

## 1 FORMÅL

Dette VA/Miljø-bladet beskriver aktuelle vannbehandlingsmetoder samt anbefalinger med hensyn til oppbygning av vannbehandlingsanlegg for ulike typer av vannkilder som er vanlige i Norge.

## 2 BEGRENSNINGER

Mange kombinasjoner av enhetsprosesser kan være aktuelle for behandling av et gitt råvann og VA/Miljø-bladet er ikke ment som noen fasit, men som hjelp i arbeidet med å finne fram til en egnet prosess.

En mer utfyllende behandling av emnet kan finnes i Norsk Vann sin Veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg /3/.

## 3 FUNKSJONSKRAV

Vannbehandlingsanlegget skal fungere tilfredsstillende og overholde kravene til produsert mengde og kvalitet til enhver tid, dvs. også:

- Ved maksimalt vannforbruk og ved ugunstigste råvannskvalitet.
- Under reparasjons og vedlikeholdsarbeider, filterspyling, renhold etc.

## 4 LØSNINGER

### 4.1 BESLUTNINGSGRUNNLAG

Det må fremskaffes dokumentasjon og kunnskap om følgende forhold:

#### Vannkilde og nedslagsfelt

- Type av vannkilde:
  - Overflatevann (innsjø, tjern, elv, bekk).
  - Grunnvann (fra løsmasser, fjell, kunstig infiltrasjon).
  - Saltholdig vann (brakkvann eller havvann).
- Vannkilde karakteristika:
  - Inntaksdyp, sprangsjikt i innsjøer.
  - Mektighet av løsmasser, dybde av borebrønn.
- Aktivitet i nedslagsfelt og vannkilde:

- Boliger, gårdsbruk, hytter, industri etc.
- Beiting av husdyr, rekreasjon.
- Bading, rekreasjon.
- Risiko for forurensning i nedslagsfelt og kilde.

#### Råvannskvalitet og årstidsvariasjoner i denne

- Mikrobiell kvalitet:
  - Bakterier, virus, parasitter.
- Fysisk/kjemisk vannkvalitet:
  - Relevante fysisk/kjemiske parametere.
- Variasjoner i råvannskvalitet, pga.:
  - Ekstrem nedbør/snøsmelting.
  - Spesielt høyt vannmengdeuttak.

#### Kapasitetsbehov

- Kildekapasitet.
- Døgn- og sesongvariasjoner i forbruk.
- Dimensjonerende vannforbruk.
- Framtidig behov.

#### Transportsystem

- Transportsystemets oppbygging.
- Materialkvaliteter i rørnett og armatur.
- Vannkvalitetsproblem på nettet.
- Utjevningsbehov (høydebasseng).

#### Krav til rentvannskvalitet

- Krav nedfelt i drikkevannsforskriften /1/.
- Særskilte krav hos spesielle forbrukere.
- Særskilte krav pga. behov for korrosjonskontroll.

#### 4.1.1 PRØVETAKING AV RÅVANN

Parametervalg og prøveuttak skal:

- Omfatte alle parametere som ut fra kjennskap til kilde og nedbørsfelt, kan ha betydning for valg av behandlingsprosesser.
- Prøver bør tas over minst 1 år for å fange opp variasjoner i kvalitet og de minst gunstige forholdene, som angitt for risikobasert prøveprogram i Norsk Vann's MBA-veiledning /3/.

## 4.2 BEHOV FOR BEHANDLING

Behovet for vannbehandling bestemmes av:

- Råvannskvalitet i forhold til kravene til rentvannskvalitet i drikkevannsforskriften /1/.
- Drikkevannsforskriftens krav /1/ om minst to uavhengige hygieniske (mikrobielle) barrierer.
- Ønsket om minst mulig korrosjon og kvalitetssending på ledningsnettet.

God rentvannskvalitet kan sikres gjennom:

- Tiltak i nedslagsfelt og kilde.
- Vannbehandlingstiltak.

Det ene utelukker ikke det andre. Effekten av tiltak i nedslagsfelt og kilde er imidlertid begrensede og vanskelig kontrollerbare – i motsetning til tiltak ved vannbehandling.

## 4.3 HYGIENISKE BARRIERER

I henhold til drikkevannsforskriften /1/ er en hygienisk barriere en "naturlig eller tillaget fysisk eller kjemisk hindring, herunder tiltak for å fjerne, uskadeliggjøre eller drepe bakterier, virus, parasitter mv., og/eller fortynde, nedbryte eller fjerne kjemiske eller fysiske stoffer til et nivå hvor de aktuelle stoffene ikke lenger representerer noen "helsemessig risiko".

Mikrobielle (hygieniske) barrierer kan oppnås gjennom:

- Tiltak i nedslagsfelt og kilde.
- Vannbehandlingstiltak.
  - Desinfeksjon.
  - Partikkelseparasjon.

Alle vannforsyningssystemer skal, i henhold til drikkevannsforskriften /1/ ha minimum to hygieniske barrierer, hvorav minst én skal oppnås ved vannbehandlingstiltak.

Effekten av tiltak mot mikrobiell forurensning i nedslagsfelt og kilde er begrensede og vanskelig kontrollerbare – i motsetning til vannbehandlingstiltak, som derfor bør prioriteres.

Om vannets fysisk/kjemiske kvalitet er slik at man ikke trenger behandling utover desinfeksjon, kan to ulike desinfeksjonstiltak (f.eks. UV og klor) benyttes for å gi tilstrekkelig barriereeffekt /2/. Men ettersom det kun er UV som gir en fullt ut tilfredsstillende barriere overfor parasitter, anbefales det at barrieretiltakene bygger på både desinfeksjon og partikkelseparasjon.

