

# Prosjektnotat

## Sidekontroll – Vurdering av vannbehandlingsprosess for Mesnali vannverk

**VERSJON**

Rev1

**DATO**

2017-11-22

**FORFATTER(E)**Willy Røstum Thelin  
Edvard Sivertsen**OPPDRAGSGIVER(E)**

Ringsaker kommune

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

Espen Mærde

**PROSJEKTNR**

102015947-1

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

13

**SAMMENDRAG**

SINTEF er forespurt av Ringsaker kommune om å utføre en sidekontroll av Norconsults notat av 2017-11-13: Mesnali vannverk – Vurdering av vannbehandlingsløsning.

Råvannet i Nord-Mesna er spesielt i den forstand at man i tillegg til et høyt NOM-innhold, har lav oksygenmetning og jern og mangan på redusert form i deler av året.

Vi er ikke uenig i Norconsults anbefaling om valg av DynaSand-alternativet. Vi ser imidlertid at UF med forkoagulering er vurdert som et godt (det beste?) alternativ ut fra økonomi, vannkvalitet og barrieresikkerhet. Samtidig hersker det usikkerhet rundt innholdet av Mn og Fe, og i hvilken grad/hvordan disse metallene, som i stor grad forekommer på redusert form, kan fjernes/håndteres på en effektiv måte.

Vi mener derfor at man bør vurdere hvorvidt pilotforsøk bør gjennomføres. Dette ville bidra til å kartlegge effektene av vannbehandlingstrinn som koagulering, filtrering og alkaliske filtrering, samt råvannslufting, på vannkvaliteten, herunder innholdet av NOM, Fe og Mn primært. Et valg av UF forutsetter etter vår mening at prosessen verifiseres ved pilotkjøring.

Dersom det ikke er tid for pilottesting av UF-alternativet, så vurderes alternativet med DynaSand-filter som foretrukken prosessløsning. Dette på grunn av at det vurderes å være mindre risiko knyttet til stabil drift og opprettholdelse av kapasitet for denne løsningen sammenlignet med en UF-prosess der en ikke kan utelukke driftsproblemer knyttet til membranfouling.

**UTARBEIDET AV**

Willy Røstum Thelin/Edvard Sivertsen

**SIGNATUR****GODKJENT AV**

Bjørnar Eikebrokk

**SIGNATUR****PROSJEKTNOTAT NR**

Prosjektnotatnummer

**GRADERING**

Fortrolig

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
Rev 1	2017-11-22	Oversendt til kunde

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Bakgrunn.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Vannkilde og behov for rensing.....</b>	<b>4</b>
2.1	Råvannskvalitet.....	4
2.2	Behov for vannbehandling.....	4
2.3	Fjerning av jern og mangan.....	5
<b>3</b>	<b>Gjennomgang av foreslåtte vannbehandlingsmetoder.....</b>	<b>6</b>
3.1	Alternativ 1 – Moldeprosess.....	6
3.2	Alternativ 2 – DynaSandfilter.....	6
3.3	Alternativ 3.....	7
3.4	Slamvannshåndtering.....	7
3.5	Sammenligning av prosessalternativer.....	8
3.6	Vurdering av Norconsults anbefaling.....	8
<b>4</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>10</b>
<b>Vedlegg A</b>	<b>Nanofiltrering.....</b>	<b>11</b>

## 1 Bakgrunn

Norconsult bistår Ringsaker kommune vedrørende utredning for valg av vannbehandlingsprosess for Mesnali vannverk. I den forbindelse har Norconsult utarbeidet et notat (2017-11-13) som skisserer fire alternative prosessløsninger, samt anbefaling om foretrukket løsning. SINTEF er forespurt av Ringsaker kommune om å utføre en sidekontroll av det foreliggende notatet og de vurderinger som Norconsult har gjort.

SINTEF's vurderinger er oppsummert i dette notatet. Det er ikke utført kontroll av bygge- og driftskostnad for de ulike prosessalternativene som er beskrevet. Det er heller ikke utført kontroll av dimensjonering av prosessstrinn.

## 2 Vannkilde og behov for rensing

### 2.1 Råvannskvalitet

Den aktuelle vannkilden (Nord-Mesna) har høyt fargetall, relativt lav alkalitet og lavt Ca-innhold, og stort sett lav turbiditet. Det er videre et moderat innhold av jern og mangan som tidvis ligger i nærheten av drikkevannsforskriftens grenseverdier. Vinterstid og på vårparten er det målt lavt oksygeninnhold i dypere vannlag, hvilket innebærer at jern og mangan da kan foreligge i redusert form. Dette er et poeng siden disse stoffene, og i særlig grad Mn, da blir vanskeligere å fjerne via tradisjonelle vannbehandlingsmetoder.

