

R

APPOR / Dricksvatten

Handbok för behandling av sura,
järn- och manganhaltiga brunnsvatten

FÖRORD

Föreliggande rapport beskriver olika behandlingsmetoder för sura, järn- och manganhaltiga brunnsvatten. Till grund för rapporten ligger ett projekt som under flera år bedrivits på institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik på Chalmers Tekniska Högskola.

Rapporten vänder sig i första hand till leverantörer av vattenbehandlingsutrustningar, VVS-installatörer och tjänstemän på kommunernas miljöförvaltningar och tekniska kontor för att ge information om val av metod för behandling av vatten från enskilda vattentäkter.

Förutom en allmän beskrivning av olika behandlingsmetoder har även järns och mangans grundläggande kemiska egenskaper samt förekomst i mark och vatten beskrivits. Rapporten ger en vägledning om lämpligt val av behandlingsmetod för olika vattentyper. Slutligen ges även information om utformning och skötsel för respektive metod.

Utarbetandet av rapporten har ingått som ett delprojekt i det av Livsmedelsverkets (SLV) finansierade projekt "Åtgärder mot försurat brunnsvatten", som genomförts tillsammans med Sveriges Geologiska Undersökning (SGU).

För givande diskussion och synpunkter under arbetets gång och i samband med slututformningen av rapporten vill jag framföra ett stort tack till:

Torsten Hedberg, Professor, VA-teknik

Lars Arvidsson och medarbetare, Vattenteknik

Lennart Nilsson, Aqua Invent

Rolf Bergström, VBB Viak

Tom Brown och medarbetare, Culligan Teko AB

Dessutom vill jag tacka Karin Holmgren, Geologiska institutionen vid Chalmers för hjälp med frihandsillustrationer.

Göteborg maj 1995

Gittan Horkeby

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	SIDA
FÖRORD	i
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	iii
INLEDNING	1
JÄRN OCH MANGAN I MARK OCH VATTEN - FÖREKOMST OCH KEMISKA EGENSKAPER	3
Järn	3
Mangan	7
GRÄNSVÄRDEN	9
Hur ser ett bra vatten ut?	9
Gränsvärden och rekommendationer	10
Bedömning av vatten	12
JÄRN- OCH MANGANAVSKILJNINGSMETODER	15
Oxidation med luftning	16
Oxidation med kaliumpermanganat	17
Katalytisk oxidation	18
Manganes Greensand	19
Birm	21
Mangandioxid	23
Avsyrningsmassor	24
Övriga metoder	26
Aktivt kol	26
Jonbytare	26
Biologiska metoder	27
VAL AV BEHANDLINGSMETOD	28
Riktvärden och begränsningar för val av metod	30
Behandlingsmetoder för vatten av typ 1	30
Behandlingsmetoder för vatten av typ 2	32
Behandlingsmetoder för vatten av typ 3	32
Behandlingsmetoder för vatten av typ 4	32
Behandlingsmetoder för vatten som innehåller organiskt material	33
Behandlingsmetoder för vatten som innehåller svavelväte och/eller metan	33

UTFORMNING OCH SKÖTSEL AV UTRUSTNING FÖR OLIKA METODER	34
Luftning och filtrering genom sandfilter	34
Oxidation genom dosering med kaliumpermanganat	36
Behandling med Manganese Greensand och avsyrningsmassa eller alkalidosering	37
Behandling med Birm och avsyrningsmassa eller alkalidosering	39
Behandling med mangandioxid och avsyrningsmassa eller alkalidosering	40
Behandling med avsyrningsmassa	41
DRIFTSUPPFÖLJNING	43
Analyskontroll	43
VANLIGA FRÅGOR OCH PROBLEM	44
VATTENBEHANDLINGSFIRMOR	46
LITTERATURHÄNVISNINGAR	48
FÖRKLARADE ORD OCH BEGREPP	49

INLEDNING

Grundvatten av god kvalitet kännetecknas av rent och klart vatten som kan användas till dricksvatten utan någon behandling. Dock kan grundvattnets pH-värde vara så lågt (<7.5) att någon form av pH-justering krävs för att minska korrosionsangrepp i ledningarna. Val av behandlingsmetod för sådana vatten är beroende av vattnets kemiska sammansättning samt typ av ledningsmaterial.

Relativt vanligt i grundvatten är också höga järn- och manganhalter som ligger över rekommenderade gränsvärden för dricksvatten. Gränsvärden är givna utifrån teknisk och estetisk synpunkt för att man ska undvika problem såsom dålig lukt och smak samt missfärgning av tvätt och sanitetsporslin, samt för att undvika avlagringar av järn och mangan vilka kan medföra minskat flöde och igensättningar av bl.a. ledningar och ventiler. Järn och mangan gynnar ibland också tillväxten av vissa bakterier. När dessa organismer dör uppstår dålig lukt och smak.

Även humusämnen i grundvattnet kan ge upphov till dålig lukt och smak. I sankområden där nedbrytningen av organiskt material är ofullständig, får grundvattnet ett innehåll av humusämnen i löst eller kolloidal form. Till flera av dessa ämnen kan järn och mangan vara bundet i både oxiderad och reducerad form. Risken att träffa på grundvatten med ovan nämnda problem är stor i urbergsområden, särskilt i skogsmarker med högt grundvattenstånd. Järn- och manganhalterna i ett grundvatten kan också variera med tiden, exempelvis genom förändring av grundvattenytan i samband med t.ex. vårflöden eller större grundvattenuttag.

Denna rapport beskriver olika metoder för att vid enskilda vattentäkter behandla vatten med höga järn- och manganhalter och lågt pH. Lämplig metod rekommenderas för olika vattenkvaliteter och med hänsyn tagen till olika typer av ledningsmaterial. Exakta regler för val av behandling går dock inte att ange då det är många faktorer som påverkar från fall till fall, olika kemisk sammansättning på vattnet samt ledningsmaterial och användarrutiner. Målet är dock att för varje speciellt fall föreslå lämplig metod som ger ett bra vatten samt är enkel att sköta, driftsäker och ekonomisk.

JÄRN OCH MANGAN I MARK OCH VATTEN

- FÖREKOMST OCH KEMISKA EGENSKAPER.

För att förstå i vilken form järn och mangan förekommer i naturliga vatten och hur avskiljning av dessa ämnen kan ske för dricksvattenanvändning, är det viktigt att känna till något om förekomsten och de grundläggande kemiska egenskaperna för respektive ämne.

Järn och mangan förekommer i olöst form i nästan alla bergarter och i jordlagren ovanpå berget. Jordlagren i Sverige har bildats under istiden. Materialet härstammar från urberget och i viss mån från sedimentära bergarter.

Sedimentär bergart = bergart bestående av vittringsprodukter som packats samman

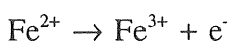
Koncentrationen av järn och mangan i grundvatten påverkas i huvudsak av den kemiska sammansättningen av jord och berg samt pH och syreförhållanden i mark och vatten.

Mängden löst järn och mangan i grundvatten kan förändras allteftersom grundvattnet kommer i kontakt med olika kemiska miljöer under sitt flöde. Vattnet i två närliggande brunnar kan därför ha olika järn och manganhalt. Skillnad kan också uppstå på olika nivåer i ett och samma borrhål. Miljön förändras även med tiden, exempelvis i samband med vårflöden, då grundvattnet får ett betydande tillskott av vatten med olika mängder löst syre.

Järn

Järn återfinns i jord och mineraler huvudsakligen som oxider, hematit (Fe_3O_2) och magnetit (Fe_3O_4) samt pyrit (FeS_2). Ibland också som siderit, (FeCO_3), som är mycket löslig.

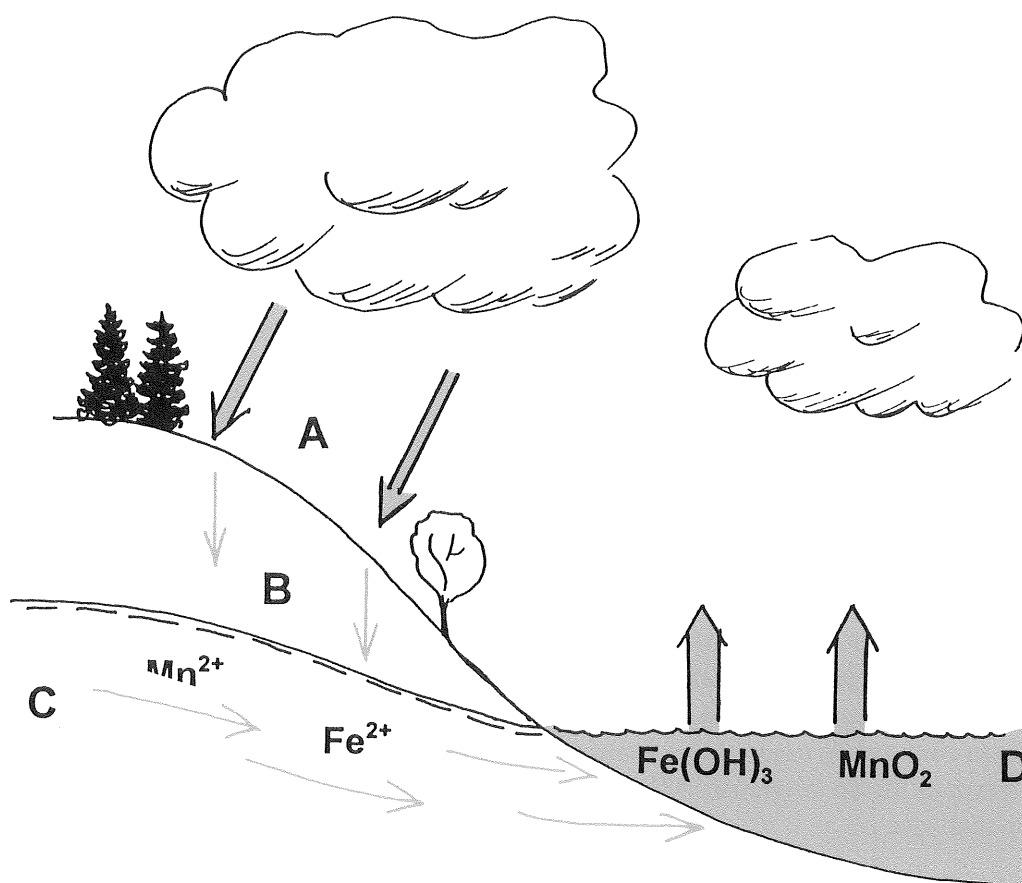
Järn förekommer i allmänhet i två oxidationsstadier, tvåvärt (FeII) och trevärt (FeIII) vilka kan överföras mellan varandra vid ett utbyte av en elektron.



När regnvatten passerar genom markens ytskikt tar det upp bl.a. koldioxid och humussyror från växtrester, figur 1.

Koldioxiden sänker vattnets pH-värde genom att kolsyra bildas. På väg mot djupare jordlager oxideras det mesta organiska materialet. Syret förbrukas på detta sätt och vattnet erhåller reducerande egenskaper. När det passerar genom jord eller berg, som innehåller trevärt järn (FeIII), kommer järnet att reduceras till tvåvärt (FeII).

Reduceras = ett ämne överförs till ett tillstånd med lägre oxidationstal



Figur 1. Kemiska förlopp i mark och vatten. Då syrerikt vatten (A) tränger ner genom marken reagerar det med humus under bildning av bl.a. humussyror och kolsyra (B). Det syrefattiga vattnet (C) reducerar därefter järn och mangan till tvåvärda joner. Då vattnet lämnar markskiktet (D) och kommer i kontakt med luftens syre oxideras järn och mangan.

I pH-områden mellan 5 och 9, som är normala för naturligt grundvatten, dominerar järn i löst form som tvåvärda joner, Fe^{2+} eller fast form som järnhydroxid, $Fe(OH)_3$. I vatten som innehåller löst syre är $Fe(OH)_3$ i stort sett den enda oorganiska järnföreningen. Sådana vatten innehåller hög halt suspenderat järn men löst järn kan finnas i form av komplex tillsammans med organiskt material.

Suspenderat = uppslammat

Komplex = sammansatt förening

I sanka områden där nedbrytningen av organiskt material är ofullständig, får grundvattnet ett innehåll av humusämnen i löst eller kolloidal form. Till flera av dessa ämnen kan järn vara bundet både i oxiderad och reducerad form vilket gör vattnet svårbehandlat.

Eftersom järn är löst i den reducerade tvåvärd formen, vid frånvaro av syre, innehåller grundvatten ofta en högre halt än ytvatten. När grundvattnet exponeras för syre oxideras järn relativt snabbt från tvåvärd till trevärd olöst form. Då järn oxideras till trevärt minskar pH-värdet och halten löst syre i vattnet. Vid frånvaro av syre reduceras emellertid trevärt järn till tvåvärt, såsom i grundvatten och botten på sjöar.

Järn och mangan som fällts ut i marken ovanför grundvattenytan kan lösas upp om den tidigare syrerika miljön blir syrefattig, exempelvis genom höjning av grundvattenytan. Ovan grundvattenytan är nämligen gasutbytet med atmosfären betydligt större än under grundvattenytan. En viss mängd syre förekommer normalt i jordlager där porerna ej är vattenfyllda.

När syrehaltigt vatten sipprar ned genom marken ökar ibland halten löst tvåvärt järn i grundvattnet. Detta kan förklaras med att syret förbrukas under transporten nedåt i marken t.ex. genom upplösning av järnsulfid (pyrit) varigenom löst tvåvärt järn bildas.

