

Dricksvattenkvalitet och korrosion – svenska erfarenheter av korrosionskontroll

Av Bo Berghult och Ann Elfström Broo

Bo Berghult är teknisk doktor och docent och Ann Elfström Broo är filosofie doktor
Tillsammans driver de företaget Miljökemigruppen i Sverige AB

Innlegg på seminar i Vannforeningen 12. mars 2007

Sammandrag

Förekomst av korrosionsprodukter i dricksvattnet till följd av invändig korrosion på dricksvattenledningar är kanske den vanligaste orsaken till klagomål vid svenska vattenverk. Forskningen i Sverige har därför i första hand varit inriktad på, att genom korrosionskontrollåtgärder vid vattenverken, minimera korrosionsprocessernas inverkan på vattenkvaliteten. Undersökningarna har i första hand behandlat ledningsmaterialen järn och koppar.

På basis av forskningsresultaten vidtas därför åtgärder vid vattenverken som syftar till att producera en vattenkvalitet med måttlig alkalinitet, ett pH-värde över 8 och en förhållandevis låg halt av naturligt organiskt material. Vidare är det av stor vikt att med en jämn och stabil dricksvattenkvalitet.

Även läckage och rörbrott till följd av invändig korrosion bör dock beaktas. Mot bakgrund av medel-

åldern på svenska distributionsnät och dagens utbyteshastighet innebär även en historiskt sett måttlig korrosionshastighet på de markförlagda järnledningarna att renoveringsbehovet snart kommer att öka dramatiskt.

Inledning

Trots betydande korrosionskontrollinsatser i form av i första hand processteg för optimering av dricksvattenkvaliteten, är fortfarande korrosionsprodukter i dricksvattnet den kanske vanligaste orsaken till att konsumenter upplever problem med dricksvattenkvaliteten i Sverige. Åldersstigna och överdimensionerade distributionsnät med delvis okända strömningsvägar och uppehållstider för vattnet och en begränsad kunskap om sambanden mellan korrosion och dricksvattenkvalitet i kommunerna är kanske de vanligaste orsakerna till problemen. Däremot är leveranssäkerheten hög.

Svenska kommuner har en historia

av förhållandevis bra dricksvattenkvalitet ur korrosionssynvinkel, med en begränsad invändig korrosions-hastighet på det markförlagda distributionsnätet. Markförhållandena är emellertid kraftigt varierande med skiftande syretillgång och med varierande grundvattennivåer, vilket inneburit att korrosionsangrepp som lett till läckage och rörbrott i huvudsak kunnat härledas till utväldig korrosion. Eftersom dessa korrosionsskador företrädesvis är av lokal karaktär och beroende av ett mycket stort antal parametrar, kan livslängdsuppskattningar i relation till utväldig korrosion i huvudsak endast göras på basis av den lokala skadestatistiken.

Som jämförelse har man i Norge, där dricksvattenkvaliteten ur korrosionssynvinkel historiskt varit sämre med lägre alkaliniteter och pH-värden, haft en större andel korrosionsskador till följd av invändig korrosion. Sammantaget har detta inneburit att man i Sverige uppfattat läckage och rörbrott som ett resultat snarare av utväldig än av invändig korrosion, medan uppfattningen i Norge huvudsakligen varit den motsatta. Detta har också avspeglat sig i dricksvattenforskningen och i viss mån i de åtgärder som vidtagits för att minska konsekvenserna av korrosion.

Även i Sverige bör dock andelen läckage och rörbrott orsakade av invändig korrosion beaktas. Om den invändiga korrosionen på markförlagda järnledningarna antas vara 50 till 150 $\mu\text{m}/\text{år}$ beroende på bland annat strömningsförhållanden, material- och vattenkvalitet, kan en tid till dess hela rörets tjocklek oxiderats

uppskattas till mellan 80 och 240 år för en godstjocklek på 12 mm. Självfallet kommer läckage att uppträda långt tidigare. Med tanke på medelåldern på svenska distributionsnät och dagens utbyteshastighet som innebär att rörens ålder före utbyte i snitt överstiger 200 år (1), är det uppenbart att man i Sverige snart står inför en situation där renoverings-hastigheten måste ökas dramatiskt.