Det foregår ulik aktivitet i tilknytning til kilden som gjør at den vil være påvirket av fekal forurensing. Det opplyses at det ikke vurderes fremtidige restriksjoner i bruken av nærområde/nedbørsfelt.

Det er ikke lagt frem historiske vannkvalitetsdata som tilsier at råvannskvalitet vil endre seg vesentlig fremover. Generelt påpekes det at det er viktig å kartlegge eventuelle endringer i vannkvalitet over tid, slik at en kan ta høyde for eventuelle trender ved dimensjonering av nye vannbehandlingsanlegg. Dette gjelder i særlig grad innholdet av naturlig organisk materiale (NOM), målt som farge, UV-absorbans og/eller TOC. NOM-innholdet påvirker i stor grad vannbehandlingen og prosessene i ledningsnettet, og man har sett en sterk økning av NOM-innholdet i mange norske drikkevannskilder de siste 30-40 år. Utviklingen i NOM-innhold vil derfor være en viktig premiss for prosessvalget, og man bør derfor søke å prediktere NOM-utviklingen framover. Dette kan eksempelvis baseres på analyser/regresjon av historiske data for råvannsfargetall, noe mange vannverk har lange tidsserier for.

### 2.2 Behov for vannbehandling

Periodevise funn av fersk fekal forurensing også i dypere vannlag gjør at kilden ikke kan regnes å utgjøre noen hygienisk barriere. Dette innebærer at den foreslåtte vannbehandlingen må ha tilstrekkelige barrierer for å sikre hygienisk betryggende drikkevann. Høyt fargetall gjør at fargefjerning er nødvendig. Et fargefjerningstrinn bør samtidig sørge for tilstrekkelig fjerning av partikler. Videre er det behov for å sikre at innholdet av mangan og jern ikke overskrider drikkevannsforskriftens krav, noe som kan ivaretas på ulike måter.

Det oppgis at tilknyttet rørnett utelukkende består av plastmateriale. Dette gjør at korrosjonskontroll i seg selv er mindre kritisk, men en bør imidlertid sikre at pH økes tilstrekkelig til å unngå korrosjon i

innomhusinstallasjoner (kobber). En bør også påse at en unngår problemer med utfelling av jern/mangan i distribusjonsnettet.

## 2.3 Fjerning av jern og mangan

Jern og mangan kan foreligge i to ulike oksidasjonstilstander, henholdsvis redusert form ( $\text{Fe}^{2+}$  og  $\text{Mn}^{2+}$ ) og oksidert form ( $\text{Fe}^{3+}$  og  $\text{Mn}^{4+}$ ). I vann med lite oksygen, vil redusert form være dominerende, mens med økende tilgang på oksygen (eller annet oksidasjonsmiddel) vil en større andel foreligge på oksidert form.

Vannanalyser av Nord-Mesna viser et totalt innhold av jern og mangan i råvannet i området 30-90  $\mu\text{g/l}$  (Mn) og 60-190  $\mu\text{g/l}$  (Fe). For de fleste prøvene foreligger størstedelen av Fe og Mn på oksidert form (partikulært), men enkelte målinger viser at en betydelig andel av elementene også foreligger på redusert form (løst) i vannprøver tatt etter lengre perioder med stillestående vann (og dermed lite oksygentilgang). For Mn kan alt innhold være på redusert form i slike perioder. På oksidert form foreligger jern og mangan som oksider/hydroksider, dvs. kolloidale partikler. I et koaguleringsstrinn vil disse kolloidale partikler inkorporeres i større aggregater som vil holdes tilbake i et etterfølgende partikkelseparasjonsstrinn. En kan derfor anta at det i hovedsak er løst jern og mangan (dvs. redusert form  $\text{Mn}^{2+}$  og  $\text{Fe}^{2+}$ ) som ikke vil tas ut ved de behandlingstrinnene som er foreslått for fargefjerning/partikkelfjerning i rapporten til Norconsult.

