

Grunnvann og problemer i forbindelse med utnyttelse av grunnvann

Av Hans Kristiansen

Hans Kristiansen er ansatt som forsker ved Norsk institutt for vannforskning. Han er cand. real fra Universitetet i Oslo i 1960 med kjemi som hovedfag.

Innledning.

Regnvannet som faller ned på bakken, siger ned i grunnen der det er mulig og fyller hulrom i løsavsetninger og sprekker i fjell. Det er sjelden at fjellgrunnen her i landet er så porøs at den kan romme større mengder vann. I grunnen siver vannet ned til nærmeste vassdrag eller til sjøen.

I de øverste lag av jorden opptar regnvannet både organiske og uorganiske stoffer. Av uorganiske stoffer er det særlig nitratgjødsel fra dyrket mark som opptas lett av vannet, slik at konsentrasjonen av nitrat og nitrit kan bli høy. I vekstsonen kan atmosfæren være rik på dioksyd som løses opp i vannet og øker vannets oppløsende evne. Grunnen vannet siver igjennom, inneholder salter som er mer eller mindre oppløselige. Det kan også skje en utveksling mellom oppløste mineralstoffer i vannet og stoffer bundet til mineralene i grunnen. Dette gjelder særlig glimmerbergarter som kan frigjøre kalsium og magnesium.

Regnvann som faller på bakken er mettet med oksygen. I grunnen fins det mikroorganismer som omsetter

både organiske stoffer i vannet og organiske stoffer i grunnen, og disse forbruker oksygen. Oksygeninnholdet i grunnvann avtar derfor langsomt med tiden, slik at jo lenger oppholdstid vannet har hatt i grunnen, desto lavere vil oksygeninnholdet være. Når det oppløste frie oksygenet er brukt opp, utnyttes bundet oksygen, først det oksygenet som er bundet i nitrat. Når dette er oppbrukt, utnyttes oksygenet som er bundet i sulfat. Det dannes sulfid og vannet vil lukte og smake råttent.

Behandling av grunnvann.

Grunnvann brukes i stor utstrekning til drikkevann. Det er særlig privathus og mindre vannverk på landsbygden som utnytter grunnvannsføremkomstene. I den senere tid har også større vannverk mer og mer gått over til å bruke grunnvann som kilde for drikkevannsforsyningen. Fordelen ved å utnytte grunnvannet er at det er mer beskyttet mot tilfeldige forurensninger enn overflatevann. Man regner at når oppholdstiden i grunnen er mer enn to måneder, vil det ikke inneholde

sykdomsfremkallende bakterier. Kvaliteten på grunnvann vil dessuten være mer stabil enn for overflatevann. Dette skyldes den filtrering vannet får gjennom grunnen.

Grunnvannet brukes i de fleste tilfeller uten noen form for behandling. Det er bare for vannverk som forsyner mer enn 1000 personer at vannet skal desinfiseres, selv om det ellers er bakteriologisk tilfredsstillende.

Når man bruker grunnvann ubehandlet, hender det ofte at et ellers klart og fareløst vann blir brunfarget i kontakt med luft. Ved lengre tids henstand kan det dannes brune partikler som med tiden bunnfelles. Slik utfelling er særlig kjedelig å få på klesvask som har ligget i bløtt i vannet.

Der berggrunnen inneholder jern og mangan, vil oksygenfattig vann løse ut disse elementer i toverdigg form. Toverdig jern og mangan er fargeløse små konsentrasjoner. Når vannet senere tilføres oksygen, oksyderes jernet til treverdigg og manganet til fireverdigg form. Hydroksydene av de oksyderte former av jern og mangan er uløselige i vann, og vil med tiden felles ut. Jernhydroksydene er brune og manganhydroksydene er svarte og blandinger av disse er mørkebrune.

