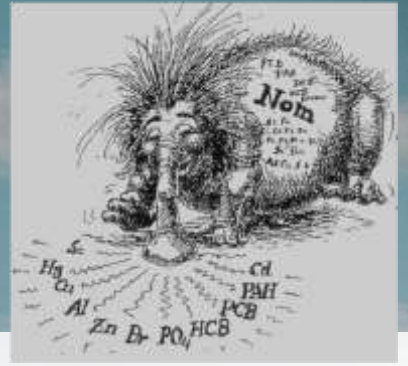
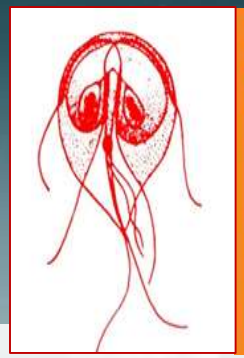
SINTEF

Eikebrokk 1985





HVORDAN BØR VANNVERKENE TILPASSE SEG DE NYE KLIMAUTFORDRINGENE?

FAGTREFF I NORSK VANNFORENING: ER VANNVERKENE FORBEREDT PÅ KOMMENDE KLIMAENDRINGER?
INGENIØRENES HUS, OSLO 4. NOV 2019

Bjørnar Eikebrokk, Dr. Sjefforsker
bjornar.eikebrokk@sintef.no; +4793058590

SINTEF

KLIMASIKKERT DRIKKEVANN

ET PROSJEKT UNDER MILJØDIREKTORATETS ORDNING

"TILSKUDD TIL KLIMATILPASNINGSTILTAK"

Prosjektroller og Aktører

- Prosjekteier: **Oppland Fylkeskommune** (Mari Olsen/Terezia Hole)
- Prosjektdeltagere:
  - **SINTEF** (Bjørnar Eikebrokk, Hanne Kvitsand)
  - **NIBIO** (Ståle Leif Haaland)
  - **Kommuner, vannverk**, **myndighetsinstanser**, etc i Oppland/Innlandet

Prosjektets Hovedmål (1)

- Å øke **kunnskape**n om hvordan vannkvaliteten i våre drikkevannskilder endres som følge av klimaendringer (e.g. økt NOM/farge, økt algevekst, mm), og hvordan vannbehandlings-behovet (inklusive desinfeksjonsbehovet) endres tilsvarende:

  ✓ **Er vannverkene er godt nok rustet for å håndtere en fortsatt/fremtidig endring i råvannskvalitet?**

- Å **kartlegge** og diskutere følgende forhold:

  i) Hvordan vannkvaliteten vil endre seg i ulike/aktuelle regioner

  ii) Hvor store endringer man kan forvente

  iii) Hvilke parametere det er aktuelt å overvåke

  iv) Hvorvidt det er lokale/regionale forskjeller i behandlingsbarhet/optimale vannbehandlingsmetoder, og om slike i så fall er basert på forskjeller i råvannskvalitet/prosessdiagnoser - eller på ulike tradisjoner

- Å **utveksle kunnskap og erfaringer** mellom vannverkene – og lære av hverandre

Prosjektets Hovedmål (2)

- Å belyse hvordan **slam og returstrømmer** fra vannverk behandles og disponeres, samt hvordan fylkeskommunen som ansvarlig myndighet forholder seg til disse problemstillingene → Økende NOM-innhold øker kjemikalieforbruket, noe som gir mer slam og større returstrømmer
- Å belyse hvordan kravet om **fareanalyse** av drikkevannsforsyningen (ref. Drikkevanns-forskriften) ivaretas? Hvilke utfordringer ser man på små kontra større vannverk? Og hvordan følger man opp Mattilsynets ferske rapport: "Tilsyn med drift og kontroll av UV-anlegg 2018" i Region Øst, der man fant brudd på regelverket i nær 49 % av de 265 inspiserte vannverkene?
- Å belyse hva som er status for **beredskapshåndtering** på drikkevannssektoren, knyttet til klimaendringer med evt regionale/nasjonale forskjeller mht. utfordringer, håndtering, ressurser, organisering, mm?

SINTEF

Seminarer og Sluttrapport

Tidsramme: Sluttrapport til MD innen 1. mai 2020

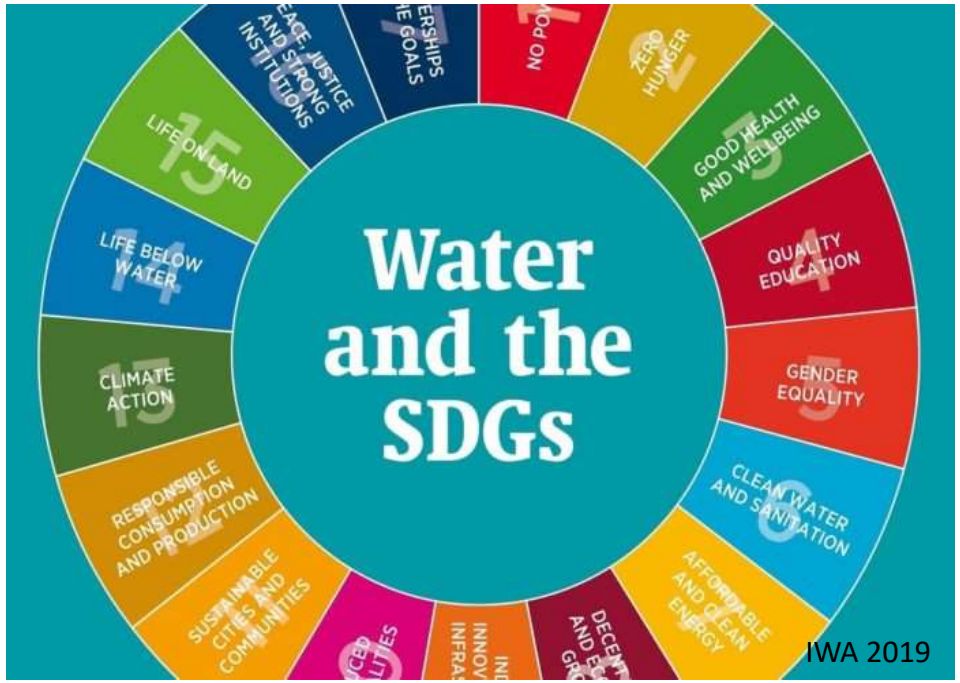
Møter/arrangementer: 3 vannseminarer

1. **Lillehammer 26-09-2019, Scandic Lillehammer Hotel**
2. **Otta 22-10-2019, Thon Hotel Otta**
3. **Elverum 21-01-2020, Scandic Elgstua**

Sluttrapporten

- Må **belyse de beskrevne problemstillinger og bidra til å spre kunnskap** om fremtidige utfordringer, tiltak og løsninger
- Må være **nyttig og relevant** for kommuner og vannverk, myndighetsinstanser, m.fl
- Må bidra til å oppfylle Miljødirektoratet mål med utlysningen, dvs bidra til økt kunnskap også om de **lokale konsekvensene** av klimaendringene. Dette grunnet de store forskjeller i klima, næringsliv, bosetting og infrastruktur mellom våre ulike landsdeler

Bakteppet: Det Globale og Det Lokale Fokus……



IWA 2019

SINTEF

IPCC: Observerte endringer i vannkvalitet

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

CC-fokus i EUs FoU: Water scarcity & Storm water management – ikke vannkvalitet

IPCC: 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**

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 drikkevanns-forsyningen 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**