Selv om fargefjerningstrinnet ikke skulle fjerne noe av løst jern/mangan, vurderes det likevel lite sannsynlig at grenseverdiene for Fe i drikkevann vil overskrides (200  $\mu\text{g/l}$  Fe). For Mn er grenseverdien 50  $\mu\text{g/l}$ , noe som i deler av året kan være problematisk å oppnå uten spesielle rensetrinn for Mn. Det er uansett ikke ønskelig å slippe redusert jern og mangan ut på nettet, da dette ofte medfører problemer med utfelling, spylebehov, osv.

Notatet fra Norconsult diskuterer blant annet i kapittel 2.1 at en mulig løsning for å unngå problemer med redusert jern/mangan er å benytte et grunnere inntak der oksygenmetningen vil være større i deler av året. Eksempelvis kan det bygges to inntak på ulike dyp, der en benytter et grunnere inntak i deler av året da en har lagdeling i innsjøen. Et slikt tiltak vil i vesentlig grad kunne redusere mengden løst jern/mangan (reduert form) i inntaksvannet.

Vannglass vil kunne kompleksbinde både to-verdig jern og mangan, og slik sett unngå eller redusere problemer med utfelling av hydroksider/oksider på nettet. Vannglassdosering (kontinuerlig eller i beredskap) vurderes derfor som en fornuftig strategi for å hindre problemer med oksidering av løst jern/mangan og utfelling på nettet. Dersom en i tillegg til vannglassdosering unngår å hente oksygenfattig råvann i sesongen med lagdeling i innsjøen, så vil et ytterligere behandlingstrinn for jern og manganfjerning sannsynligvis være overflødig. Forhold knyttet til fjerning av jern/mangan kan da oppsummeres som følger:

- En kan legge til grunn av fargefjerningstrinnet vil ta ut tilstrekkelige mengder av jern/mangan på oksidert form.
- Jern/mangan på redusert form vil i liten grad forekomme i inntaksvannet (pga. fleksibelt inntak).
- I den grad redusert mangan/jern forekommer vil dosering av vannglass kunne hindre oksidering og utfelling på nettet.

Den foreslåtte strategien beskrives i rapporten til Norconsult, men fremgår ikke av det prosessalternativet som anbefales til slutt.

### 3 Gjennomgang av foreslåtte vannbehandlingsmetoder

Det skisseres totalt fire ulike prosessløsninger for vannbehandlingsanlegg på Mesnali: (1) kontaktfiltrering på tremedia (3-M) filter med alkalisk bunnlag (Moldeprosess), (2) kontaktfiltrering på kontinuerlig spykende filter (DynaSandfilter), (3) koagulering med ultrafiltrering (UF) og (4) nanofiltrering (NF). NF vurderes som lite egnet grunnet høye totalkostnader. Det er derfor kun de tre øvrige alternativene som diskuteres mer detaljert i notatet til Norconsult.

I dette avsnittet påpekes kun innvendinger/tilleggsinformasjon for de tre foreslåtte løsningene. I tillegg gis en kort vurdering av NF som er gitt i Vedlegg A.

#### 3.1 Alternativ 1 – Moldeprosess

Norconsult angir (s. 6) at de nevnte vannbehandlingsmetodene "*ikke vil redusere innholdet av løste metaller i vannet*". Man vet at Fe i stor grad reduseres i det alkaliske filterlaget. Har man erfaring for i hvilken grad dette filterlaget vil fjerne Mn?

Det angis i notatet (s. 11) at man velger en dimensjonerende filtreringshastighet på 7.5 m/t for Alt 1 (Moldeprosess), mens man for Alt. 2 (DynaSand) velger en dimensjonerende filtreringshastighet på 7 m/t. Selv om dette ikke er en stor sak, ser vi ingen faglig begrunnelse for denne forskjellen. Vi savner også en beskrivelse av doseringsutrustningen for koagulant (s. 12). Vi savner også en kort beskrivelse av spyleopplegg, og av opplegg for påfylling av ny alkalisk filtermasse.

Hvorfor anbefales Filtralite MC og ikke NC (s. 11)? Er det bevisst at man velger korngraderinger på 1-2 mm for anthrasitt- eller Filtralite-lag, og 0.6-0.8 mm for sandlaget. Vurderes dette som mer egnede graderinger enn for eksempel 0.8-1.6 mm og 0.4-0.8 mm, respektive?

