

Vannledningsnett — samfunnsmessige kostnader ved innvendig korrosjon og aktuelle mottiltak

Av Erik Bergan, Jan Aug. Myhrstad og Johs. Wiik

Bergan er ansatt ved Statens institutt for folkehelse, Myhrstad hos Sivilingeniør Elliot Strømme A/S og Wiik i Helsedirektoratet.

1. INNLEDNING

Vannforsyningen i Norge er i hovedsak basert på overflatevann. Overflatevannet er vanligvis korrosivt, og innvendig korrosjon i vannledninger, armatur og innretninger kan medføre en rekke tekniske, økonomiske og hygieniske ulemper. Problemene rammer både abonnenter og vannverks-eier, såvel som samfunnet generelt.

Direkte korrosjonskostnader beløper seg til flere hundre millioner kroner pr. år. I tillegg kommer de indirekte korrosjonskostnadene som sannsynligvis ikke er mindre enn de direkte kostnadene.

Det er derfor av stor betydning å vurdere aktuelle tiltak for å redusere korrosjon i vannledninger, armatur og innretninger. Dette kan i prinsippet gjøres på to forskjellige måter, eventuelt i kombinasjon:

- Justering av vannkvalitet
- Bruk av korrosjonsresistente materialer.

Det må tas i betraktning at det allerede eksisterer ca. 30.000 km vannverksledninger, og at de nevnte tiltak kanskje ikke vil ha stor betydning for en fortsatt utvikling av skader som allerede er oppstått på disse rørene. Endel indirekte problemer kan imidlertid sannsynligvis reduseres.

Det er i praksis neppe mulig i fremtiden å redusere korrosjonsskadene omfang vesentlig ved å satse på bruk av korrosjons-

resistente materialer. Dette skyldes blant annet at det norske marked med sitt korrosive vann er for lite for de store produsenter av vannledninger, armatur og innretninger. Visse muligheter er imidlertid til stede. Norske produsenter av vannvarmere har for eksempel utviklet tekniske løsninger som er tilpasset norsk vannkvalitet.

Skal det oppnås en vesentlig forbedring i fremtiden med hensyn til korrosjon på nye og eksisterende rør som fortsatt er i god forfatning, må vannkvaliteten justeres.

For å få et riktig bilde av forholdene, må situasjonen avklares for hvert vannverk gjennom en grundig tilstandsanalyse. Tilstandsanalysen bør avklare om det er innvendig eller utvendig korrosjon som er problemet, samt om korrosjonsproblemene er på vannledningsnettet eller på de private anleggene. Analysen bør videre avklare om enkel vannkvalitetsjustering er et tilstrekkelig tiltak eller om korrosjonsproblemene er av en slik karakter at mer omfattende vannkvalitetsjustering er påkrevd.

I foreliggende artikkel er innvendig korrosjon på vannledningsnettet og tilhørende kostnader diskutert. Ved å beregne kostnadene for en spesifikk vannbehandlingsmetode, er det diskutert når vannbehandling fra en økonomisk synsvinkel kan være et hensiktsmessig tiltak mot korrosjon.

2. NORSK VANNKVALITET

Overflatevannet i Norge er hovedsaklig surt og mineralsaltfattig. Vannet har et lavt innhold av kalsium, og en lav alkalitet

(bufferkapasitet). I tabell 1 er gitt verdier for en del vannkvalitetsparametre som har innflytelse på vannets korrosive egenskaper.

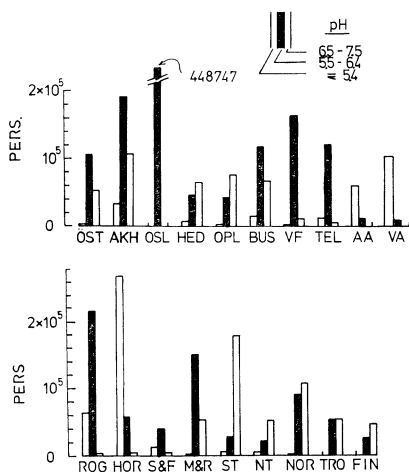
Parameter	Overflatevann	Grunnvann
pH-verdi	Ca. 6	7,3
Alkalitet (mekv/l)	0,15 på landsbasis	
Kalsium (mg/l)	2,59	8,66
Klorid (mg/l)	6,6	5,7
Sulfat (mg/l)	4,76	10,6

Tabell 1. Typisk norsk råvannskvalitet (1 og 2). Alkalitetsverdien er en midlere verdi for overflatevann og grunnvann på landsbasis.

