

Behandling av grunnvann

Av Hallvard Ødegaard

Hallvard Ødegaard er dosent ved Institutt for vassbygging, NTH. Han er siv.ing. NTH 1969 og dr.ing. NTH 1975.

Innledning

Tradisjonelt betrakter vi grunnvann som rent, i alle fall betydelig renere enn de fleste overvannskilder. Stort sett er dette også korrekt. Naturen selv er ofte det beste behandlingssystem vi har, og i grunnen foregår de aller fleste behandlingsprosessene vi ofte må ty til når overflatevann skal benyttes som forsyningsvann. Når behandling av grunnvann likevel ofte må til, har dette sin årsak i to forhold:

1. Grunnvannets naturlige sammensetning kan være slik at det kan medføre bruksmessige ulemper.
2. Vi opplever i økende grad en forureningspåvirkning også av grunnvannsressursene.

Svært ofte kan norsk grunnvann karakteriseres som følger:

- Det kan ha lavt oksygeninnhold som følge av oksygenforbruk p.g.a. mikrobiell og kjemisk omsetning i grunnen.
- Det kan ha relativt høyt innhold av jern og mangan på redusert form.
- Det er hardt i forhold til de bløte, norske overflatevann, men sett i internasjonal grunnvannssammenheng har det vanligvis en moderat hardhet.

- Det er normalt hygienisk sett meget tilfredsstillende.
- Det er normalt klart, men kan i visse tilfeller ha lukt og smak p.g.a. reduktive forhold i grunnen.
- Det kan i landbruksbebyggelse ha et høyt nitratinnhold (og evt. ammoniumsinnhold).

Minimumsbehandlingen som SIFF normalt stiller krav om består av:

- Lufting for å heve oksygenmetningen til minst 70%.
- Alkalisering for å heve pH til 8—8,5.
- Utstyr for beredskapsdesinfeksjon.

Luftingen foretaes ved hjelp av luftinnblåsing eller ved kaskader og kan normalt enkelt etableres. Alkaliseringen foretaes normalt ved tilsetning av lut eller soda og sjeldnere med kalk siden kalkinnholdet normalt allerede er relativt høyt i forhold til det norske kravet på 35 mg Ca/l.

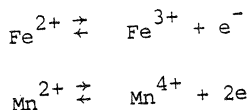
Beredskapsdesinfeksjonen består oftest av utstyr for konstant dosering av kalsiumhypokloritt fordi dette kloralkaliet er det mest bestandige ved lagring.

Vi skal her se kort på hvilken behandling som kan komme til anvendelse utover minimumsbehandlingen.

Fjerning av jern og mangan

Grunnvann inneholder ofte for høye jernkonsentrasjoner (særlig grunnvann fra løsmasser) og fra tid til annen for høye mangankonsentrasjoner (særlig grunnvann

fra fjellbrønner). Jern og mangan finnes i grunnvann på redusert form, som Fe^{2+} og Mn^{2+} . For å få disse stoffene utfelt må de først oksyderes.



Alle oksydasjonsmidler kan i prinsippet nyttes, men i alle fall når det gjelder jern blir oksydasjon gjennom lufting normalt billigst.

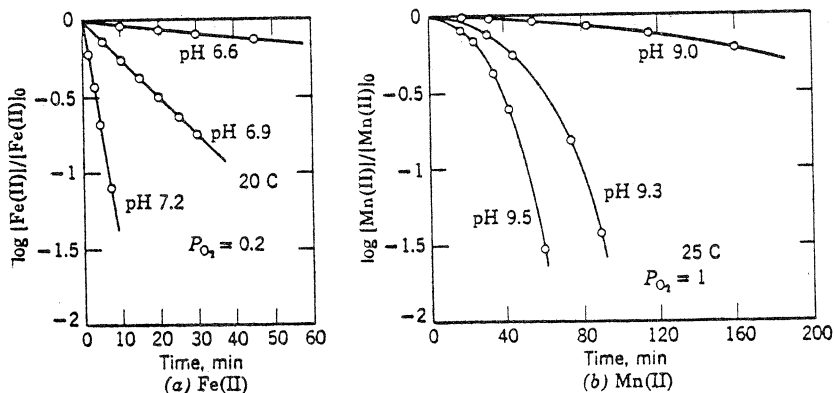
Hastighetsligningen for oksydasjon av toverdig jern med oksygen kan skrives:

$$\frac{d[\text{Fe}_{\text{II}}]}{dt} = k [\text{Fe}_{\text{II}}] [\text{O}_2] [\text{OH}^{-}]^2$$

$[\text{Fe}_{\text{II}}]$ betyr konsentrasjonen av Fe^{2+} .

