

Løst Naturlig Organisk Materiale (DNOM) i drikkevannskilder

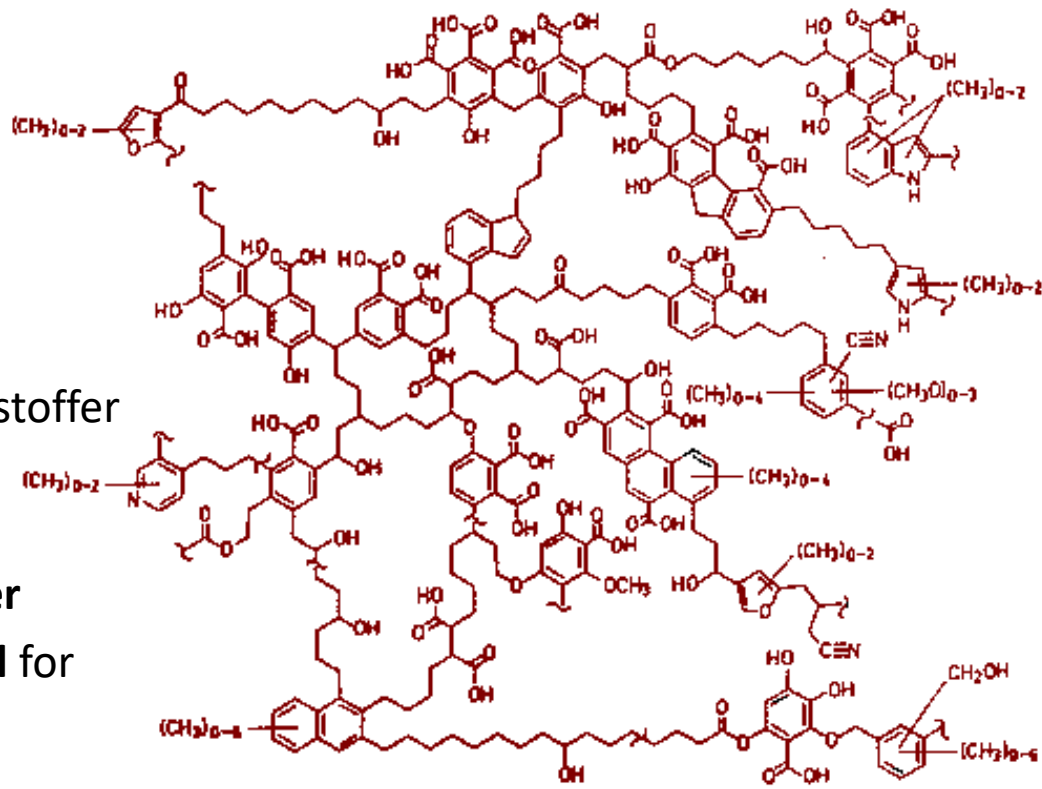
Egenskaper, opprinnelse, og
bl.a. klimarelaterte endringer



Prof. Rolf D. Vogt

Hva er DNOM?

- Oppløst andel av **delvis nedbrutt** dødt naturlig organisk materiale
- Veldig komplekst, **varierende** blanding av organiske stoffer
- Rammeverk av **aromatiske** ringer med **alifatiske** kjeder
- Et stort antall **funksjonelle grupper**
- DOC eller Farge blir brukt som **mål** for konsentrasjonen av DNOM