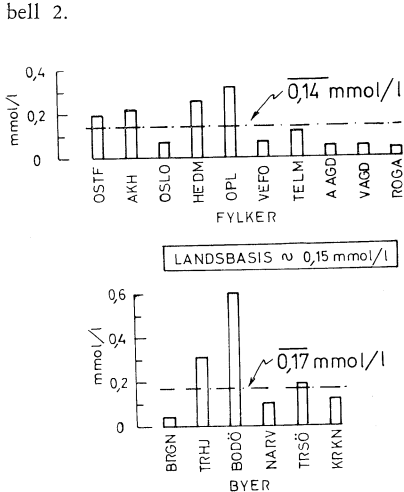
Figurene 1 og 2 viser resultatene av en landsomfattende analyse over pH-verdier og alkalitetsverdier i råvannet til norske vannverk (1). Bortsett fra enkelte distriktsvise og lokalt gunstige vannkvaliteter med hensyn til korrosjon kan det generelt konkluderes med at vannet er korrosivt. Unn-

takene finnes i områder med grunnvann hvor bergartene har et høyt kalkinnhold (3, 4).

I de reviderte normene for vannkvalitet som nylig er publisert (5), er det gitt konsentrasjonsintervaller for hva som ansees som god drikkevannskvalitet, konferer tabell 2.



Figur 1. Fylkesvis fordeling av antall pers. i forhold til pH.



Figur 2. Oversikt over alkalitetsverdier.

Parameter	Generell norm	Norm for vann ut fra Ca(OH) ₂ /CO ₂ anlegg
pH-verdi	7,5 - 8,5	8,0 - 8,5
Alkalitet (mekv/l)	0,6 - 1,0	Ca. 1,0
Kalsium (mg/l)	15 - 25	20 - 25

Tabell 2. Normer for god vannkvalitet.

Sammenliknes tabellene 1 og 2, fremkommer et betydelig avvik mellom den generelle norske vannkvaliteten og normene for god vannkvalitet. Dette indikerer at store kostnader som følge av innvendig korrosjon må forventes.

3. KORROSJONSKOSTNADER

På grunn av innvendig korrosjonsangrep reduseres levetiden på vannledningsnett og husinstallasjoner. Redusert levetid betyr en verdiforringelse i forhold til en situasjon hvor korrosjon ikke forekommer.

Det er nylig utført en litteraturundersøkelse. På bakgrunn av denne er de *direkte korrosjonskostnader* for vannledningsnett og husinstallasjoner beregnet å utgjøre 110 kr./p.år. Ved et midlere vannforbruk på 400 l/p.d, tilsvarer dette ca. *kr. 0,75 pr. m³ vann* (6).

Korrosjonskostnadene fordeler seg med ca. 20 kr./p.år på hovedledninger og stikkledninger, og ca. 90 kr./p.år på ledninger og installasjoner innomhus.

De *indirekte korrosjonskostnader* som følger av vanntap og lekkasjer, økt vannføring i avløpsnett med økte rensekostnader, helsemessige aspekter ved innsug av urent vann og inntak av metaller utløst fra ledningsnett m.v., og bruksproblemer forårsaket av korrosjonsprodukter er ikke vurdert. Det kan imidlertid nevnes at ifølge

en svensk undersøkelse fra 1982 var omkostningene forbundet med vannskader forårsaket av korrosjon vel 345 mill. 1982 kr. (7). I Finland utbetaler forsikringselskapene 150 til 300 mill. kr./år i forbindelse med vannskader (8).

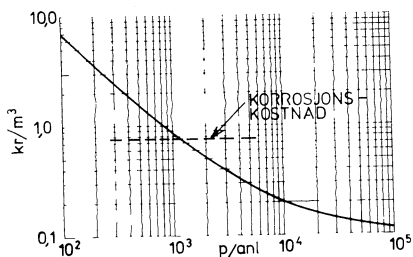
De direkte korrosjonsskadene i Norge beløper seg i henhold til ovennevnte rapport (6) til *ca. 440 mill. kr./år*. Det er grunn til å anta at summen av de direkte og indirekte korrosjonsskadene kan utgjøre mer enn *1 milliard kr./år*.

Det burde derfor være mye å vinne rent økonomisk ved å redusere korrosjonsskadene.

4. MOTTILTAK

Hvis en tilstandsanalyse av ledningsanlegget viser at justering av vannkvaliteten er et riktig tiltak, må det avklares om enkel justering av pH-verdi og alkalitet er tilstrekkelig, om vannet bør bringes i, eller i nærheten av kalk/karbondioksidlikevekt, eller om inhibitor kan være aktuelt. Valg av metode må baseres på en inngående vurdering av foreliggende vannkvalitet og ledningsanlegget.

For å få et inntrykk av hvor grensen for lønnsomhet ved bruk av kalk/karbondioksidmetoden går i forhold til korrosjonskostnadene og vannverkenes størrelse,



Figur 3. Stabiliseringskostn. i kr./m³ i forhold til anleggets størrelse.

er det gjort en beregning av investerings- og årskostnader for denne metoden.

Ved beregning av kjemikaliekostnadene er det forutsatt optimale transport- og leveringsbetingelser (9). Kjemikalieforbruket er basert på en heving av alkaliteten fra 0,15 til 1,0 mekv/l som er i samsvar med helsemyndighetenes nye normer for god vannkvalitet. Vannforbruket er satt til 400 l/p.d.

Investeringskostnadene (maskinelt utstyr og bygg) er basert på ensartet utforming, og det er benyttet standard avskrivningstider for beregning av årskostnadene. Til de løpende kapitalkostnader er lagt drifts- og vedlikeholdskostnader.

