

Convegno ECOSISTEMI ACQUATICI E CAMBIAMENTI CLIMATICI

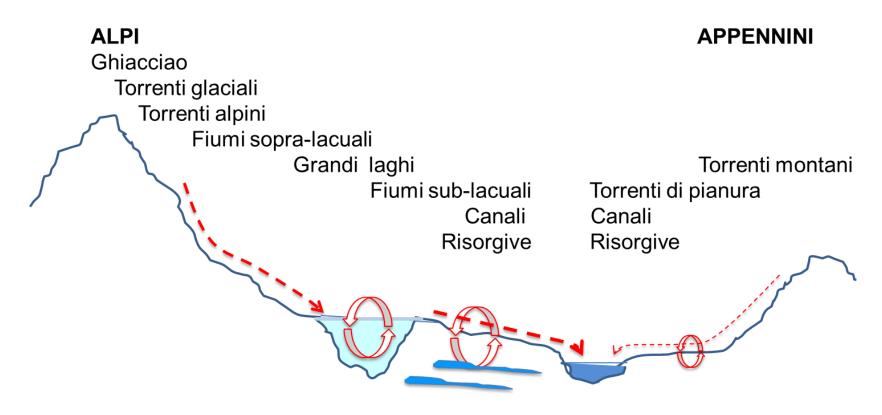
Reggio Emilia 2-3 marzo 2023



Trasformazioni e impatti dei carichi dei nutrienti lungo il gradiente acque interne-mare: tra pressioni locali e cambiamento climatico



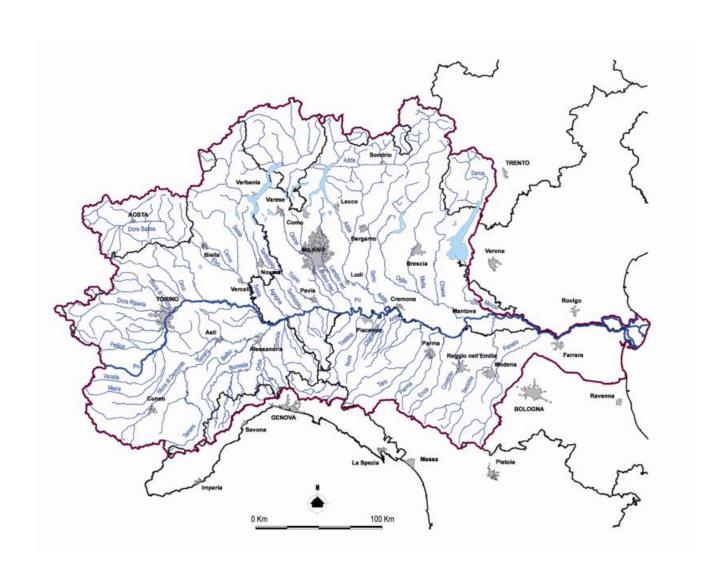
Il sistema idrografico è complesso e si compone di molteplici ecosistemi interconessi a formare il **filtro fluviale**Meybeck & Vörösmarty, 2005. C. R. Geoscience 337: 107–123.



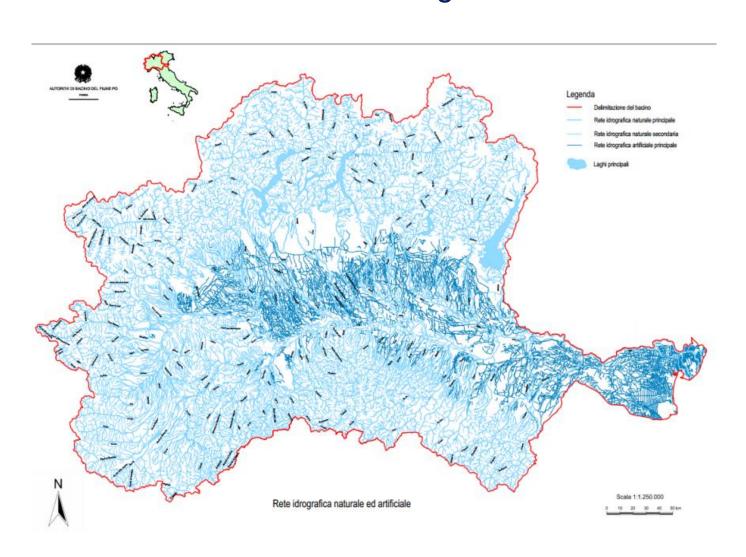
arrettramento ghiacciai sfasamento idrologico meromissi dei laghi controllo idrologico e regolazione laghi (buffer) intermittenza idrologica eventi di breve durata e forte intensità

dipendenza dalle deposizioni umide

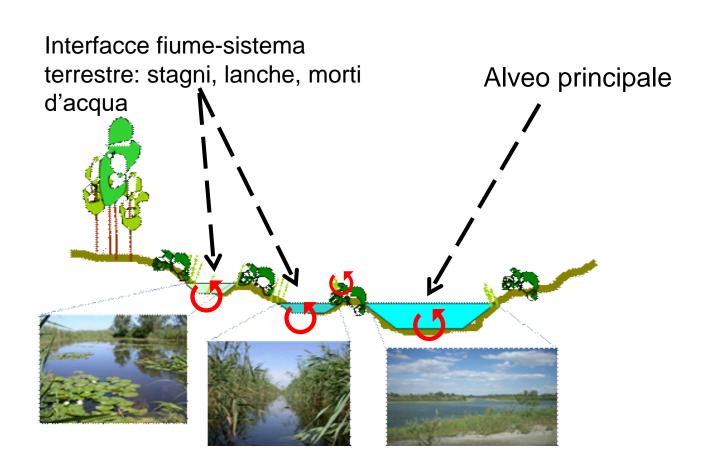
Sistema idrografico del fiume Po 141 affluenti - Lunghezza totale ≅ 6500 km