Men vattenkvaliteten påverkar inte bara det markförlagda distributionsnätet. Också installationer i fastigheter påverkas. Liksom för de markförlagda distributionsnäten kan korrosion leda till vattenkvalitetsförsämringar och läckage. Kopparkorrosionsprodukter kan dessutom indirekt leda till att slamkvaliteten vid avloppsreningsverken försämras och gör slammet obrukbart som jordförbättringsmedel.

Generellt kan således invändig korrosion på dricksvattenledningar ha en avgörande inverkan på

- dricksvattenkvaliteten,
- rörens livslängd,
- slamkvaliteten vid avloppsreningsverken.

Ambitionen med svensk korrosionsforskning har i första hand varit att minimera korrosionsprocessernas inverkan på dricksvattenkvaliteten och omfattat rörmaterialen järn, koppar och till en liten del också rostfritt stål, som i en framtid kan tänkas ta en större andel av inomhusinstallationerna (2, 3).

Genom forskningen har modeller kunnat tas fram som beskriver vatten-

kvalitetens betydelse för korrosionen på de olika ledningsmaterialen. Vidare kan korrosionshastigheten på järn uppskattas, halter av korrosionsprodukter i vattnet beräknas, liksom massbalanser upprättas som underlag för att beräkna kopparhalter i avloppsslam. Betydelsen av vattnets strömningshastighet har undersökts liksom hur de hydrauliska förhållandena i övrigt påverkar vattenkvalitet och korrosion. Undersökningar har också visat på kopplingen mellan varierande vattenkvalitet och lokala korrosionsangrepp på kopparledningarna.

Korrosionsmodeller

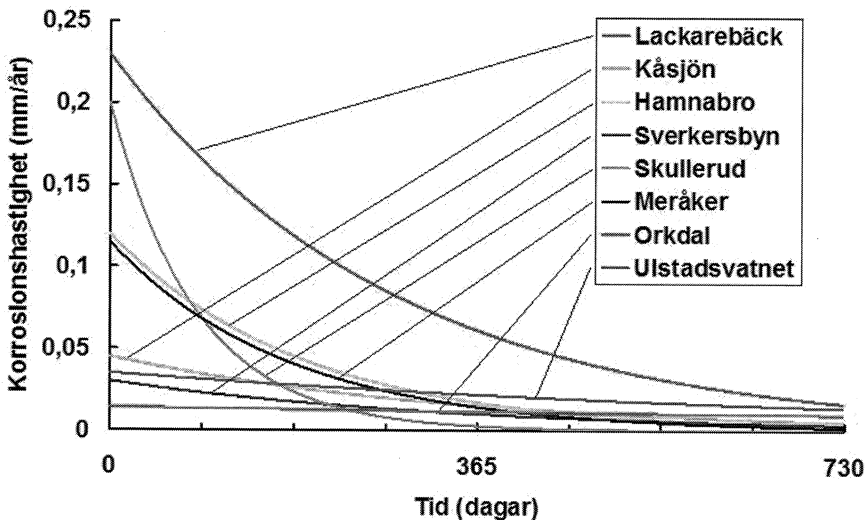
Även om vattnet strömmar med relativt hög och jämn hastighet i vissa ledningssträckningar, är situationen annorlunda i den övervägande delen av ett distributionsnät för dricksvatten. Här strömmar vattnet mycket långsamt och långa tider står det i det

närmaste stilla i ledningarna. Detta är också situationen i inomhusinstallationer. Det är därför av stor vikt att båda dessa strömningsförhållanden beaktas i samband med att åtgärder vidtas för korrosionskontroll.