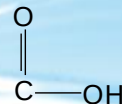
Van Krevelen diagram



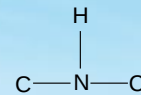
Alkohol



Fenol

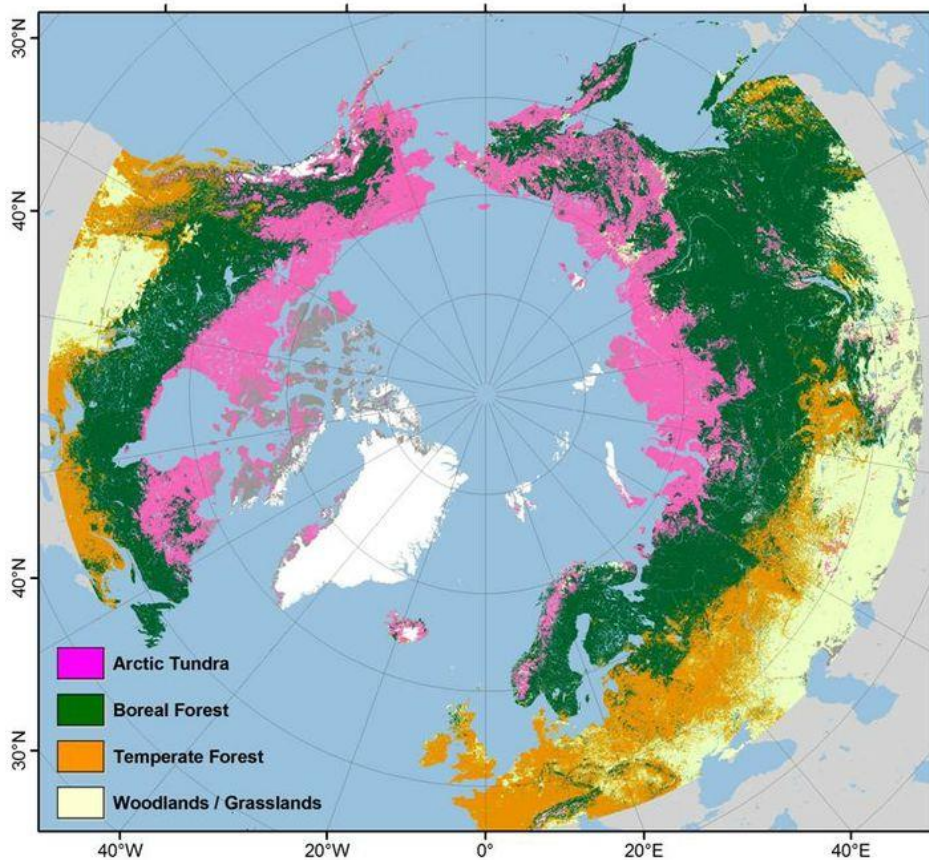


Karboksyl

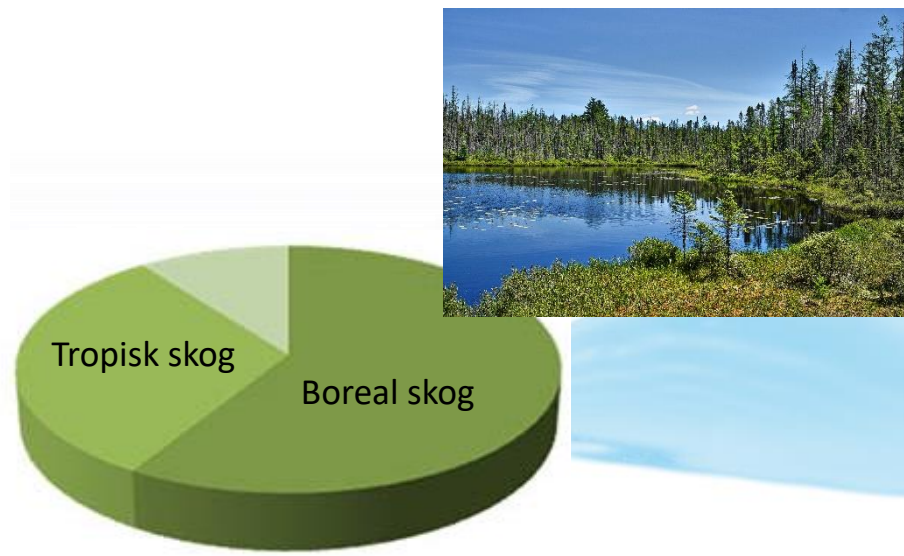


Amine

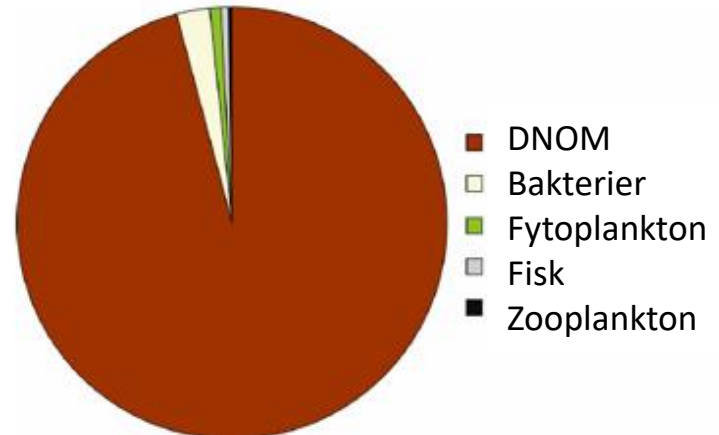
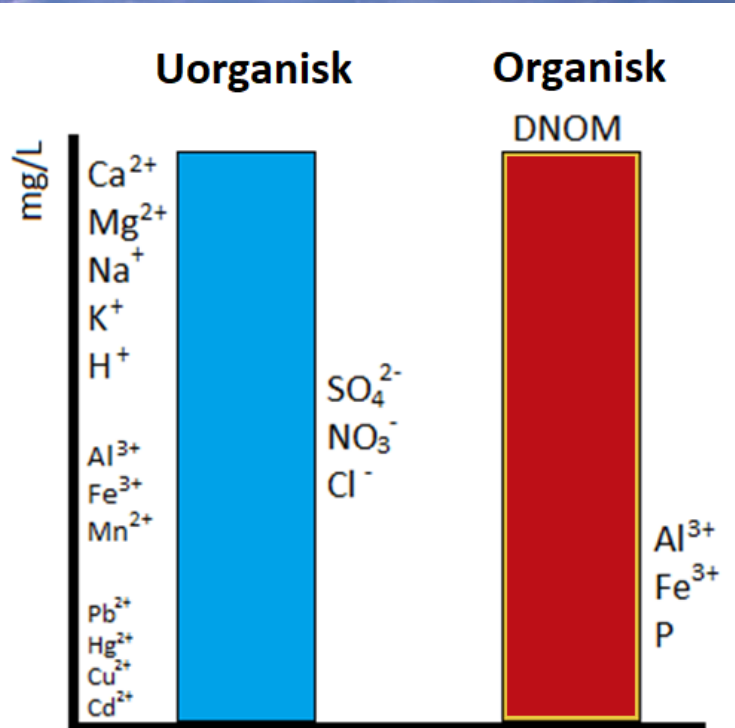
Den boreale skogen og tundraen er det største terrestriske lageret av organisk karbon



- Torven alene inneholder en tredjedel av verdens terrestriske organiske karbon lager
- Den boreale skogen inneholder omtrent 60 % av den globale skogbiomassen

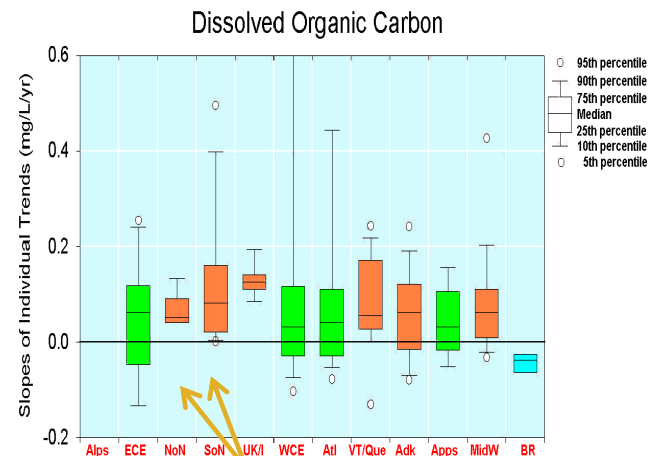
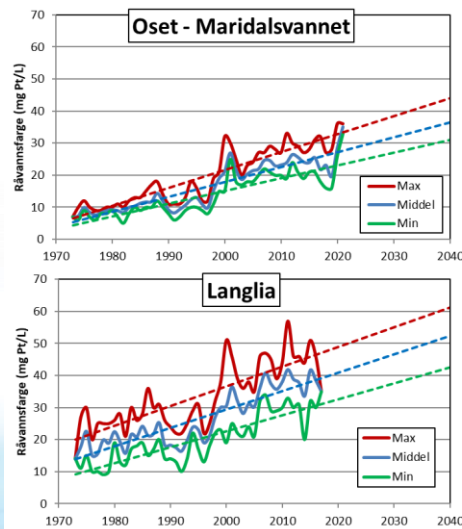


