

Vad orsakar brunifieringen av svenska vatten – detta vet vi idag

**Lars J. Tranvik
Núria Catalan
Anne Kellerman
Dolly Kothawala
Gesa Weyhenmeyer**

Limnology

Department of Ecology and Genetics



UPPSALA
UNIVERSITET

Vad orsakar brunifieringen förbruningen av svenska vatten – detta vet vi idag



UPPSALA
UNIVERSITET

**Vad är orsakerna till förbruningen?
Vad är förbruningen orsak till?**



UPPSALA
UNIVERSITET

Varför blir vattnen brunare? Vad gör förbruningen med vattnen?



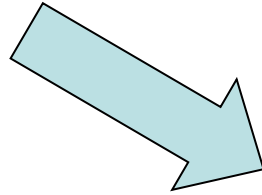
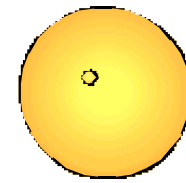
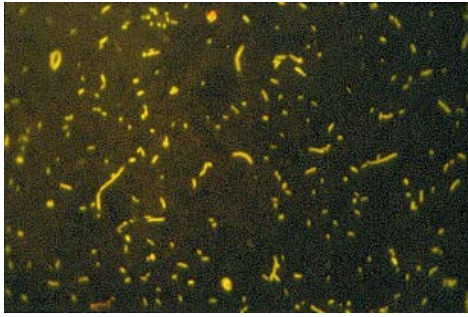
UPPSALA
UNIVERSITET



De flesta sjöar är små och starkt påverkade av organiskt material från land, huvudsakligen i löst form



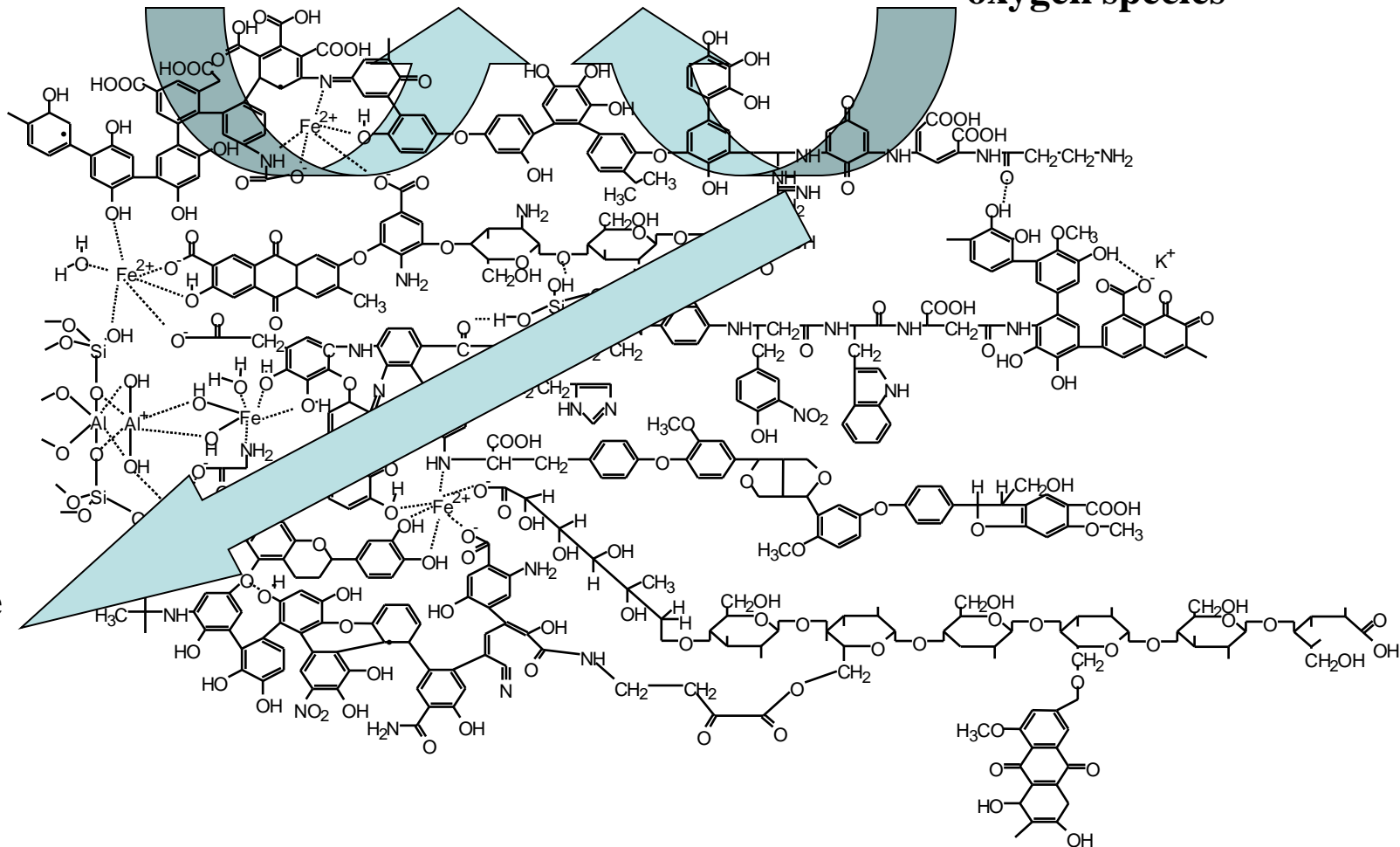
DOC (4-31 mg/l)



CO₂

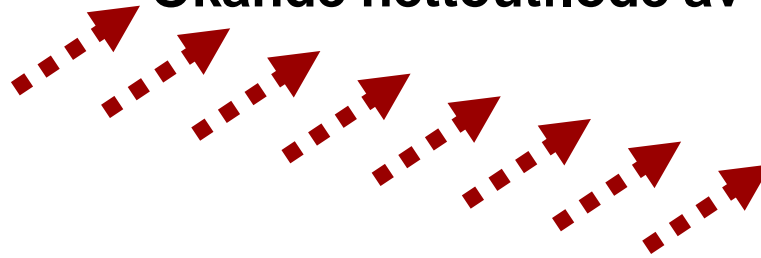
**photons and photochemically
produced reactive
oxygen species**

bacterial enzymes



**LMW labile
organic C**

Ökande nettoutflöde av koldioxid



Ökande andel av produktionen i sjön grundas på energi från landväxter



Sjöns metabolism drivs av växtplankton

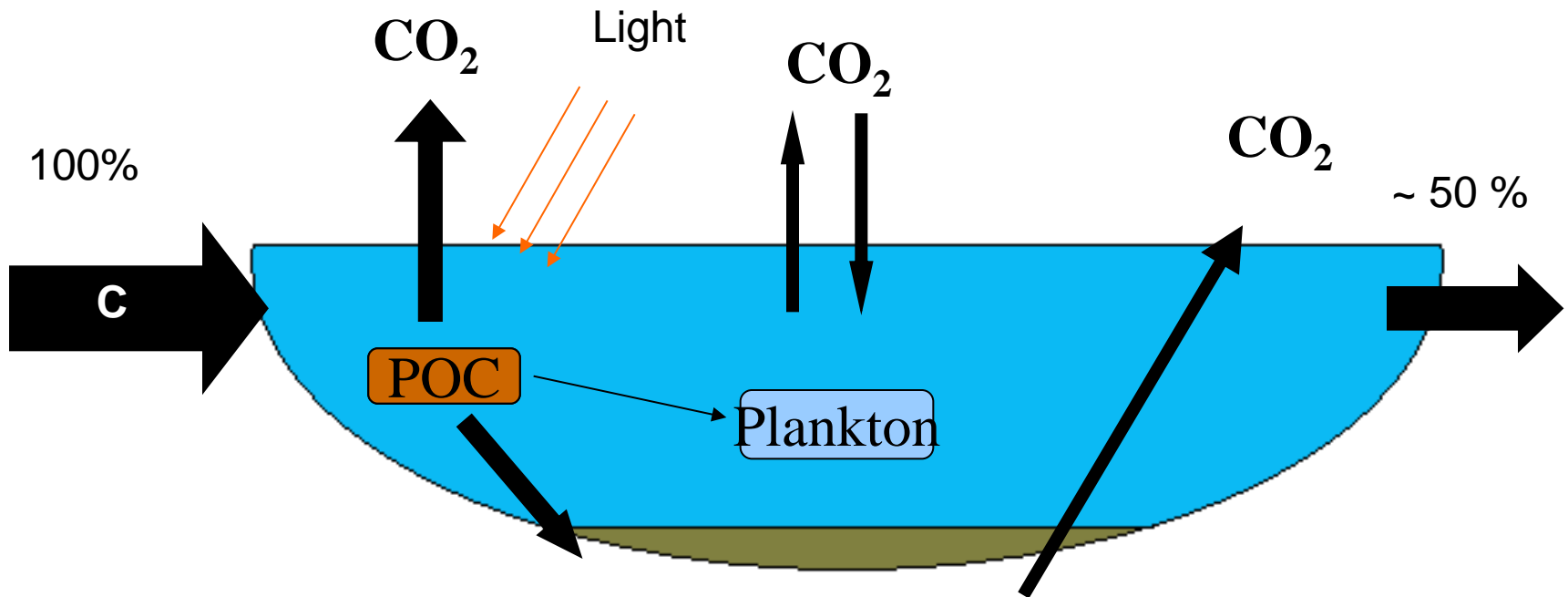
Sjöns metabolism drivs av humus från omlandet

A clear glass tumbler is shown, partially filled with a thick, brown, silty sediment. The sediment is piled up in the center of the glass, with some water visible around it. The background is dark and out of focus, suggesting an outdoor setting. The text is overlaid on the image in white.

