

Erfaringar frå vassverk med membranfiltrering

Av Magnar Bolstad

Magnar Bolstad er sivilingeniør og dagleg leiar i det rådgjevande ingeniør- og arkitektfirmaet ISIS.

Innlegg på FAGTREFF 2. aug. 1995

Innleiing

Humus er eit av dei viktigaste problema for svært mange av vassverka rundt om i landet. Anlegg for humusfjerning har tidlegare vore kompliserte og vanskelege å驱ra. Små kommunar har ikkje hatt driftsstab og kompetanse til å motta dette på ein tilfredsstillande måte. Resultatet har ofte vore at problemet ikkje har vorte løyst eller at det er investert i dyre anlegg som ikkje fungerer.

Membranfiltrering har vist seg som ein stabil reinseprosess med svært gode resultat og enkel drift.

Denne artikkelen legg fram resultat frå eit oppfølgingsprosjekt for 3 fullskala anlegg for membranfiltrering bygde i Sogn og Fjordane:

- Stadlandet i Selje kommune, sett i drift i mai 1991
- Vangsnes i Vik kommune, sett i drift i mai 1991

- Eivindvik i Gulen kommune, sett i drift i september 1993

Prosjektet er finansiert gjennom Komtekprogrammet under Norges Forskningsråd.

Målsetjinga med prosjektet var:

- Oppfølging av drifta over tid
- Formidling av driftserfaringar

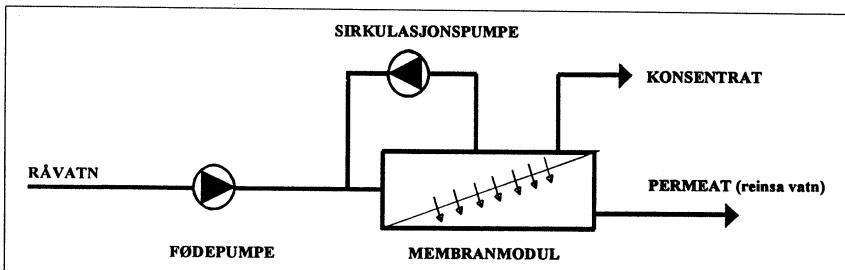
Resultata er også rapporterte gjennom Komtek-programmet.

Renseprosessen

Membranfiltrering er ei form for filtrering gjennom finporøse membranar. Membranane er vanlegvis av eit plastmateriale med ekstremt små opningar på om lag ein milliontedels millimeter.

Oppbygging av eit membrananlegg kan i prinsippet vera som vist nedanfor:

Prinsippet skil seg frå tradisjonell filtrering på fleire måtar:



Tilført råvatn blir delt i 2 utgående vass-straumar:

- Permeat dvs. reinsa vatn
- Konsentrat dvs. råvatn med oppkon sentrert fråskilt materiale

Permeatet vil utgjera ca 75-80 % av råvatnet dvs. anlegga har ein utvinningsgrad på 75-80%. Konsentratet dvs. dei resterande 20-25 % går til avløp.

- Konsentratstraumen blir resirkulert ved hjelp av ei pumpe. Sirkulasjonspumpa gjer at utvinningsgraden blir høg og samstundes som vass-straumen held god fart langs membranane. Høg fart på konsentratstraumen kombinert med at poreopningane er smalast på denne sida reduserer faren for at materiale skal avsetja seg på membranane og tetta porene.
- Filtreringa skjer som tverrstraumsfiltrering dvs. at råvatnet passerer langs membranflata og transporterer bort det fråskilde materialet. Vassmolekyla blir pressa gjennom membranen med trykk. Humus og andre ureinheiter som er for store til å gå gjennom porene vert haldne attende på konsentratsida.
- Porene i membranen har asymmetriske sidevegger med den smalaste opninga mot konsentratsida. Dermed blir det partikulære materialet hindra i å kila seg fast i poreopningane.

triske sidevegger med den smalaste opninga mot konsentratsida. Dermed blir det partikulære materialet hindra i å kila seg fast i poreopningane.

- Membranane må reingjerast og desinfiserast med jamne mellomrom. Denne prosessen tek om lag ein time og produksjonen i anlegget blir då stoppa. Reingjermingsmiddel blir tilsett og sirkulerer fleire gonger gjennom anlegget. Deretter blir membranane skylja med vatn før dei blir desinfiserte med ei svak klorløysing.

