



SINTEF

Ny veiledning for design og drift av vannverk med nanofiltrering

Willy Røstum Thelin og Edvard Sivertsen, SINTEF

Norsk Vann Fagtreff, Gardermoen 14. – 15. mars 2024



Teknologi for et bedre samfunn



Revisjon av Norsk Vann rapport 160/2008

- Prosjektperiode: april 2023 – mars 2024
- Norsk Vann:
 - Kjetil Furuberg
- SINTEF
 - Willy Røstum Thelin og Edvard Sivertsen
- Styringsgruppe:
 - Per Olimb, Jevnaker
 - Henning Klettvang, Ytre Enebakk og Kirkebygden vannverk
 - Torgeir Svenssen, Ytre Enebakk og Kirkebygden vannverk
 - Odd Brekke, Austevoll Vatn og Avløp SA
 - Fernando Perez, Afry
- Referansegruppe:
 - Unni S. Lea, IVAR IKS, Stian Hermansen, Dønna kommune, Even Buvarp Helsingen, Overhalla kommune, Lars J. Hem, Vann og avløpsetaten Oslo kommune, Andreas Hartz, Noka, Viggo Andre Bjerkelund, Inrigo.

Norsk Vann Rapport



160 | 2008

Driftserfaringer med membranfiltrering



Disposisjon – Ny veiledning

- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg



Disposisjon – Ny veiledning

- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg



- **Program:** FORKOMMUNE - Forskningsrådets program for innovasjon i offentlig sektor
- **Budsjett:** Totalt 8,3 MNOK, SINTEF: 4,6 MNOK , Varighet 4 år Med oppstart januar 2019
- **Partnere:** Overhalla kommune, Jevnaker kommune, Kirkebygden og Ytre Enebakk vannverk SA, Inrigo AS, SINTEF

Vannspeilet 2/2019

Drikkevann

Forskningsrådet støtter forskning på membranprosesser

Av Edvard Sivertsen og Willy R. Thelin, SINTEF

Overhalla kommune og Jevnaker kommune er sammen med Kirkebygden og Ytre Enebakk Vannverk i gang med et forskningsprosjekt der målsetningen er å utvikle verktøy for optimalisering av design og drift av membranlegg for drikkevannrensing. Inrigo AS og SINTEF er med som FoU-partnere. Prosjektet får dekket 75 % av kostnadene gjennom Forskningsrådets FORKOMMUNE-program.



Kick-off i januar fra Willy R. Thelin (SINTEF), Magnus Ålv (Inrigo), Odd Andre Nesjon (Overhalla kommune), Viggo Bjerkeland (Inrigo), Martin Eydavig (Overhalla kommune), Roger Blekken (Inrigo), Gerni S. Raspati (SINTEF), Edvard Sivertsen (SINTEF), Per Olav Jevnaker (Jevnaker kommune), Torger Svensen (Kirkebygden og Ytre Enebakk vannverk). Foto: Ingrid Selseth (SINTEF)



Membranaktivitet i SINTEF

- Thor Thorsen (1980-2005)
- Saltkraft (1998-2014)
- MEMiNOR (2017-2019)
- FORK-MEM (2019-2023)
- RFF Vestland (2022-2023)
- Prosjekter direkte med vannverk (2020-)



Disposisjon – Ny veiledning

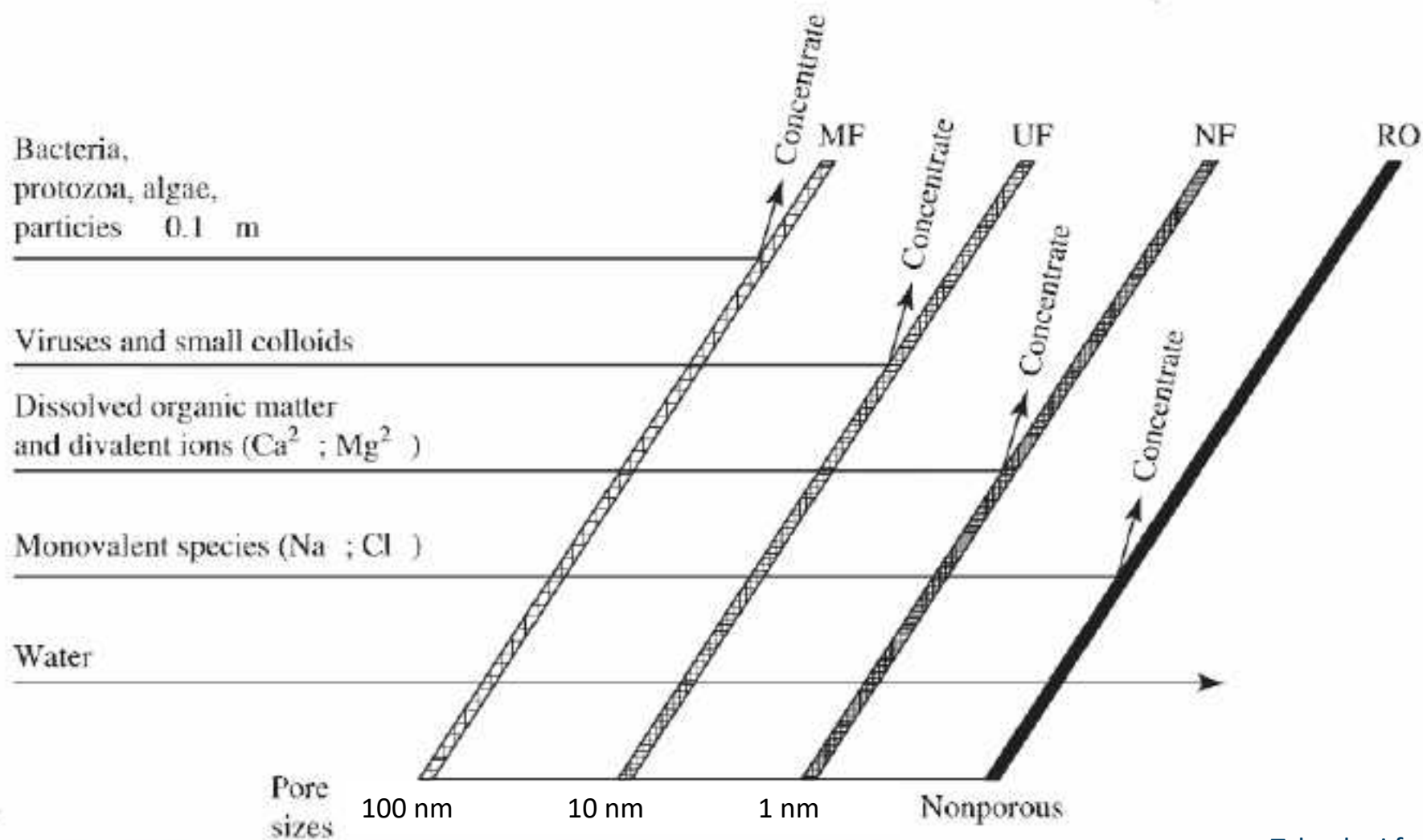
- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg





