idraulica e ambientale del Collettore Alfieri (Gualtieri, RE)
situazione pre-intervento



Foto M. Monaci, A. Ruffini

Progetto LIFE RINASCE – Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale
Riqualficazione idraulica e ambientale del Collettore Alfieri (Gualtieri, RE)
avanzamento lavori



Foto M. Monaci, A. Ruffin

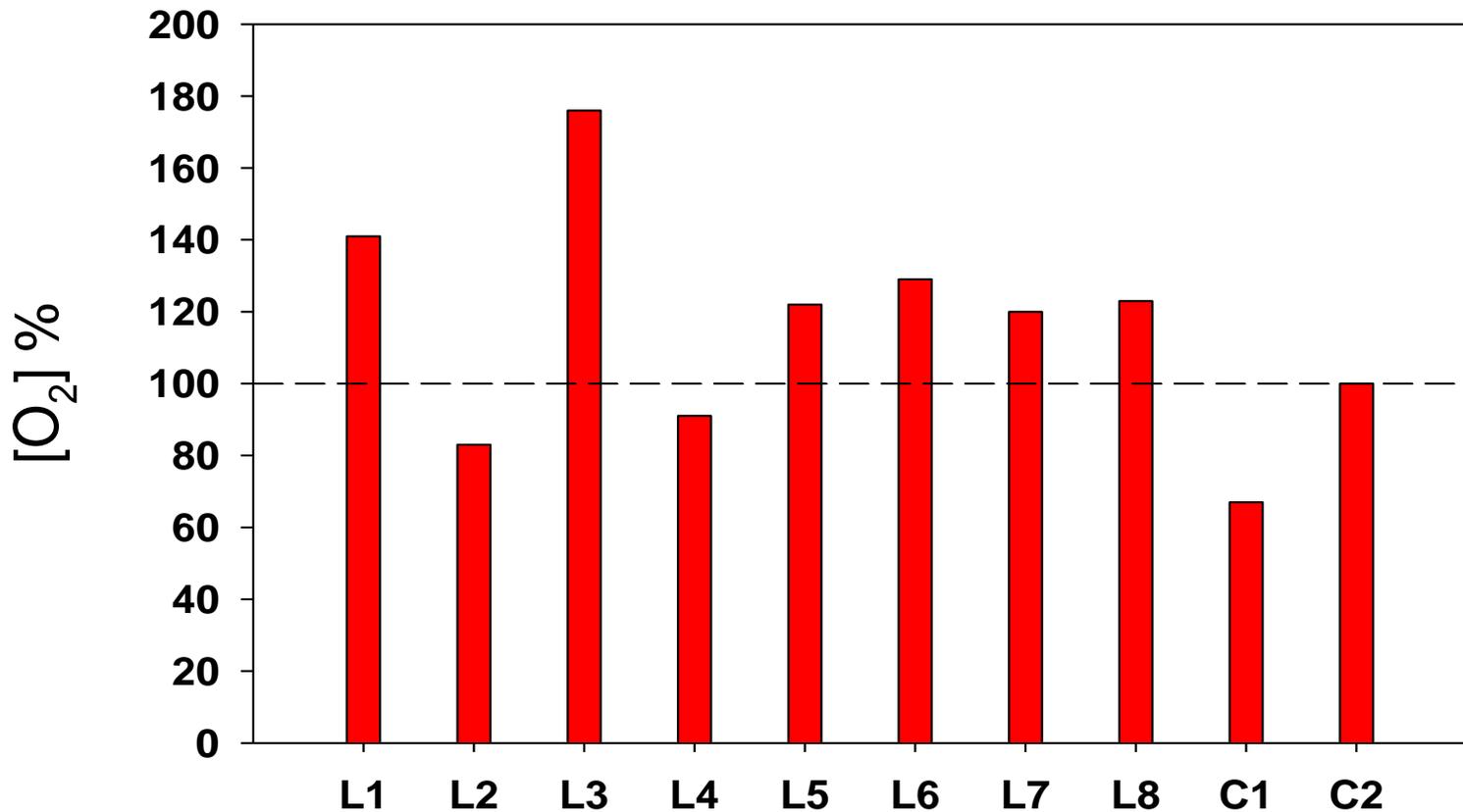
Collettore Alfieri – stato attuale (estate 2018)