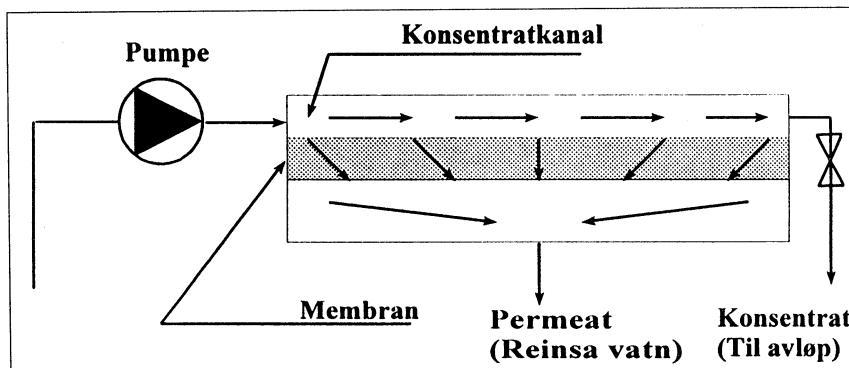
- Ein gong i året bør leverandøren ta ei hovudreingjering og sjekk av anlegget.

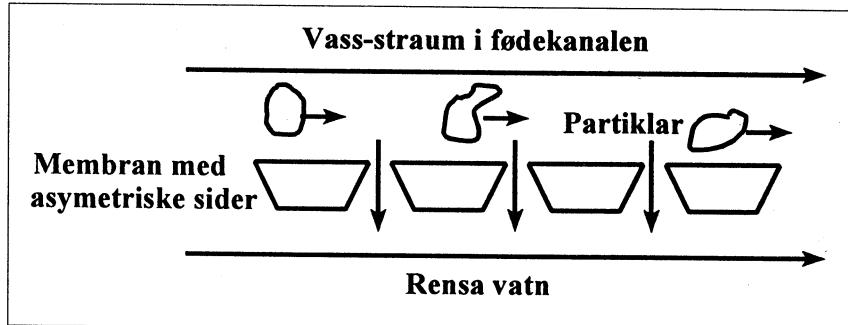
Membranfiltering er ein mekanisk reinseprosess der det ikkje blir nytta kjemikalier til reinsinga. Kjemikalier blir berre nytta til reingjering og desinfisering av membranane og kjem ikkje i kontakt med reintvatnet som går til forbrukar.

Eit membrananlegg vil ha to typar avløpsvatn:

- Konsentrat
- Brukt reingjeringsvatn

Konsentratet er rett og slett råvatn med ei oppkonsentrering av dei stoffa som blir fråskilt i reinseprosessen dvs.





det som finst naturleg i vatnet frå før. Dette er eit kontinuerleg avløp som går heile tida medan anlegget produserer.

Brukt reingjergsvatn er avløpet frå reingjering av membranane dvs. eit diskontinuerleg avløp som kjem ein gong i døgnet. Mengde vil variera med storleiken på anlegget. Dei undersøkte anlegga ligg i storleik nokre hundre liter.

Membranfiltrering krev ei forbehandling som tek bort grove partiklar etc. som kan slita unødvendig eller øydeleggja membranane. Forbehandlinga kan t.d. vera sandfilter eller sjølvspylende trykksil.

Reinseprosessen vil vera effektiv mot svært mange typar ureiningar i vatnet:

Humus Bakteriar Virus

Metall Diverse salt

Det betyr til dømes at det som måtte

vera av kalsium i råvatnet blir fjerna i prosessen.

Reinseeffekten vil vera avhengig av "porediameteren" for membranane. For humusfjerning brukar ein "porediameter" på 1-3 nm.

Produksjonen i anlegget er avhengig av trykket. Temperaturen verkar også inn, men berre i liten grad.

Eit membrananlegg må produsera mot eit utjamningsvolum. Dette både av omsyn til sjølve produksjonsprosessen og som vanleg for å redusera kravet til anleggsstorleik. Utjamningsvolumet kan vera høgdebasseng, pumpesump eller liknande.

Anlegget vil levera reintvatn utan trykk. Det er difor gunstig å plassera det oppstrøms for eit høgdebasseng slik at det produserer direkte til bassenget. Dersom det ikkje er mogeleg må reintvatnet pumpast til bassenget.

