

Muligheter og begrensninger ved membranfiltrering av drikkevann

Av Thor Thorsen

Thor Thorsen er seniorforsker ved SINTEF

Innlegg på fagtreff 26.feb. 2001

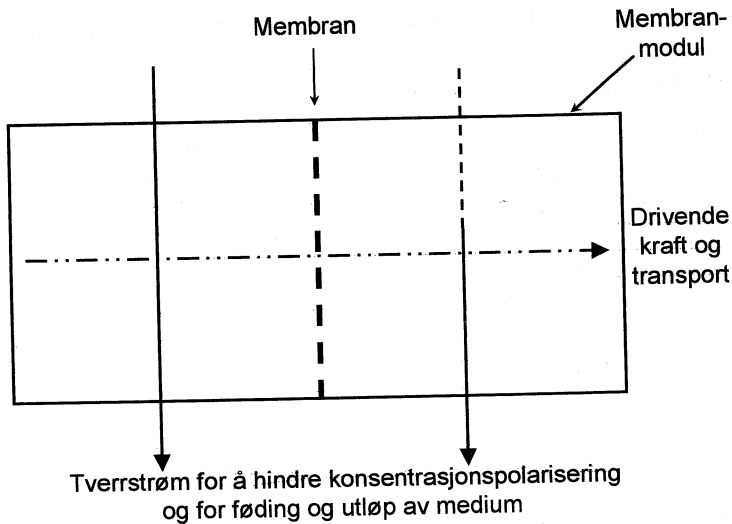
Membranfiltrering har i stort tempo blitt introdusert i norsk drikkevannsbehandling. Dette har skjedd på bakgrunn av gode erfaringer med de første anleggene som ble levert av ECS Fluidtec. Forsetter det slik er det et helt naturlig spørsmål om membranfiltrering kan løse alle problemer med drikkevannskvalitet. Vi har imidlertid en del variasjon i råvannskvalitet og kildetype som gjør det relevant å spørre om anvendelsesmuligheten virkelig er universell. Nedenfor skal derfor metoden belyses med en generell vinkling heller enn bare å omtale den vanlige anvendelsen, nemlig for typisk bløtt humusvann. Hovedpoengene blir hvilke prinsipielle muligheter som finns og hvilke begrensninger som gjelder.

Hva er membranfiltrering av drikkevann?

Membranfiltrering er en relativt ung separasjonsmetode som er realisert etterhvert som egnede membraner er

blitt tilgjengelige for ulike formål. Membraner er et industrielt spesialprodukt og produksjonen krever spesiell kompetanse innen materialteknologi og produksjonsteknikk samt produksjonsutstyr spesielt for dette formålet.

Membranfiltrering omfatter en hel gruppe separasjonsprosesser som har det til felles at de benytter membranen som den aktive komponent i separasjonen. Membranen er plassert som grenseflate mellom to reservoarer av gass og eller væske. Ved at den er permeabel for noen stoffer, men ikke alle, kan vi oppnå en separasjon ved at de stoffene som har høyest permeabilitet transporteres fra det ene reservoaret til det andre. For at dette skal kunne skje må det være en drivende kraft. Den kraften kan oppstå som følge av ulike tilstander i reservoarene selv, som for eksempel ulik konsentrasjon eller ulikt kontinuerlig medium, som væske og gass. Drivkraften kan også komme fra en ytre påvirkning som trykk eller elektrisk spenning som setter opp en gradient over membranen. Prinsippet er skissert i figur 1.



Figur 1. Felles virkemåte for ulike varianter av membranseparasjon.

Som det antydes i figuren vil man som regel sørge for at det er en god bevegelse av mediet langs membranoverflatene ved såkalt tverrstrøm. Dette er viktig for å hindre utarming eller opphopning ved overflatene av de stoffer som passerer gjennom

membranen. Det vil redusere separasjonseffektiviteten.

Å beskrive alle former for membranseparasjon er ikke naturlig her. Tabell 1 gir en kort oversikt over de metodene som er mest aktuelle i drikkevannrensing.