Hastigheten för oxidation av tvåvärt järn i lösningar med $\text{pH} \geq 5$ är proportionell mot både Fe(II)-koncentrationen och partialtrycket för syre i luften samt proportionell mot kvadraten på OH^- -koncentrationen.

$$-d[\text{FeII}]/dt = K[\text{FeII}]p\text{O}_2[\text{OH}^-]^2$$

K = oxidationshastighetskonstant $(8.0(\pm 2.5)10^{13} \text{ min}^{-1}\text{atm}^{-1}\text{M}^{-2}$ vid 20°C , enligt Stumm och Morgan (1981))

$[\text{FeII}]$ = koncentration av tvåvärt järn i vattnet [mol/l]

$p\text{O}_2$ = partialtrycket för syre i luft [atm]

$[\text{OH}^-]$ = koncentration av hydroxidjoner i vattnet [mol/l]

Tiden för att en viss mängd järn ska oxideras kan beräknas ur nedanstående ekvation, som erhållits genom integrering och omskrivning av hastighetsekvationen ovan.

$$-\ln([\text{FeII}]_t/[\text{FeII}]_0) = K([\text{O}_2]_{\text{aq}}/K_{\text{H}})[\text{H}^+]^{-2}10^{-28}t$$

$[\text{FeII}]_t$ = koncentrationen av tvåvärt järn vid tiden t [mol/l]
 $[\text{FeII}]_0$ = ursprunglig koncentration av tvåvärt järn [mol/l]
 $[\text{O}_2]_{\text{aq}}$ = koncentration av syre i vattnet [mol/l]
 K_{H} = Henrys konstant (jämviktskonstant för syre i luft-vatten)
 [mol/l,atm]
 $[\text{H}^+]$ = koncentrationen av vätejoner i vattnet [mol/l]
 t = reaktionstid [min]

Exempel

Hur lång tid tar det för hälften av mängden tvåvärt järn i en vattenlösning att oxideras till trevärt, om syrehalten i vattnet är 9 mg/l, pH-värdet 7.0 och temperaturen 20°C? ($K_{\text{H}} = 1.39 \cdot 10^{-3}$)

$$-\ln(0.5[\text{FeII}]_t/[\text{FeII}]_0) = 8 \cdot 10^{13} (9 \cdot 10^{-3} / 32 \cdot 1.39 \cdot 10^{-3}) (10^{-7})^{-2} 10^{-28} \cdot t$$

$$t = 4.26 \text{ min}$$

Vid ökning av pH-värdet med 1 enhet ökar oxidationshastigheten 100 ggr. Oxidation av FeII är mycket långsam vid $\text{pH} < 6$.

En mängd olika organiska substanser har förmågan att reducera FeIII till FeII. Ökad halt humus- och fulvosyror medför dessutom långsammare oxidation av FeII till FeIII eftersom järn komplexbinds till dessa syror. En viss mängd löst järn kan alltså finnas i syrerika grundvatten.

Järnoxidation påverkas också av olika typer av bakterier. Det finns tre typer av järnbakterier.

1. Bakterier som utnyttjar energin som frigörs vid järnoxidation.
2. Bakterier som bildar järnutfällning.
3. Bakterier som orsakar reduktion av järnjoner.

Utfällning av järn kan påverkas av t.ex. kalciumhalten i vattnet. Genom adsorption av kalciumjoner på järnoxiden erhålls en reduktion av nettoladdningen på kolloidala järnoxidpartiklar vilket gynnar utfällning, figur 2. Eftersom kolloidala partiklar i vatten vanligtvis är negativt laddade repellerar partiklarna varandra. Då den negativa laddningen neutraliseras genom adsorption av kalciumjoner minskas de repellerande krafterna. Partiklarna attraheras till varandra vilket medför utfällning.

Humussyra, Fulvosyra = syror bildade vid nedbrytning av växtdelar

Adsorption = process då ämnen upptas på ytan av ett fast ämne

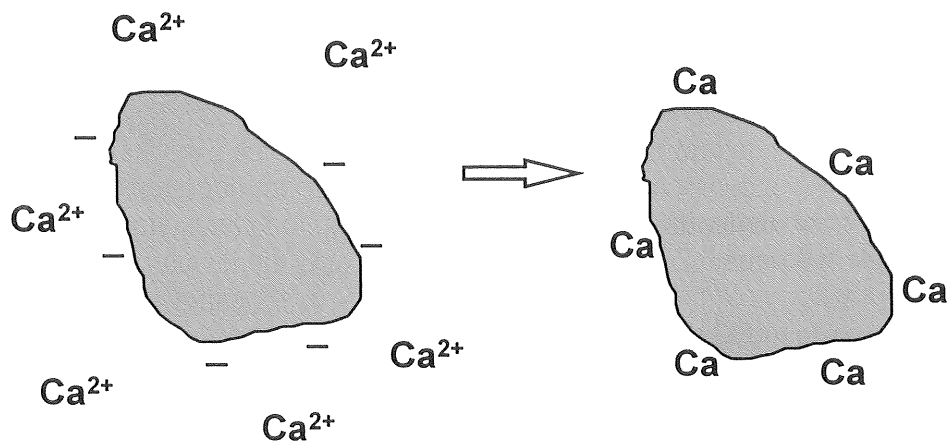
Kolloidal partikel = partikel med en diameter $< 10^{-5} \text{ m}$

Repellera = stöta ifrån

Attrahera = dra till sig

Kolloidal järnoxidpartikel

Oladdad partikel



Figur 2. Adsorption av kalciumjoner på en kolloidal järnoxidpartikel.

Utfällningen av järn kan också påverkas av oorganiska komplex med naturligt förekommande silikater, fosfater och polyfosfater vilka försvårar oxidation och utfällning.

Mangan

Mangan återfinns i de flesta bergarter och förekommer i jorden främst som brunsten, MnO_2 , som är mycket svårlösligt i vatten som innehåller koldioxid. I miljöer där syre saknas, t.ex. under grundvattenytan, reduceras mangan från MnIV till MnII och går i lösning.

Mangan förekommer i naturliga vatten på samma sätt som järn, fast normalt i lägre halter. De vanligaste oxidationsstadierna är fyrvärt mangan (MnIV) och tvåvärt mangan (MnII). Tvåvärt mangan dominerar i vatten med låg syrehalt, som t.ex. grundvatten.

Hastigheten för oxidation av tvåvärt mangan till fyrvärt med syre är långsam vid pH-värden under 9.0 (halveringstid för MnII >1 timme). Reaktionshastigheten för överföring av tvåvärt till fyrvärt mangan påverkas av en autokatalytisk reaktion som innebär att tvåvärt mangan adsorberas på ytan av den bildade manganoxiden varefter oxidation sker.

Autokatalytisk reaktion = en reaktion där bildad reaktionsprodukt påskyndar reaktionshastigheten

Mangan kan bindas till organiskt material vilket försvårar oxidationen. Komplexbindningen av mangan till humussyror ökar med ökande pH. Då det är svårt att behandla vatten med organiskt bundet mangan bör avskiljning av humus ske vid lågt pH (<6), därefter kan mangan oxideras efter pH-höjning. Mangan komplexbinds dock inte lika hårt som järn till organiska material och kan därför oxideras lättare i samband med vattenbehandlingen.

I många naturliga vatten är oxidationen av mangan katalyserad av manganoxiderande bakterier.

Kalciumjoner påverkar manganutfällning gynnsamt på samma sätt som för järn. Närvaro av kalksten gynnar oxidations-effekten dels pga närvaro av kalciumjoner samt ökning av vätekarbonathalten.

Kalksten = CaCO_3

GRÄNSVÄRDEN

Hur ser ett bra vatten ut?

Ett bra vatten för hushållsändamål bör uppfylla fyra krav. Det bör vara:

- * säkert ur hälsosynpunkt
- * tilltalande i fråga om lukt, smak och utseende
- * brukbart för hushållsändamål; dvs matlagning, personlig hygien, tvättning, diskning och rengöring
- * prisvärt

I Sverige tar de flesta brukare för givet att vi kan dricka vattnet utan att bli sjuka av det. Det är sällsynt med stora utbrott av smittsamma sjukdomar som beror på dricksvattnet. När det förorenas med avloppsvatten blir konsumenterna ibland akut svårt magsjuka utan att det uppstår ytterligare sjukdomsfall bland dem som inte druckit det förorenade vattnet. Andra akuta besvär eller skador kan drabba personer som är särskilt känsliga. Klor och mögel kan vara ett svårt problem för allergiker. Höga kopparhalter kan vara en bidragande orsak till diarréer hos spädbarn. Kroniska skador av kemiska ämnen i dricksvatten är troligen sällsynta. Höga fluoridhalter kan ge missfärgad tandemalj. Lagom halter, ca 1 mg/l, skyddar å andra sidan mot karies. Några fall av metallförgiftningar finns beskrivna i Sverige där orsaken varit felaktiga installationer eller apparater där bly eller kadmium lösts ut av ledningsangripande vatten.

Flertalet konsumenter bedömer vattnet uteslutande på dess lukt, smak och utseende där framför allt lukt och smak kan vara svåra att skilja åt när man bedömer ett vatten. Förekomsten av dessa problem hos vattnet kan ha en rad olika orsaker bl.a. alger och svavelväte. Vatten som påverkas av avloppsvatten eller olja kan också få kraftig lukt som bör vara en varningssignal. Smakproblem förekommer i vatten med höga halter järn, mangan, koppar eller zink. Högt salthalt kan ge en besk smak. Högt färg kan bero på att vattnet har hög humushalt eller hög järnhalt. Vattnets utseende betyder mycket för konsumenten.

Vatten med olämplig sammansättning kan angripa ledningssystemet inne i fastigheter så att ledningsrör fräts sönder. Höga halter av järn och mangan är inte lämpligt för tvätt

eftersom textilierna missfärgas. Toaletter, handfat och badkar missfärgas också av vattnet. Hårda vatten ger pannsten och kalkutfällningar i rör, varmvattenberedare, tvätt- och diskmaskiner, kaffebryggare mm. Kopparhaltigt vatten kan missfärga sanitetsporslin samt ge grönt hår vid dusch och bad.

Vid mindre grundvattentäkter, t.ex. brunnar för enskilda hushåll påverkas vattenkvaliteten i tappkranen särskilt av:

- * De naturliga hydrogeologiska förhållandena på orten ifråga, såsom berggrund, jordtäcket typ och tjocklek
- * Nederbördens sammansättning
- * Brunnens läge i förhållande till höjder och sänkor
- * Oavsiktlig spridning av ämnen av olika slag, t.ex. olja, avloppsvatten
- * Avsiktlig spridning eller deponering i syfte att bli av med avfall
- * Avsiktlig spridning av t ex gödsel, bekämpningsmedel, vägsalt
- * Ingrepp som frigör ämnen i marken, t.ex. vattenreglering, dikning, grundvattenuttag, kalhyggen, försurning
- * Brunnens konstruktion och dess närskydd

Marken i olika delar av Sverige har olika sammansättning vilket betyder att dess motståndskraft mot sur nederbörd varierar. Denna uppvisar för närvarande ett överskott av stark syra i stora delar av Norden. På mager mark hinner inte syraöverskottet neutraliseras innan vattnet når sjöarna och ytligt liggande grundvatten.

Gränsvärden och rekommendationer

I tabell 1 anges rekommenderade gränsvärden för aktuella parametrar enligt Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten, SLV (FS 1993:35).

Tabell 1 Utdrag från Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten, SLV FS 1993:35
 (A) anger gränsvärde för vatten från allmän anläggning.
 (E) anger gränsvärde för vatten från enskild vattentäkt.

Enhet	Tjänl m anm	Otjän- ligt	Kommentar
pH-värde (A)	<7.5 >9.0	 10.5	Lågt pH kan orsaka korrosionsskador i distributionsanläggningen och i fastighetsinstallationer, vilket kan medföra läckor och ökade metallhalter i dricksvatten. Kan ge olägenheter ur korrosionssynpunkt. Även risk för smakproblem och utfällningar. Risk för skador på ögon och slemhinnor. Vattnet kan ej användas till dricksvatten, livsmedelshantering och personlig hygien.
Alkalinitet (A) mg/l HCO_3^-			För att minska risken för korrosionsangrepp bör alkaliniteten överstiga 60. *
Totalhärdhet (E) °dH	15		Risk för utfällningar i ledningar, kärl och fastighetsinstallationer, särskilt vid uppvärmning. Skador på textilier vid tvätt.
Kalcium (A) mg/l Ca	100		Olägenheter som för hårdhet. Önskvärd kalciumhalt i utgående dricksvatten från vattenverk är 20-60 mg/l för att minska korrosionsrisken.*
Magnesium (E) mg/l Mg	30		Risk för smakförändringar
Järn (E) mg/l Fe	0.50		Medför utfällningar, missfärgning och smak. Risk för skador på textilier vid tvätt och igensatta ledningar. I vissa vatten kan olägenheterna uppstå både vid lägre och högre halter än vad riktvärdena anger.
Mangan (E) mg/l Mn	0.30		Bildar i vattenledningar utfällningar, som när de lossnar ger missfärgat (svart) vatten. Risk för skador på textilier vid tvätt.

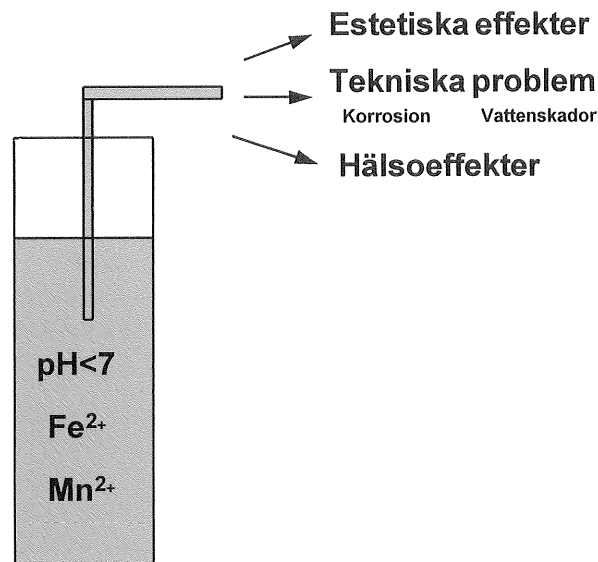
* Forskningsresultat har visat att kopparkorrosion ökar med ökande kolsyrahalt. Ökande alkalinitet medför ökande kolsyrahalt om inte pH-värdet hålls högt. Resultat har också visat att kopparkorrosionen ökar med ökande kalciumhalt i vattnet. Detta är speciellt märkbart vid temperaturökning då kalciumkarbonat kan fällas ut vilket samtidigt medför ökande kolsyrahalt i vattnet. För galvaniserade rör och installationer är det dock väsentligt att ha en hög vätekarbonathalt.

