

DRIKKEVANNNSBEHANDLING I ET ENDRET KLIMA EN UTFORDRING FOR NORGE

Bjørnar Eikebrokk,
Sjeforsker, Dr.

bjornar.eikebrokk@sintef.no; +4793058590



Klimaendringer og råvannskvalitet

(Meld. St. 33 Klimatilpasning i Norge, 2012-2013)

Varmere, villere og våtere....

- ✓ *"Betydningen av drikkevann som årsak til næringsmiddelbårne infeksjoner er sannsynligvis større i Norge enn i andre industriland, blant annet på grunn av utbredt bruk av overflatevann"*
- ✓ *"I fremtiden kan det forventes en redusert råvannskvalitet i drikkevannskilder og hyppigere hendelser på fordelingsnettet"*

Vannforsyning og klimatilpasning

(Meld. St. 33 Klimatilpasning i Norge, 2012-2013)

- ✓ Kommunenes beredskapsplaner kan utvides til å omfatte forstyrrelser i drikkevannsforsyningen som skyldes ekstremvær eller andre virkninger av klimaendringer
- ✓ Kommunen kan også sørge for bedret beredskap i vannforsyningen for å hindre eller begrense akutte endringer i vannkvalitet: Flomsikring av tekniske anlegg og **styrking av eksisterende barrierer**, for eksempel ved å øke UV-kapasiteten
- ✓ Vannverkseier kan foreta en vurdering av hvilke virkninger ekstremvær som kraftig nedbør og flom vil ha, og identifisere muligheter for å redusere forurensing av vannkildene eller **bedre vannbehandlingen**

Meldingen sier imidlertid lite om **HVORDAN** man kan styrke barrierene og bedre vannbehandlingen for å møte klimatrusslene.....

Hva sier så det internasjonale Klimapanelet?

http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap3_FGDall.pdf

Key risks at global scale (Utdrag)

- Climate change is projected to **reduce raw water quality, posing risks to drinking water quality even with conventional treatment.** The sources for the risks are increased temperature, increases in sediments, nutrient and pollutant loadings due to heavy rainfall, reduced dilution of pollutants during droughts, and disruption of treatment facilities during floods
- In regions with snowfall, climate change has **altered observed streamflow seasonality, and increasing alterations** due to climate change are projected. Except in very cold regions, warming in the last decades has reduced the spring maximum snow depth and brought forward the spring maximum of snowmelt discharge; smaller snowmelt floods, increased winter flows and reduced summer low flows have all been observed. River ice in Arctic rivers has been observed to break up earlier

Observed changes in water quality

http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap3_FGDall.pdf

- ✓ For lakes and reservoirs, the most frequently reported change is more intense **eutrophication and algal blooms** at higher temperatures, or shorter hydraulic retention times and **higher nutrient loads** resulting from increased storm runoff . Greater runoff results in greater loads of **salts, faecal coliforms, pathogens and heavy metals**
- ✓ In some cases there are associated impacts on health. For instance, hospital admissions for gastrointestinal illness in elderly people increased by 10 % when **turbidity increased** in the raw water of a drinking water plant even when treated using conventional procedures
- ✓ For rivers, all reported impacts on water quality were negative. Greater runoff, instead of diluting pollution, swept **more pollutants from the soil** into watercourses
- ✓ **Increased organic matter content** impaired the quality of conventionally treated drinking water

Projected impacts and risks: Municipal Water/Water Services

http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap3_FGDall.pdf

- ✓ Higher ambient **temperatures**, which **reduce snow** and ice volumes and increase the evaporation rate from lakes, reservoirs and aquifers
- ✓ Higher water temperatures, which encourage **algal blooms** and increase risks from **cyanotoxins** and **natural organic matter** in water sources, requiring **additional or new treatment of drinking water**.
On the positive side, biological water and wastewater treatment is more efficient when the water is warmer
- ✓ Possibly drier conditions, which **increase pollutant concentrations**. This is a concern especially for groundwater sources that are already of low quality, even when pollution is natural (As, Fe, Mn, F)
- ✓ Increased storm runoff, which increases loads of **pathogens, nutrients and suspended sediment**.
Sea-level rise, which increases the salinity of coastal aquifers
- ✓ **Many drinking water treatment plants – especially small ones – are not designed to handle the more extreme influent variations that are to be expected under climate change**

Projected changes in water quality

http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIIAR5-Chap3_FGDall.pdf

- ✓ Climate change affects the quality of water through a **complex set of natural and anthropogenic mechanisms** working concurrently in parallel and in series
- ✓ Projections under climate-change scenarios are **difficult**
- ✓ The models have different spatial scales and have to be adapted and calibrated to **local conditions** for which adequate and appropriate information is needed. In consequence, there are **few projections of the impacts of climate change on water quality; where available, their uncertainty is high**
- ✓ It is evident, however, that **water-quality projections depend strongly on (a) local conditions; (b) climatic and environmental assumptions; and (c) the current or reference pollution state**

CC-fokus i EUs FoU: Water scarcity og storm water management – ikke vannkvalitet

Lokale avrenningsprosjeksjoner

Eksempel: Oslo VAV 2040 (Killingtveit, 2014)

- Ingen endring i total årlig **avrenningsmengde** fra Maridalsvannet
 - Økt temperatur og økt fordamping balanserer økt nedbørmengde

- Men **fordelingen** av avrenningen over året vil endres
 - Mildere vintre og mindre snømagasinerings, flere fryse-/tinesykluser
 - Mindre vårflom – økt høstflom

- Vil dette gi økt NOM - og/eller endring i NOM-egenskaper?
- Økt forekomst av alger og algetoksiner, samt lukt- og smaksstoffer?
- Flere patogener/andre typer av patogener?