Metode	Porer, nm	Drivkraft	Stoffer som filtreres fra
Revers osmose, RO	Ca. 0,5	20 – 70 bar	Små molekyler/ioner
Nanofiltrering, NF	0,5 – 1,0	15 – 50 bar	Middels molekyler/ioner
Ultrafiltrering, UF	1 – 50	2 – 10 bar	Store molekyler, > 1 kD
Mikrofiltrering, CMF ¹⁾	50 – 5000	0,5 – 2 bar	Synlige partikler, > 0,1 µm
Elektrodialyse, ED	gel	1-3 volt/celle	Ioner

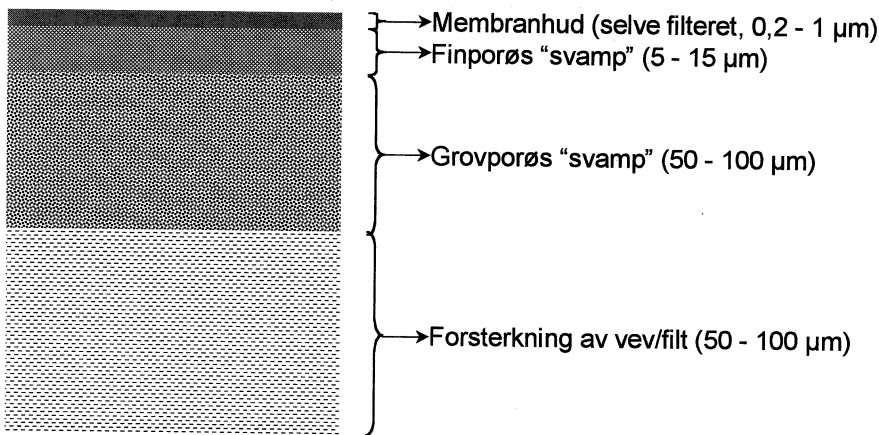
Tabell 1. En oversikt over membranseparasjonsmetoder (etter Mulder, 1996)

Trykk er den vanligste drivende kraft for metodene i tabellen, bare ED (elektrodialyse) drives av elektrisk likespenning. Alle metodene i tabellen har tverrstrøm. For ED er det gjennomstrømning på begge sider av membranen, mens de andre metodene bare har utstrømning på rentvannssiden. Membranene for de ulike meto-

dene er forskjellige. Det gjelder både graden av porøsitet og hvilke materialer som brukes. Mest brukt er ulike plastmaterialer, men både keramer, glass, grafit mm kan brukes. Det er et spørsmål om kjemiske og andre toleranser, men også pris. Det er nærliggende å konsentrere seg om de mest aktuelle metodene, som er de

med trykk som drivende kraft. For disse brukes hovedsakelig asymmetriske membraner med økt

porøsitet mot rentvannssiden, spesielt for UF, RO og NF, se figur2.



Figur 2. Snitt av typisk asymmetrisk membran. Noen CMF-typer er annerledes.

Vi spør om membranfiltreringens muligheter og begrensninger innen drikkevannsbehandling. Det er praktisk å starte med en definisjon av drikkevannsfiltrering. For å være litt vidt synlig velger vi å la begrepet innbefatte all filtrering av vann for å gjøre det egnet til en gitt anvendelse.

Om å tenke fritt.

Dersom vi har en idé om bruk av membraner i en ny type drikkevannsbehandling er vi avhengig av om det finnes en egnet membran som et kommersielt produkt, eller å kunne utvikle en ny. Membran-produsentene har ofte nok med å produsere membraner – det er vanskelig nok i seg selv. For nye anvendelser trenger vi en dialog med folk som kjenner membranfiltreringens muligheter. Vi må forstå hvordan membranene fungerer, hvilket råvann vi har og hva hensikten

med behandlingen er. Effektiv nyttenkning med hensyn til membranfiltrering bør ikke henge seg opp i hva metoden brukes til i dag.