Sistema idrografico secondario del fiume Po canali naturali e artificiali: lunghezza ≅ 30.000-50.000 km

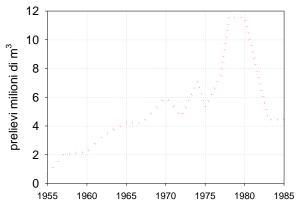


Rilevanza delle aree marginali in una sezione di pianura di un corso d'acqua: lanche, stagni, ambienti umidi formano un filtro che trattiene e trasforma le sostanze inquinanti rilasciate dai sistemi urbani, industriali ed agricoli. L'ambiente golenale ha una grande varietà di habitat con centinaia di 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



IL FIUME PO NELL'ANTROPOCENE: I 30 ANNI CHE CAMBIARONO L'ASSETTO DEL SISTEMA FLUVIALE E DEL BACINO IDROGRAFICO (1955-1985)

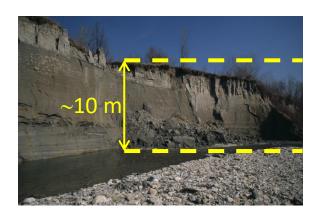
- + 1958-1962: aree metropolitane e A1
- + 1960-1962: sbarramento di Isola Serafini
- + 1955-1985: estrazione di inerti in alveo, sbarramenti, arginature
- = erosione + incisione + rettificazione dei corsi d'acqua



Fase I

Fase II

Anno



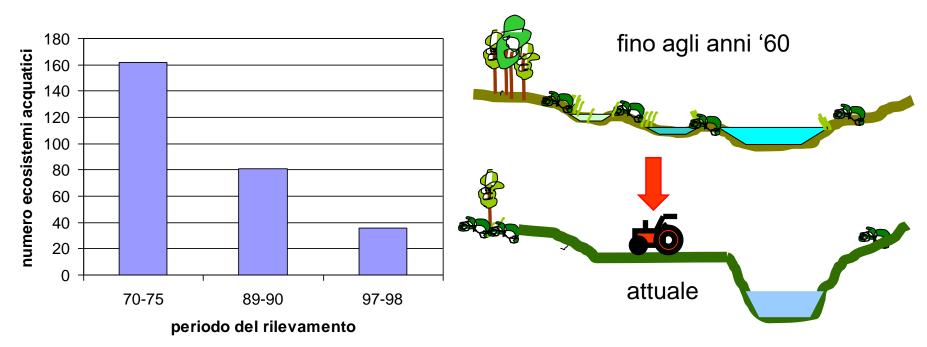
Prelievo di inerti dal Po (milioni di m³) autorizzato dal Magistrato per il Po nel tratto tra Paesana e Pontelagoscuro (Lamberti, 1993)

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

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

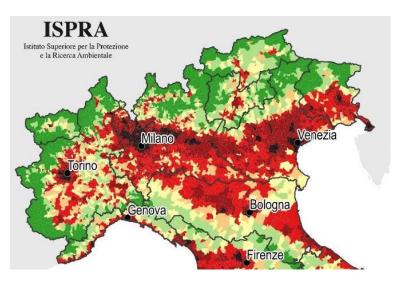
Profonde alterazioni idro-morfologiche:

abbassamento quota di fondo pensilizzazione della golena interruzione della connettività laterale



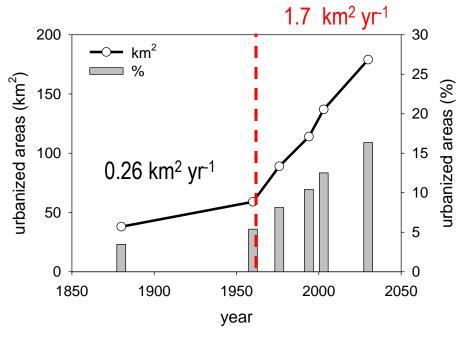
Variazione del numero di ambienti acquatici permanenti nella golena del Po in provincia di Piacenza dal 1970 al 1998 (Viaroli & Bartoli, 2009, Riqualificazione fluviale 2, 15-22.

Sviluppo di aree urbane e infrastrutture grigie

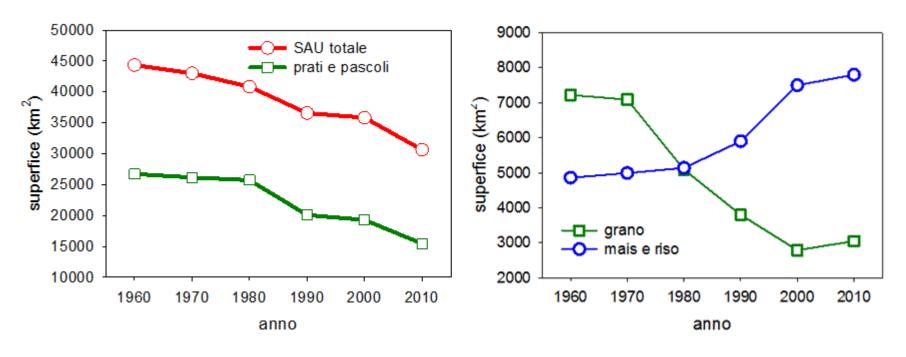


Estensione delle aree urbane e delle infrastrutture nel 2018 come % della superficie del territorio comunale (a cura di Munafò, M., 2019. Consumo di suolo, dina-miche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2019. Report SNPA 08/19)