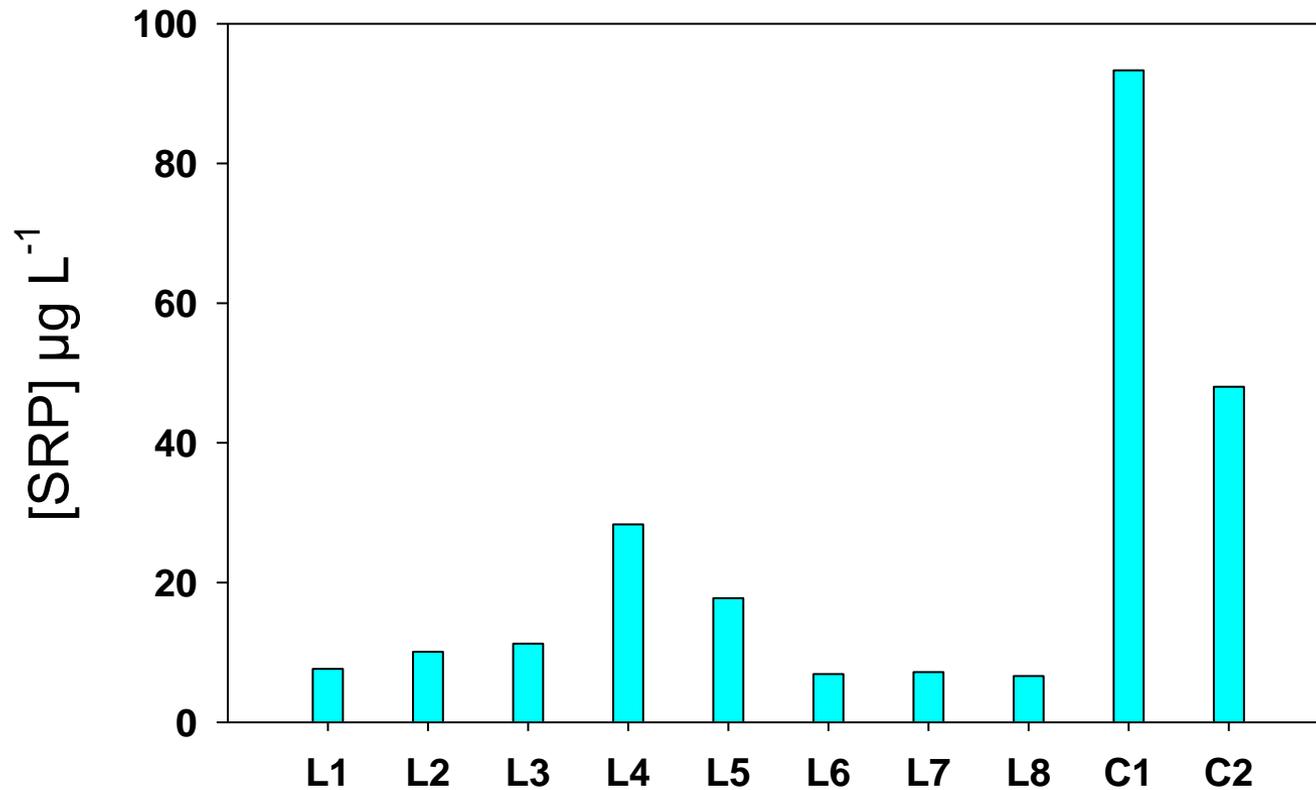




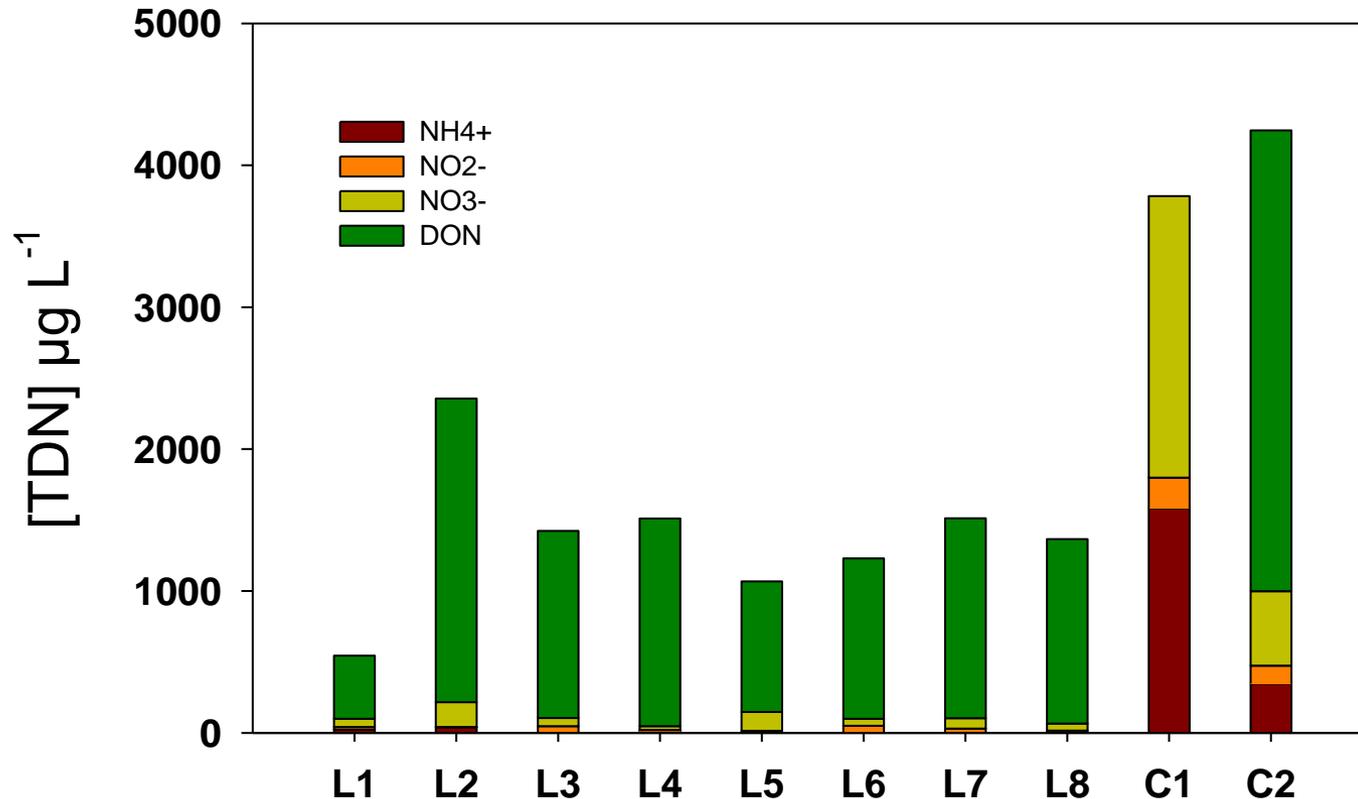
Verifica del ruolo delle zone umide sulla qualità delle acque (tesi triennale di Arianna Pignagnoli)



Saturazione dell'O₂ disciolto nelle zone umide (L1-L8) e nel canale (C1-C2). La linea tratteggiata rappresenta il 100% di saturazione



**Concentrazioni di fosforo reattivo disciolto (SRP)
nelle nelle zone umide (L1-L8) e nel canale (C1-C2)**



Concentrazioni dell'azoto totale disciolto (TDN), come somma dei contributi degli ioni ammonio, nitrito e nitrato e dell'azoto organico disciolto (DON) nelle zone umide (L1-L8) e nel canale (C1-C2)