Järnkorrosion

Stora ansträngningar har gjorts genom åren för att förstå korrosionsprocesserna och deras konsekvenser. Senast undersöktes i ett samarbetsprojekt mellan norska och svenska forskare bland annat betydelsen av strömningsförhållandena för korrosionen (2).

Resultaten visade entydigt, att en jämn och förhållandevis hög strömningshastighet gav väl täckande korrosionsproduktskikt på rörväggarna, vilket efter relativt kort tid ledde till låg korrosionshastighet på järnmaterialet, figur 1.

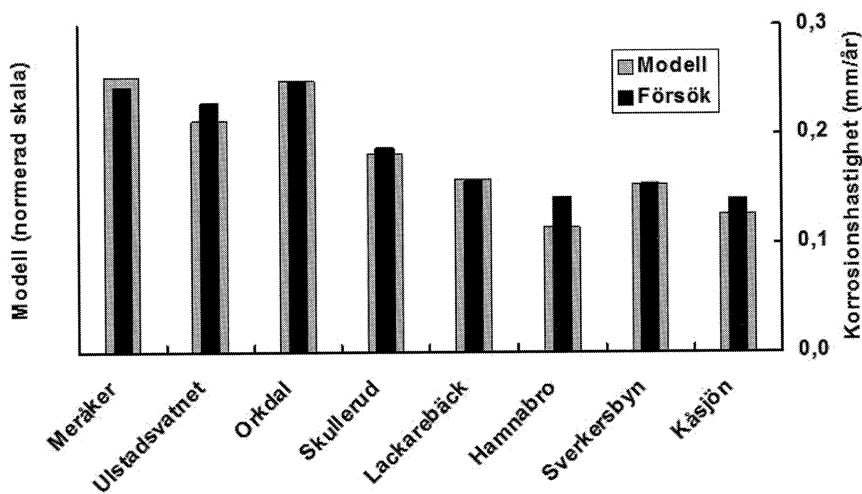


Figur 1. Korrosionshastigheten på järn över tiden i vatten från fyra svenska och fyra norska vattenverk.

I figuren har resultat från kupongmätningar med varierande exponeringstid, upp till ett år, behandlats teoretiskt enligt en modell där korrosionshastigheten beskrivs dels med en hastighetskonstant, del med en konstant som beskriver ytan täckning. Resultaten har med hjälp av modellen kunnat extrapoleras till två års exponeringstid. Som framgår av figuren sjunker korrosionshastigheten till mycket låga värden oavsett vattenkvalitet.

Den teoretiska modell som tidigare framtagits för korrosionssituationen

under stagnanta förhållanden vidareutvecklades för att också innefatta vatten med mycket låga alkaliteter. Modellen bygger på ytkomplexeorin, där vattnets kvalitet är bestämmande för vilka komplex som bildas på järnoxidyten och därmed också med vilken hastighet korrosionen fortgår. I figur 2 visas resultat från kupongmätningar i stagnant vatten tillsammans med modellberäkningar. Som framgår av figuren varierar korrosionshastigheten i hög grad mellan vattenverken.



Figur 2. Resultat från kupongmätningar i stagnant vatten tillsammans med teoretiska modellberäkningar.

