VÄRMEFORSK
STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Uppföljning av drifterfarenheter med akryljonbytare

Folke Persson
Bo Ramsbäck

KEMITEKNIK 251

110 ex

1+0

VÄRMEFORSK

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Uppföljning av drifterfarenheter med akryljonbytare

Folke Persson
Bo Ramsbäck

Kemiteknik

251

251

Uppföljning av drifterfarenheter med akryljonbytare

Folke Persson, ÅF Energikonsult AB
Bo Ramsbäck, ÅF Energikonsult AB

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 · 113 82 STOCKHOLM · TEL. 08 / 34 09 80

Februari 1987

~~Januari 1985~~ ISSN 0282-3772

Uppföljning av drifterfarenheter med akryljonbytare

Folke Persson, ÅF Energikonsult AB
Bo Ramsbäck, ÅF Energikonsult AB

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 · 113 82 STOCKHOLM · TEL. 08/ 34 09 80

Februari 1987
ISSN 0282-3772

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Projekt K4-406

UPPFÖLJNING AV DRIFTERFARENHETER MED AKRYLATJONBYTARE

Folke Persson
Bo Ramsbäck

ÅF-ENERGIKONSULT
Sektion Vattenbehandling

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		Sid
1	Sammanfattning	1
2	Inledning	2
3	Beskrivning av anläggningarna	3
4	Uppläggning av undersökningarna	5
5	Analysmetoder	6
6	Resultat av undersökningarna	7
7	Jämförelse och diskussion av resultaten	13

Bilagor

1 Sammanställning av filter, massatyp och regenereringsförfarande för de anläggningar som undersökts.

2 Gruvöns Bruk, driftdata och analysresultat

3 Hallsta Pappersbruk, driftdata och analysresultat

4 Nymölla Pappersbruk, driftdata och analysresultat

5 Hässelby Kraftvärmeverk, driftdata och analysresultat

6 Örebro Kraftvärmeverk, driftdata och analysresultat

7-11 Analysmetoder

1 SAMMANFATTNING

Anjonbytare av akrylattyp skall enligt tillverkarna ha högre jonbyteskapacitet än anjonbytare av styrentyp. Vid regenerering skall dessutom den organiska substansen kunna avlägsnas mera fullständigt än vid anjonbytare av styrentyp. Risken för organisk blockering är härigenom mindre.

Anjonbytare av akrylattyp finns installerade vid ett flertal anläggningar i Sverige. Drifterfarenheterna har dock varierat. För att försöka klarlägga förhållandet startades projektet K4-406.

Inom detta projekt har uppföljning av kapacitet och upptagning av organisk substans utförts vid 5 totalavsaltningsanläggningar med styren- och akrylatjonbytare. Vid tre anläggningar har svaga anjonbytare följts upp och vid två starka anjonbytare.

Vid två av de tre anläggningarna med svaga anjonbrytare hade akrylatjonbytare 30-50 % högre jonbyteskapacitet och upptagningsförmåga av organisk substans än styrenjonbytare. Vid den tredje anläggningen var jonbytarna likvärdiga. Någon skillnad i reduktion av halten organisk substans kunde inte utläsas mellan svaga styren- och akrylatjonbytare vid de tre anläggningarna.

Starka anjonbytare uppföljdes vid två anläggningar. I båda fallen erhölls betydligt större jonbyteskapacitet med styrenjonbytare än med akrylatjonbytare. Akrylatjonbytaren hade dock i båda fallen varit i drift 5-6 år medan styrenjonbytaren hade varit i drift endast ca ett halvt år.

Vid en av anläggningarna med stark anjonbytare var såväl upptagningsförmåga som reduktion av organisk substans bättre med styrenjonbytare än med akrylatjonbytare. Vid den andra anläggningen med stark anjonbytare varierade halten organsisk substans så mycket i ingående vatten till anläggningen att en jämförelse av upptagningsförmåga och reduktion av organisk substans ej gick att göra.

2 INLEDNING

Spädvatten till industri och kraftverksanläggningar utgörs vanligtvis av ytvatten. Dessa vatten innehåller organisk substans, även kallat humus, i varierande halter. Den organiska substansen har mycket varierande sammansättning.