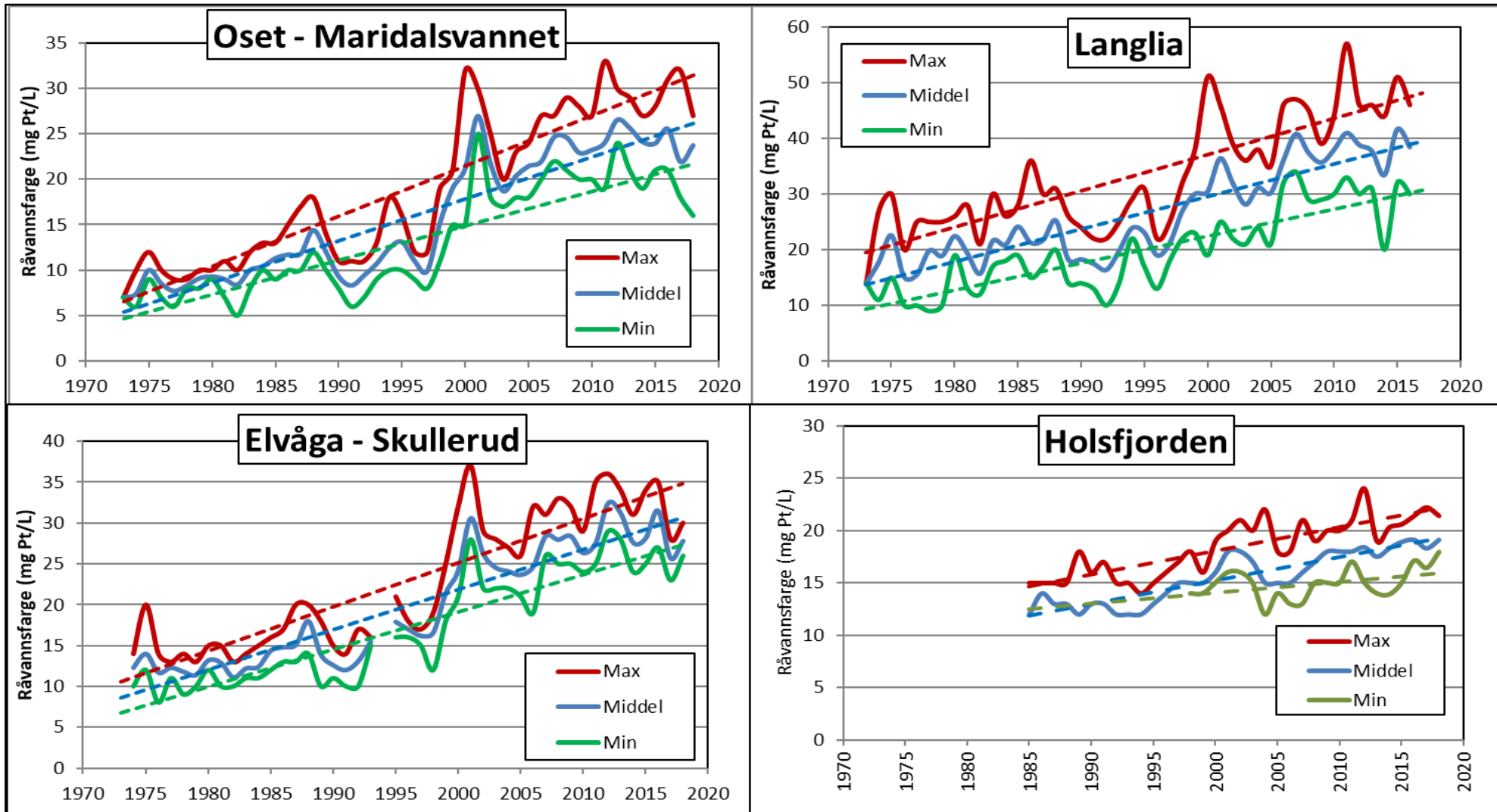
Klimaendringer og NOM



P. Ericsson, 2011

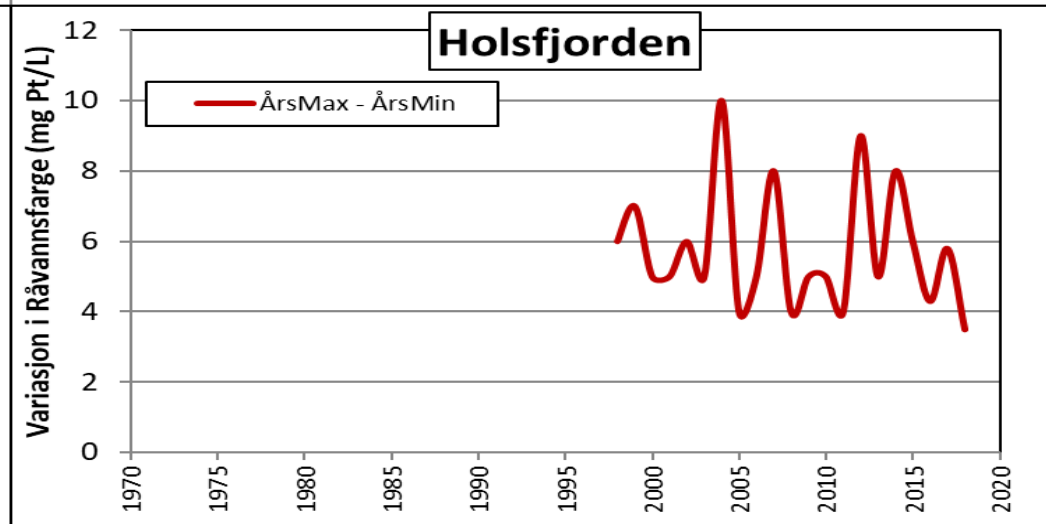
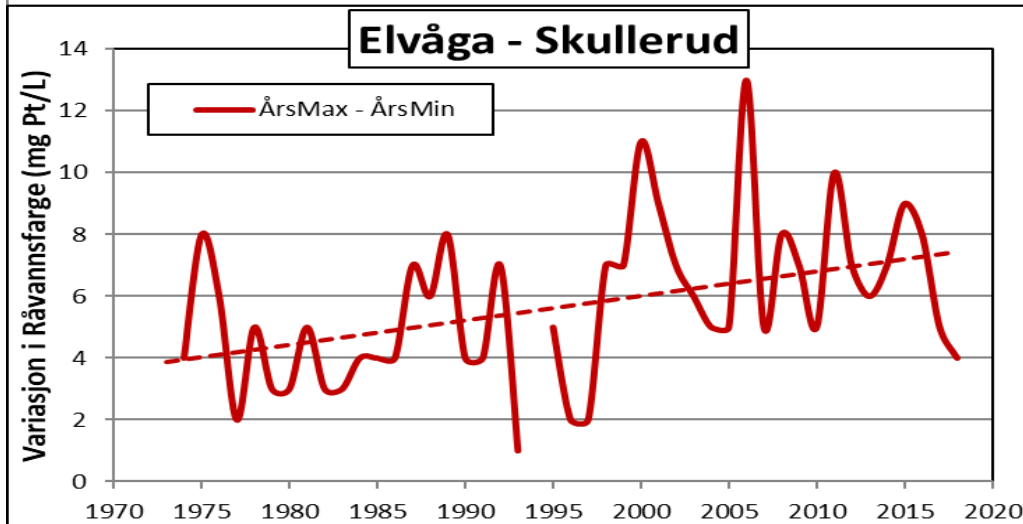
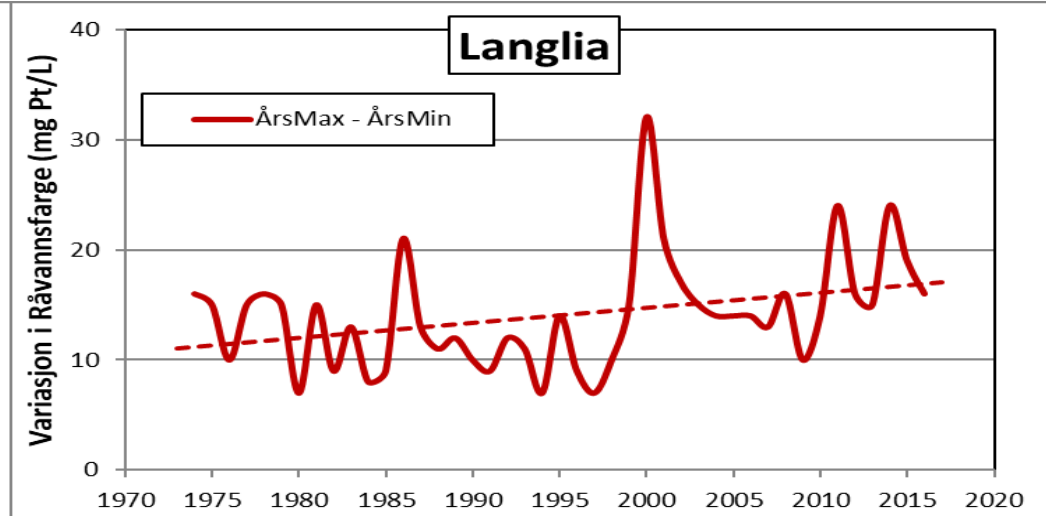
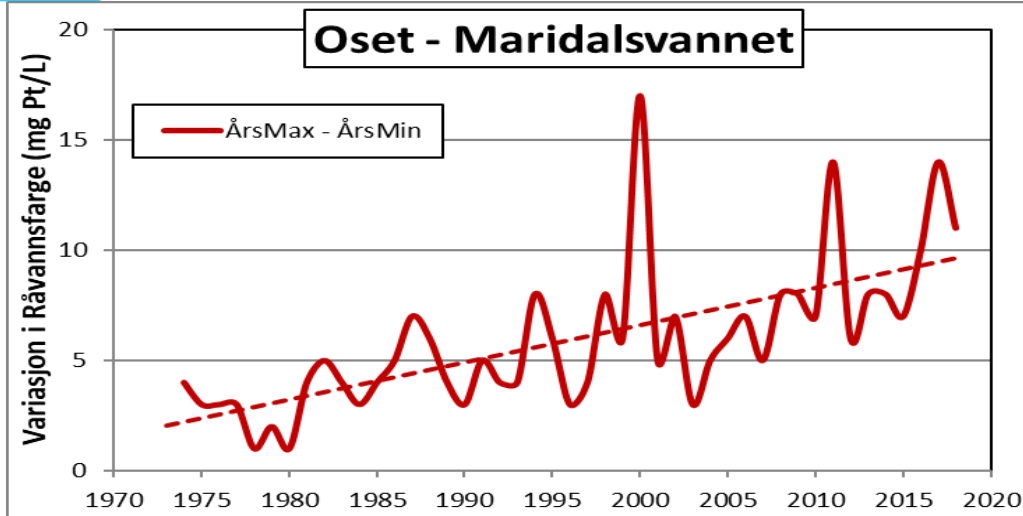
Fargetallet øker i Oslos drikkevannskilder