Marrone scuro > 30% Marrone 15-30% Rosso 9-15%

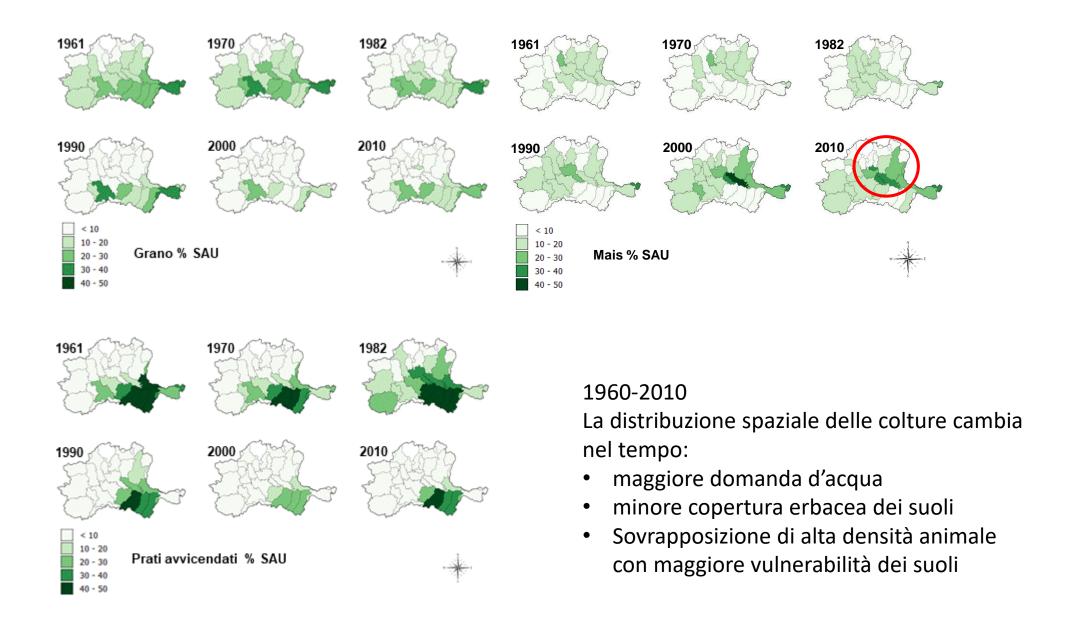


Crescita delle aree urbane nella bassa pianura nella provincia di Parma dal 1880 al 2003 (dati misurati) con proiezione al 2030 (Dall'Olio & Cavallo, 2009) Perdita progressiva di circa il 30% del suolo agricolo, prevalentemente erbai. Drastica diminuzione dei cereali vernini non irrigati e aumento equivalente della SAU a mais e riso che richiedono molta acqua



Variazioni temporali della Superficie Agricola Utile (SAU) totale e della SAU destinata a prati e pascoli nel bacino del Po dal 1961 al 2010.

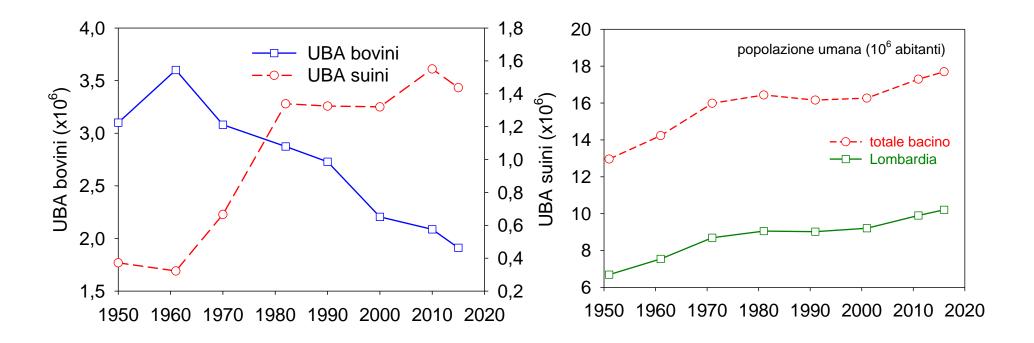
Variazioni temporali della SAU destinata a grano e a mais e riso nel bacino del Po dal 1961 al 2010.



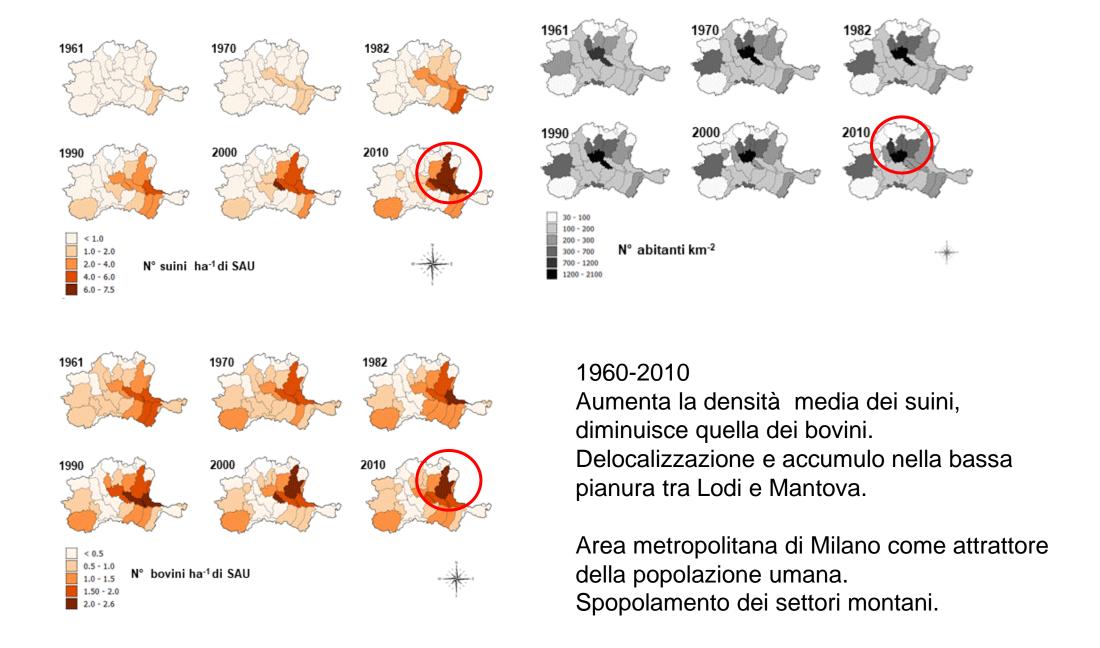
Viaroli et al., 2018. Science of the Total Environment 639, 1574-1587

