

# Mindre overflatevannverk med utradisjonell behandling

Av Finn-Åge Søråsen.

Finn-Åge Søråsen er siv.ing. og daglig leder av NT Consult AS, Steinkjer.

*Innlegg på seminar i Norsk Vannforening 8. nov. 1993.*

## 1. Innledning

De mest vanlige vannbehandlingsprosessene for typisk overflatevann er først og fremst utviklet for store og middestore anlegg, og er ikke bestandig like teknisk-økonomisk velegnet for små anlegg. De aktuelle prosessene forutsetter tilsetning av flere kjemikalier og forholdsvis omfattende driftsoppfølging. Dette er vanskelig å gjennomføre ved små anlegg, og i det siste 2—3 år har flere alternative metoder blitt presentert. Dette innlegget tar for seg en kort og skjematisk beskrivelse og sammenligning av 3 ulike prosesser som bør være velegnet for mindre anlegg. Metodene er videre sammenlignet med en mer konvensjonell prosess.

## 2. Avgrensning av tema

De anleggene som er vurdert har dimensjonerende kapasitet i området 2 l/sek — 10 l/sek. Vurderingene og konklusjonene skulle imidlertid være gyldige for anlegg i størrelsesorden 100—2000 pe tilsvarende en dimen-

sjonerende vannmengde (maksimaldøgn) på 1 l/sek — 15 l/sek.

Som overflatevann er det valgt en vannkvalitet som er typisk for Trøndelag og med følgende karakter:

Fargetall	>25 mg Pt/l
pH	<7,0
alkalitet	: for lav
kimtall	: periodevis for høyt
E-coli	: påvises i enkelte prøver

Begrepet *utradisjonell* vannbehandling betyr her behandlingsprosesser som er brukt i et fåtall anlegg i full skala, og med kort eller ingen driftserfaring.

Med dette som utgangspunkt er følgende prosesser sammenlignet med direktfiltrering:

- ionebytting
- membranfiltrering
- langsamfiltrering med forozonering

Sammenligningen er basert på konkrete tilbud på anlegg som er hentet inn på vegne av vannverk og kommuner i Trøndelag. Anleggene er på forprosjektstadiet.

### 3. Kort beskrivelse av vannbehandlingsprosessene

#### 3.1 Ionebytting

Humus i vann har ioniske egenskaper, dvs. den bærer en negativ elektrisk ladning på overflaten. Derfor kan humus bindes til et fast medium ved elektrostatiske krefter når det finnes positive elektriske ladninger på dette mediets overflate. Prosessen kalles ionebytting fordi andre ioner, som før var bundet til medieoverflaten, samtidig må fortrennes. Den negativt ladede humusen bytter altså plass med andre negative ioner, som regel klorid- eller hydroksylioner.

Ionebyttermidiet lagres som regel i en filterseng i lukket stålbeholder. Det er viktig at vannet er partikkelfritt før det ledes til ionebytteren, og det er vanlig med forbehandling i sil eller sandfilter.

Etter en tids drift er kapasiteten i ionebytteren oppbrukt og den må regenereres. Til regenerering benyttes en alkalisk koksaltoppløsning med 2% lut (NaOH) og 10% koksalt (NaCl). Nøytralisering av avfallsløsningen (brukt regenereringsvæske) kan skje med saltsyre (HCl).

Under regenereringen fjernes avsatt humus, og den delen av regenereringsløsningen som inneholder mest humus fjernes. Slik brukt regenereringsløsning har svært høy pH og inneholder koksalt og humus.

Meråker Vannverk satte i drift sitt ionebytteranlegg våren 1992 og erfaringene så langt er gode. Generelt er det lite driftserfaring med prosessen.

Selve ionebytteprosessen er forholdsviss uavhengig av pH, og det vil derfor være tilstrekkelig å justere pH etter ionebytteren. Naturlig kjemikalievalg vil da være lut. Erfaringer viser

imidlertid at tilsetning av mikronisert marmor ( $\text{CaCO}_3$ ) kombinert med forbehandling i sandfilter gir godt resultat, og denne metode er valgt her.