Norsk Vann's MBA-veiledning /3/ angir metoder og prosedyrer for vurdering/bestemmelse av om de hygieniske (mikrobielle) barrierene i et vannverk er tilstrekkelige.

### 4.3.1 TILTAK I NEDSLAGSFELT OG KILDE

Se Norsk Vann's MBA-veiledning /3/.

Aktuelle tiltak knyttet til overflatevannkilder:

- Sanering av avløpsutslipp:
  - Innføring av krav om lukket tank for avløp.
- Oppsetting av stengsel for dyr.
- Forbud mot potensielt forurensende aktiviteter:
  - Bading, båtsport og annen rekreasjon.
  - Ferdsel på kilden.
- Plassering av inntak:
  - Senkning til under sprangsjiktet.
  - Plassering som unngår forurensningstilførsel.

Aktuelle tiltak knyttet til grunnvannskilder:

- Inngjerding og avlåsing av brønnsone.
- Forbud i tilsigsområdet mot:
  - Kloakkutslipp til grunnen.
  - Alle former for jordbruksdrift i sonen.
  - Potensielt forurensende aktiviteter.
- Brønnsone med tett gulv og tetting rundt brønnsone.
- Fullstendig tetting mellom foringsrør og fjell.
- Brønnsone minst 40 cm over bakkenivå.

### 4.3.2 DESINFEKSJONSTILTAK

Desinfeksjon kan oppnås gjennom:

- Inaktivering av mikroorganismer.
- Fjerning av mikroorganismer.

Veiledningen til drikkevannsforskriften /2/ angir indikatorparameterverdier for hygieniske barrierer.

Inaktivering av mikroorganismer kan oppnås ved:

- Tilsetting av kjemisk desinfeksjonsmiddel:
  - Klorforbindelser (klor, klordioksid, kloramin).
  - Ozon.
- UV-bestråling

Fjerning av mikroorganismer kan oppnås gjennom partikkelseparasjonstiltak:

- Koagulering/filtrering:

- Dybde (sand) filtrering.
- Membran (ultra/mikro) filtrering.
- Membran (nano) filtrering

### 4.3.3 INAKTIVERINGSMETODER

Norsk Vann's MBA-veiledning /3/ gir beregningsmetoder for bestemmelse av graden av inaktivering som kan forventes med de ulike desinfeksjonstiltak.

Norsk Vann's veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg /4/ gir dimensjoneringskriterier.

#### Klorering

- Klor tilsettes vanligvis i form av hypokloritt:
  - I form av natriumhypokloritt (NaOCl) i 15 % løsning, eller produsert på stedet ved elektrolyse av en saltløsning.
  - Kalsiumhypokloritt (fast form) som løses opp til løsning (2-4 % Cl<sub>2</sub>) før dosering.
- Klor er effektivt overfor bakterier og virus, men lite effektivt overfor parasitter /3/.
- Klor reagerer med forbindelser som lar seg oksidere noe som innebærer et visst klorbehov, som doseringen må overskride for at den ønskede desinfeksjonseffekt skal kunne oppnås.
- Klor danner uønskede klororganiske forbindelser ved reaksjon med naturlig organisk materiale (humus) og bør kun brukes når kravet til farge (< 20 mg Pt/l) er tilfredsstillt.
- Klor kan, ved overdosering, gi lukt og smak på vannet.

#### Ozonering

- Ozon er et kraftig oksidasjonsmiddel som reagerer med vannet på flere måter:
  - Inaktiverer mikroorganismer.
  - Oksiderer uorganiske forbindelser (bl.a. jern og mangan).
  - Bleker humusholdig vann og omdanner tungt nedbrytbar humus delvis til lett nedbrytbart organisk stoff som kan gi begroing på nettet dersom det ikke fjernes (ved biofiltrering).
- Ozonering gir ingen restvirkning på nettet.
- Når ozon brukes i anlegg basert på ozonering/biofiltrering, er dosen så høy at inaktiveringseffekten mht. bakterier, virus og parasitten Giardia er god, dog ikke tilstrekkelig når det gjelder parasitten Cryptosporidium.
- Ozonering kan gi økt uønsket innhold av bromat ved høyt innhold av bromid i råvannet.

#### UV-bestråling

- UV-bestråling anbefales brukt ved en UV-dose på minst 40 J/cm<sup>2</sup> – biodosimetrisk bestemt.
- Metoden er ved denne dosen effektiv overfor bakterier, virus og parasitter – dog mindre effektiv overfor adenovirus.
- Metoden krever ikke noe kontaktbasseng i tillegg til UV-aggregatet.
- Metoden gir ingen restvirkning på nettet.

### 4.3.4 SEPARASJONSMETODER

Vannbehandlingsprosesser som fjerner partikler godt kan representere hygieniske barrierer. I /3/ er det angitt at følgende prosesser gir barrierer i ulik grad (log-kreditt):

#### Uten koagulering

- Hurtigsandfiltrering.
- Membran filtrering (MF, UF og NF).
- Langsomsandfiltrering.

#### Med koagulering

- Koagulering/filtrering (dybdefilter).
- Koagulering/membranfiltrering (MF og UF).

Det er også angitt i /3/ hvilken barriereeffekt (i form av log-kreditt) man skal bruke ved vurderingen av den totale barriereeffekten for vannverket.

## 4.4 KVALITETSUTFORDRINGER

### Overflatevann

Overflatevann som brukes til vannforsyning i Norge er ofte bløtt, humusholdig og mikrobielt forurenset, noe som medfører behov for:

- Humusfjerning.
- Korrosjonskontroll.
- Desinfeksjon.