Anleggsdata

Anlegg	Vasskjelde	Qdim m ³ /døgn	Membran m ³ /d (m ³ /t)	Start-tidspunkt
Stadlandet	Overflate	415	480 (21)	mai 1991
Vangsnes	Overflate	220	260 (11,3)	mai 1991
Eivindvik	Overflate	450	460 (20)	september 1993

Eit membrananlegg vil normalt vera fullautomatisert dvs. anlegget går utan at det er nødvendig med manuell styling i nokon del av produksjonsprosessen.

Anleggsdata

Nøkkellopplysninga for dei tre anlegga er vist i tabellen på føregåande side.

Stadlandet vart kort tid etter bygging utvida på grunn av ei fiskeriverksemd som var tenkt forsynt frå anlegget. Dette vart ikkje noko av og kapasiteten er difor høgre enn strengt nødvendig.

Vangsnes er eit anlegg som er kombinert med grunnvassforsyning.

Prosess

Prosessen er relativt lik for anlegga. Skilnaden går på forbehandlingsdelen som er litt meir omfattande for Stadlandet og Vangsnes. Årsaka er at desse to anlegga var pioneranlegg og at ein seinare har funne å kunna redusera krava.

Alle anlegga er bygt opp med mem-

branar av celluloseacetat med "poreåpning" på 1 - 1,5 nm.

Anlegget i Eivindvik er utstyrt med ein tank fylt med knust marmor som vatnet passerer etter membranane. Dette for å oppnå ei heving av pH, alkalitet og kalsiuminnhald i vatnet. Vassstrauen gjennom "marmorfilteret" er ein delstraum som kan regulerast. Det blir ikkje tilsett CO₂-gass i samband med prosessen.

Oppfølgingsopplegg

Oppleget baserer seg i all hovudsak på det kontrollprogrammet kommunane sjølve gjennomfører både når det gjeld nettvatn og kontroll av sjølve reinseprosessen.

Vassprøvene er analyserte på dei næringsmiddellaboratoria som dei aktuelle kommunane naturleg høyrer inn under.

Følgjande data har vorte henta inn:
 - Månadlege uttak og analysar av vass-prøver

Anlegg	Forbehandling	Modular	Overflatebelastning v/1°C	Driftstrykk for å oppnå full produksjon
		Stk	l/m ² *t	bar
Stadlandet	Sandfilter Patronfilter (10 mikron)	15	12	8
Vangsnes	Sandfilter Patronfilter (10 mikron)	8	12	8
Eivindvik	Sjølvspylende trykksil (50 mikron)	8 (annan layout)	18	4

- A. Råvatn
- B. Reintvatn etter membrananlegget
- Bakterieprøvene er tekne ut på steriliserte flasker medan dei andre er tekne på syrevaska flasker.
- Analysering på følgjande parametar
- Bakteriar Fargetal Turbiditet
- Konduktivitet Jarn Mangan
- Produsert vassmengd i anlegget
- Driftskostnader
- Straumutgifter
- Utgifter til reinsemiddel og klor
- Tilsyn
- Evt. årleg leverandørinspeksjon
- Evt. andre utgifter
- Driftslogg
- Produksjonsnivå (m³/time)
- Trykktihøve
- Driftsforstyrningar/driftsavbrot
- Leverandørroppfølging (rapportar frå leverandøren etter besøket eller driftslogg)
- Avløpstilhøve

Reinseresultat

Bakteriar

Det har ikkje vore påvist koliforme eller termostabile koliforme bakteriar i reinsa vatn i nokon av dei tre anlegga i den perioden dei har vore i drift. For to av anlegga vil det seia sidan mai 1991.

Råvatnet har i den same perioden hatt vesentleg ureining av bakteriar.

Tabellarisk oversikt finst i rapporten frå Komtek-programmet.

I alle anlegga er totalt bakterietal etter membranfiltera ca 20. Dette er bakteriar som lever naturleg på reintvass-sida av anlegget og er ikkje bakteriar som kjem gjennom membranane. Dei

har såleis ingenting med renseeffekt å gjera.