Cambia radicalmente la tipologia di allevamento con la crescita esponenziale del numero di capi suini e il progressivo declino di quelli bovini.

Disgiunzione di zootecnia e agricoltura: le deiezioni animali da risorsa diventano rifiuto. La popolazione umana aumenta fino agli anni '70 e si concentra nei centri urbani

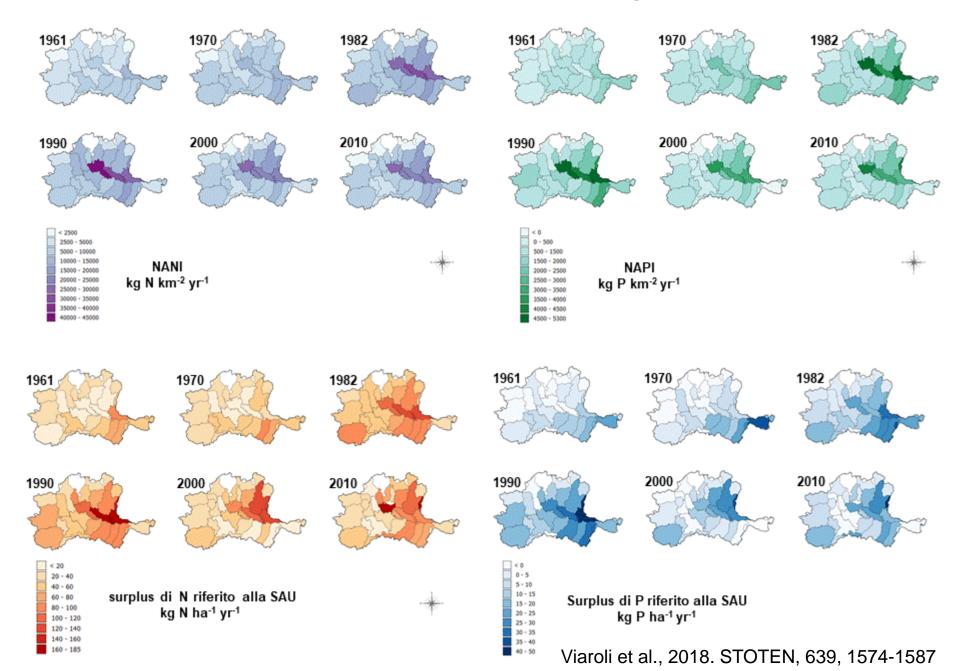


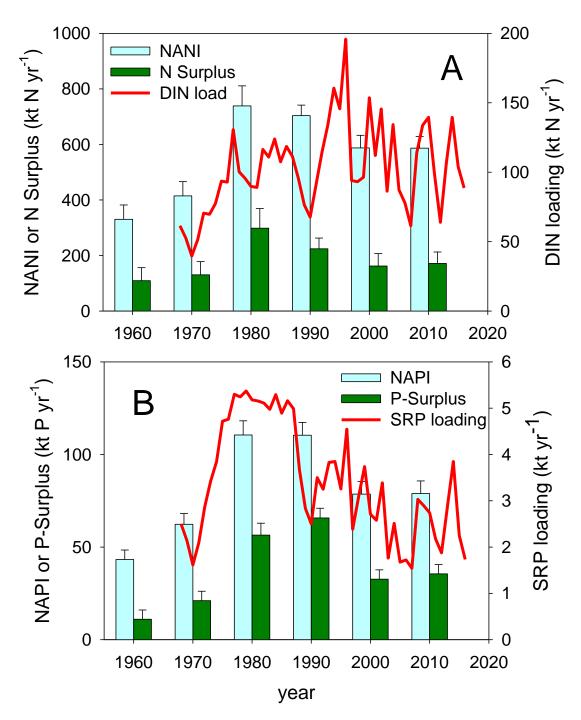
Variazioni temporali delle Unità di Biomassa Adulta (UBA) di bovini e suini nel bacino del Po dal 1950 al 2015. Variazioni temporali della popolazione residente nel bacino del Po e nel solo sottobacino lombardo dal 1951 al 2015.