Man angir (s. 10) en mulig løsning med separat alkalisk etterfiltrering, noe som ikke vurderes nærmere fordi denne løsningen er "*langt mer kostbar og kompleks*". Gjelder dette også dersom det viser seg at et supplerende trinn for Mn-oksidasjon/Mn-fjerning er nødvendig, og at dette kunne ha skjedd via periodevis ozondosering (kun når behov) i forkant av det alkaliske etterfilteret? Vi mener at dette burde vært inkludert som et alternativ (1 B) i kostnadsanalysene (s. 20).

#### 3.2 Alternativ 2 – DynaSandfilter

Vi mener at man i kostnadsanalysene (s. 20) også bør angi (i egen kolonne) spesifikke tall for dette alternativet uten ozonering og kontaktkolonne. Det samme gjelder der alkalisk filtrering er erstattet med vannglass.

Ozonering er muligens ikke påkrevet hvis man kan hindre problemer med oksidering og utfelling av jern/mangan på nettet ved å:

- planlegge med to inntak slik at en unngår tilførsel av oksygenfattig vann med høyt innhold av jern/mangan på redusert form.
- og samtidig å benytte vannglassdosering for kompleksbinding av eventuell mangan/jern på redusert form.

Det kan også stilles spørsmål ved hvorvidt biostabiliteten er god nok i vannet etter en ozoneringsprosess for å hindre mikrobiell vekst/biofilmdannelse i vannledningsnettet. Dette bør ses i lys av at oppholdstidene i nettet kan bli lange i perioder med lavt forbruk, slik tilfellet vil være i Mesnali.

Norconsult anslår (s. 13) "*partikkelslipp å være en noe større risiko ved DynaSand-filtrering enn for (godt drevet) alternativ 1 og spesielt alternativ 3*"). Hvis man har erfaringer for at dette virkelig er tilfellet, så mener vi at disse erfaringene bør nevnes spesifikt. Norconsult foreslår derfor et ytterligere partikkelfjerningstrinn i form av et alkalisk etterfilter (marmorfilter) som sikkerhet for å oppnå god barriereeffekt. Et slikt filter vil, i tillegg til å fungere som et ekstra partikkelfjerningstrinn, også medføre en karbonatisering og pH-økning. Når en som i dette tilfellet har et distribusjonsnett utelukkende bestående av plastrør, oppnår en ingen korrosjonsmessige fordeler ved å karbonatisere vannet. En pH-heving med dosering av vannglass vil i utgangspunktet være både enklere og rimeligere. Ved å heve pH opp mot 8, vil en oppnå korrosjonsbeskyttelse av kobberrør og armatur innomhus.

Norconsult angir (s.7): "*Ingen slamakkumulering i filtersenga, og kan derfor håndtere dårlig råvannskvalitet og høy slamproduksjon*". Dette utsagnet kan misforstås og bør derfor vurderes. Et viktig poeng her er at spylevannsmengden og den nedadrettede bevegelsen av sandfiltersengen må tilpasses innkommende slammengde og filtreringshastighet, slik at slamfronten holdes på plass ned i filtersengen og ikke bryter opp gjennom sengen og ut i rentvannet.

Dersom ozon utelates må det tilrettelegges for kontinuerlig klordosering.

Vi savner også en beskrivelse av doseringsutrustningen for koagulant (s. 12). Vi savner også en angivelse av spylevannsmengdene (for Dynasand og det alkaliske filtertrinnet), og en beskrivelse av spyleopplegget for det alkaliske filteret.

### 3.3 Alternativ 3

Vi mener at Norconsults sjablongmessige estimat at 10 % av innkommende vann benyttes til spylevann er for høyt. Dette er vesentlig mer enn det som f.eks benyttes på det nye anlegget i Varberg (Kvarnagården). Her benyttes ca. 3 % spylevann i hovedtrinnet (trinn 1), mens det totalt sett benyttes kun 1 % når spylevannet fra trinn 1 behandles videre og oppkonsentreres i et etterfølgende trinn 2. Dette opplegget gjør at behovet for gravitasjonsfortykkere reduseres, noe som kan gjøre det aktuelt å slippe hele spylevannsmengden fra membranene direkte på avløpsnettet etter utjevningstanken.

Vi savner også en beskrivelse av doseringsutrustningen for koagulant (s. 16). Vi savner også en angivelse av opplegget for membranvask/bruk av kjemikalier, samt for integritetstesting av membranene.

### 3.4 Slamvannshåndtering

Norconsult angir at man uansett slambehandlingsform (til spillvannsnettet eller lokal slambehandling) vil ha et "*rent dekantat som vi her forventer kan ledes tilbake til Nord-Mesna*". Det bør beskrives nærmere hva man mener med dette.