Sediment som kolsänka

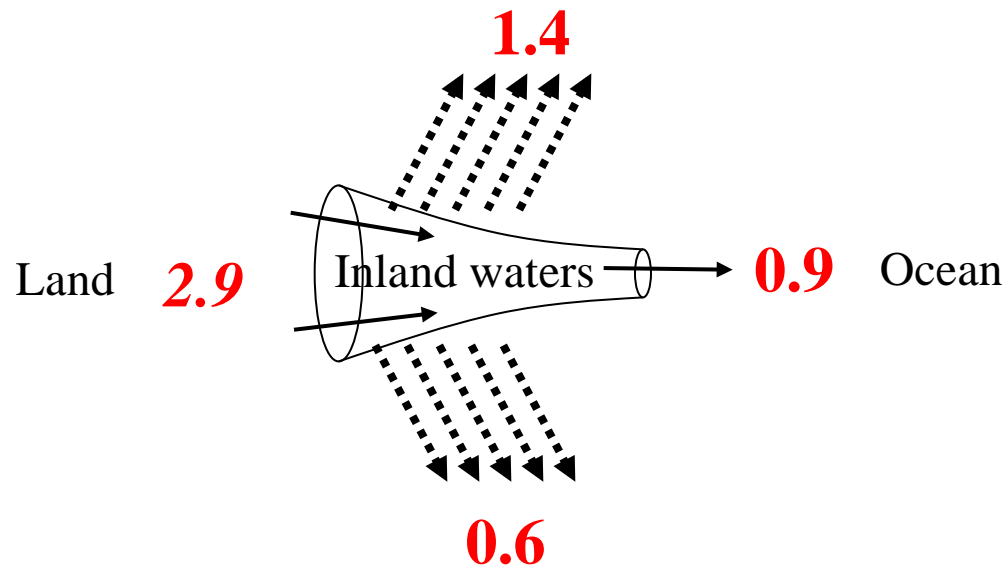
Boreal landscape (Finland): Areal C storage
higher in lake sediments than in forest
(Kortelainen et al. 2004)

Flockulering av löst organiskt material utgör den största delen av det kol som begravs i sedimenten



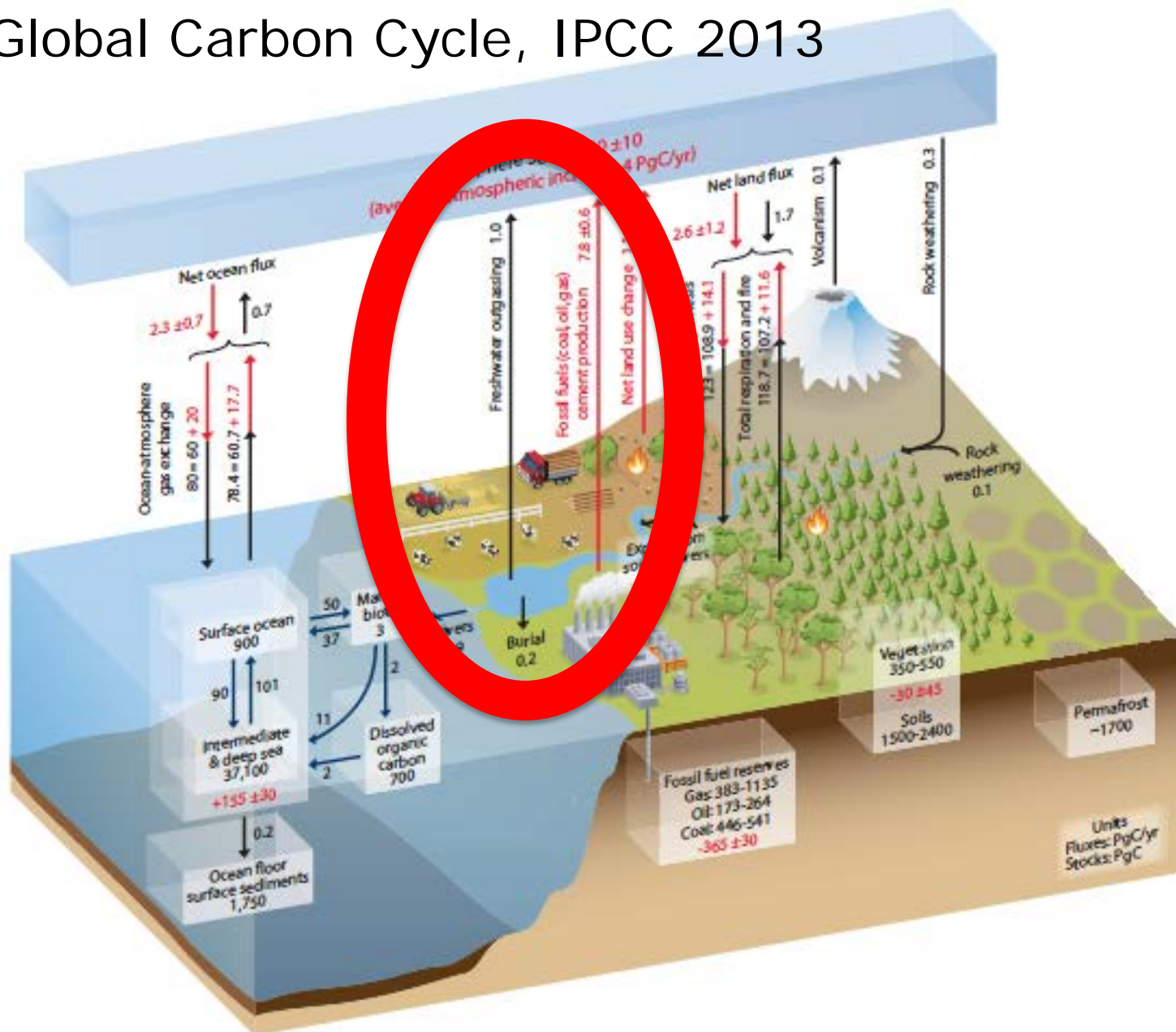
Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate

Lars J. Tranvik,^{a,*} John A. Downing,^b James B. Cotner,^c Steven A. Loiselle,^d Robert G. Striegl,^e Thomas J. Ballatore,^f Peter Dillon,^g Kerri Finlay,^h Kenneth Fortino,ⁱ Lesley B. Knoll,^j Pirkko L. Kortelainen,^k Tiit Kutser,^l Soren Larsen,^m Isabelle Laurion,ⁿ Dina M. Leech,^o S. Leigh McCallister,^p Diane M. McKnight,^q John M. Melack,^r Erin Overholt,^j Jason A. Porter,^s Yves Prairie,^t William H. Renwick,^u Fabio Roland,^v Bradford S. Sherman,^w David W. Schindler,^x Sebastian Sobek,^y Alain Tremblay,^z Michael J. Vanni,^j Antonie M. Verschoor,^{aa} Eddie von Wachenfeldt,^a and Gesa A. Weyhenmeyer^a