Den boreale innsjøen gjenspeiler nedbørsfeltet mer enn himmelen

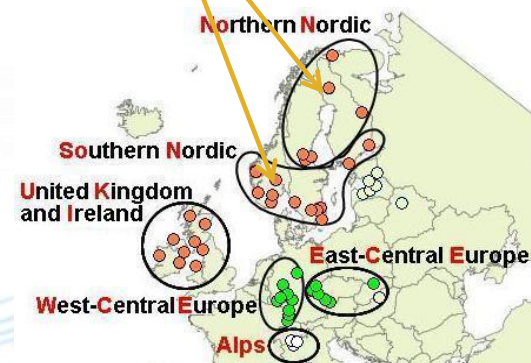


Bakgrunn

- Kraftig **økning** i farget **DNOM** i ferskvann i boreale områder de siste 30 – 40 årene

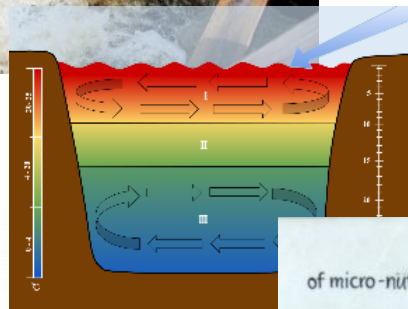


Skjelkvåle, 2003



Økning i DNOM er av stor betydning for vannverk – men også for akvatisk biota

- Absorberer lys
 - Reduserer **fotisk** sone
 - Reduserer fotosyntese
 - Reduserer **synlighet** av bytte for rovdyr
 - Fører til forskyvninger i trofiske nivåer
- Endrer temperaturprofil
 - Mer sjiktning - Mindre omrøring
- Økt tilførsel av alloktont materiale
 - Eutrofiering og økt **heterotrof** respirasjon
- Økt fluks av **forurensninger** og endrer deres fraksjonering



Mulige årsaker til økning i DNOM mengde

3 kategorier av drivere :

1. Klima endringer

Runoff



NDVI



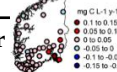
S dep.



2. Økning i biomasse

3. Nedgang i sur nedbør

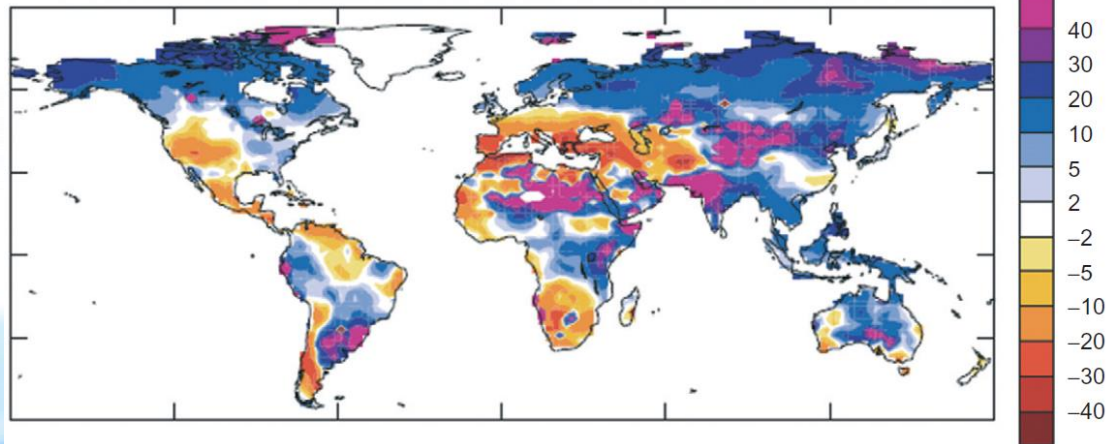
DNOM



Vurdert endring	Nøkkelfaktorer	DNOM kons.
Klima		
+	Nedbørs mengde	+
+	Nedbørs intensitet	+/-
-	Snø i forhold til regn	+
-	Vårflom	+/-
+	Hydrologisk ledningsevne	+
+	Jordfuktighet	+
-	Vannets oppholdstid	+
+	Høst og vinter temperatur	+
+	Solstråling	?
Biomasse		
+	Arealbruksendringer	+
+	Skogplanting	+
+	Akkumulert N	+
+/-	Arter	+/-
+/-	Drenering	+/-
Sur nedbør		
-	Lavere ionestyrke	+
-	Lavere labilt Al	+
+	Akkumulering av N	+

1. Klimaendringer - nedbør

- IPCC: Mer vær – mer ekstremvær
 - Tørre områder vil bli tørrere – våte områder vil bli våtere
 - Hyppigere stormer med sterkere styrke
- I Norge vil nedbøren øke med 18% mot slutten århundre, regnflommene blir større og kommer oftere



