

Mottakere: Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord
Utarbeidet av NIVA v/: Helene Frigstad, Guri Sogn Andersen og Mats Walday
Kopi: NIVA Arkiv
Journalnummer: 1230/17
Prosjektnummer: 0-17181

Har vannkvaliteten i indre Oslofjord blitt dårligere – og hva er i så fall årsakene?

Bakgrunn

Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord har ansvar for miljøovervåking i fjorden, og et av overvåkingsprogrammets hovedmål er å gi løpende informasjon om forurensningssituasjonen (både med hensyn til næringssalter og miljøgifter) i indre Oslofjord

Vannkvaliteten i indre Oslofjord er blitt betydelig bedre i løpet av de fire siste tiårene pga. utbygging av ledningsnett og tunneler for oppsamling og transport av avløpsvann, og bygging og drift av effektive renseanlegg. De reduserte tilførslene har gitt en langt renere fjord med stadig mindre algevekst og økt siktedyp i hele indre Oslofjord. Den positive utviklingen synes imidlertid å ha flatet ut tidlig på 2000-tallet, og i de senere år er det registrert en svak økning i tilførslene til fjorden. Årsaken er at ledningsnettet og renseanleggene nå er belastet nær og tidvis over sin maksimale kapasitet. I tillegg kommer klimaendringer som gir hyppigere og mer intense nedbørshendelser.

I forbindelse med Fagrådets 40års jubileum 30. august fikk NIVA i oppdrag å holde foredraget «*Har vannkvaliteten i Oslofjorden blitt dårligere - og hva er i så fall årsakene?*». Oppdraget bestod også av opparbeidelse av dette notatet basert på resultater vist i foredraget. NIVA har i denne forbindelsen samlet historiske data fra indre Oslofjord i perioden 2000-2016. Det ble gjort en innledende analyse for å avdekke en eventuell forverring av vannkvaliteten de siste årene og avdekke årsakssammenhenger knyttet til dette. NIVA har i oppdraget hatt fokus på målte hydrografidata (spesielt siktedyp, næringssalter og klorofyll a) sett i sammenheng med tilførsler av næringssalter til indre Oslofjord, både gjennom elvene og fra renseanleggene.

Data

For å avdekke eventuelle endringer i vannkvaliteten i indre Oslofjord må datasett fra ulike kilder settes sammen, dette er tidskrevende siden man må hente datasett fra ulike dataeiere, harmonisere dataformater og benevninger og samle i et helhetlig datasett. Det er nødvendig å

se på både ulike tilførsler til fjorden og på parametere som sier noe om tilstanden i selve fjorden. I dette oppdraget har NIVA samlet data fra følgende kilder:

Hydrografidata fra overvåking av Indre Oslofjord:

- Før 2015: NIVA
- 2015-2016: Norconsult

Utslipp fra elver:

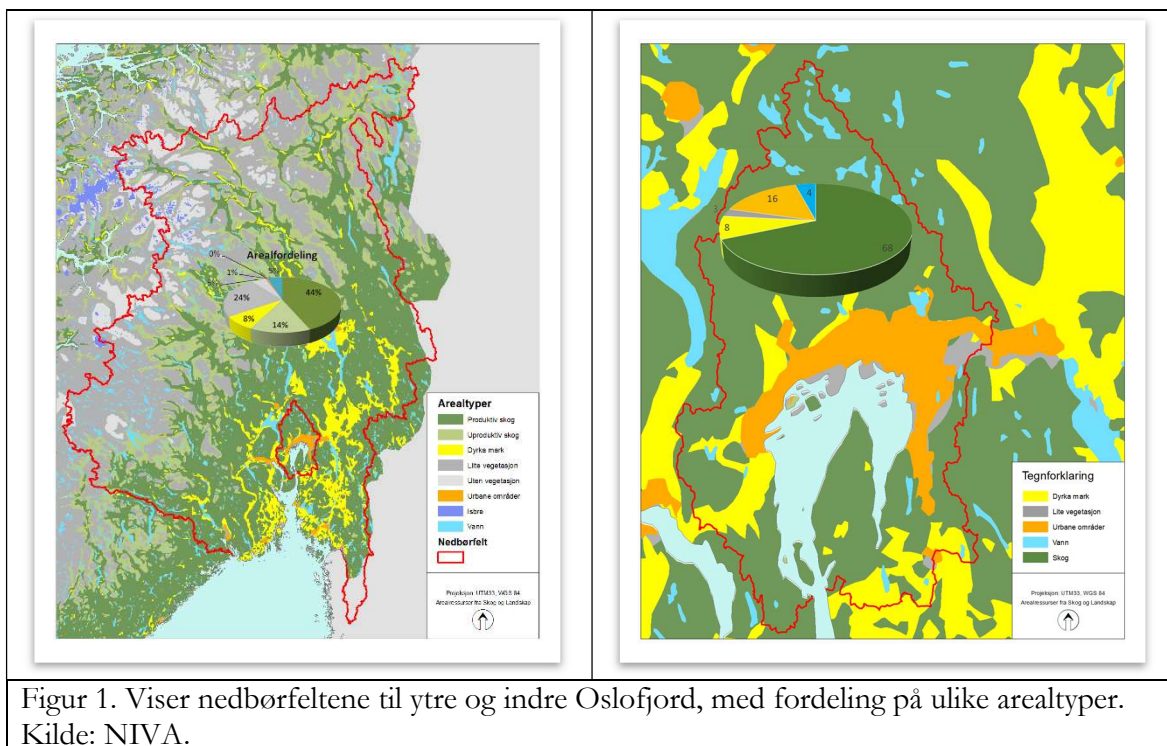
- Alna, Akerselva og Lysakerelva (Oslo Kommune)
- Sandvikselva (Bærum kommune, NB: ikke inkl. i analyser pga. tidvis manglende data).