Organisk substans i rå- och spädvatten kan ge upphov till ett flertal driftstörningar:

* förorsaka beläggning och skumning i pannan
* ge korrosion i ång- och kondensatsystem
* blockera anjonbytare i totalavsaltningar

Med flockning av inkommande råvatten kan halten organiska substansen reduceras. I vissa fall används särskilda humusfilter för reduktion av halten organisk substans.

I totalavsaltningsanläggningar kan anjonmassa av typ styren eller akrylat användas. Akrylatjonbytare uppges ha högre kapacitet med avseende på upptagningsförmåga av organisk substans och den organiska substansen jonbytaren skall lättare kunna avlägsnas vid regenerering. Jonbytesmassor av akrylat- och styrentyp finns både i form av svaga och starka anjonbytare.

Undersökningar har utförts vid 5 stycken olika industri- och kraftverksanläggningar. Råvattenkvalitet och filterutrustning varierar vid de olika anläggningarna.

Andra undersökningar inom samma ämnesområde har utförts tidigare. Dessa är redovisade i följande rapporter från Stiftelsen för Värmeteknisk Forskning:

Nr 80 Undersökning av scavengerfilter och svag anjonbytare för reduktion av organisk substans.

Nr 121 Reduktion av organisk substans i makropös svag anjonbytare och scavengerfilter, fältstudier.

Nr 183 Undersökningar av reduktionen av organisk substans vid anläggningar för omvänd osmos.

3 BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGARNA

Följande 5 anläggningar har undersökts:

1 Gruvöns Bruk, Grums (Billerud AB)
2 Hallsta Pappersbruk, Hallstavik (Holmens Bruk AB)
3 Nymölla Pappersbruk, Nymölla (Nymölla AB)
4 Hässelby Kraftvärmeverk, Vällingby (Stockholm Energi)
5 Örebro Kraftvärmeverk, Örebro (Örebro Kommun)

En sammanställning över de svaga respektive starka anjonfilter som undersökningen varit inriktad på finns i bilaga 1. Sammanställningen omfattar filterbeteckning och dimension samt massatyp, mängd och drifttid.

Nedan följer en kortfattad beskrivning för vardera anläggningen.

3.1 Gruvöns Bruk

Inkommande vatten till totalavsaltningsanläggningen utgörs av flockat ytvatten. Aluminiumsulfat och lut används som flockningskemikalier. Totalavsaltningen består av 4 linjer. Varje linje består av en stark katjonbytare, en svag anjonbytare och en stark anjonbytare. Efter linjerna finns 2 st blandbäddfilter.

En linje med svag makroporös anjonbytare av styrentyp och en linje med svag anjonbytae av aktrylattyp följdes upp.

3.2 Hallsta Pappersbruk

Inkommande vatten utgörs av flockat och filtrerat ytvatten. Till flockningen används enbart aluminiumsulfat. Totalavsaltningsanläggningen består av 3 linjer. Varje linje innehåller svag katjonbytare, stark katjonbytare, kolsyreavdrivare, svag anjonbytare och stark anjonbytare. Kolsyreavdrivaren är gemensam för de linjerna. 2 st blandbäddfilter finns efter linjerna. Liksom vid Gruvöns bruk uppföljdes en linje med svag makropös anjonbytare av styrentyp och en linje med svag anjonbytare av akrylattyp.

3.3 Nymölla Pappersbruk

Inkommande vatten utgörs av sandfiltrerat ytvatten. Totalavsaltningsanläggningen består av två linjer. Varje linje innehåller stark katjonbytare, svag anjonbytare, kolsyreavdrivare och blandbäddfilter. Kolsyreavdrivare är gemensam för de två linjerna De svaga anjonbytarna följdes upp. I linje 1 var jonbytaren av akrylattyp. I linje 2 fanns en blandning av akrylat- och styrenjonbytare.