Viaroli et al., 2018. Science of the Total Environment 639, 1574-1587

Variazioni spazio-temporali dei carichi potenziali generati di azoto e fosforo





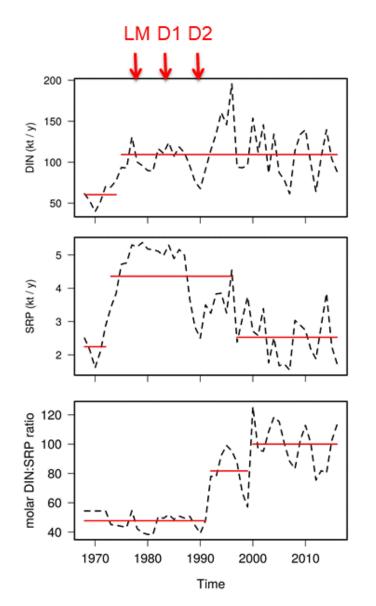
Carichi di azoto (A) e fosforo (B) transitati nella sezione di Pontelagoscuro in relazione al carico potenziale generato di azoto e fosforo

EREDITA' DELL'AZOTO. L'azoto, soprattutto in forma di nitrato, rimane alto nel tempo – effetto delle acque sotterranee? (van Meter & Basu, 2018; Bartoli et al., 2012)

Dopo il 1990 il fosforo comincia a diminuire

Viaroli et al., 2018. Science of the Total Environment 639, 1574-1587

Evoluzione temporale dei carichi di DIN e SRP nel fiume Po a Pontelagoscuro rilevata con Change Point Analysis. Si notano gli effetti delle politiche ambientali. LM: legge Merli, D1 e D2: decreti sul P nei detersivi

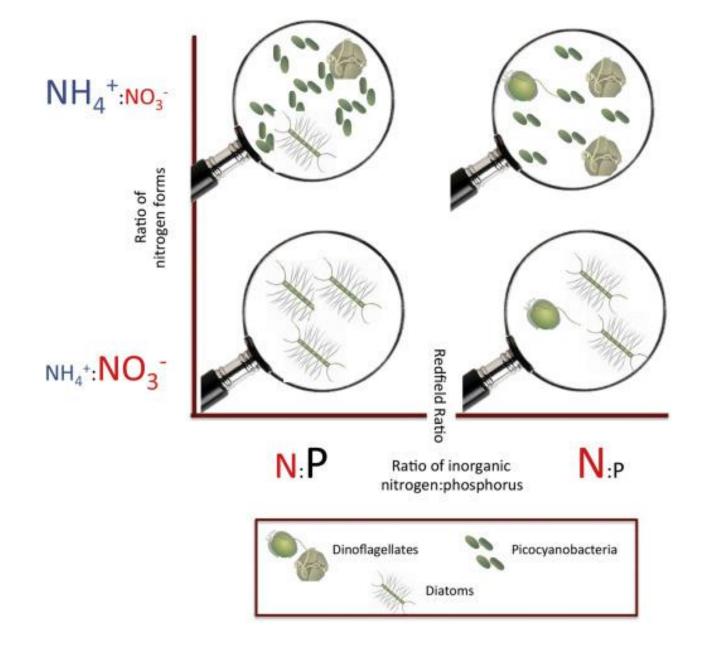


period	DIN (kt yr ⁻¹)
1968-1974	60.4±13.3
1975-2016	109.4±27.8

periodo	SRP (kt yr ⁻¹)
1968-1972	2.2±0.5
1973-1996	4.4±0.9
1997-2016	2.5±0.7

periodo	DIN:SRP
1968-1991	47.1±5.6
1992-1999	81.7±14.6
2000-2016	100.0±14.6

Viaroli et al., 2018. Science of the Total Environment, 639, 1574-1587

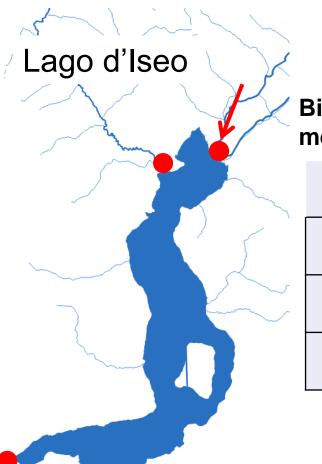


COME VALUTARE I CARICHI Approccio multielemento

Effetti di tipo sinergico con altri fattori di disturbo

Rilevanza della speciazione vs stechiometria

Glibert 2017, Marine Pollution Bulletin, 124, 591-606

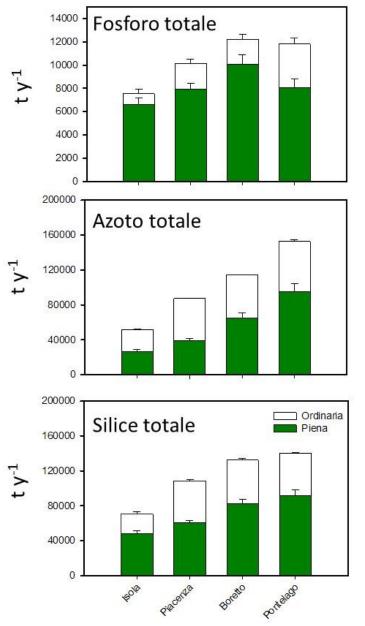


Bilancio di massa dei nutrienti (N, P, Si) come media del triennio 2016-18

	TSi	DSi	TN	DIN	TP	SRP
INPUT t yr-1	3044	2626	2174	1614	126	27.8
OUTPUT t yr ⁻¹	747	641	1197	779	26	5.5
retention %	75	76	45	52	79	80

I laghi profondi peri-alpini sono filtri di P e Si, ma non di N. Cause principali sono oligomissi e meromissi indotte dal cambiamento climatico.