Utslipp fra renseanlegg:

- VEAS
- Bekkelaget renseanlegg (BRA)

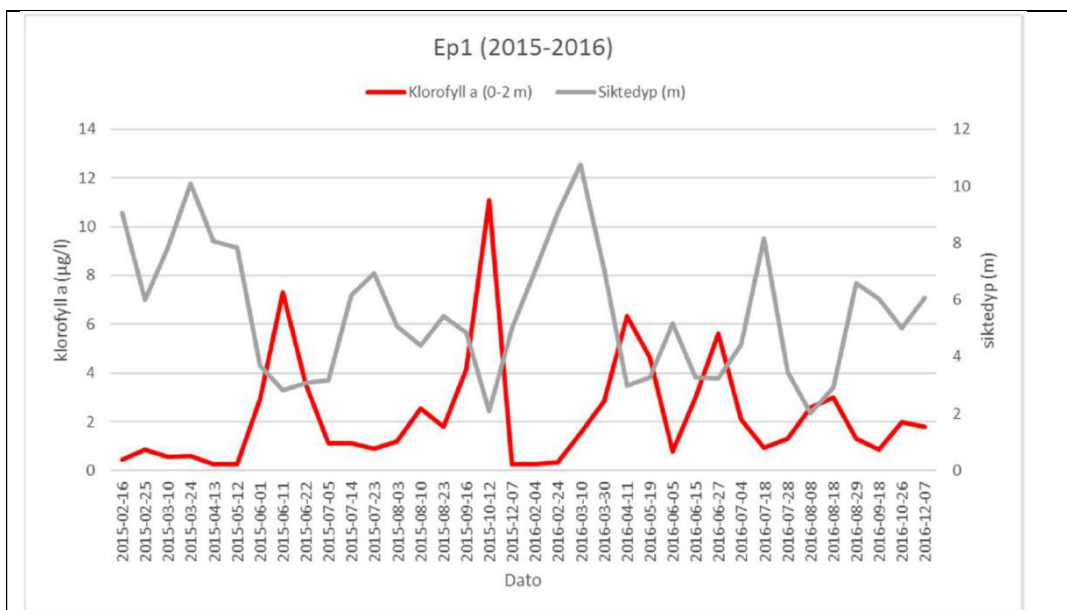
Geografisk område

Indre Oslofjord har et relativt lite nedbørfelt, mens nedbørfeltet til hele Oslofjorden er stort og omfatter store elver som drenerer både høyfjellsområder, store skogarealer og de produktive jordbruksarealene med marine avsetninger (Figur 1). Indre Oslofjord har landets største befolkningstetthet og landets største havn. Oslofjorden er dermed betydelig påvirket av menneskelig aktivitet, selv om tilførsel av langtransportert forurensing fra blant annet sørlige Nordsjøen er redusert over de siste tiårene.

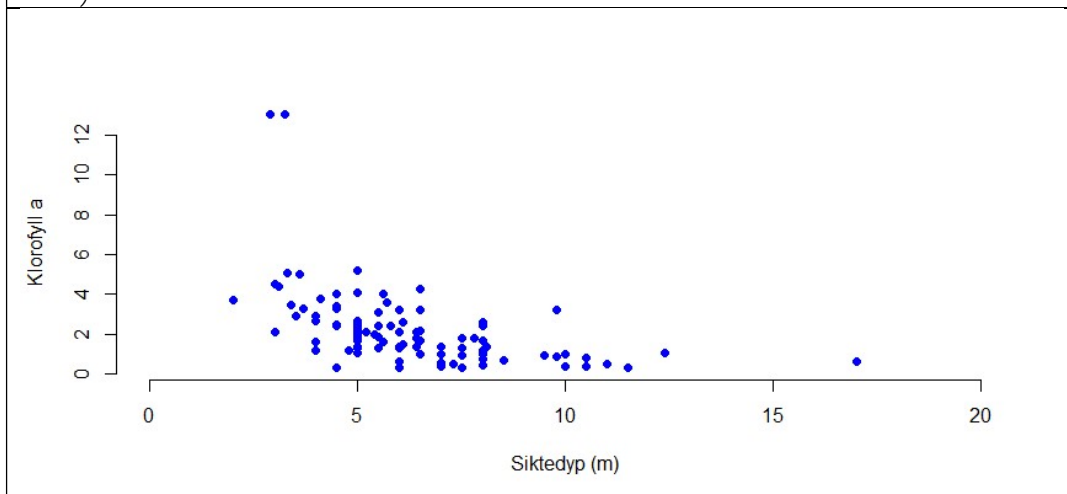


Hvorfor måler vi siktedyp og hva er det som påvirker det?

Siktedyp er et mål på vannets klarhet, og er en oseanografisk metode som er rimelig, robust og har blitt brukt i over 150 år (Cialdi & Secchi, 1865). I de fleste tilfeller måler man siktedyp for å få en indikasjon på mengden plankteplankton i vannmassene (målt ved klorofyll a), og i overvåkningsprogrammet for indre Oslofjord er det en god sammenheng mellom de to (se figur 2 a og b). Men, særlig i kystnære farvann er det også andre forhold enn plankton som vil påvirke siktedypet, slik som innholdet av løst organisk karbon (DOC) og uorganiske partikler (bl.a. fra avrenning fra land).