Kostnadskurver for kalk/karbondioksidmetoden er vist i figur 3. Kurven fremstiller vannprisen som funksjon av vannverkets størrelse angitt ved antall personer tilknyttet. På figur 3 er dessuten lagt inn

som en stiplet linje den direkte korrosjonskostnaden angitt i kr./m³ vann, konferer kapittel 3.

Det fremgår av figur 3 at hvis et vannverk har mer enn ca. 1000 personer tilknyttet, kan det være samfunnsmessig lønnsomt å tilsette kalk og karbondioksid, forutsatt at de direkte korrosjonskostnadene elimineres eller reduseres meget sterkt.

Med utgangspunkt i den forenklete lønnsomhetsbetraktningen er det foretatt en vurdering og beregning av investerings- og årskostnader for alle vannverk som forsyner 1000 personer eller mer. Beregningen omfatter 366 vannverk som forsyner vel 3 millioner mennesker, eller ca.75% av landets befolkning. Resultatene fremgår av tabell 3.

Tiltaket gir en investeringskostnad på ca. 60 kr., og en årskostnad på ca. 32 kr. pr. person, samt en midlere vannpris på kr. 0,22 pr. m³. De direkte, totale korrosjonskostnadene for de vannverkene som er omfattet av beregningen i tabell 3 utgjør vel 335 mill. kr./år. Som tidligere anført koster de direkte korrosjonsskadene ca. kr. 0,75 pr. m³ vann.

Hvis vi forutsetter at de direkte korrosjonskostnadene elimineres ved introduksjon av kalk/karbondioksidbehandling på de 366 vannverkene, kan dette medføre en samfunnsmessig gevinst på ca. 235 mill. kr./år.

Antall vannverk	Antall personer	Invest.kost. (mill. kr.)	Årskost. (mill. kr.)
366	3.056.410	185,18	98,15

Tabell 3. Investerings- og årskostnader for kalk/karbondioksidbehandling ved vannverk som forsyner 1000 personer eller mer, og for råvanns pH < 7,5.

De direkte korrosjonsskadene antas å fordele seg med ca. 18% på hovedledningene og stikkledninger, og ca. 82% på ledninger og installasjoner innomhus. Den maksimale samfunnsmessige gevinst på 235 mill. kr./år vil derfor oppnås ved at vannverkene får øket sine driftsutgifter med ca. 37 mill. kr./år, mens abonnentene får redusert sine utgifter med ca. 275 mill. kr./år.

Slike betraktninger kan også legges til grunn ved beregning av vannavgifter og motivere for å få denne opp på et reelt nivå.

Den samlede samfunnsmessige gevinst vil ikke bli så stor som beregnet. Beregningene forutsetter blant annet at de direkte korrosjonsskadene opphører. Skader på eksisterende ledningsnett eksisterer imidlertid allerede, og skadene vil i mange til-

felle forverres uavhengig av vannkvaliteten. Dette medfører at de direkte korrosjonskostnadene fortsatt må regnes med som en utgiftspost.

Vannbehandlingen kan ha en positiv effekt på de indirekte korrosjonsskadene, og da øker besparelsene igjen.

5. KONKLUSJON

Beregningene og vurderingene viser at det samfunnsmessig kan være økonomisk gunstig å redusere vannets korrosjonspotensiale ved passende vannbehandlingstiltak. Graden av økonomisk gevinst er avhengig av ledningsnettets tilstand. Det bør derfor utføres en tilstandsanalyse av ledningsnettet før aktuelle tiltak for å redusere direkte og indirekte korrosjonsskader vurderes nærmere.

REFERANSER

1. Statens institutt for folkehelse, vannkvalitetsregisteret.
2. Flaten, Trond Peder: «An Investigation of the Chemical Composition of Norwegian Drinking Water and its possible Relationships with the Epidemiology of some Diseases», Universitetet i Trondheim, NTH, doktor ingeniør avhandling, 1986.
3. Englund, J. O. and Myhrstad, J. A.: «Groundwater Chemistry of some Selected Areas in Southeastern Norway», *Nordic Hydrology* 11, 1980, 33—54.
4. Ellingsen, K.: «Kjemisk grunnvannskvalitet i løsmassebøtner», *Vann*, nr. 3, 1987, 334—346.
5. Statens institutt for folkehelse, «Kvalitetsnormer fra drikkevann», Oslo, 1987.
6. Strømme A/S, Siv.ing. E. «Korrosjonskostnader i vannledningsnett. Teknisk — økonomisk utredning», NTNf's drikkevannsutvalg, Sandvika, 1987.
7. Levling, E.: «Försuringsbetingade korrosionsskador på vattenledningar i hus och mark. En förstudie av kostnadsbilden». Statens naturvårdsvärk, PM 1978, 1985.
8. Sipilä, Annika, Finland, personlig meddelelse, 1987.
9. Norsk Hydro A/S v/Thorleif Hals, personlig meddelelse, 1987.