Ved bruk av elver og eutrofierte innsjøer som kilde, er det i tillegg behov for partikkelfjerning. I sjeldnere tilfeller er det behov for fjerning av jern og mangan i overflatevann.

### Grunnvann

Grunnvann fra brønner i løsmasser har vanligvis bedre mikrobiell kvalitet enn overflatevann. Grunnvann (både fra brønner i løsmasser og fjell) er ofte bløtere i Norge enn grunnvann i mange andre land. Ved bruk av grunnvann er det ofte behov for:

- Fjerning av uorganiske stoffer (jern og mangan).
- Tilførsel av oksygen.
- Fjerning av oppløste gasser (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S etc.).

- Desinfeksjon

## Aktuelle tiltak både i overflate- og i grunnvann

For å forhindre korrosjon på ledningsnett og armatur kan det både i overflatevann og grunnvann, være behov for korrosjonskontroll tiltak.

I sjeldnere tilfeller er det (både i overflate- og grunnvann) behov for fjerning av hardhet (Ca og Mg), organiske mikroforurensninger, lukt og smak.

## 4.5 BEHANDLINGSMETODER

Det gis en oversikt over de vanligste behandlingsmetodene rettet mot fjerning av angitt parameter. For nærmere beskrivelse av de ulike prosessene vises det til /4/.

### 4.5.1 TURBIDITET

Turbiditet forårsakes normalt av kolloidale organiske (f.eks. mikrober) og uorganiske (f.eks. leir) partikler.

#### Filtrering uten koagulering

Større partikler (> ca. 100 µm) kan fjernes ved mikrosiling og ved filtrering gjennom granulært medium (f.eks. sand) uten koagulering, men fjerning av kolloidale partikler krever koagulering.

#### Filtrering med koagulering

Turbiditet fjernes derfor normalt i koaguleringsanlegg som består av:

- Et koaguleringssteg der partiklene destabiliseres ved at de binder seg til utfelt aluminium- eller jernhydroksid som feller ut etter tilsetning av aluminium- eller jernbasert koagulant.
- Et flokkuleringssteg der de utfelte hydroksid/partikkelkompleksene aggregerer til større fnokker som lar seg separere. Flokkuleringen kan skje i egne basseng for dette eller være integrert i etterfølgende separasjonsbasseng.
- Et separasjonssteg som kan bestå av:
  - Et grovseparasjonssteg basert på:
    - Sedimentering (evt. lamellsediment).
    - Flotasjon.
  - Et filtreringssteg basert på:
    - Filtrering gjennom granulært medium (dybdefiltrering)
      - 1-medium filter (f.eks. sand).
      - 2-media filter (f.eks. sand/antrasitt).
      - 3-media filter med marmor i bunnlaget ved behov for korrosjonskontroll.
    - Membranfiltrering

- Mikrofiltrering (MF).
- Ultrafiltrering (UF).

Dersom anlegget ikke har grovseparasjonssteg, skilles det mellom:

- Direktefiltrering (med flokkuleringssteg).
- Kontaktfiltrering (uten flokkuleringssteg).

### 4.5.2 NATURLIG ORGANISK STOFF (HUMUS)

#### Koagulering/filtrering

De samme koaguleringsmetoder som brukes for å fjerne kolloidale partikler (se 4.5.1) kan også bruke for å fjerne humus (som er organiske kolloider).

#### Membranfiltrering uten koagulering

Det kreves membraner med svært fine porer (< 5 nm), dvs. nanofiltrering, der vannet presses med høyt trykk gjennom en semipermeabel membran. Man bruker normalt tverrstrømsfiltrering der den delen av vannet som ikke går gjennom membranen, oppkonsentreres mht. humus og strømmer langs membranen og ut av modulen som et konsentrat.

Man bruker normalt moduler med spiralmembraner med poreåpning i området 1-5 nm – de fleste i området 1,5-2 nm. Slike moduler kan ikke tilbakespyles og må vaskes kjemisk. I de fleste anleggene har celluloseacetat membraner i spiralmoduler blitt brukt – i sjeldnere tilfeller polymidmembraner. Andre membranmaterialer kan også være aktuelle.

Man kan også bruke moduler med hulfibermembraner basert på modifisert polyetersulfon (PES) som muliggjør tilbakespyling.

Gjentetting (fouling) av membranen må forhindres gjennom regelmessig vask:

- En daglig skylling av membranene med en særlig vaskeløsning (bl.a. innholdende klor) som har til hovedformål å fjerne belegget ("foulingen") som har dannet seg på membranen i løpet av dagen.
- En årlig/halvårlig hovedvask med en mer konsentrert vaskeløsning som har til hovedmål å fjerne kjemiske utfellinger og avsetninger på membranflaten slik at membranfluksen vil restitueres etter vask.

#### Ionebytting

Vannet ledes gjennom et filter med ionebyttermasse (resin) som binder til seg negativt ladede humusmolekyler og bytter plass med negativt ladede ioner (Cl<sup>-</sup> og OH<sup>-</sup>) i resinnet. Når ionebyttermassen nærmer seg metning (med humus), må den regenereres. Dette skjer ved kontakt med en sterkt basisk saltløsning som fører til at de negativt ladede ionene gjenopptar sin plass i resinnet mens humusmolekylene går til løsning.