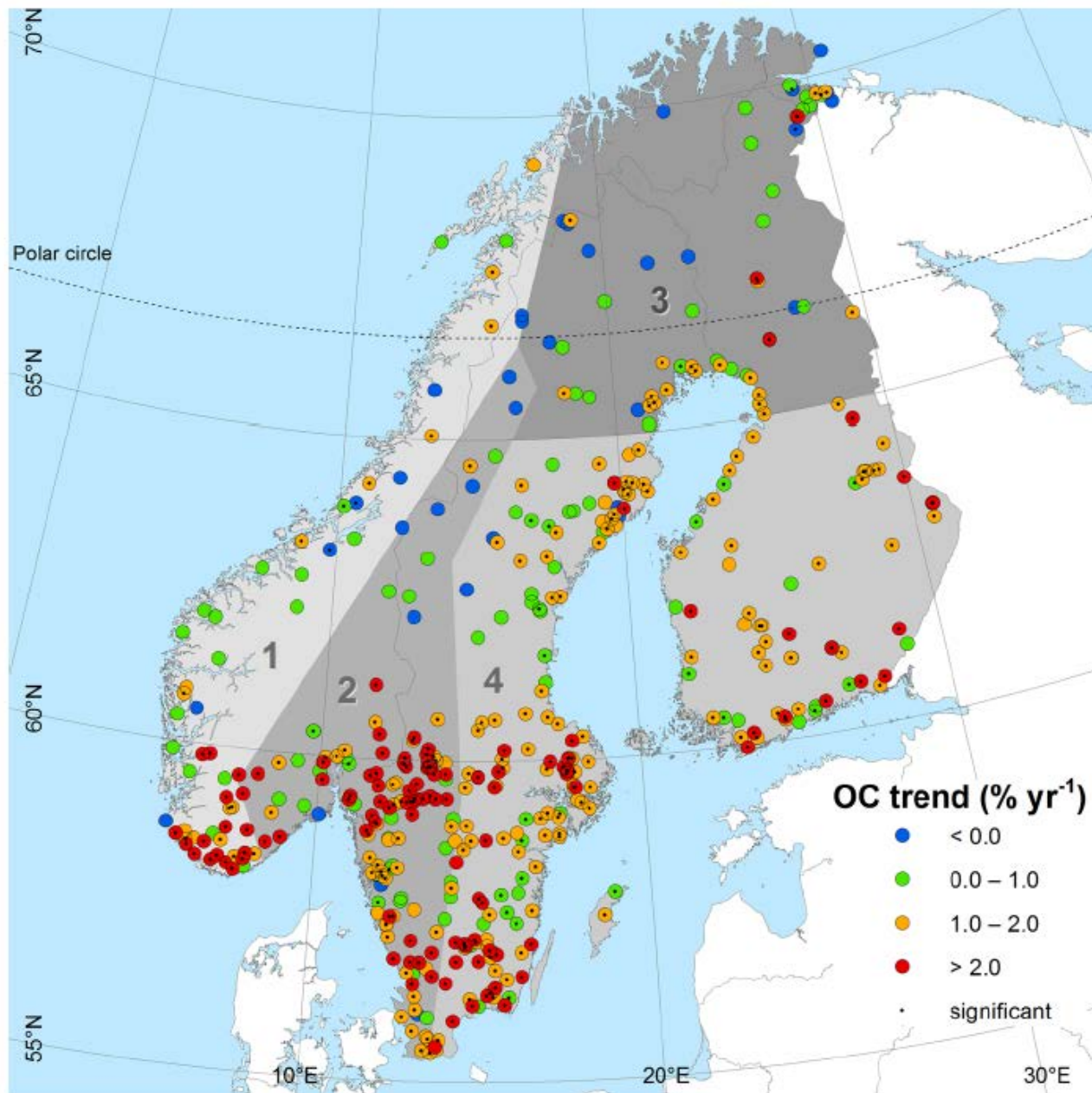
Gigatons per year

The Global Carbon Cycle, IPCC 2013



IPCC 5th Assessment Report, 2013, WG I, “The Physical Science Basis”

Ökande DOC i hela Norden



De Wit et al. 2016. ES&T

Some suggested causes for increasing DOC related to environmental change caused by humans

- Drier climate (e.g. Freeman et al. Nature 2001a)
- Warmer climate (e.g. Freeman et al. Nature 2001b)
- Wetter climate (many authors, e.g. Tranvik and Jansson Nature 2002)
- Elevated CO₂ (Freeman et al. Nature 2004)
- Decreased acidification/SO₄ deposition (Monteith et al. Nature 2007)
- Atmospheric N deposition (e.g. Bragazza et al. PNAS 2006)
- Increasing proportion of spruce in watersheds (Kritzberg)

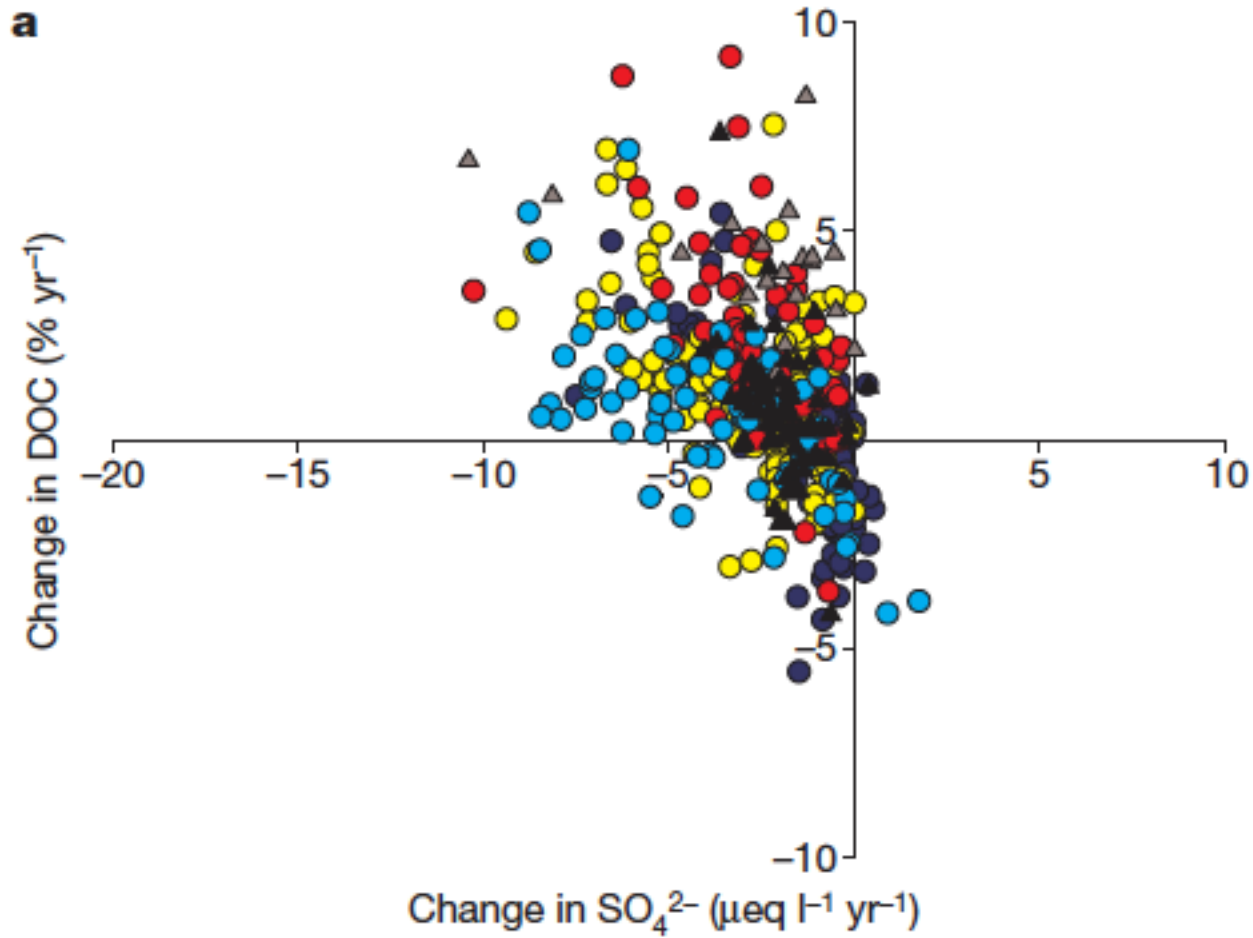
LETTERS

Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry

Donald T. Monteith^{1*}, John L. Stoddard^{2*}, Christopher D. Evans³, Heleen A. de Wit⁴, Martin Forsius⁵, Tore Høgåsen⁴, Anders Wilander⁶, Brit Lisa Skjelkvåle⁴, Dean S. Jeffries⁷, Jussi Vuorenmaa⁵, Bill Keller⁸, Jiri Kopáček⁹ & Josef Vesely^{10‡}

Monteith et al. 2007

Större minskning i sulfathalt i vattnen => större ökning i DOC



Monteith et al. 2007



Current Browning of Surface Waters Will Be Further Promoted by Wetter Climate

Heleen A. de Wit,^{*,†} Salar Valinia,[†] Gesa A. Weyhenmeyer,[‡] Martyn N. Futter,[§] Pirkko Kortelainen,^{||} Kari Austnes,[†] Dag O. Hessen,[⊥] Antti Räsänen,^{||} Hjalmar Laudon,[#] and Jussi Vuorenmaa^{||}

[†]Norwegian Institute for Water Research (NIVA), Gaustadalléen 21, 0349 Oslo, Norway

[‡]Department of Ecology and Genetics/Limnology, Uppsala University, Norbyvägen 18D, 752 36 Uppsala, Sweden