Når det gjeld nettvatn så har ikkje dette prosjektet hatt noko eige program for dette. Vi har likevel hatt tilgang til analyseresultata frå dei ordinære kontrollprogramma som kommunane har for nettvatn. Resultata viser følgjande:

- Det er ikkje påvist koliforme eller termostabile koliforme bakteriar på nettet i nokon av dei tre anlegga sidan dei vart sette i drift.
- Totalt bakterietal på nettet er avhengig av kvaliteten på leidningsnettet når rensinga vart sett i drift.
- I Eivindvik med eit gammalt nett som tidlegare har transportert humusrikt og vatn er det eit visst problem med bakterievekst på nettet. Dette er den naturlege bakteriefloraen som blomstrar opp i det gamle slammet som ligg igjen i røyrnettet.

Ingen av anlegga har hatt rutiner for periodevis klorering av nettet og dette er ikkje utført etter at rensinga vart sett i drift.

Membranfiltrering er svært effektivt overfor bakteriar i vatnet. Bakteriefritt vatn ut frå reinseanlegget kan opna mogelegeheter for at andre bakterietypar kan blomstar opp på nettet.

Det bør difor vurderast å innføre rutiner for periodevis klorering av leidningsnettet. Teknisk er dette svært enkelt å få til. Membrananlegga har alt installert klordoseringsutstyr til bruk for desinfisering av membranane i samband med vask. Det einaste som trengs er eventuelt eit nytt doseringspunkt og ei enkel endring på styreprogrammet for prosessen.

Membranfiltrert vatn vil vera såreint at det trengst svært lite klor for å oppnå nødvendig effekt. All humus og stoff som bind klor vil vera fjerna og åll klor vil dermed gi bakteriedrepande verknad. Dermed vil også all fare for uheldige smaksutslag vera eliminert.

Humus

Humusinnhald i vatnet er som regel hovudårsaka til at ein installerer membrananlegg. Det er humus som er den mest problematiske faktoren i vatnet og som det kostar pengar å fjerna. Det er difor spesielt viktig å følgja opp renseeffekt i høve til humus over tid.

På dei følgjande sidene har vi sett opp grafiske framstillingar av resultata for alle dei tre anlegga:

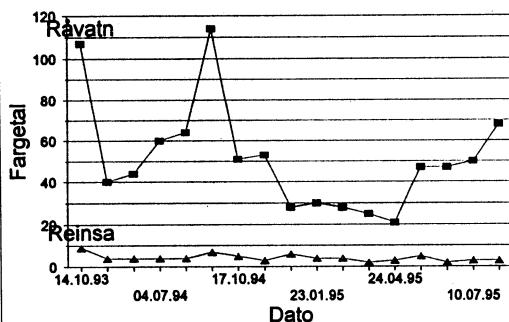
Konklusjonen ein kan trekka av analyseresultata er at membranfiltering gir eit svært stabilt resultat uansett fargetal på råvatnet:

Sjølv med fargetal på over 100 i råvatnet er fargetalet i reintvatnet under 10

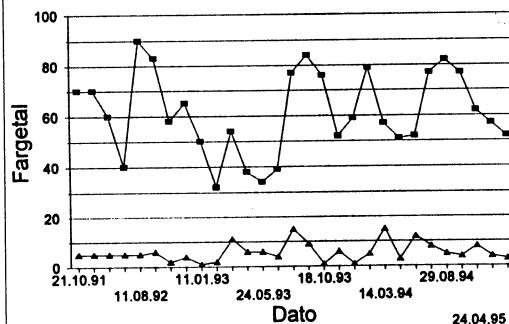
Jarn

Høgt innhald av jarn i råvatnet er ofte eit problem som følger høgt humusinnhald. Det er tilfelle for alle dei tre undersøkte vassverka i større eller mindre grad.