Modellert prosentvise endringer i avrenning for 2041 - 2060

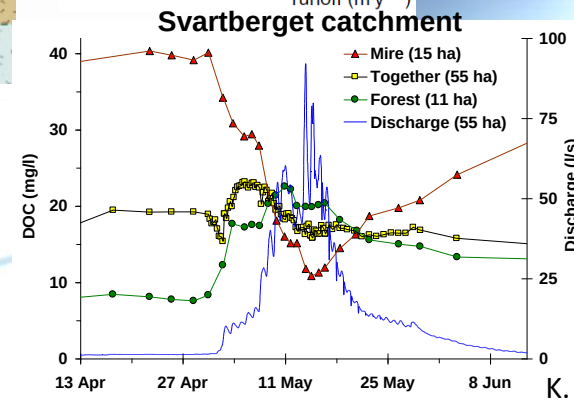
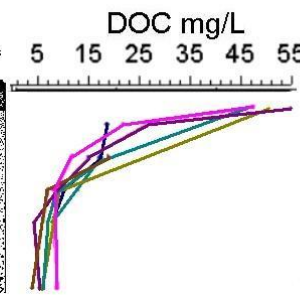
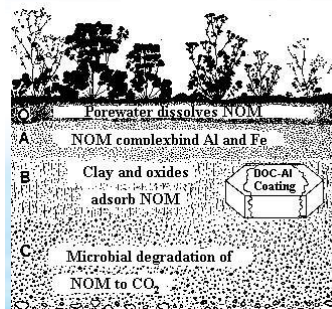
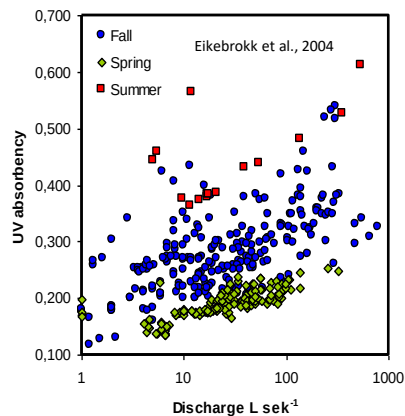
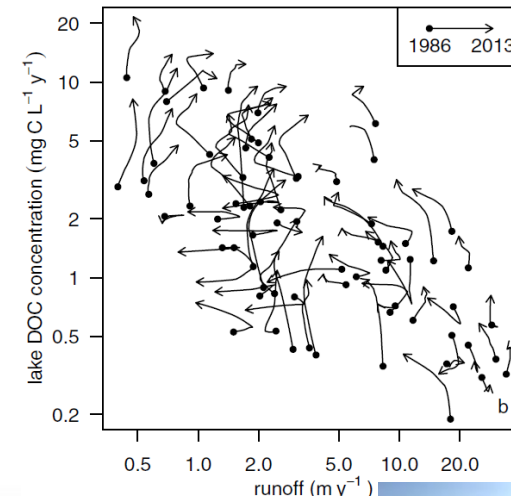
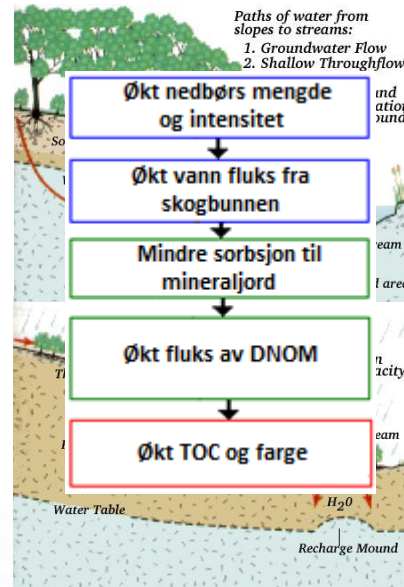
1. Effekt av nedbør på DNOM

- **Romlige** forskjeller i DNOM er negativt korrelert med elvestørrelse (avtar nedover i vassdraget)
- Endringer over **tid** i DNOM delvis styrt av nedbør
 - **Positiv** korrelert i bekker som drenerer mineraljord
 - **Negativ** korrelert i bekker som drenerer tynn jord og myr



Data over 30 år
fra 70 Norske innsjøer

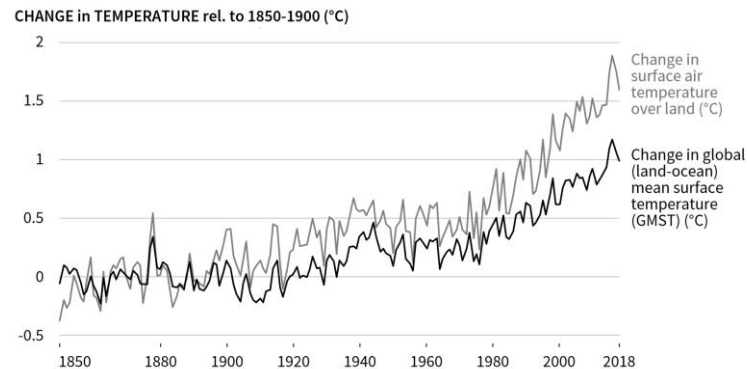
Finstad et al., 2016



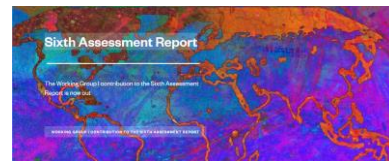
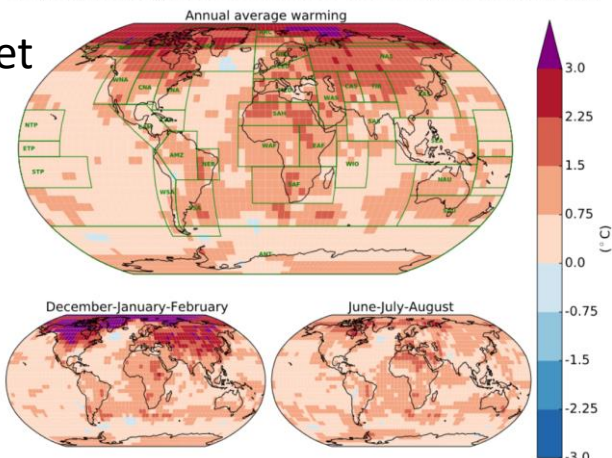
K. Bishop