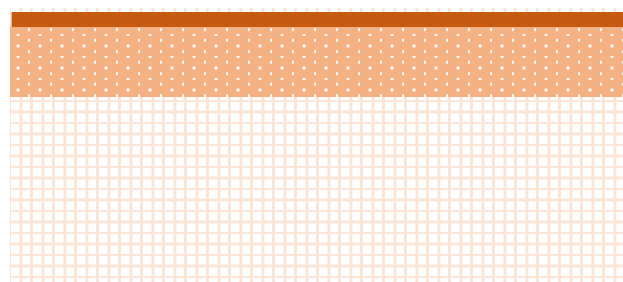
SINTEF

Trykkbaserte membranprosesser



Davis, M.L., (2010). Water and Wastewater Engineering. McGraw - Hill, New York.

Membran og membranelement

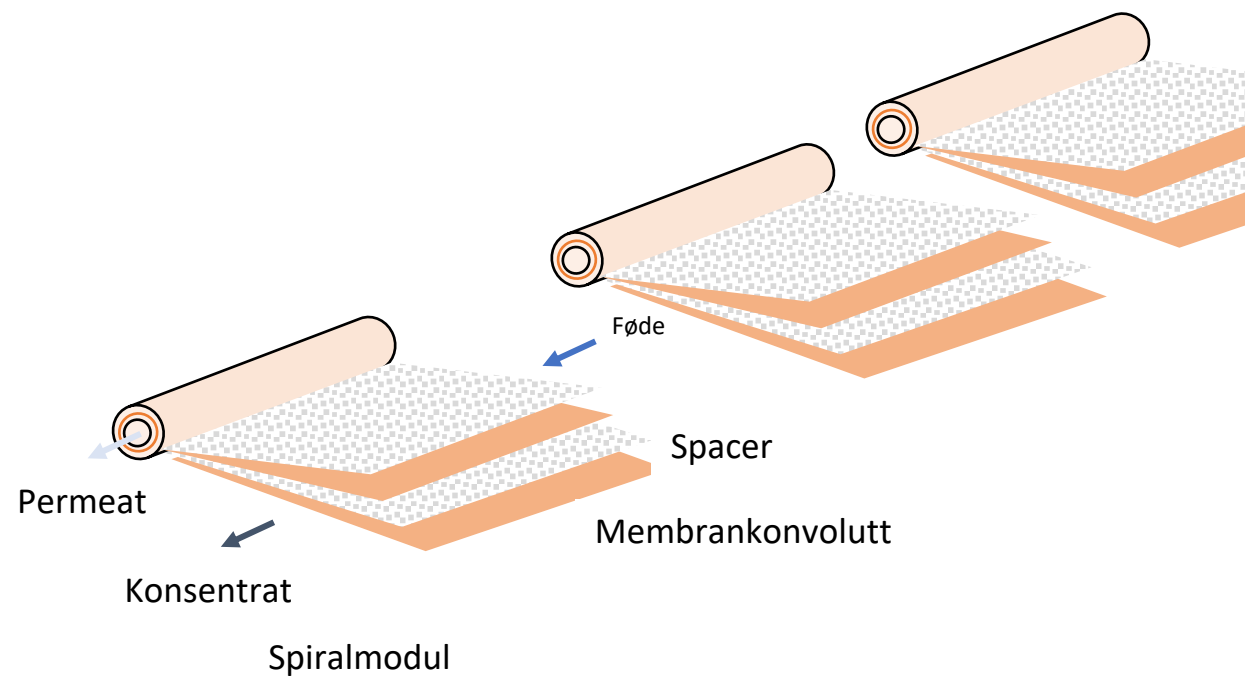


Tverrsnitt av membran

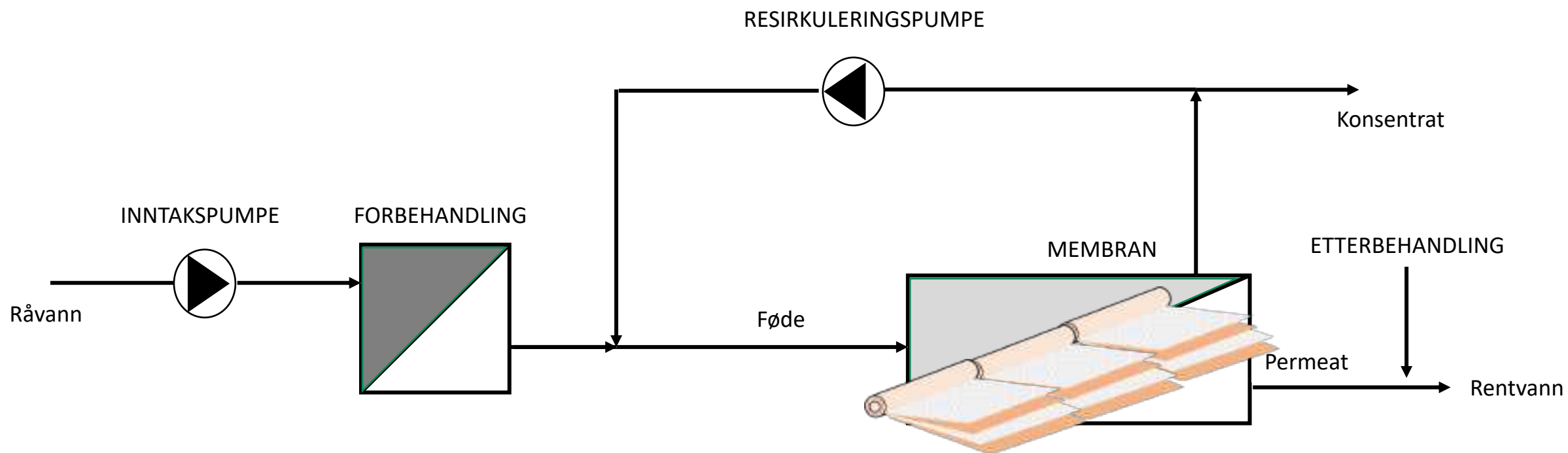
Tynt selektivt lag (<150 nm)

Støttelag (ca 50 μm)

Forsterkningslag (ca 150-300 μm)