Bedömning av vatten

Vilka vatten behöver behandlas?

Vatten som orsakar hälsoproblem måste alltid åtgärdas. Men även problem i form av estetisk och teknisk art leder ofta till att vattnet måste behandlas.

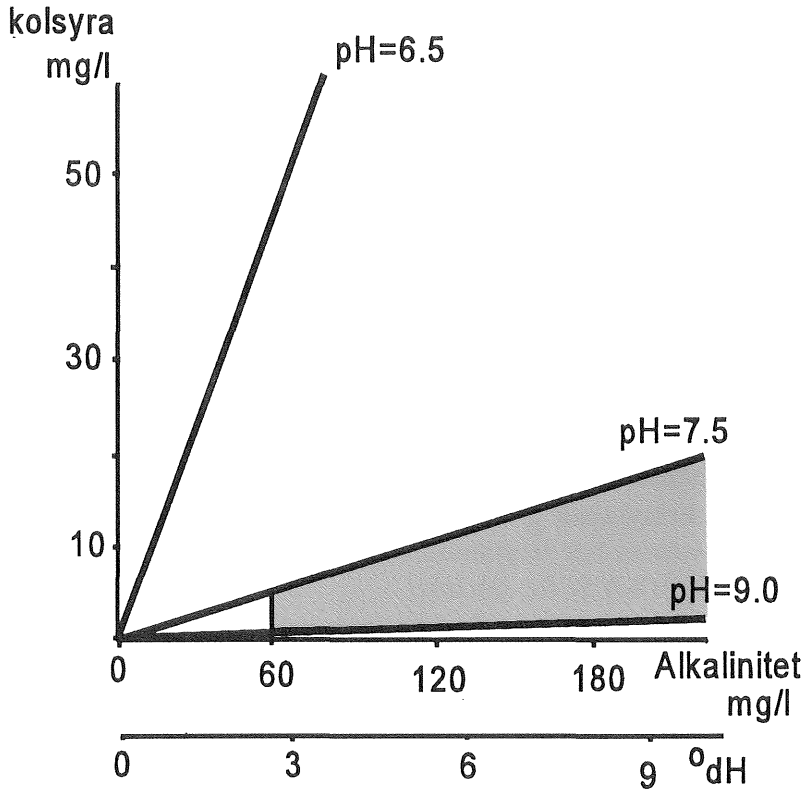
Grundvatten som innehåller förhöjda halter av järn och mangan är ofta även försurade. Problem orsakade av höga järn- och manganhalter är av estetisk och teknisk art medan problem orsakade av sura vatten primärt är av teknisk art i form av korrosion. Sekundärt kan dock både estetiska och hälsomässiga problem uppstå pga utlösning av metaller från ledningar, se figur 3.



Figur 3. Problem som kan uppträda med surt, järn- och manganhaltigt vatten i brunnen.

Om ett vatten, avsett för privat bruk, har värden som ligger utanför SLV:s rekommendationer och gränsvärden behöver det inte nödvändigtvis innebära att vattnet måste behandlas. Hänsyn måste också tas till om användaren upplever några problem. Å andra sidan kan i vissa fall vatten som visar bra analysvärden upplevas negativt av användaren. Det finns nämligen kemiska ämnen (ofta organiska) som inte har några angivna gränsvärden men som påverkar vattnets egenskaper. Även användningsrutiner och typ av ledningsmaterial i fastigheten har betydelse för om och hur vattnet bör behandlas.

Nedan anges i diagramform sammansättning på vatten, figur 4 och 5. Av diagrammen framgår inom vilka haltområden ett dricksvatten bör ligga enligt SLV:s rekommendationer.

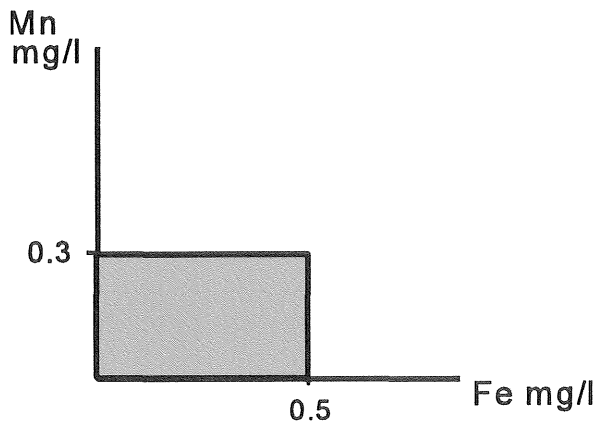


Figur 4. Diagram visande samband mellan kolsyra (CO₂), pH, alkalinitet och hårdhet för vatten. Markerat område anger vattensammansättning enligt Livsmedelsverkets rekommendationer.

$$\text{Alkalinitet} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]$$

[] = mol/l

Hårdhet = summan av halten kalcium och magnesium i vattnet



Figur 5. Diagram visande järn och manganhalter. Markerat område anger halt enligt angivna gränsvärden.

Figur 4 visar vattnets kolsyrahalt som funktion av vätekarbonathalten och hårdheten. Dessutom framgår pH-värdet för olika sammansättningar. I diagrammet antages att hårdheten är korrelerad till halten vätekarbonat enligt den kemiska reaktionen för kalkkolsyra jämvikt.* I verkligheten kan dock detta vara annorlunda med en högre kalciumhalt i vattnet. Markerat område anger sammansättning på ett vatten enligt SLV:s riktvärden. Lämplig vattensammansättning är dock beroende av ledningsmaterial i fastigheten. För att motverka korrosion i järnledningar bör vattnet ha en viss halt vätekarbonat, >60 mg/l. Dessa rekommendationer har stor betydelse för kommunal vattenförsörjning med långa järnledningar. Vid behandling av vatten från enskilda vattentäkter är det i allmänhet mer väsentligt att vidtaga åtgärder för att motverka kopparkorrosion eftersom ledningsmaterialet i fastigheter ofta är koppar. Forskningsresultat har visat (Lind Johansson et al 1994) att kopparkorrosionen ökar med ökande kolsyrahalt i vattnet. Detta medför att vätekarbonathalten i vattnet bör begränsas, samtidigt som pH-värdet bör hållas högt (8-9.5) för att inte halten fri kolsyra skall bli för hög, helst mindre än 5 mg CO₂/l.

* Kemisk jämviktsreaktion för kalk-kolsyrajämvikt:



Figur 5 visar rekommenderade halter på järn och mangan i vatten från enskilda vattentäkter.

Vatten med halter som ligger utanför dessa angivna haltområden kan behöva behandlas. Hur vattnet bör behandlas beror på den kemiska sammansättningen.

JÄRN- OCH MANGANA VSKILJNINGSMETODER

Avlägsnande av järn och mangan från grundvatten kan utföras på flera olika sätt. Val av behandlingsmetod beror på vattensammansättning och storlek på anläggningen. En översikt av olika metoder ges i tabell 2 nedan. Varje metod diskuteras sedan i respektive avsnitt.

Tabell 2. Metoder för enskilda vattentäkter.

Metod	Anmärkning
Oxidation med luftning och filtrering	Lämpligt för vatten med hög alkalinitet och hög järnhalt
Oxidation med KMnO_4	Kräver noggrann dosering
Mangane Greensand	Kräver regenerering med KMnO_4
Birm	Kräver en viss syrehalt på vattnet
Mangandioxid	Höga krav på backspolningsflöde
Avsyrningsmassor	Begränsad halt järn och mangan
Aktivt kol	Kompletteringsmetod vid organiskt material
Jonbyte	Används vid hårda vatten. Kompletteringsmetod vid organiskt material.
Biologiska metoder	Ovanligt i enskilda vattentäkter

Då järn- och manganhaltiga vatten ofta är sura, kombineras flera av metoderna med filtrering genom avsyrningsmassor för att höja pH och alkalinitet.

Oxidation med luftning

En vanlig metod för att avlägsna järn och mangan från vatten vid större anläggningar är genom luftning och därefter filtrering genom sand eller avsyrningsmassa om vattnets pH-värde är lågt. Luftningen kan utföras på olika sätt. Vanligast är att tillföra luft till vattnet exempelvis med hjälp av fläkt, kompressor eller ejektor. Andra sätt kan vara att finfördela vattnet i luft eller att låta vattnet rinna över ett kontaktmaterial med eller utan luftcirkulation. En vanlig metod är att pressa in luft i ett slutet filter. Vid normala pH-värden, 7-8.5, är oxidation av järn relativt snabb. De flesta grundvatten innehåller emellertid höga till relativt höga koncentrationer av koldioxid och har ett pH-värde lägre än 7. Men vid luftningen minskar koldioxidhalten och pH-värdet ökar. I praktiken kan man dock inte minska halten fri kolsyra längre ner än till 5-10 mg CO_2/l . Jämviktssamband medför att vattnet som luftas bör ha en vätekarbonathalt över ca 60 mg HCO_3^-/l för att få ner kolsyrhalten så att ett acceptabelt pH-värde erhålles. Dessa förhållanden gäller vid luftning i atmosfärstryck. I praktiken utförs dock luftningen ofta under tryck vilket medför att det är svårare att minska kolsyrhalten i vattnet.

Det kan vara svårt att avskilja järn med luftning och filtrering i vatten med en vätekarbonathalt $<60 \text{ mg HCO}_3^-/\text{l}$. Oxidationshastigheten för järn ökar nämligen med ökande vätekarbonathalt. När pH-värdet stiger kan siderit (FeCO_3) börja fällas ut i hårda vatten. Siderit är svårt att oxidera och detta förhållande innebär att filter i avjärningsanläggningar ofta avskiljer järn i form av FeCO_3 istället för Fe(OH)_3 , vilket dock inte är till någon nackdel.

Oxidationen av mangan vid luftning kräver ett pH-värde på >9.5 för att få en acceptabel oxidationshastighet. Lösligheten av MnCO_3 är högre än lösligheten av FeCO_3 . För att avlägsna mangan som MnCO_3 krävs $\text{pH} > 9.0$.

Oxidation med luftning rekommenderas vanligen för vatten med mycket höga järnhalter ($>5 \text{ mg/l}$) och hög vätekarbonathalt. Då vattnet innehåller höga manganhalter och organiskt material rekommenderas andra metoder.

Ejektor = pump vars verkan erhålls genom att en vätske- eller gasstråle suger med sig det ämne som skall pumpas

Fri kolsyra = den mängd kolsyra i vattnet som föreligger i formen CO_2 och H_2CO_3

Bunden kolsyra = den mängd kolsyra som föreligger som CO_3^{2-} och HCO_3^-

Oxidation med kaliumpermanganat

För vatten som innehåller mangan krävs ofta tillsats av extra oxidationsmedel för att öka oxidationshastigheten. Den vanligaste kemikalien som används vid privata bunnar är kaliumpermanganat. Järn oxideras snabbt vid pH-värden över 5.5 och mangan i ett pH-intervall på 7.2-8.3. Kaliumpermanganat kan också användas vid manganhaltigt vatten med organiskt material. Järn som är bundet till organiskt material oxideras mycket långsamt av kaliumpermanganat. Ett vatten med humusbundet järn kan dock se klart ut och inte medföra några påtagliga problem.

Teoretiskt räcker 1 mg/l KMnO_4 till att oxidera 1.06 mg/l Fe^{2+} till Fe^{3+} . I verkligheten behövs dock en mindre mängd, om inga andra syreförbrukande ämnen är närvarande, på grund av katalytisk oxidation på ytan av bildad mangandioxid (MnO_2). Järnoxidationen med kaliumpermanganat är mycket snabb vid frånvaro av organiskt material. Oxidationshastigheten minskar däremot om vattnet innehåller sådana ämnen. Påverkan av temperatur och pH har dock liten betydelse för oxidationshastigheten av järn med kaliumpermanganat.

För oxidation av Mn^{2+} krävs teoretiskt 1 mg KMnO_4 /l till 0.52 mg Mn^{2+} /l. Även för mangan krävs mindre mängd i verkligheten om inte andra syreförbrukande ämnen är närvarande och om mangan inte är organiskt bundet. Oxidationshastigheten för Mn^{2+} med kaliumpermanganat ökar med ökande ursprungshalt av Mn^{2+} och minskar vid minskande temperatur. Vid 25°C är oxidationshastigheten mycket snabb men avtar och är mycket långsam vid 2°C. Dessutom ökar oxidationshastigheten av Mn^{2+} med kaliumpermanganat med pH-värdet. Svagt basiskt pH, 7.5-8.0, är dock att föredraga för att slippa bildning av kolloidalt MnO_2 . Liksom för järn minskar oxidationshastigheten vid närvaro av organiskt material.

Lämpligt är att oxidera järn med luft före kaliumpermanganatdoseringen för att inte förbrukningen ska bli för hög. I hårda alkaliska vatten är det en fördel att avskilja järn som FeCO_3 istället för Fe(OH)_3 eftersom det är lättare att filtrera och medför mindre tryckförlust. Därför bör kemikalietillsättning för oxidation av Mn^{2+} göras efter FeCO_3 -utfällning. Eftersom Mn^{2+} snabbt oxideras av kemiska oxidationsmedel bör dessa tillsättas precis före filtreringen så att MnO_2 fälls ut i filtret och en katalytisk effekt fås av tidigare avsatt MnO_2 på ytan av filtermaterialet.