Regenereringsløsningen (ca. 1 m<sup>3</sup> for hver 3.000–4.000 m<sup>3</sup> av produsert vann) består et mørkt brunt

(tilnærmet svart) humuskonsentrat med høyt saltinnhold (ledningsevne: 10.000–20.000  $\mu\text{S}/\text{m}$ ) og høy pH (12,5–14) som kan være vanskelig å bli kvitt. Det enkleste, om det ligger til rette for det, er å pumpe løsningen kontrollert over lang tid inn på avløpsnettet og la løsningen renses sammen med det kommunale avløp etter pH-nøytralisering.

lonebytterfilteret må også tilbakespyles for å fjerne avsatt partikulært materiale.

### Ozonerings/biofiltrering

Ved ozonerings/biofiltrering tilsettes ozon (et kraftig oksidasjonsmiddel) som reagerer med de kjemiske bindingene i humusmolekylene slik at fargen i vannet reduseres. Gjennom dette blir også svært tungt biologisk nedbrytbar humus delvis omdannet til lett nedbrytbart organisk stoff (BDOC) som så kan nedbrytes biologisk i et etterfølgende biofilter. Også andre fjerningsmekanismer (utfelling, adsorpsjon etc.) kan forekomme avhengig av råvannets øvrige sammensetning. Graden av fargereduksjon og omdanningen av det organiske stoffet i vannet øker med økende ozondose.

Ozonerings/biofiltrering benyttes primært for å fjerne farge i drikkevann, men ettersom ozon er et kraftig oksidasjonsmiddel (og desinfeksjonsmiddel) kan metoden også benyttes for fjerning av:

- Jern og mangan.
- Ammonium.
- Organiske mikroforurensninger.

Samt for inaktivering av:

- Mikroorganismer (virus, bakterier og parasitter), dvs. som hygienisk barriere.

### 4.5.3 JERN OG MANGAN

Både jern og mangan kan fjernes ved ulike metoder:

- Oksidasjon, utfelling og filtrering.
- Koagulering, filtrering (når jern og mangan er kompleksbundet til humus).
- Katalytisk oksidasjon/sorpsjon av jern og mangan på grønsandfilter.
- Biofiltrering (biologisk oksidasjon og filtrering).

Det vanligste ved jernfjerning er oksidasjon ved hjelp av lufting, som ved pH = 7-8 fører til utfelling av jernhydroksid som separeres i filter. Der man har marmorfilter, vil jern også fjernes i marmorfilteret.

Dersom den samme metoden skal benyttes for fjerning av mangan, må pH heves til > 9,0. Derfor brukes ofte kraftigere oksidasjonsmiddel enn luft, f.eks. ozon, ved fjerning av mangan.

Biologisk filtre kan benyttes når betingelsene er lagt til rette for at kjemisk oksidasjon av jern ikke vil skje:

- Ved lavt oksygeninnhold (0,5-1,5 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ ).

- Ved lav pH (6,0-6,5).
- Ved lavt redokspotensial (< 100 mV).

I anlegg basert på biologisk filtrering er det normalt ikke nødvendig med et eget luftingsanlegg. Tilstrekkelig mengde med luft (oksygen) kan evt. tilføres med en "online" injektor. Det er normalt heller ikke nødvendig med tilsetning av kjemikalier (for pH-korreksjon, oksidasjon eller utfelling).

Slamproduksjonen er lav og gangtiden mellom hver filtervask lengre enn i anlegg basert på fysisk/kjemisk fjerning av jern og mangan.

### 4.5.4 KALSIMUM OG MAGNESIUM (HARDT VANN)

Hardt vann forekommer sjelden i Norge – kun i enkelte grunnvannsforsyninger. For reduksjon av hardhet benyttes primært to alternative metoder:

- Utfelling (kalk/soda-prosessen).
- Lonebytting.

#### Utfelling (kalk/soda-prosessen)

Moderne anlegg basert på utfelling benytter vanligvis en pellet-reaktor der kalsiumkarbonat utfelles i form av fine korn. Fin sand brukes som kjerner for utfelling. Pga. oppoverrettet strømming etableres det en fluidisert filterseng av kalsiumkarbonatpellets. De største synker lengst ned i tanken og tas ut ved en størrelse på ca. 1,2 mm.

#### Lonebytting

Ved lonebytting byttes  $\text{Ca}^{2+}$  og  $\text{Mg}^{2+}$  ut med andre kationer i et lonebytter-medium (resin) som vannet bringes i kontakt med i et filter. Ved hardhetsfjerning benyttes en sterkt kationisk lonebytter som har knyttet til seg utskiftbare natriumioner.

Lonebytting dominerer ved små anlegg mens utfellingsmetoden er vanligere ved store anlegg.

### 4.5.5 OPPLØSTE GASSER

Det kan være behov for både å øke og minke innholdet av oppløste gasser, f.eks. ved:

- Inndrivning av gass:
  - Økning av oksygeninnholdet i vann.
  - Bruk av oksygen som oksidasjonsmiddel.
- Avdrivning av gass:
  - Fri  $\text{CO}_2$
  - Hydrogensulfid, metan og ammonium.
  - Radionukleider, f.eks. radon.
  - Flyktige organiske mikroforurensninger.

Lufting er mest vanlig å bruke både for inndrivning og avdrivning, men gasser kan være aktuelle.

Risle- og sprede/sprutesystemer benyttes vanligvis ved inndrivning av en mindre gassmengde, f.eks. ved oksygenering. Rislesystemer utformes gjerne

som trappetrinn der vannet faller i kaskader fra ett trinn til det andre. I spraysystemer tvinges vannet gjennom dyser som dispergerer vannet i små dråper som former en sprut ("spray").