Prosesdesign for NF-anlegg

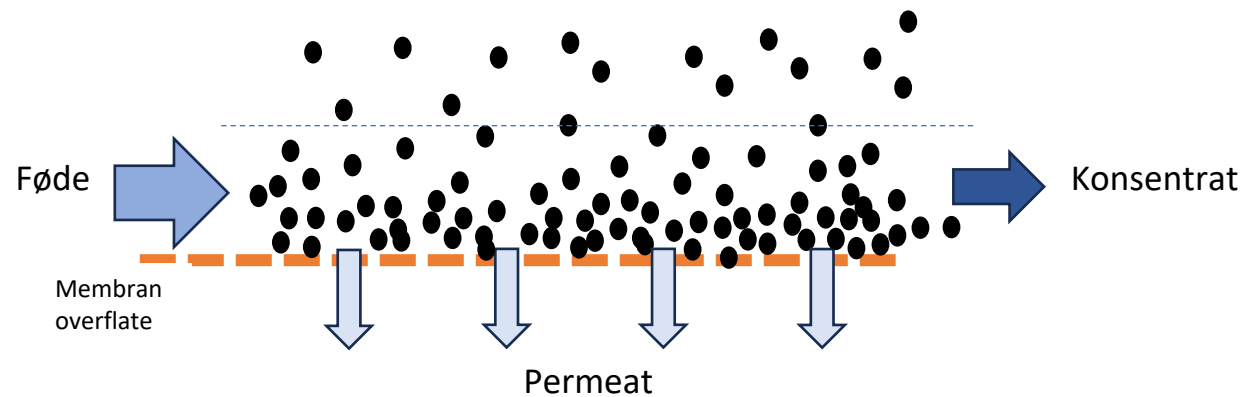




Kjennetegn ved vannverk med NF

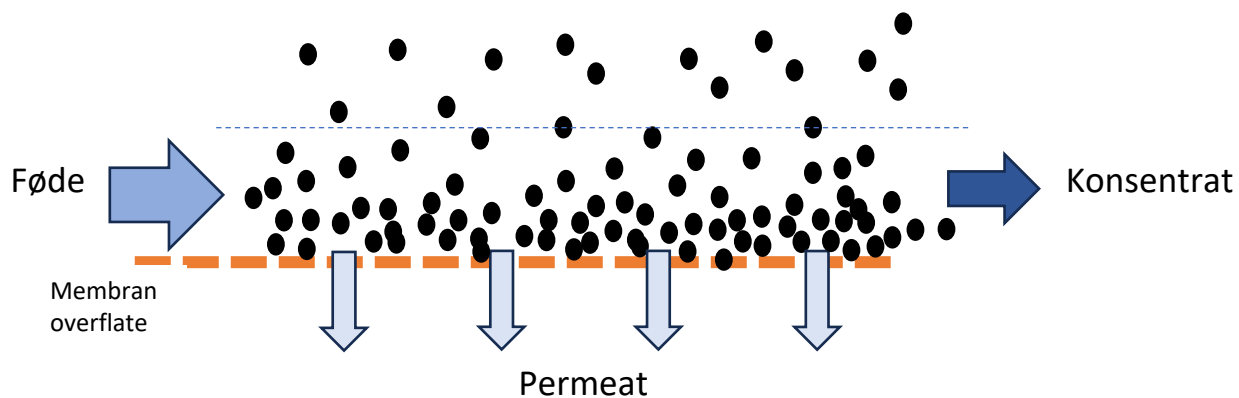
- Robust prosess som leverer stabil vannkvalitet
- Krever lite til moderat tilsyn
- Ingen behov for slambehandling
- Noe høyere energiforbruk enn andre vannbehandlingsmetoder for fargefjerning
- Viktig med god drift for å unngå raskt tap av membranytelse
- Mye benyttet i små og mellomstore anlegg

Beleggdannelse (Fouling)

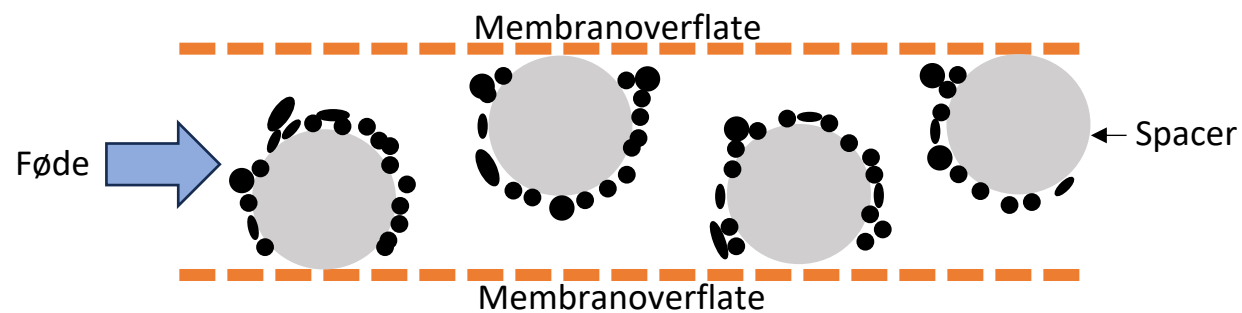


På membranoverflaten

Beleggdannelse (Fouling)