1. Klimaendringer - temperatur

- Allerede 1,1°C økt temperatur siden 1910
- Sannsynligvis nå 1,5°C mellom 2030 og 2052
- Økningen er størst:
 - På land
 - I Nordområdene,
 - Spesielt om vinteren
- I Norge vil temperaturen øke med 4,5°C mot slutten av århundret

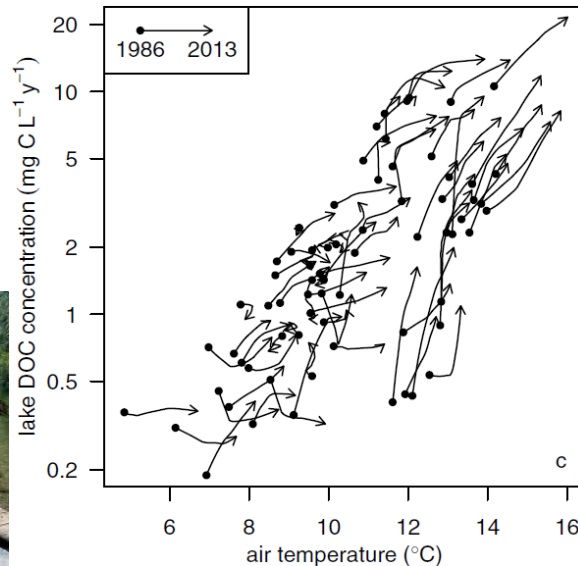


Regional warming in the decade 2006-2015 relative to preindustrial



1. Effekt av temperatur på DNOM

- Forskjeller i **rom** og endringer over **tid** i DNOM er positivt korrelert med temperatur
- Økt temperatur gir lengre vekstsesong og **mer biomasse** - som er råvaren til DNOM



Finstad et al., 2016

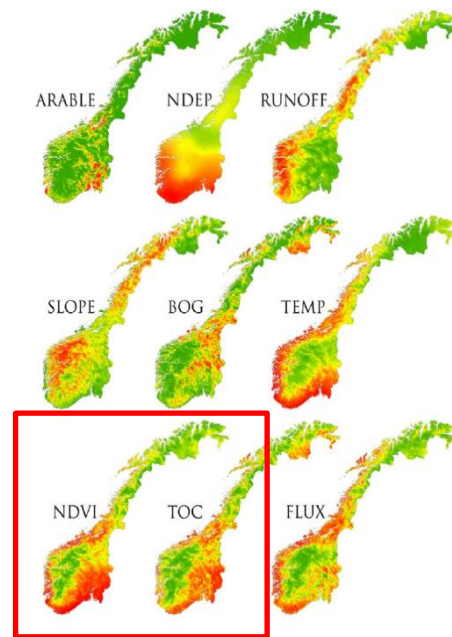


Spørsmålet er om temperaturen
er en forklaringsvariabel eller om den
bare er en ko-variabel med en annen
forklaringsvariabel
som også har endret seg tid?

Korrelasjon innebærer ikke årsakssammenheng!

2. Endringer i biomasse

- Biomassen har økt med 27% i Norge (de Wit et al., 2015)
- På grunn av:
 - Lengre vekstsesong
 - Mindre beiting og planting av klimaskog
 - Akkumulering av reaktivt N
 - Økt CO₂



2. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) gir biomasse data

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Rødt}}{\text{NIR} + \text{Rødt}}$$

- Planter reflekterer nær infrarødt lys (NIR) og adsorber Rødt lys
- Jo mer biomasse jo mindre Rødt lys er reflektert – som gir høyere NDVI

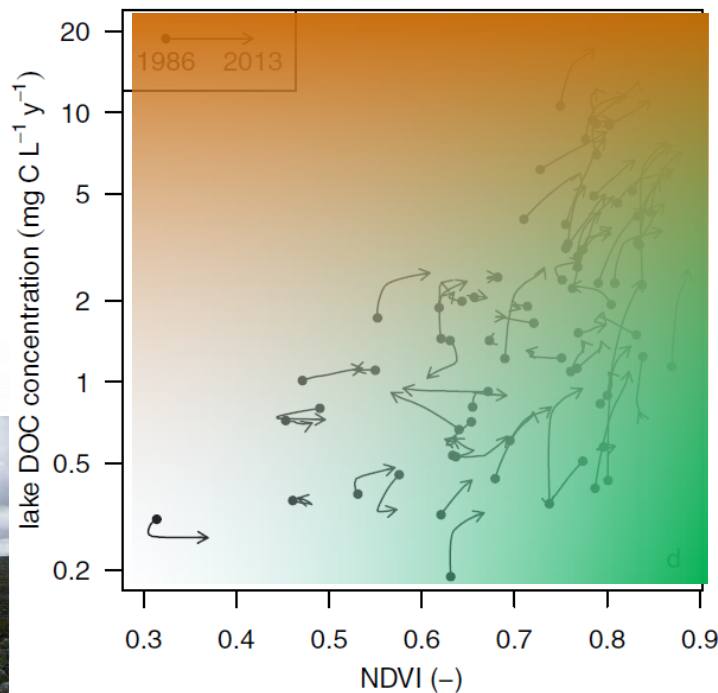


21-31.06.2020

Sammenheng mellom økning i biomasse og DNOM

- Økt DNOM med økt NDVI
 - Det er igjen ikke overraskende at det er en **romlig** sammenheng mellom DNOM og NDVI
 - Men det er interessant at det er en tilsvarende sammenheng over **tid**
- Økning i vegetasjonstettheten kan være en viktig faktor som delvis forklarer økningen i DNOM

«Greening causes browning»