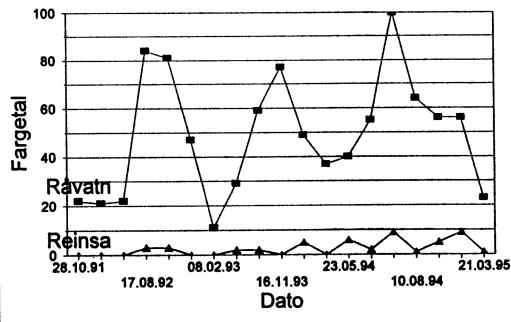
EIVINDVIK VASSVERK FARGETAL



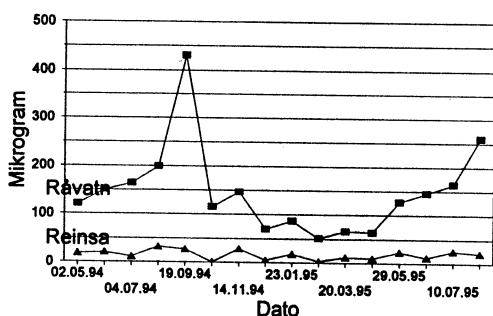
VANGSNES VASSVERK FARGETAL



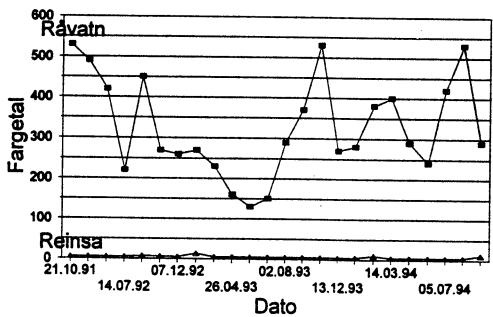
STADLANDET VASSVERK FARGETAL



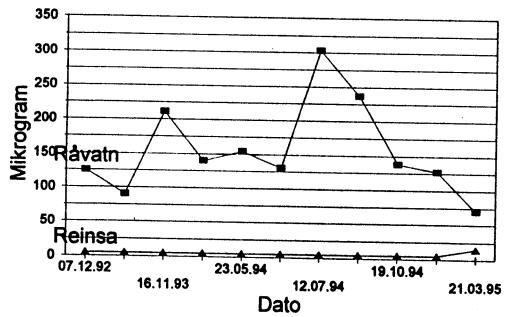
EIVINDVIK VASSVERK JARN



VANGSNES VASSVERK JARN



STADLANDET VASSVERK JARN



Konklusjonen ein kan trekka av analyseresultata er at reinseresultatet er svært stabilt sjølv ved store variasjoner i jarninnhaldet i råvatnet:

Sjølv med jarninnhald på over 500 mikrogram i råvatnet er jarninnhaldet i reintvatnet under 5-10 mikrogram.

Lågare ned enn dette greier ikkje laboratoria å analysera.

Mangan

Samanhengande mangananalyser har vore utført for Stadlandet og Vangsnes. For Stadlandet er innhaldet av mangan under den grensa som laboratoriet greier å registrera.

Vangsnes har eit visst manganinnhald i råvatnet. Det er målt opp i 65 mikrogram pr. liter. Drikkevassforskriftene set øvre grense til 50 mikrogram.

Resultatet for Vangsnes viser eit litt varierande bilet av reinseffekten. Arsakene kan vera mange:

- Startproblem i laboratoriet med å gjennomføra analysen. Dei første analysene kan tyda på det.
- Ved den "poreopninga" vi her opererer med (rundt 1 nm) vil renseeffekten overfor mangan kunna variera mykje med små variasjonar i vatnet eller membranen.

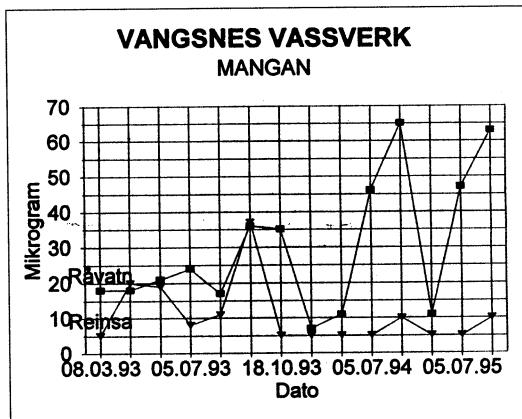
Resultata av dei 4 siste ana-

lysene ser ut til å ha stabilisert seg. Det ser ut som membranfiltrering med så små "poreopningar" har ein vesentleg effekt overfor mangan. Data-grunnlaget er for spinkelt til å dra sikre konklusjonar om kor stor effekten er.

Turbiditet

Resultata viser at ein kan reknar med ein stabil turbiditet i det reinsa vatnet på under 0,2.

Høgste turbiditet i råvatnet vi har i vårt materiale er 1,6.



Driftstilhøve

Montering/igangkøyring

Montering og igangkøyring av anlegga vart gjort i løpet av 3-4 dagar. På denne tida vart anlegga monterte, produksjonen starta opp, testa og sett i full drift i tillegg til at driftsoperatør fekk nau-synt opplæring.

Stabilitet

Driftsstabiliteten har vore svært god for alle dei tre anlegga.