På membranoverflaten



På spaceren

Disposisjon – Ny veiledning

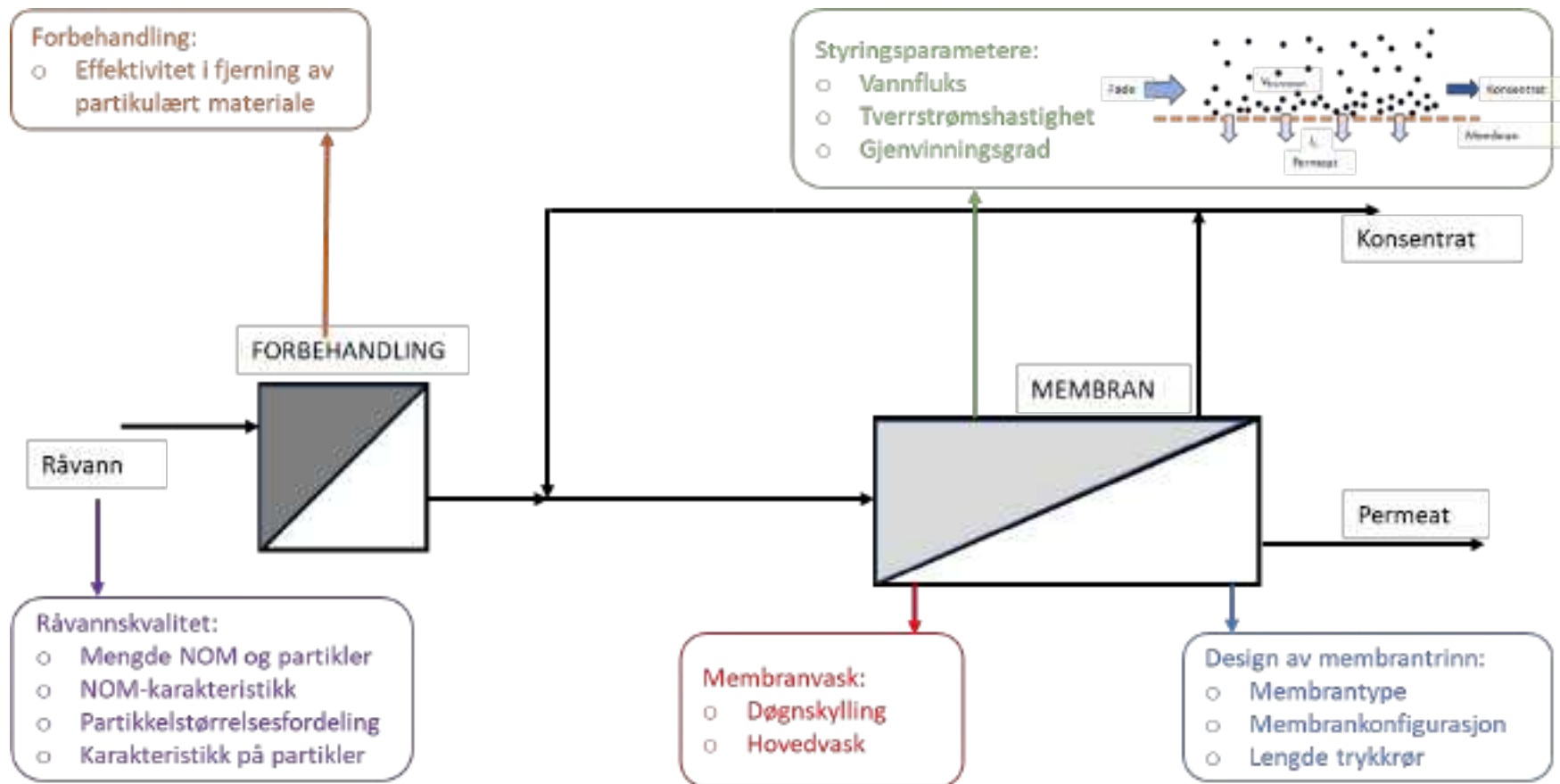
- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg





SINTEF

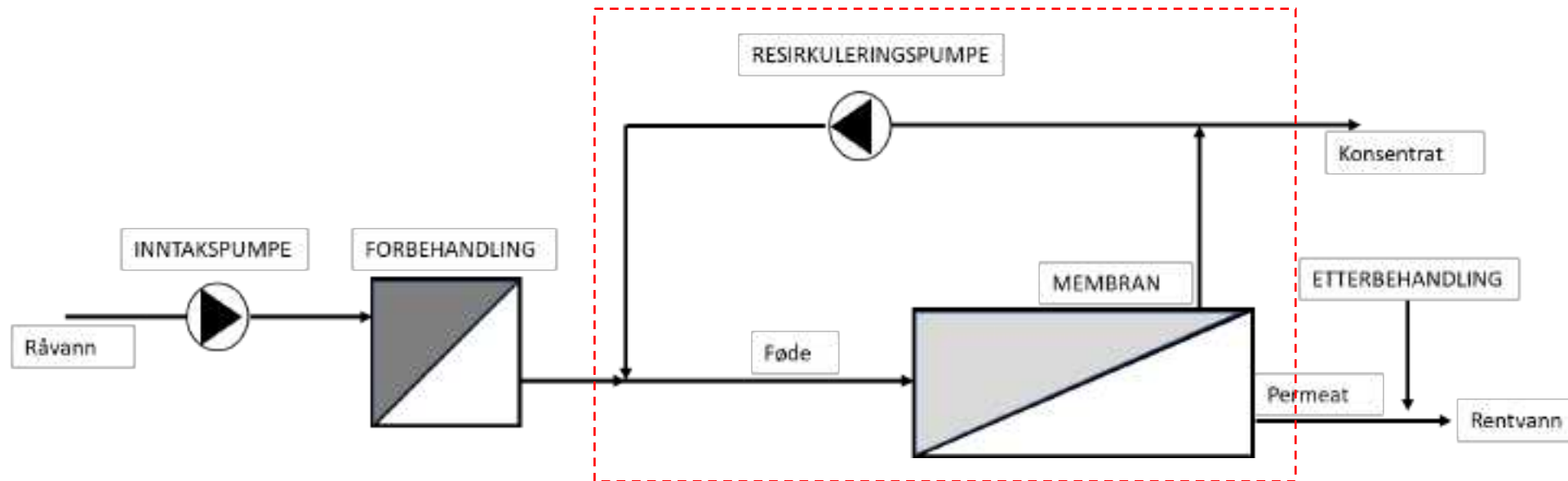
Faktorer som påvirker membranens driftsbetingelser





SINTEF

Hvilke prosessdata trenger vi?



- Strømningsmengder (Q)
 - Råvann
 - Resirkulasjonsstrøm
 - Konsentratutslipp
 - Permeat

- Trykk (p)
 - Innløp til membran
 - Utløp fra membran
 - Permeat
- Temperatur



SINTEF

Journalføring av viktige hendelser

- Tidspunkt for hovedvask ,kjemikalietyper ,konsentrasjoner, virketid, temperatur, sirkulasjonshastighet, virketid med og uten sirkulasjon
- Værhendelser (kraftignedbør, flom, snøsmelting)
- Omrøring i kilden (vår/høst)
- Reparasjoner, utskifting av komponenter ,design-endringer, utskifting av membraner, endesnuing av membraner.

Vannkvalitet

- Overvåkning av vannkvalitet (råvann, permeat)



Hvorfor trenger vi prosessdata?

- Beregning av parametere som kan si oss noe om membranprosessen
- Følgende "hovedtyper" prosessparametere finnes
 - Styringsparametere
 - Ytelsesindikatorer