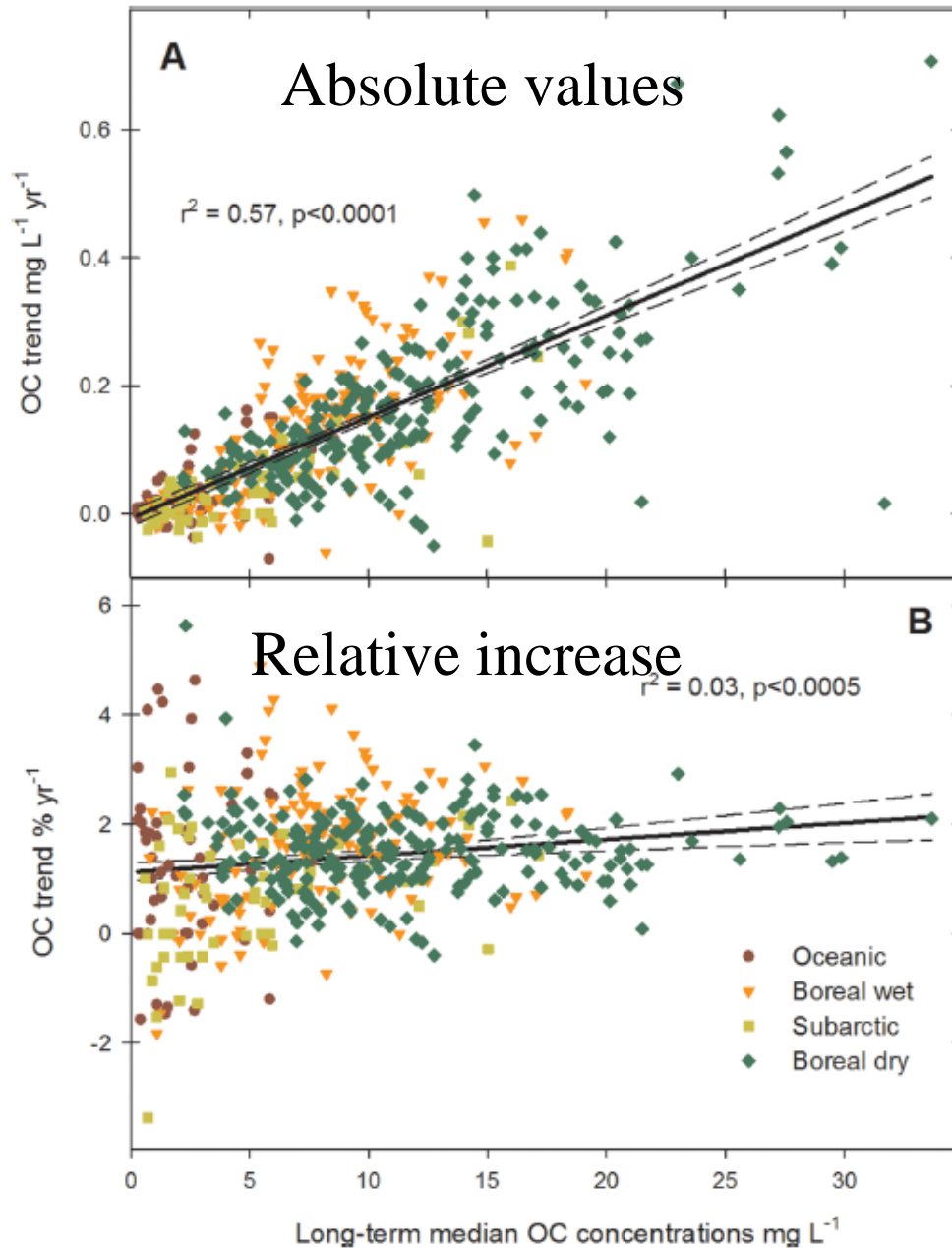
[§]Department of Aquatic Sciences and Assessment, Swedish University of Agricultural Sciences, Lennart Hjälms väg 9, 750 07 Uppsala, Sweden

^{||}Finnish Environment Institute, P.O. Box 140, 00251 Helsinki, Finland

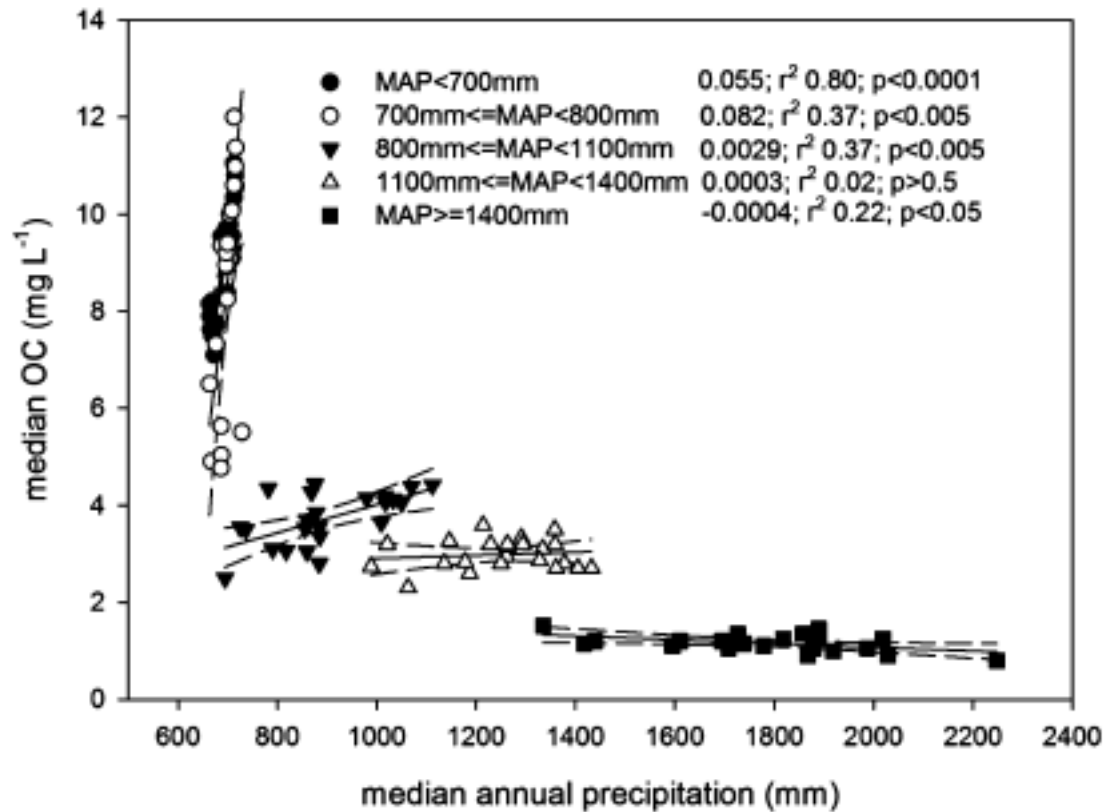
[⊥]Section for Aquatic Biology and Toxicology, Department of Biosciences, University of Oslo, 0316 Oslo, Norway

[#]Department of Forest Ecology and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, 901 83 Umeå, Sweden

Sjöar med högre halt av DOC => snabbare ökning

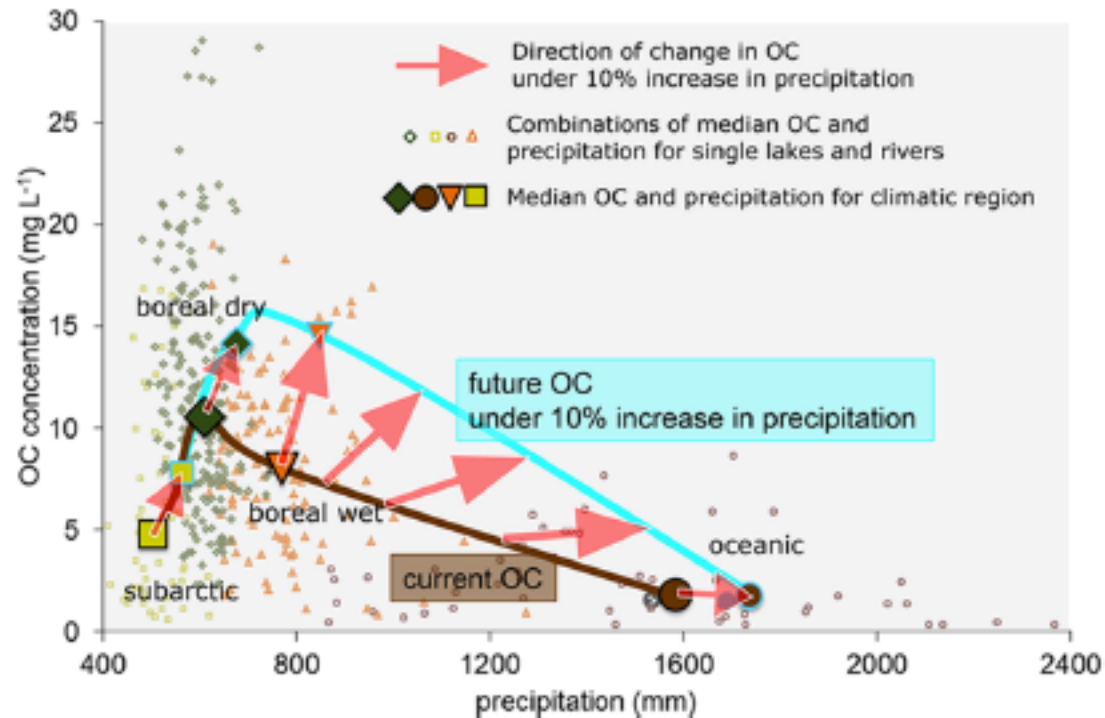


Ökningen i DOC avtar med ökande nederbörd: Utspädningseffekt, eller urlakningseffekt