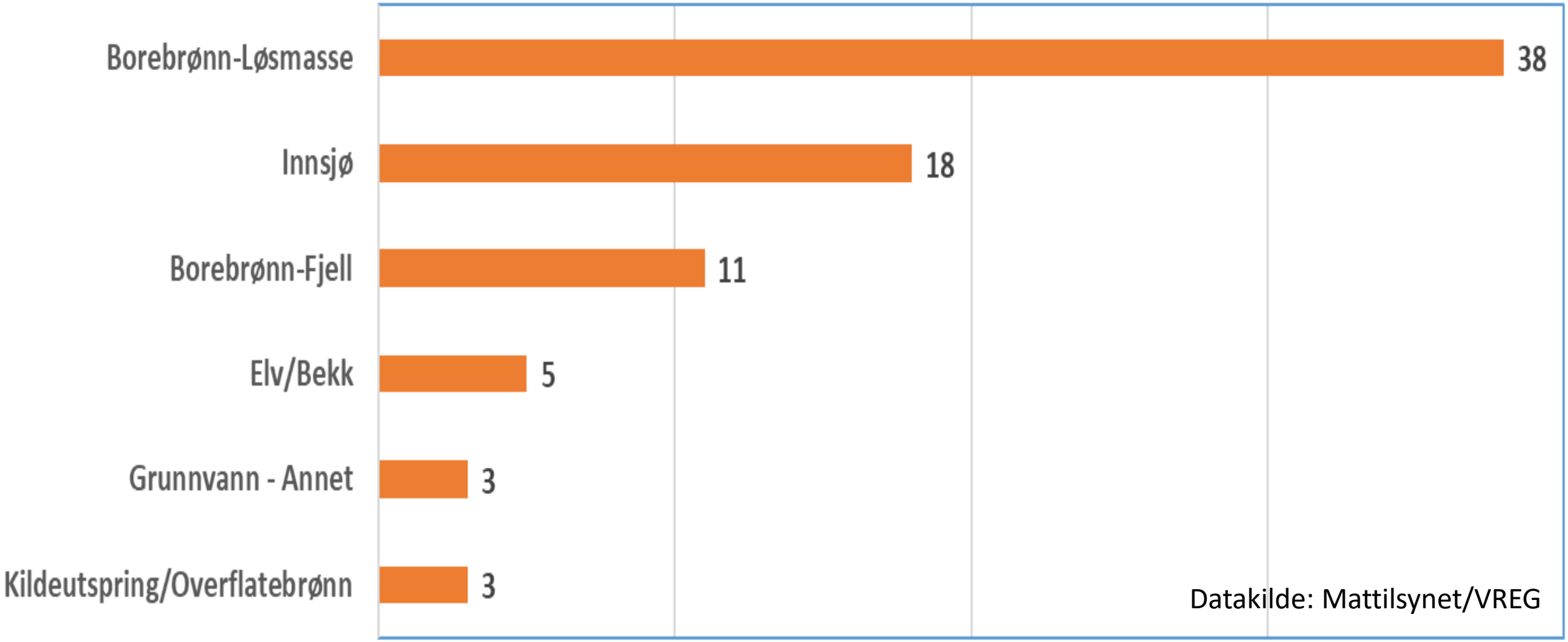
Meldingen sier imidlertid lite om **HVORDAN** man kan **styrke barrierene** og **bedre vannbehandlingen** for å møte klimatruslene……

Oppland fylke

Areal: 25192 km^2; Innbyggere: 189 479 i 26 kommuner (2017)

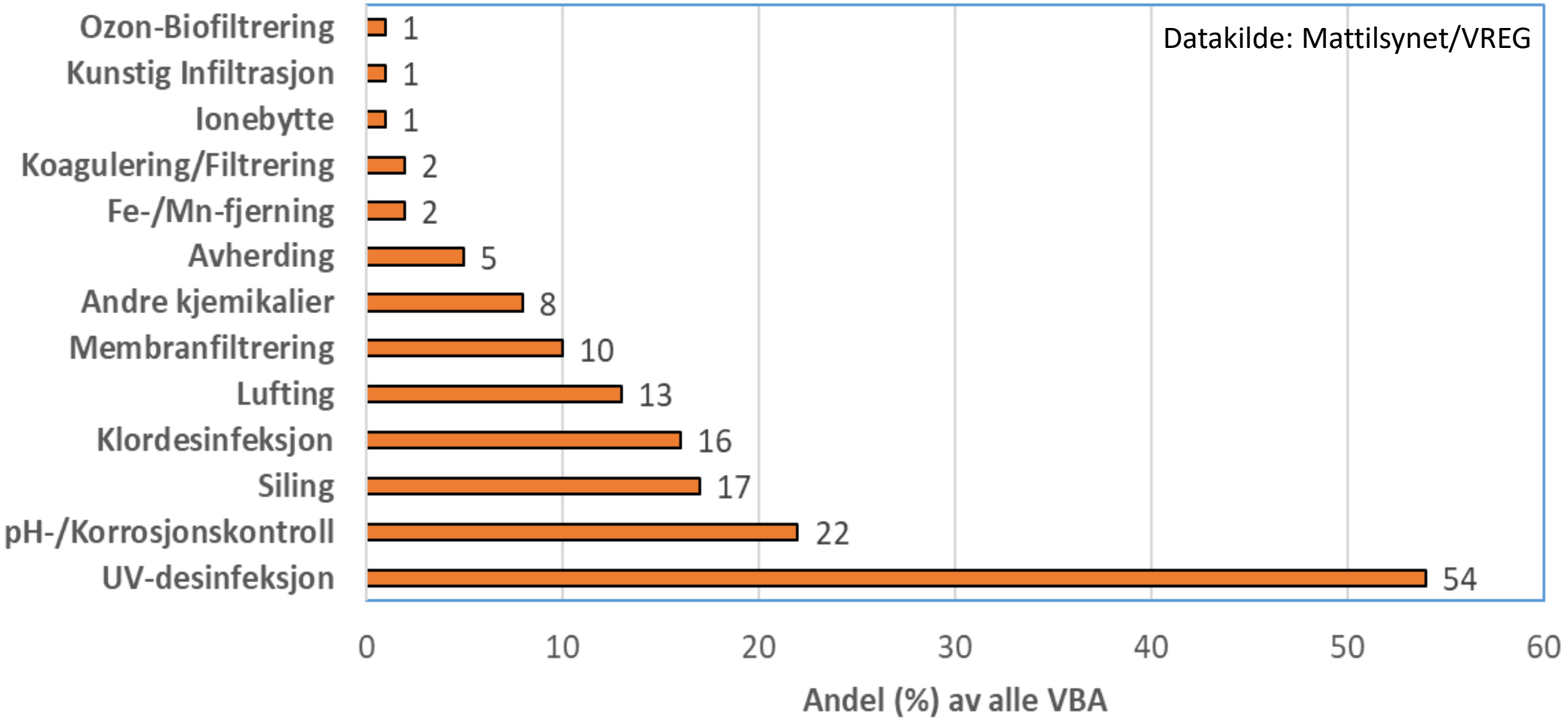
SINTEF

Oppland: Vannverk sortert på Råvannskilde (Antall Vannverk)



SINTEF

Oppland: Antall Vannverk sortert på Behandlingsform (tot 79 VBA)



SINTEF

Lokale avrenningsprojeksjoner

Eksempel: Oslo VAV 2040 (Killingtveit, 2014)

→ Kun små endringer 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 snømagasinering, 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?**

Effekter av klimaendringer på grunnvannsanlegg

(Kvitsand 2019)

Sentrale Spørsmål

- ✓Hvor sårbare er grunnvannsanleggene? Tåler de påkjenningene fra klimaendringene?
- ✓Finnes det spesielle farer i influensområdet, tilsigsområdet, brønnområdet eller brønnene som kan påvirke drift av anleggene?
- ✓Hva kan vannverkseier gjøre for å minimere effekten av klimaendringene?

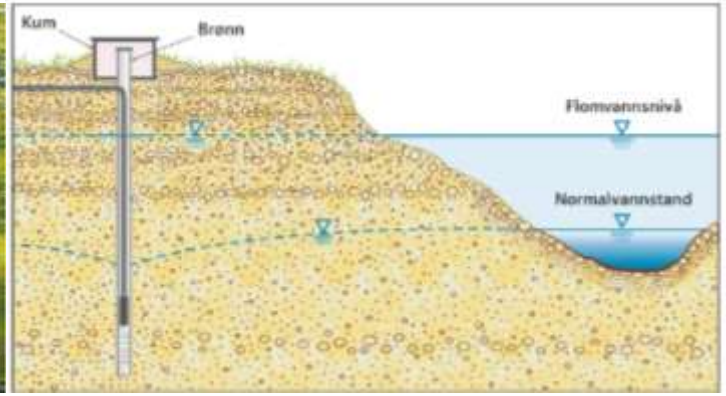
SINTEF

Hvilke klimaeffekter bør grunnvannsverkene forberede seg på?

