

# Prosjektnotat

## Sidekontroll – Vurdering av resultater fra pilottest ved Mesnali vannverk

**VERSJON**

Rev 1

**DATO**

2018-06-19

**FORFATTER(E)**Edvard Sivertsen  
Willy Røstum Thelin**OPPDRA GSGIVER(E)**

Ringsaker kommune

**OPPDRA GSGIVERS REF.**

Espen Mærde

**PROSJEKTNR**

102015947-1

**ANTALL SIDER:**

9

**SAMMENDRAG**

SINTEF har fått i oppdrag av Ringsaker kommune å gjøre en sidekontroll av notatet fra Norconsult vedrørende resultater fra pilottest med koagulering og ultrafiltrering i Nord-Mesna (*Resultater fra pilottest med koagulering og ultrafiltrering i Nord-Mesna*, Norconsult-notat datert 2018-06-07).

Vi er enig i Norconsults hovedkonklusjon om at pilottesten har vist at koagulering + UF gir en god behandling av råvann fra Nord-Mesna gitt at prosessen designes og driftes riktig. Fjerning av løst mangan må imidlertid ivaretas ved å inkludere ytterligere rensetrinn.

**UTARBEIDET AV**

Edvard Sivertsen

**SIGNATUR****GODKJENT AV**

Bjørnar Eikebrokk

**SIGNATUR****PROSJEKTNOTAT NR**

102015947-1 Notat2

**GRADERING**

Fortrolig

# Historikk

---

<b>VERSJON</b>	<b>DATO</b>	<b>VERSJONSBEKRIVELSE</b>
Rev 1	2018-06-19	Oversendt til kunde

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Sidekontroll - vurdering av Norconsults konklusjoner og anbefalinger</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Kommentarer til eksperimentell gjennomføring</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Kommentar til prosessløsning</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>8</b>

## BILAG/VEDLEGG

---

Ingen.

---

## 1 Innledning

SINTEF har fått i oppdrag av Ringsaker kommune å gjøre en sidekontroll av notatet fra Norconsult vedrørende resultater fra pilottest med koagulering og ultrafiltrering i Nord-Mesna (*Resultater fra pilottest med koagulering og ultrafiltrering i Nord-Mesna*, Norconsult-notat datert 2018-06-07).

SINTEF har ikke hatt tilgang til rådata fra pilottesting, og våre vurderinger er således basert utelukkende på resultater som fremstilt i nevnte notat fra Norconsult.

I tillegg til sidekontroll av Norconsults vurderinger har vi også lagt til noen generelle kommentarer til den eksperimentelle gjennomføringen av pilottesten.

## 2 Sidekontroll - vurdering av Norconsults konklusjoner og anbefalinger

Avslutningsvis i notatet fra Norconsult listes det opp konklusjoner og anbefalinger basert på gjennomgang av resultater fra pilottesten (vannkvalitetsdata i råvann, fødevann, og permeat, samt relevante driftsdata for UF-trinnet). Konklusjoner og anbefalinger fra Norconsult er her gjengitt i kursiv, med påfølgende kommentarer fra SINTEF.

*For alle parametere gjelder at målene med hensyn på permeatkvalitet etter hvert ble oppnådd i pilottesten, dette når innstillinger ble optimalisert.*

SINTEF: Med unntak av mangan og UV transmisjon, samt i mindre grad også DOC og kimtall, så er vi enig i denne konklusjonen. Vedrørende mangan så er dette spesielt diskutert i notatet til Norconsult. Vedrørende UV transmisjon så oppnås målsetning om 70% transmisjon kun ved to enkeltmålinger. Basert på dette er det kanskje bastant å fastslå at en gjennom pilottesten har dokumentert at en vil oppnå målsetningen om > 70% UV transmisjon ved det som legges til grunn å være optimalt driftspunkt. Dette er uansett en målsetning og ikke et forskriftskrav, og vi ser ikke at en delvis måloppnåelse for UV transmisjon vil ha innvirkning på en helhetlig vurdering av hvorvidt UF + koagulering er egnet prosessløsning for Mesnali.

*Koagulering og UF fjerner ikke mangan. Separat manganfjerningstrinn må derfor inn som separat trinn i vannbehandlingsanlegget.*

SINTEF: Vi er enig i denne vurderingen. Resultatene viser at koagulering og ultrafiltrering ikke evner å fjerne løst mangan. For å unngå mulige problemer med utfelling av partikulært mangan på nett, og for å klare kravene i drikkevannsforskriften til enhver tid, vil det være nødvendig å inkludere manganfjerning i tillegg til koagulering + UF.