Rislesystemer brukes gjerne for avdriving av gass, f.eks. i pakke tårnluftere der vannet blir fordelt og rislet over et pakningsmedium som fyller en kolonne (eller tårn). Det blåses inn luft fra bunnen, og gassoverføringen skjer i den tynne vannfilmen som sildrer over overflaten på pakningsmediet.

Bobleluftsystemer utformes enten ved innblåsing av luft gjennom diffusorer i en tank eller som plateluftere hvor en meget stor luftmengde (luft/vannforhold = 30–60) blåses via en perforert plate gjennom et tynt (25–30 cm) lag av vann.

#### 4.5.6 LUKT OG SMAK

Det er i hovedsak fire metoder som er aktuelle:

- Lufting (se 4.5.5)
- Adsorpsjon (spesielt på aktivt kull).
- Oksidasjon (f.eks. med ozon).
- Biofiltrering (gjerne i kombinasjon med ozon).

#### 4.5.7 KORROSIVITET (KORROSJONSKONTROLL)

For korrosjonskontroll er det utarbeidet to egne Miljøblad nr. 18 «Korrosjonskontroll» /5/ og nr. 19 «Korrosjonskontroll med vannglass» /6/. Det vises til disse for beskrivelse av alternative metoder.

### 4.6 OPPBYGGING AV BEHANDLINGSANLEGG

Veiledning i valg av behandlingsmetode er gitt i Norsk Vann's dimensjoneringsveiledning /4/.

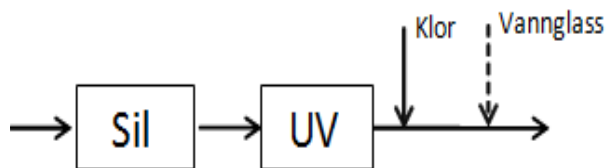
Mange forhold påvirker valg av enhetsprosesser for oppbygning av behandlingsanlegg:

- Råvannskvalitet og variasjonene i denne, samt forventet utviklingstrend.
- Ønsket rentvannskvalitet, se /1/.
- Sikring av hygieniske barrierer, se /2/, /3/.
- Størrelsen på vannbehandlingsanlegget.
- Materialer i ledningsnett og armatur.

Det er meget stort antall kombinasjoner av enhetsprosesser (metoder) som kan benyttes for å komme fram til ønsket behandlingsresultat. Den viktigste påvirkningsfaktoren er råvannets sammensetning, og derfor tas det i det følgende utgangspunktet opp typiske vannkildesituasjoner i Norge.

#### 4.6.1 DYPE OG LITE HUMUSPÅVIRKEDE INNSJØER

##### Anlegg basert på minimumsbehandlingen



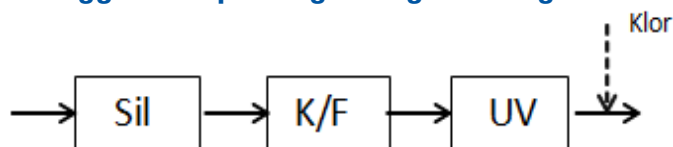
[UV – UV-bestråling. Korrosjonskontroll-alternativer ikke vist (se /5/).]

Figur 1. Anlegg for dype og lite humuspåvirkede innsjøer basert på minimumsbehandling.

Med minimumsbehandlingen menes den behandling som er et minimum for å tilfredsstille myndighetenes krav til hygieniske barrierer. Den kan benyttes der drikkevannsforskriftens /2/ krav er oppfylt og der en mikrobiell barriereanalyse /3/ tilsier at slik behandling er forsvarlig.

Bruk av vannglass kan være hensiktsmessig for korrosjonskontroll.

##### Anlegg basert på koagulering/filtrering



[K/F – koagulering/filtrering. UV – UV-bestråling. Korrosjonskontroll-alternativer ikke vist (se /5/).]

Figur 2. Anlegg for dype og lite humuspåvirkede innsjøer basert på koagulering/filtrering.

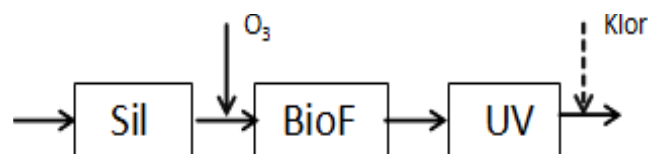
Denne formen for behandling kan benyttes dersom en mikrobiell barriereanalyse tilsier at man ikke kan oppnå tilstrekkelig barriereeffekt gjennom minimumsbehandlingen (se over) og er særlig egnet dersom vannet fra tid til annen kan ha for høye turbiditet og/eller fargeverdier.

Alle metoder for korrosjonskontroll som er omtalt i /5/ kan benyttes. Ettersom koagulering/filtrering inngår, er det naturlig å benytte en av de metodene som forutsetter kombinert koagulering/filtrering og karbonatisering.

For å forbedre barriereeffekten, spesielt overfor virus, kan det være aktuelt å dosere klor i tillegg til UV-bestråling.

Driftserfaringer med metoden er beskrevet i Norsk Vann rapport 188/2012 /7/.

##### Anlegg basert på ozonering/biofiltrering



[O<sub>3</sub> – ozonering, BioF – biofilter, UV – UV-bestråling. Korrosjonskontroll-alternativer ikke vist (se /5/).]

Figur 3. Anlegg for dype og lite humuspåvirkede innsjøer basert på ozonering/biofiltrering.

Metoden er særlig egnet dersom vannet har noe høyere farge, evt. jern/manganinnhold og/eller lukt og smak enn det som er ønskelig.