En annen viktig regel er at en ikke skal låse seg til membran-spesifikasjoner. Dette kan være hemmende. Et enkelt eksempel er pH-toleranser, det har relevans både til kontinuerlig bruk og membranvaskemidler. En membran av celluloseacetat (CA) har gjerne oppgitt en maksimal pH i kontinuerlig bruk på 7,0. Men vi må kanskje utsette membranen for pH=8. Siden CA har andre fordeler, hva er konsekvensen av å bryte toleransen? Toleranser er knyttet til produktgarantier. En ny anvendelse vil sjelden bli fulgt opp med nye anlegg om det viser seg at membranen overraskende går i oppløsning like etter garantitidens utløp. En pH-toleranse er bestemt av at membranen ikke skal

reduseres merkbart innen normal levetid. I lavkost-anvendelse vil det si om lag 50000 driftstimer.

I drikkevannsrensing er den viktigste konsekvens av gal pH (f.eks. 8) at membranens permeabilitet for oppløst stoff øker med kanskje 50% over tid. Det kan bety at renseseffekten synker fra 95 til 90%. Men hva betyr dette? Om kravet til renseseffekt er 90% kan vi starte med en membran som gir 95% og etter 50000 timer vil den fremdeles gjøre jobben sin. Forskjellen i kostnad og driftsbetingelser mellom membraner som gir 90 eller 95% retensjon er ubetydelig. Vi bør også spørre om det er økonomisk nødvendig at membranene holder i 50000 timer. Kanskje er det akseptabelt at de skiftes etter 30000 timer.

En annen løsning kan være at man kontakter produsenten og spør om de ikke har en CA som virkelig tåler pH=8 godt i 50000 timer. Man kan da få til svar at det lager de ikke, men de laget det før en gang. Hvis den nye anvendelsen er stor og interessant nok, ja så slipper men kanskje å være livredd for at retensjonen skal falle til bunns. Dette var et enkelt eksempel. Det skal nevnes at det finnes membraner til overkommelig pris for pH-verdier fra 0 til 13! Men det egentlige budskapet er at membranfiltrering har så mange potensielle anvendelser at vi bør være spesielt oppmerksomme på å unngå vanetenkning -- bare fantasien setter grensene. En annen sak er at det finnes praktiske begrensninger.

Generelle fordeler.

Det kan lett argumenteres at mem-

branfiltrering har mange fortrinn som gjør metoden godt egnet til et universelt redskap i framtidig vannbehandling:

- Eneste tekniske metode som filtrerer uten bruk av hjelpekjemikalier under 1 µm.
- Det oppstår lite avfalls- eller biprodukter som et resultat av bruken.
- Naturlige stoffer som filtreres bort blir ikke endret ved kjemiske eller biologiske reaksjoner.
- Rensingen kan drives kontinuerlig – det er ingen akkumulering av stoffer i anlegget, men membranene må renses av og til.
- Renseeffekten er stabil og pålitelig over tid.
- Krav til bemanning er vanligvis lavt.
- Energiforbruket er vanligvis lavt.
- Den generiske karakteren kan muliggjøre en rasjonell oppfølging fra leverandørene fordi de kan basere opp sin virksomhet på flere typer anvendelse.

Dette kan virke som en ønskeliste for framtidsrettet og miljøvennlig filtreringsteknikk. Vi skal for all del ikke prøve å ødelegge den profilen. Men som ved all teknologi kommer en rekke faktorer inn i bildet som begrenser bruksmuligheten. Disse faktorene dukker som regel opp undervegs når en nærmer seg en praktisk teknisk løsning.

Noen iboende svakheter ved membranfiltrering.

Hvis metodene har så mange positive sider at kan man undres over at de

ikke er mer utbredt. Det er nevnt at teknologien er ung. Membranfiltrering i teknisk anvendelse har hovedsakelig oppstått de siste 25 år. Metoden har da et handikap fordi det fantes tekniske løsninger før den gjorde sitt inntog. Det er ikke urimelig å forvente at det vil gå 10 - 20 år fra man påpeker membranfiltreringens fortreffelighet til den blir akseptert i en hel bransje. Frykten for det ukjente stikker dypt.