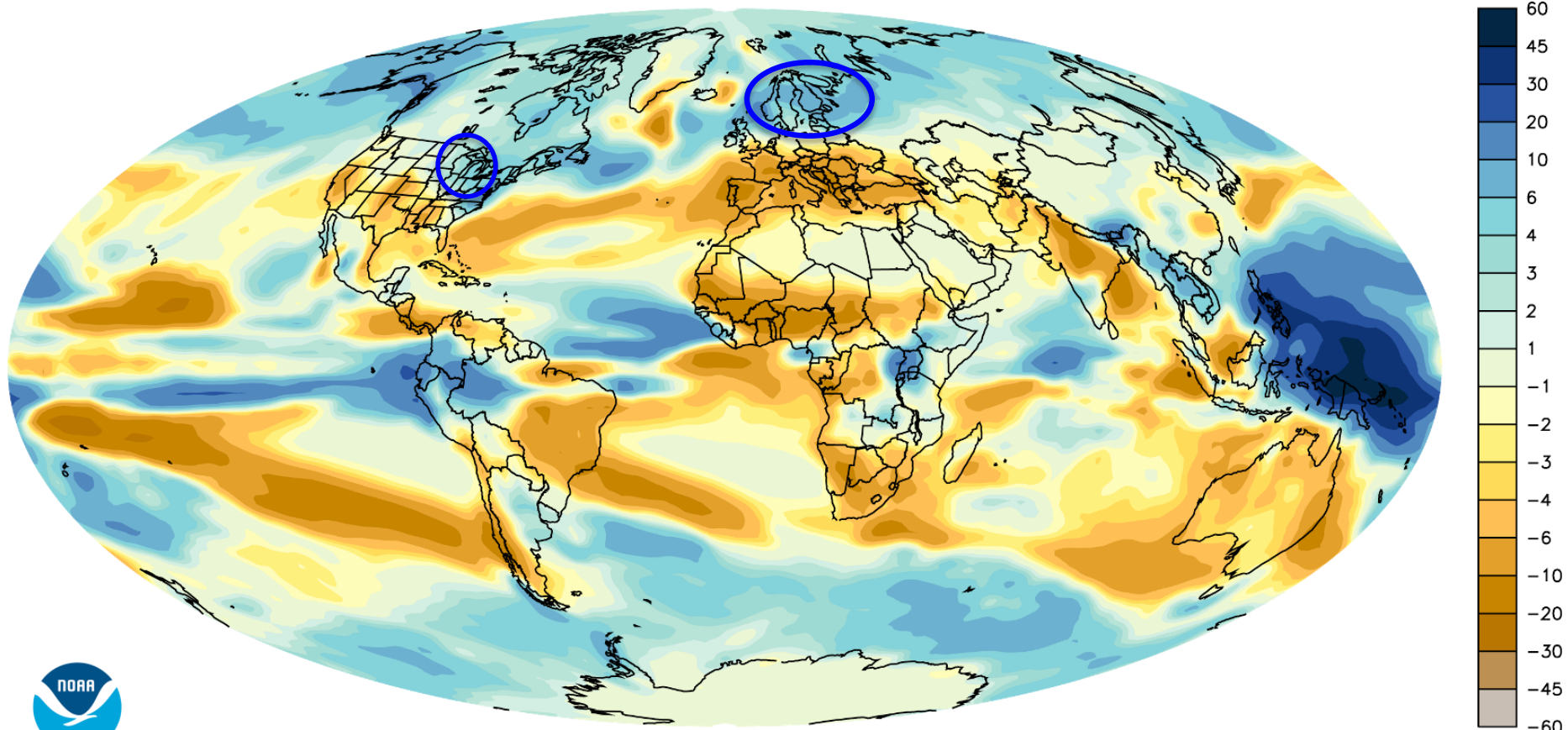
Framtida ändrad nederbörd kommer att leda till ytterligare förbruning

- men inte i de blötaste delarna av Norge....



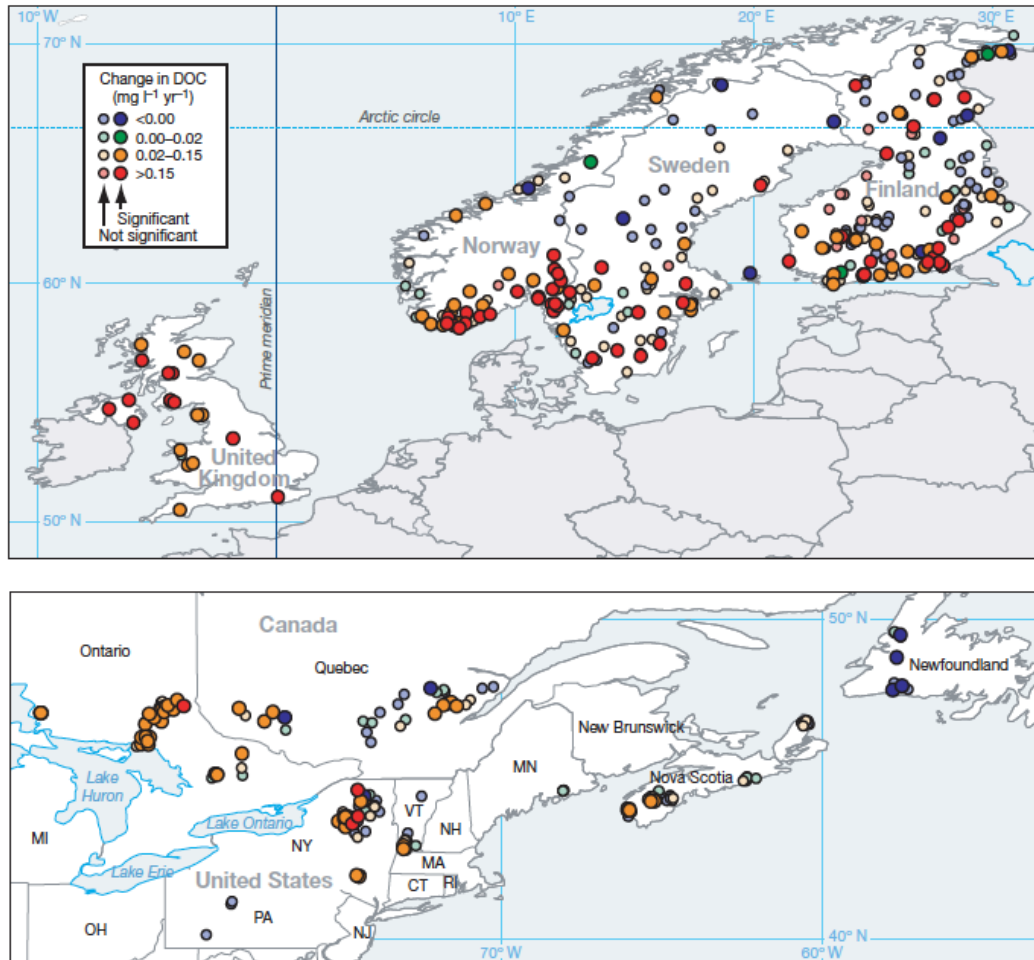
CHANGE IN PRECIPITATION BY END OF 21st CENTURY

inches of liquid water per year



as projected by NOAA/GFDL CM2.1

Areas which are already subject to “lake browning” correspond to areas which are expected to get increasing precipitation



From Monteith et al. Nature 2007

Mängden DOC kan alltså förväntas fortsätta öka.....