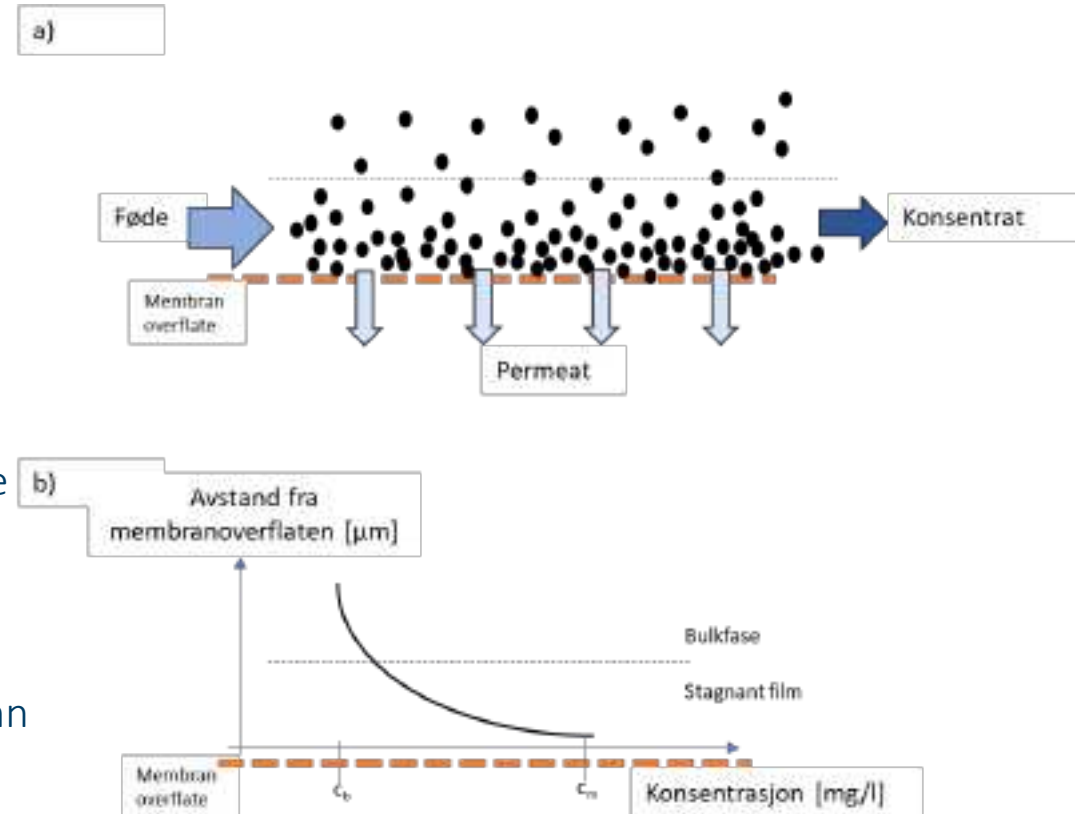


Styringsparametere – hvorfor er de viktige?

- Styringsparametere sier noe om driftsbetingelsene til membranen
- Styringsparametere kan endres av driftsoperatøren
- NB! Handlingsrommet til driftsoperatøren bestemmes i designfasen

Hvilke styringsparametere bør overvåkes? Hva betyr de?

- Tverrstrømshastighet
 - hvor fort vannet strømmer gjennom konsentratkanalen
 - påvirker stoffbelastningen og konsentrasjonen på membranen
- Vannfluks
 - hvor mye vann som produseres per m² membran i løpet av 1 time
 - påvirker stoffbelastningen på membranen fordi forurensingene vannet holdes tilbake av membranen
- Gjenvinningsgrad
 - Hvor stor andel av råvannet som ender opp som produsert vann (permeat)
 - påvirker konsentrasjonen av forurensninger i konsentratkanalen.



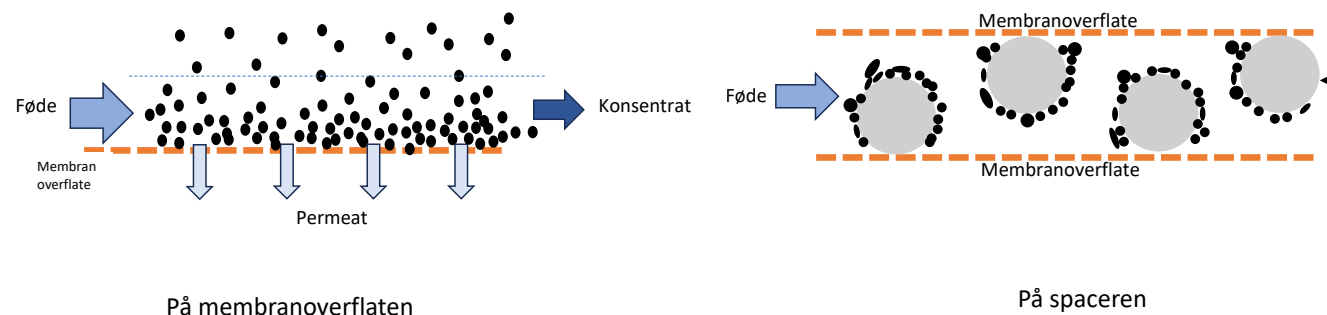


Hvorfor er ytelsesindikatorer viktige?

- Ytelsesindikatorer sier noe om tilstanden til membranen
- Utviklingen av ytelsesindikatorer påvirkes av driftsbetingelsene
- Ved å følge med på utviklingen av ytelsesindikatorer kan driftsoperatøren vurdere når det er behov for tiltak

Hvilke ytelsesindikatorer bør overvåkes?

Hva betyr de?



- **Permeabilitet**
 - Transportmotstanden i membranen som må overvinnes for å produsere vann
 - Beleggdannelse på membranoverflaten reduserer permeabiliteten

- **Trykkfall over konsentratkanalen**
 - Friksjonstapet fra innløp til utløp i konsentratkanalen
 - Spacerfouling (opphopning av partikler i konsentratkanalen) øker trykkfallet

- **Renseeffekt for viktige vannkvalitetsparametere**
 - Indikerer membranens separasjonsegenskaper
 - Skade på membranen reduserer renseseffekten



SINTEF

Normalisering av ytelsesindikatorer

- Permeabilitet
 - Påvirkes av temperatur
- Trykkfall
 - Påvirkes av både temperatur og strømningsmengde i konsentratkanal
- Normalisering innebærer omregning til referansebetingelser

$$P_{normalisert} = P_{m\ddot{a}lt} \cdot \frac{TF_{referanse}}{TF_{m\ddot{a}lt}}$$

$$\Delta p_{normalisert} = \Delta p_{m\ddot{a}lt} \cdot \left(\frac{Q_{ref}}{Q_{m\ddot{a}lt}} \right)^{1,6} \left(1,03^{(t_{m\ddot{a}lt} - t_{ref})} \right)^{0,4}$$