Figur 2a. Sammenhengen mellom siktedyp og klorofyll a over tid (Dolven et al., 2016)



Figur 2b. Sammenhengen mellom siktedyp og klorofyll a ved samme måletidspunkt.

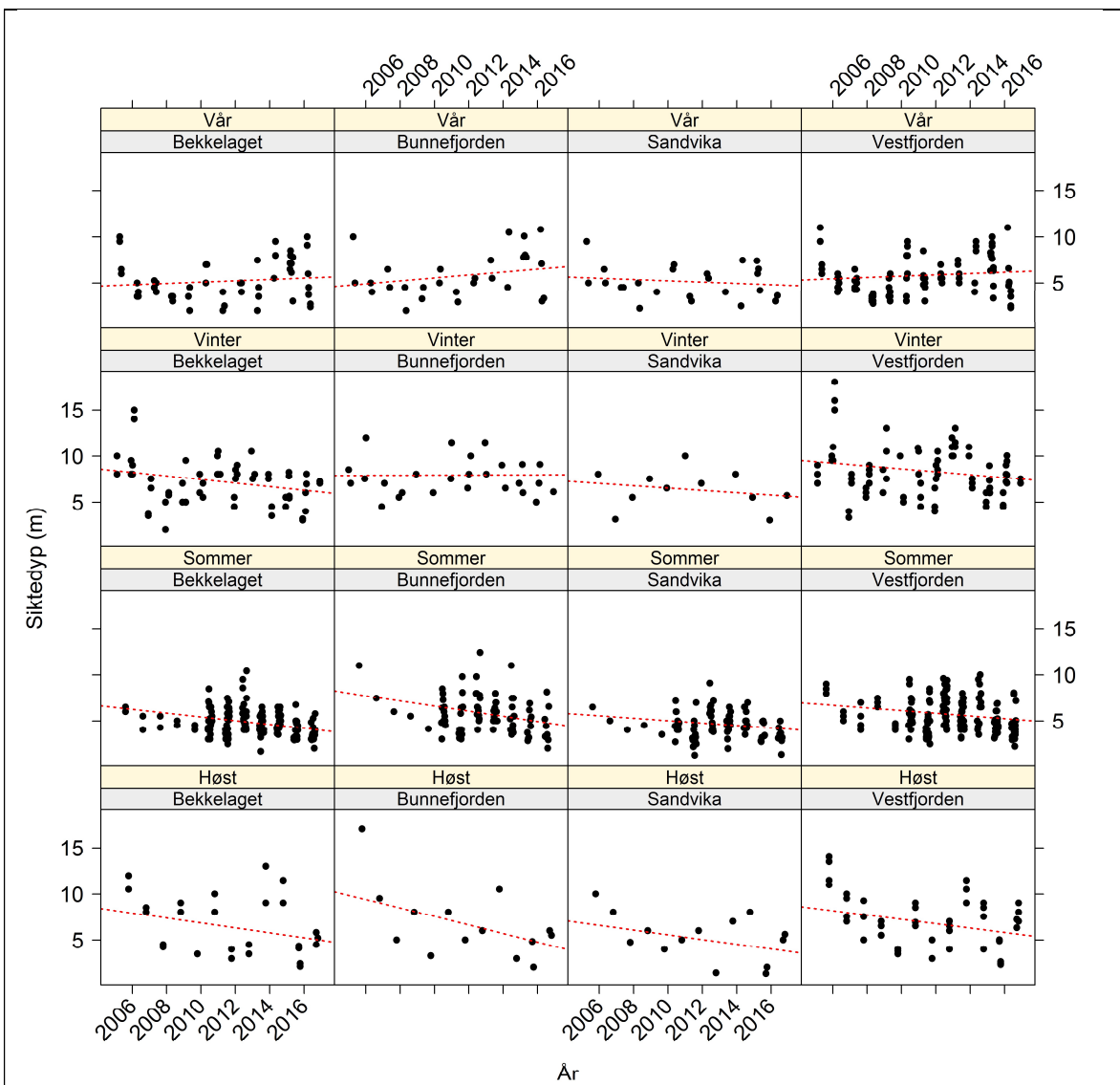
Er tilstanden i indre Oslofjord forverret de siste årene?

Figur 3 viser data fra overvåkningsprogrammet i indre Oslofjord. Det har skjedd en generell forverring i siktedypet (grunnere siktedyp – mindre klart vann) for de fire vannforekomstene Bekkelaget, Bunnefjorden, Sandvika og Vestfjorden, spesielt om sommeren og høsten.