Følgende dimensjoneringskriterier er lagt til grunn ved utforming av anleggene:

Filterhastighet ionebytter	12—15 m/h
Sykluslengde	150—200 timer
Regenereringstid	30 min.
Skylletid	60 min.
Regeneringsvolum	3 x filtervolum

Ionebytteren bygges opp med to filtertanker i serie.

#### 3.2 Membranfiltrering

Generelt forklart er membranfiltrering en separasjonsprosess der vann og oppløst stoff pluss artikler skilles ved at vannet passerer en semipermeabel (finperforert) membran.

Vannet presses gjennom membranen ved trykk og på tvers av strømningsretningen, samtidig som fraseparerte partikler og oppløst stoff konsentreres opp i restvannstrømmen parallelt med membranen og ut av anlegget. Membrantypen (porestørrelsen) velges etter hvilke stoffer som ønskes fjernet fra vannet. Humusen danner store molekyler, og membraner for ultrafiltrering, det vil si poreåpning ca. 0.000001 mm velges. Disse arbeider under et trykk på 5—7 bar.

Membranfiltrering med slik humusmembran fjerner opp mot 90% av humus (farge), og 100% av bakterier, virus, alger og partikler.

Selve membranene finnes i en rekke utførelser bygd opp etter modulsystem som monteres inn i en trykkbeholder, som regel i et rør.

En del av materialet som separeres fra vil sette seg i filteroverflaten og grad-

vis føre til igjentetting. Membranene vaskes rutinemessig 1 gang pr. døgn med nøytralt vaskemiddel. Vaskemiddelet inneholder salter, men ikke tensider (såpe). I tillegg til vaskemiddel tilsettes små mengder (20—25 ppm) natriumhypokloritt til vaskevannet.

Membranene har også begrenset levetid og må ofte skiftes etter 3—5 år.

Membranfiltrering (omvendt osmose) er mye brukt til avsalting av sjøvann. Det er bygd 3—4 mindre anlegg i Norge beregnet for humusfjerning. Driftserfaringene etter 1—2 år er gode.

Følgende dimensjoneringskriterier er lagt til grunn for anleggene:

Fluks gjennom membran	0,015 m/h
Utvinningsgrad	77%
Vasketid	1 time
Sykluslengde	24 timer
Driftstrykk (trykkatap)	5—7 bar

Membranfiltreringsanlegget bygges opp som 1-trinns anlegg. Som forbehandler settes inn selvensende trykksil. Vaskerutinene styres av tidsur og er fullautomatisert.

### 3.3 Langsomfilter med forozonering

Langsomfiltrering er isolert sett en av de enkleste og mest pålitelige vannbehandlingsprosessene. Prinsippet er at vannet beveger seg langsomt gjennom ei filterseng av fin sand. I det øverste filterlaget vil biologisk aktivitet i form av aerobe mikroorganismer omdanne/nedbryte organisk materiale, bakterier, virus m.m. I tillegg vil uorganiske forurensninger fjernes ved filtrering.

Etter en viss driftstid må filteret renses som følge av tiltetting. Renshyp-pigheten vil ha stor innvirkning på driftskostnadene.

Humusmolekyler er tungt nedbrytbare og vil normalt ikke kunne fjernes i større grad i et biologisk filter. For å omdanne humus til lett nedbrytbart organisk materiale, er det derfor nødvendig å oksydere humusmolekylene. Til dette formål er ozon best egnet.

Prosessens vil derfor bestå av langsomfiltrering med forozonering. Ozonering fjerner farge, mens sandfilteret fjerner org./uorg. materiale.

Langsomfiltrering egner seg godt som prosess i varmere klimastrøk etter-som biologisk aktivitet øker ved høyere temperaturer.

I Norge vil et slikt anlegg måtte overbygges. Dette gir ekstrakostnader, og er en viktig årsak til at prosessen er lite benyttet i områder med kaldt klima.