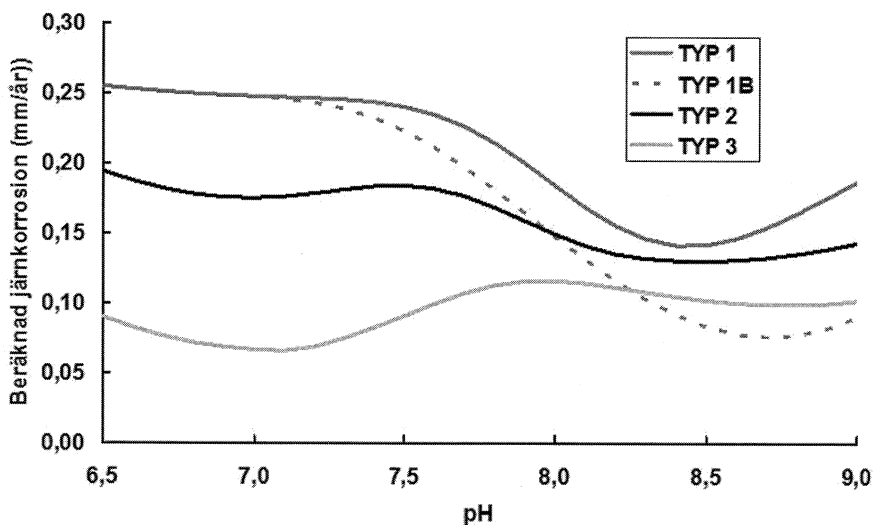
För att diskutera järnkorrosionens vatten kan tre typvatten väljas, tabell 1. vattenkvalitetsberoende i stagnant 1.

Parameter	Enhet	Typ 1/1B	Typ 2	Typ 3
pH	-	7	8	7,6
Totalhalt karbonat	mg/l HCO_3^-	10	60	300
Kalcium	mg/l	2	20	80
Klorid	mg/l	5	18	70
Sulfat	mg/l	0,5	50	100
TOC	mg/l C	0,5/3	2,5	1

Tabell 1. Typvatten.

I figur 3 presenteras järnkorrosionen för dessa tre typvatten som funktion av pH-värdet. Som framgår av figuren är en hög alkalinitet att föredra och för lägre alkaliniteter bör ett pH-värde

kring 8,3 eftersträvas till följd av att det organiska materialet i vattnet då har en inhiberande effekt på korrosionsprocessen.



Figur 3. Modellberäkningar av korrosionshastigheten på järn i stagnant vatten för de tre typvattnen enligt tabell 1.

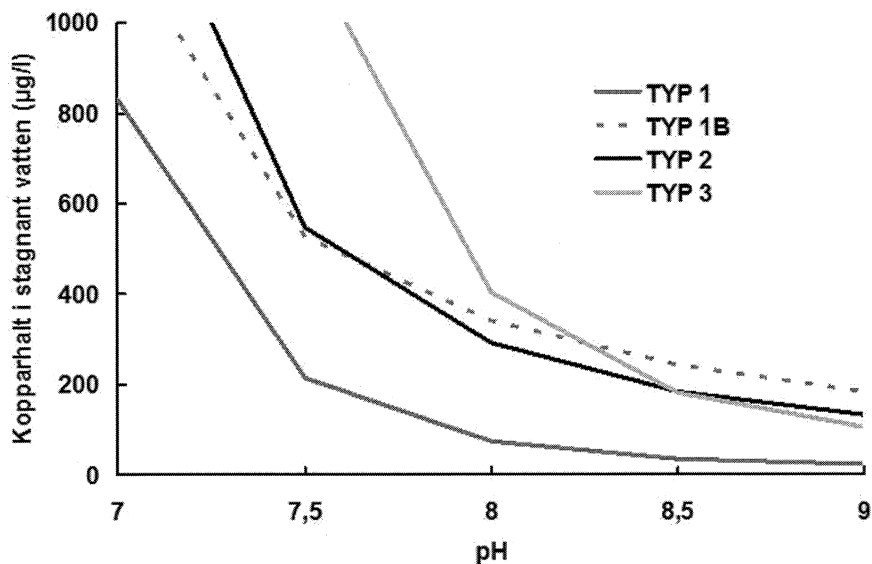
Kopparkorrosion

Koppar korroderar normalt med en väsentligt lägre korrosionshastighet än järn i dricksvatten. Dock kan under stagnanta förhållanden betydande kopparhalter byggas upp i vattnet som dels påverkar vattnets kvalitet, dels också ger ett betydande bidrag till kopparhalten i avloppsslammet vid reningsverken.