Hva gjelder slamproduksjonen (s. 18) bør man ikke glemme bidraget fra et eventuelt alkalisk filterlag eller et separat alkalisk etterfilter. Erfaringer fra bl.a. Bergen (Svartediket) viser at tilleggsbidraget fra utspylt alkalisk filtermasse ("støv") kan utgjøre så mye som 30-40 % av den slammengden som genereres av koagulanten og som er angitt i notatet.

### 3.5 Sammenligning av prosessalternativer

Som angitt tidligere mener vi at flere alternativer bør inkluderes i kostnadsvurderingene. Behovet for supplerende Mn-fjerning er usikkert, og dette eventuelle trinnet påvirker prosessvalg, utforming og kostnader.

I tabellen på s. 21 bør klordesinfeksjon legges inn som et alternativ til ozon i Alternativ 2.

Man angir videre i tabellen (s. 21) at man trenger en lavere klordose etter koagulering og ultrafiltrering (0.3 mg/L; 30 min) enn etter koagulering og dybdefilter (0.8 mg/L; 30 min). Dersom denne vurderingen er gjort på basis av en forventet bedre rentvannskvalitet (lavere DOC) og et tilhørende forventet lavere klorbehov etter koagulering og UF, så er dette ikke alltid tilfellet. Dette vil i stor grad avhenge av de drifts- og koaguleringsbetingelser som anvendes. Norconsult angir jo også på s. 24 at "*membranenes produksjonsevne er tydelig sårbar for avvik i koaguleringsprosessen*". En UF-prosess (20 nm) uten velfungerende forkoagulering er ingen fullgod barriere for blant annet virus. I det tidligere nevnte vannverket i Varberg benyttes PAX til forkoagulering foran UF-trinnet. For å holde slamproduksjon og fouling på et minimumsnivå anvendes en lav dose PAX. Dette gjør at utløpsvannkvaliteten, inklusiv DOC-innholdet, er høyere enn det man normalt vil ha oppnådd med vanlig koagulering og dybdefiltrering (dvs. med prosessalternativene 1 og 2).

Norconsult angir (s. 22) at "*råvannskvaliteten er ganske stabil, noe som gjør doseringskontrollen grei*". Her savnes en figur som viser typiske årstidsvariasjoner i råvannskvalitet, samt historiske data for eksempelvis fargetall. Det bør for øvrig bemerkes at UF-anlegget i Varberg har vært i full drift i ca. 1 år, etter omfattende pilotforsøk med en helt identisk prosess (ikke bare "*stort pilotforsøk*" som angitt på s. 23).

Vi mener at det råder usikkerhet rundt Mn-innholdet: hvor mye Mn som er løst; når/hvor lenge Mn er et problem; i hvilken grad Mn fjernes i de angitte vannbehandlingstrinn; og hvor stort behovet er for et supplerende behandlingstrinn for å løse Mn-problemet. Hva kan man oppnå ved å bygge inn en fleksibilitet i forhold til å kunne velge ulike inntaksdyp, og på den måten unngå å ta inn vann med lav oksygenmetning og høyt innhold av løst jern/mangan? Og hva kunne vært oppnådd med en innledende lufteprosess, som kan drives som en på/av-prosess hvis ønskelig/formålstjenlig?

Dette er spørsmål som etter vår mening med fordel kunne ha vært utredet i et pilotanlegg. Vi deler ikke umiddelbart Norconsults kritiske syn på nytteverdien av pilotforsøk, herunder faren for gale svar på grunn av skalaeffekter, at man ikke vinner driftserfaringer gjennom kortvarige pilotforsøk, at mange vannverk er bygget uten forutgående pilotforsøk, m.m. Vi mener at råvannet i Mesnali er såpass spesielt (lav oksygenmetning, og Mn og Fe på redusert form) at man ikke ukritisk bør benytte erfaringer fra andre anlegg uten slike utfordringer.

### 3.6 Vurdering av Norconsults anbefaling

Norconsult anbefaler at man velger en vannbehandling basert på DynaSand-filter med ozonering og alkalisk etterfiltrering (marmorfilter). UF vurderes imidlertid som det beste alternativet ut fra økonomi, og sannsynligvis også ut fra vannkvalitet og barrieresikkerhet. Vi mener derfor at UF-prosessen burde verifiseres ved pilotkjøring.