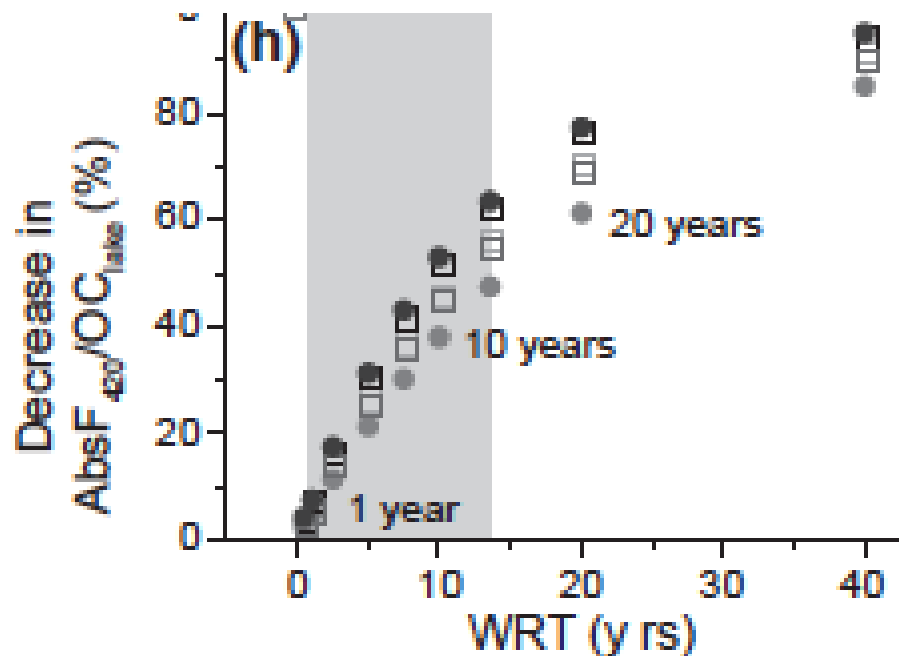


...men hur är det med den kemiska sammansättningen
av det organiska materialet?

DOC bryts ner under med en halveringstid på några år

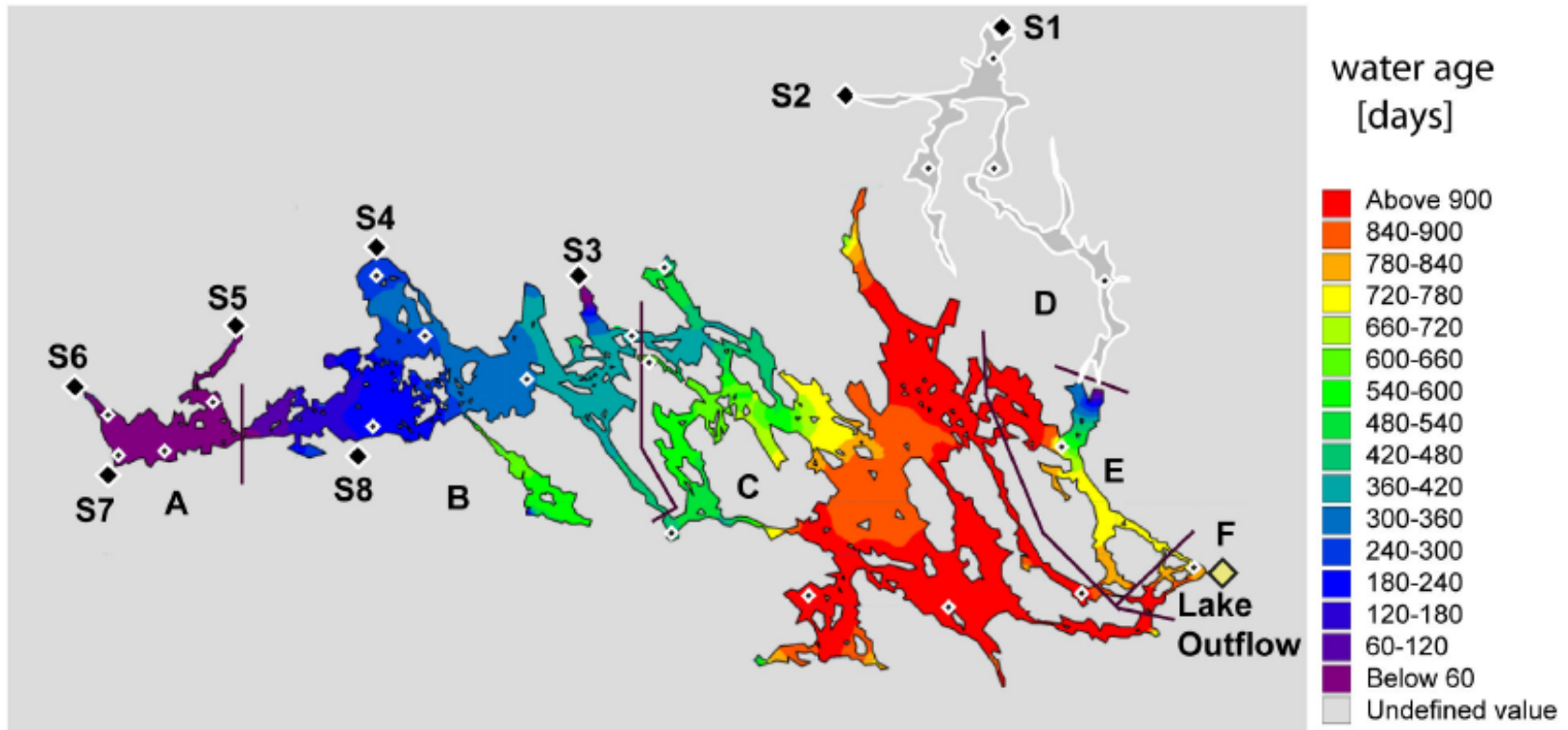
Ju längre uppehållstid på sjöarna, desto mer nedbrytning

Vattenfärgen försvinner ungefär dubbelt så fort som det organiska materialet



Alltså är “humus” mer labilt än DOC som helhet!

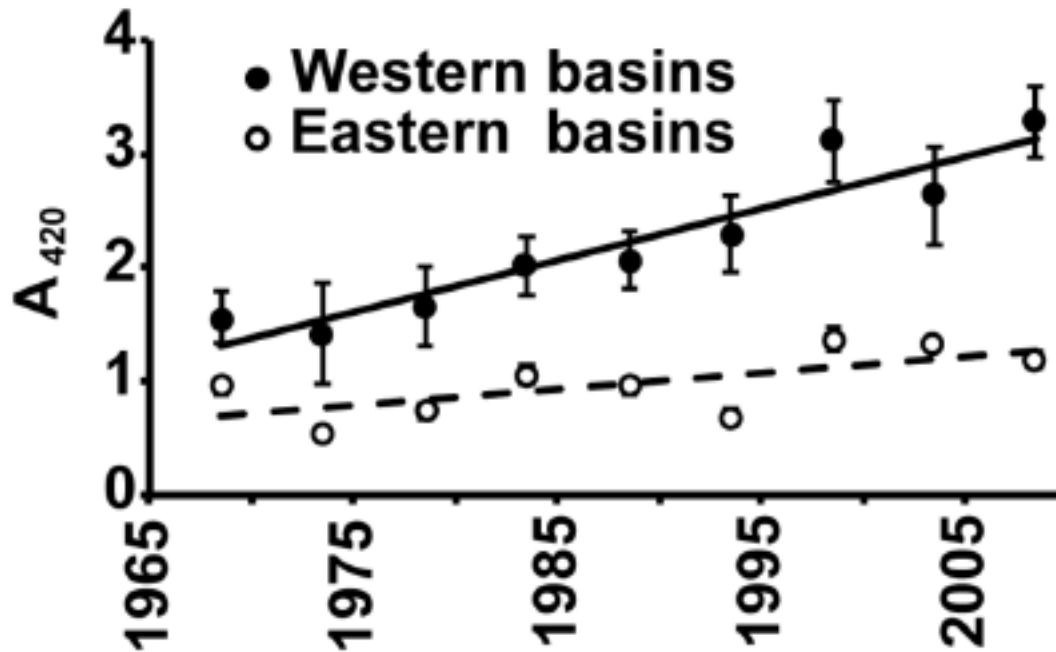
Mälaren, förser 1.5 miljoner människor med dricksvatten:
mest vatten kommer in i väster
ökande uppehållstid för vattnet österut



Mälaren:

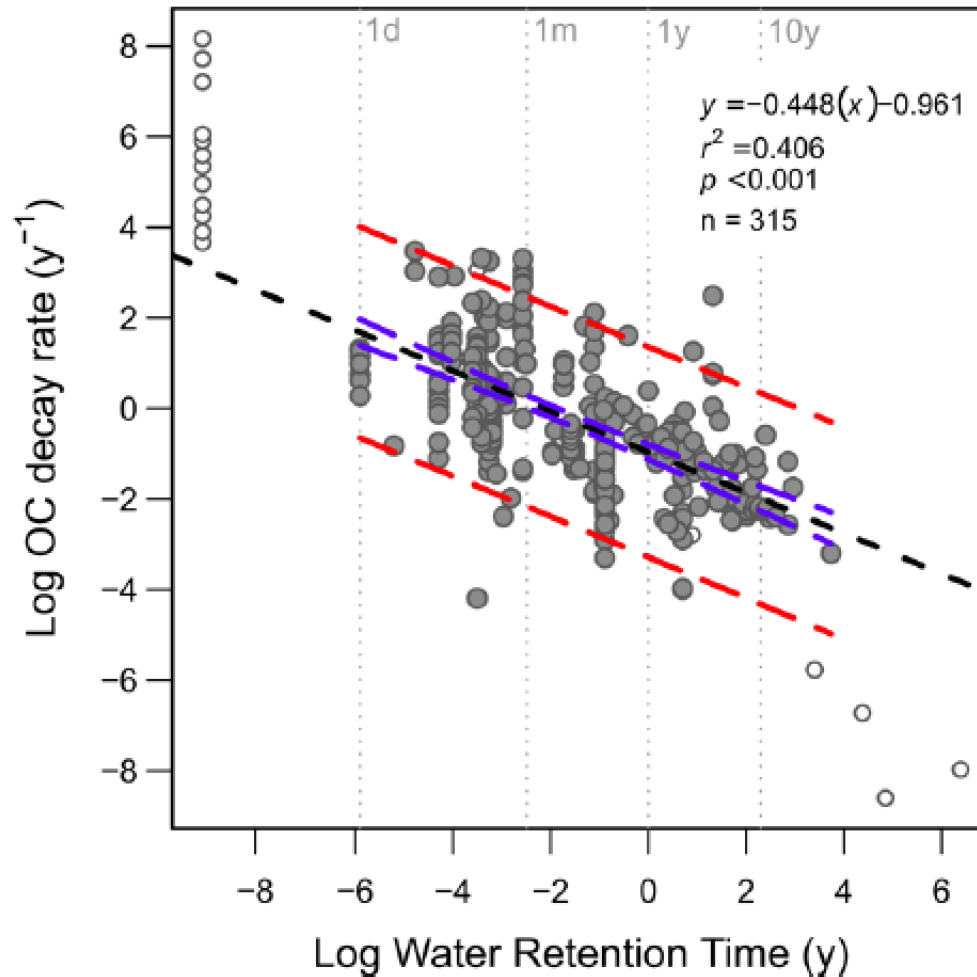
Vattenfärgen ökar snabbare i väster

Österut buffrar nedbrytning under den längre upehållstiden



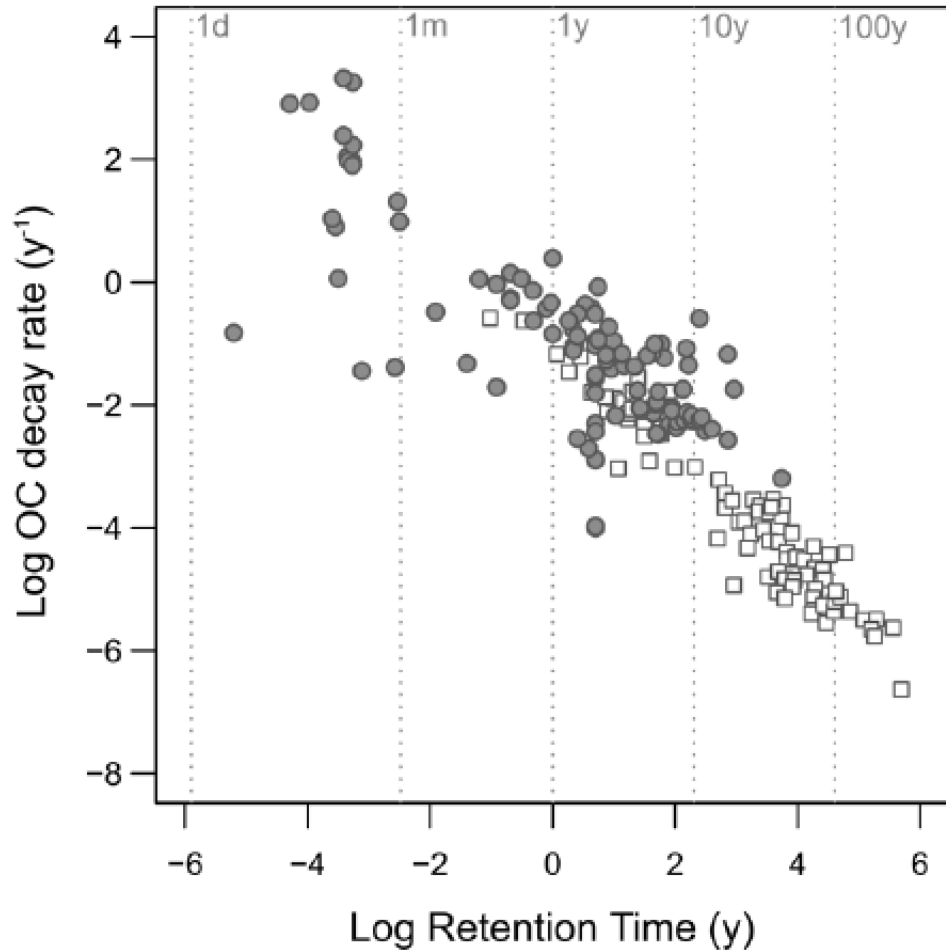
Organic carbon decomposition rates controlled by water retention time across inland waters

Núria Catalán^{1*}, Rafael Marcé², Dolly N. Kothawala³ and Lars. J. Tranvik¹



Longer retention time -> slower decay

Data in previous slide vs marine sediments

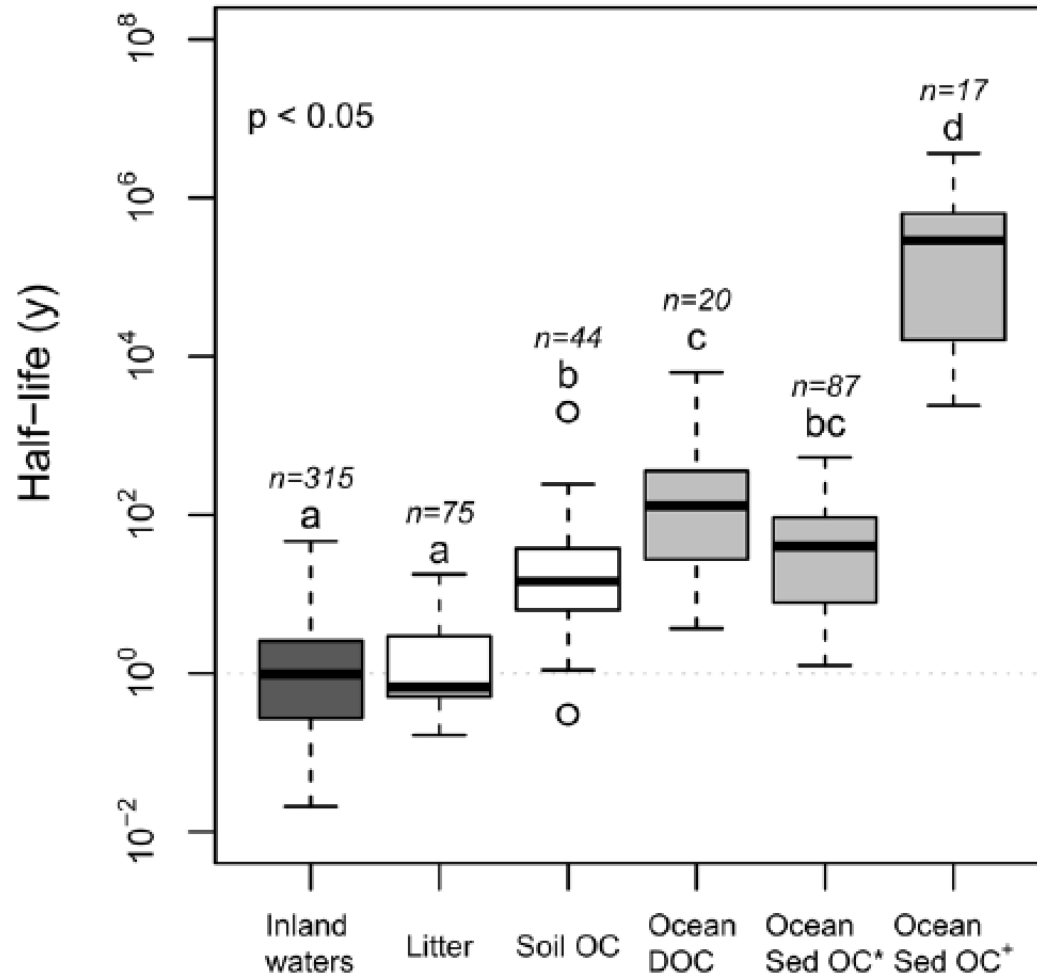


Open symbols: Marine sediment OC decay (Middelburg 1989)