Vi ser altså at oksydasjon er av annen orden m.h.t. hydroksylionet. Følgelig vil man ved å øke pH med en enhet øke oksydasjonshastigheten 100 ganger. Som

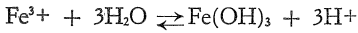
fig. 1 viser er oksydasjonen meget rask når $\text{pH} > 8$. Normalt må derfor pH i vannet heves for å få tilstrekkelig oksydasjon av jern innen rimelig tid.



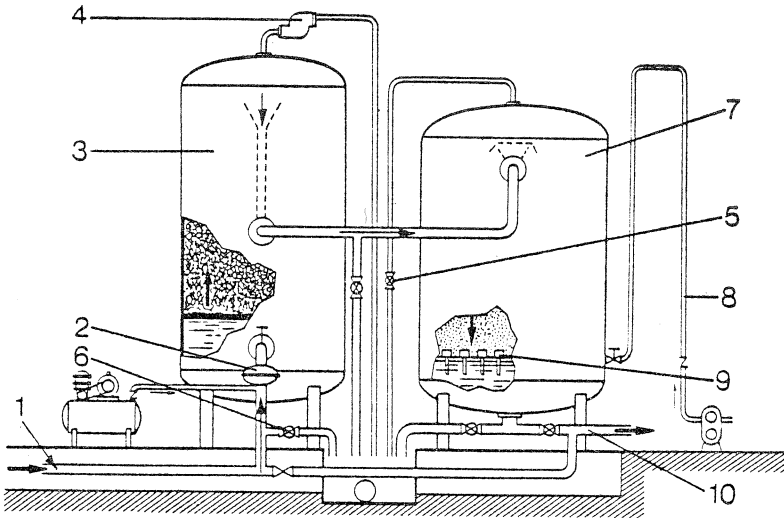
Figur 1. Oksydasjon av jern og mangan med luft.

Etter oksydasjonen feller jernet ut som jernhydroksyd som må fjernes fra vannet, normalt ved filtrering.

Fig. 2 viser eksempel på et anlegg for fjerning av jern.



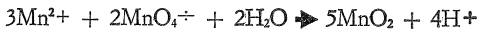
Figur 2. Eksempel på anlegg for fjerning av jern.



- | | |
|-------------------------|--------------------|
| 1. Kjemikalietilsetning | 6. Drensventil |
| 2. Luftinnblanding | 7. Sandfilter |
| 3. Oksydasjonskammer | 8. Luftvasking |
| 4. Vifte | 9. Filterbunn |
| 5. Avluftningsventil | 10. Renset vann ut |

Mangan kan også i prinsippet oksydes med lufting, men som det fremgår av fig. 1 er denne oksydasjonen langt langsommere, og det kreves betydelig høyere pH, (9—9,5) for at oksydasjonshastigheten skal bli akseptabel. Oksydasjons- og utfellingsforløpet av mangan følger et

annet reaksjonsforløp enn for jern. Reaksjonen mot utfelling av brunsten, MnO_2 , går over to trinn, der tilstedeværelse av manganioner vil katalisere reaksjonen. Vi har ofte derfor det paradoks at vi for å øke reaksjonshastigheten må tilsette mangan (i form av permanganat KMnO_4):



Vi kan også benytte andre oksidasjonsmidler for fjerning av mangan, som klor-dioksyd og ozon



SIFF tillater imidlertid ikke brukt klor-dioksyd på vannverk her i landet, men dette er svært vanlig i andre land.