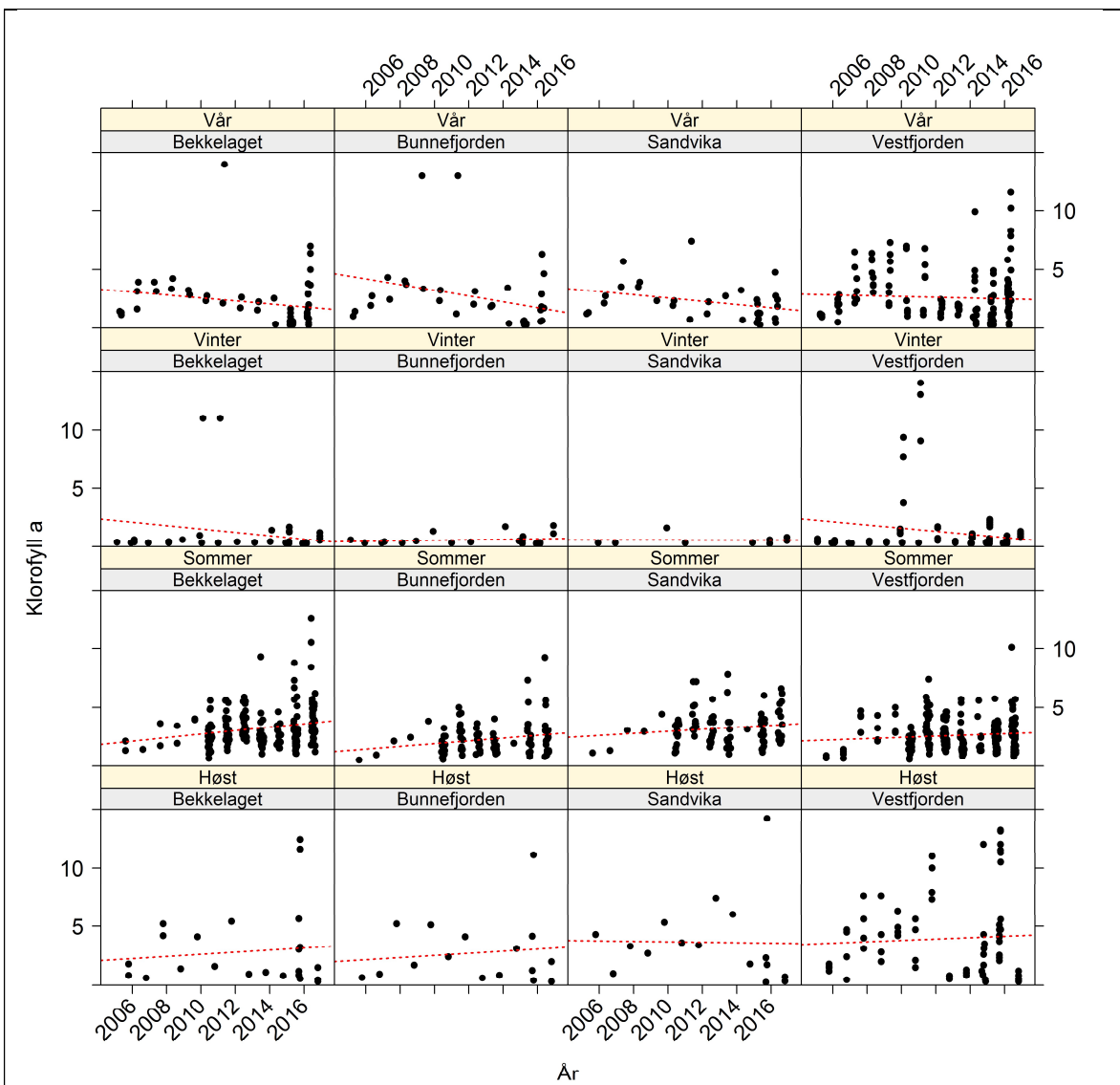
Konsentrasjoner av klorofyll a målt i de fire vannforekomstene de siste ti årene (figur 4) viser derimot ingen åpenbar endring som kan forklare den generelle reduksjonen i siktedyp. Om våren er det en nedadgående trend for klorofyll a, men sommer og høst kan det virke som det er en svak økning i konsentrasjon i Bekkelaget og Bunnefjorden, men ikke de to andre vannforekomstene.

Mengden næringssalter er viktig for vekst av planteplankton. I likhet med klorofyll a ser vi heller ikke en økning i Totalt Nitrogen (TotN) for de fire vannforekomstene (figur 5), det ser heller ut at det er en nedgang i nitrogenkonsentrasjonene i enkelte sesonger.