The same general pattern of slower decay extends over 10 order of magnitude

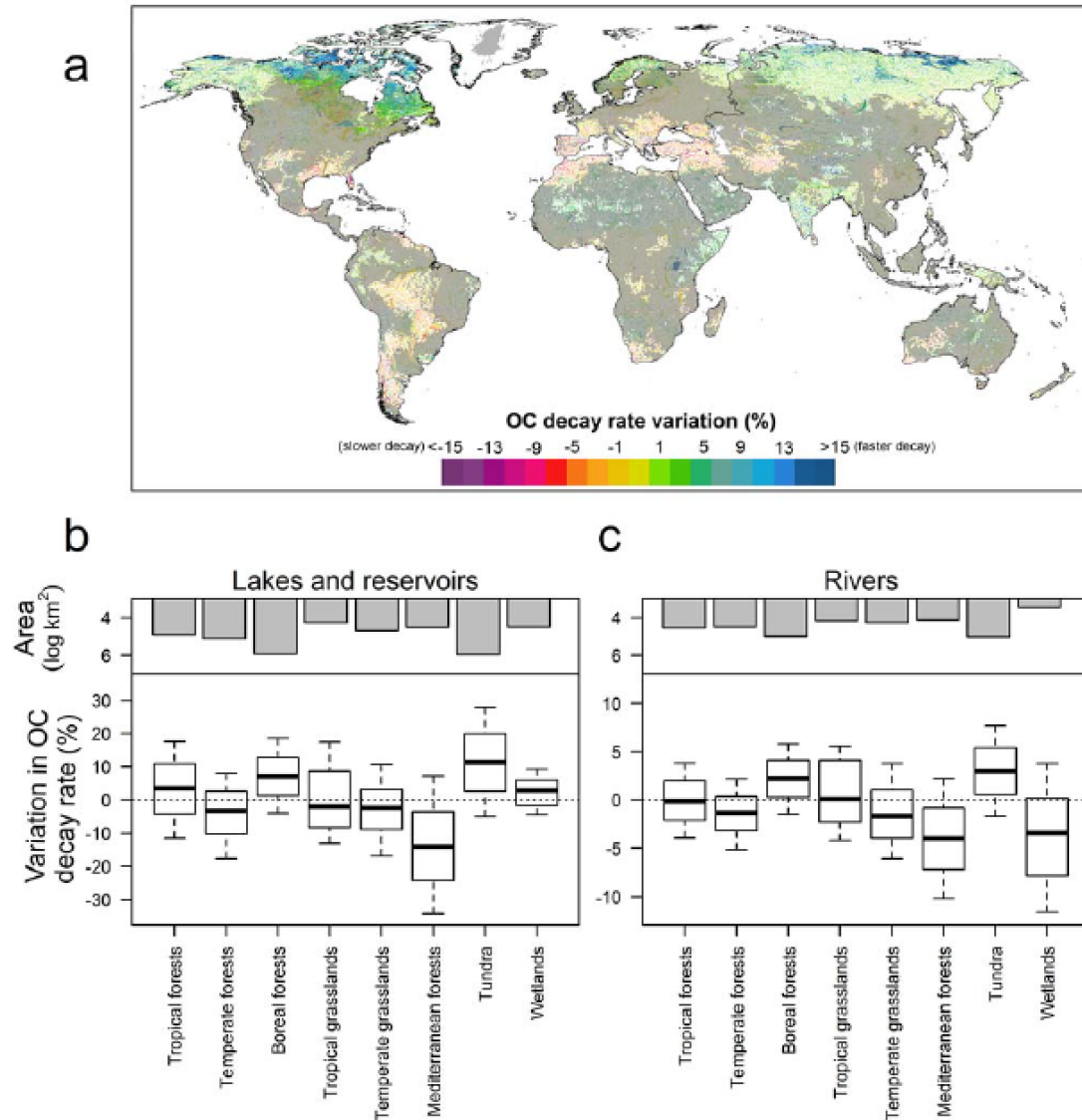
Catalán et al. 2016

Literature review of OC decay in different systems

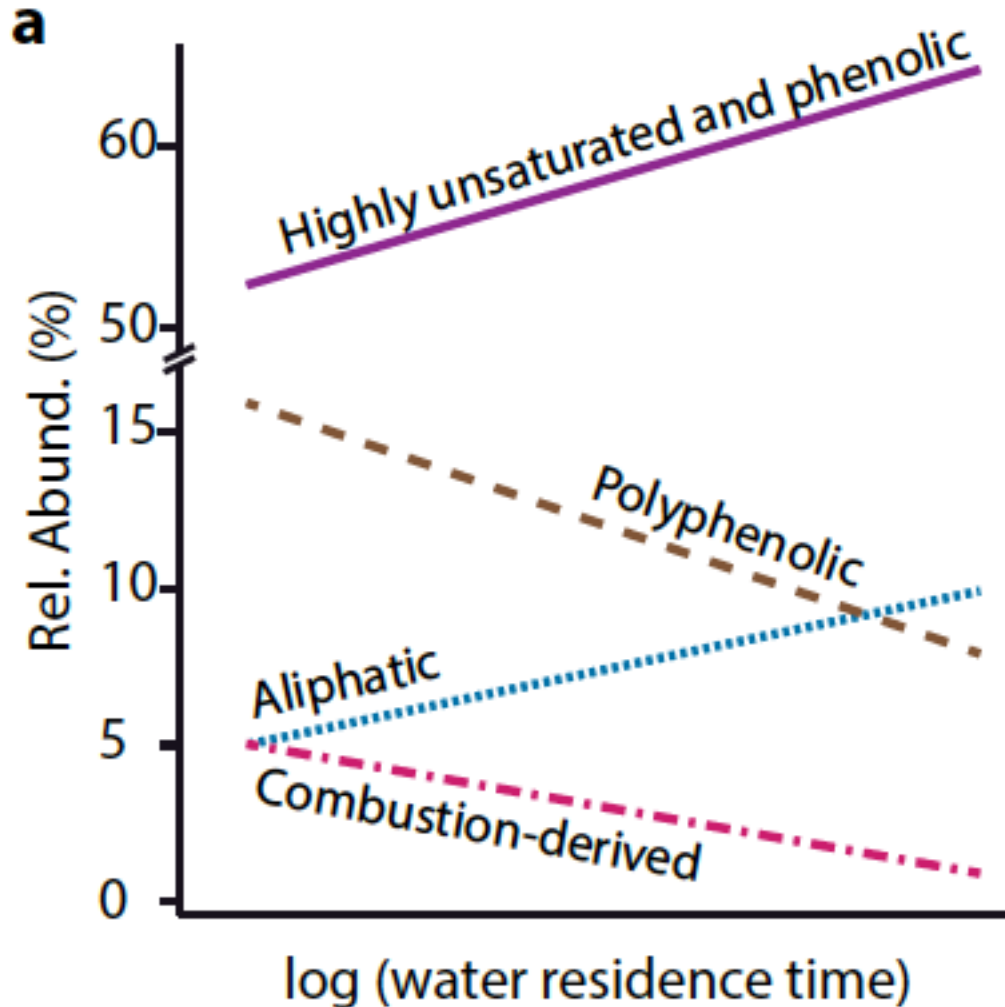


**Inland waters are hot spots of OC decay,
half life \approx 2.5 years**

Global distribution of change in OC decay rates based on the runoff changes scenario for a 2 °C increase in temperature



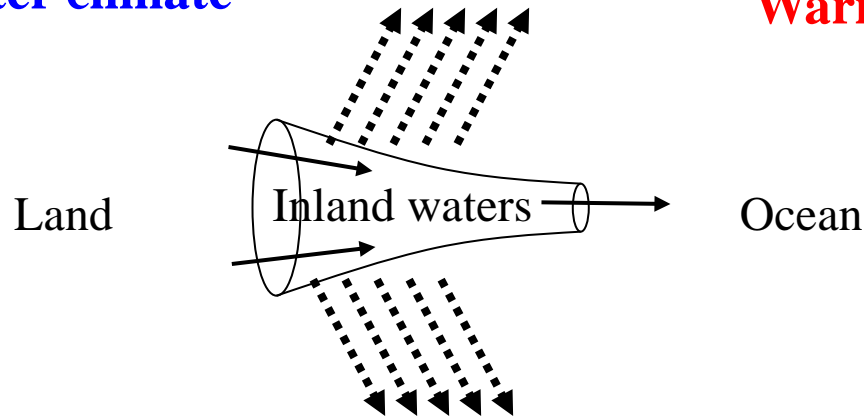
Med längre omsättningstid på vattnet leder selektiv nedbrytning till att DOC blir “mindre humöst”



Summary

How will the inland water C cycle respond to climate change?

Warmer and wetter climate



Warmer and drier climate

- More import
- Shorter retention time
- Smaller fraction lost in-lake
- More export
- More outgassing of CO₂ and CH₄
- More humic
- More sediment storage

- Less import
- Longer retention time
- Larger fraction lost in-lake
- Less export
- Less outgassing of CO₂ and CH₄
- Less humic, clear water
- Less sediment storage

Tack!

**Lars J. Tranvik
Núria Catalan
Anne Kellerman
Dolly Kothawala
Gesa Weyhenmeyer**



UPPSALA
UNIVERSITET

**Limnology
Department of Ecology and Genetics**