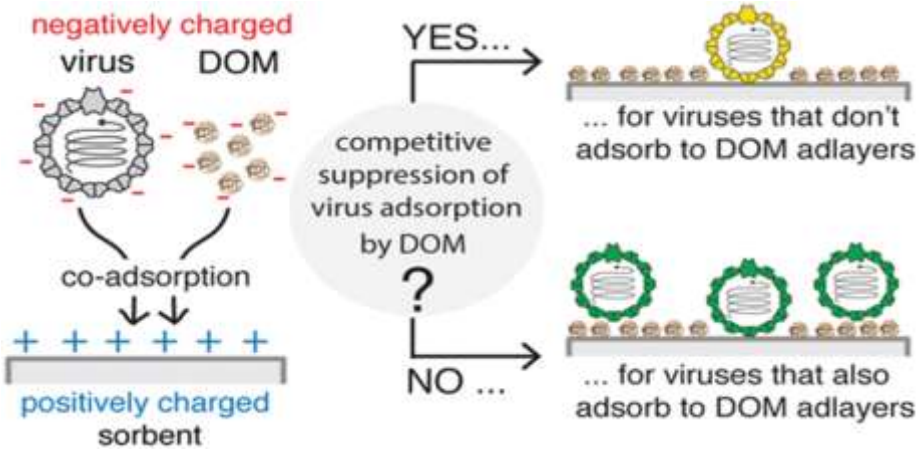
(Kvitsand 2019)

- **Mer nedbør og økt avrenning**
  - ✓ Økt forurensningstilførsel (NOM, smittestoffer,…)
  - ✓ Flom – redusert hygienisk barriere og kortslutning i strømningsvei
  - ✓ Endringer i nydannelse av grunnvann og strømningsmønster i akviferen?
- **Varmere og tidvis tørrere**
  - ✓ Tørke – redusert uttakskapasitet
  - ✓ Økt hastighet på (bio)geokjemiske reaksjoner
    - → økt inaktiveringshastighet på smittestoffer, men…
    - → økt innhold av jern og mangan

Oversvømmelse av brønnhus. (Dricksvattenförsörjing i förändrat klimat, Svenskt Vatten 2007).



Redusert hygienisk barriere ved høyere vannstand (Veil. om beskyttelse av grunnvannsanlegg, Gaut 2011/Eckholdt og Snilsberg 1992).



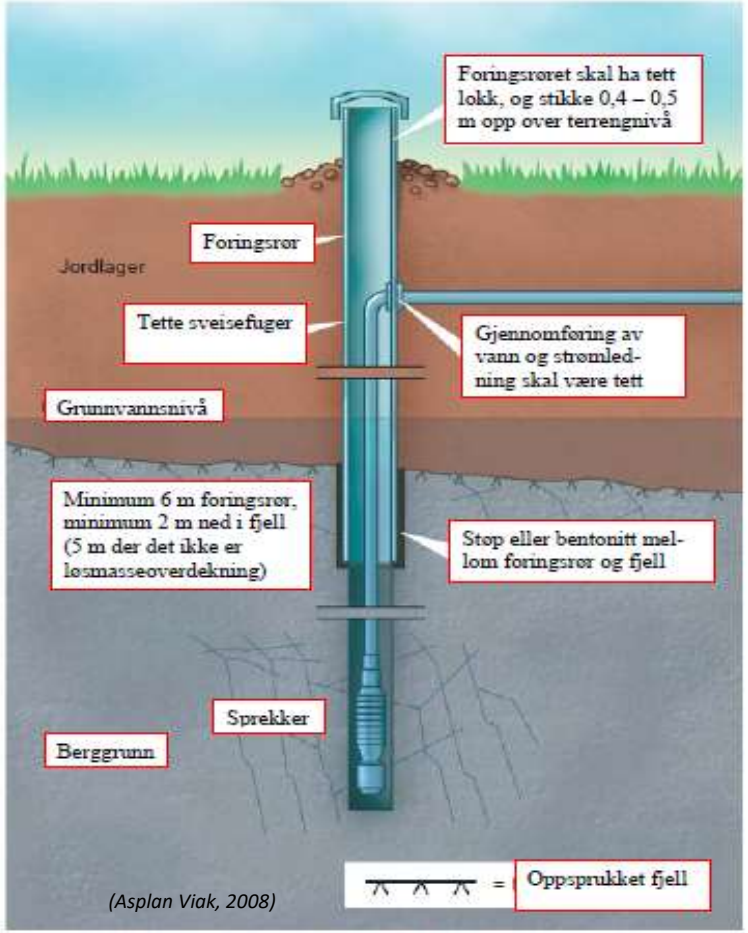
Redusert virusadsorpsjon til sedimenter pga. kompetitiv adsorpsjon av NOM (Armanoius et al., 2016).

SINTEF

Mulige "klimatilpasningstiltak"

(Kvitsand 2019)

- Flomsikring:
  - Flytte anlegg/brønner til høyereliggende områder
  - Bygge flomvoll ved brønnområde/VBA– TEK17: dimensjonere for 1000-årsflom
- Brønnsikring: grunnleggende tiltak!
  - Tett brønnhode, tette overganger, lede vann bort fra brønn
- Hygieniske barrierer – beskyttelse og VB:
  - Revidere/etablere beskyttelsessoner ut fra strømningsforhold
  - Mer vannbehandling? Permanent desinfeksjon?
  - Vannkvalitet i vassdrag med hydraulisk forbindelse til brønn?
- Reservevann – kunstig infiltrasjon, tosidig forsyning, …
- Etablere utstyr og øvelser for nødvann og beredskap



Figur 8: Prinsippskisse av en borebrønn i fjell, som er godt utført/ dårlig sikret mot inntrengning av overflatevann og overflatenært grunnvann. Grunnvannet / drikkevannet vil få dårlig kvalitet.
Kilde: Socialstyrelsen i Sverige, Dricksvatten från enskilda brunnar. Illustrator: Claes Stridsberg

(Foto: Røros kommune)

Mattilsynet ber folk sjekke brønnvann

Kraftig regnvær etter langvarig tørke kan påvirke brønnvannet. Nå ber Mattilsynet folk vær obs på vannkvaliteten (Mattilsynet 2018)

Kraftig regnskyll vil kunne dra med seg jord, bakterier fra dyreavføring, døde smådyr og annen forurensning ned i brønnvannet via sprekker i grunnen eller andre åpninger. Faren for at dette skjer er spesielt stor etter langvarig tørke, fordi jorda er hard og ikke klarer å absorbere vannet i særlig grad.

Kontroll etter mye nedbør

Etter mye nedbør bør man sjekke brønnen for følgende:

- Se ned i brønnen, at det ikke ligger noe (dyreavføring/døde smådyr/annet) nedi eller i området rundt vannkilden som kan forurense vannet i brønnen
- Se om vannet ser grumsete ut og om det er avvikende lukt på vannet (skal være som det pleier, om det er annerledes kan det være et tegn på at noe er galt)
- Send vannprøve til et laboratorium for analyse ved endringer i lukt eller farge, eventuelt endring i smak, på vannet, eller ved mistanke om at forurenset vann har kommet inn i brønnen.
- Brønneiere kan også ta kontakt med den lokale avdelingen til Mattilsynet via vårt sentralbord 22 40 00 00

Gode Råd for Godt Brønnvann

(Mattilsynet 2018)

- ✓ En riktig utformet brønn skal være plassert i god avstand fra potensielle forurensningskilder. Generelt anbefales det at avstand fra brønn til mulige forurensningskilder bør være minimum 100 meter, men det må gjøres en konkret vurdering i hvert enkelt tilfelle
- ✓ Brønner bør ikke plasseres i flomutsatte områder. Kontroller også at brønntopp/ kum står godt over bakkenivå, ca. 40 cm, slik at det ikke er fare for at urent overflatevann kan renne rett ned i brønnen. Det bør også være drenering og fall bort fra brønnen, slik at det ikke kan samle seg vann rundt brønntopp/ kum. For borebrønner i fjell bør det være tette fôringsrør de øverste meterne, der det vanligvis er mest sprekkdannelse i berggrunnen
- ✓ Borebrønner må ha tett lokk over brønntoppen og kan også gjerne sikres med tett kum med tett lokk. Gravde brønner bør sikres med tett kum med tett lokk, slik at ikke smådyr og andre forurensninger kan komme ned i brønnen. Eventuelle lufterør bør ha svanehals, og sikres med finmasket netting
- ✓ Brønner kan også sikres ved å bygge et lite brønnhus rundt vannkilden, men husk også da å sikre mot for eksempel mus og fugler. Inngjerding av brønnområdet kan også være fornuftig, spesielt i områder med mye beitedyr

SINTEF

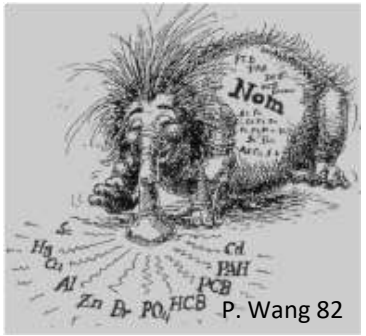
Klimaendringer og NOM

SINTEF

Eikebrokk 1985

Hvorfor er vi så opptatt av NOM?