Det har ikkje vore driftsstans på grunn av funksjonsfeil ved sjølve membran-anlegga. Driftsstans har kun skjedd som følgje av straumbrot i samband med uvær.

Vi har elles opplevd at driftskontrollanlegg har falle ut på grunn av overspenningar i samband med torevor. Hovudsakeleg på grunn av øydelagde modem. PLS'en som styrer membranprosessen har ikkje vore utsatt for slike problem.

Tilsyn

Alle anlegga er fullt automatiserte slik

at heile reinseprosessen går utan tilsyn. Stadlandet og Eivindvik har også bygt ut anlegg for driftskontroll. Vangsnes har ikkje dette, men ligg berre 10-15 minutt køyreavstand frå teknisk etat.

Alle tre kommunane har lagt opp ei rutine med tilsyn om lag ein gong for veka og følgjande oppgåver driftsope-ratøren:

- Føra driftsjournal og sjå til at anlegget går normalt
- Etterfylla reinseveske og klor med jamne mellomrom
- Skifte av innsats av patronfilter 2 gg. for året (Vangsnes og Stadlandet)
- Uttak av vassprøver etter faste rutinar

Ved årleg ettersyn av anlegget går leverandøren gjennom anlegget og sjek-ka at alt fungerer. Han kører ei ho-vudreingjering av membranane og testar maksimal produksjon for å sjekka for eventuelt belegg på membranane.

Membranar

Levetid for membranane er eit vesent-leg punkt for driftsøkonomien i anleg-

ga. I den den første rapporten vår frå 1992 var levetida kalkulert til 5 år. Det ser no ut til at desse anslaga kan aukast vesentleg. Ved dei årlege tilsyna har anlegga oppnådd dimensjonerande produksjon ved testing og det tyder på at membranane er like gode etter 4 års drift.

Thorsen ved SINTEF meiner at det er realistisk å rekne 10 års levetid og vi har lagt dette til grunn i rapporten.

Driftskostnader

I tabellen på neste side har vi sett opp totale driftskostnader for det å driva sjølvemembrananlegget.

Avløps- problematikk

Eit membrananlegg vil ha to typar avløpsvatn:

- Konsentrat
- Brukt reingjeringsvatn

Konsentratet er dei 20-25 % av råvatnet som kontinuerleg går til avløp. Dette er vatn med ei oppkonsentrering av dei stoffa som blir fråskilt i reinseprosessen dvs. det som finst naturleg i vatnet frå før. For humus betyr det t.d. at med eit fargetal i råvatnet på 50 vil konsentratet ha eit fargetal på 200-250.

Brukt reingjeringsvatn er avløpet frå reingjering av membranane dvs. eit diskontinuerleg avløp som kjem ein gong i døgnet. Mengde er avhengig av anleggsstorleik og kan reknast til ca 1 liter pr m³ produsert pr døgn.

Konsentratet vil ikkje vera noko problem med mindre resipienten er svært liten. Problemet vil då i verste fall vera ei lokal misfarging.

Bruk reingjeringsvatn vil innehalda følgjande:

- Konsentrat
- Rensemjekum for membranane
- Svak klorløsing for desinfisering av membranane

Både klorløsing og rensemjekum vil bli fortynta i vatnet som er i anlegget. Begge deler vil ha ein maksimal konsentrasjon på 750-1000 ppm.

Rensemjekum er organisk, ikkje giftig, med nøytral pH og er 100% nedbrytbart.

Avløpsvatnet er undersøkt mellom anna av SINTEF. Konklusjonen er at dette ikkje er giftige stoff og i så svake konsentrasjoner at det normalt ikkje vil vera problematiske å sleppa til resipient.

Når ein vurderer avløpsproblema for membrananlegg er det viktig å samanlikna med disponible alternative prosessar for å gjera same jobben, ikkje eit teoretisk ideal. Samanlikna med t.d. ionebryting og direktefiltrering kjem eit membrananlegg svært godt ut.

For dei tre undersøkte anlegga har eitt avløp til sjøen, eitt til bekk og eitt infiltrerer i grunnen. Ingen stader er det registrert andre problem enn ei svak lokal misfarging på grunn av humus.

Miljøvernavdelinga har ikkje sett det som naudsynt at det blir søkt om utsleppsløyve for anlegga.