*Når stabile driftsbetingelser er etablert med hensyn på koagulantdose og fellings-pH produseres det god permeatkvalitet. Koagulantdose på 2,9 – 3 mg Al/l og fellings-pH på 6,2 – 6,3 synes optimalt.*

SINTEF: Vi tar forbehold om at den eksperimentelle gjennomføringen gjør det vanskelig å konkludere vedrørende optimal dose og pH. Dette er nærmere diskutert i Kap. 3. Vi støtter imidlertid at resultatene viser at koagulantdose på 2,9 – 3 mg Al/l og fellings-pH på 6,2 gir en vannkvalitet som tilfredsstillende både forskriftskrav og øvrige mål som er satt til vannkvalitet. Pilotanlegget er ikke driftet ved pH 6,3, og man bør følgelig være forsiktig med å anbefale dette som optimalt uten at dette først er testet ut.

*Koagulantforbruket er høyt, og mer enn dobbelt så høyt som for Nye Moelv vannverk (1,2 mg Al/l). Dette er forventet da råvannet i Nord-Mesna er av en helt annen karakter (høyt fargetall).*

SINTEF: Det er naturlig at et høyere fargetall i råvannet medfører et høyere forbruk av koagulant. Den anvendte koagulantdosen virker rimelig, men resultatene fra pilotkjøringen utelukker ikke at dose og pH kan optimaliseres ytterligere. Dette er nærmere diskutert i Kap. 3.

*Prosessen er sensitiv med hensyn på riktig koagulantdose og pH. Riktig driftsinnstilling og god oppfølging av anlegget vil være nødvendig slik at dette hele tiden er ivaretatt.*

SINTEF: Vi er enig i dette. Vi merker spesielt at en liten reduksjon i pH (26. april) fra det som vurderes som optimalt området (6,2) til ca. 5,9 resulterer i en vesentlig økning i TMP. En mulig forklaring på dette er redusert hydrolysering av funksjonelle grupper som følge av redusert pH, noe som gjør at det dannes et mer kompakt belegg som er vanskeligere å fjerne. I tillegg bemerkes at lav pH den 26. april også resulterer i høy farge og høyt innhold av restaluminium den 26. april. Dette skyldes sannsynligvis ikke overdoseringen av koagulant i seg selv, men at koagulerings-pH ble for lav på grunn av den høye doseringen.

Følsomheten for pH i forhold til TMP, permeabilitet og permeatkvalitet gjør at det vil være viktig å sørge for presis regulering av pH i forhold til variasjoner i råvannskvalitet i et fullskalaanlegg.

*CEB intervall (18-21 t) er som forventet med tanke på dette råvannets karakter (høyt fargetall, mye organisk materiale og mulig jern-utfelling).*

SINTEF: Hva som er optimalt CEB intervall mener vi det er vanskelig å si noe sikkert om ut fra resultatene fra pilottesten. Dette skyldes både at det ikke er gjort systematiske variasjoner av CEB frekvens, tilbakespylingsfrekvens, etc., men også at en med fordel kan hente ut mer informasjon fra rådataene som genereres ved å fremstille de på en annen måte. For bedre å kunne vurdere effekten av f.eks. endringer i CEB-intervall mener vi en nærmere analyse av hvordan permeabilitet eller TMP utvikler seg for hver CEB-syklus (f.eks. plotting av stigningstallet) vil gi ytterligere informasjon, sammenlignet med kun plotting av rådata.

*Det produseres mye Al-holdig slam som må ivaretas i eget slamhåndteringssteg.*

SINTEF: Dette er korrekt.

*Nivåer for flux og filtreringstid er som forventet og i henhold til erfaring fra tilsvarende anlegg.*

SINTEF: Pilottesten har ikke systematisk testet effekten av drift med forskjellig fluks og filtreringstid. En kort periode med forhøyet fluks, samtidig med overdosering av koagulant og en gradvis opptrapping av filtreringstiden i starten av testperioden før stabile betingelser ble oppnådd, gir ikke grunnlag for å konkludere med at disse nivåene er optimale. Vi er imidlertid enige i at testet nivå på fluks (60 lmh) og filtreringstid (40 min) gir en stabil prosess. Vi støtter også i utgangspunktet en konservativ tilnærming i forhold til designfluks, men påpeker samtidig at det finnes flere fullskalaanlegg som benytter høyere filtreringsfluks en 60 lmh.

Referanser til erfaringene det henvises til og faktiske områder for fluks og filtreringstid på disse anleggene kunne vært angitt slik at leseren selv kunne sammenligne.

*CIP vask må forventes hver 4-6 måned for å re-etablere membrankapasitet.*

SINTEF: Vi kan ikke se at denne påstanden bygger på resultater fra pilottesten og savner således referanser til prosjekter og/eller vannverk som benytter koagulering + UF og som kan underbygge hyppigheten av CIP vask.