Vann som inneholder jern og mangan må luftes for å oksydere disse metaller. Etter luftingen må vannet gis en oppholdstid som er tilstrekkelig lang til at hydroksydfnokkene får tid til å sedimentere. Jo lavere innholdet av jern og mangan er, desto lenger tid kan fnokkuleringen og utfellingen normalt ta. I mange tilfeller vil det derfor være praktisk

å filtrere vannet gjennom sandfiltre. Mangan kan ofte være vanskelig å få oksydert direkte i vannet, men i nærvær av en katalysator går oksydasjonen imidlertid lett. Utfelt mangandioksyd på sandkornene i et sandfilter er en effektiv katalysator for videre utfelling av mangan fra vannet. Et nytt sandfilter vil derfor ikke fjerne mangan særlig effektivt, men etter hvert som det avsettes brunstein på sandkornene, vil filteret bli bedre og bedre.

Råttent vann må luftes før det kan brukes som drikkevann. Ved luftingen vil sulfidene både drives av i form av hydrogensulfid og oksyderes til svovel. Svovel vil da avsette seg i luftebassenget som et lysegrått slam.

Lufting av grunnvann.

Som tidligere nevnt avtar oksygeninnholdet i grunnvann med oppholdstiden. Det betyr ikke alltid at jo dypere man må grave eller bore for å få tak i vannet, jo lavere oksygeninnhold vil vannet ha. Om man borer etter vann i fjell, kan man selv dypt nede treffe på en sprekk som har direkte forbindelse med overflaten. Det vannet man får opp, kan ha hatt kort oppholdstid i grunnen og derfor være mer mettet med oksygen.

Det hender ofte at grunnvannet kommer frem i dagen oksygenfritt eller endog sulfidholdig. Vannet som kommer inn i en vanlig utgravd brønn, kan godt være oksygenfritt. Ved anlegging av brønn bør man derfor få analysert oksygeninnholdet i vannet. Brønnen kan deretter dimensjoneres slik at vannet i kontakt med luft tar opp oksygen gjennom

overflaten. Eventuell jern og mangan i vannet som oksyderer, må også få tid til å sedimentere. For vanlige brønner vil dette være enkelt å få til. Verre er det med vann fra borebrønner. Vannet pumpes gjerne direkte fra borehullet og inn på nettet i huset, uten noen form for lufting underveis. Før vann fra borehull tas i bruk, bør det alltid undersøkes om det er oksygenholdig.

Der man ikke har et basseng hvor overflaten er stor i forhold til gjenomstrømmings hastigheten, slik at vannet tar opp oksygen ved direkte kontakt med luft, kan luftingen skje ved at man lar vannet i finfordelt form falle gjennom luften eller ved å blåse luft inn i vannet.

Under hver av disse to metoder fins en rekke praktiske måter å utføre luftingen på. Til den første metoden hører: Spredelufter hvor vannet sendes opp i luften som fontene. Dryppelufter hvor vannet drypper fra et kar med perforert bunn til det neste. Kaskadelufter hvor vannet renner med en rekke små fossefall. Til den sistnevnte metode hører: Luftingsbassenger hvor luft under trykk blåses inn i bunnen gjennom perforerte rør. Venturilufter hvor en ventil er plassert slik at når vannet med stor hastighet passerer en innsnevring i et rør, suges luft inn i vannet. Mammutlufter hvor vannet ved hjelp av en luftstrøm pumpes opp gjennom et sentralt og vertikalt stilt rør og tvinges til å sirkulere gjennom flere utenpåstående konsentriske sylindere. Inka-lufter.

Inka-lufteren er i bruk i Sverige og Danmark til behandling av grunnvann. I lufteren føres vannet inn i

et tynt lag over en perforert stålplate. Under platen pumpes luft inn under trykk. Luften tvinges dermed opp gjennom vannet. Vannlaget danner et boblesjikt med stor kontaktflate mellom vann og luft. Vann med høyt jern- og manganinnhold kan forårsake utfellinger som lett tetter igjen perforeringen i stålplaten.

De desinfeksjonsmidler som tilsettes drikkevann, har en oksyderende virkning på samme måte som fritt oksygen. Til desinfisering av oxygenfritt vann trenges tilsvarende mer desinfeksjonsmiddel. Først skal vannet oksyderes og deretter desinfiseres. Det vil i de fleste tilfeller være dårlig økonomi å desinfisere et oxygenfritt vann.