Eventuelle kjemikalier- restar frå vask av mem- branane i reintvatnet

Ved at det blir brukte kjemikalier i ein reinseprosess vil det alltid kunna på-

Driftskostnader

Kostnadselement	Eivindvik kr	Stad- landet kr	Vang- nes kr
Reingjøringsveske for membranane	16.000	16.400	10.500
Desinfiseringmiddel, natriumhypokloritt	3.000	3.200	2.100
Skifte av filterpatroner til patronfilter		6.800	4.500
Hovudvask, ein gong pr år	2.000	2.000	2.000
Årleg hovudservice, inkludert reise, opphold og deler for. kr. 3.500	13.000	13.000	13.000
Eige vedlikehald og tilsyn, ein gong pr. veka	14.000	15.200	15.000
Straumutgifter fødepumpe og sirkulasjonspumpe		20.300	16.500
Membranskift, 10 års levetid membranar, dagens pris	15.000	15.000	15.000
Totale friftsutgifter 15.000	63.000	91.900	78.600
Nøkkeltal anlegg			
Produksjonskapasitet anlegg m ³ pr år	165.000	175.000	95.000
Produsert vassmengd siste år m ³	117.000	70.000	
Einingskostnad kr/m ³	0,54	1,31	
Utnyttingsgrad produksjonskapasitet %	71	40	

- Vassproduksjonen på Vangsnæs er ikke kontinuerleg registrert.
- Utnyttingsgraden for Stadlandet er låg pga. overkapasitet innlagt på grunn av fiskeriverksemeld som likevel ikke blir forsyt fra anlegget.
- Levetida på membranane er no rekna til 10 år i samsvar med det som blir rekna med mellom anna av SINTEF. Prisane er rekna som dagens pris fordelt på 10 år. Prisane vil truleg gå ned framover og kompensera for ei eventuelt redusert levetid.
- Alle anlegga blandar no sjølv klor i staden for å kjøpa natriumhypokloritt levert i veskeform på kanner. Dette gir betre økonomi.
- Straumutgifter pumper er den einaste faktoren som varierer med produksjonen.
- Årleg hovudservice er belasta kvart anlegg fullt ut med reiser og overnatting. Med ei enkel koordinering av besøka på anlegga i fylket bør denne posten kunna reduserast vesentleg.

visast kjemikalierestar i reintvatnet. Det gjeld både om dei blir brukt direkte i prosessen slik som for direktesfiltrering eller som her på ein indirekte måte til reingjering og desinfisering av membranane.

I dette tilfellet blir det kun brukt kjemikalier i ein reingjeringsprosess når anlegget ikkje produserer reintvatn. Produksjonen står inntil prosessen er ferdig og membranane er skylla grundig med reintvatn. Først når dette er gjort blir produksjonen starta opp.

Med dei restkonsentrasjonar som i så fall kan påvisast, kan dette vanskeleg vera noko anna enn eit teoretisk problem. Spesielt dersom ein samanliknar med andre rensemetodar.

Når det gjeld mogelegheit for å doseera kjemikalier direkte i reintvatnet, så kan dette ikkje skje. Med dosering på råvasssida av membranane må det i så fall vera fysiske defektar på membranane. Vi kjenner ikkje til at dette nokon gong er rapportert.

I fall membranane er fysisk defekte vil det nødvendigvis bli oppdaga raskt fordi vasskvaliteten blir dramatisk forverra.

Kjemikalia frå vaskeprosessen brukta på dei tre anlegga vi har undersøkt vil ikkje vera farlege i ein slik situasjon og i verste fall gi usmak på vatnet.

Korrosjonskontroll

Korrosjonskontroll/stabilisering av vatnet er viktig for å halda vedlike leidningsnettet og unngå utløsing av stoff med negativ helseverknad frå røyrnett og husinstallasjonar.

Den vanlege måten å gjera dette på ved mindre anlegg dei seinare åra har vore ved bruk av marmor i kombinasjon med dosering av gassen karbondioksid (CO_2).

Ingen av dei tre undersøkte anlegga har ei vassbehandling som tek fullt ut omsyn til korrosjonskontroll/stabilisering av vatnet. Eivindvik filtrerer ein delstraum av reintvatnet gjennom eit enkelt marmorfilter utan tilsats av CO_2 -gass. Resultatet er ei viss heving av alkalisitet, pH og kalsium, men ikkje så mykje som ønskjeleg.