Slik som i deler av SVE, FIN, GBR, GER, USA, CAN, m.fl.



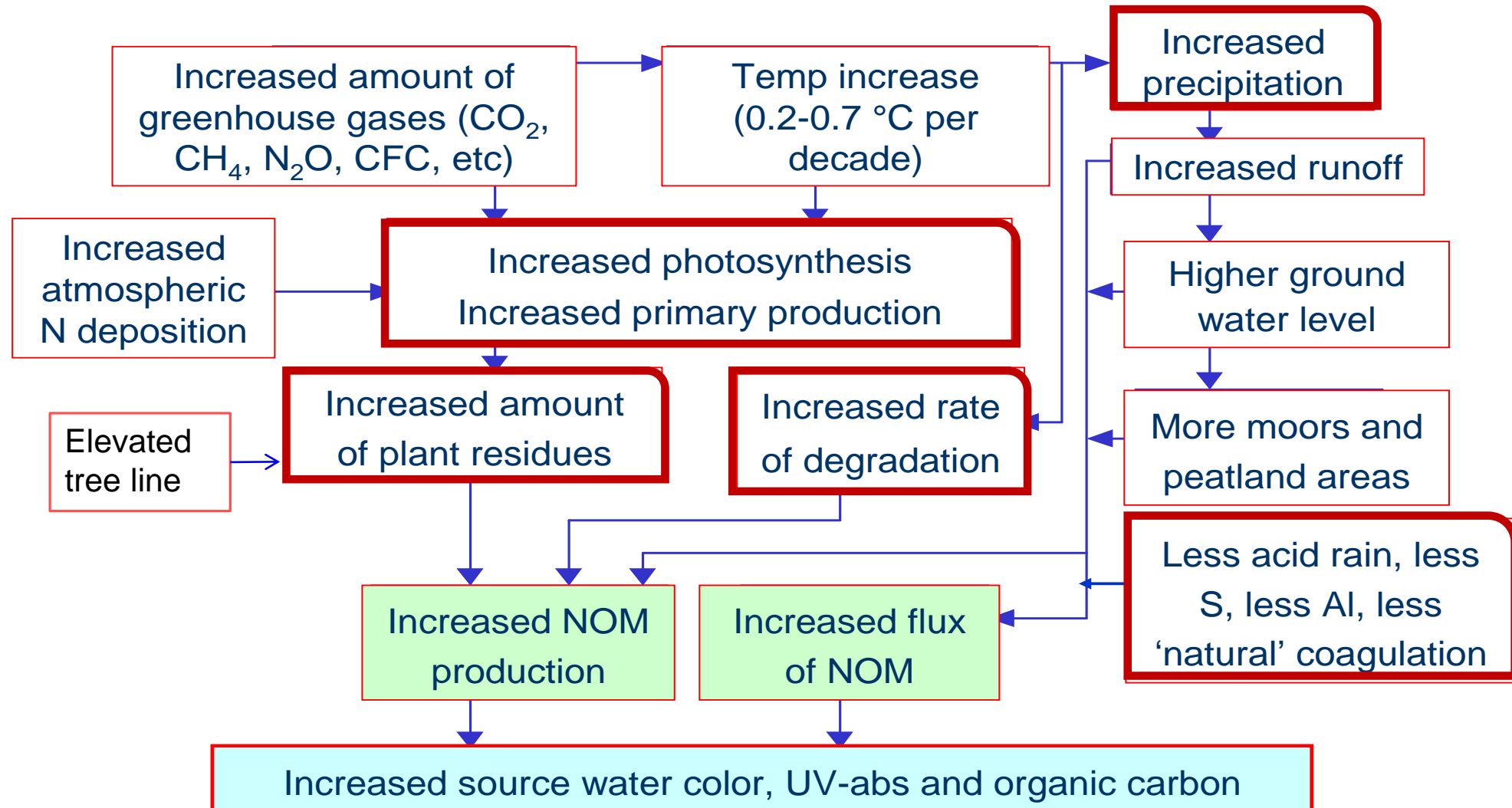
Årstidsvariasjonene blir også større

En utfordring for vannbehandlingen og for prosesstyringen