*Med de lave vanntemperaturene i Nord-Mesna bør det tilrettelegges for en flokkuleringstid på min 3 min.*

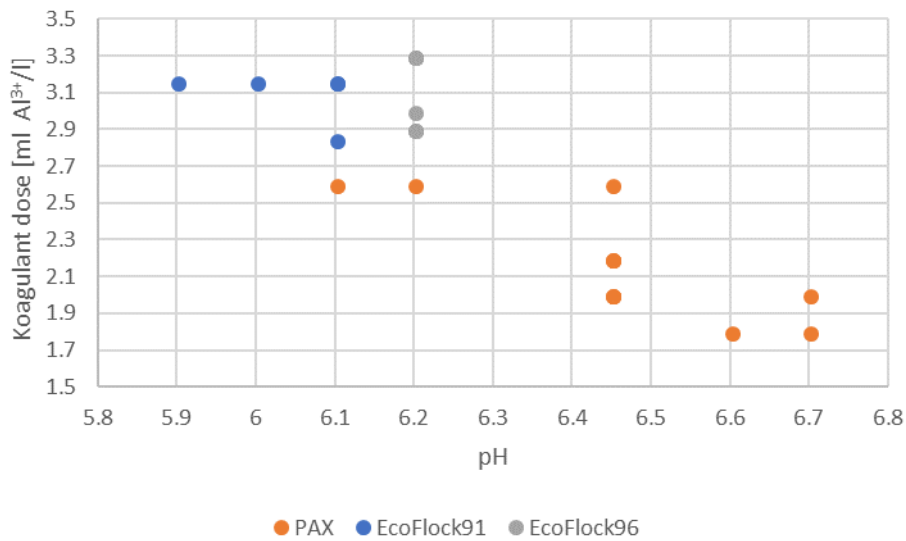
SINTEF: Det er uklart hvorfor akkurat 148 s flokkuleringstid er valgt, men resultatene fra pilottesten viser at 2,5 min er tilstrekkelig kontaktid til å sikre god fargefjerning. Siden kontaktiden skapes ved at en slange med passende lengde ligger oppkveilet i et oppvarmet hus, er det tatt høyde for lavere temperatur i et fullskalaanlegg og i notatet anbefales en noe lengre kontaktid (minimum 3 minutter). Hvorvidt en kunne ha benyttet en kortere flokkuleringstid er ikke testet, slik at hvis man ønsker å designe med lavere flokkuleringstider må dette evt. verifiseres med nye tester. Basert på resultatene fra pilottesten er det etter vårt skjønn fortsatt uavklart hva som er optimal flokkuleringstid.

### **3 Kommentarer til eksperimentell gjennomføring**

Vi har ikke deltatt i planleggingen av pilottesten og kjenner derfor ikke til hvilke vurderinger som er gjort med hensyn på valg av variabler, nivå på variablene og når hvilke variabler skal endres. En slik vurdering fremgår heller ikke fra notatet, så derfor tillater vi oss å gi et par kommentarer til den eksperimentelle gjennomføringen av pilottesten.

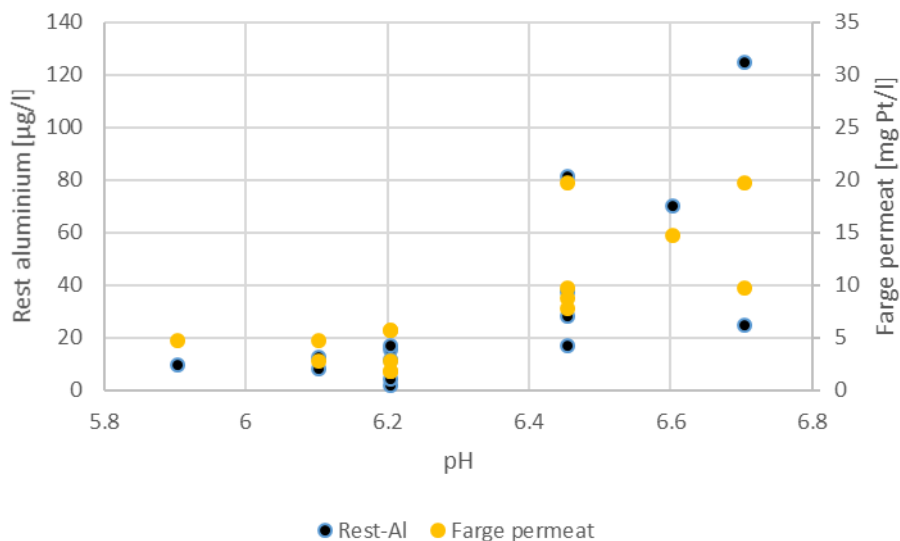
Etter vår mening er det testet for mange variabler i løpet av den korte pilottestperioden og hver enkelt variabel er heller ikke tilstrekkelig undersøkt. Dette gjelder særlig effekten av pH og koagulantdose som er de to variablene som bør optimaliseres først, og som er helt essensielle for å få en tilfredsstillende prosess. Figur 1 viser hvilke kombinasjoner av pH, koagulanttype og koagulantdose som er testet i løpet av pilotperioden. Her ser vi flere "huller" i nivåkombinasjoner, bla. ser vi at området rundt pH 6,3 ikke er testet og effekten av koagulant ved lave pH er kun testet ved en konsentrasjon. Bildet kompliseres ytterligere ved at det er benyttet ulike koagulanttyper. EcoFlock96, som gir gode og stabile resultater mot slutten av pilottestperioden, er testet på kun et pH-nivå. Her ville det i tillegg vært nyttig og testet denne koagulanten ved andre doser og pH-verdier.