10 gode grunner



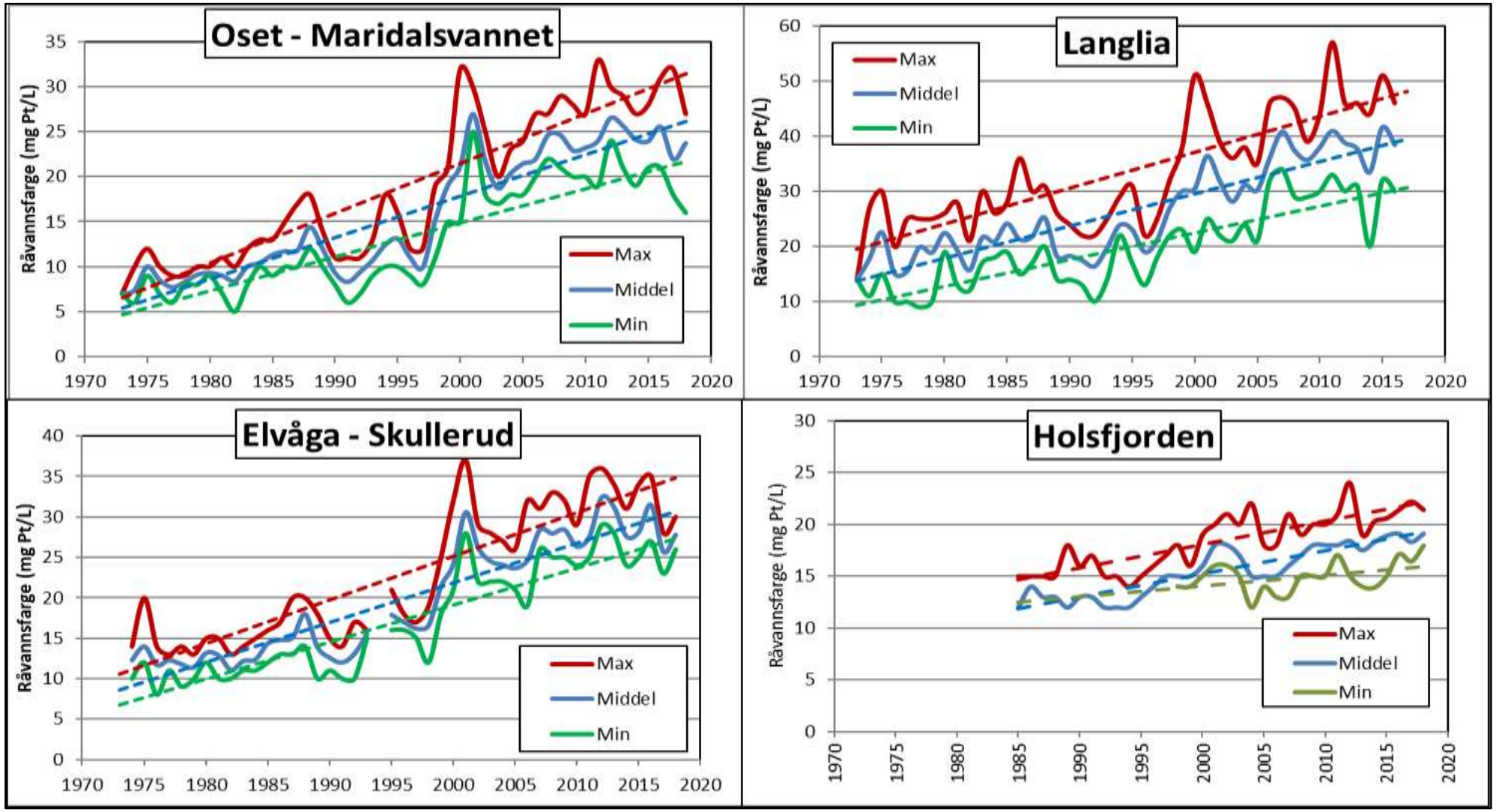
P. Wang 82

1. NOM gir farge, lukt og smak på vannet
2. Øker dosebehovet for koagulant og desinfeksjonsmiddel (klor, O_3, 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

SINTEF

Fargetallet øker i Oslos drikkevannskilder

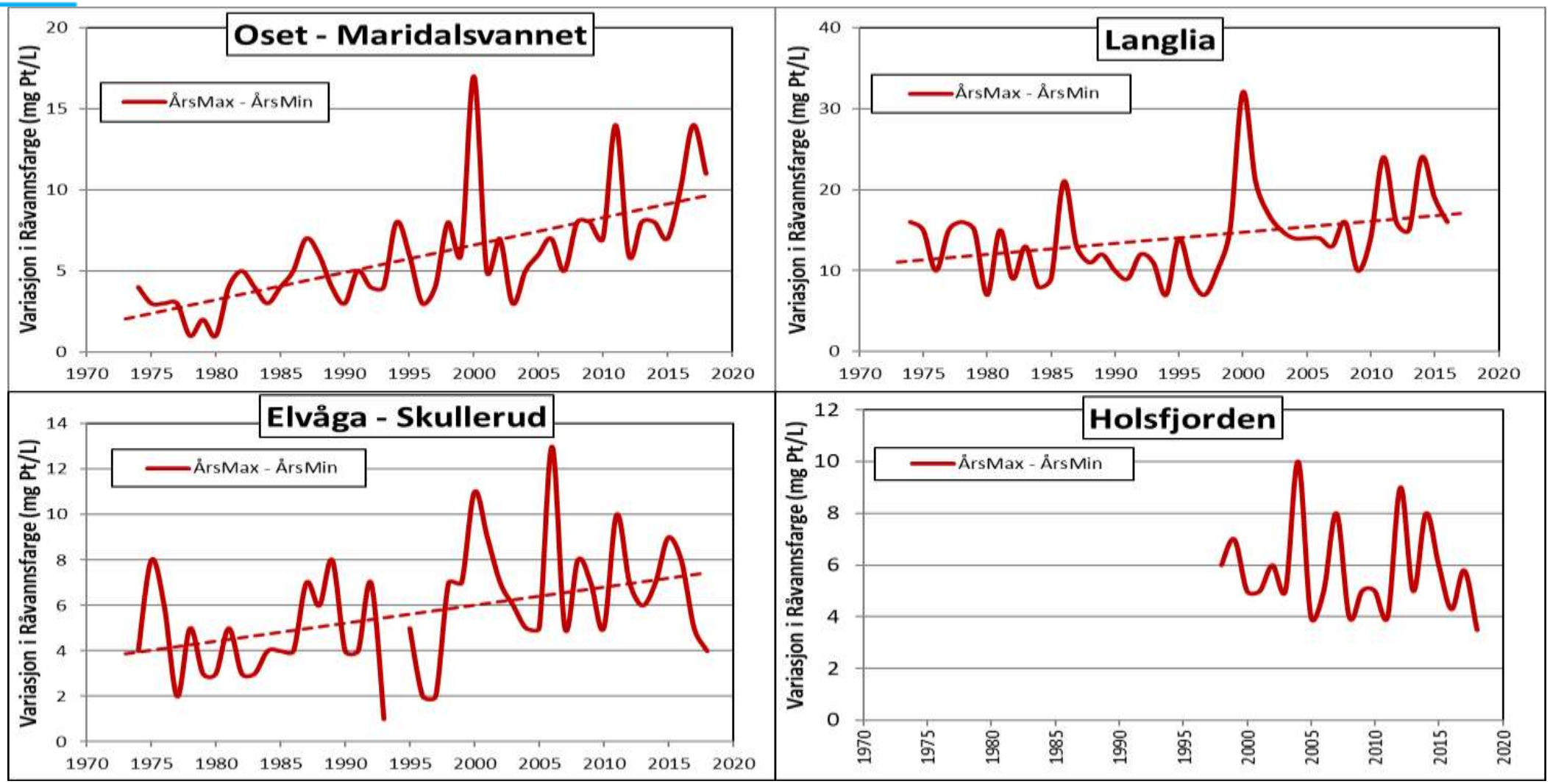
Slik som i deler av SVE, FIN, GBR, GER, USA, CAN, m.fl.