Scibona et al., 2022. Biogeochemistry 159: 371-392 Nizzoli et al., 2018, Biogeochemistry 137: 143-161 Salmaso et al., 2018, Hydrobiologia 824: 1-32

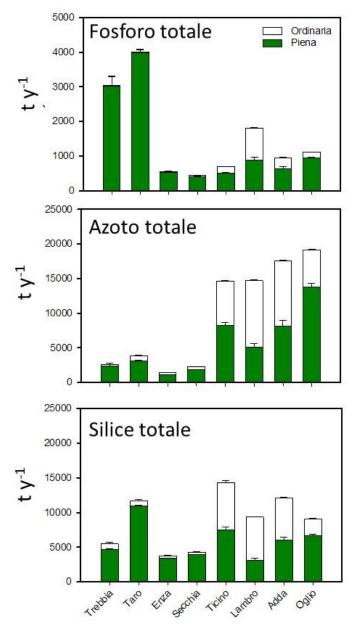


CARICHI IN TRANSITO NELLE STAZIONI NEL PO: relazione tra condizioni di piena e ordinarie (Novembre 2014-ottobre 2015)

Accumulo monte valle (t y ⁻¹)					
P	4200				
N	100000				
Si	70000				

Contributo piene alla formazione del carico (%)						
Р	68					
N	62					
Si	66					
Piena (n° gg) 147 (40%)						

Report finale progetto *Monitoraggio dei carichi di nutrienti veicolati dal Po al mare Adriatico,* Accordo di collaborazione tra UNIPR, UNIFE e Regione Lombardia (2014-2015) con la Partecipazione di Autorità di bacino distrettuale del fiume Po e ARPAE Emilia-Romagna



CARICHI IN TRANSITO NEI DIVERSI SOTTOBACINI: relazione tra condizioni di piena e ordinarie (Novembre 2014-ottobre 2015)

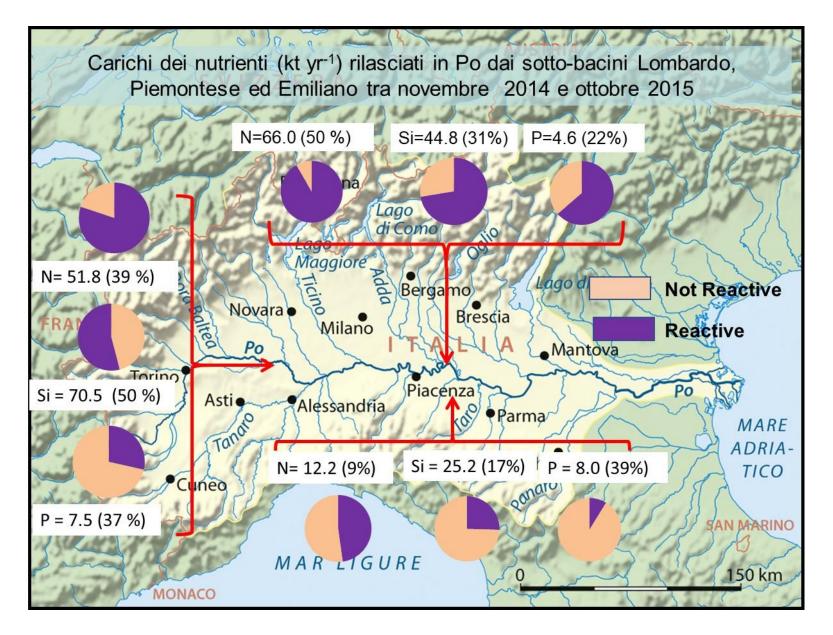
Carico esportato (t y⁻¹)

	Appenninico	Alpino
Р	8000	4500
N	12100	66000
Si	25100	44800

Contributo piene alla formazione del carico (%)

	Appenninico	Alpino
Р	99	65
N	85	53
Si	91	52
Piena (n° gg)	50-108	90-160
	(13-30%)	(25-43%)

Report finale progetto *Monitoraggio dei carichi di nutrienti veicolati dal Po al mare Adriatico,* Accordo di collaborazione tra UNIPR, UNIFE e Regione Lombardia (2014-2015) con la Partecipazione di Autorità di bacino distrettuale del fiume Po e ARPAE Emilia-Romagna



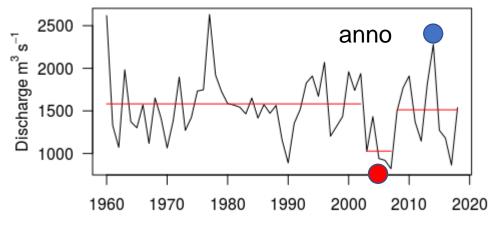
Report finale progetto *Monitoraggio dei carichi di nutrienti veicolati dal Po al mare Adriatico,* Accordo di collaborazione tra UNIPR, UNIFE e Regione Lombardia (2014-2015) con la Partecipazione di Autorità di bacino distrettuale del fiume Po e ARPAE Emilia-Romagna

COMPOSIZIONE PERCENTUALE DEL P PARTICELLATO INORGANICO IN COINCIDENZA DEI COLMI DELLE PIENE

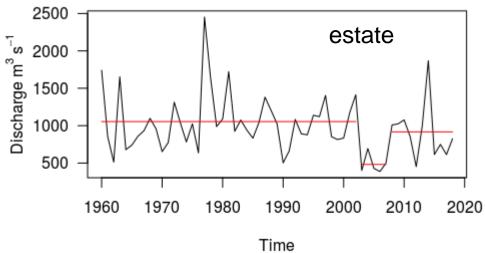
	ScambPO ₄	Fe-PO ₄	Auth. Ca-PO ₄	Detr. Ca-PO ₄
Ро	15,0±1,4	17,5±1,1	43,9±2,0	23,5±1,8
Sinistra	25,8±2,2	32,2±2,7	22,3±2.2	19,6±2,2
Destra	4,3±0,9	4,8±0,6	66,2±1,9	24,6±2,9
	Υ	J		Υ

In destra idrografica leoformabilifrattarie raggiungono il some deli attationo particellato inorganico, mentre al contrario negli affluenti di sinistra circa il 58% è rappresentato da forme labili. Nel Po la situazione risulta intermedia.

Periodi secchi e umidi sono stati identificati con *change point analysis. È è stato* Sono stati confrontati i carichi dei nutrienti di anni secchi (2003-2007) e umidi 2014-2015.