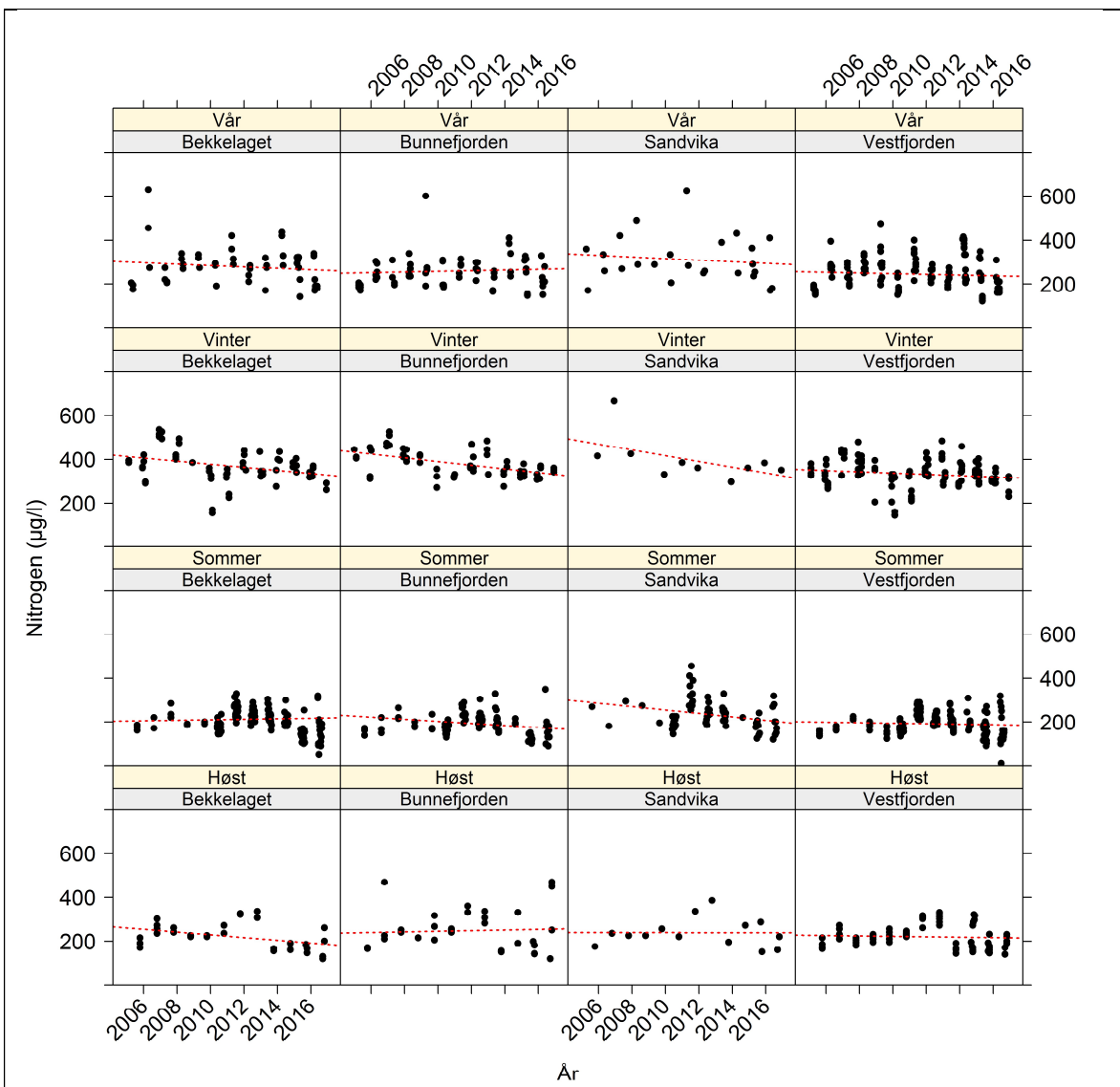
I figur 6 er det vist kun data fra august måned (for perioden 2005-2016), og man ser en tilsvarende forverring av siktedyp, mens det for noen av vannforekomstene ser ut til at det er en nedgang i klorofyll a konsentrasjonene over perioden. Reduksjonen i siktedyp er statistisk signifikant, hvis man tester med en enkel linjær modell av siktedyp mot tid ($P < 0.05$).



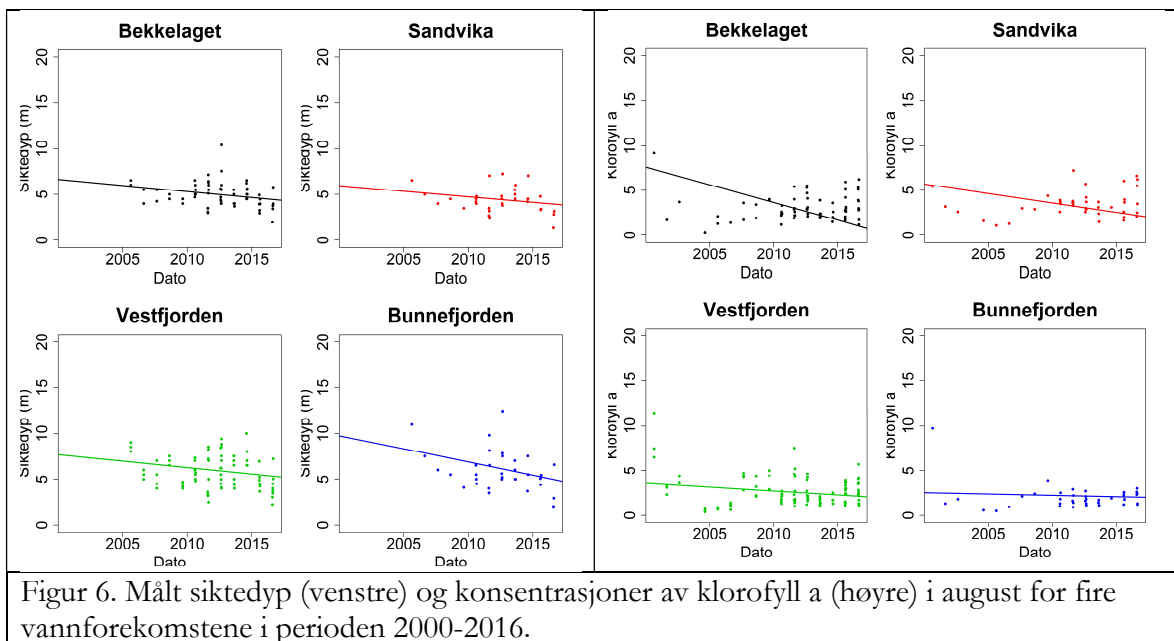
Figur 3. Siktedyp målt i de fire vannforekomstene Bekkelaget, Bunnefjorden, Sandvika og Vestfjorden (fordelt på fire sesonger) i perioden fra 2005 til 2016.



Figur 4. Konsentrasjoner av klorofyll a (0-10m) målt i de fire vannforekomstene Bekkelaget, Bunnefjorden, Sandvika og Vestfjorden (fordelt på fire sesonger) i perioden fra 2005 til 2016.



Figur 5. Konsentrasjoner av totalt nitrogen (0-10m) målt i de fire vannforekomstene Bekkelaget, Bunnefjorden, Sandvika og Vestfjorden (fordelt på fire sesonger) i perioden fra 2005 til 2016.