Senere års forskning og utvikling av metoden (i Sveits, Nederland, England) har imidlertid gjort prosessen mer interessant også på våre breddegrader.

Langsomsandfilter vil være mindre ømfintlig enn alternative renseprosesser mht. turbiditet i råvann.

Da det i kortere perioder kan forekomme høyt partikkelinnhold som gir økt tiltetting og trykkfall i filteret, er det likevel forutsatt biologisk forfilter (neddykket) som spyles regelmessig.

*Ozon (O<sub>3</sub>)* er et meget kraftig oksydasjons- og desinfeksjonsmiddel. Gassen har en blålig farge og er svært giftig. I Mellom-Europa er ozon det dominerende oksydasjons- og desinfeksjonsmiddel.

Ozon er en ustabil gass og kan ikke lagres. Den må derfor produseres på stedet. Prinsippet er at tørket luft ledes mellom to elektroder hvor det skjer en stille elektrisk utlading av oksygen.

Dimensjoneringen er foretatt ut fra generelle erfaringstall vesentlig basert på utenlandske erfaringer.

### Dimensjoneringskriterier:

Filteroverflatebelastning $v_f = 0,2$ m/h
Ozonforbruk 4—5 mgO <sub>3</sub> /l
Kontaktid ozon-råvann 1 time

Filteret bygges opp som åpent nedstrøms sandfilter.

Råvannet tilsettes ozon produsert i ozongenerator på stedet. Ozonert vann ledes til kontaktkammer og videre til forfilterkammer. I forfilteret foregår biologisk aktivitet og en del humus/organisk stoff fjernes. Etter forfilter ledes vannet til langsomsandfilteret hvor videre nedbryting av organisk materiale og fjerning av partikler skjer. Flytskjema er vist i fig. 1.

Som filtersand benyttes naturlig sand med effektiv kornstørrelse  $d_{10} = 0,15-0,35$  mm og graderingstall  $d_{60}/d_{10} = 1,5-5,0$ . Under filtersanden legges et dreneringslag av elvegrus eller vasket finpukk med kornstørrelse  $d_{10} = 3-6$  mm. I gruslaget legges perforerte PVC-rør for oppsamling av rensset vann.

Når trykkfallet over filteret blir for høyt fjernes det øverste sandlaget/biolaget. Filteret er delt i 2 parallelle linjer slik at ett filter drives med dobbel

belastning mens ett rengjøres og ny biofilm etableres. Alternativt til å fjerne det øverste sandlaget, kan det legges ut matter av fiberduk som fjernes og vaskes eller erstattes med nye.

Filterbassenget utstyres med galge/heisesystem for fjerning av sand/filterduk.

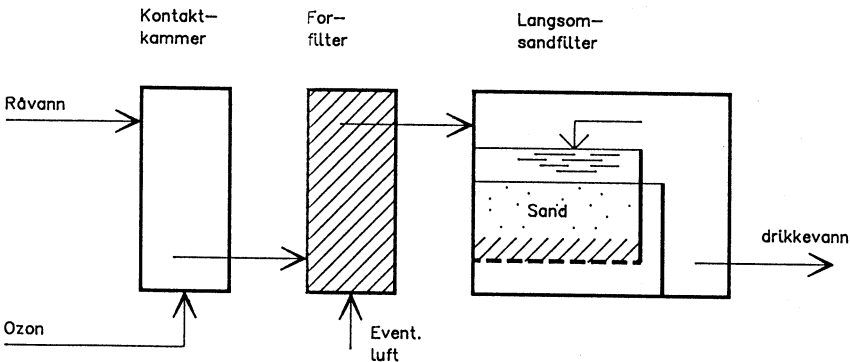
### 3.1 Direktefiltrering

Tradisjonelle metoder for fjerning av kolloidalt materiale som humus har vært å koagulere kolloidene ved kjemikalier slik at de kan flokkuleres sammen til større partikkelsamlinger (fnokker) som så kan separeres fra vannet ved sedimentering, flotasjon eller filtrering.