UF er den separasjonsprosessen som vil gi best partikkelfjerning og barriereeffekt. Selv ved svikt i koaguleringstrinnet vil barriereeffekten være meget god for bakterier og parasitter, men ikke for virus. Generelt



vil vannkvaliteten fra UF-membranen være mindre avhengig av råvannskvaliteten, og prosessen vil derfor være enklere å optimalisere, og den vil også være mer robust i forhold til råvannsendringer.

For UF- alternativet, og for membranprosesser generelt, er det helt avgjørende at anlegget designes slik at en kan håndtere membranfouling, og at en med dette unngår vesentlig kapasitetsnedgang. UF-prosessen vurderes generelt noe mer robuste overfor fouling enn NF. Dette skyldes blant annet at ioner fritt vil passere en UF-membran slik at en unngår oppkonsentrering inn mot membranen, slik tilfellet er i NF. En unngår dermed muligheten for utfelling av tungtløselige salter på membranoverflaten, dvs. scaling. Hullfibermembraner (UF) har også mer gunstige strømningsmønster enn spiralmembraner (NF), noe som kan gjøre at det er enklere å fjerne beleggdannelse fra UF-membraner ved periodisk vask.

Råvannskvaliteten vil i stor grad være avgjørende for i hvilken grad membranfouling vil kunne utgjøre et problem. Dette er generelt vanskelig å forutsi uten å utføre pilottesting med aktuelt råvann. Erfaringsunderlag fra andre anlegg kan til en viss grad benyttes, men selv om karakteristikken for en eller flere parametere kan sammenfalle med råvannskilden for eventuelle referanseanlegg, så avviker ofte andre parametere. Generelt så er det også vanskelig å benytte de vannkvalitetsparameterne som en normalt overvåker i en vannkilde til å bestemme fouling-potensial i en membranprosess.

I notatet til Norconsult så tillegges usikkerheten ved valg av UF i forhold til beleggdannelse (fouling) på membranene avgjørende betydning. Vi er enige i at usikkerheten vedrørende driftsstabilitet er større ved valg av UF, sammenlignet med de to øvrige kontaktfiltreringsmetodene. I så måte er vi enige i at det er mindre risiko i å velge kontaktfiltrering med DynaSandfilter hvor en har gode erfaringer fra mange tilsvarende anlegg. De innspill vi har til prosessdesign for dette alternativet er for øvrig gitt i Kap. 3.3.

Vi vil imidlertid samtidig understreke at det bør vurderes å utrede videre hvorvidt Alternativ 3 med UF er en totalt sett bedre løsning. Som allerede nevnt så vurderes UF som det beste alternativet i forhold til økonomi, vannkvalitet og barrieresikkerhet. Det foreligger etter vår mening ingen konkrete holdepunkter som tilsier at UF-alternativet vil være beheftet med driftsproblemer knyttet til membranfouling. Dersom en ser på det som er tilgjengelig av driftserfaringer fra relevante UF-anlegg, så kan en få en pekepinn hvor robust prosessen er i forhold til fouling. Erfaringer fra Lello Vannverk i Levanger som har vært i drift siden 2006 er positive. Råvannskilden på Lello har et stabilt fargetall rundt 30. Erfaringer fra VIVAB i Sverige basert på ca 2 år pilotdrift og snart ett år med fullskaladrift er også positive. Her er råvannet 20% grunnvann og 80% overflatevann med forholdsvis lavt fargetall (ca. 15), og med noe innhold av jern og mangan. Tre måneders pilotkjøring ved Moelv Vannverk med Mjøsa som vannkilde viste også stabil membrandrif. For disse tre tilfellene har en ikke holdepunkter som tilsier at prosessvalget har medført vesentlige driftsproblemer. I alle tilfellene har imidlertid råvannet lavere fargetall og lavere innhold av jern og mangan enn tilfellet er for Nord-Mesna. Det finnes også eksempler på prøvedrift/fullskaladrift (ved Seljord og Vestfold Vann) som indikerer at det er vanskelig å oppnå stabil drift. I hvilken grad membranfouling vil være problematisk for et eventuelt UF-anlegg ved Mesnali er etter vår mening ikke mulig å vurdere uten å gjøre pilotforsøk.