Membranfiltreringens svakheter omfatter driftstekniske problemer man må være forberedt på. Men det gjelder også at forslag til tekniske anlegg må omfatte helhetlige løsninger. Medfører bruk av membraner andre tiltak, må disse med i regnestykket. Også fundamentale begrensninger finnes, f. eks. maksimal oppkonsentrering. Fluksen av vann gjennom membranen er drevet av trykk (transmembrantrykk, TMP). Følgende likning sier at fra dette trykket må en trekke det osmotiske trykk, π :

$$J_v = A \cdot (TMP - \Delta\pi) \text{ der } \Delta\pi = n \cdot R \cdot T \cdot \Delta c$$

(A =vannpermeabilitet, n er antall dissosierende partikler/ioner, R =gasskonst., T =abs. temp., c = kons.)

Det osmotiske trykket vil begrense fluksen. Membranen har en maksimal toleranse med hensyn til trykk, som er ca. 70 bar for RO og NF, 5 – 20 bar for UF og 2 – 10 bar for CMF. Derved vil prosessen stoppe opp ved en gitt konsentrasjon. Dette et problem bare for RO og NF ved avsalting av sjøvann og grunnvann/brakkvann med et saltinnhold over ca. 5 g/l.

For disse anvendelsene vil maksimal vannutnyttelse bli begrenset. For sjøvann vil det si til 25 - 30% i enkle anlegg. Dette kan presses til vel 40%, men da oppstår et annet problem, nemlig utfelling av kalkforbindelser. Dette må løses ved surgjøring av råvannet eller tilsats av kompleksbinder (fosfat, citrat e. likn.). Dette er selvsagt en stor ulempe, som langt på veg ødelegger metodens "kjemikaliefrie" profil. Men det er normalt ikke så store mengder som skal til at det blir et økonomisk problem. Membranen vil holde tilbake disse tilsatsene, så de havner ikke i drikkevannet.

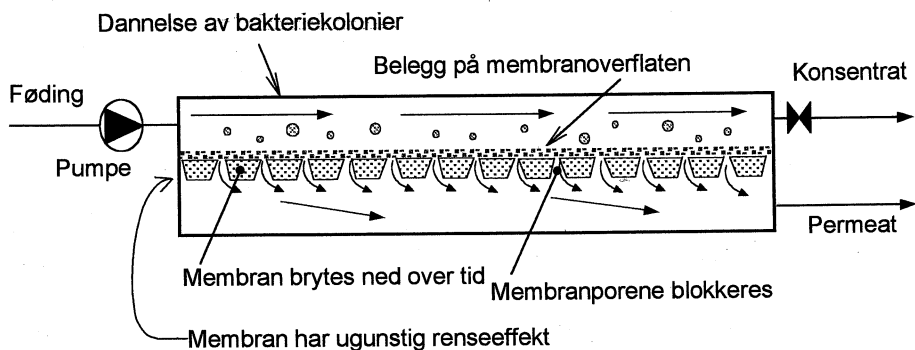
Det samme problem vil også kunne oppstå ved filtrering av grunnvann eller overflatekilder med spesielt høyt kalkinnhold. En må i slike tilfelle regne ut hvor mye slike stoffer blir oppkonsentrert. Ved 75% gjenvinning, det vil si drikkevannsmengde i forhold til råvannsmengde, vil kalkforbindelsene havne i et vannvolum som er 25% av råvannet. Det vil si at konsentrasjonen er øker fire ganger. I tillegg må en legge på ytterligere 20% for konsentrasjonspolarisering på membranoverflaten. For slike vannkilder må faren for utfelling på membranen beregnes ut fra råvannsanalysen og kjemiske likevektsdata. En utfelling av kalsiumkarbonat kan komme som lyn fra klar himmel og blokkere membranene fullstendig!