Ved såkalt *fullrensing* er det vanlig med sedimentering eller flotaasjon foran filtrering. I de senere år har det blitt vanlig å lede vannet direkte til filtrering etter koagulering. Denne prosessen kalles *direktefiltrering*.

Direktefiltreringsprosessen er i bruk ved flere vannverk og forutsettes kjent og beskrives ikke nærmere.

I sammenligningen med de andre prosessene er følgende dimensjoneringskriterier lagt til grunn:



Figur 1. Flytskjema langsomsandfiltrering med forozonering.

Filteroverflatebelastning  $v_f$  7—8 m/h  
 Spylevannshastighet 60—80 m/h  
 Koagulantforbruk 2,5—3,0 mg Al/l  
 $\approx$  25—30 mg PAX/l  
 Lutforbruk 10—20 mg NaOH/l  
 Sykluslengde 6—10 timer

## 4. Kostnader

### 4.1 Forutsetninger

*Anleggskostnadene* er basert på komplette tilbud på prosessutstyr med mekanisk og elektrisk montasje, samt på kostnadsoverslag for bygningsmessige arbeider. Det er gjort vanlige påslag for generalomkostninger og planlegging. Kostnadene er regnet ekskl. finansieringskostnader og avgift.

*Driftskostnadene* er beregnet etter følgende forutsetninger:

Energikostnader pr. kWh kr. 0,50  
 Kjemikaliekostnader er inkl. transport  
 Borttransport av slam/avfallsvæske pr. m<sup>3</sup> kr. 150,—  
 Bemanningskostnader pr. time kr. 150,—

Bemanningsbehov pr. uke:

Ionebytting 0,5 —0,75 dagsverk  
 Membranfiltrering 0,25—0,5 dagsverk  
 Langsomfiltrering 0,25 dagsverk  
 Direktefiltrering 0,75—1,0 dagsverk

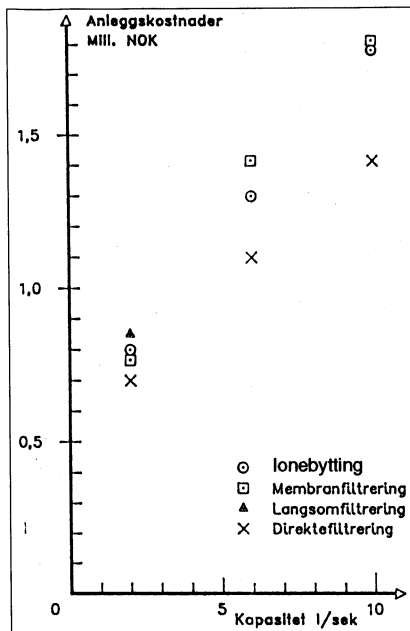
Levetider:

Membraner 5 år  
 Ionebyttedium 10 år  
 Filtersand 15 år  
 Filterhud på langsomfilter fjernes hver måned.

Kapitalkostnadene er basert på 20 års nedskrivningstid og rentefot 10%.

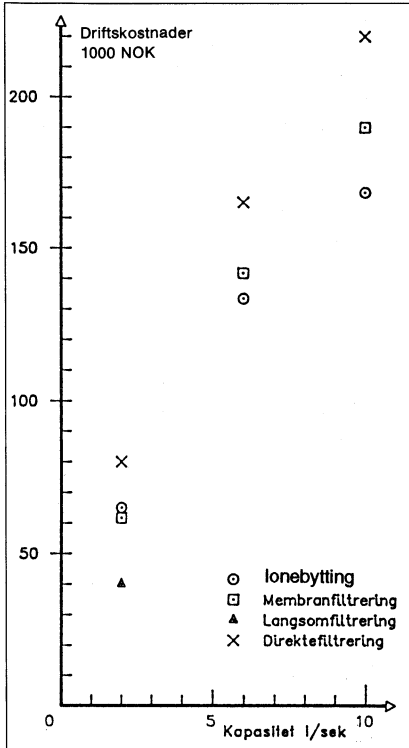
Resultat av kostnadsberegningene er vist i fig. 2 — fig. 4.