Problemet med alkaliske filter og CO_2 -gass er at dei har vorte for dyre i kombinasjon med membranfiltrering. Det er enno ikkje ferdig utvikla løysingar på marknaden som tek omsyn til at vatnet frå eit membranfilter er ekstremt reint.

Erfaringane frå Eivindvik viser at ein ikkje får utfelling av humus eller metall i eit marmorfilter etter membranfiltrering. Kanskje kan det utviklast eit alkalisisk filter spesielt tilpassa membranfiltrering. Eit enklare anlegg med ein akseptabel pris. Dette finst enno ikkje i marknaden.

Ein annan prosess som ser ut til å komma for fullt for korrosjonskontroll er dosering av "Vannglass". Prosessen er ny, men dei erfaringane som ligg føre ser svært lovande ut.

Prosessen er enkel og billeg og kan eigna seg i kombinasjon med membranfiltrering. Enno er det ikkje bygt anlegg med denne kombinasjonen, men det vil truleg skje i løpet av kort tid.

Konklusjonar

På grunnlag av oppfølgingsprosjektet kan vi trekka følgjande konklusjonar om anlegg for membranfiltrering av den typen som er undersøkt:

- Reinseprosessen er svært effektiv og gir eit svært stabilt reintvatn som varierer minimalt med kvaliteten på råvatnet.

- Resultat ein kan forventa

Koliforme bakteriar	0
Termostabile koliforme	0
Fargetal	< 5-10
Turbiditet	< 0,2
Jarn	5 µg

- Vårt materiale tyder på ein god effekt overfor mangan utan at vi kan gi konkrete tal.

- Membranfiltrering vil også vera effektivt mot ei rekke andre parametrar som ikkje er undersøkt spesielt i dette prosjektet.

- Anlegga viser ei uvanleg stabil drift som krev minimalt med tilsyn. Alle anlegga har gått utan avbrot sidan monteringa dvs. vel 4 år for to av anlegga og nesten 2 år for det tredje.

- Nødvendig tilsyn blir gjennomført som 1-1,5 timer ein gong for veka.

- Montering, igangkjøring og opplæring skjedde på 3-4 dagar.

- Den nye membrantypen oppnår full kapasitet ved 4 bar trykk mot 8 bar for dei eldste anlegga dvs. eventuell pumpekostnad går vesentleg ned i høve til tidlegare anlegg. Dersom anlegga kan drivast med gravitasjonstrykk blir driftskostnadene dermed låge.

- Dei nye membranane har ei maksimal overflatebelastning (fluks) på 18 l/m²*time mot 12 for dei gamle. Denne

er rekna ved ein temperatur på 1 °C.

- Overflatebelastning og nødvendig trykk for å oppnå dimensjonerande produksjon er svært viktige parametrar når ein skal vurdera nye anlegg. Dette er tilhøve som kjøpar må be leverandørar opplysa om når han hentar inn pris på anlegg.

- Membranane har full kapasitet etter 4 år på dei to eldste anlegga. Ut frå dette og erfaringar frå t.d. Trolla-anlegget reknar fagmiljøa no med ei levetid for membranane på minst 10 år.

- Utvinningsgraden for membranfiltrering kan ein rekna til 75-80% dvs. 75-80 liter reintvatn produsert pr 100 l råvatin.

- Eit membrananlegg vil utan tilleggsinvesteringar kunna setja i drift ei kontinuerleg eller eventuelt periodevis klostering av reintvatnet for å hindra bakterierevekst på nettet. Det vil kunna nyttast ein liten klordose utan risiko for smaksulemper på vatnet.

- Skikkeleg eigenkontroll med definerte og tilrettelagde uttakspunkt for vassprøver er viktig også ved membranfiltrering.

Litterurliste

/1/ Thorsen, T.: "Membranfiltrering av humusvann. En veiledning". SINTEF-rapport STF21 A93078, 1993.

/2/ Bolstad, M.: "Fjerning av humus ved bruk av membranfiltrering. Erfaringsrapport frå Stadlandet...", ISIS, september 1992.

/3/ "Membranfiltrering av humusvann. Veileddning og bruks-erfaring". Utarbeida for Folkehelsa ved SINTEF teknisk kjemi. Desember 1994.

/4/ Bolstad, M.: "Driftsoppfølging membranlegg". Rapport i Komtekprogrammet. ISIS, desember 1994.