Kaliumpermanganat = KMnO_4

Alkaliskt vatten = vatten med innehåll av vätekarbonat och $\text{pH} > 7$

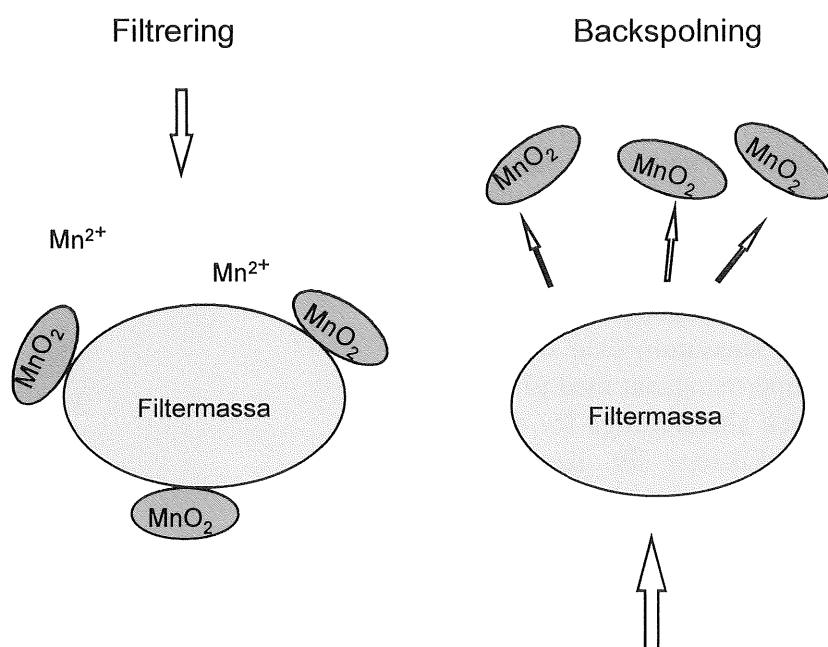
Katalytisk oxidation

Katalytisk oxidation är en ofta använd process när det gäller att avskilja järn och mangan från vatten. Eftersom vissa manganoxider har sådana egenskaper kan dessa utnyttjas för oxidation och separation.

Principen är att ett oxidationsmedel tillsätts vattnet vilket sedan filtreras genom ett material som innehåller det katalyserande ämnet. Vid tillräcklig uppehållstid fås ett vatten med järn- och manganhalter som ligger under rekommenderade gränsvärden. Reaktionen sker snabbt redan vid pH-värden så låga som 6.5. Järn och mangan utfälls på filtermaterialet.

Det autokatalytiska förloppet kan beskrivas med följande delsteg, (se även figur 6):

1. Transport av mangan från vätskefasen till katalysatorytan
2. Adsorption av mangan på katalysatorytan
3. Kemisk reaktion, oxidation, på ytan



Figur 6. Uppförstoring och schematisk beskrivning av det autokatalytiska förloppet. Manganjoner adsorberas på filtermaterialet där det oxideras och sedan avlägsnas vid backspolning.

Det finns tre typer av katalytiskt filtermaterial för avskiljning av järn och mangan, Manganese Greensand, Birm och mangan-dioxid. Kornstorlek och specifik vikt för dessa material samt silikatsand framgår av tabell 3.

Tabell 3. Kornstorlek och specifik vikt för katalytiska filtermassor och silikatsand.

Massa	Kornstorlek [mm]	Specifik vikt [g/cm ³]
Manganese Greensand	0.3-0.35	2.8
Birm	0.49 alt 0.61	1.5
Mangandioxid	0.355-0.850	4.3
Silikatsand	0.8-1.2	2.7

I följande avsnitt redogöres för egenskaper och användningsområden för de olika massorna.

Manganese Greensand

Manganese Greensand är en produkt som erhålls genom behandling av glaukonitisk grönsand. Glaukonit är ett silikatmineral som bildar små gröna korn i marina sedimentära bergarter. Produkten marknadsförs också under namnet Ferrosand.

Den glaukonitiska grönsanden behandlas med kaliumpermanganat för att det ska bildas ett ytskikt av mangandioxid (brunsten). Den behandlade grönsanden är ett svart filtermaterial som vid användning i slutna tryckfiltersystem minskar järn, mangan och svavelväte till acceptabla nivåer. Manganese Greensand kan även användas i öppna filtersystem.

Löst järn och mangan oxideras och fälls ut genom kontakt med manganoxider på ytan av Manganese Greensandmaterialet. Fällningen filtreras och avlägsnas sedan genom backspolning.

Eftersom den oxiderande kapaciteten hos massan förbrukas måste den regelbundet regenereras med kaliumpermanganatlösning för att förnya ytskiktet. Om massan ej regenereras i tid kommer bildad manganoxid att "ätas av" (lösas upp) och manganhalten på utgående vatten kan bli högre än i inkommande vatten. Det är sedan svårt eller omöjligt att återställa massan. Regenereringen kan ske både kontinuerligt och intermittent. Vid behandling av vatten som innehåller metan (CH₄) krävs tätare regenereringsintervall eftersom syreförbrukningen är ca 7 ggr högre än för järn medan syreförbrukningen vid eventuellt närvarande svavelväte (H₂S) är 5-6 ggr högre än för järn.

Svavelväte = H₂S

Regenerera = återföra till ursprungligt tillstånd

Intermittent = med avbrott

Kontinuerlig regenerering rekommenderas för brunnsvatten där avjärning är huvudintresse, med eller utan närvaro av mangan, vid större anläggningar där bättre möjligheter till övervakning finns. I allmänhet innebär det KMnO_4 -dosering direkt till råvattnet före enheten med Manganese Greensand. Detta kan dock vara negativt vid närvaro av mangan eftersom kolloidalt MnO_x kan bildas, vilket ofta kan vara svårt att avskilja i filtret. Det är då bättre att regenerera filtret intermittent vid backspolning. Vid den kontinuerliga regenereringen oxideras järn och mangan före filtret och fällningen frånfilteras i filtret.

MnO_x = manganoxider med varierande antal syre

Intermittent regenerering rekommenderas för brunnsvatten där endast mangan med små mängder järn skall tas bort. I detta fall blir tryckfallet mindre eftersom mangan avlägsnas genom kontaktoxidation på filtermaterialet varvid partikelstorleken på massan blir större. När det blir för mycket avlägsnas det fysikaliskt genom backspolning. Det rekommenderas att man lägger ett skikt med antracitkol på Manganese Greensandbädden för att minska tryckfallet.

Antracitkol = fossilt kol, stenkol

Då KMnO_4 hela tiden finns i systemet och är ett starkt oxidationsmedel erhålls även viss oxidation av organiska mangan-komplex och delvis även järnkomplex. Vätske-vätske-fas reaktioner är nämligen i allmänhet sett snabbare än vätske-fastfas reaktioner. I detta system fungerar Manganese Greensand som en slags buffert. Om KMnO_4 inte oxiderar allt järn och mangan så gör Manganese Greensand det och om doseringen av KMnO_4 är för hög används överskottet till regenerering av Manganese Greensand.

Råvatten som har ett $\text{pH} > 6.2$ kan köras genom Manganese Greensand utan pH -justering. Vatten med lägre pH -värden bör justeras till 6.2-6.5. Om högre pH än 6.5 önskas på det behandlade vattnet bör pH -justering göras efter filtret eftersom kolloider ibland bildas med järn och alkali vid $\text{pH} > 6.5$. Denna pH -höjning kan ske med filtrering genom avsyrningsmassa.

Riktlinjer angivna i produktinformation från Clack Corporation 1993 för användning av Manganese Greensand vid avskiljning av järn och mangan är:

* Total massacapacitet: Järnavskiljning, 1.2 g Fe/l massa eller manganavskiljning 0.6 g Mn/l massa. Järn- och manganavskiljning (för lika koncentration järn och mangan i vattnet), 0.9 g Fe/l massa.

* Råvattnets pH -värde bör vara 6.2-8.8.

- * Rekommenderat bäddjup är ca 0.8 m.
- * Flöde ca 12 m³/h,m²
- * Spolhastighet bör vara 20-30 m/h.
- * Maximal temperatur på råvattnet ca 25°C.
- * Gränsvärde för järn eller mangan är 15 mg/l.
- * Maximal halt H₂S på råvattnet är 5 mg/l.

Birm

Birm är ett granulerat filtermaterial som används för avskiljning av järn och mangan. Den består av lätt silikatmineral med ett ytskikt av mangandioxid, och en enhetlig partikelstorlek. Birm är en katalysator och förbrukas därför inte och kräver inga kemikalier för regenerering utan endast regelbunden backspolning och en viss syrehalt på råvattnet. Birm kan användas i antingen öppna eller slutna filtersystem.

Filtermaterialet är ett alternativ för att slippa kemikaliedosering vid vattenbehandlingen. Birm adsorberar både järn och löst syre på ytan. Detta medför nära kontakt så att olöslig järnhydroxid bildas. Materialets oregelbundna och porösa uppbyggnad maximerar den katalytiska ytan.

Även mangan kan avskiljas om pH>7.5. Ett pH mellan 8 och 9 är dock bäst. Man bör dock vara försiktig om järn är närvarande eftersom kolloidalt järn lätt bildas i detta pH-intervall.

Birm levereras i två olika kornstorlekar 0.61 resp. 0.49 mm. Den finare rekommenderas för system där backspolningshastigheten är begränsad.

Riktlinjer för användning av Birm vid avjärning (Hemp 1989):

- * Löst syre i vattnet måste vara minst 15% av järninnehållet i mg/l. Högre syrehalter är positivt. T.ex. 1 mg järn /l kräver minst 0.15 mg syre/l.
- * pH≥6.8. Birm-massan fungerar visserligen vid lägre pH-värden men oxidationen av järn medför att pH-värdet sänks ytterligare vilket minskar bildningen av järnhydroxid. Lågt pH kan höjas med t.ex. avsyrningsmassa.
- * Vätekarbonat innehåll (mol/l) eller alkalinitet (m-alk) skall vara minst dubbelt så hög som summan av sulfat- och klorid innehåll (mol/l). En snabbare reaktion

m-alkalinitet = analysmetod för bestämning av alkalinitet mot metylorangeindikator

erhålls i vatten med hög bikarbonathalt och en långsammare reaktion erhålls i salthaltiga vatten. Om vatt-
net innehåller en viss mängd sulfat bildas nämligen
svavelsyra som blockerar vidare reaktioner.

- * Det rekommenderas att det inte bör finnas H₂S och/el-
ler CH₄ i vattnet. Birm kan visserligen ta bort H₂S
men svavelutfällningen är svår att få bort med back-
spolning och minskar därför effekten på filtret. När-
varon av H₂S eller CH₄ visar också att det inte är
något syre närvarande. Syreförbrukningen är 6 ggr
högre för H₂S än för järn och 7ggr högre för CH₄.
- * Organiskt material bör inte överstiga 5 mg TOC/l.
Höga organiska halter förstör Birm och organiskt
bundet järn och mangan avskiljs inte effektivt.
- * Det får inte finnas olja i vattnet. Olja blockerar mas-
san.
- * Klorering, om det är nödvändigt bör vara <0.5 mg
kloröverskott/l.
- * Temperaturen bör inte vara över 38°C. Birmmassans
förmåga att hålla syre minskar vid ökande temperatur.
- * Rekommenderat övre gränsvärde för järn är 10 mg/l.
Vid högre halter krävs täta backspolningar och
eventuellt föroxidation och förfiltrering i multibädd
eller multimediebädd. Backspolning med filtrerat
vatten rekommenderas vid höga järnhalter.
- * Rekommenderat bäddjup är 0.7-0.9 m.
- * Flödet bör vara 9-12 m³/h,m². Intermittent flöde kan
vara något högre.
- * Spolhastigheter bör vara 19.5-24 m/h för finare Birm
och 24-30 m/h för normal Birm. Spolhastigheten bör
vara så hög att bädden expanderas minst 35%. Ett kort
nedströmsflöde efter backspolningen är positivt efter-
som bädden då sätter sig.
- * Total kapacitet begränsas vid 0.9-1.1 g järn/l massa.
Birmmassans kapacitet förbrukas inte.

TOC = totalt organiskt kol

Multimediebädd = ett filter
med flera filtermaterial av
olika densitet

Ovan nämnda rekommendationer gäller även vid avmangani-
sering. Eftersom Birm är katalytiskt kommer järn att oxideras

så länge manganoxidytan är fri mot vätskefasen. Fällningen som bildas flockas. Krafterna som håller ihop flocken är ganska svaga och högt flöde eller tryckfall kan tvinga flocken genom filtret. Backspolning bör därför ske innan tryckfallet blir för stort.

Mangandioxid

Mangandioxidens förmåga att katalysera reaktionen mellan syre och järn har varit känt sedan länge. På 1930-talet försökte man att använda naturlig mangandioxid (pyrolusite) som filtermaterial. Problem uppstod dock vid rengöring av bädden pga den höga specifika vikten.

Tekniken har dock utvecklats på senare år, då man börjat använda mangandioxidfiltermaterial som produceras från ett mineral speciellt utvalt för dess katalytiska aktivitet och med en kornstorlek mellan 0.355 och 0.850 mm. Storleken är vald med hänsyn till olika specifik vikt hos mangandioxid och silikatsand. Mangandioxiden placeras ovanpå sandbädden och backspolas tills det är fullkomligt blandat. Detta är viktigt för att vattnet skall komma i kontakt med så mycket mangandioxid som möjligt och för att uppnå så lång kontakttid som möjligt.

Vid blandning av sand och mangandioxid erhålls efter en tid en manganavskiljning även på sandkornen, pga ett skikt av MnO_2 som bildas på sandkornen vid drift.

Vattnet som ska behandlas bör luftas till 60% syremättnadsgrad. Vanligt för ett vatten med $Fe \leq 1.5$ mg/l och $Mn \leq 0.5$ mg/l är 20% MnO_2 och 80% sand samt en uppehållstid på 12 minuter. Lämplig kornstorlek på silikatsanden är 0.8-1.2 mm.