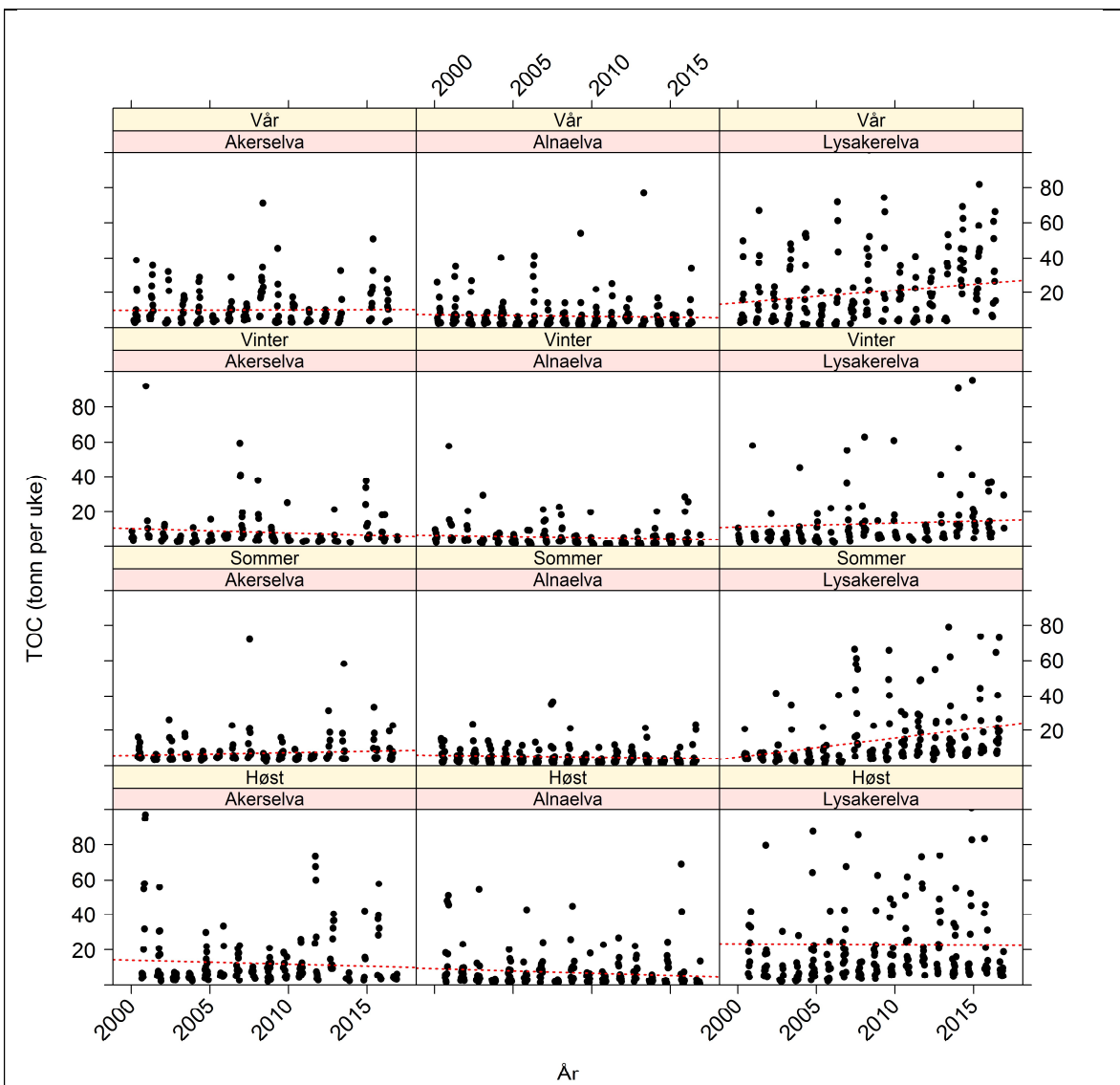


Figur 6. Målt siktedyb (venstre) og konsentrasjoner av klorofyll a (høyre) i august for fire vannforekomstene i perioden 2000-2016.

Har tilførsler av karbon og næringsalter fra elver endret seg?

Figur 7 viser mengden av totalt organisk karbon (TOC) tilført i perioden 2000-2016 estimert fra målinger i Akerselva, Alnaelva og Lysakerelva i Oslo kommune. I denne perioden har det vært en markant økning i tilførsel av TOC fra Lysakerelva, spesielt om våren og sommeren. Vi ser ingen markante endringer i hverken nitrogenmengde eller fosfatmengde (data ikke vist). Denne tendensen til økning i det organiske karboninnholdet (spesielt den løste fraksjonen, DOC) i elver er observert i boreale og tempererte områder over hele verden, og fenomenet kalles "browning". Økt nedbør på grunn av klimaendringer er ventet å øke denne trenden i fremtiden, og en 10% økning i nedbør er estimert å øke den organiske karbonkonsentrasjonen med 30% (de Witt et al., 2016). Reduksjon i sur nedbør (med påfølgende endringer i pH i jordsmonnet) er også kjent for å øke utvaskningen av karbon fra jordsmonnet til elver.