3.4 Hässelby Kraftvärmeverk

Som inkommande vatten används Stockholm Stads dricksvatten, ett flockat ytvatten. Totalavsaltningsanläggningen består av två linjer med ett gemensamt humusfilter. Varje linje innehåller stark katjonbytare, stark anjonbytare och blandbäddfilter. Två uppföljningar har gjorts. Vid den första var anjonbytaren av akrylattyp. Vid den andra uppföljningen var jonbytare av akrylattyp utbytt mot en jonbytare av styrentyp.

3.5 Örebro Kraftvärmeverk

Örebro Kommuns dricksvatten används som inkommande vatten. Detta är ett filtrerat grundvatten. Totalavsaltningsanläggningen består av ett humusfilter, därefter 2 linjer med stark katjonbytare, svag anjonbytare och blandbäddfilter. Liksom

vid Hässelby kraftvärmeverk gjordes två uppföljningar. Vid den första var anjonbytaren av akrylattyp, vid den andra av styrentyp.

4 UPPLÄGGNING AV UNDERSÖKNINGARNA

Undersökningarna vid respektive anläggning omfattade uppföljning av regenereringsförfarande samt provtagning under en driftcykel. Flödet har varierats under den undersökta driftperioden där detta varit möjligt.

Prover uttogs och analyserades regelbundet under hela driftcykeln. I slutskedet av cykeln var provfrekvensen tätast. I samband med provtagning har driftdata, såsom flöde, antal m^3 och temperatur, noterats. På uttagna prov har följande analyser och bestämningar gjorts:

* pH-värde
* konduktivitet
* halt av kiselsyra
* $KMnO_4$-förbrukning
* UV-extinktion
* TOC (totalt organiskt kol)

Dessutom har filtreringsindex bestämts i viss omfattning. Prov på vattnet före totalavsaltningslinjerna har uttagits och analyserats under mätperioderna. Förutom ovanstående analyser har på inkommande vatten även analys av hårdhet, bikarbonathalt och halt av klorid utförts.

Vid Hässelby och Örebro kraftvärmeverk byttes jonbytesmassorna ut efter en första mätomgång. Vid båda anläggningarna ersattes de gamla akrylatjonbytarna med nya styrenjonbytare. I Örebroanläggningen valdes olika fabrikat av styrenjonbytare för de båda linjerna. Akrylatjonbytarna var också här av olika fabrikat. En andra mätomgång utfördes med de nya massorna.

Följande anjonbytare har förekommit vid de olika anläggningarna:

Fabrikat	Akrylattyp	Styrentyp
Amberlite	IRA 458	IRA 402
Amberlite	IRA 67	IRA 93
Duolite	ES 132	A 101 D
Dowex		MWA-1

5 ANALYSMETODER

5.1 Permanganatförbrukning

Permanganatförbrukningen anges vanligtvis i ppm (mg/kg) $KMnO_4$-förbrukning och är ett relativt mått på halten organisk substans. En detaljerad metodbeskrivning finns i bilaga 7.

5.2 UV-extinktion

Analysen har utförts med en spektrofotometer av modell Hitachi 101 med vätgaslampa för UV-området. Kyvetter av kvartsglas har använts. Vid bestämningen genomlyses provet vid 220 nm. Extinktionen avläses och anges såsom UV-extinktion. Samtliga extinktioner är angivna för 5 cm:s kyvett. Vatten för nollprov har beretts av dejonat från blandbäddfilter. Dejonatet har surgjorts och destillerats med permanganat. Till ca 1 liter vatten sattes ett par gram kaliumpermanganat och ca 50 ml svavelsyra 1:3.

5.3 TOC-bestämning

TOC står för Total Organic Carbon (totalt organiskt kol). Bestämningarna av TOC har utförts av Studsvik Energiteknik AB. Det analysinstrument som använts är en TOC-analysator av fabrikat Dohrmann DC 80.

5.4 Filtreringsindex

Vid bestämning av filtreringsindex har 5 liter prov filtrerats genom milliporpapper med porositeten 0,45 um och diametern 45 mm. Tiden som krävts för att filtrera varje liter vatten har mätts. Tiden för 2:a, 3:e, 4:e och 5:e litern har dividerats med tiden för 1:a litern. De sålunda erhållna kvoterna är det filtreringsindex som angivits i bilagorna.