Disposisjon – Ny veiledning

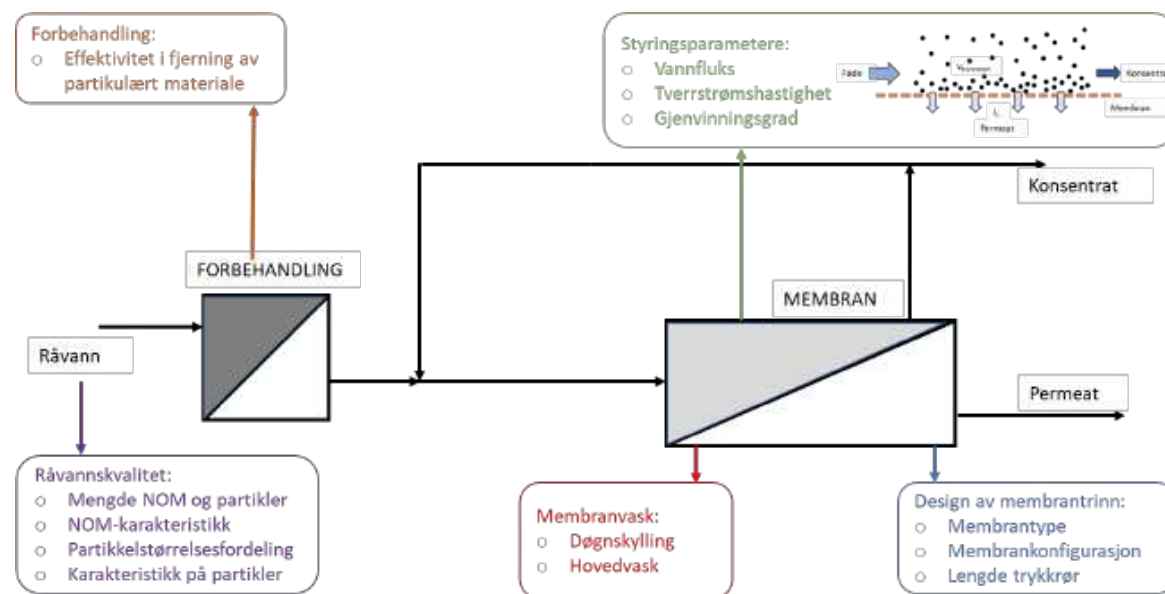
- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg



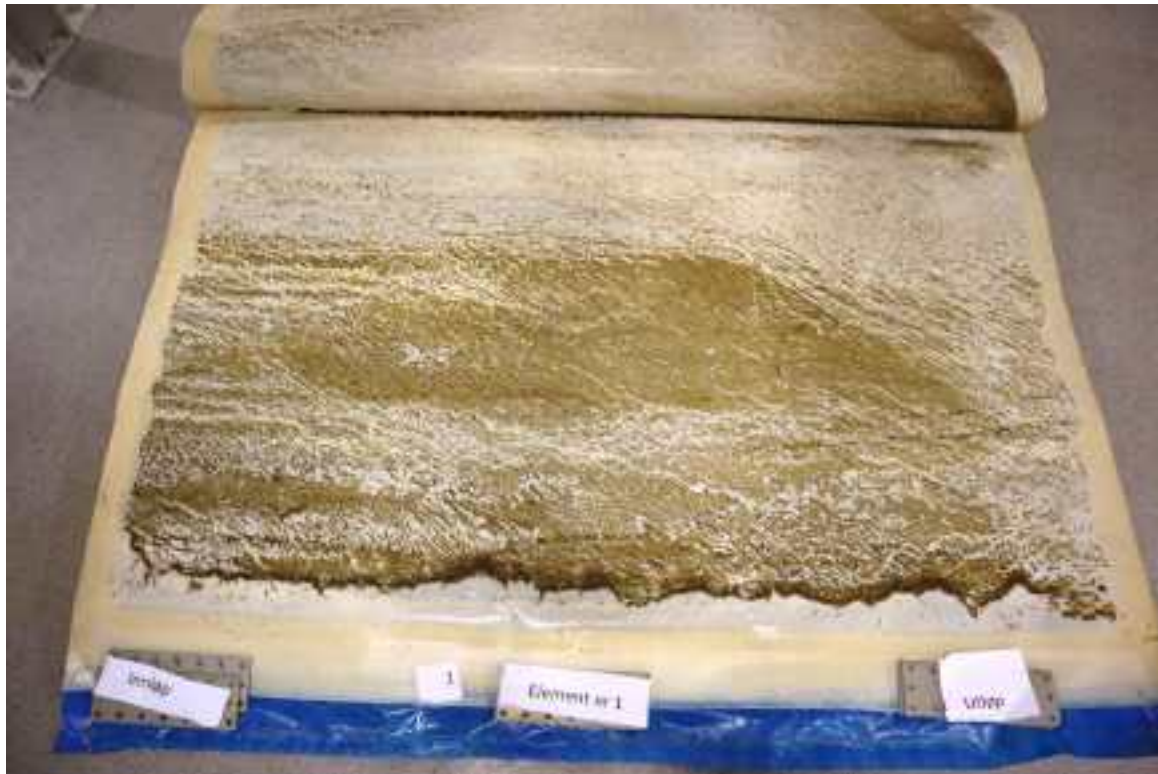
Metodikk for utredning av driftsproblemer

- Analyse av driftsdata
- Beregning av membranbelastning internt i trykkrør
- Råvannskarakterisering/foulingpotensial

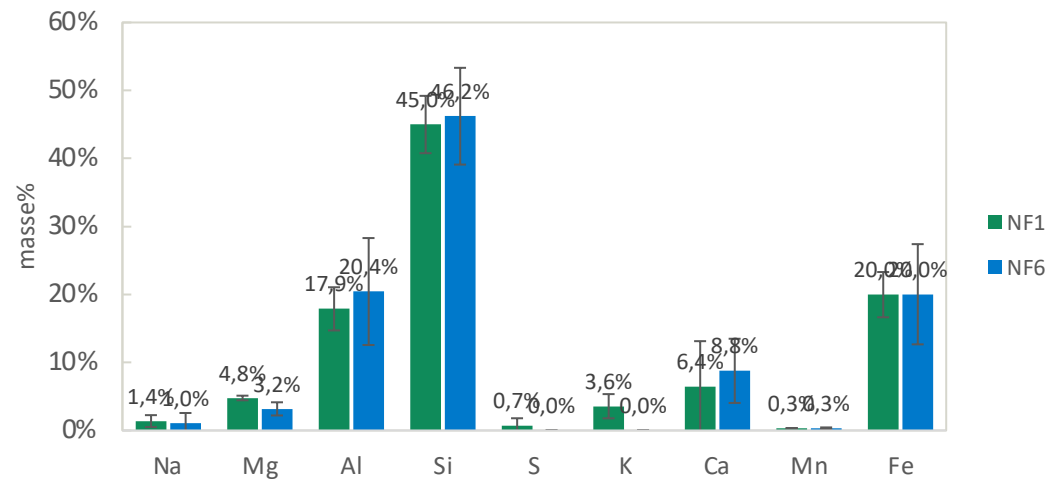
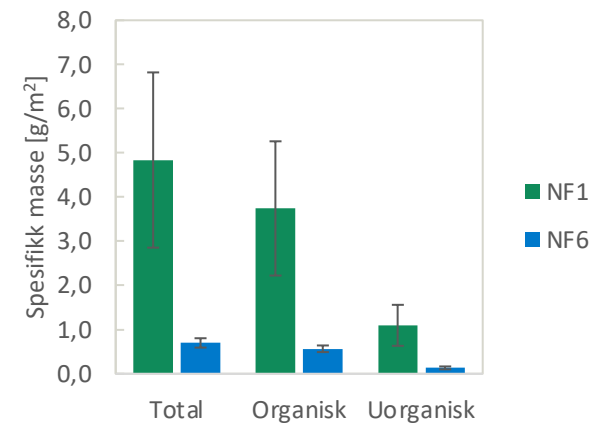
Membranobduksjon