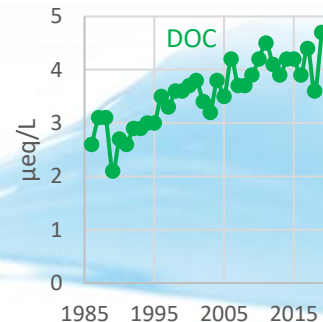
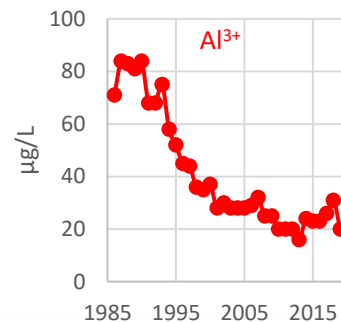
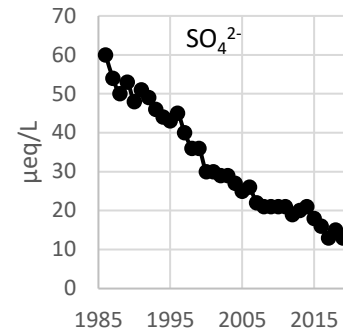
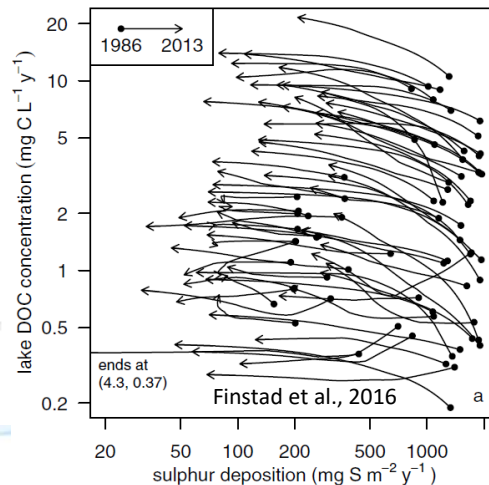
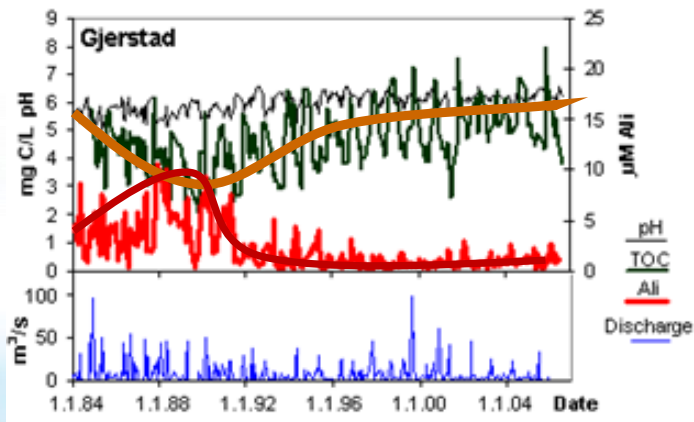


Finstad et al., 2016

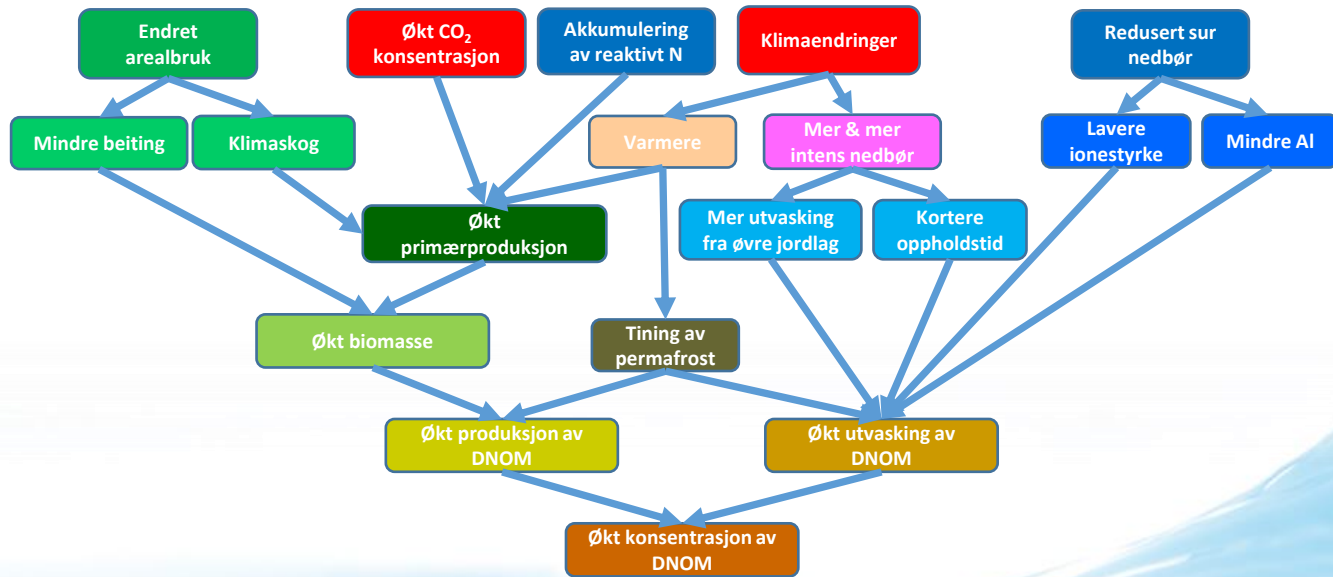


3. Nedgang i sur nedbør

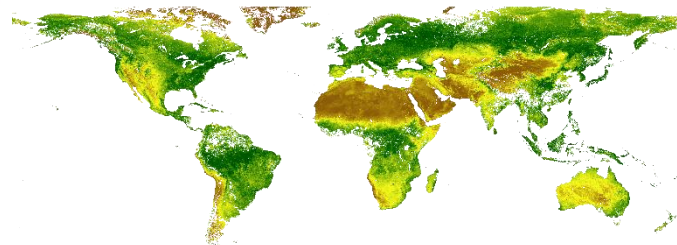
- **Sulfatavsetningen** i sør Norge har gått ned med opptil 90 %
- Dette har ført til 40% reduksjon i ionestyrke og 70 % reduksjon i Al^{3+}
- Redusert **ionestyrke**, som fører til mer molekylær frastøting, sammen med mindre **Al kompleksering** og utfelling av Al, fører til mindre utfelling av DNOM og derved økte konsentrasjoner (Vogt, 2012)