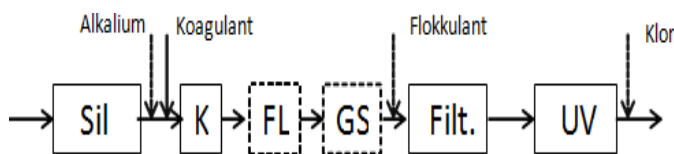
Alle metoder for korrosjonskontroll som er omtalt i VA/Miljøblad nr. 18 /5/ kan benyttes. Ved bruk av ozonering og to-trinns biofilter er det mest naturlige å bruke marmorfilter som første filtreringstrinn med forutgående CO<sub>2</sub>-tilsetning for karbonatisering.

Tilsetning av vannglass er egnet for korrosjonskontroll dersom man ikke bruker marmorfilter i en to-trinns filterløsning.

Driftserfaringer med metoden er beskrevet i /8/.

## 4.6.2 HUMUSPREGEDE INNSJØER

### Anlegg basert på koaguleringsanlegg



[K – koagulering, FI – flokkulering, GS – grovseparasjon (sedimentering/flotasjon), Filt.-filtrering, UV – UV-bestråling. Korrosjonskontroll-alternativer ikke vist (se /5/). Stiplede bokser og piler betyr at det indikerte kan (men ikke nødvendigvis) forekomme.]

Figur 4. Anlegg for humuspregede innsjøer basert på koaguleringsanlegg.

Metoden er egnet for både moderate og høye fargetall.

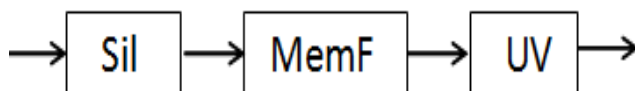
De fleste anlegg for denne vannkildetypen vil være oppbygget uten grovseparasjonssteg – som direkte- eller kontaktfiltreringsanlegg. Når fargetallet er > 40 mg Pt/l bør man overveie å inkludere grovseparasjon (> 50 mg Pt/l anbefales det).

Filteret kan være basert på alle typer dybdefilter eller membran(UF eller MF)-filtrering, se /4/. Bruk av ultrafiltrering vil gi en mer robust mikrobiell barriere enn dybdefiltrering. For å forbedre barriereeffekten, spesielt overfor virus, kan det være aktuelt å dosere klor i tillegg til UV-bestråling.

Alle metoder for korrosjonskontroll som er omtalt i /5/ kan benyttes. Metoder som er basert på kombinert koagulering og filtrering er særlig egnet når karbonatisering benyttes for korrosjonskontroll.

Driftserfaringer med metoden er beskrevet i /7/.

### Anlegg basert på membran(nano)filtrering



[MemF – membran(nano)filtrering, UV – UV-bestråling. Korrosjonskontroll-alternativer ikke vist (se /5/).]

Figur 5. Anlegg for humuspregede innsjøer basert på membran(nano)filtrering.

Metoden er særlig egnet for vann fra sterkt humuspåvirkede innsjøer og tjern.

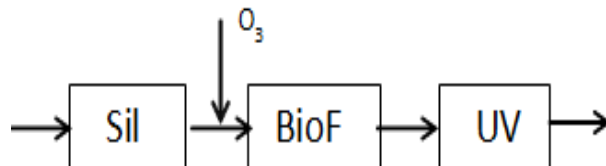
Som forbehandling kan mikrosil med poreåpning < 50 µm (helst < 10 µm) eller sandfiltrering benyttes.

Membranfiltersteget kan både være basert på spiralmembraner (vanligst) og hulfibermembraner. Utskiftning av membraner skjer minst hvert 10. år.

Bruk av marmorfilter i etterkant av membranfilteret eller tilsetning av vannglass synes å være mest hensiktsmessig metode for korrosjonskontroll.

Driftserfaringer med metoden er beskrevet i /9/.

### Anlegg basert på ozonering/biofiltrering



[O<sub>3</sub> – ozonering, BioF – biofilter (ett-trinns eller to-trinns), UV – UV-bestråling. Korrosjonskontroll-alternativer ikke vist (se /5/).]

Figur 6. Anlegg for humuspregede innsjøer basert på ozonering/biofiltrering.

Denne metoden bør ikke benyttes for vannkilder med fargetall > 30 mg Pt/l.

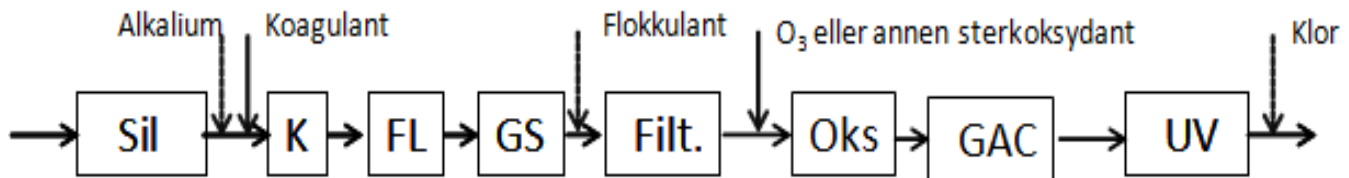
Som forbehandling er det tilstrekkelig med lysåpning i finsilområdet (0,1–0,4 mm).

Biofilteranlegget kan oppbygges i to eller ett trinn. Ved å benytte to-trinnsanlegg med marmorfilter i første trinn, oppnås pH-kontroll samt korrosjonskontroll gjennom karbonatisering. Alternativt kan man bruke et grovt filter-medium (plastlegemer, Filtralite etc.) i første trinn med alkalitilsetning foran for pH-kontroll dersom korrosjonskontroll ikke ansees å være påkrevet (ledningsnett i plast) eller dersom man velger vannglasstilsetning.