Membranproduksjon



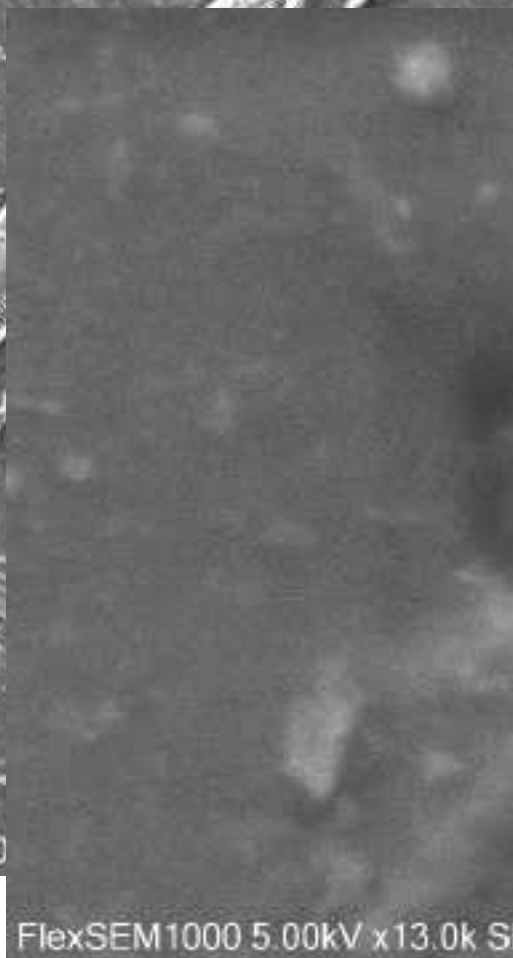
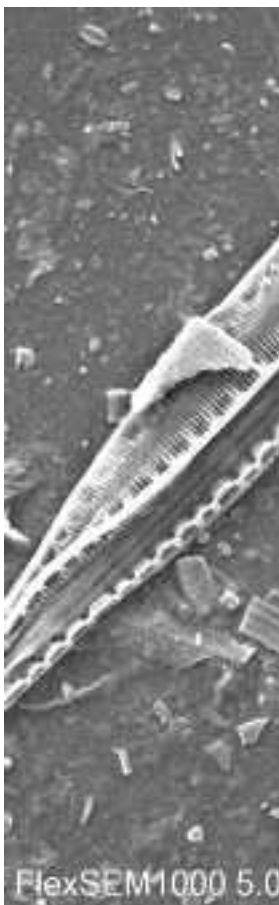
Karakterisering av belegg: mengde og sammensetning



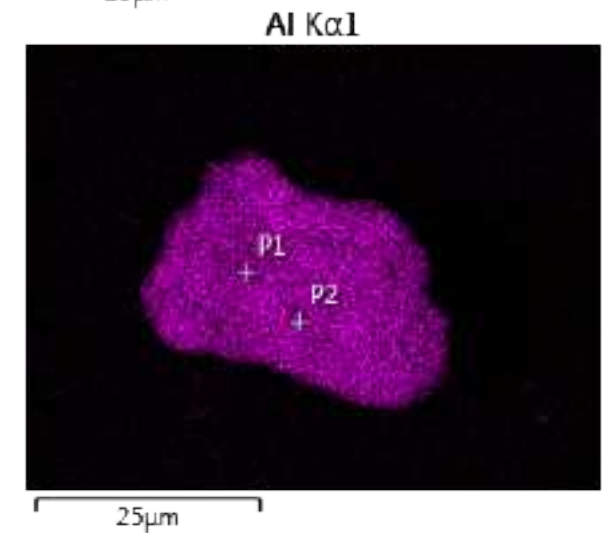
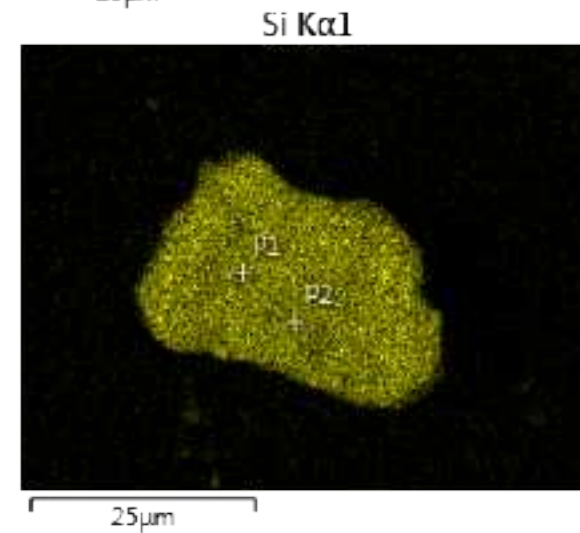
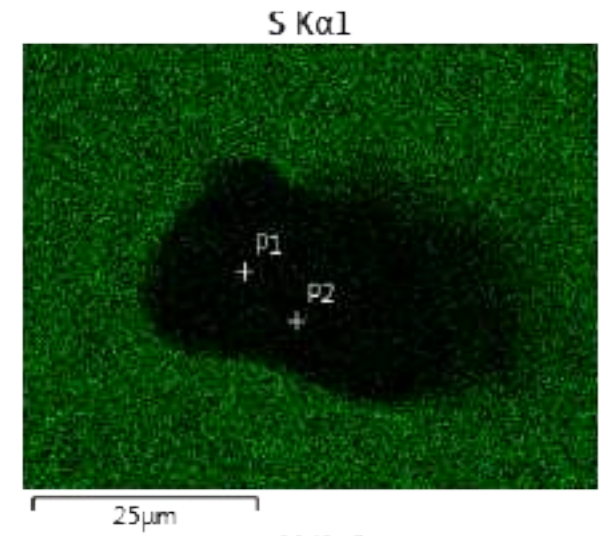
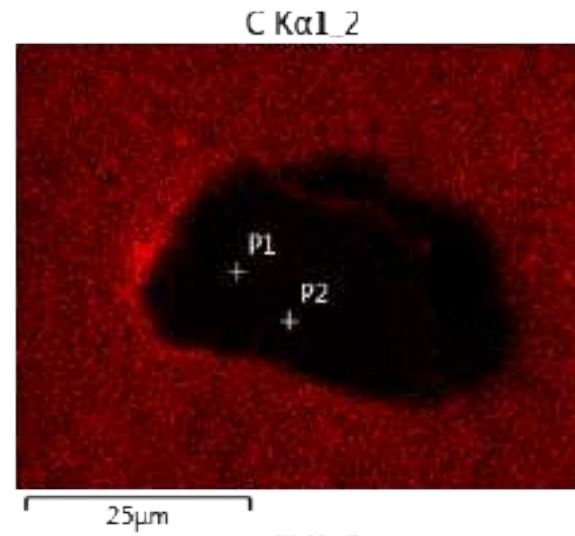
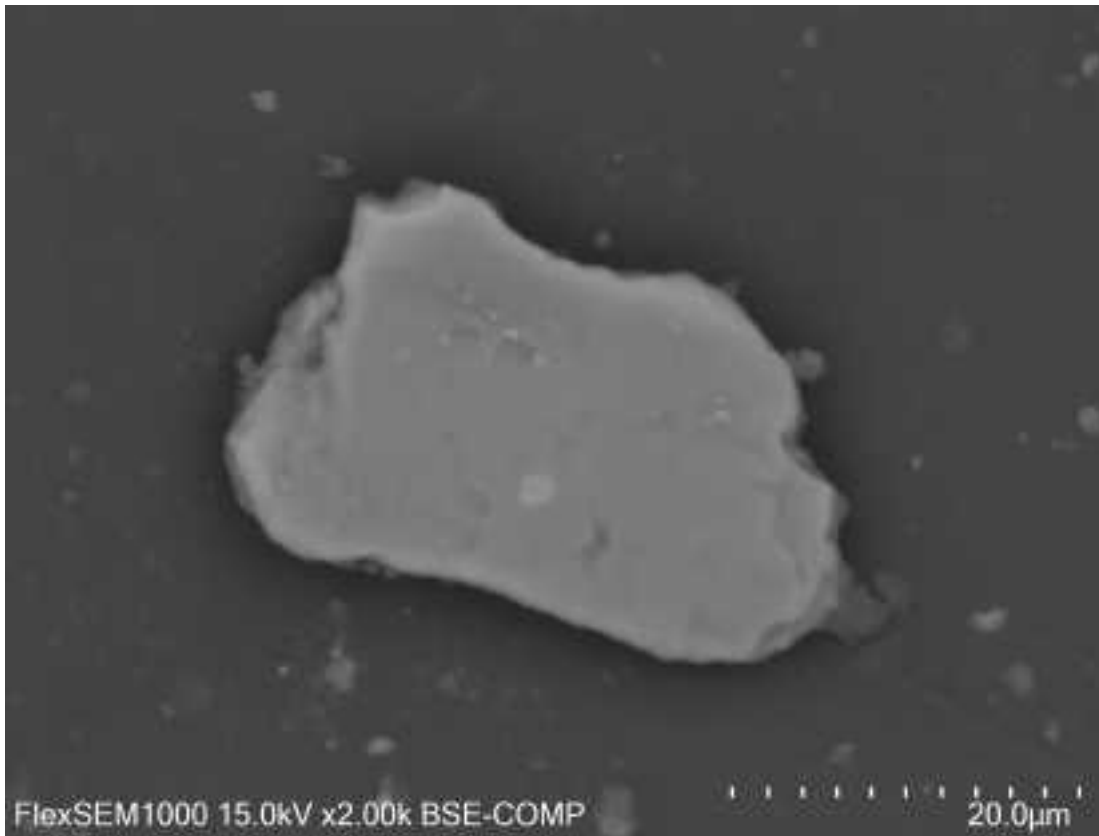