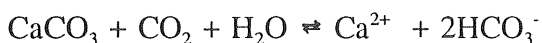
Avsyrningsmassor

Avsyrningsmassor av typ kalksten (CaCO_3) eller halvbränd dolomit (CaCO_3MgO) används ibland för att i kombination med avsyrning av vatten även reducera mindre mängder järn och mangan. Tabell 4 visar exempel på några avsyrningsmassor med kornstorlek och specifik vikt.

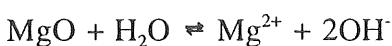
Tabell 4. Kornstorlek och specifik vikt för avsyrningsmassor.

Massa	Kornstorlek [mm]	Specifik vikt [g/cm^3]
Hydrokarbonat kalksten	1.0-2.0	2.8
Hydrolit Ca kalksten	1.0-5.0	2.4
Magnodol KI halvbränd dolomit	0.5-2.5	2.8
Redolit halvbränd dolomit	1.0-3.0	2.8
Akdolit Gran I halvbränd dolomit	0.5-2.5	2.6
Akdolit Gran 0 halvbränd dolomit	0.5-1.2	2.6

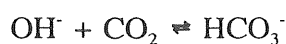
Rena kalkstensmassor är lämpliga att använda vid avsyrning av mjuka vatten med relativt låg halt koldioxid. Kalksten reagerar med koldioxid i vattnet:



Vid hårdare vatten med högre kolsyra- och vätekarbonathalt är det lämpligt att använda halvbrända dolomitmassor för avsyrning. Dessa massor benämnes ofta vara av typen "snabba massor". Detta beroende på att de lätt reagerar och höjer pH-värdet i vatten. Magnesiumoxiden i massan är löslig i vatten:



Vid närvaro av koldioxid sker följdreaktionen:



Vid hårda vatten kan kalciumkarbonat fällas ut till följd av att kalk-kolsyrajämvikten överskrids, och orsaka sammankittning av massan.

Vattnet bör dock inte innehålla för höga järn- och manganhalter eftersom massan då blockeras och avsyringseffekten avtar. Detta gäller framförallt halvbrända dolomitmassor som har en större poryta vilken lätt blockeras av järn och mangan.

Då kalkstensmassa används för avsyring höjs inte pH lika mycket som vid halvbränd dolomit varför manganavskiljningen vanligen är dålig. Då det gäller järnavskiljning är alla massor utom Hydrolit Ca effektiva. Hydrolit Ca har ett avvikande utseende på kornen, samt större kornstorlek än de andra massorna. Detta medför att filtreringseffekten av utfälld järnhydroxid blir sämre. Manganhalten i råvattnet bör inte överstiga gränsvärdet, 0.3 mg/l, vid filtrering genom ren kalkstensmassa. Järnhalten kan vara något högre (0.5-1 mg/l). Vid högre halter, upp till 2.0 mg järn/l, är det en fördel att kunna backspola filtren effektivt med luft och vatten. Eftersom kalkstensmassor inte höjer vattnets pH-värde så mycket att manganavskiljning erhålles, krävs filtrering genom halvbränd dolomit och ett pH-värde >9 vid avskiljning av mindre mängder mangan.

En av de faktor som inverkar på utfällning av mangan är koncentrationen av HCO_3^- i vattnet. Om koncentrationen ökar verkar mangan att fälla ut lättare. Dessutom bidrager kalciumjonerna till att kolloidal mangandioxid slås ihop till större sediment- och filtrerbara partiklar. Massans pH-höjande förmåga är dock mycket avgörande för hur mangan avskiljs i mjukt vatten.

Övriga metoder

Vid behandling av järn- och manganhaltiga brunnsvatten förekommer ibland andra behandlingsmetoder, då ofta i kombination med någon av ovan nämnda metod.

Aktivt kol

Aktivt kol används framförallt som komplettering till andra behandlingsmetoder, då vattnet innehåller organiskt material. Effektiviteten hos aktivt kol beror på råmaterialet som använts och framställningsmetoder samt partikelstorlek och poryta. Då aktivt kol används i privata hushåll byts massan ut mot ny när effekten minskat efter ca 2 år.

Jonbyte

Jonbytesteknik används ibland i kombination med andra metoder vid behandling av hårda vatten eller vatten med organiskt material. Två olika typer av jonbytare förekommer: katjonbytare och anjonbytare.

Katjonbytare

Vid behandling av hårda vatten kan ett järn- och manganavskiljningsfilter kombineras med ett katjonbytarfilter. En katjonbytare byter ut positivt laddade joner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+}) mot natrium. Vatten som innehåller järn och mangan får dock inte komma i kontakt med luft eftersom de oxiderade metallerna då avsätts i jonbytare. Summan av halten järn och mangan bör därför inte överstiga 0.5 mg/l i vatten som filtreras genom katjonbytare. Klor och andra oxiderande ämnen bör inte heller användas före jonbytare. Om vattnet inte är klart måste det filtreras före jonbytare.

Anjonbytare

Anjonbytare används för behandling av vatten som innehåller icke önskvärda negativa joner t.ex. sulfat-, nitrat- och humusföreningar. En makroporös, starkt basisk, kloridbaserad anjonbytare kan användas för att avskilja humus från dricksvatten. Genom upplösning av granulerad kalksten i vattnet före jonbytare ökas effektiviteten och kapaciteten av humusavskiljning. Ytterligare en fördel med upplösning av kalksten är att pH och alkalinitet ökar vilket motverkar korrosionsrisken pga ökad kloridhalt i vattnet. Organiska ämnen i vatten avskiljs

både genom jonbyte och ytadsorption i anjonbytare. Högsväl-
lande jonbytare med akryluppbyggnad avskiljer mer organisk
substans än jonbytare med stel polystyrenuppbyggnad, även
makroporösa sådana. Problemet med anjonbytare är dock att
de påverkas negativt av järnjoner och att kloridhalten på
vattnet ökar.

Biologiska metoder

Olika typer av bakterier medverkar ofta vid oxidationsför-
loppen för järn och mangan. Avjärning av komplexbundet
järn i grundvatten är svårt och kräver starka oxidationsmedel
men järnoxidationsbakterier såsom *Gallionella ferruginea* är
kända för att oxidera järn och reducera CO_2 till organiskt
material.

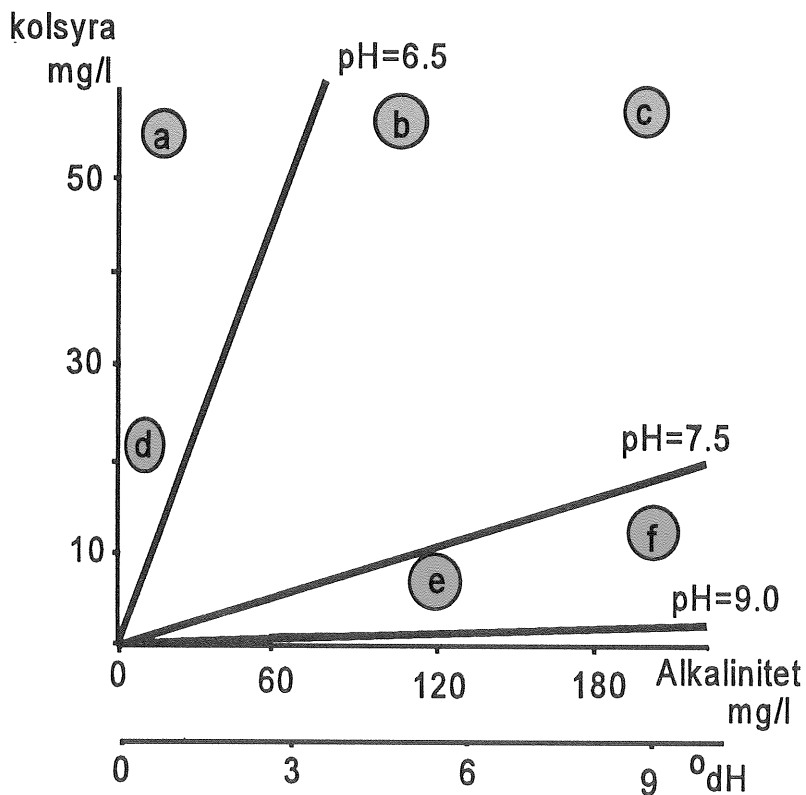
Både pH och syreförhållanden är viktiga faktorer för järn och
manganbakterier. Bakterier som faller Mn föredrar högre syre-
halt än järnutfällande bakterier. Vid biologisk avjärning och
avmanganisering krävs i allmänhet två filtreringssteg pga att
järn och mangan har olika optimala förhållanden. En biolo-
gisk reningsanläggning kan därför bestå av följande behand-
lingsteknik: luftning; filter för biologisk järnavskiljning; luft-
ning; pH-justering; filter för biologisk manganavskiljning;
desinfektion.

Alg- och bakterietillväxt kan emellertid också orsaka problem
vid tillväxt i filter i avjärningsanläggningar.

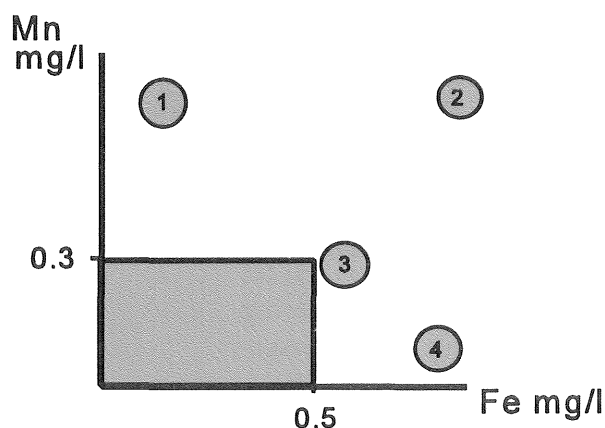
Biologiska metoder för avskiljning av järn och mangan finns
för större anläggningar men användning av metoden för priva-
ta hushåll är mindre utbredd i Sverige.

VAL AV BEHANDLINGSMETOD

Val av behandlingsmetod är beroende av sammansättningen på vattnet. Störst betydelse har vattnets pH-värde, alkalinitet, hårdhet samt järn- och manganhalt. Nedan anges några exempel på olika vattentyper och förslag till lämplig behandlingsmetod. I figur 7 och 8 visas kalkkolsyra-samband samt järn- och manganhalt och med utgångspunkt från de här konkretiserade vatten ger tabell 5 anvisning om lämpliga behandlingsmetoder. Vatten som innehåller hög halt organiskt material kräver ofta kompletterande behandling.



Figur 7. Sammansättning för några olika typer av vatten, a-f, med avseende på pH-värde och kalkkolsyra-förhållanden



Figur 8. Sammansättning på olika vattentyper, 1-4, med avseende på järn- och manganinnehåll. Det markerade området anger rekommenderade gränsvärden för enskilda vattentäkter.

Tabell 5. Rekommenderad behandlingsmetod för olika vattentyper.

		Beteckning enligt figur 8			
		1	2	3	4
a	a	Filtrering genom katalytisk massa och halvbränd dolomit. Ev. pH-justering före katalytisk* massa	Luftning, filtrering genom katalytisk massa och halvbränd dolomit	Filtrering genom halvbränd dolomit	Luftning, sandfiltrering och filtrering genom halvbränd dolomit
	b	Luftning och filtrering genom katalytisk massa	Luftning och filtrering genom katalytisk massa	Luftning och sandfiltrering	Luftning och sandfiltrering
	c	Luftning och filtrering genom katalytisk massa samt ev. avhärdning	Luftning och filtrering genom katalytisk massa samt ev. avhärdning	Luftning, sandfiltrering och ev. avhärdning	Luftning, sandfiltrering och ev. avhärdning
	d	Filtrering genom katalytisk massa och kalksten. Ev. pH-justering före katalytisk massa.	Ev. luftning och filtrering genom katalytisk massa och kalksten	Filtrering genom kalksten	Luftning, sandfiltrering och filtrering genom kalksten
	e	Filtrering genom katalytisk massa	Filtrering genom katalytisk massa	Ev. luftning och sandfiltrering	Luftning och sandfiltrering
	f	Filtrering genom katalytisk massa och ev. avhärdning	Filtrering genom katalytisk massa och ev. avhärdning	Ev. avhärdning	Luftning, sandfiltrering och ev. avhärdning

* katalytisk massa = Manganese Greensand, Birm eller mangandioxid

Riktvärden och begränsningar för val av metod

Behandlingsmetoder för vatten av typ 1

Vatten av typ 1 innehåller förhöjd manganhalt men acceptabel järnhalt. För att avskilja mangan krävs någon typ av katalytisk massa eller oxidation med kaliumpermanganat. Om pH-värdet på vattnet dessutom är för lågt justeras detta genom dosering av alkali, t.ex. natriumkarbonat, eller filtrering genom avsyrningsmassa. En viss pH-justering erhålls med de katalytiska massorna. Vid filtrering av mjukt vatten justeras pH-värdet mot 7 oavsett om inkommande vattens pH-värde är högre eller lägre än 7.

Val av katalytisk massa

Vid höga manganhalter är Manganese Greensand den mest effektiva katalytiska massan. Den kräver dock till skillnad från Birm och mangandioxid regelbunden regenerering med kaliumpermanganat. Vid användning av Birm eller mangandioxid är det däremot viktigt att kontrollera att syretillförseln blir tillräcklig. Mangandioxid fungerar bäst vid lägre manganhalter (<1 mg/l).

Vattnets pH-värde bör inte vara för lågt, <6.2, vid filtrering genom katalytisk massa eftersom manganavskiljningen då blir dålig och utlösning av mangan från massan kan ske. Vattnets pH-värde bör då justeras före filtret.