SINTEF

Årstidsvariasjonene blir også større

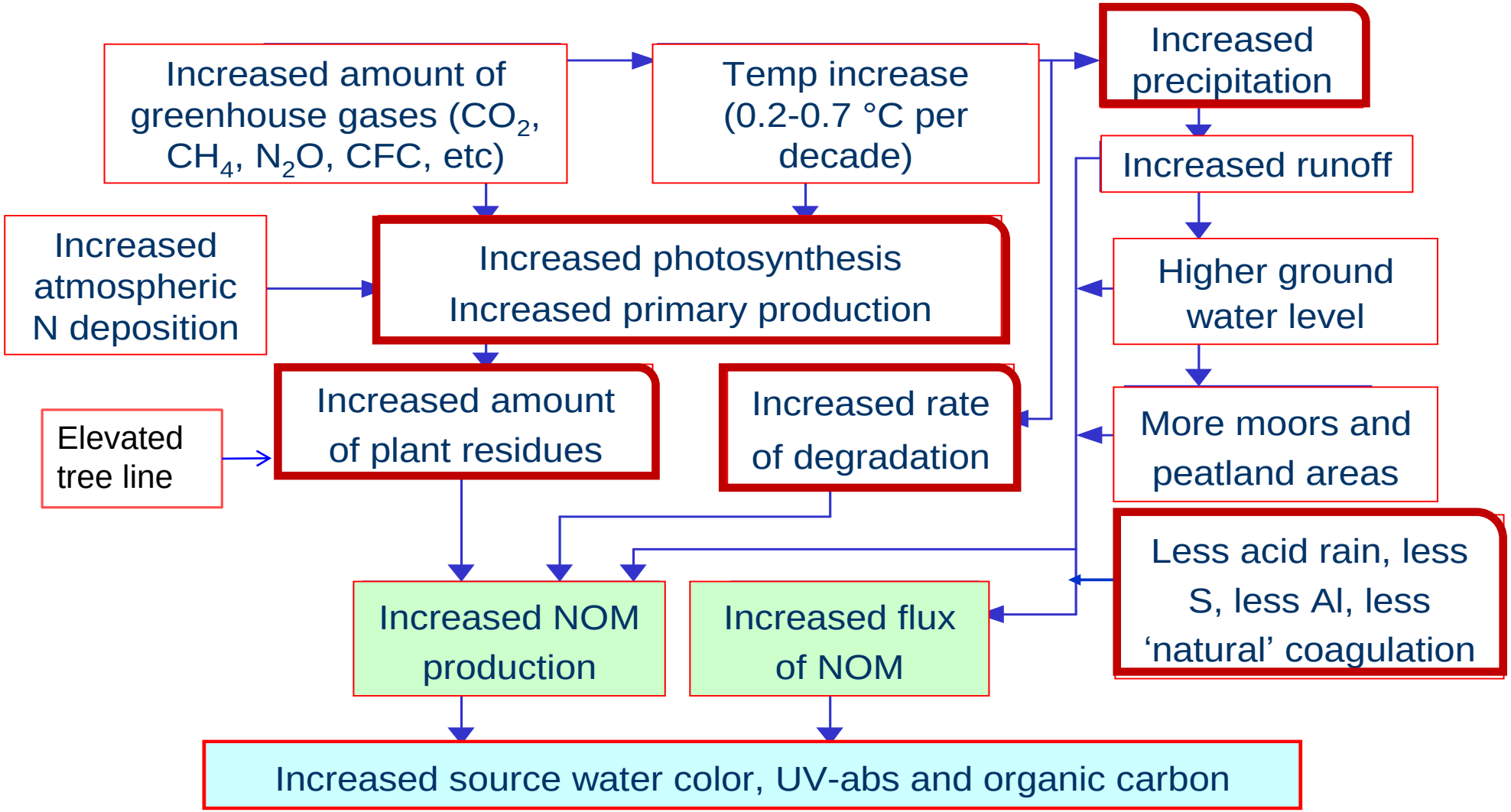
En utfordring for vannbehandlingen og for prosesstyringen



SINTEF

Aktuelle Drivere for økende NOM

Modified after Forsberg 1992; Liltved 2002



SINTEF

Vannbehandlingsmetoder og aktuelle klimatilpasninger

SINTEF

De viktigste Vannbehandlingsmetoder i Norge

NOM--> DOC, Colour, UV-abs

affects

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

Enhanced Coagulation - Filtration
120 WTPs

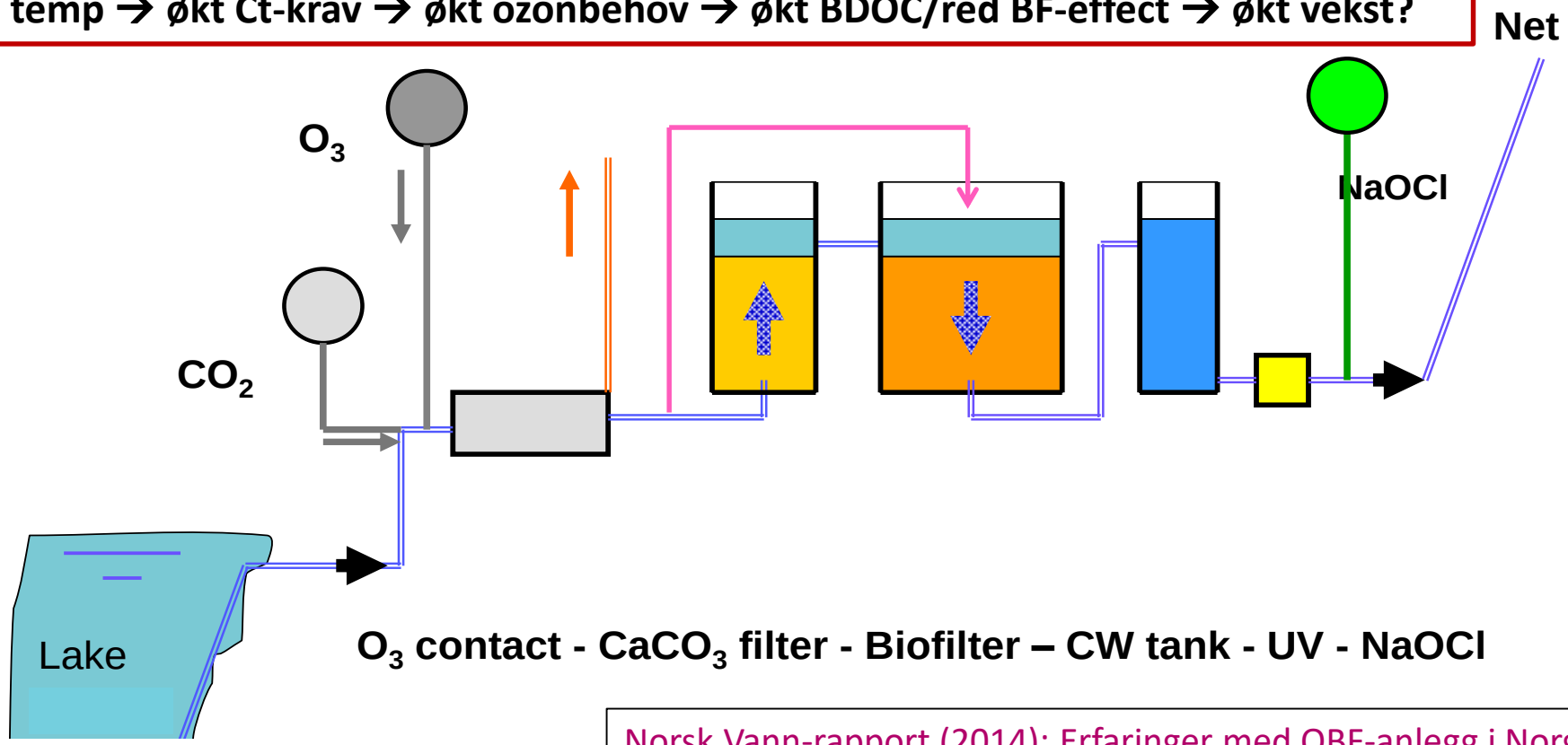
Ozonation - GAC - biofiltration
35 WTPs

Nanofiltration
110 WTPs

SINTEF

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?



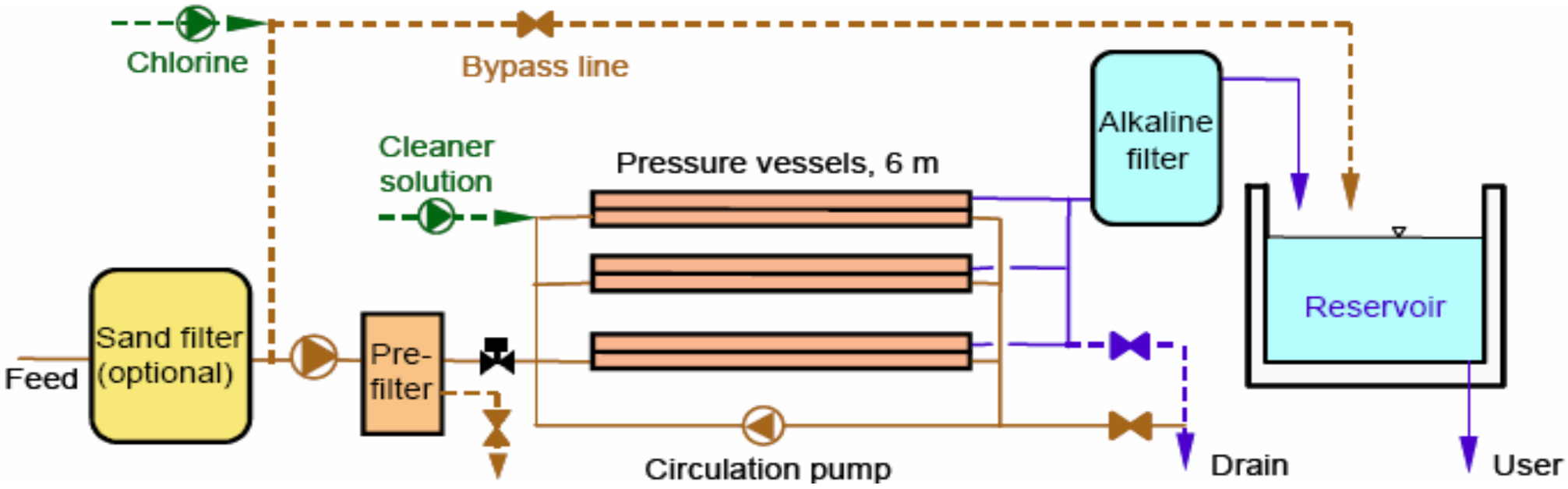
O_3 contact - $CaCO_3$ filter - Biofilter – CW tank - UV - NaOCl

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

SINTEF

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?