I tilfelle av at grunnvannet er surt på grunn av høyt karbondioksyddinnhold, vil overskuddet drives av ved lufting. Nødvendigheten av å alkalisere vannet for å unngå korrosjon på ledningsnettet, må da vurderes etter luftingen. Det kan nemlig vise seg at noen alkalisering etter en effektiv lufting ikke er nødvendig. Inka-lufteren har vist seg å være meget effektiv også for fjerning av fri karbondioksyd fra vannet. Når det gjelder hårdt vann, må denne utdrivningen ikke gå for langt. Vannet vil ellers bli kalkutfellende. For å unngå dette må vannet ha et lite overskudd av fri karbondioksyd.

Grunnvannets mineralinnhold.

Mineralinnholdet i et grunnvann er bestemt av geologien i området. Konsentrasjonen av de enkelte stoffer i vann, kan variere noe med nedbørforholdene, mens forholdet mellom dem er nær konstant. Konsentra-

sjonen av plantenæringsstoffer i vannet kan imidlertid variere dersom grunnvannet har tilsig fra dyrkede områder. Nitritt i vannet viser at det kan være oksygenfattig. Ved lufting vil nitritt oksydere til nitrat. Vann med høyere nitratinnhold enn 11 mg N/l kan være dødelig for spebarn yngre enn 3—4 måneder, når det brukes til å lage babymelk av en tørr blanding. Grunnen er at i det spesielle miljøet i magesekken reduseres nitrat til nitritt som vil suges opp i blodet og forårsake dannelse av methemoglobin. Blodet mister dermed sin evne til å transportere oksygen, og det skjer en indre kvelning. Hos voksne er det ikke observert en slik indre kvelning på grunn av nitrater. Grønnsaker inneholder for eksempel mye nitrat, slik at de nitratmengder man får via drikkevannet vil være lave sammenliknet med kostens nitratinnhold forøvrig.

De mineraler som vanligvis dominerer i grunnvann er kalsium og magnesium, og da i form av hydrogenkarbonater. Grunnvann under den marine grense kan dessuten ha høyt innhold av natriumklorid.

Kalsium- og magnesiuminnholdet gjør vannet hardt. Sammenliknet med bløtt overflatevann har det sine klare bruksulemper. Den man først merker er at vannet skummer dårlig med såpe, og krever et større såpeforbruk. Ved vask i oppvaskmaskiner hvor gjenstandene ikke tørkes med håndkle, vil hårdheten i vann forårsake skjolder som særlig er synlig på glasstøy. Det fins oppvaskmaskiner som har et spesielt filter tilkopleet for bløtgjøring av vannet, og dermed unngår man skjolder på oppvasken.

Verden over er man kommet til at det må frarådes å avherde drikkevannet, både fordi man mener at organismen trenger de mineralstoffer som naturlig fins i vannet, og fordi en avherding går ut på å erstatte vannets kalsium- og magnesiuminnhold med natrium. Man får dermed et drikkevann med et ekstremt høyt natriuminnhold, og dette vil ha betydning for organismen. Planter som for eks. vannes med avherdet vann, vil dø på grunn av den ubalanse i vannets ioneinnhold som avherdingen har forårsaket.

Avleiringer og korrosjon.

Normalt korroderer de fleste metaller i vann, men når vannet inneholder kalsium i form av hydrogenkarbonat, vil det etter hvert avsette seg et belegg av kalsiumkarbonat på metalloverflaten, som nedsetter korrosjonshastigheten. Karbonatbelegget dannes langsomt, og for at vannet ikke skal være korrosivt, må hastigheten for dannelsen av karbonatbelegg være større enn korrosjonshastigheten.

Beleggsdannelsen er avhengig av vannets innhold av kalsium i form av karbonat og hydrogenkarbonat, og for at det i det hele tatt skal kunne dannes belegg, må kalsiumkonsentrasjonen være over ca. 50 mg pr. liter.

I varmt vann kan man få belegg ved lavere kalsiumkonsentrasjon, helt ned i ca. 20 mg pr. liter.