Siden UF potensielt gir en total besparelse i investeringskostnad i størrelsesorden 15-30 MNOK, samt at dette alternativet (forutsatt optimal koagulering) vil gi best vannkvalitet og best barrieresikkerhet, vurderes det som hensiktsmessig å fortsatt vurdere UF som alternativ vannbehandling. Dette forutsetter selvsagt at det settes av tilstrekkelig tid, enten i forkant av anbudskonkurransen, eller at det som foreslått fra Norconsult sin side at pilotkjøring inkluderes i totalentreprisen. En kan samtidig nevne at det i lys av at valgt prosess for Moelv vannverk er basert på koagulering + UF, så kan det være flere fordeler med å velge samme prosess også for Mesnali. Dersom en av tidsmessige årsaker ikke har tid til å gjennomføre pilottesting av UF-alternativet, så vil det være tryggere å gå for alternativet med DynaSandfilter.

Hva gjelder nytteverdien av pilotkjøring er det helt riktig som Norconsult påpeker at denne øker ved lengre tids pilotkjøring. Pilotforsøk kunne ha belyst nærmere viktige forhold knyttet til Mn-problematikk, effekten av et luftetrinn, effekter av koagulering, dybdefiltrering og alkalisk filtrering, osv. Dersom en kjører pilotforsøk over en års-syklus vil en ha muligheten til å fremskaffe driftserfaringer i forhold til sesongvariasjoner i vannkvalitet og temperatur. Denne kunnskapen (korrelasjoner mellom råvannskvalitet, driftsparametere og rentvannskvalitet) kan utnyttes for styring av prosessen i et fullskalaanlegg. Videre vil pilotkjøring gi aktuelt driftspersonell muligheten til å gjøre seg kjent med prosessen og hvordan endringer i prosessparametere påvirker drift og vannkvalitet. Imidlertid kan også pilotkjøring i kortere perioder (ca. 3 måneder) gi svært nyttig informasjon. I en tidlig fase vil det være viktig å verifisere prosessvalget (dvs. utelukke vesentlige foulingproblemer), noe som en kortere pilotperiode vil være egnet for.

#### 4 Konklusjon

Råvannet i Nord-Mesna er spesielt i den forstand at man i tillegg til et høyt NOM-innhold, har lav oksygenmetning og jern og mangan på redusert form i deler av året.

Vi er ikke uenig i Norconsults anbefaling om valg av DynaSand-alternativet. Vi ser imidlertid at UF med forkoagulering er vurdert som et godt (det beste?) alternativ ut fra økonomi, vannkvalitet og barrieresikkerhet. Samtidig hersker det usikkerhet rundt innholdet av Mn og Fe, og i hvilken grad/hvordan disse metallene, som i stor grad forekommer på redusert form, kan fjernes/håndteres på en effektiv måte.

Vi mener derfor at man bør vurdere hvorvidt pilotforsøk bør gjennomføres. Dette ville bidra til å kartlegge effektene av vannbehandlingstrinn som koagulering, filtrering og alkaliske filtrering, samt råvannslufting, på vannkvaliteten, herunder innholdet av NOM, Fe og Mn primært.

Et valg av UF forutsetter etter vår mening at prosessen verifiseres ved pilotkjøring.

Dersom det ikke er tid for pilottesting av UF-alternativet, så vurderes alternativet med DynaSandfilter som foretrukken prosessløsning. Dette på grunn av at det vurderes å være mindre risiko knyttet til stabil drift og opprettholdelse av kapasitet for denne løsningen sammenlignet med en UF-prosess der en ikke kan utelukke driftsproblemer knyttet til membranfouling.

## Vedlegg A Nanofiltrering

NF omtales kun kort i notatet fra Norconsult. Det konkluderes med at metoden vil ha høy total kostnad og vurderes derfor som mindre interessant. Driftskostnadene vil være høy pga. av høyt driftstrykk og behov for resirkulering av konsentrat, og således høyt energiforbruk. NF medfører også lav gjenvinningsgrad av råvann, og det vil være en del kostnader knyttet til membranvask som må utføres daglig. Metoden har imidlertid flere fordeler som enkel i drift, ingen slamproduksjon, og meget stabil og god fjerning av farge, partikler og mikroorganismer. Løst jern og mangan vil også til en viss grad fjernes i NF. Det er heller ikke nødvendig å tilsette koagulant i forkant av membranen, noe som forenkler driften. Pga. relativt høye investerings- og driftskostnader er NF i første rekke benyttet for små og mellomstore anlegg, der blant annet enkel drift, lite plassbehov, og god og stabil råvannskvalitet tillegges stor vekt.