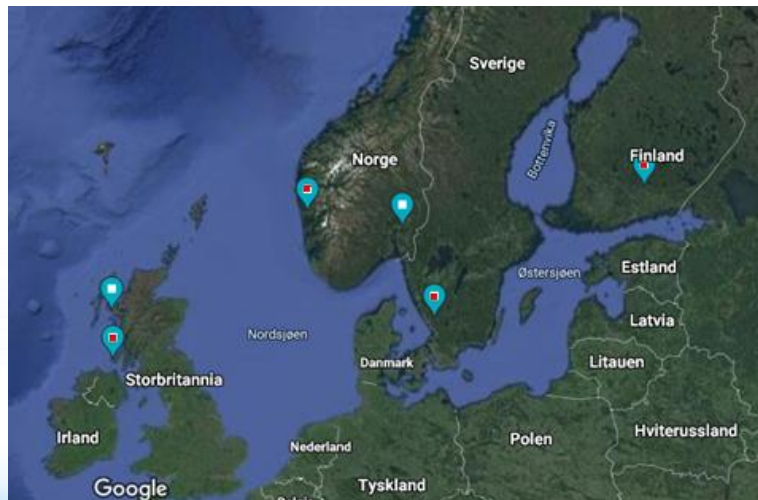
Sammenhengene mellom drivere, påvirkninger og effekter på DNOM



De viktigste forklaringsparametrene for økningen i DNOM er **forskjellig** i ulike regioner som opplever økt **DNOM**

[illegible]

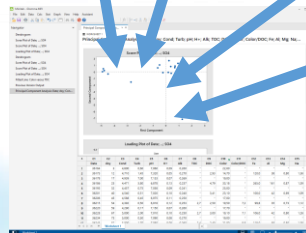
NDVI satellitt data for biomasse



Data fra vannverk



Klimadata fra
meteorologiske database



PCA analyse

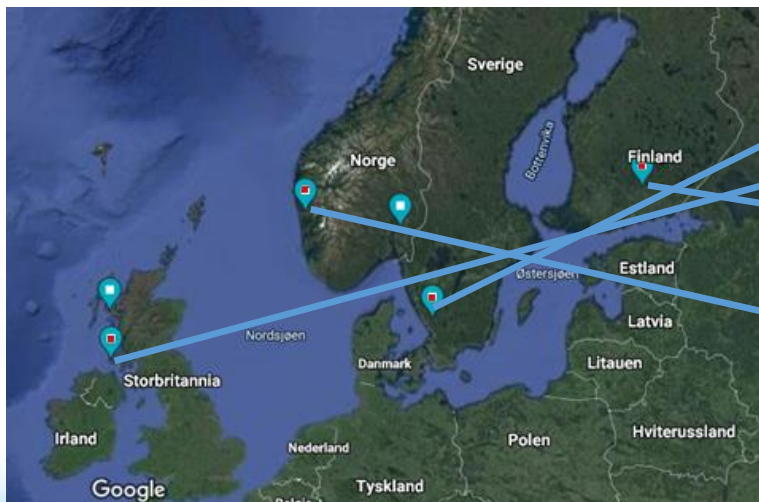


Sur nedbør avsetning fra miljøovervåkingen

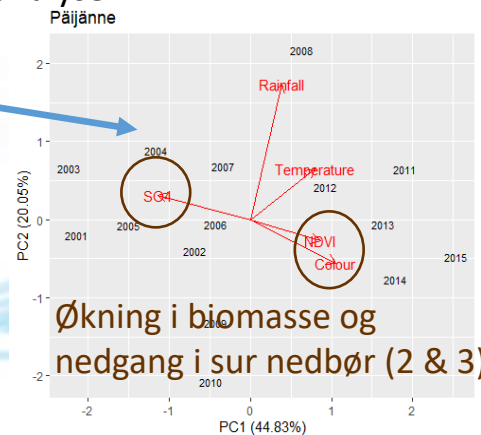
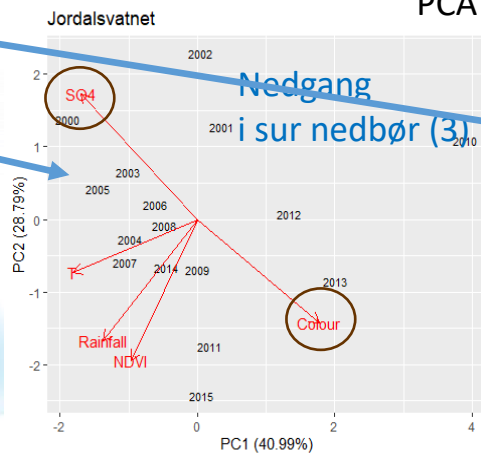
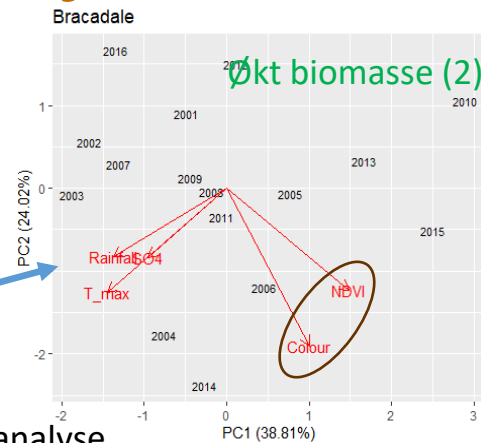
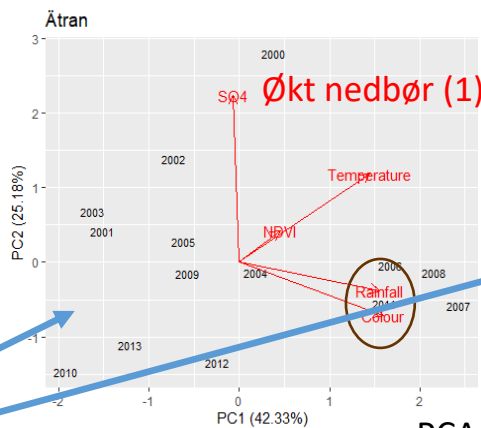
Regionale drivere styrt av nedbørfeltforskjeller