Videre burde det for hver prosessinnstilling vært utført minst ett uttak av vannprøver for lettere å kunne vurdere effekten av de ulike kombinasjonene av variabler.



Figur 1 Oversikt over hvilke kombinasjoner av pH, koagulant type og dose benyttet i pilottesten.

Pilottesten har generert en stor mengde data, både prosessdata og vannkvalitetsdata og det er gitt gode oversiktsfigurer i notatet. Vi savner imidlertid noen figurer som presenterer både prosess- og vannkvalitetsdata langs samme tidsakse. En slik sammenstilling hadde gjort analysen og vurderingen av effekten av de ulike prosessvariablene lettere og mer intuitiv. Et eksempel på en alternativ fremstilling av data er vist i Figur 2, som viser målt aluminium og farge i permeatet for et utvalg av prosessinnstillingene som er vist i Figur 1. Vi ser tydelig at det i den innledende fasen var utfordringer både med hensyn på høyt nivå av rest-aluminium og høy farge i permeatet. Etter at pH ble justert ned mot 6,2 og koagulantdosen ble hevet, oppnås tilfredsstillende verdier for begge parameterne, der pH 6,2 synes å være best innenfor det pH/doseområdet som ble testet ut.



Figur 2 Aluminium og farge i permeatprøvene som funksjon av pH (og indirekte koagulanttype og koagulantdose).

## 4 Kommentar til prosessløsning

Manganinnholdet er en hovedutfordring, og det angis i notatet til Norconsult at en behandlingsprosess kan se slik ut:

*Trykksil (300 µm) – koagulering – pH-regulering - flokkulering – UF-filtrering – ozonering – filtrering (antrasitt/sand/marmor) – UV-desinfeksjon – klor i beredskap.*

Dette er etter vår vurdering en svært omfattende prosess, ikke minst i lys av at man her har ønsket/undersøkt et alternativ til koagulering/kontaktfiltrering. Vi har følgende kommentarer til foreslått prosessløsning:

- pH-justeringen kan foretas foran koagulant-tilsatsen
- Inkludering av flokkuleringstrinn forutsetter at det faktisk er behov for dette
- Ozoneringen vil øke BDOC-nivået (med TOC > 2 mg/L), noe som kan gi opphav til ettervekst på nettet
- Vi mener det er unødvendig med et antrasitt/sand/marmor-filter, og at kun et rent alkalisk filter (bare med marmorgrus 1-3 mm) vil være tilstrekkelig. UF-trinnet vil til en viss grad bli overflødig dersom man designer et 3-media etter-filter bestående av antrasitt/sand/marmor.
- En bør vurdere muligheten av å benytte klor som oksidant for Mn, ved å flytte klortilsatsen foran et alkalisk sluttfilter. Dette muliggjør at klor/klordoseringen kan benyttes bare når det er behov for Mn-fjerning.

Basert på ovenstående lanseres følgende alternative prosessutforming: Trykksil (300 µm) – pH-regulering – koagulering - flokkulering – UF-filtrering – klorering – alkalisk filtrering (marmor) – UV-desinfeksjon. Med en slik utforming drar man også nytte av klorets bedre effekt ved lavere pH (dvs. før pH-økningen gjennom det alkaliske filteret). Klor vil også bidra til økt BDOC, men i mindre grad enn ozon. Og hvis man ønsker det, kan man fortsatt ha sluttkloring som beredskap og/eller som en ekstra hygienisk barriere, og/eller som et tiltak mot kimtall/ettervekst på nettet.

## 5 Konklusjon

Vi er enig i Norconsults hovedkonklusjon om at pilottesten har vist at koagulering + UF gir en god behandling av råvann fra Nord-Mesna gitt at prosessen designes og driftes riktig. Fjerning av løst mangan må imidlertid ivaretas ved å inkludere ytterligere rensetrinn.





Teknologi for et bedre samfunn

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