I to-trinns biofilteranlegg vil hyppigheten av tilbakespyling av biofiltertrinnet bli lavere enn i separasjonstrinnet slik at mer biomasse blir tilgjengelig for nedbrytningen, dvs. en mer robust løsning.

Dersom man benytter kombinert biofilter og separasjonsfilter (ett filter), er det hensiktsmessig å bruke fler-medium filter med et grovt filterlag (antrasitt, Filtralite eller tilsvar-ende) over et finere lag (i nedstrømsfilter varianten) eller et 1-media (f.eks. Filtralite) med stor variasjon i kornstørrelse (i oppstrømsfilter varianten).

Dersom man benytter aktivt kull i hele eller deler av filtersengen, vil man oppleve svært god humusfjerning (som TOC) i starten pga. adsorpsjon, men denne vil avta etter at adsorpsjonsplassene blir opptatt av humusmolekyler. Deretter vil ikke adsorpsjonen spille noen rolle i fjerningen av TOC.



[K – koagulering, FL – flokkulering, GS – grovseparasjon (sedimentering/flotasjon), Filt.-filtrering, Oks – oksidasjonsreaksjonsbasseng, GAC – granulært aktivt kull filter UV – UV-bestråling. Korrosjonskontroll-alternativer ikke vist (se /5/).]

Figur 7. Anlegg for eutrofierte innsjøer.

### 4.6.3 EUTROFIERTE INNSJØER

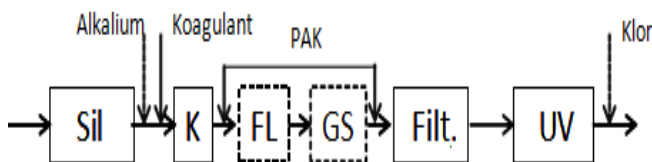
Den utformingen som er vist i figur 7 møter de fleste utfordringene man kan forvente.

Man kan benytte anlegg uten grovseparasjonssteg (direkte- eller kontaktfiltreringsanlegg) dersom algekonsentrasjonen/partikkelinnholdet er relativt sett lav, eller høy kun i perioder med høy algevekst.

For å kunne håndtere lukt og smaksproblemer og evt. algetoksiner bør anlegget inneholde et aktivkullsteg fortrinnsvis kombinert med tilsetning av oksidasjonsmiddel (f.eks. ozon). Det kan også være aktuelt å benytte avanserte oksidasjonsprosesser, f.eks. UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, som i så fall vil overflødiggjøre UV-bestråling som siste enhetsprosess.

Den mikrobielle barriereeffekten fra denne type anlegg vil være svært god med barrierebidrag både fra koaguleringssteget, oksidasjonssteget og desinfeksjonssteget.

Dersom lukt og smak er et sesongmessig problem (under algeoppblomstring), kan det være mer aktuelt å benytte pulver aktivkull som mest hensiktsmessig tilsettes til flokkuleringsbassenget (evt. før filteret) i den tid av året da lukt- og smaksproblemer forekommer, se figur 8.



[K – koagulering, FL – flokkulering, GS – grovseparasjon (sedimentering/flotasjon), PAK – pulver aktivt kull, Filt.-filtrering (dybde- eller membran(UF/MF)-filtrering), UV – UV-bestråling. Korrosjonskontroll-alternativer ikke vist (se/5/).]

Figur 8. Anlegg for eutrofierte innsjøer med sesongmessige lukt- og smakproblemer.

Alle metoder for korrosjonskontroll, som er omtalt i /5/, kan benyttes der ledningsnettet tilsier slik at korrosjonskontroll bør inkluderes. Ettersom koaguleringsanlegg normalt vil være en del av prosessoppbygningen vil de metoder som kombinerer koaguleringsanlegg og korrosjonskontroll, være spesielt godt egnet.

### 4.6.4 ELVER OG BEKKER

For denne type vannkilde benyttes normalt et koaguleringsanlegg som stamme, med grovseparasjonssteg (flotasjon, lamelledimentering eller lignende) før filtreringssteget. Normalt vil

man også inkludere et aktivkullsteg kombinert med oksidasjon for å ta hånd om organiske mikroforurenninger og fjerning av lukt og smak, dvs. den samme oppbygning som et anlegg for eutrofierte innsjøer (se 4.6.3).

Det er typisk for denne type vannverk at man bruker mange prosesser hvor den ene kan være "back-up" dersom noe skulle hende med den andre.

På grunn av den utfordrende mikrobielle situasjonen, benyttes vanligvis klor som sluttdesinfeksjon, i tillegg til UV-desinfeksjon, for å sikre den hygieniske barrierevirkning mot adenovirus.

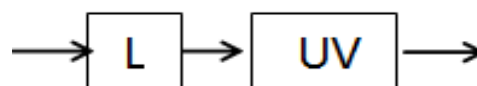
Alle metoder for korrosjonskontroll, som er omtalt i /5/ kan benyttes der ledningsnettet tilsier slik at korrosjonskontroll bør inkluderes. Ettersom koaguleringsanlegg normalt vil være en del av prosessoppbygningen, vil de metoder som kombinerer koaguleringsanlegg og korrosjonskontroll være spesielt egnet.

### 4.6.5 GRUNNVANN

Anlegg for behandling av grunnvann fra brønner i løsmasser og i fjell behandles her under ett.