For UF og CMF vil maksimal oppkonsentrering ikke begrenses av osmotisk trykk, i meieribransjen kan man oppnå flere hundre g/l for melkeprodukter. I slike tilfelle blir modultypen, det vil si utformingen av kanalene av betydning (rørmembraner, plate-ramme

membraner m.v.). Det er viktig, og det gjelder alle membranformene, at partikler som er større enn tverrstrømskanalens dimensjoner fjernes ved forfiltrering. Dernest må ikke fibrøst materiale tilføres kanaler med kompliserte strømningsbrytere som i spiralmoduler.

Figur 3 viser en oversikt over praktiske problemer som er vanlige og set-

ter begrensninger på anvendelsen. De vil ikke nødvendigvis utelukke en anvendelse, men de illustrerer utfordringer som må løses ved spesielle tiltak. Dessuten bør det gjøres forundersøkelser som et pilotstudium over noen måneder for nye eller spesielle råvannstyper.



Figur 3. Viktige utfordringer som må løses i et anlegg med membranfiltrering.

Sannsynligheten for at en partikkel skal medvirke til dannelse av et belegg på membranen er en hårfin balanse mellom transport mot membranoverflaten med fluksen og bort fra overflaten ved diffusjon. Denne balansen er meget ugunstig for partikler mellom 0,2 og 2 μm , slik at fødingens innhold av slike partikler er viktig. Selv for naturlige vannkilder med svært lav konsentrasjon av slike partikler, ofte rundt 1 mg/l, er belegg et problem. Problemet vokser med konsentrasjonen opphøyd i bare 0,2.

Beleggdannelse er det dominerende problem ved dagens membranfiltreringsanlegg. Den skaper behov for regelmessig kjemisk rensing eller

hovedvask av membranen. I noen tilfelle kan råvannet på grunn av spesiell sammensetning gi uventede store beleggproblemer. Foruten disse praktiske problemene, gjør beleggfare at en må drive anleggene langt under sine maksimale kapasitet. Det skyldes at beleggdannelsen er svært avhengig av fluksen (l/m^2 membranareal og time), som derfor må holdes under en maksimal verdi for å unngå at problemet blir for stort. Denne verdien er omlag halvparten av maksimal membrankapasitet for vanlige humusanlegg.

For å unngå at belegg akkumuleres over tid må altså membranen rengjøres. I dag brukes en kjemikaliemengde

tilsvarende 2 – 5 g pr. m³ rensed vann. Men ingen kjemikalier skal havne i drikkevannet. De skylles ut av anlegget etter en rengjørings-syklus. Kjemikaliebruken trenger ikke være et stort økonomisk eller miljømessig problem. Men det er ønskelig å søke bedre løsninger enn bruk av kjemikalier. De mest aktuelle er:

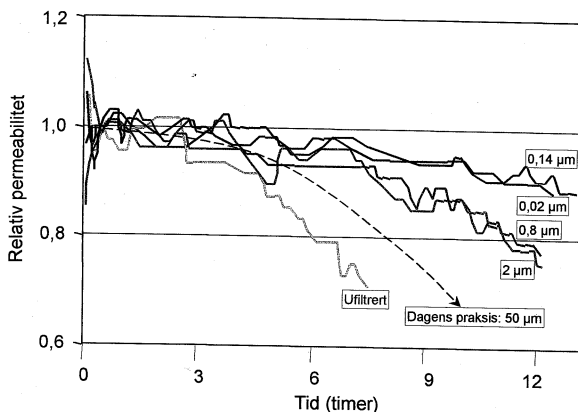
- Bruke en membranmodulform som gir minst mulig belegg.
- Bruke et membranmateriale som gir minst mulig belegg.
- Bruke en driftsform som gir minst mulig belegg.
- Fjerne de kritiske partiklene for beleggdannelse før membran-anlegget.

Beleggdannelse har vært et problem fra membranteknikkens barndom. Derfor må vi regne med at de modultyper som er på markedet er optimalisert. Derimot kan det være aktuelt å velge den ene typen framfor den andre. I drikkevannsbehandling er det på verdensbasis spiralmoduler og kapillær-moduler som dominerer. Kapillærmodulen har den fordel at den kan tilbakespyles. Det kan brukes til å begrense beleggdan-

nelsen. Men i utgangspunktet er beleggdannelseshastigheten større i kapillærmoduler enn i spiraler. Det vil jeg komme tilbake til i en kommende artikkel i tidsskriftet VANN.