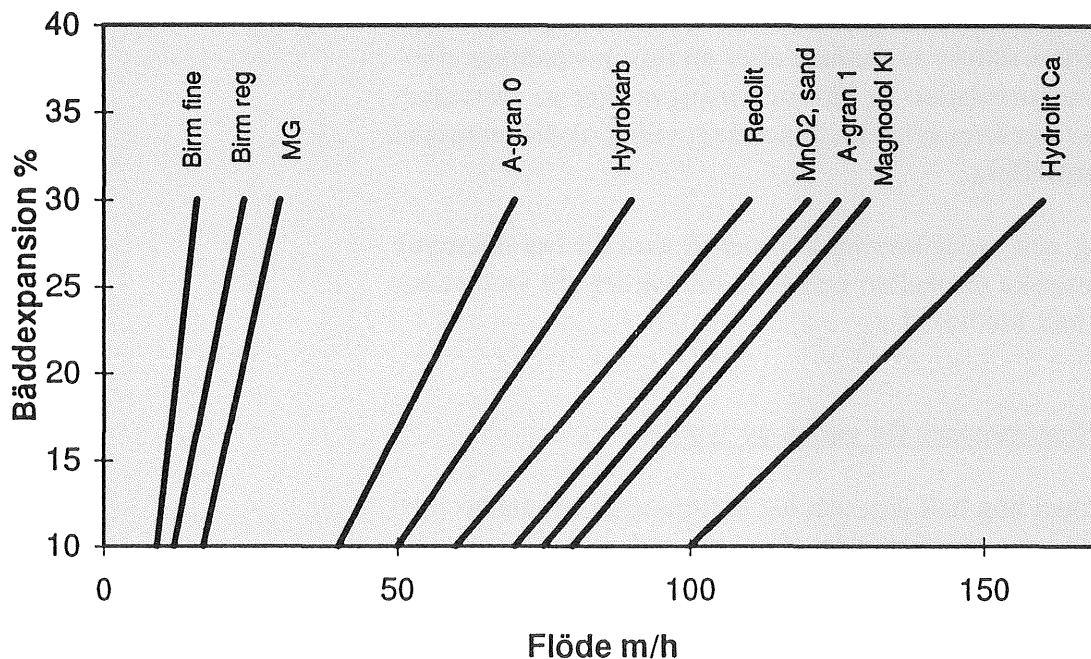
Val av avsyrningsmassa

Vilken typ av avsyrningsmassa som är lämplig för olika vatten framgår av figur 15, sid 41. För mjuka vatten med låg halt vätekarbonat är kalkstensmassa lämplig medan hårdare vatten med högre halt vätekarbonat kräver en halvbränd dolomitmassa för att erhålla ett lämpligt pH-värde. Hårda vatten som innehåller höga halter koldioxid kan istället luftas för att höja pH-värdet. Vid mycket hårt vatten kan det vara aktuellt att även ha ett avhärtningsfilter.

Kombination av katalytisk massa och avsyrningsmassa

Vid kombination av katalytisk massa och avsyrningsmassa har försök visat (Horkeby 1995) att det kan vara en fördel att placera avsyrningsmassan i ett separat filter efter den katalytiska massan för att inte avsyrningseffekten skall reduceras pga avsatt mangan vid filtreringen. Ur backspolningssynpunkt är

det inte heller lämpligt att blanda avsyrningsmassa i samma filter som Manganese Greensand eller Birm. Avsyrningsmassor kräver nämligen högre backspolningsflöde pga högre densitet och/eller partikelstorlek. Vid backspolningen fås ingen expansion eller rörelse i avsyrningsmassan eftersom flödet är för lågt. Vid användning av mangandioxid erhålls dock en effektiv backspolning av eventuellt inblandad avsyrningsmassa men även här försämras avsyrningsförmågan pga adsorberat mangan. För att massorna ska kunna blandas i samma filterbehållare bör kornstorleken avpassas så att expansionen av de båda massorna blir lika vid backspolning. Om man ändå väljer att ha endast en filterbehållare är Akdolit Gran 0 lämpligast att använda ur backspolningssynpunkt eftersom den har relativt liten partikelstorlek, se tabell 4. Filter för avskiljning av järn och mangan bör alltid köras nedströms eftersom uppströmsdrift medför att massan är expanderad och ej kan kvarhålla utfällt järn och mangan. Figur 9 visar bäddexpansion som funktion av backspolningsflöde för filtermassor och filtersand.



Figur 9. Bäddexpansion som funktion av backspolningsflöde för filtermassor och filtersand.

Behandlingsmetoder för vatten av typ 2

Vatten av typ 2 har både för hög järn- och manganhalt. För avskiljning av mangan används katalytisk massa. Även järn kan med fördel avskiljas i katalytisk massa, men det kan dock vara en fördel att vid höga järnhalter lufta vattnet för att oxidera en del av järnet och avskilja detta genom sandfiltrering före den katalytiska massan för att belastningen på denna ska bli mindre. Ett vatten med lågt pH-värde och hög halt kolsyra erhåller dessutom högre pH-värde efter luftning. För ytterligare justering av pH-värdet kan avsyrningsmassa eller alkalidoserings användas.

Behandlingsmetoder för vatten av typ 3

Ett vatten som har något förhöjd halt av järn och mangan kan behandlas med avsyrningsmassa av typ halvbränd dolomit. Kalkstensmassan Hydrokarbonat är inte lämplig att använda eftersom den ger mycket dålig avskiljning av mangan och kalkstensmassan Hydrolit Ca ger sämre järnavskiljning än övriga avsyrningsmassor. Man måste dock vara medveten om att filtret behöver backspolas relativt ofta och effektivt, helst kombinerat med vatten och luft. Vid backspolning med enbart vatten krävs utbyte av massan efter en tids användning eftersom en ackumulation av järn och mangan sker på massakornen och sitter kvar efter backspolning, vilket medför minskad avsyrningsseffekt.

Luftning och sandfiltrering kan också vara ett bra alternativ för att minska järnhalten och höja pH-värdet om vattnet har en hög halt koldioxid.

Behandlingsmetoder för vatten av typ 4

Vatten med hög halt järn och låg halt mangan behandlas med luftning och sandfiltrering för att avlägsna järnet. Om luftningen inte räcker till för pH-justering kompletteras med alkalidoserings eller filtrering genom avsyrningsmassa. Val av avsyrningsmassa är beroende av vattnets sammansättning enligt figur 15.

Behandlingsmetoder för vatten som innehåller organiskt material

Då vatten innehåller organiskt material förekommer ofta järn och mangan i komplexbunden form till detta. För oxidation av järn och mangan krävs då ofta starka oxidationsmedel såsom kaliumpermanganat. Om halten organiskt material inte är alltför hög kan Manganese Greensand- eller Birm-filtrering användas. Hänsyn bör dock tagas till att Manganese Greensand-massan behöver regenereras oftare eller att man utnyttjar kontinuerlig regenerering. Då järn är starkt komplexbundet till organiskt material (speciellt med höga molekylvikter) är det svårt att oxidera även med kaliumpermanganat. Vid högre halter organiskt material kan man behöva komplettera behandlingen med aktivt kolfilter eller makroporös anjonbytare.

Behandlingsmetoder för vatten som innehåller svavelväte och/eller metan

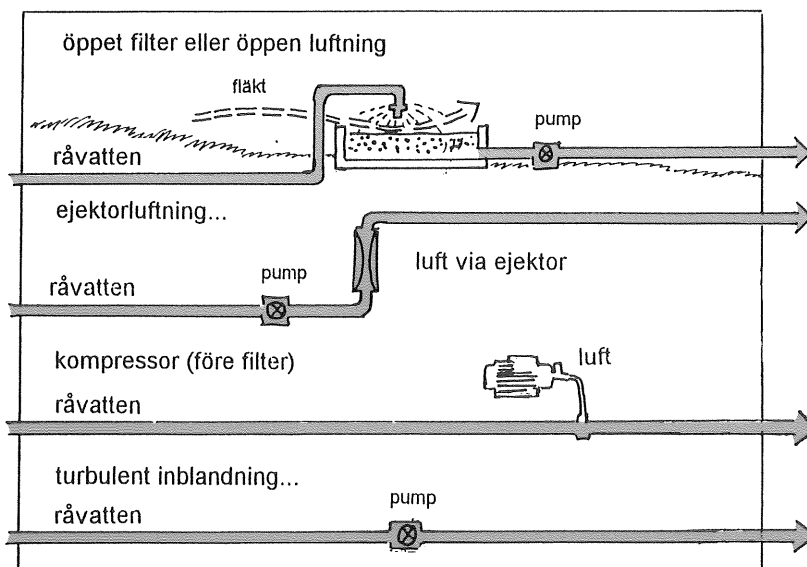
Vatten som innehåller svavelväte och/eller metan bör luftas och därefter vid behov behandlas ytterligare, enligt metoder ovan, beroende på vattenkvalitet. Vid användning av Manganese Greensand bör man ta hänsyn till att tätare regenereringsintervall kan vara nödvändigt.

UTFORMNING OCH SKÖTSEL AV UTRUSTNING FÖR OLIKA METODER

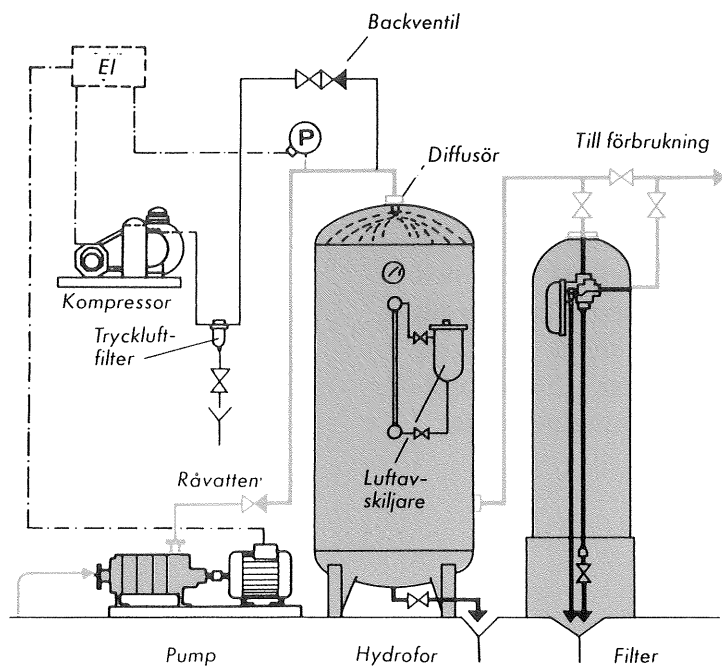
Nedan ges schematiska exempel med kommentarer och synpunkter på hur respektive metod kan utformas. Det är **mycket viktigt att konsumenten informeras om skötsel av filtret**. Vid samtliga utformningar där avsyrningsmassa ingår i filtret är det viktigt att filterbehållaren är så utformad att ny avsyrningsmassa lätt går att fylla på, eftersom den förbrukas med tiden. Utrustningen bör också placeras så att den är lättåtkomlig.

Luftning och filtrering genom sandfilter

Oxidation av järn med syre kan praktiskt utföras på olika sätt. Syretillförseln kan ske genom att spreja vattnet över ett öppet sandfilter, tillföra luft via en ejektor, kompressor eller via turbulent inblandning. Efter oxidation och utfällning av järnet filtreras vattnet genom ett sandfilter före hydroforen, se figur 10. Luftning kan också ske direkt i hydroforen med ett sandfilter efter, se figur 11. Filtreringshastigheten i ett sandfilter bör vara låg, max 10 m/tim. Sandfiltret måste backspolas regelbundet, vanligen 2-3 ggr/vecka för att avlägsna frånfilterade järnutfällningar. Backspolningen kan ske automatiskt med visst tidsintervall eller då en viss tryckförlust över filtret erhållits.



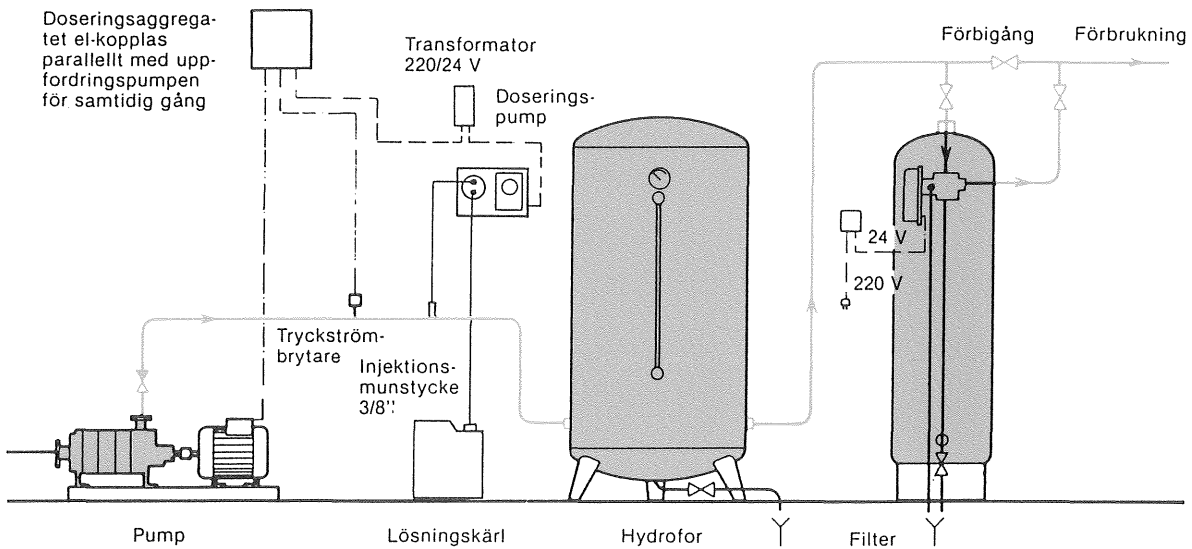
Figur 10. Luftningsutrustning före hydrofor



Figur 11. Luftning i hydrofor (Vattenteknik AB).