	Portata media (m³ s-				
	anno	estate			
1960-02	1585	1054			
2008-18	1513	917			
2003-07	1029	482			



Si veda anche: Giani et al. 2012. ECSS 115: 1-12 Zanchettin et al. 2008. Climatic Change. 89: 411-433.

CONFRONTO TRA ANNI SECCHI E UMIDI

In anni secchi le piene lampo contribuiscono a meno del 10% dei carichi di N, Si e P (soprattutto P).

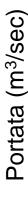
In anni umidi le piene contribuiscono al 60-70% dei carichi di N, Si e P. Il P è soprattutto particellato

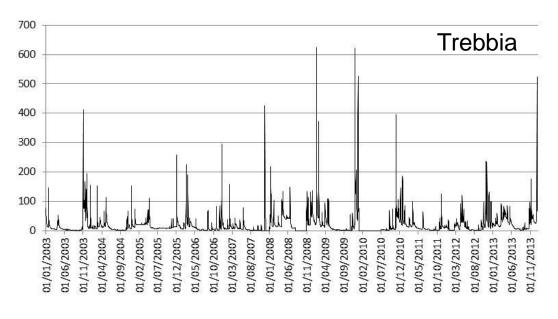
		idrologia		carichi						
		Q km³ yr-1	floods		TN	DIN	TP	SRP	TSi	DSi
2003-	2007	20.4	28 d	kt yr ⁻¹	105	89	6.8	1.8	na	na
secco	32.4	8%	% flood	22	17	34	15	na	na	
2014-2015 umido	F4.0	147 d	kt yr ⁻¹	152	118	11.8	2.6	140	99	
	54.6	40%	% flood	62	62	68	67	66	64	

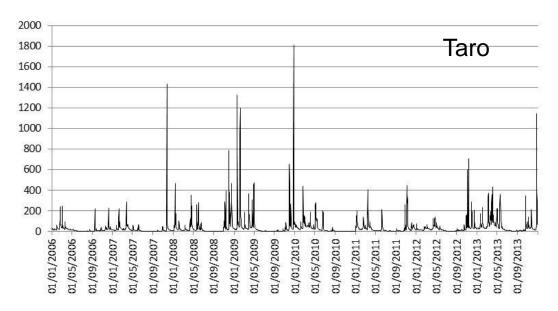
Dati tratti da:

Naldi et al., 2010. Biologia Ambientale 24: 59-69

Report finale progetto *Monitoraggio dei carichi di nutrienti veicolati dal Po al mare Adriatico,* Accordo di collaborazione tra UNIPR, UNIFE e Regione Lombardia (2014-2015) con la Partecipazione di Autorità di bacino distrettuale del fiume Po e ARPAE Emilia-Romagna







I fiumi e torrenti della destra idrografica del Po (Piemonte ed Emilia-Romagna) stanno assumendo un carattere intermittente.

Elevata frequenza di eventi estremi: secche prolungate sono seguite da piene improvvise di breve durata (piene lampo)

Progetto PRIN 2015
NO ACQUA-risposte di comunità e
processi ecosistemici in corsi d'acqua
soggetti a intermittenza
idrologica Consorzio di
UNIPR, UNIFE, UNIUPO, UNITO,
Fondazione Mach

INTERMITTENZA



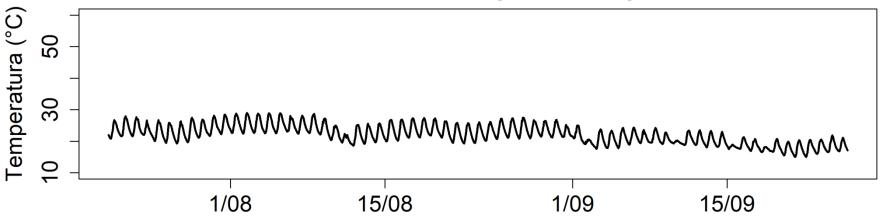
Taro in secca (http://www.panoramio.com/photo/92510146)



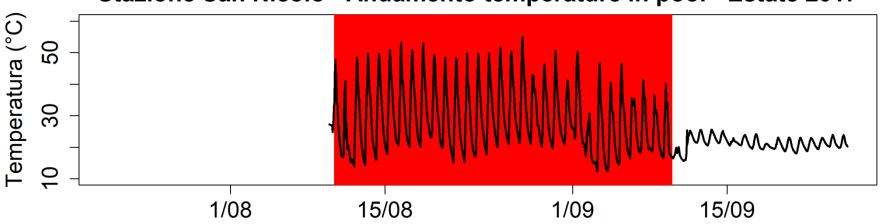
Fiume Taro, Ponte della Ferrovia Piacenza-Bologna - 11 novembre 2014 (http://www.gazzettadiparma.it/news/provincia/228860/Taro--scatta-di-nuovo-l.html)

Confronto delle temperature in pozze d'acqua a diverse intensità del deflusso

Stazione Travo - Andamento temperature in pool - Estate 2017



Stazione San Nicolò - Andamento temperature in pool - Estate 2017



Progetto Consorzio PC (2017-2018)

Problemi aperti

Campionamento e condizioni idrologiche: ruolo delle piene nella formazione dei carichi

Identificazione degli elementi limitanti. Approccio multielemento e stechiometria ecologica

Valutazione dei singoli elementi e della loro biodisponibilità (speciazione)

Limiti delle misure del P totale (vedasi speciazione del P) Importanza della silice

Eredità di fosforo e azoto (ritardo nella percezione dei benefici delle azioni intraprese)