SINTEF

Høyoppløselige bilder - elektronmikroskop



SEM-EDS





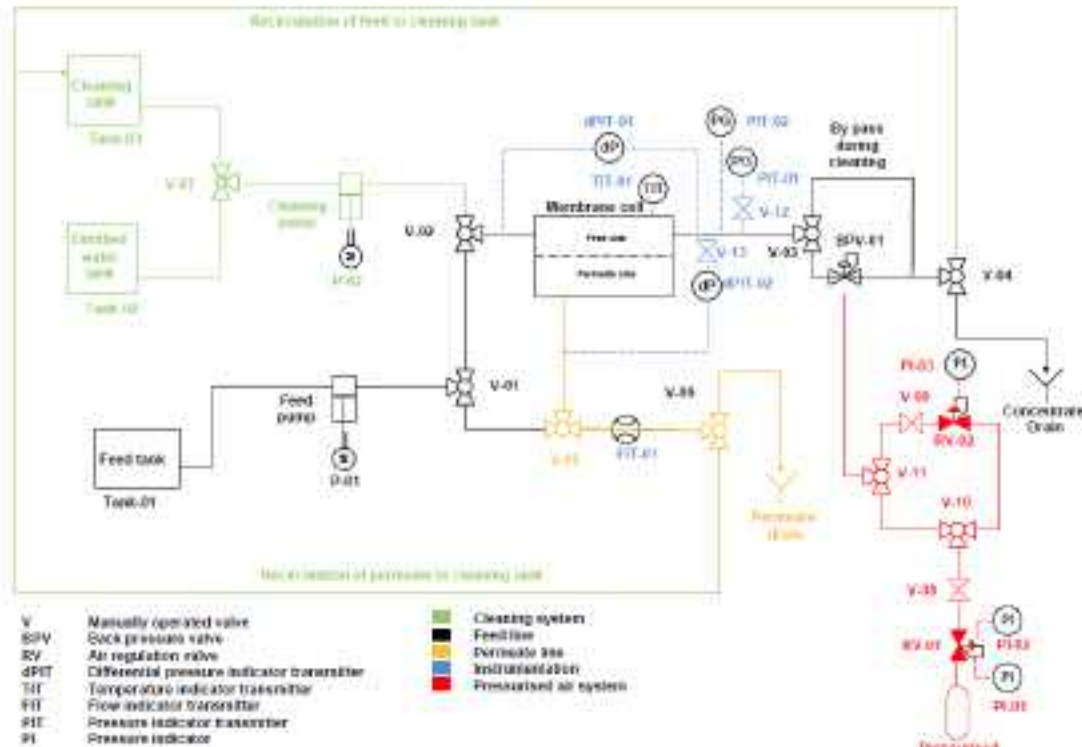
SINTEF

Screening vaskeløsninger



Lab-rigger

- ✓ Permeabilitet
- ✓ Effekt av membranvask



Disposisjon – Ny veiledning

- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg





Membranforum

- **Formål:** Dele praktisk erfaringer og presentere ny kunnskap
- **Hvem:** Primært driftsoperatører og vannverkseiere
- **Hvordan:** digitalt på teams, kvartalsvis
- Norsk Vann vil ha en praktisk administratorfunksjon, men nettverket må være deltakerstyrt
- SINTEF vil innledningsvis bidra med faglig innhold og bistå deltakerne med å lede møtene
- **Første nettverksmøte:** 14. februar, kl. 09:00-10:30 (5. juni, 18. september og 20. november)



SINTEF

Teknologi for et bedre samfunn