Oxidation genom dosering av kaliumpermanganat

Vid oxidation med kaliumpermanganat doseras denna i löst form. Praktiskt utföres detta genom att kaliumpermanganatlösningen beredes i ett blandningskärl varifrån lösningen doseras till vattenledningssystemet med en membrandoseringspump. Flödesstyrningen av pumpen kan ske på olika sätt, antingen till aktuellt flöde eller genom dosering när vattenpumpen är i drift. Var i systemet som doseringen sker kan variera beroende på vattenkvalitet. Oxidationshastigheten för järn och mangan med kaliumpermanganat varierar t.ex. med vattnets pH-värde, temperatur och manganhalt (se avsnitt "Oxidation med kaliumpermanganat"). Oxiderat järn och mangan avskiljs slutligen i ett sandfilter. Figur 12 visar principschema för inkoppling av doseringsutrustning och filter.



Figur 12. Utrustning för kaliumpermangandosering och filtrering (Vattenteknik AB).

Behandling med Manganese Greensand och avsyrningsmassa eller alkalidosering

För att både minska järn- och manganhalten samt höja pH på ett vatten används ofta en kombination av Manganese Greensand och avsyrningsmassa (s.k. kombinationsfilter) eller alkalidosering. Vid denna kombination har försök visat att det är mindre lämpligt att blanda materialen i samma filterbehållare eftersom avsyrningsmassan pga specifik vikt och partikelstorlek lägger sig på botten i filtret vid backspolning. Vid backspolningen fås då ingen expansion och omblandning av avsyrningsmassan eftersom backspolningsflödet måste begränsas så att inte Manganese Greensandmassan går till avlopp. Det är inte heller lämpligt att ha någon form av sil som håller kvar Manganese Greensandmassan eftersom det då blir svårt att avlägsna utfällt järn och mangan vid backspolningen. Vid regenerering av Manganese Greensand med kaliumpermanganat kan också avsyrningsmassan påverkas negativt om den är i samma filter. Speciellt gäller detta halvbrända dolomitmassor som pga stor poryta adsorberar kaliumpermanganat. Avsyrningsmassans pH-höjande effekt avtar också med tiden pga adsorption av mangan från råvattnet.

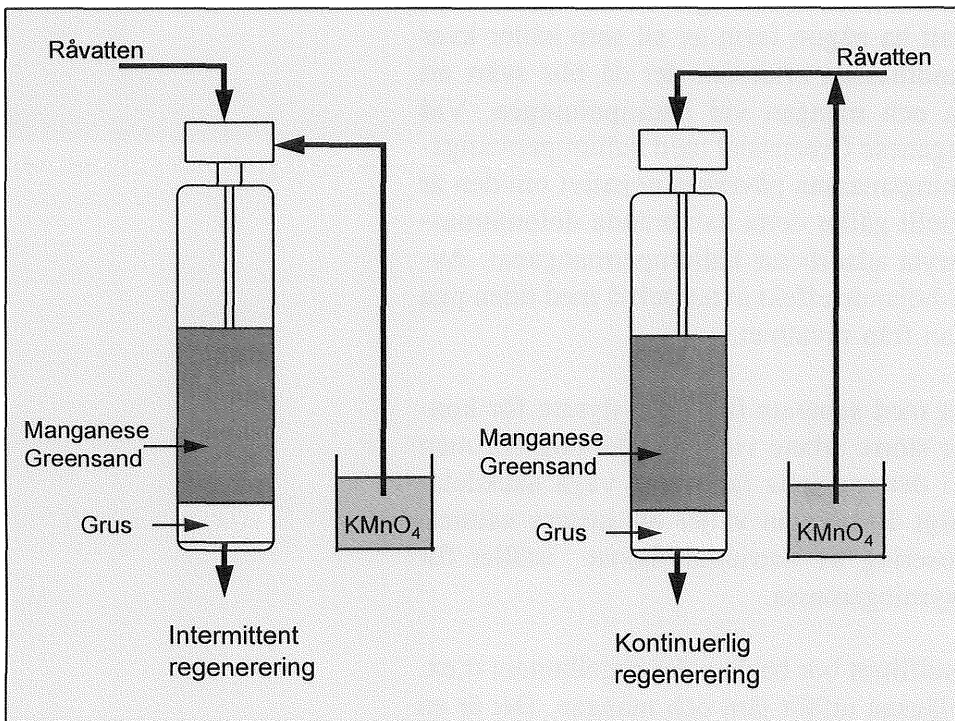
Eftersom alternativet med separata filter blir dyrare för konsumenten och kräver större arbete vid backspolning bör man ta hänsyn till detta i det speciella fallet och väga nackdelar mot fördelar. Vanligt är att man väljer att justera vattnets pH-värde genom dosering av natriumkarbonat istället för filtrering genom avsyrningsmassa.

Manganese Greensandfiltret bör backspolas regelbundet (t.ex. varje natt) för att avlägsna utfällt järn och mangan. Det är en fördel om man kan använda filtrerat vatten vid backspolningen. Om råvatten används kan problem uppstå pga järn och mangan avskiljs i botten på filtret vid backspolningen och sedan lösgöres när filtret tas i drift. Det är också viktigt att massan regenereras regelbundet med kaliumpermanganatlösning (ca 20 g/l) under 2-10 timmar. Den totala massacapaciteten är för järn 1.2 g Fe/l massa och för mangan 6.9 g Mn/l massa. Om vattnet innehåller jordgaser (H_2S och/eller CH_4) bör regenerering ske oftare. Regenereringsfrekvensen kan också bestämmas genom att göra $KMnO_4$ -förbrukningstest, genom att dosera kaliumpermanganat till ett vattenprov tills en kvarstående rosa färg syns. Figur 13 visar, schematiskt, utrustning för behandling med Manganese Greensand och intermittent respektive kontinuerlig regenerering.

Exempel: Ett hushåll har ett råvatten med 3 mg Fe/l och 1 mg Mn/l och ett filter med ca 50 l massa samt en vattenförbrukning på 300 l/dygn. Kapaciteten på massan är då förbrukad efter ca 1 månad. Lämpligt är då att regenerera varannan vecka.

Vid kontinuerlig regenerering beräknas mängd kaliumpermanganat enligt:

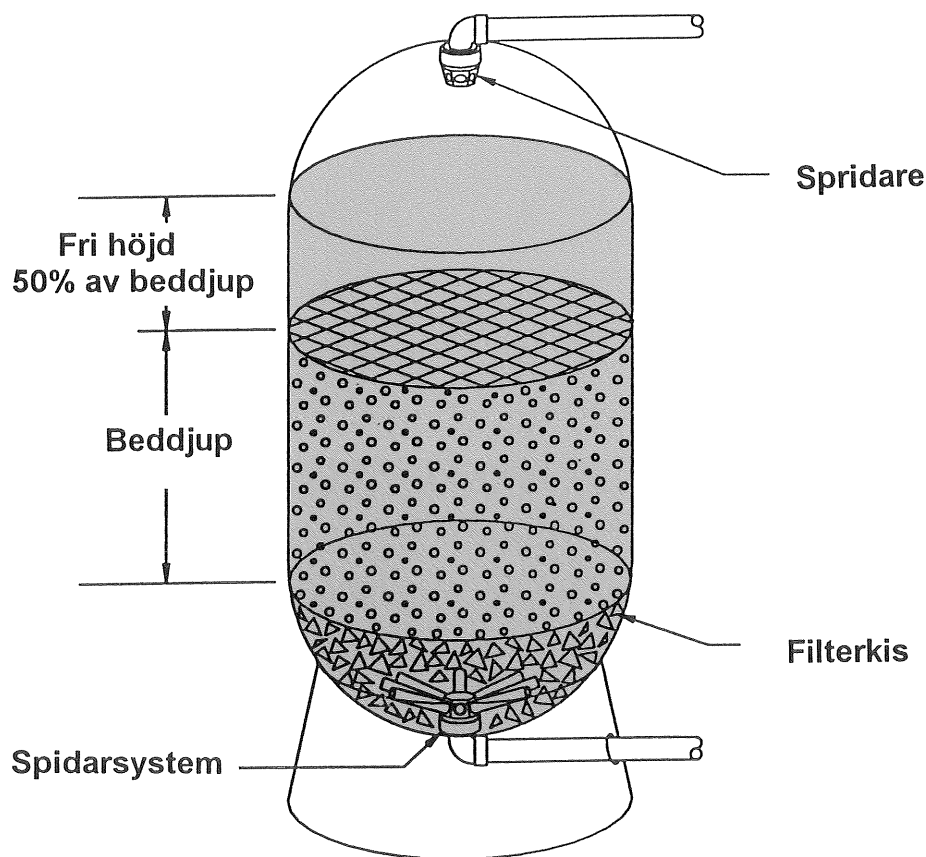
$$\text{mg KMnO}_4/\text{l} = 1 \cdot (\text{mg Fe/l}) + 2 \cdot (\text{mg Mn/l})$$



Figur 13. Utrustning för behandling med Manganese Greensand

Behandling med Birm och avsyrningsmassa eller alkalidosering

Vid avskiljning av järn och mangan med Birm kan problem uppstå av samma anledning som för Manganese Greensand om avsyrningsmassa blandas i samma filterbehållare (kombinationsfilter). Försök har visat att den pH-höjande effekten hos Akdolit Gran blandat i Birm avtar efter en tids drift. Eventuell avsyrningsmassa bör istället placeras i ett separat filter efter Birm-filtret. Om råvattnets pH-värde är <6.8 kan man-gan lösas ut från Birm-massan. Därför bör i sådana fall en pH-justering utföras före Birm-filtret med avsyrningsmassa. Birm-massan måste backspolas regelbundet (ex. varje natt) för att avlägsna utfällt järn och mangan som annars minskar massans kapacitet. Någon regenerering behövs ej, däremot måste vattnet ha en viss syrehalt. Detta åstadkommes genom syresättning t.ex. genom luftning av vattnet före filtret. Massan byts ut när den är förbrukad, vanligtvis efter 5-6 år.



Figur 14. Anläggning för järn- och manganreducing med Birm (Hemp 1989).

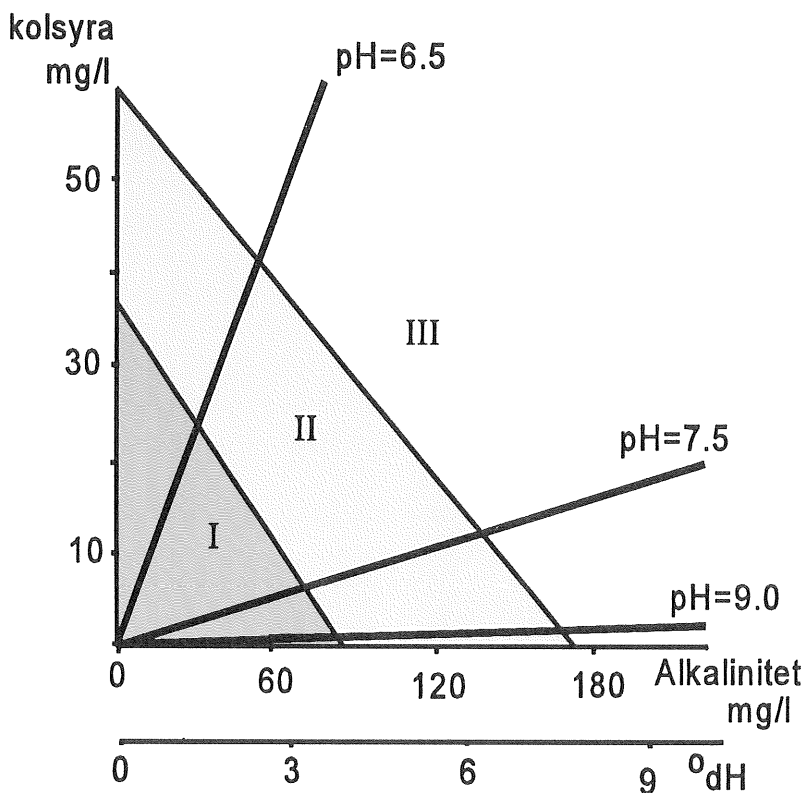
Behandling med mangandioxid och avsyrningsmassa eller alkalidosering

Mangandioxiden blandas med sand i filterbehållaren. Lämplig sandfraktion är 0.8-1.2. Blandningsförhållandet mellan mangandioxid och sand är beroende av vattnets järn- och manganhalt. För att få en tillfredsställande avskiljning krävs en relativt lång uppehållstid i filtret, t.ex. 12 minuter för ett vatten med ≤ 1.5 mg Fe/l och ≤ 0.5 mg Mn/l vid ett blandningsförhållande MnO_2 :sand på 1:4. Vid högre metallhalter är det lämpligt att öka mängden MnO_2 . Vattnet som filtreras måste ha en syremättnad på 60%. Detta kräver effektiv luftningsutrustning. Mangandioxid behöver inte regenereras. Mangandioxid kan blandas med avsyrningsmassa eftersom backspolningsflödet stämmer överens, se figur 9. Avsyrningsmassans effekt kommer dock att avta pga blockering av järn och mangan.

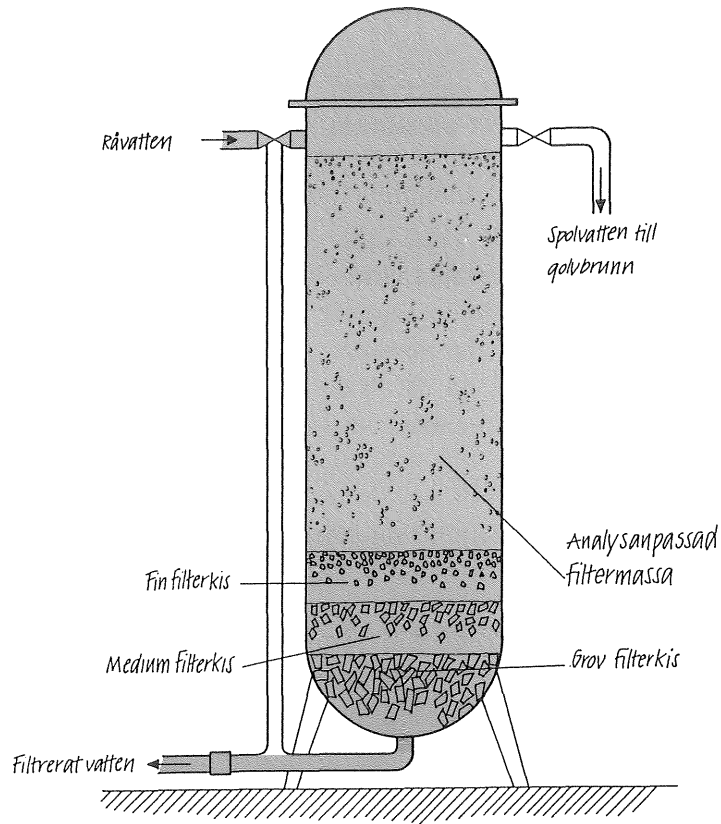
Behandling med avsyrningsmassa

Val av avsyrningsmassa för behandling av ett surt vatten med låg halt järn och mangan är beroende av vattnets alkalinitet och hårdhet.