Filteringsindexet ger en uppfattning om slam- och partikelinnehållet i vattnet.

5.5 Bikarbonat

Bestämning av bikarbonathalten (m-alkalitet) har utförts med potensiometrisk syratitrering till pH 4,3. Analysmetoden beskrivs i bilaga 8.

5.6 Klorid

Kloridbestämningar har utförts dels med jonselektiv elektrod av typ Orion och dels med en fotometrisk analysmetod, som beskrivs i bilaga 9.

5.7 Kiselsyra

Kiselsyra har bestämts med en fotometrisk analysmetod. Med denna analysmetod bestäms endast haltem reaktiv kiselsyra. Analysmetoden beskrivs i bilaga 10.

5.8 Hårdhet

Total hårdhet, summan av halterna kalcium och magnesium, har bestämts genom titrering med EDTA. Analysmetoden beskrivs i bilaga 11.

6 RESULTAT AV UNDERSÖKNINGARNA

Tyngdpunkten i undersökningarna har lagts vid kontroll av reduktionen av halten organisk substans. För bestämning av den organiska substansen har följande analysmetoder använts:

* $KMnO_4$-förbrukning
* UV-extinktion
* TOC

De tre metoderna har använts parallellt. Resultaten följs åt väl med de olika metoderna. De två första metoderna ger endast ett relativt mått på halten organisk substans.

TOC-bestämning kräver ett dyrbart analysinstrument men med denna metod kan man bestämma halten organisk substans med större noggrannhet och känslighet än med övriga metoder.

UV-extinktionen kan bestämmas med en standardspektrofotometer, förutsatt att denna klarar UV-området. Detta sätt att bestämma halten organisk substans är i de flesta fall mycket enklare än de båda andra metoderna. Problemet kan vara att finna en bra referenspunkt för mycket låga extinktioner.

Nedan redovisas uppmätta resultat för respektive anläggning. Den reduktion i % som redovisas är den bästa som uppnåtts under respektive driftcykler. Upptagningskapaciteten har beräknats som den totala mängd av organisk substans, som upptagits under hela driftcykeln, uttryckt i $KMnO_4$-förbrukning eller TOC. Den upptagna mängden har dividerats med filtrets massamängd. Upptagningskapaciteten redovisas i g/liter jonbytare.

6.1 Gruvöns Bruk

Bilaga 2 omfattar samtliga driftdata och analysresultat som erhållits under uppföljningarna.

Uppföljning av en driftcykel vid två linjer har utförts. Linje 1 innehöll en svag anjonbytare av styrentyp (Dowex MWA-1) medan linje 3 innehöll en svag anjonbytare av akrylattyp (Amberlite IRA 67).

Sammanställningen nedan visar vilken maximal reduktion av organisk substans, som erhölls med respektive analysmetod. Upptagningskapaciteten under en driftcykel i g/l jonbytare har också beräknats.

	Linje 1		Linje 3	
Jonbytare	Styren, svag		Akrylat, svag	
$KMnO_4$	79 %	5,7 g/l	79 %	8,9 g/l
TOC	91 %	3,6 g/l	91 %	5,4 g/l
UV	99 %		99 %	

Reduktionen av halten organisk substans var lika vid de båda linjerna. Däremot var jonbyteskapacitet och upptagningsförmåga av organisk substans ca 50 % bättre med akrylatjonbytare än med styrenjonbytare.

6.2 Hallsta Pappersbruk

Bilaga 3 omfattar samtliga driftdata och analysresultat som erhållits under uppföljningarna.

Uppföljning av en driftcykel vid två olika linjer har utförts. I linje 1 finns en svag anjonbytare av akrylattyp (Amberlite IRA 67) och i linje 2 en svag anjonbytare av styrentyp (Amberlite IRA 93).

För respektive linje erhölls följande reduktion i % och upptagningskapacitet i g/l jonbytare av tillförd organisk substans.