### 4.2 Anleggskostnader



Figur 2. Anleggskostnader ekskl. finansieringskostnader og avgifter.

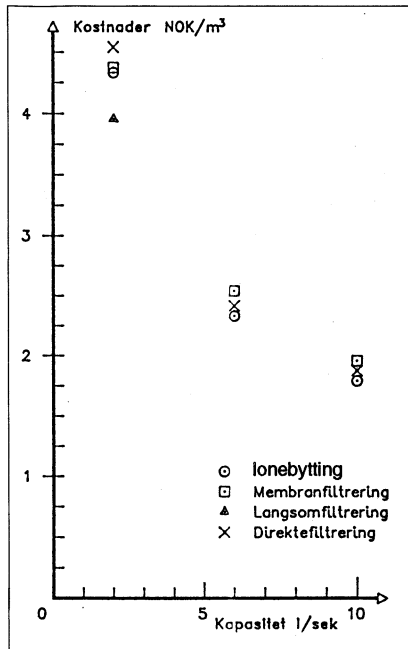
### 4.3 Driftskostnader



Figur 3. Driftskostnader.

### 4.4 Kostnader pr. m<sup>3</sup> vann

Kapitalkostnadene på investeringen og driftskostnadene pr. år er summert og delt på årlig vannforbruk.



Figur 4. Kostnader pr. m<sup>3</sup> behandlet vann.

### 4.5 Diskusjon

Kostnadsberegninger med de forutsetninger som er gjort viser små forskjeller mellom anleggene når kostnadene beregnes pr. m<sup>3</sup> produsert vann.

Langsomfiltrering med forozonering er bare tatt med for den laveste kapasiteten 2 l/sek. og viser minst 10% lavere kostnader enn de øvrige. For større kapasiteter vil forskjellen bli mindre og for det største anlegget antas langsomfiltrering å gi dyrere vann.

Direktefiltrering gir generelt lave

anleggskostnader og høye driftskostnader i forhold til de andre metodene. Driftskostnaden påvirkes sterkt av transportkostnader for slam, og evt. lokal slamdeponering i lagune vil gjøre direktefiltrering til et rimeligere alternativ enn de øvrige.

Membranfiltrering har høyere energikostnader pga. 5—7 bar trykktap over membranen. Ligger råvannskilden så høyt at dette driftstrykket kan skaffes ved gravitasjon, vil membranfiltrering kunne gi den rimeligste løsningen.

## 5. Momenter ved valg av metode

Alle metodene som er beskrevet vil med normal drift produsere drikkevann med tilfredsstillende kvalitet.

Direktefiltrering og ionebytting er mer følsom for variasjoner i råvannskvaliteten enn de andre metodene, og vil derfor kreve mer tilsyn og driftsoppfølging. Det er også en viss risiko for variasjon i vannkvaliteten etter behandling.

Langsomfiltrering med forozonering krever ikke bruk av kjemikalier. For membranfiltrering kreves kun små mengder vaskemiddel og natriumhypokloritt i vaskevannet. Direktefiltrering krever kjemikalier for selve fellingsprosessen, pH-justering og evt. for desinfisering. Ionebytting krever lut og salt til regenerering og evt. marmor-slurry for pH-justering og natriumhypokloritt for desinfisering.

Det er lang driftserfaring fra direkte-

filtreringsanlegg, spesielt litt større anlegg. Etter hvert dokumenteres gode erfaringer også med ionebytting og membranfiltrering. I Norge har vi ikke erfaringer med langsomfiltrering med forozonering.

Med henvisning til det som er nevnt foran, bør følgende momenter vurderes ved valg av metode:

- Økonomi
- Variasjoner i råvannskvalitet
- Kapasitet
- Behov for kjemikalier
- Disponering av spyleslam
- Tilgjengelig råvannstrykk
- Behov for desinfisering/alkalisering
- Bemanningsbehov
- Lokalisering og atkomstforhold
- Automatisering, driftsovervåking.

Ulik vektlegging av momentene foran vil gi forskjellige anbefalinger for valg av metode.