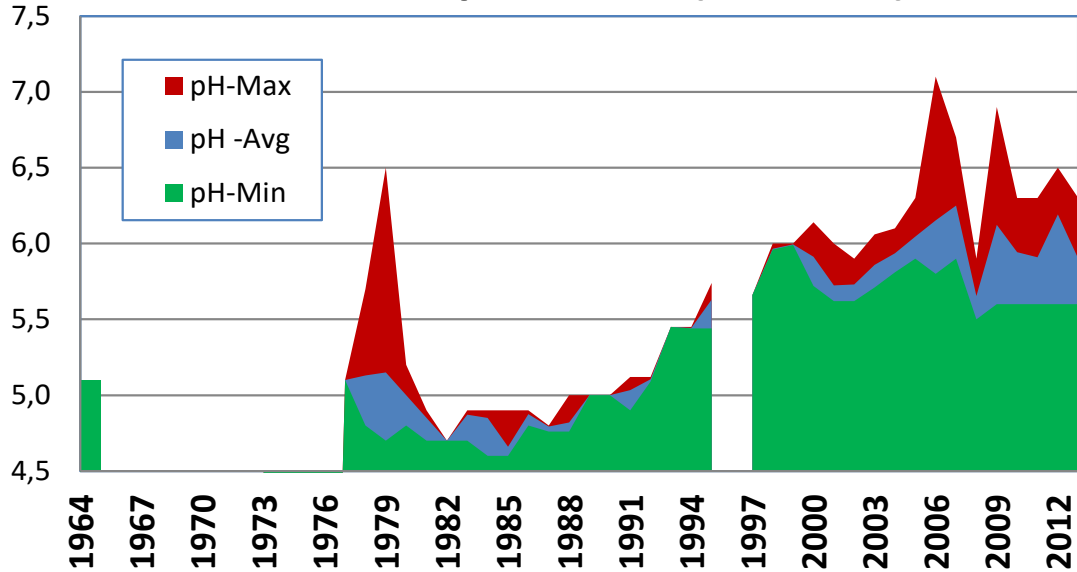
Aktuelle Drivere for økende NOM

Modified after Forsberg 1992; Liltved 2002

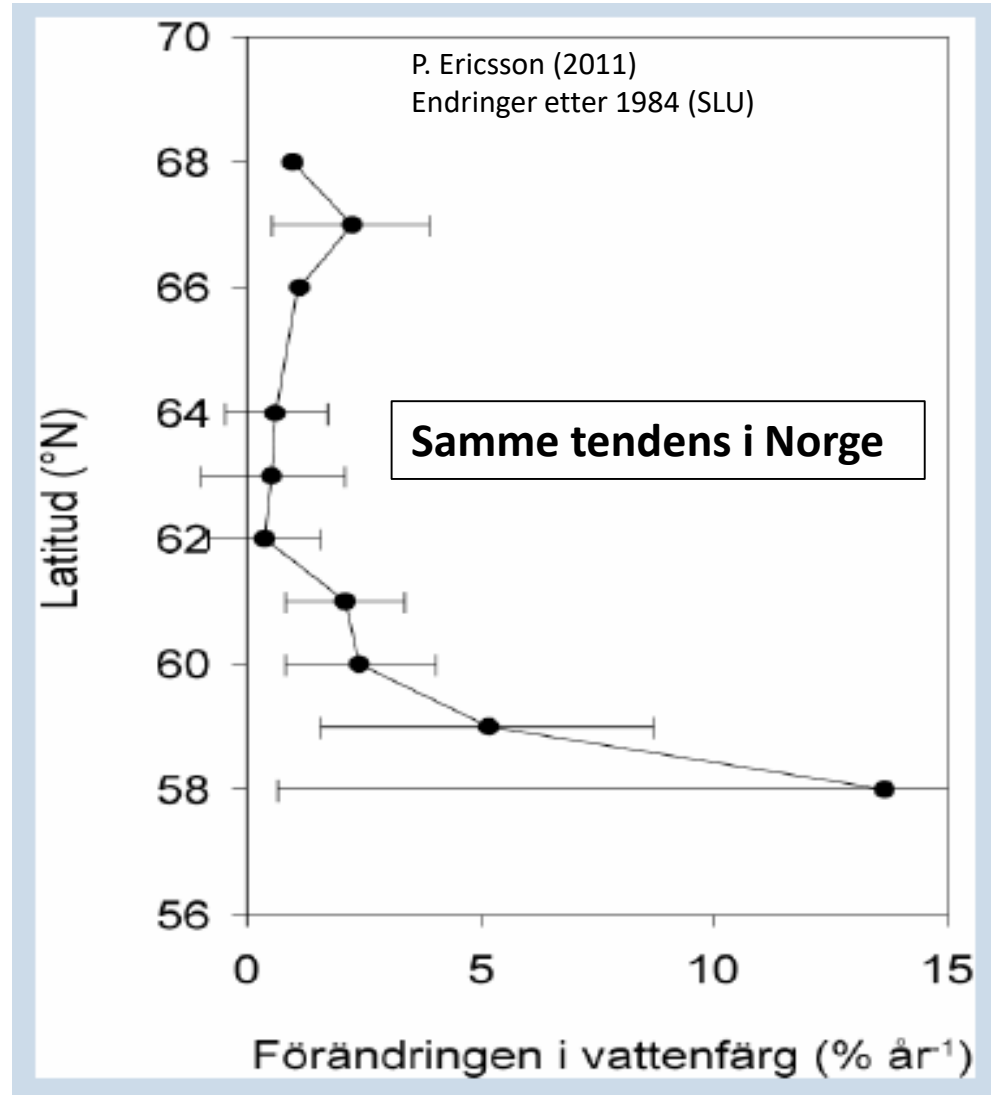
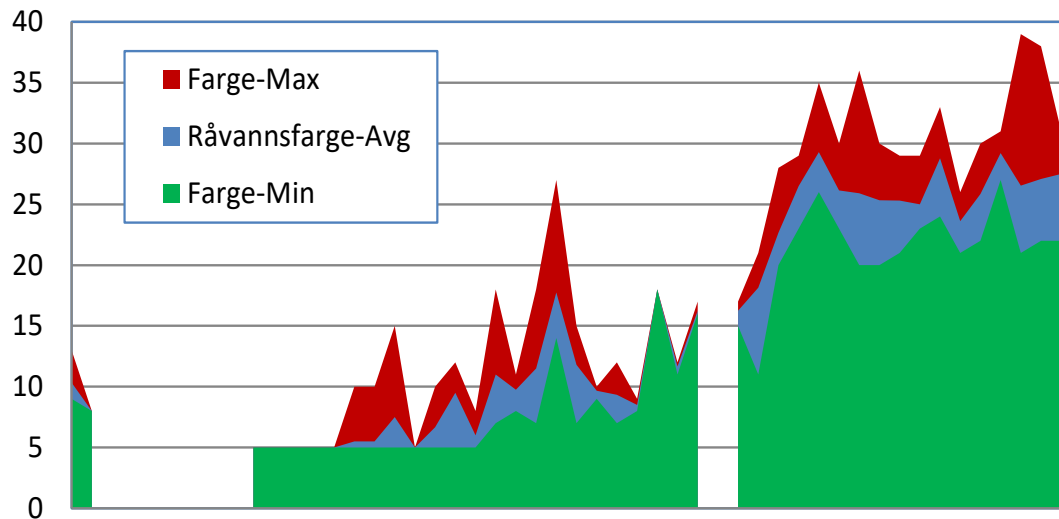