NOMiNOR project

Fikstvedt, 2021



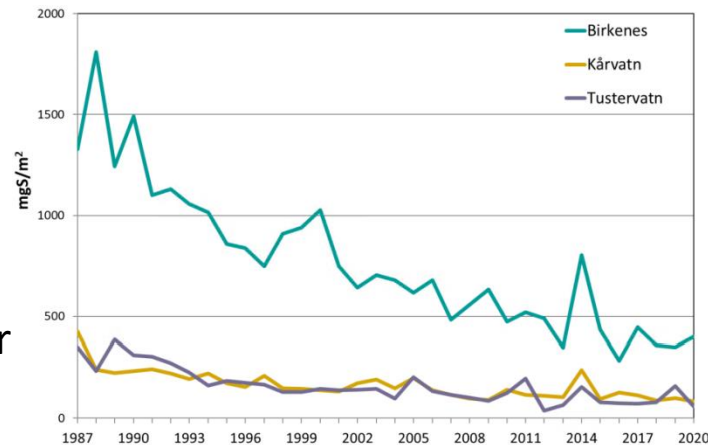
• Drivere for økt DNOM
varierer mellom forskjellige
nettsteder



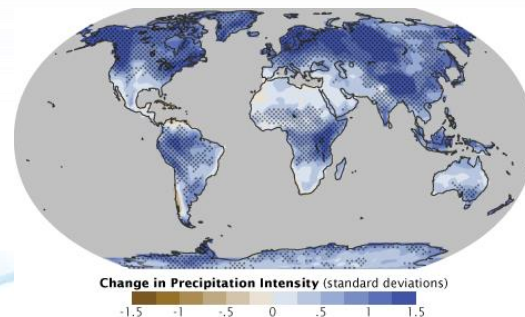
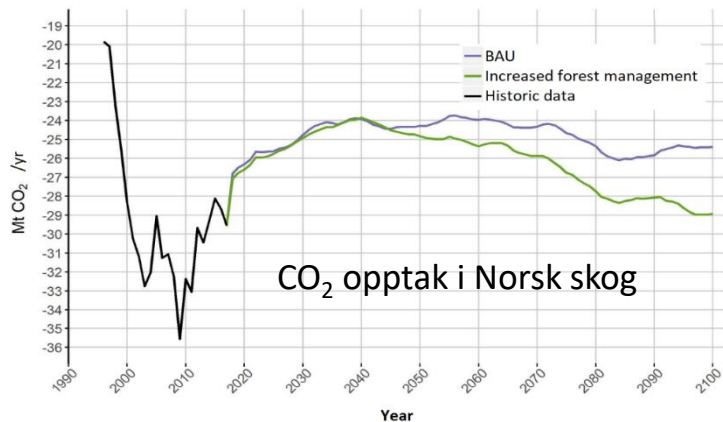
PCA analyse

Får vi brunere vann i fremtiden?

- Effekten av sur nedbør er **over**
- Mulig fortsatt **økning i biomasse**, spesielt hvis en setter i gang med storskala **skogplanting** for å binde CO₂
- Predikerte endringene i **klima** vil, basert på dagens kunnskap, føre til mer **utvasking** (fluks) av DNOM
- Det vil imidlertid **ikke** føre til **brunere vann overalt**



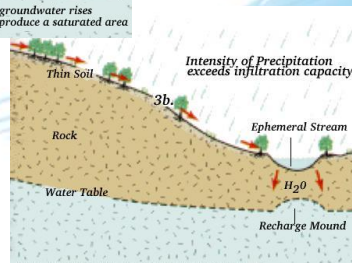
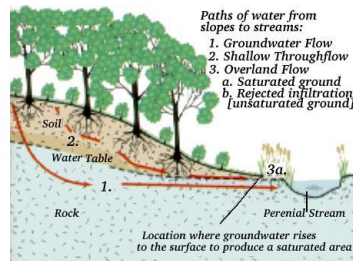
Aas et al., 2021



IPCC, 2012

Hvor får vi brunere vann i fremtiden?

- I nedbørsfelt med:
 - **Tynne jordsmonn** og der det er mye **myr**, vil en økning i nedbørsmengde føre til netto **fortynning** og dermed mindre brune vann
 - **Morenejord** vil en økning i nedbørintensitet føre til økt avrenning **gjennom skogbunnen** og direkte ut i vassdrag og dermed brunere vann
 - Tykke **sand-avsetninger** vil det sannsynligvis ikke bli en stor endring



Oppsummering

- Basert på dagens kunnskap, vil klimaendringer og en mulig økning i biomasse og i fremtiden føre til:
 - Økt utvasking (fluks) av DNOM der det er en **økning i biomasse**, spesielt av bartrær (plantning av klima skog på tidligere beitemark på Vestlandet)
 - Føre til både økt fluks og konsentrasjoner av DNOM i avrenning fra nedbørsfelt dominert av **morenejord** (lavlandet på Østlandet)
 - Økt fluks men lavere konsentrasjon av DNOM i avrenning fra nedbørsfelt med **tynt jorddekke og myr** (Vestlandet og i fjellet)
 - Føre til økning i fluks og konsentrasjoner av DNOM fra regioner med **permafrost** (Nord Norge)
- Dette vil ha store ringvirkninger på biota og vannverk!