Valg av membranmateriale er viktig. De beste typene har en hydrofil overflate. I norske anlegg for humusvann har visse CA-typer vist seg å ha gode egenskaper. Men andre materialer kan være like gode eller bedre. Å bruke driftsformen til å bekjempe belegg vil normalt si å øke tverrstrømhastigheten for å gi bedre "spyling" av membranen. Men dette gir begrenset effekt for humus og trykktapet langs membranen øker. Derved øker energiforbruket og det drivende trykket (TMP), og fluksen, blir ujevnt fordelt langs membranen, spesielt for UF og CMF.

Den tredje muligheten er forfiltrering for å fjerne kritiske partikler. Det er vist i en ny dr.gradsstudie av forfatteren at disse partiklene trolig har en hydrodynamisk diameter i området 0.2 – 2 µm, som nevnt ovenfor. For å bekrefte dette gjøres for tiden forsøk for NFR ved SINTEF. Figur 4 viser et foreløpig resultat.



Figur 4. Reduksjon av membrankapasitet over tid ved ulike forfiltrering (akselerert).

Vi ser av figuren at det er en klar forbedring ved gradvis finere filtrering. I norske anlegg er det vanlig å benytte 50 µm silfiltre. Disse vil ligge mellom "uffiltrert" og 2 µm i figuren, trolig om lag midt mellom. Det ser ut til at selv 0,8 µm forfiltrering ikke gir en fullgod løsning, selv om beleggdannelsehastigheten synker med 30 - 40% i forhold til dagens praksis. Hvis vi går til 0,14 µm har vi halvert hastigheten. Reduksjonen av permeabilitet kan her delvis skyldes andre forhold. Dette må avklares i lengre forsøk. Slike er planlagt i år. Enda finere forfiltrering synes ikke å gi ytterligere bedring. Riktig forfiltrering kan derfor gi en betydelig reduksjon i beleggannelsen. Problemet er at det ikke finnes silfiltre

under ca. 10 µm som er praktiske og økonomiske. Sandfiltre har dessverre ikke spesielt god effektivitet i det kritiske området. Her trengs derfor nytenkning.

Prinsipielle muligheter innen vannbehandling.

Det er på tide å se på konkrete muligheter med membranfiltrering. Vi kunne svare ved å gå igjennom tekniske løsninger for et antall mulige anvendelser. Men det var ikke meningene her å diskutere anleggsutforming. I stedet kan det være givende å se på en enkel oversikt over alle mulige anvendelser. Dette er gjort i tabell 2. Her er det valgt ut et antall praktiske vannkilder som er satt opp mot et antall brukere.

Tabell 2. Anvendbarhet av ulike behandlingsmetoder 1)

Vannkilde	Viktigste parametre ¹⁾	Vannbruker				
		Drikkevann ³⁾	Drikkevarer + næringsmid. industri	Annen industri ⁴⁾	Industri, m/ spes. krav (elektronikk, medisinsk)	Annen ukritisk ⁵⁾
Sjøvann	s, n, p, i	E/D, O	E/D/F, O	E/D, O	E/D/I/F, O	E/F, O
Brakkvann	s, n, p, i	E/D, O	E/D/F, O	E/E, O	E/D/I/F, O	E/F, O
Grunnvann	s, n, p	E/D, I/D, N	E/D/F, I/D, N	E/D, I/D, N	E/D/I/F, I/D/F, O	F, M
Vann/elv, myr/skog	n, p, i	K, I/D), U	K/D/F, I/D, U	K/D, I/D, U	K/D/I/F, I/D, O	K, I, U
Vann/elv, urbant omr.	n, p, i, m	K/A, I/D, U	K/D/A, I/D/A, U	K/D, I/D, U	K/D/I/F, I/D, O	K, I, M
Vann/elv, fjell	p, i, m, b	K, I/D, U	K/D/F, I/D/F, U	K/D/F, I/D/F, M	K/D/I/F, I/D, O	F, M
Takvann	i, m	A/D, O	-	-	-	-

1) I=ionebytter, A=aktivt kull, K=kjemisk koagulering, F=sandfilter el. mikrosil, E=elektrodialyse, D=desinfeksjonsmetoder (klor, ozon, UV etc.)