Korrosjonen er avhengig av vannets pH-verdi som igjen er bestemt av vannets innhold av fri karbondioksyd. Når det frie karbondioksydinnholdet i vannet er over en viss verdi, som er bestemt av den kjem-

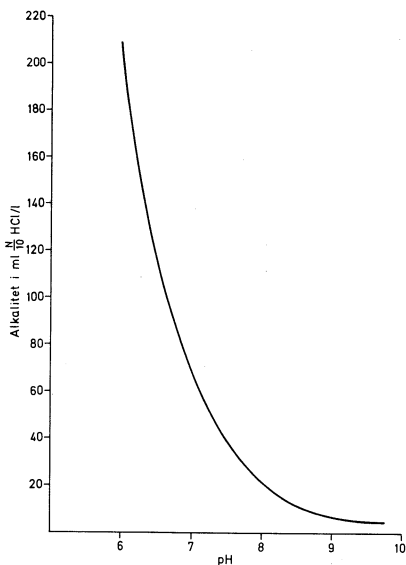
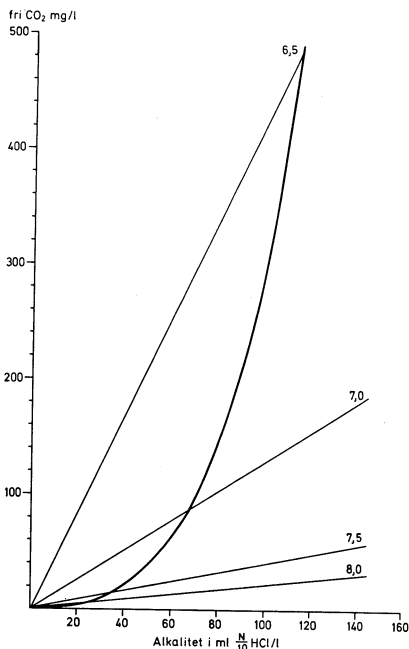


Fig. 1.
Alkaliteten som funksjon av
pH-verdien for vann i karbonat-
likevekt.

iske sammensetning forøvrig, vil det ikke kunne dannes noe beskyttende karbonatbelegg, og allerede avsatt belegg vil gå i oppløsning. Dette overskudd av karbondioksyd kalles derfor aggressivt karbondioksyd.

I kalsiumholdig vann er det en likevekt mellom utfelt kalsiumkarbonat og oppløst karbonat og hydrogenkarbonat i vannet. Vannets alkalitet er et mål for innholdet av karbonat og hydrogenkarbonat, og for vann i likevekt tilsvarer hver alkalitetsverdi en bestemt pH-verdi, den såkalte likevekts-pH. Når grunnvannets reelle pH-verdi er lavere enn likevekts-pH, er vannet korrosivt, og i motsatt fall er vannet kalkutfellende. På figur 1

er alkaliteten fremstilt grafisk som funksjon av likevekts-pH. Alkaliteten skyldes innholdet av kalsiumhydrogenkarbonat, pH ved likevekt synker med økende alkalitet. Dette skyldes at vannet også må ha et innhold av fri karbondioksyd som øker med alkaliteten. Likevektvannets innhold av fri karbondioksyd er fremstilt grafisk som funksjon av alkaliteten på figur 2. pH ved likevekt avtar omkring 0,2 enheter for hver 10 °C temperatur stiger og øker svakt med økende innhold av andre stoffer i vannet.



Figur. 2.
Sammenhengen mellom fri karbon-
dioksyd og alkalitet for vann
i karbonatlikevekt.

For å sikre en rasjonell utnyttelse av grunnvannet, er det nødvendig med vannanalyser for å kunne velge riktige materialer i selve vannkilden. Viktige analysedata er vannets reelle pH-verdi målt umiddelbart etter at det er kommet opp fra grunnen og pH ved likevekt. Når den reelle pH-verdi er under 9,5, hva den i de fleste tilfeller er, vil vannet være korrosivt overfor jern og stållegeringer. Disse materialer kan likevel brukes dersom likevekts-pH er litt høyere en reell pH-verdi. Korrosjonsprosessen vil endre pH-verdien ved metalloverflaten, slik at vannet blir kalkutfellende. Det dannes et beskyttende kalk-rust-belegg på overflaten. Den reelle pH-verdi bør likevel være over ca. 7,4. I motsatt fall kan andre materialer komme på tale.