Dessa halter kan beskrivas med hjälp av en modell som innefattar bildning av den metastabila fasta fasen koppar(II)hydroxid (3). Denna fas bildas i samband med att redox-potentialen sjunker i vattnet när syre

konsumeras bland annat till följd av korrosion. Under sådana förhållanden sker omlagringar mellan de på rörväggen normalt förekommande fasta faserna kuprit (koppar(I)oxid), tenorit (koppar(II)oxid) och malakit (koppar(II)hydroxokarbonat). I figur 4 visas jämviktsberäkningar för de tre typvattnen enligt tabell 1.

Som framgår av figuren är ett högt pH-värde att föredra, och kopparkorrosionen avtar också med sjunkande alkalinitet. En högre halt naturligt organiskt material i vattnet ger högre kopparhalt i stagnant vatten.



Figur 4. Modellberäkningar av halten upplöst koppar i stagnant vatten för de tre typvattnen enligt tabell 1.

Korrosionskontroll i svenska kommuner

Oavsett ledningsmaterial och förhållanden i övrigt, är det av central betydelse att det vatten som produceras vid vattenverket har en jämn och stabil vattenkvalitet. Vidare bör situationer eftersträvas, där vattnets uppehållstid i distributionsnätet minimeras och ”gammalt” och ”nytt” vatten bör, om det kan undvikas, inte mötas på distributionsnätet.

Av forskningsresultaten framgår, med hänsyn till rörmaterialen järn och koppar, att en måttlig alkalinitet (60 – 120 mg/l HCO_3^-), ett pH-värde över 8, helst kring 8,3 eller högre och en förhållandevis låg halt naturligt organiskt material (TOC < 2mg/l C) bör eftersträvas. Däremot är betydelsen av kalciumjoner i vattnet av mycket underordnad betydelse med hänsyn till korrosion.

I Sverige utnyttjas ytvatten som råvatten vid ca 10 % av vattenverken, medan den producerade dricksvattenvolymer utgör ca 50 % av den i landet totalt producerade. Grundvattenverken utnyttjar till lika stora delar naturligt grundvatten och infiltrerat ytvatten som råvatten. De flesta av ytvattenverken praktiserar någon form av korrosionskontroll, i huvudsak enligt ovanstående riktlinjer. Även vid en växande andel av grundvattenverken vidtas åtgärder för att bereda ett vatten enligt dessa riktlinjer.

Vid ytvattenverken krävs vanligen en alkalinitets- och pH-höjning. Ofta doseras kalk och koldioxid men även alkaliska filter utnyttjas tillsammans med dosering av koldioxid. Beredning

av kalklösning, liksom utnyttjande av alkaliska filter är processer som innebär en fasövergång mellan fast fas och vätska, processer som därför är tidskrävande. Detta gäller även vid dosering av koldioxid, där en viss tid krävs för ilösningen av gasformig koldioxid i vattnet. Allt vanligare blir istället att ersätta kalkdoseringen med soda. Orsaken till detta har såväl teoretisk som praktisk grund, dels har forskningen visat att betydelsen av kalcium för korrosion på distributionsnätet är marginell, dels är sodan en väsentligt mer löslig än kalk och därmed lättare att dosera.

Vid vattenverk med hårda och högalkalina grundvatten som råvatten praktiseras endera traditionell avhärdning genom jonbyte eller alkalinitets- och hårdhetssänkning genom pH-höjning av vattnet över sandfyllda fluidiserade bäddkolonner, eller membranfiltrering.

Referenser

1. VA-VERK 1997, Statistik VAV S97, februari 1999.
2. Elfström Broo, A, Berghult, B., Østerhus, S. W. och Hem, L. J., ”Järnkorrosion i dricksvattenledningar – betydelsen av strömningshastighet och beredningssteg för reduktion av NOM”, VA-Forsk rapport nr 2006-05, 2006.
3. Berghult, B., Elfström Broo, A. och Hedberg, T., ”Dricksvatten och korrosion – en handbok för vattenverken, andra utökade upplagan”, VA-Forsk rapport nr 2000-12, 2000.