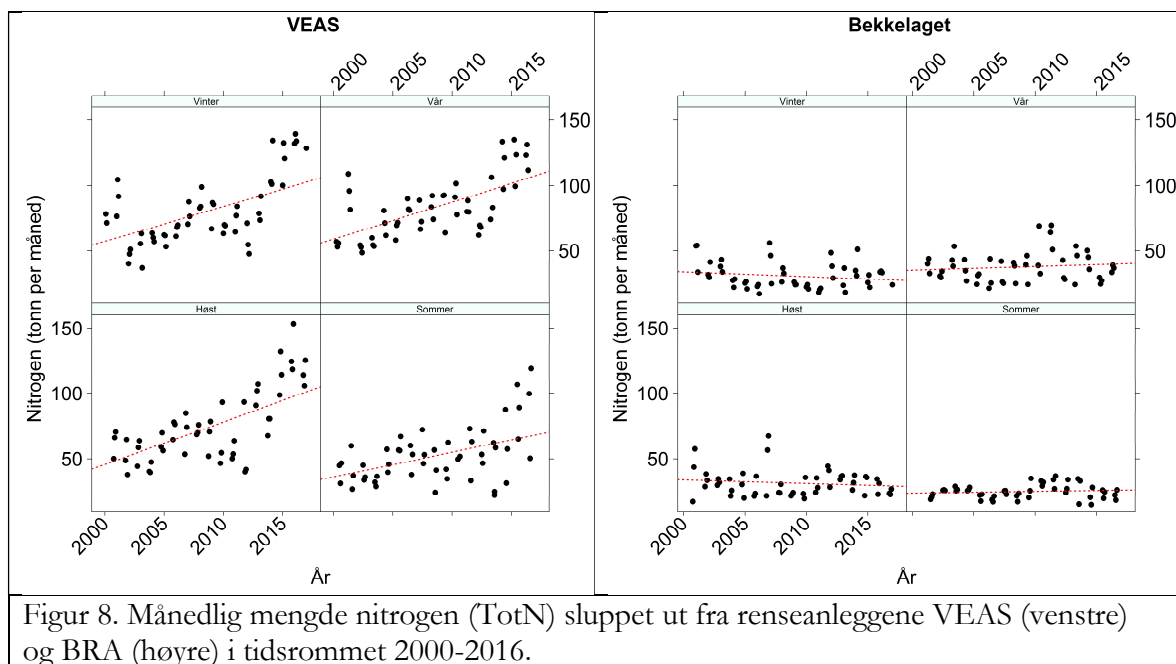
En økning i TOC i vannmassene vil påvirke fargen på vannet, noe som fører til endringer i lysforholdene i kystvannet og dermed også siktedypet.



Figur 7. Mengde total organisk karbon (TOC) tilført fra Osloelvene per uke i tidsrommet 2000-2016.

Har det vært en økning i tilførsel av næringsalter fra rensanleggene?

Figur 8 viser utslipp av totalt nitrogen (TotN) fra rensanleggene VEAS (venstre) og BRA (høyre). VEAS har det høyeste utslippet, og det har vært en markant og generell økning over tid. Fra BRA ser det ut til å være relativt stabile utslipp, med en mulig svak økning i utslippet av TotN om våren. Det er også en økning i utslippene av fosfat for VEAS (data ikke vist).



Figur 8. Månedlig mengde nitrogen (TotN) sluppet ut fra rensanleggene VEAS (venstre) og BRA (høyre) i tidsrommet 2000-2016.

Kan vi se sammenhenger mellom tilførsler og tilstanden i Oslofjorden?

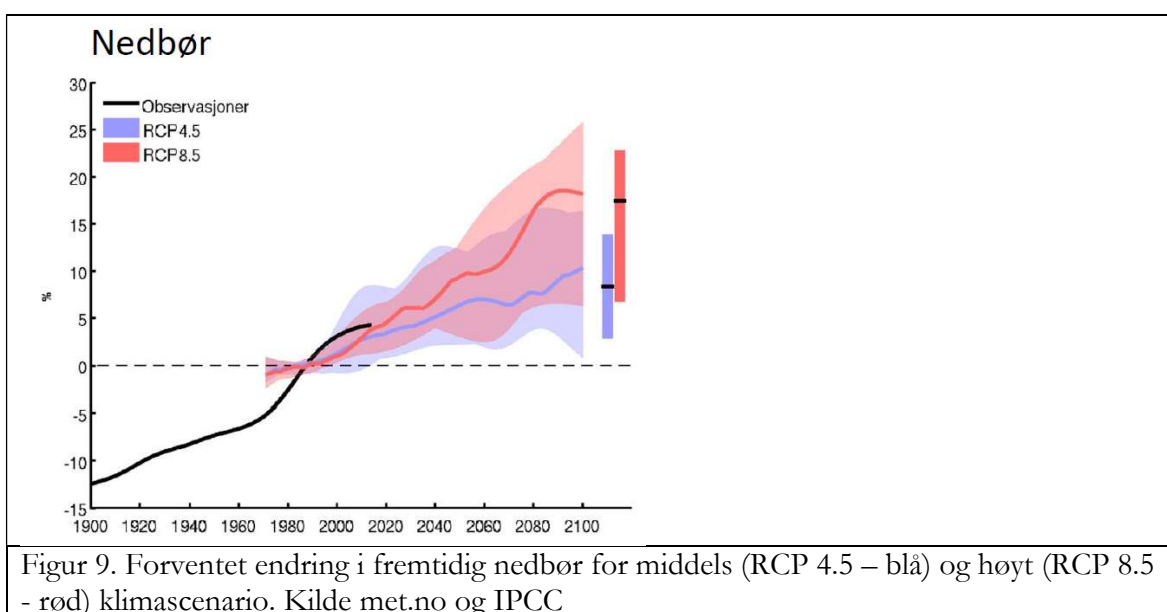
For å undersøke sammenhengen mellom tilstanden i indre Oslofjord (siktedyp/klorofyll a) og mulige forklaringsvariabler (slik som tilførsler fra elvene og rensanleggene), analyserte vi datene ved hjelp av en generalisert mikset lineær modell (GLMM; pakke “lme4” i R (R core team (2017))). En mikset effektmodell er benyttet for å korrigere for autokorrelasjon.