Grunnvann med lavere pH-verdi enn 7.4 kan inneholde aggressiv karbondioksyd. Denne drives som nevnt av under luftingen, og vannet vil etter lufting være mindre aggressiv og også mindre korrosivt. Mineralfattig grunnvann har lav pH-verdi, i de fleste tilfeller lavere enn 7.4. Her i landet hvor grunnen er bygd opp av tungt oppløselige bergarter, er grunnvannet mineralfattig.

I surt og mineralfattig vann kan rustfritt stål brukes, men betingelsen for at stålet skal holde seg rustfritt, er at vannet inneholder oksygen. Man regner at vannet må inneholde minst 2 mg oksygen pr. liter. Ved lavere oksygeninnhold nedbrytes det passive sjikt på metalloverflaten som gjør at stålet er rustfritt, og vil deretter oppføre seg som vanlig stål.

Korrosjonen øker med økende temperatur. Det er derfor på elementer

av rustfritt stål i vannvarmere at at man først merker korrosjonen dersom vannet er oksygenfattig.

Når vannet inneholder stoffer som kan avsette seg på en overflate av rustfritt stål, kan miljøet under avsetningen bli oksygenfritt og overflaten depassivert. Groptæringer kan da oppstå på stålet selv om vannet er mettet med oksygen. Høyt kloridinnhold i vannet kan også forårsake groptæringer på rustfritt stål, men kloridinnholdet må gjerne være over ca. 300 mg pr. liter før angrep finner sted.

Galvanisert stål anbefales ikke brukt i surt og bløtt vann. I kalsiumfattig vann må pH-verdien være over 8 dersom man skal unngå angrep på sinkbelegget. Galvanisert stål kan anbefales til sulfidholdig grunnvann med konstant sulfidinnhold og med så lavt kalsiuminnhold at det ikke dannes kalkbelegg. Sulfidinnholdet i vannet gjør at det dannes et beskyttende belegg av sink-sulfid på overflaten.

Kobber kan korrodere som følge av at det har dannet seg et ujevnt oksydsjikt på overflaten. En spesiell dekapering umiddelbart etter fabrikkasjonen, slik at metalloverflaten er ren når den settes ned, har vist seg å forlenge levetiden for pumpesiler av kobber.

Messing korroderer ved at sink løses ut av legeringen. Dersom sink ikke løses opp i vannet, kan det føre til avsetninger i rør. Dette fenomenet ser ut til å ha sammenheng med kloridinnholdet i vann som inneholder lite kalsiumhydrogenkarbonat. Før man bestemmer seg for å bruke sil av messing, bør kloridinnholdet i

vannet analyseres, og dette settes i sammenheng med vannets hydrogenkarbonathårdhet. I følge en anbefaling fra firmaet Dégrémont bør messing unngås når kloridinnholdet i vannet er høyere enn det som er angitt i tabellen for de forskjellige hårdheter:

<i>Klorid mg Cl/l</i>	<i>Hydrogenkarbonat hårdhet mg CaO/l</i>
10	6
20	16
30	50
40	70
60	90
80	100
100	110
140	120
200	135

Galvanisk korrosjon oppstår når to forskjellige metaller koples sammen, og det er det minst edle metallet som angripes. Når for eksempel kobber og stål forbindes med hverandre, angripes stålet. Av denne grunn må det unngås at for eksempel sil og pumperør er av forskjellig materiale. Faren for galvanisk korrosjon er større desto høyere elektrolyttinnhold vannet har.

En annen form for korrosjon som kan opptre ved blanding av flere metaller, er korrosjon på et metall på grunn av oppløste ioner av et annet, edlere metall. Denne korrosjonsformen er uavhengig av vannets elektrolyttinnhold og opptrer i praksis når kobber og messing korroderer og avgir kobberioner til vannet. Kobberholdig vann vil i sin tur forårsake korrosjon på stål, galvanisert stål, aluminium og aluminiumslegeringer.

Kobberholdig vann er også farlig for rustfritt stål der overflaten er depassivert på grunn av oksygenmangel. Korrosjonen ytrer seg som grop-tæring, og gjennomtæring kan finne sted innen meget kort tid.