Åfjord og Hitra (2011-2013): Omfattende analyse av lukt/smakstoffer

SINTEF

Effekter av klimaendringer/økt NOM: Koaguleringsanlegg

NOM--> DOC, Colour, UV-abs

affects → **treatment, disinfection, distribution**

Rapporter fra Norsk Vann
Nr.188: Veiledning for drift av koaguleringsanlegg
Nr. 189: Håndbok for Optimalisering

Effekter av klimaendringer og økt NOM på koag-anlegg

- ✓ **Økt koagulantbehov → Dose = A · Farge + B**
- ✓ **Økt slamproduksjon**
- ✓ **Økt TOC i rentvann**
- ✓ **Kortere filtersykluser og økt spylevannsforbruk**
- ✓ **Raskere trykktapsutvikling**
- ✓ **Redusert UV-desinfeksjonseffekt/økt energiforbruk**
- ✓ **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)

SINTEF

Effekter av klimaendringer/økt NOM: Desinfeksjonsanlegg

NOM--> DOC, Colour, UV-abs

affects → treatment, disinfection, distribution

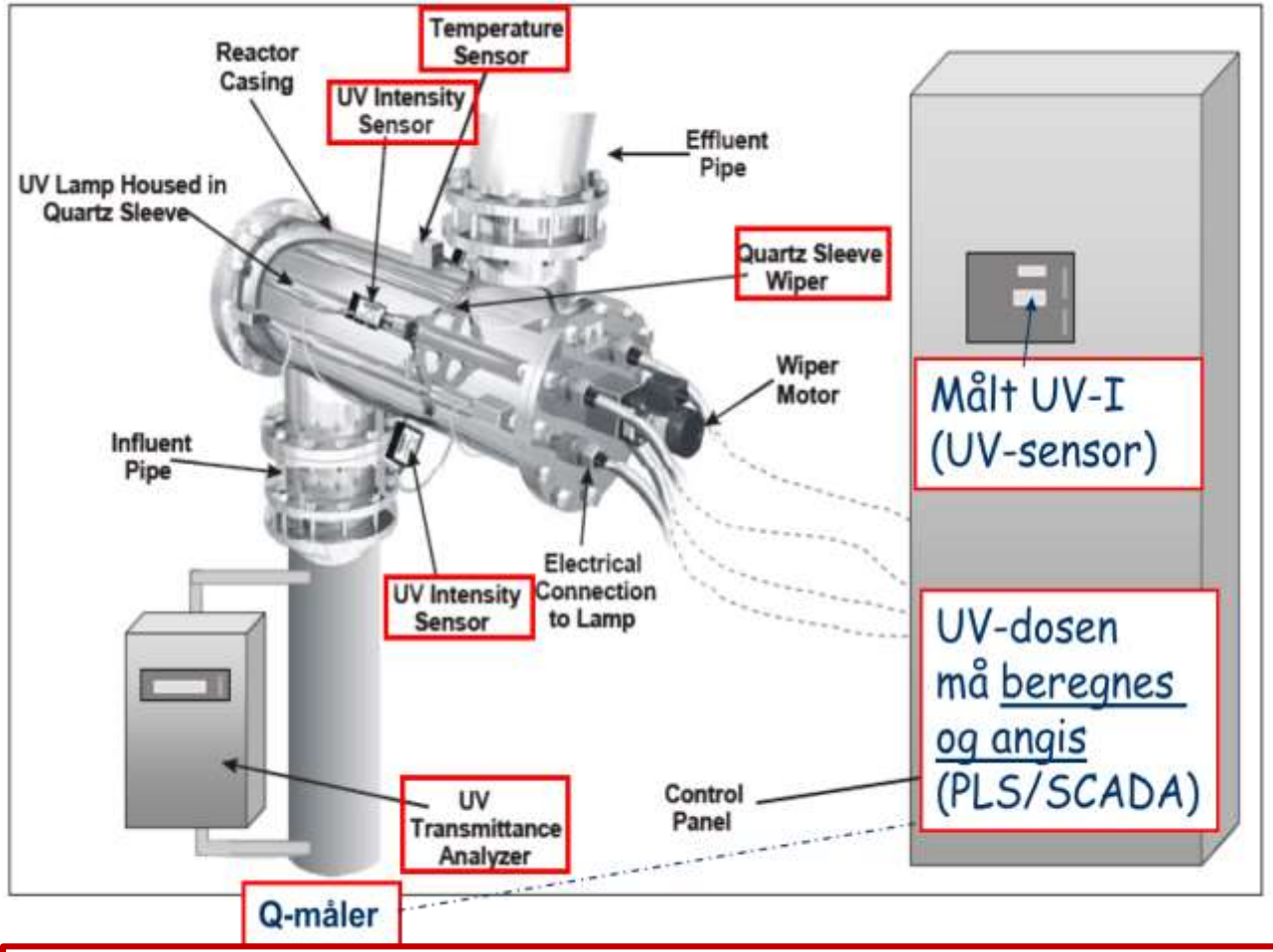
Effekter av klimaendringer og økt NOM på desinfeksjon med klor eller ozon

- ✓ Økt NOM gir økt klor-/ozonbehov, og elementer (Mn,Fe,..) på mer løst/redusert form
- ✓ Økt NOM gir redusert desinfeksjonseffektivitet hvis uendret dose (klor, ozon, UV)
- ✓ Økt dose klor/ozon → økt oksidasjon av NOM → økt BDOC → økt biologisk vekst og økt dannelse av belegg/biofilm i ledningsnett og installasjoner
- ✓ Mer DBP-dannelse – kjente og ukjente stoffer….
- ✓ Økt forbruk og økte kostnader for desinfeksjonsmiddel
- ✓ Økt forekomst av klager/lukt/smakproblemer