Situazioni critiche da porre sotto attenzione

Laghi meromittici

Canali terminali delle bonifiche

Piccoli fiumi e canali della costa

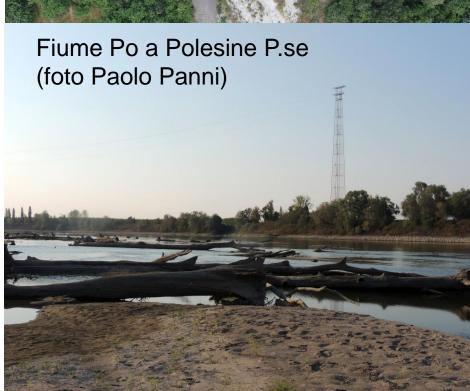
Urbanizzazione e scolmatori fognari/dei depuratori

Spandimento agronomico di fanghi di depurazione e digestati

ESTATE 2022

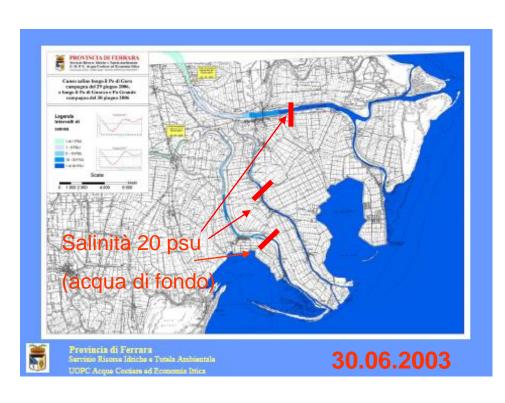




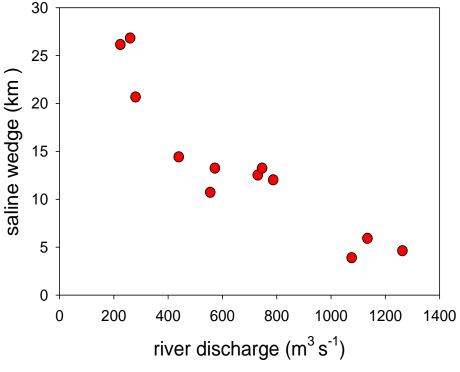


2003: risalita del cuneo salino nel delta del Po – con portata inferiore a 250 m³ s⁻¹ risalita di circa 25 km

(dati Provincia di Ferrara, UACP e ARPAE - Regione Emilia Romagna)



O luglio 2022 ($Q \sim 160 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$)



Risalita del cuneo salino il 30 giugno 2003 con salinità dell'acqua di fondo di 20 psu

Relazione portata – risalita del cuneo salino, periodo luglio 2003 – aprile 2007

Grazie ai colleghi che hanno contribuito con idee, discussioni e materiale

Azzoni R., Bartoli M., Bolpagni R., Burgazzi G., Cavallini E., Laini A., Longhi D., Naldi M., Nizzoli D., Racchetti E., Rossetti G., Scibona A.

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

Fano E.A. Castaldelli G., Soana E., Dipartimento di Scienze della Vita e Biotecnologie. Università di Ferrara

Fenoglio S., Bona F., DBIOS, Università di Torino

Vezza P., DIATI, Politecnico di Torino

Bresciani M., Pinardi M., Ghirardi N., CNR-IREA, Milano

Pecora S., Moroni F., Autorità di bacino distrettuale del fiume Po

Franceschini S., Ferrari C.R., ARPAE Emilia Romagna

Rinaldi A., Centro Ricerche Marine, Cesenatico

Panni P., Gazzetta di Parma

Gibertoni M., Barborini S., Aironi del Po, Legambiente

PROGETTI DI RIFERIMENTO

Progetti finanziati dal MIUR

Processi biogeochimici. trasformazioni ed effetti del carico dell'azoto nel tratto di pianura e nelle acque di transizione del delta del Po (PRIN 2008.)

NOACQUA-risposte di comuNità e processi ecOsistemici in corsi d'ACQUA soggetti a intermittenza idrologica (PRIN 2015). Progetto Bandiera RITMARE (2016)

Progetti regionali

- Studio per l'approfondimento delle variazioni dei carichi di azoto e fosforo transitati nella stazione di Pontelagoscuro e per l'analisi di processi rilevanti ai fini della comprensione della composizione e delle trasformazioni dei carichi Autorità di Bacino del fiume Po (2007-2008).
- Analisi sul trasporto degli inquinanti e sulla connettività ecologica laterale e longitudinale connessi alla realizzazione di ipotetici sbarramenti sul tratto regionale del fiume Po. ARPA-DT Emilia Romagna (2009-2010).
- Monitoraggio dei carichi di nutrienti veicolati dal Po al mare Adriatico, Accordo di collaborazione tra UNIPR, UNIFE e Regione Lombardia (2014-2015) con la Partecipazione di Autorità di bacino distrettuale del fiume Po e ARPAE Emilia-Romagna.
- Valutazione di criteri di classificazione dello stato trofico, della suscettibilità all'eutrofizzazione dei sistemi fluviali e dei carichi di nutrienti veicolati nelle acque superficiali e delle relative sorgenti, nell'ambito degli adempimenti della direttive comunitarie 2000/60 (direttiva quadro acque) e 676/91 (direttiva nitrati). Accordo di collaborazione con regione Lombardia (2015-16).
- Squaring the cycle: the INTEgration of GROundwater processes in Nutrient budgets for a basin-oriented remediation strategy (INTEGRON). CARIPLO 2015 (UNIPV, UNIPR, CNR-IRSA)
- ISEO: Improving the lake Status from Eutrophy towards Oligotrophy. CARIPLO 2015 (UNIBS, UNIPR, CNR-IREA, IGB Leibniz Institute of Freshwater Ecology and Inland Waters)