Oppbyggingen av behandlingsanlegg for vann fra fjellbrønner vil være lik den fra løsmasser dersom kvaliteten mest kan sammenlignes med denne og fra omliggende overflatevann dersom kvaliteten mest kan sammenlignes med dette. Vann fra fjellbrønner må alltid desinfiseres, vanligvis vil UV være mest egnet. Særlig skal man være oppmerksom på et potensielt behov for fjerning av radionukleider og hardhet.

#### Anlegg for oksygenering, CO<sub>2</sub>-avdrivning og desinfeksjon



[L = luftningsanlegg, Filt.- filter, UV – UV-bestråling. Korrosjonskontroll-alternativer ikke vist (se /5/).]

Figur 9. Anlegg for minimumsbehandling av grunnvann basert på lufting og desinfeksjon.

Anlegg for behandling av grunnvann har ikke behov for sil for forbehandling ettersom vannet ikke vil inneholde større partikler.

Luftteanlegget må være utformet og dimensjonert slik at man både oppnår oksygenering og CO<sub>2</sub>-avdrivning, dersom det av korrosjonskontroll årsaker er behov for det siste. Boble-/plateluftere egner seg godt for formålet, men også andre typer av luftere



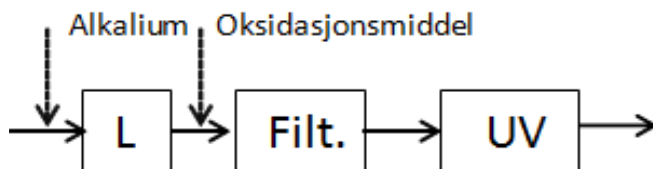
kan benyttes, se /4/.

Riktig dimensjonert vil luftingen også gi god fjerning av H<sub>2</sub>S (lukt og smak) og radon – dersom det skulle være et problem.

Pga. den mikrobielle barriereeffekt som passasje gjennom grunnen gir, vil UV-desinfeksjon alene normalt gi tilstrekkelig barriereeffekt.

Normalt brukes marmorfilter eller tilsetning av vannglass for korrosjonskontroll. Marmorfilteret plasseres før UV, mens vannglass tilsettes etter UV.

### Anlegg for fjerning av jern og mangan



[L = luftningsanlegg, Filt – filteranlegg, UV – UV-bestråling. Stiplede piler betyr at det indikerte kan (men ikke nødvendigvis må) foreligge. Korrosjonskontroll-alternativer ikke vist (se /5/).]

Figur 10. Anlegg for fjerning av jern og mangan basert på utfelling.

Vannet må vanligvis tilsettes et alkalium for å få tilstrekkelig høy pH (pH = 7,5 – 8) til at oksidasjonen gjennom lufting skal gå tilstrekkelig fort. Dersom det er behov for å fjerne mangan må pH økes til > 9 eller man må benytte et kraftigere oksidasjonsmiddel (f.eks. O<sub>3</sub>, ClO<sub>2</sub>, KMnO<sub>4</sub> eller H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

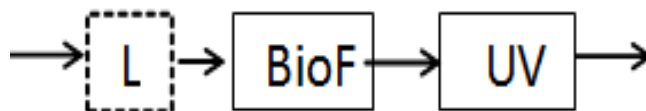
For små anlegg der mangan er et problem (evt. i tillegg til jern) kan grønnsandfilter benyttes. Normalt behøver alkalium da ikke tilsettes, men når pH < 6,5 bør pH korrigeres til ca. 7.



[GSF = grønnsandfilter, UV – UV-bestråling. Korrosjonskontroll-alternativer er ikke vist (se /5/).]

Figur 11. Anlegg for fjerning av jern og mangan basert på grønnsandfilter.

Når biofilter benyttes for å fjerne jern og mangan, er det som oftest nødvendig å lufte vannet først. Det er imidlertid normalt ikke behov for noen kjemikalietilsetning.



[L = luftningsanlegg, BioF = biofilter, UV – UV-bestråling. Korrosjonskontroll-alternativer er ikke vist (se /5/).]

Figur 12. Anlegg for fjerning av jern og mangan basert på biofilter.

### 4.6.6 BRAKKVANN

Saltholdig vann kan behandles med membranfiltrering (gjennom omvendt osmose) eller ved destillasjon. Det første er nå vanligst.

Dersom vannet har lav turbiditet (uforurenset og algefritt havvann eller saltpåvirket grunnvann) kan forbehandling utelates. Svært ofte må imidlertid vannet som skal behandles i RO anlegg forbehandles.

Det er da vanlig å bruke tradisjonelle koaguleringsanlegg (evt. basert på membranfiltrering) til dette.

Henvvisninger:		Utarbeidet:	okt 1997	BUVA AS
/1/	Helse- og omsorgsdepartementet (2001) Forskrift om vannforsyning og drikkevann (drikkevannsforskriften)	Revidert:	mai 2015	H. Ødegaard (SET AS)
/2/	Mattilsynet (2011) Veileder til drikkevannsforskriften – revidert utgave	/6/	VA-Miljøblad nr. 19 Korrosjonskontroll med vannglass	
/3/	Norsk Vann (2014) En veiledning i mikrobiell barriere analyse (MBA). Rev. utg. Norsk Vann rapport 209/2014	/7/	Norsk Vann (2012) Veiledning av drift av koaguleringsanlegg. Norsk Vann rapport 188/2012	
/4/	Norsk Vann (2015) Veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg. Norsk Vann rapport 212/2015	/8/	Norsk Vann (2015) Erfaringer med ozonbiofiltrering for behandling av drikkevann Norsk Vann rapport 211/2015	
/5/	VA-Miljøblad nr. 18 Korrosjonskontroll	/9/	Norsk Vann (2008) Driftserfaringer med membranfiltrering	