Fargetallsøkningen er størst i sør

Råvanns - pH - Rore (Arendal)

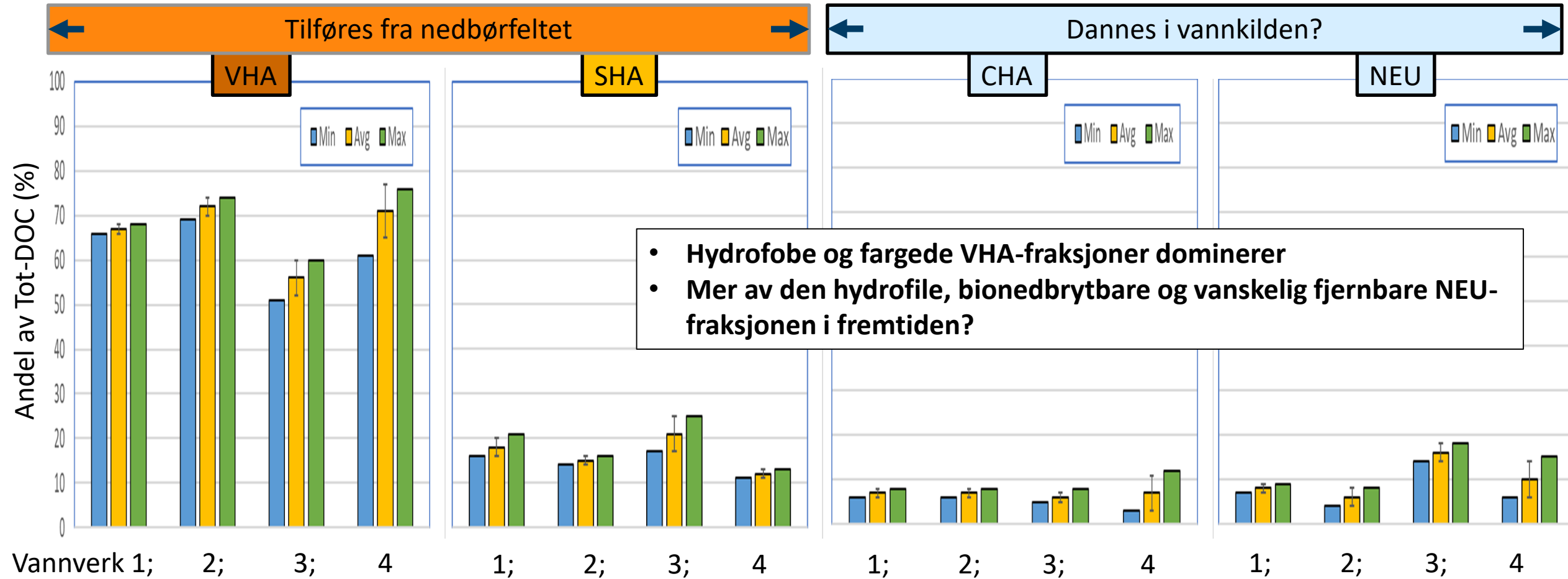


Råvannsfarge (mg Pt/L)



Vil fargetallsøkningen flate ut når "sur nedbør"-effekten nå er brukt opp?

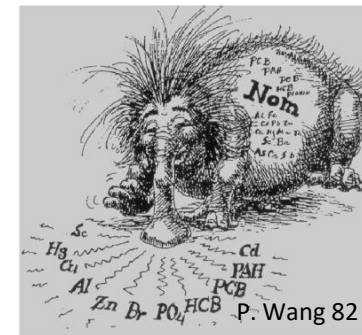
Fordeling på Hydrofobe (VHA, SHA) og Hydrofile (CHA, NEU) NOM-fraksjoner i råvann fra 4 vannverk (4 sesongmessige prøver)





Hvorfor er vi så opptatt av NOM?

10 gode grunner



1. NOM gir farge, lukt og smak på vannet
2. Øker dosebehovet for koagulant og desinfeksjonsmiddel (klor, O₃, UV)
3. Påvirker desinfeksjonseffektivitet og barrierer - og danner DBP
4. Påvirker fjerningen av uorganiske partikler og mikroorganismer
5. Øker mobilitet og tilgjengelighet/inntak av mikroforurensninger
6. Danner biofilm/belegg (fouling) på membraner og i ledninger – også innomhus
7. Blokkerer porer i AC-filtre og utkonkurrerer lukt/smak/mikroforurensninger
8. Øker mengden slam/avfall
9. Påvirker både vannbehandlings- og distribusjonssystemer
10. Økende innhold og større sesongmessige variasjoner i NOM-mengde og sammensetning gir utfordringer for drift av vannbehandlingsanlegg, for driftskontrollsystemer, og for prosessvalg og dimensjonering



Vannbehandling, NOM og klimarobusthet

NOM removal technologies used in Norway

NOM-->

DOC,
Colour,
UV-abs



affects

treatment,
disinfection,
and distribution including
corrosion, regrowth,
precipitation, deposition,
adsorption