Membranseparasjon: O=RO, N=NF, U=UF, M=CMF

2) s=salter, n=naturlig org. matr. (humus), p=partikler generelt, b=breslam

i=bakterier, virus og parasitter, m=mikroforurensninger

3) For drikkevann gjelder at behandlingen må utgjøre én hygienisk barriere, det kreves en barriere til, som kan være beskyttelse av nedslagsfelt eller teknisk desinfeksjon.

4) Generell vannforsyning til kjemisk og annen industri uten spesielle krav.

5) Vaskeprosesser mm.

Tabellen viser kombinasjoner av metoder som kan oppfylle kravet om renseeffekt. Kombinasjonene er angitt med store bokstaver. Alle metodene har kun en bokstav. Bokstaver med skillestrekk viser at det er nødvendig med flere metoder i kombinasjon. Ulike former for membranfiltrering (jfr. tabell 1) er angitt uthevet og i kursiv på andre linje i cellene i tabellen, se fotnotene. Det forutsettes at membranlegg inkluderer tiltak for å hindre belegg og blokkering. I norske anlegg for avsalting (RO) og behandling av overflatevann vil det si et sandfilter og/eller et silfilter.

En slik tabell kan diskuteres, men viser at membranfiltrering er den eneste metoden som kan kalles universell. Ved å velge egnet membran kan alle separasjonsoppgavene løses i ett trinn for alle anvendelsene. Anleggene kan i stor grad være ganske konvensjonelle og den viktigste forskjell vil være driftstrykket (TMT). Av modultypene kan spiralmoduler brukes i alle tilfellene.

Renseeffekt.

For å være litt konkret med hensyn til nye praktiske muligheter kan det være nyttig å se raskt på aktuelle vannparametre:

Humus, farge og TOC: Det er demonstrert med all tydelighet i mange norske anlegg at disse parametrene kan reduseres tilstrekkelig (tett UF-membran eller NF).

Hygienisk barriere: En rekke undersøkelser i mange land viser at membranfiltrering trolig er den mest effektive og generelle barrieren, dvs for alle smittestoffer (membraner med

molvekttcutoff på 100 kD, midt i UF-området, eller lavere).

Synlige partikler (>0,5 µm, turbiditet): Membraner med poreåpning mindre enn ca. 0,2 µm (CMF) gir så godt som 100% renseeffekt.

Mikroforurensninger, lukt og smak, organiske pyrogener: Svært avhengig av hvilket kjemisk stoff det dreier som om. Membraner filtrerer etter partikkelstørrelse ned til små molekyler eller ioner (jfr. avsalting av sjøvann). For enkelte organiske forbindelser (PAH o.likn.) er løseligheten i vann høyere enn akseptabel konsentrasjon. De fleste kan taes av RO-membraner av PA-type. Men forurensningens kjemiske type må bestemmes for valg av membran. En kombinasjon med aktivert karbon for permeat gir en god totalløsning. Karbonet vil bli meget lavt belastet.

Tungmetaller, salter, uorganiske pyrogener: Større molekyler og spesielt multivalente ioner som tungmetaller er ikke noe problem for RO og de fleste NF-membraner. For pyrogener må kjemisk type bestemmes før membranvalg, men vil da normalt fjernes effektivt.

De fleste aktuelle parametre kan plasseres i en av disse gruppene. Derved er vel spørsmålet om membranfiltreringens generelle muligheter besvart positivt. Det står ikke på mulighetene, men erfaringene og referansene ("proven technology"?). Felles for alle mulige anvendelser er de svakheter, eller utfordringer, som er omtalt tidligere. Det gjelder faren for utfelling av kalk og kritiske partikkelstørrelser som gir belegg og behov for membranvask og redusert langtidskapasitet.