Fjerning av hardhet

Det som kjennetegner hardt vann (høyt innhold av primært kalsium og magnesium) er at såpe skummer dårlig og at det dannes kjelesten i varmtvannssystemer. Hardt vann er ikke helseskadelig på noen måte, tvert imot er det flere undersøkelser som tyder på at bløtt vann fører til økt hyppighet av hjerte/kar-sykdommer. Hardt vann fører imidlertid til bruksmessige ulemper i form av økt såpeforbruk og ekstra kostnader med varmtvannsanlegg. Selv i grunnvann har vi her i landet normalt bare moderat hardhet på vannet. SIFF har imidlertid satt et strengt krav til kalsiuminnhold, 35 mg Ca/l — noe som tilsvarer en hardhet på ca. 5°dH (tyske hardhetsgrader). I enkelte tilfeller kan det derfor bli nødvendig å avherde vannet.

Avherding kan foregå ved:

- Utfelling (kalk-soda prosessen)
- Ionebytting.

Kalk-soda prosessen vil i de aller fleste tilfeller være uaktuelt hos oss slik at vi her bare skal omtale ionebytting kort.

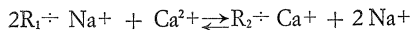
Ionebyttermasser (normalt syntetisk fremstilte organiske stoffer på granulatform), som har den egenskap at de kan

bytte ut positivt ladete ioner i løsning (her Ca^{2+} og Mg^{2+}) med et annet positivt ion i sin struktur (oftest Na^+ eller H^+) kalles kationbyttere.

Vi skiller mellom:

Sterkt sure kationbyttere
Svakt sure kationbyttere.

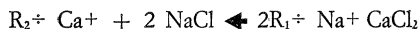
Dersom det bare er hardhetsfjerning som er målet med behandlingen, benyttes vanligvis sterkt sure kationbyttere på natriumform. Dersom vi for enkelthets skyld skriver ionebyttermassen på formen R^-Na^+ der Na^+ er det utbyttbare natriumion og R^- er ionebyttermassens øvrige struktur, kan vi skrive reaksjonen som følger:



Ionebytteren er selektiv overfor Ca^{2+} (og Mg^{2+}) i forhold til Na^+ ved lave Na^+ -konsentrasjoner.

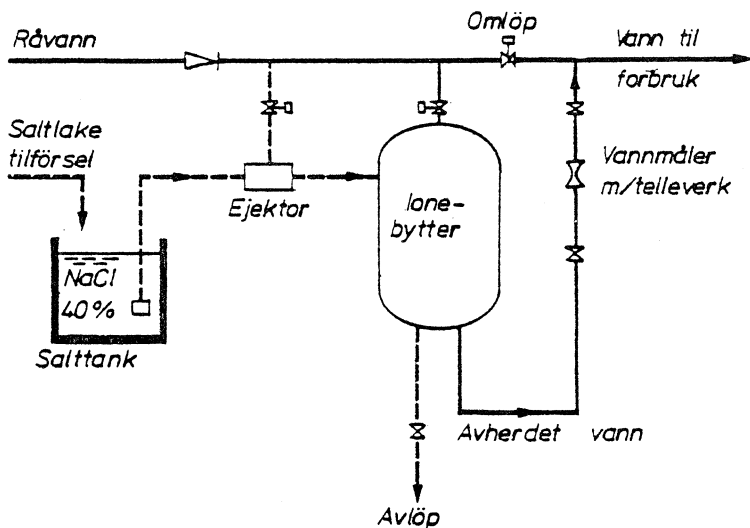
Den foretrekker altså kalsium fremfor natrium. Etter hvert vil ionebytterplassene i ionebytterstrukturen bli oppbrukt, massen blir mettet, og kalsiumkonsentrasjonen vil igjen øke i det behandlede vannet, vi får gjennombrudd. Før dette skjer må vi regenerere massen. Med sterkt sur ionebytter på natriumform ledes da en

koksalt-løsning gjennom ionebytteren. Ved den høye konsentrasjon av natrium mister nå ionebytteren sin selektivitet m.h.t. Ca-ionet. Den tar opp igjen Na⁺-ionet og lar Ca⁺-ionet skylles ut med løsningen.



Ionebytteren føres tilbake til sin opprinnelige tilstand og er klar for en ny behandlingssekvens. Oppbygning av ionebytteranlegg er vist i fig. 3.