Enhanced coagulation
120 WTPs



Ozonation - GAC - biofiltration
35 WTPs

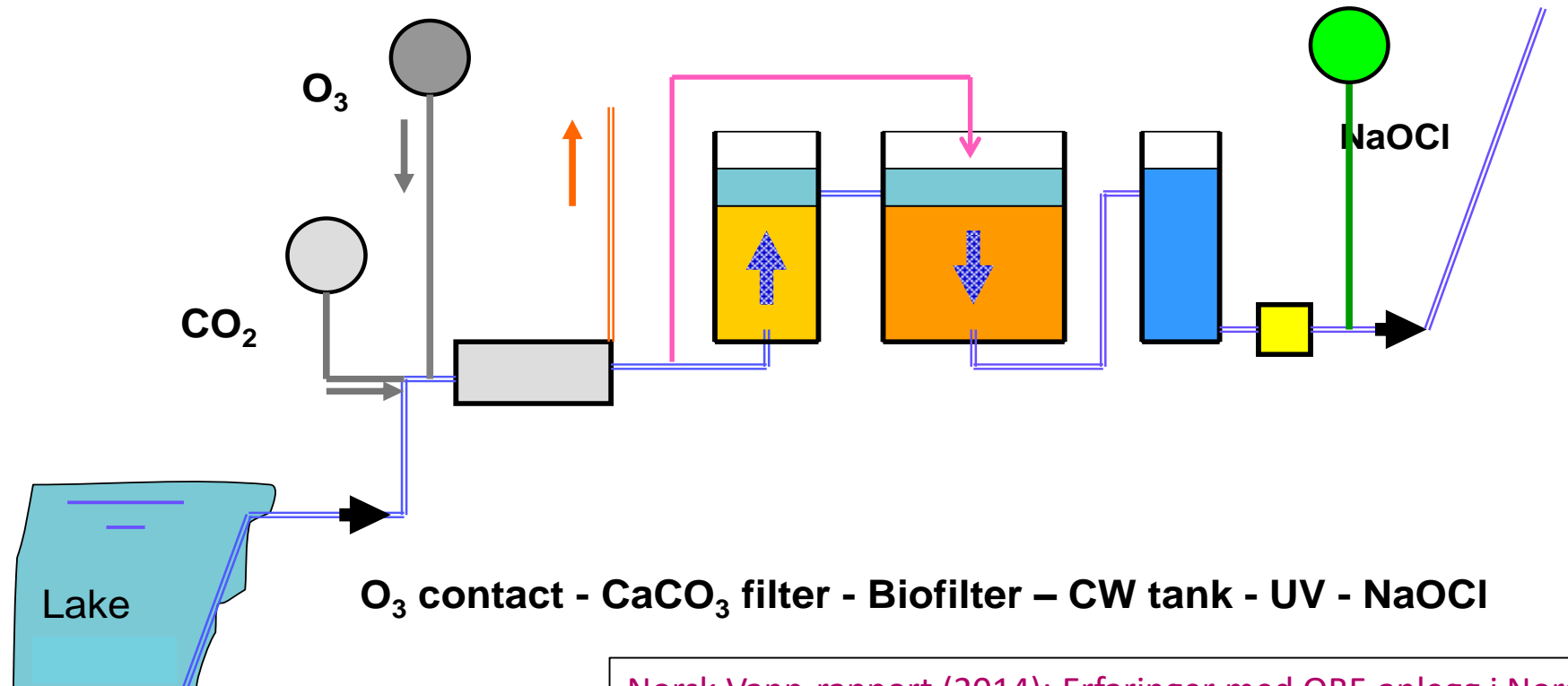


Nanofiltration
110 WTPs

Ozon-biofilteranlegg (OBF) med alkalisk forfiltrering



Økt NOM/VHA/farge → økt ozonbehov → økt BDOC → økt mikrobiell vekst?
Lavere temp → økt Ct-krav → økt ozonbehov → økt BDOC/red BF-effect → økt vekst?

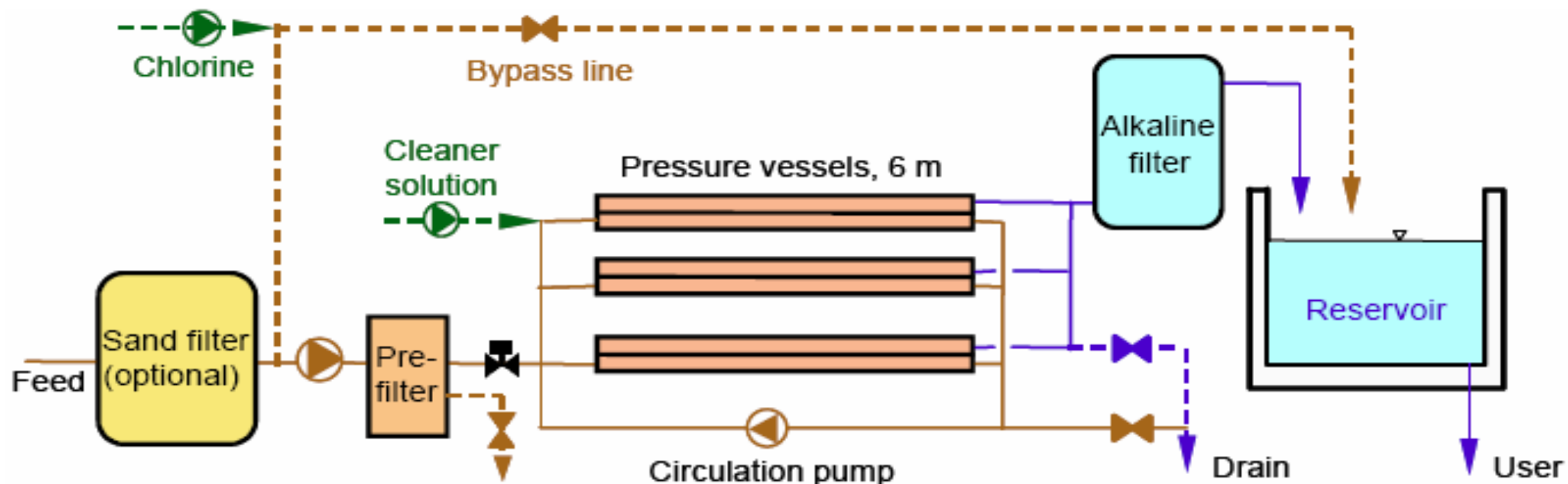


Norsk Vann-rapport (2014): Erfaringer med OBF-anlegg i Norge

Nanofiltration - NF



Økt NOM → mer belegg/fouling → mer klor/vask → økt dannelse av klorforbindelser/klorfenoler → mer anisoler/mer lukt og smak?



Pre-treatment : 50 μm sieve

Module: Spiral wound

Membranes: CA

Cleaning: Frequent (every night)

Design flux: 15-18 l/m²h

Pore size: 3 nm (1-5)

Recovery: 70-80%

Challenges: Fouling, regrowth, taste&odour; NOM+algae?

Effekter av klimaendringer/økt NOM: **Koaguleringsanlegg**

NOM-->

DOC,
Colour,
UV-abs



affects

treatment,
disinfection,
distribution



Effekter av klimaendringer og økt NOM på koag-anlegg



Enhanced coagulation
120 WTPs

- ✓ Økt koagulantbehov → $Dose = A \cdot Farge + B$
- ✓ Økt slamproduksjon
- ✓ Økt TOC i rentvann
- ✓ Kortere filtersykluser og økt spylevannsförbruk
- ✓ Raskere trykktapsutvikling
- ✓ Redusert UV-desinfeksjonseffekt/økt energiförbruk
- ✓ Hvis også mer alger → økt trykktap/blokkering av filtersenger, og mer hydrofile, dårlig koagulerbare NOM-fraksjoner (NEU)

Klimaendringer og økende NOM kan kreve supplerende vannbehandlingstrinn (AC, UF, MIEX, etc)

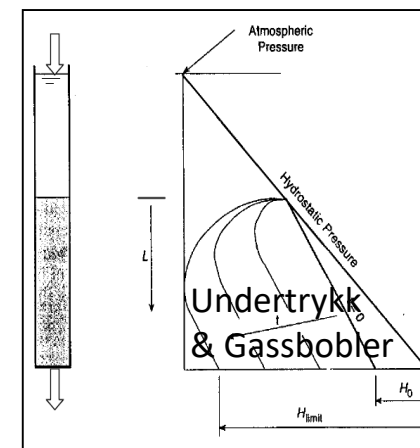


En driftsoptimalisering er et naturlig første trinn i en CC-tilpasning, men dette vil ikke alltid være tilstrekkelig...