Fullstendig oksygenfritt vann er ikke korrosivt, men når det oppløste frie oksygenet er brukt opp, reduseres oksygenholdige forbindelser. Sulfat blir redusert til sulfid. I slike tilfeller kan vannet skifte mellom å være oksygenholdig og sulfidholdig, og vannet kan være både sulfidholdig og oksygenholdig. Vann av denne type er meget korrosivt overfor alle metaller. For vann av denne type bør det brukes konstruksjoner av kunststoffer eller av kunststoffbelagte metaller. Plastbelagte metaller vil i alle tilfeller være motstandsdyktig overfor korrosjon.

Rengjøring av pumpesiler.

En korrodert pumpe sil er uigjenkallelig tapt, men belegg på silduken som kan stenge for vanngjennomstrømmingen, lar seg fjerne med syrebehandling. Det fins passivert saltsyre, med et lite innhold av fritt klor spesielt egnet for fjerning av kalkbelegg og som ikke angriper metall i nevneverdig grad.

Etter at pumpeinnretningene er fjernet, føres et rør med diameter $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " eller 1" ned i brønnrøret. Røret føres ned så vidt under overkant av silen. Ned gjennom dette røret helles tilstrekkelig med syre til at hele silen fylles. Syren blir etter hvert fortynnet av det inntrengende vann. Etter behandlingen må det pumpes så mye vann gjennom brønnen at alle spor av syren er fjernet.

Dette kan kontrolleres ved pH-målinger. Dersom det er andre borebrønner i nærheten, mindre enn 100 m borte, må det for sikkerhets skyld kontrolleres at vannet i disse ikke er blitt forurenset av syren.

Syrebehandlingen kan effektiviseres ved å presse syren gjennom silen med et mottrykk. Dersom man ikke har pumpe kraftig nok til å presse vann den motsatte veg gjennom silen, kan overtrykk skaffes ved å helle karbonsyresnø eller knust tørris ned i brønnrøret og deretter tetter man godt både brønnrør og rør for påfylling av syre. Etterhvert som CO₂-gass utvikles, stiger trykket i brønnen. Det er ingen fare for at vannet skal fryse såfremt det er mer enn 11 liter vann pr. kg tørris. Når det er høy vannstand i brønnen, kan det være fordelaktig å bruke karbondioksyd under trykk. I tilfelle lav vannstand eller lite vann i brønnen, anbefales å bruke trykkluft.

Hvor lang kontakttid syren skal ha med silen avhenger av hvor igjengrodd den er. I tilfelle den er så tilstoppet at syrebehandlingen må gjenntas flere ganger, bør behandlingen begrense seg til en halvtime hver gang.

Polyfosfater kan også gi tilfredsstillende resultater når det gjelder å fjerne karbonater og jernoksyder fra en pumpe. Dette gjelder særlig når avsetningene skyldes biologisk virksomhet, for eks. når toverdig

jern i vannet blir oksydert til treverdige av jernbakterier. På slike avsetninger er saltsyre like virksom. I lave konsentrasjoner danner polyfosfatene vannløselige komplekse med kalsium-, magnesium- og jernioner og virker som inhibitor mot utkrystallisering. På grunn av fortykning i brønnen må en gå ut fra en konsentrert fosfatløsning. Fosfatene virker også inhiberende mot korrosjon på silduken og virker dispregerende på silikater slik at silen ikke så lett tilslammes av leire.

Calgon er handelsnavnet på et polyfosfatprodukt med 60 % P₂O₅. For behandling av borebrønner løses 9 kg kalsiumklorid eller natriumhypoklorit. Disse tilsetninger virker desinfiserende for å hindre jernbakterienes virksomhet. Denne blandingen lar man virke i 48 timer. Hver 4. time lar man pumpen gå i en lukket krets for å få bevegelse i blandingen, og dermed best mulig virkning av behandlingen. Ved denne behandlingen kan man derfor ikke demontere pumpeinnretningen.

For å illustrere nytten av å behandle silene kan nevnes at borebrønnene for et Shell-raffineri i Illinois, USA, som ble anlagt i 1943, behandles regelmessig hvert halvår til hvert år. Disse borebrønnene er fortsatt i full drift, mens brønner i området som ikke behandles regelmessig, bare kan drives i maksimum 5 år.