Behov og realisme

Det er en faktor som er avgjørende for all teknisk realisering, og det er økonomisk realisme. Hvis en teknologi ikke blir billigere for brukeren enn alternative løsninger, inklusive et delvis nedbetalt eksisterende anlegg, da blir det som regel ikke noe av. Hvis membranfiltrering tenkes innført for å dekke et rensebehov er det nyttig å foreta et estimat over kostnadene ved bruken, vel å merke etter at idéen er unnfanget og en teknisk løsning er skissert. Det essensielle er at det er et behov for å ta metoden i bruk. Her er noen forslag til en sjekklister for en behovsundersøkelse:

- Er det praktiske problemer (driftsstopp, bemanning etc.) ved eksisterende løsning?
- Kan kostnader til kjemikalier etc. reduseres med membranfiltrering?
- Vil kommende krav til vannkvalitet gjøre dagens metode uegnet eller dyrere?
- Ingen annen metode kan klare oppgaven?
- Annen renseteknikk må forlates p.g.a. miljømessig uakseptabelt utslipp eller avfall?

Membranfiltrering vil ikke være spesielt økonomisk ugunstig, særlig hvis en tar hensyn til andre fordeler ved metoden, som stabil vannkvalitet og lav bemanning. Selv meget store anlegg kan bli aktuelle ($> 20000\text{m}^3/\text{d}$), spesielt hvis en bedre forfiltrering kan finnes. Det er også lett å framheve mange andre gode egenskaper, som nevnt. Den tekniske løsningen ser fortreffelig enkel ut på papiret. Men det er altså en rekke begrensede fak-

torer. Når en potensiell teknisk løsning synes mulig, må en også forholde seg til forhold som:

- ? Økonomisk realisme: Finner det gammelt og kjent utstyr som "virker".
- ? Er de økonomiske og praktiske fordelene med membranfiltrering tydelig og stor nok.
- ? Frykten for det ukjente: Kan det sannsynliggjøres at membranfiltrering er "bra".
- ? Kan eieren overbevises om at en pilotforsøk er nødvendig i en ny anvendelse.
- ? Finnes det kvalifiserte membran-teknologer som kan bistå.

Det siste spørsmålet er ikke det minst viktige. Den "farlig" enkle løsningen på papiret kan vise seg å romme store langtidspblemer. De er nesten alltid knyttet til beleggdannelse på membranene og redusert kapasitet over lang tid.

Hvis vi skal si noe mer om framtidig bruk av membranfiltrering, må det bli at det står på utprøving, erfaring og tilgjengelig kompetanse. Man kan ikke forvente at alle nye løsninger kan kjøpes ferdig. Enten vi vil det eller ei er anvendt forskning en forutsetning for framskritt.

Det bør også nevnes at membranfiltrering har et spesielt potensiale for gjenbruk av vann. For industri og annen virksomhet kan det ha en bevarende effekt på vannressursene og også med hensyn til andre ressurser. Det gjelder f. eks. gjenvinning av vannvarme, ev. kombinert med gjenvinning av kjemikalier mm. i industrien. Økt pris på vann, avløp og energi vil ofte gjøre slik gjenvinning

lønnsom. Bare membranseparasjon blant separasjonsmetodene kan sies å ha et universelt potensiale her.

Konklusjoner.

- Membranfiltrering har potensiale til å bli et universelle redskap innen vannbehandling.
- Brukspotensialet er imidlertid mye større enn den anvendelse vi ser i dag.

- Metoden er fremdeles ung og ofte må brukerens frykt for det ukjente overvinnes.
- Membranbelegg er stadig det viktigste problem. En bedre løsning på forfiltrering av kritiske partikkelstørrelser er ønskelig.
- Ny anvendelse (ulike råvann, økt vannkvalitetskrav) krever kvalifisert utprøving.