SINTEF

Effekter av klimaendringer/økt NOM

UV-Desinfeksjonsanlegg

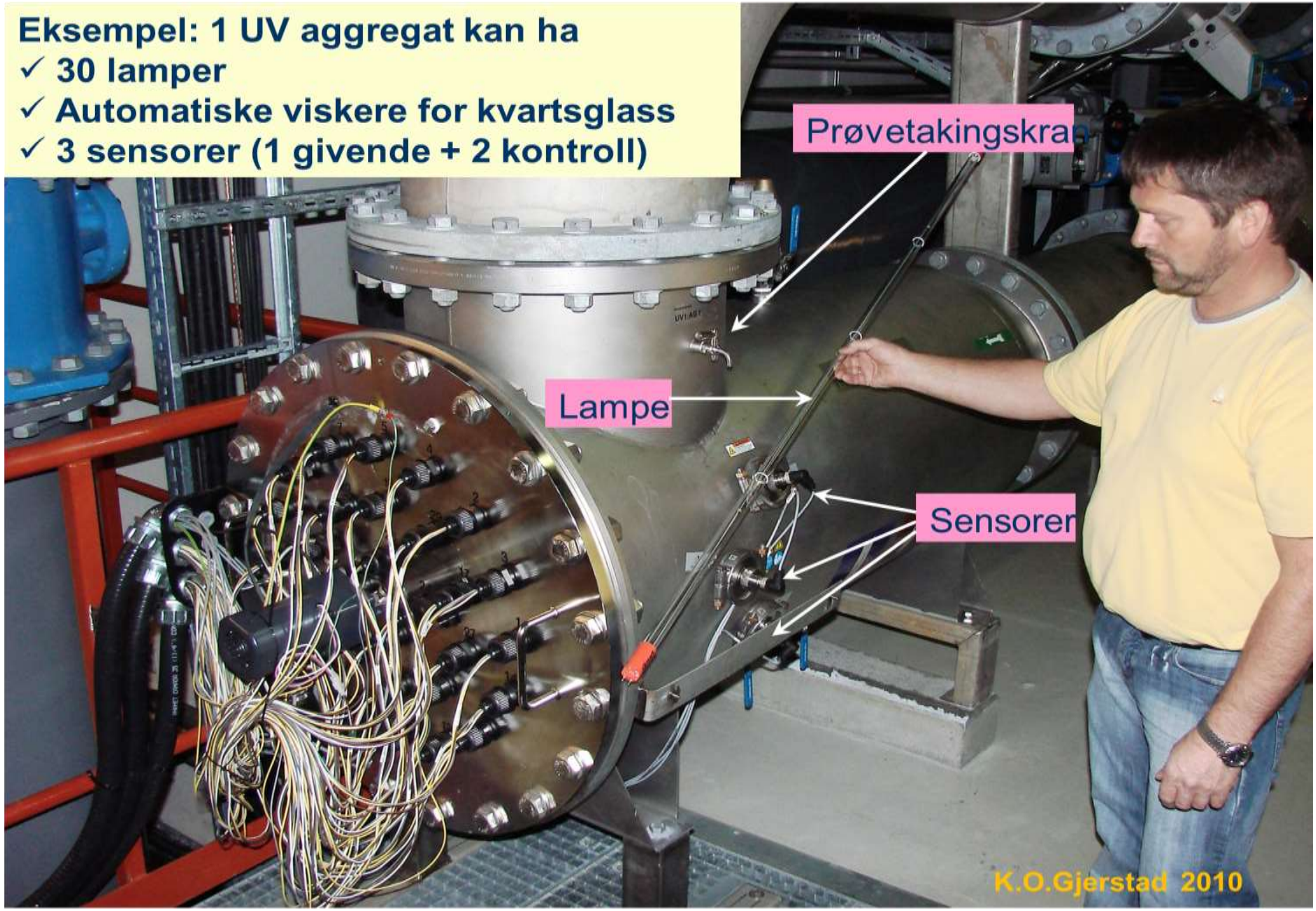


En "enkel" veiledning for drift av UV-anlegg kommer i 2020

- ✓ Økt UV-absorbans/Redusert UV-Transmisjon (UV-T)
- ✓ Redusert desinfeksjonseffektivitet – dårligere barriereeffekt/log-reduksjon
- ✓ Redusert kapasitet (Q) på UV-aggregater for opprettholdelse av dosekrav (40 mJ/cm^2)
- ✓ Økt lampepådrag/økt energiforbruk
- ✓ Økt beleggdannelse/økt vaskebehov/mer utslipp?
- ✓ Varmere vann og mer N, P → økt algevekst?

Eksempel: 1 UV aggregat kan ha

- ✓ 30 lamper
- ✓ Automatiske viskere for kvartsglass
- ✓ 3 sensorer (1 givende + 2 kontroll)



SINTEF

Ustabil kvalitet på norsk strømforsyning

Og særlig på landsbygda ?

SINTEF Energiforskning: Sakkyndig i sak om UV-anlegg med > 10 000 omstarter på < 2 år !

1. Kortvarige spenningsdip forekommer relativt ofte i Norge. Må UV slå ut ved kortvarig <200V? Til sammenligning tåler de aller fleste andre elektriske apparater på markedet typisk 150 og 195 V kortvarig før de får problemer
2. Nødvendig dialog med nettselskapet om behov for lastpåslag, start-strømmer og kontinuerlig last. Linjene fram til vannverket kan være tilstrekkelig for vannverkets kontinuerlige last, men ikke for lastpåslagene
3. Strømutfall og spenningsdip mer utbredt på landsbygda enn i byene, og behovet for nødstrøm og UPS er derfor størst der?

Bergen 2004, Østersund 2010 og Skellefteå 2011…..

- Store vannbårne sykdomsutbrudd pga parasitter
- Bergen 2004
  - ✓ Giardiasis; 5-6000 smittet; 1400 diagnostiserte
  - ✓ Siling og klorering
  - ✓ Smitte tilført fra utette avløpsledninger i nedbørfeltet
- Østersund 2010
  - ✓ Cryptosporidiose; 20 000 smittet
  - ✓ Ozonering/biofiltrering og klorering
  - ✓ Smitte tilført fra lekkende/feilkoblede avløpsledninger
- Skellefteå 2011
  - ✓ Cryptosporidiose; 27 000 smittet

→Mangelfulle barrierer mot *Giardia* og *Cryptosporidium*
→UV er nå installert alle tre steder

SINTEF

Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann

En norsk veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann utkom i 2008, og en forkortet svensk versjon i 2009. En norsk suppleringsrapport utkommer i 2019

www.norskvann.no
www.svensktvatten.se

Hva kan skje på ledningsnettet?

- ✓ Mer NOM og mer mat (BDOC) i vannet → Økt biologisk vekst/biofilmdannelse/kimtall?
- ✓ Mer belegg/biofilm som kan huse mikroorganismer, både gamle og "nye" arter?
- ✓ Økt vanntemperatur → økt biologisk omsetning → mer biofilm/vekst på nettet og i installasjoner som rentvannsmagasiner, høydebassenger, etc?
- ✓ Temperatureffekter på metallutfelling og tilhørende adsorpsjonsprosesser?
- ✓ Effekter på korrosjonsforhold og korrosjonshastigheter?
- ✓ Ekstreme temperaturvariasjoner → Endret fordeling av utomhus- og innomhus uttak av vekstpotensial/substrat?