Figur 15 visar vid vilka vattenkvaliteter man bör välja kalkstensmassa respektive halvbränd dolomit, för att erhålla lämplig avsyrnings effekt. För avlägsnande av mindre mängder mangan krävs dock i allmänhet en halvbränd dolomitmassa eftersom pH-värdet på vattnet bör höjas till ca 9. Vid användning av kalkstensmassa höjs pH-värdet endast till jämvikts-pH, vilket ofta ligger vid 8-8.5.



Figur 15. Lämpligt val av avsyrningsmassa, alternativt luftning, för olika vattenkvaliteter.
I Kalkstensmassa
II Halvbränd dolomit
III Luftning



Figur 16. Uppbyggnad av ett avsyrningsfilter med nedströmsflöde (Aqua System).

DRIFTSUPPFÖLJNING

Ett installerat filter bör följas upp med analyser för att förvissa sig om att filtret fungerar tillfredsställande och att inte vattenkvaliteten i brunnen förändrats så att behandlingsmetoden behöver modifieras.

Analyskontroll

Filtrets funktion bör kontrolleras efter installationen och därefter även ca 1 gång per år eftersom:

- * Filtrets funktion kan avta väsentligt med tiden om man har ett besvärligt vatten.
- * En försummad skötsel av filtret kan upptäckas genom analyskontroll.
- * Vattnets sammansättning kan förändras med tiden t.ex. beroende på förändrad grundvattennivå.

Följande analysparametrar bör kontrolleras:

pH

Järn

Mangan

Alkalinitet

Hårdhet

Organiskt material

(syre, klorid, sulfat, svavelväte och metan)

VANLIGA FRÅGOR OCH PROBLEM

Nedan ges några exempel på vanliga frågor som ställs i samband med sura, järn- och manganhaltiga vatten. I vissa fall kan svaret på en fråga vara svårt att ge utan att närmare studera det aktuella vattnet eller anläggningen. Ett problem kan också uppkomma pga olika orsaker.

1. Är det farligt att dricka surt vatten?

Det är inte farligt att dricka surt vatten. Problemen uppkommer pga korrosion i ledningar och t.ex. varmvattenberedare.

2. Kan man bli sjuk av att dricka järn- och manganhaltigt vatten?

Några medicinska belägg finns inte för sådana misstankar.

3. Kan man duscha och bada i järnhaltigt vatten?

Några läkare har uttalat att vissa personer kan vara överkänsliga för sådant vatten. Hudutslag, rodnader och förhöjd temperatur har rapporterats.

4. Varför blir vattnet brunt?

5. Varför blir vattnet svart?

6. Varför blir vattnet grumligt?

7. Varför smakar vattnet beskt?

8. Varför blir det mörka fläckar i aluminiumkärl?

Ovanstående problem (4-8) beror i allmänhet på att vattnet innehåller större eller mindre mängder järn och/eller mangan. I de fall då vattenbehandlingsutrustning finns och problemen ändå uppträder kan orsaken vara t.ex.:

- * otillräcklig mängd oxidationsmedel (luft eller kaliumpermanganat)
- * fel pH vid oxidation med luftning eller kaliumpermanganat kan medföra dålig manganavskiljning
- * fel tillsatspunkt av kemikalie
- * dålig inblandning av kemikalie
- * dålig filterspolning som kan bero på underdimensionerad pump
- * för hög filterbelastning
- * försummad regenerering av Manganese Greensandfilter

9. Varför blir varmvattnet sämre än kallvattnet?

Utfällnings- och korrosionsproblem är ofta mer uttalade i samband med uppvärmning av vatten. Dessutom står vattnet stilla under längre eller kortare perioder i varmvattenberedare.

10. Varför blir handfatet grönt?

11. Varför blir håret grönt?

Problemen beror på hög kopparhalt i vattnet som orsakats av korrosion pga surt och/eller hårt vatten. Om problemen uppkommer trots att behandlingsutrustning finns kan orsaken vara:

- * avsyrningsmassan har förbrukats så mycket att påfyllning krävs
- * järn och mangan i vattnet har minskat avsyrningsmassans pH-höjande effekt
- * dålig eller försummad backspolning som orsakat ihopkittning av avsyrningsmassan

12. Varför ökar tryckfallet över filtret med tiden?

Ökat tryckfall kan bero på att backspolningen varit otillräcklig så att avsyrningsmassan börjat sintra ihop. Det kan också bero på igensättning pga höga järn- och manganhalter.

VATTENBEHANDLINGSFIRMOR

Listan visar exempel på firmor som levererar vattenbehandlingsutrustning. Ytterligare firmor kan finnas i t.ex. telefonkatalogens Gula sidor.

AKS Vatten AB, Nybodagatan 7, 171 42 SOLNA, tel. 08-735 7560, fax. 08-277711

Aqua Expert AB, Mårdvägen 7A, 352 45 VÄXJÖ, tel. 0470-14150, fax. 0470-29930

Aqua Filterservice, Box 3, 441 21 ALINGSÅS, tel. 0322-49239

Aqua Filtertechnik AB, Box 77, 427 22 BILLDAL, tel. 031-911015, fax. 031-911986

Aqua Invent AB, Box 197, 234 23 LOMMA, tel. 040-413135, fax. 040-414055

Aqua Schakt AB, Hedinsgatan 9, 115 33 STOCKHOLM, tel. 08-661 7902

Aqua System, Björnbacken 58, 415 16 Göteborg, tel. 031-462588, fax. 031-462569

Aqua-Bas Vattenfilter, Box 288, 442 23 KUNGÄLV, tel. 0303-15666

Aquapal AB, Box 171, 243 23 HÖÖR, tel. 0413-24200, fax. 0413-20910

Callidus AB, Box 21, 430 50 KÅLLERED, tel. 031-7950405, fax. 031-7952687

Culligan Teko, Heliosvägen 10, 120 30 STOCKHOLM, tel. 08-644 9760,
fax. 08-644 6239

Dymatic Industri AB, Box 54, 132 22 SALTSJÖ-BOO, tel. 08-715 0270, fax. 08-715 5859

Eurowater AB, Grännavägen 24, 561 34 HUSKVARNA, tel. 036-142425, fax. 036-144990

Finn Trade AB, Bäckvägen 50, 430 50 KÅLLERED, tel. 031-7950087

Gävle Galvan Tryckkärl AB, Box 406, 801 05 GÄVLE, tel. 026-129290, fax. 026-103667

Göinge Vattenteknik Gamlarp AB, Pl 1211, 280 64 GLIMÅKRA, tel. 044-43220

HOH Svenska AB, Box 3050, 200 22 MALMÖ, tel. 040-180750, fax. 040-182 448

Magnaclean AB, Box 60, 735 00 SURAHAMMAR, tel. 0220-33272, fax. 0220-30418

Polar Filtertechnik, Box 7008, 291 07 KRISTIANSTAD, tel. 044-100523, fax. 044-129807

Skandinavisk Vattenrening AB, Box 324, 244 00 FURULUND, tel. 046-731310,
fax. 046-732193

Svenska Miljöskyddsbyrån AB, Ringögatan 23, 417 07 GÖTEBORG, tel. 031-500920,
fax. 031-510125

Svenska Toimex AB, Pl Simonstorp, 710 27 DYLTABRUK, tel. 019-222449,
fax. 019-222528

Teknisk Vattenrening AB, Hangarvägen 20, 691 35 KARLSKOGA, tel. 0586-55111,
fax. 0586-55011

TGB Vatten & Energi, Box 101, 440 06 GRÅBO, tel. 0302-41000, fax. 0302-41811

Vatten-Miljö AB, Mo i Ranagatan 10, 931 57 Skellefteå, tel. 0910-53070

Vattenreningsbyrån AB, Box 5055, 183 05 TÄBY, tel. 08-723 8420, fax. 08-756 1087

Vattenreningsexperten, Box 14062, 200 24 MALMÖ, tel. 040-494500

Vattenreningsservice, Järvstigen 7, 573 00 TRANÅS, tel. 0140-41470

Vattenteknik AB, Box 50345, 202 13 MALMÖ, tel.040-188270, fax. 040-186649

Ö-G:e Produkter, L:a Sventorp, 233 00 SVEDALA, tel. 040-486090

LITTERATURHÄNVISNINGAR

Clack Corporation (1993) Informationsmaterial. Clack Corporation, 4462 Duraform Lane P.O. Box 500 Windsor, Wisconsin 53598-0500 USA.

Dricksvattenteknik - Grundvatten. (1994) Svenska Vatten- och Avloppsvattenföreningen. VAV P71

Hedberg, T., Bergström, R., Stenström, T., Wahren, H. (1991) Gott vatten i kranen. Svenska Vatten- och Avloppsvattenföreningen. VAV M76.

Hemp, M.R. (1989) Iron removal by Birm. Technical Report No. 89-WT-8. Clack Corporation, Windsor USA.

Horkeby, G. (1992) Filtermassor för avsyrrning - en undersökning av dess egenskaper för behandling av sura brunnsvatten. Inst. för VA-teknik, Chalmers Tekniska högskola, publ. 1:92.

Horkeby, G. (1993) Järn- och manganavskiljningsmetoder för dricksvatten. En litteraturstudie. Inst. för VA-teknik, Chalmers Tekniska Högskola, publ. 3:93.

Horkeby, G., Björklund, L. (1995) Filtermassor för behandling av sura, järn- och manganhaltiga brunnsvatten. Inst. för VA-teknik, Chalmers Tekniska Högskola, publ. 1995:2.

Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten. SLV FS 1993:35

Statens Naturvårdsverk (1986) Åtgärder mot surt dricksvatten från enskilda vattentäkter. Informationsbroschyr.

Stumm, W., Morgan, J.J. (1981) Aquatic Chemistry. An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. 2:nd ed. Wiley Interscience.

Sveriges Geologiska Undersökning (1989) Råd till fastighetsägare vid anläggning av brunn. Informationsbroschyr

Sveriges Geologiska Undersökning och Statens Livsmedelsverk (1992) Ditt viktigaste livsmedel. Informationsbroschyr

Sveriges Geologiska Undersökning och Statens Livsmedelsverk (1993) Försurat brunnsvatten? Informationsbroschyr

FÖRKLARADE ORD OCH BEGREPP

Adsorption = process då ämnen upptas på ytan av ett fast ämne

Aerob organism = organism som kräver syre

Alkalinitet = $[\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+]$; [] = mol/l

Alkaliskt vatten = vatten med innehåll av vätekarbonat och $\text{pH} > 7$

Anaerob organism = organism som inte kräver syre

Anjonbytare = jonbytare som byter negativa joner

Antracitkol = fossilt kol, stenkol

Attrahera = dra till sig

Autokatalytisk reaktion = en reaktion där bildad reaktionsprodukt påskyndar reaktionshastigheten

Basisk = $\text{pH} > 7$

Birm = katalytisk massa, silikatmineral med mangandioxidskikt, för järn- och manganavskiljning

Brunsten = mangandioxid

Bunden kolsyra = den mängd kolsyra som föreligger som CO_3^{2-} eller HCO_3^-

Ejektor = pump vars verkan erhålls genom att en vätske- eller gasstråle suger med sig det ämne som skall pumpas

Fri kolsyra = den mängd kolsyra i vattnet som föreligger i formen CO_2 eller H_2CO_3

Fulvosyra = syra bildad vid naturlig nedbrytning av växtdelar

Glaukonit = silikatmineral

Halvbränd dolomit = CaCO_3MgO som framställts genom upphettning av mineralet dolomit, $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$

Hematit = Fe_3O_2

Humussyra = syra bildad vid naturlig nedbrytning av växtdelar

Hårdhet = summan av halten kalcium och magnesium i vatten

Intermittent = med avbrott

Kaliumpermanganat = KMnO_4

Kalksten = CaCO_3

Katalysator = ett ämne som påskyndar reaktionsförloppet, men inte själv reagerar

Katalytisk oxidation = oxidation påskyndad av en katalysator

Katjonbytare = jonbytare som byter positiva joner

Kolloidal partikel = partikel med en diameter $<10^{-5}\text{m}$

Komplex = sammansatt förening

Korrosion = angrepp på ett material

m-alkalinitet = analysmetod för bestämning av alkalinitet mot metylorangeindikator

Magnetit = Fe_3O_4

Manganes Greensand = katalytisk massa före järn- och manganavskiljning

MnO_x = mangandioxider med varierande antal syre

Multimediabädd = ett filter med flera filtermaterial av olika densitet

Neutralt = $\text{pH}=7$

Oxideras = ett ämne överförs till ett tillstånd med högre oxidationstal

Pannsten = utfällning av kalciumföreningar vid ökande temperatur

$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ där $[\text{H}^+]$ = vätejonkoncentrationen i mol/l

Pyrit = FeS_2

Reducerande = ett ämne överförs till ett tillstånd med lägre oxidationstal

Regenerera = återföra till ursprungligt tillstånd

Repellera = stöta ifrån

Sedimentär bergart = bergart bestående av vittringsprodukter som packats samman

Siderit = FeCO_3

Sur = $\text{pH} < 7$

Suspenderat material = uppslammat material

Svavelväte = H_2S

TOC = Total Organic Carbon (totalt organiskt kol)