Prosessten fører til en tilnærmet total avherdning, og vannet vil da virke dødt. Derfor er det vanlig å bare avherde en



Figur 3. Oppbygning av ionebytteranlegg for avherdning.

delstrøm av vannet for å opprettholde en viss ønsket hardhet i forsyningsvannet.

En ulempe med sterkt sure kationbyttere på natriumform er at natriuminnholdet i vannet vil øke. WHO region Europa har foreslått at Na-innholdet i drikkevann ikke bør overstige 60 mg Na/l. Dette bør imidlertid forholdsvis enkelt kunne overholdes ved behandling av norske grunnvann, idet det bare er en begrenset andel av vannet som behøver å behandles for å tilfredsstille kalsium-kravet. Man kan imidlertid stille spørsmål ved det

strengt, norske kalsiumkravet. Det er et faktum at kombinasjonen av kalsiumkravet og pH-kravet (pH = 8–8,5) er slik at man ikke kan oppnå kalsiumkarbonatlikevekt i norske forsyningsvann — noe som normalt er en behandlingsmålsetting i andre land.

Fjerning av nitrat

Nitrat har ikke vært mye fremme i debatten når det gjelder grunnvann i Norge, og så vidt meg bekjent har vi ingen anlegg for nitrat-fjerning her i landet. Ved

de større grunnvannsanlegg er da heller ikke nitrat noe problem. Det norske kravet til nitrat er imidlertid meget strengt (2,5 mg NO₃ — N/l). Det er primært satt i relasjon til methemoglobinemi (blodsykdom som særlig forekommer hos spebarn).

Vi har imidlertid i den senere tid fått kjennskap til at en rekke mindre grunnvannsbrønner i landbruksbebyggelse viser betenkelig høye nitratinnhold (10—20 mg NO₃+N/l). Det er derfor grunn til å se på hvordan nitrat kan fjernes.

Vi kan slå fast at det er vanskelig å fjerne nitrat. Det er særlig to metoder som man nå befatter seg med i de land hvor nitratproblemet er stort, nemlig:

— Biologisk denitrifisering

— Ionebyttning

Ved biologisk denitrifisering reduseres nitrat mikrobielt til nitrogengass som avdrives. Mest aktuelt synes i dag å benytte «fluidized-bed» som vokseflate for de reducerende bakteriene.

Jeg vil ikke gå nøyere inn på metoden her, fordi jeg anser den uaktuell for små vannverk der den krever svært nøye overvåkning. På tross av at enhetsprisen kr./m³ for nitratfjerning er høyere ved ionebytting, tror jeg denne metoden er mest anvendelig for små vannverk.

Man bruker da normalt en sterkt basisk anionbytter på kloridform som regene-

reses med en koksaltløsning. Problemet med prosessen har vært å finne en ionebytter som har tilstrekkelig stor preferanse for NO₃⁻-ionet i forhold til SO₄⁻-ionet. Det er ikke mulig å fjerne NO₃⁻ ved denne prosessen uten også å fjerne SO₄⁻. Dette fører til høy regenereringsmengde, og klorid-innholdet i vannet kan bli så høyt at vi kan få utløsning av sink i mesinglegeringer.

Dersom en økning i kloridkonsentrasjonen er uakseptabelt og/eller dersom avherdning også er ønsket i tillegg til nitratfjerning, er det aktuelt å benytte en to-trinns ionebytterprosess som delvis avmineraliserer vannet. Da benyttes en sterkt sur kationbytter, regenerert med syre, fulgt av en svakt basisk anionbytter regenerert med lut. Kulldioksyd som dannes i det første trinnet må avdrives.

Det synes viktig å få avklart hvor stort nitratproblemet er ved små grunnvannsbrønner her i landet og evt. sette i gang forskning og utviklingsarbeid for å møte problemet.

Dersom høyt ammonium-innhold forekommer i grunnvann, fjernes dette enklest ved brekkpunkt-klorering, dvs. ved tilsetting av tilstrekkelig høye klordoser til at restklor i vannet foreligger som fritt, tilgjengelig klor (HOCl el. OCl⁻). Brekkpunktet ligger teoretisk ved et Cl₂/N-vektforhold på 7,6.