SINTEF

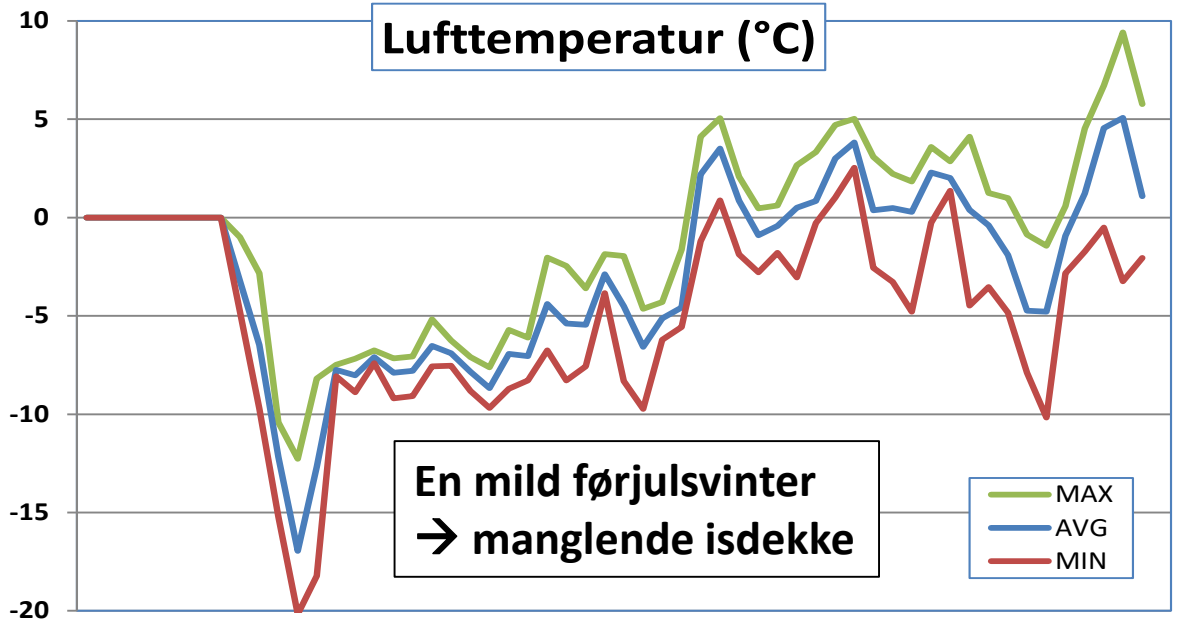
Jonsvatnet – Trondheims hovedvannkilde

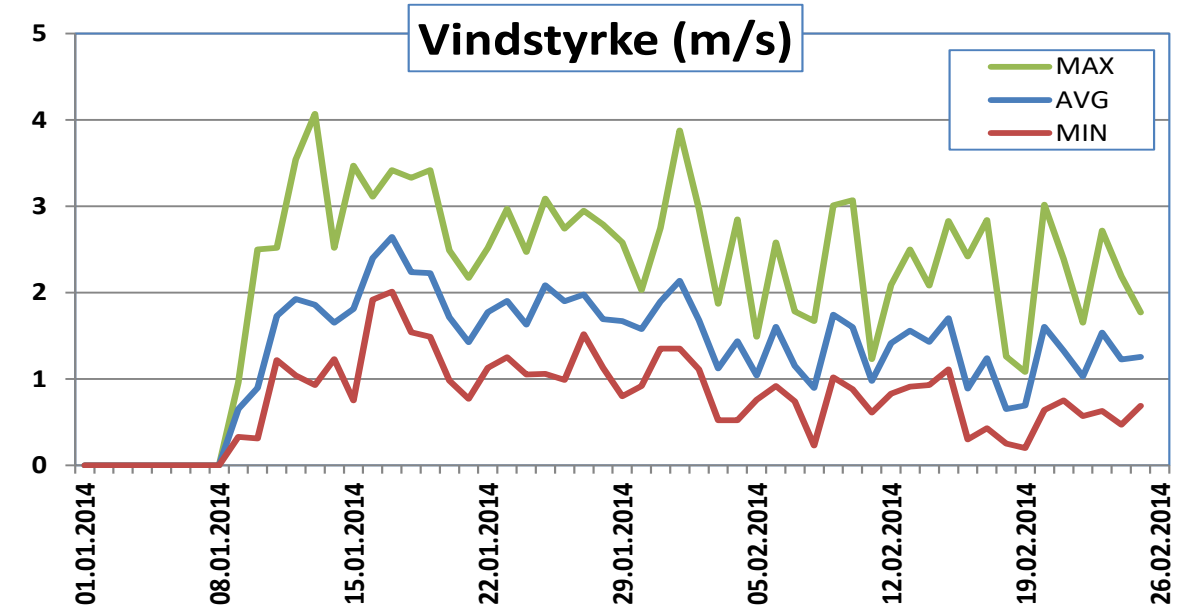
Vinteren 2014: Et ekstremt værfenomen – eller en uforutsett effekt av klimaendringer?

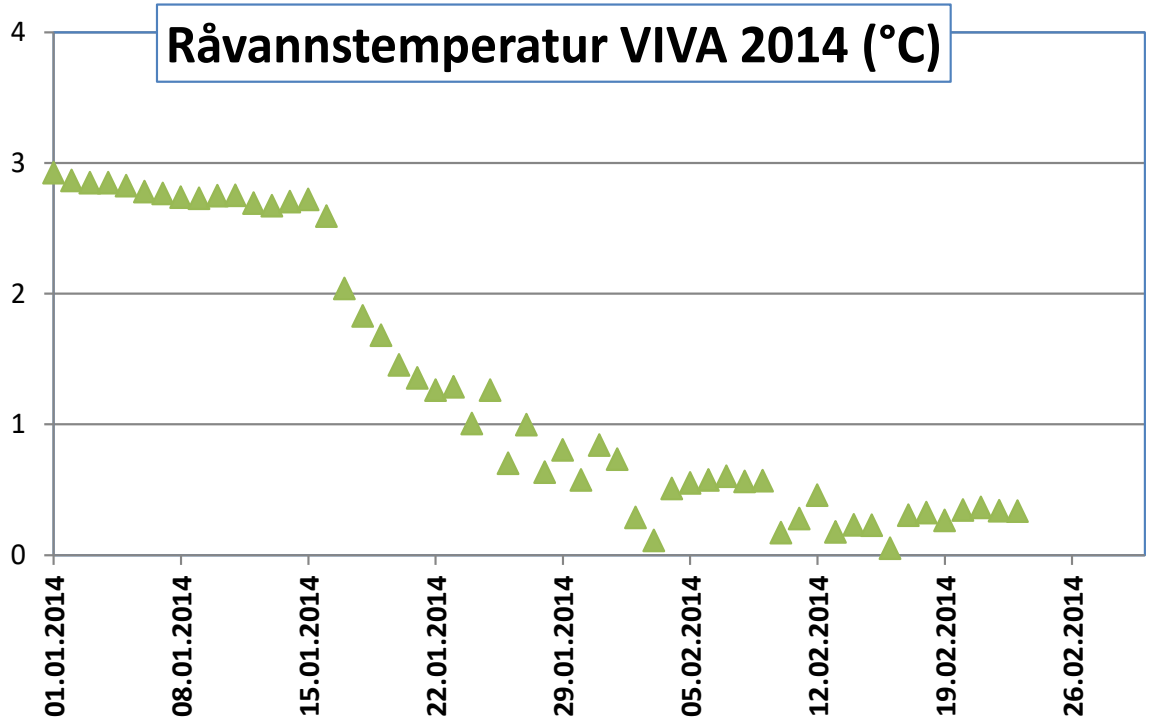
Jonsvatnet – Vinteren 2014

Lufttemperatur og Vindstyrke, Sagelva
8. jan-24. feb 2014 (Killingtveit/Alfredsen, 2014)

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



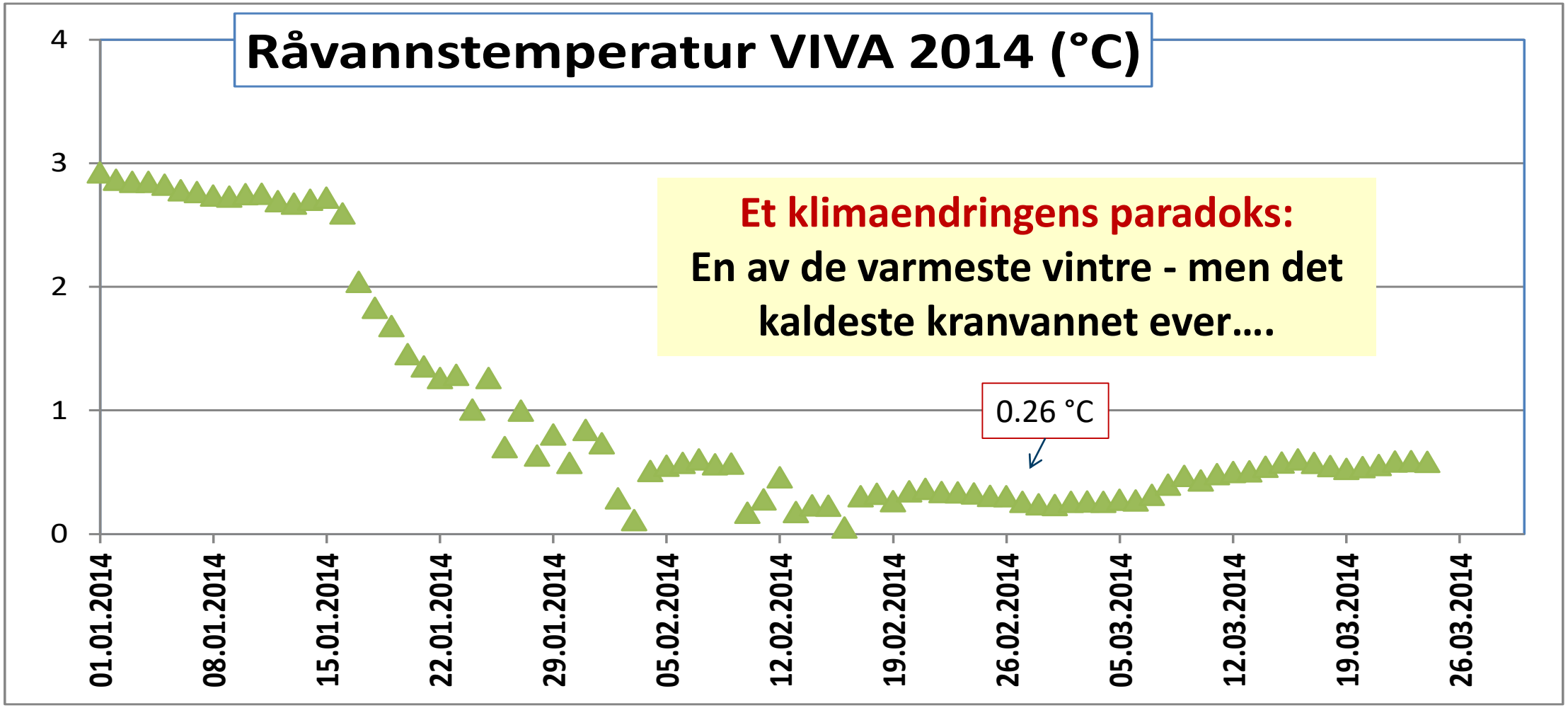




SINTEF

Jonsvatnet – Råvannsinntak på 50 m dybde

Vanntemperaturer målt ved VIVA vinteren 2014 (Tronhus, 2014)



SINTEF

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 filtertrykktap 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., DOT 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 overflate-vann". "I fremtiden kan det forventes en redusert 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 !

SINTEF

Teknologi for et bedre samfunn