Generelt finner vi en sterk sammenheng mellom siktedyp og klorofyll a, noe som er ventet siden en økt mengde klorofyll a (og planteplankton) vil redusere lysgjennomtrngeligheten og dermed siktedypet. Det ser likevel ikke ut til at det har vært endringer i konsentrasjoner av klorofyll a som kan forklare den observerte forverringen i siktedyp over tid. Det er imidlertid en mye sterkere sammenheng mellom siktedypet og mengde TOC tilført fra Osloelvene, spesielt Lysakerelven. Økt mengde organisk karbon i vannet vil påvirke fargen og dermed siktedypet.

Derimot finner vi ikke en sammenheng mellom siktedypet og tilførsel av næringssalter fra rensanleggene. Dette er litt mer uventet siden man kunne forvente at økt næringssaltbelastning (som observert for VEAS i figur 8) kunne øke konsentrasjonen av klorofyll a og dermed redusere siktedypet. Det er ser heller ikke ut til at næringssaltene kan spores i målingene som er gjort i fjordens overflatelag (se figur 5). Dette kan tyde på at utslippene fra rensanleggene på rundt 50 meter er tilstrekkelig dypt til å ikke påvirke tilstanden i de øvre vannlagene (0-10m som brukt i plot og analyser) i inneværende år. Næringssaltene vil likevel være tilstede i de dypere vannlagene, og avhengig av utskiftning over Drøbaksterskelen og hvor dypt vannet blir blandet i løpet av vinteret, vil det kunne nå de øvre vannlag og gjøres tilgjengelig for primærproduksjon. Slike forsinkede effekter burde undersøkes nærmere.

Klimaendringer

For Norge er de siste tiårene blitt både varmere og våtere, og det er forventet at fremtiden for Oslo og Akershus vil være enda våtere (figur 9). Episoder med nedbør er forventet å øke vesentlig i intensitet og hyppighet, noe som vil føre til mer overvann. I tillegg, blir det flere og større regnflommer, noe som vil øke faren for jord- og flomskred. Stormflonivået forventes også å øke som følge av havnivåstigning. Som nevnt over vil den forventede økningen i nedbør føre til økt utvasking av organisk karbon fra jordsmonnet, som blir transportert via elvene («browning») til kystvannet. Dette vil påvirke lysforholdene og siktedypet og kan ha ukjente virkninger for økosystemet langs kysten og i fjordene.



Oppsummering

Sammenfattingen av data fra overvåkningsprogrammet for indre Oslofjord og tilførsler til Oslofjorden (elver og renseanlegg) tyder på at:

- Vannet har blitt mindre klart sommer og høst (reduert siktedyp)
- Ingen entydige endringer av klorofyll a i samme periode (planteplankton), selv om det er vist at det er en klar sammenheng mellom klorofyll a og siktedyp generelt
- Ingen tydelig sammenheng mellom siktedyp og kildene til næringssalter (renseanlegg og elver)
- Tydelig sammenheng mellom TOC fra elvene og siktedyp

Økte tilførsler av TOC i elvene («browning») er relatert til klimaendringer og redusert sur nedbør. Det er viktig å redusere den samlede belastningen på fjorden, fra både klimaendringer og næringssaltpåvirkning. Lokalt vil det derfor være viktig å redusere belastningen på fjorden gjennom å sikre god kapasitet i renseanleggene og gjennomføre tiltak som reduserer næringsbelastning fra land.

Problemstillinger det er verdt å undersøke nærmere

Man vet at det er økning i organisk materiale i elver på grunn av klimarelatert økning i nedbør og en reduksjon i sur nedbør («browning»), likevel er ikke løst organisk karbon (DOC, eller totalt organisk karbon - TOC) inkludert i overvåkingen for indre Oslofjord. Dette burde inkluderes, muligens i sammenheng med farget løst organisk karbon (cDOM), for å følge påvirkningen dette har på tilstanden i fjord og kystvann. Denne innblandingen fra elver vil være i fjordens overflatelag, og vil ha en umiddelbar effekt på siktedypet. Det er også interessant å undersøke hvilke påvirkninger denne økningen i transport av organisk materiale fra land til kyst har på fjordøkosystemet som helhet.

I denne sammenfatningen av data ser vi ikke en umiddelbar effekt av økningen i næringssalttilførsler (som observert spesielt for VEAS) på tilstanden i de øvre vannlag (0-10m). Men påvirkninger denne næringstilførselen har på dypere vannlag, og hva som er skjebnen til næringssaltene som blir innblandet fra renseanleggene (på rundt 50 m) over tid bør undersøkes. Disse kan blandes inn i øvre vannlag og påvirke primærproduksjonen i fjorden på sikt.

Litteratur:

Cialdi, M. and Secchi, P. A. (1865). Sur la Transparence de la Mer. Comptes Rendu de l'Academie des Sciences. 61: 100–104.

de Wit et al. (2016). Current browning of surface waters will be further promoted by wetter climate. Environ. Sci. Technol. Lett. 3:430-435

Dolven et al. (2016). Overvåking av indre Oslofjord 2016 – vedleggsrapport. Dokumentnr.: 5145099-04

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.