Den store usikkerheten med NF er imidlertid driftsstabiliteten. Enkelte steder opplever en betydelige problemer med nedsatt ytelse på grunn av fouling, hvilket medfører hyppigere vaskebehov, økt energiforbruk, og kortere levetid på membranene, som alle er faktorer som påvirker det økonomiske bildet negativt. Driftsstabiliteten vil avhenge av råvannskvalitet, forbehandling, valg av membran og under hvilke betingelser en kjører prosessen (vannfluks og gjenvinningsgrad). Et råvann med moderat innhold av jern og mangan som en har i Nord-Mesna vil typisk øke fouling-potensialet sammenlignet med råvannskilder med lavt innhold av jern/mangan. Problemstillinger knyttet til jern- og manganfouling av NF membraner er kort diskutert i påfølgende avsnitt. Generelt vurderes jern og mangan å være av mindre problem for driftsstabiliteten for UF, sammenlignet med NF. Dersom en ønsker en membranbasert løsning så vurderes det generelt mindre risikofylt med tanke på å oppnå ønsket driftsstabilitet å velge UF fremfor NF med tradisjonelle spiralmembraner.

NF kan være en driftsmessig enkel løsning som gir stabil og god vannkvalitet, men som vil ha en vesentlig høyere total kostnad enn de øvrige alternativene som er skissert. Det kan også nevnes at Pentair nå tilbyr en ny type hullfiber NF membran (HFW1000) som er laget spesielt for membranfiltrering av overflatevann med høyt fargetall. Denne membranen har flere fortrinn sammenlignet med en tradisjonell NF-membran, slik som mer fordelaktig strømningsmønster for membranvask og mulighet for tilbakespyling. Uten å legge opp til en pilottesting for verifisering av driftsstabilitet for NF (enten tradisjonell spiralmembran eller den HFW1000) vurderes alternativet å være beheftet med for mye usikkerhet. Vi støtter således valget om at kun de øvrige tre foreslåtte prosessalternativene vurderes videre.

### *Jern- og manganfouling i NF*

I membranprosesser med tette membraner som nanofiltrering og omvendt osmose (RO) er det et kjent fenomen at behandling av vann med jern og mangan kan forårsake fouling. Hvis vann med jern og mangan på redusert form tilføres oksygen vil tungtløselige salter (oksid) felle ut i vannet og avsettes på membranoverflaten (uorganisk partikkelfouling). Dette vil redusere produksjonskapasiteten til membranen. Den uorganiske foulingen kan i prinsippet fjernes ved syrevask, men kan i enkelte tilfeller være vanskelig å fjerne/reversere. En driftsstrategi kan være å sørge for at de reduserende betingelsene opprettholdes gjennom hele membranlegget slik at en unngår utfelling av partikulært jern/mangan. Dette er imidlertid i første rekke aktuelt i tilfeller der jern/mangan kun foreligger på redusert form, og at de reduserende betingelsene i kilden er konstante over hele året, slik som f.eks. oksygenfattige grunnvannskilder. Redusert jern/mangan må i tilfelle tas ut i separasjonstrinn nedstrøms for membrantrinnet. Hvis løsningen er å beholde reduserende forhold gjennom membranlegget må man imidlertid være klar over at løst jern også kan reagere med løst silikat og danne tungtløselige jernsilikater. Dette problemet forsterkes ytterligere i RO og NF der membranen i stor grad holder tilbake ionene slik at konsentrasjonen av hvert ion vil øke gjennom membranmodulen og inn mot membranoverflaten (konsentrasjonspolarisering). Dette kan medføre at selv om betingelsene (konsentrasjonen av ionene) i innløpsvannet ikke vil gi utfelling, så kan allikevel betingelsene være tilstede for utfelling nær membranoverflaten. Utfellingspotensialet vil pga. oppkonsentreringen øke gradvis mot utløpet av membranmodulene. Hvis en velger en strategi der en utfører en kontrollert oksidering i forkant av

membranprosessen, kan det være nødvendig å fjerne de utfelte partiklene før membranen-trinnet med en egnet forbehandlingsprosess, for eksempel sand/media-filtrering. Hvorvidt en kan håndtere uorganisk partikkelfouling (jern og mangan) kun ved syrevask, dvs. at en ikke har et oksiderings- og partikkelfjerningstrinn oppstrøms for NF-membranen, bør i tilfelle verifiseres gjennom pilotdrift.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)