Mer alger – flere problemer i vannforsyningen

Lukt/smak, toksiner, vanskelig fjernbar NOM, trykktap i filtre

Algal Class	Example genera	Water treatment problems
Cyanophyceae (Blue-green algae)	<i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Microcystis</i> , <i>Oscillatoria</i> .	Filter blockage, taste and odour, toxic metabolites.
Chlorophyceae (Green algae)	<i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Spirogyra</i> .	Taste and odour, filter blockage.
Bacillariophyceae (Diatoms)	<i>Asterionella</i> , <i>Fragilaria</i> , <i>Melosira</i>	Taste and odour, filter blockage.



AWWARF 2004; Hall et al 2005

Jonsvatnet – Trondheims hovedvannkilde

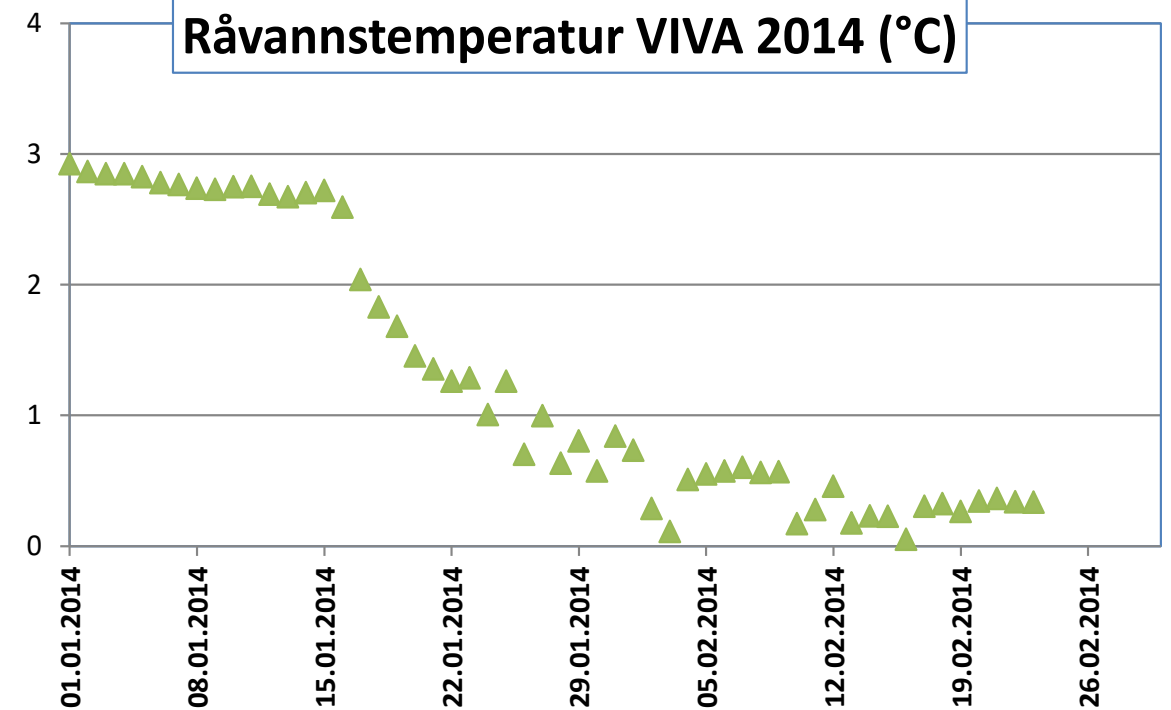
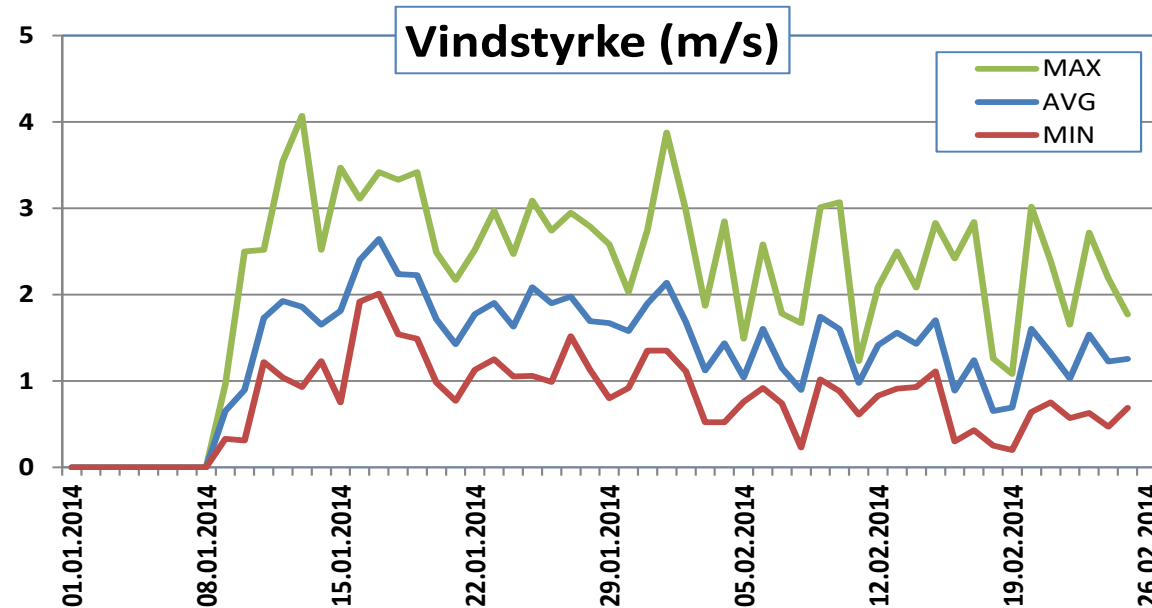
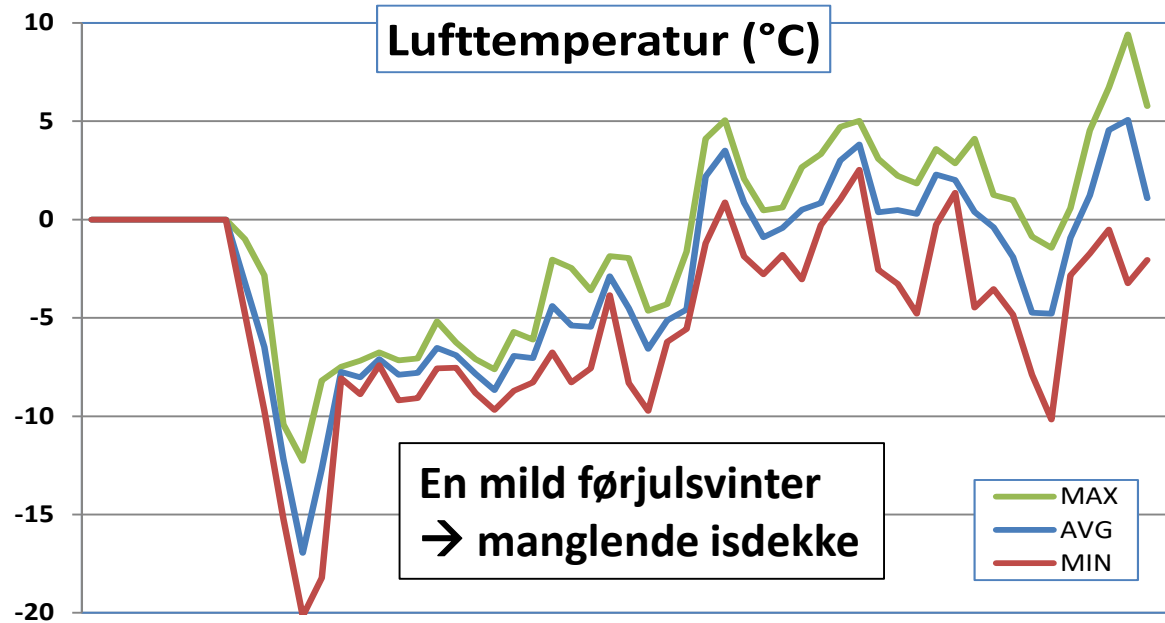
**Vinteren 2014: Et ekstremt værphenomen –
eller en uforutsett effekt av klimaendringer?**

Jonsvatnet – Vinteren 2014

Lufttemperatur og Vindstyrke, Sagelva

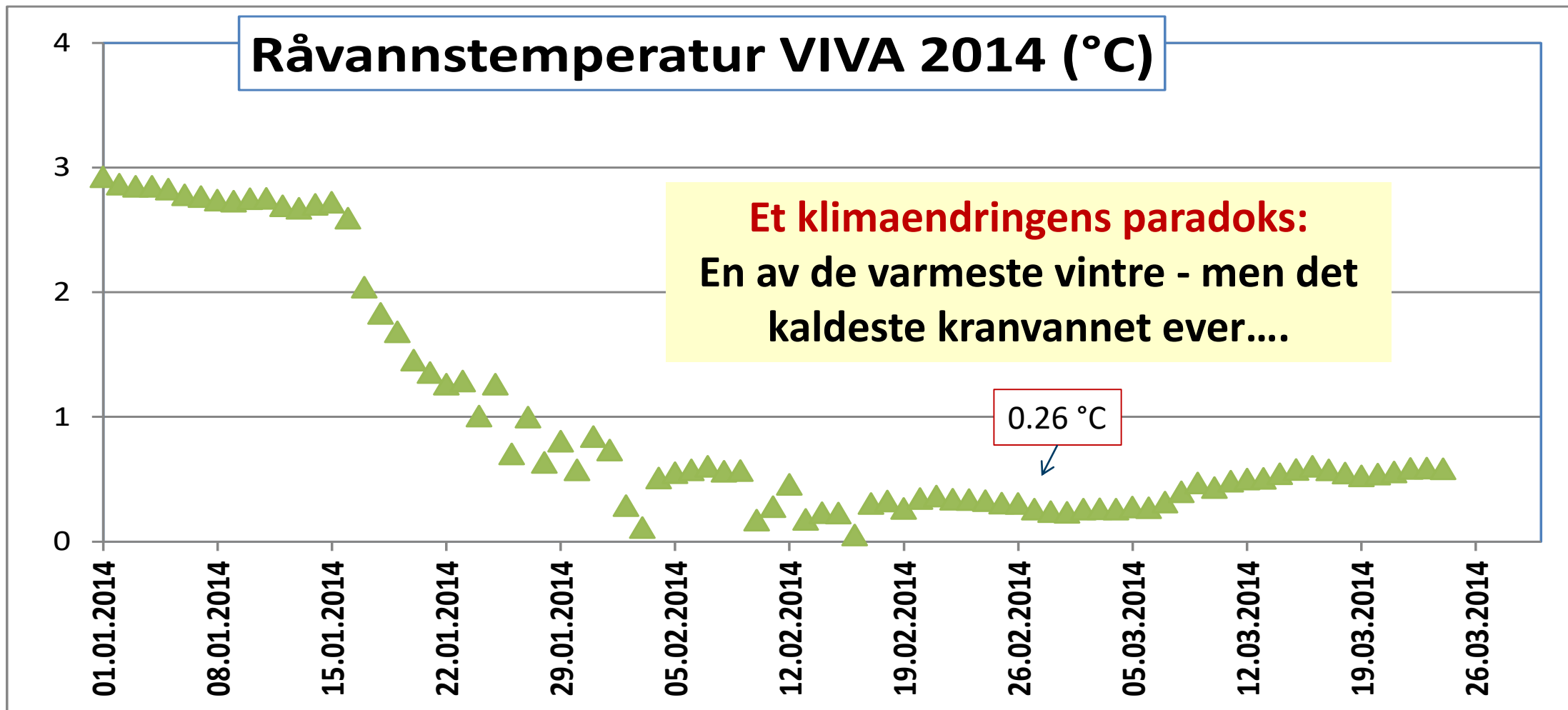
8. jan-24. feb 2014 (Killingtveit/Alfredsen, 2014)

Vanntemperatur fra 50 m dyp (Tronhus/Kierulf, 2014)



Jonsvatnet – Råvannsinntak på 50 m dybde

Vanntemperaturer målt ved VIVA vinteren 2014 (Tronhus, 2014)



Tilleggseffekter av lave vanntemperaturer

- ✓ Fare for is/sarrdannelse i installasjoner/vannbehandlingsanlegg
- ✓ Økte **Ct**-krav for samme log-red ved klorering og ozonering → for samme **t** kreves 25-50 % høyere dose **C** ved 0.5 °C enn ved 4 °C
- ✓ Økt ozondose og redusert biologisk omsetningshastighet i desinfeksjon og vannbehandling → økt biologisk vekstpotensial i rentvann og nettvann
- ✓ Mindre biologisk vekst i ledninger utomhus, men mer innomhus?
- ✓ Påvirker drift og kostnader for UV-desinfeksjonsanlegg → UV-lamper tenner ikke; redusert levetid på lamper når temp < 5 °C; økt beleggdannelse på kvartsglass?
- ✓ Lavere sedimenteringshastighet og økte filtertrykketap i VBA
- ✓ Lav temp: Et viktig kriterium ved valg/oppgradering av vannbehandlingsmetode?

Globale utfordringer – Lokale løsninger

- ✓ *"The influence of **NOM and the potential changes in its character** due to impacts from climate change and ozone depletion cannot be ignored" (Environmentalist, Springer Sci., DOI 10.1007/s10669-007-9123-7, 2007, Australia)*
- ✓ *"Better monitoring needed - Higher likelihood of microorganisms in drinking waters, cannot wait for outbreaks to occur. **Early detection tools in real time is needed**" (Jour. AWWA Sep 2003, USA)*
- ✓ *"Betydningen av drikkevann som årsak til næringsmiddelbårne **infeksjoner** er sannsynligvis større i Norge enn i andre industriland, blant annet på grunn av utbredt bruk av overflatevann". "I fremtiden kan det forventes en **reduisert råvannskvalitet i drikkevannskilder og hyppigere hendelser på fordelingsnettet**" (Meld. St. 33 Klimatilpasning i Norge, 2012-2013)*

→ Vannverkene må kjenne sitt råvann og sine anlegg – og de må være beredt !



Teknologi for et bedre samfunn