	Linje 1		Linje 2	
Jonbytare	Akrylat, svag		Styren, svag	
$KMnO_4$	68 %	5,2 g/l	74 %	5,6 g/l
TOC	90 %	2,2 g/l	90 %	2,5 g/l
UV	95 %		96 %	

Vid denna anläggning erhölls ej samma stora skillnad i upptagningsförmåga av organisk substans och jonbytarkapacitet som vid Gruvöns Bruk. Linjerna var vid denna anläggning jämlika. De skillnader som erhållits i upptagningsförmåga och jonbytes-kapacitet kan bero på t ex mindre skillnader i regenererings-förloppet. Regenereringen är vid denna anläggning manuell.

Både UV-extinktionen och TOC ger från ett tidigt skede av driftcykeln stigande mätvärden. $KMnO_4$-förbrukningen ligger relativt konstant till slutet av cykeln. Förhållandet är lika på båda linjerna.

6.3 Nymölla Pappersbruk

Bilaga 4 omfattar samtliga driftdata och analysresultat som erhållits under uppföljningarna.

Uppföljning av en driftcykel vid två linjer har utförts. I linje 1 finns en svag anjonbytare av akrylattyp (Amberlite IRA 67) och i linje 2 en blandning av akrylat och styrenmassa (53 % Amberlite IRA 67 och 47 % Amberlite IRA 93). Massan i linje 1 hade varit i drift i 6 år medan massan i linje 2 varit i drift endast i 2 år.

Reduktion och upptagningskapacitet av organisk substans uppmättes enligt följande.

	Linje 1		Linje 2	
Jonbytare	Akrylattyp, svag		Akrylat, styren, svag	
$KMnO_4$	76 %	10,7 g/l	78 %	10,6 g/l
TOC	91 %	3,6 g/l	92 %	3,5 g/l
UV	93 %		98 %	

Resultaten är genomgående lika för båda linjerna med avseende på bästa reduktion och upptagningskapacitet. Vid driftcykelns slut steg halterna snabbare i linje 2. Flödena varierade något under driftcykeln utan att detta påverkade analysresultaten.

I december 1980 genomfördes en liknande undersökning vid Nymölla AB. Vid det tillfället erhölls följande resultat:

	Linje 1 (1980)
$KMnO_4$	85 % 9,8 g/l
UV	92 %

(TOC-analyser utfördes inte 1980)

Anjonmassan är fortfarande den samma i linjen varför en direkt jämförelse kan göras. Trots drygt 4 års drift mellan mättillfällena är resultaten tämligen likartade.

År 1980 gjordes också en uppföljning av anjonfiltret i linje 2. Detta filter var fyllt med svag anjonbytare av styrentyp. Både upptagningsförmåga för organisk substans och jonbytarkapacitet var 20-30 % sämre för anjonfiltrer i linje 2.

6.4 Hässelby Kraftvärmeverk

Bilaga 5 omfattar samtliga driftdata och analysresultat som erhållits under uppföljningarna.

Den första uppföljningen genomfördes på linje 2 med stark anjonbytare av akrylattyp (Amberlite IRA 458).

Efter uppföljningen utfördes en alkalisk koksalttvättning av anjonmassan och en jonbytarcykel uppföljdes med TOC-bestämningar. Anjonmassan byttes senare ut till en styrenjonbytare (Amberlite IRA 402). Därefter genomfördes en ny komplett uppföljning av samma linje. Vid denna uppföljning var humusfiltret, som tidigare varit i drift, avställt.

Erhållna resultat beträffande reduktion och upptagningskapacitet av organisk substans enligt följande:

	Linje 2		Jonbytare
$KMnO_4$	66 %	0,7 g/l	Akrylat
TOC	89 %	0,3 g/l	"
UV	96 %		"
TOC	85 %	0,4 g/l	Efter salttvätt
$KMnO_4$	80 %	1,9 g/l	Styren
TOC	95 %	0,9 g/l	"
UV	96 %		"

Proven före och efter salttvätten av akrylatjonbytaren gav likvärdiga resultat. Salttvätten hade ingen kapacitetshöjande effekt.

För styrenjonbytaren var jonbyteskapaciteten ca 30 % högre än för akrylatjonbytaren. Reduktion och upptagningsförmåga av organisk substans var också högre. Den högre upptagningsförmågan för organisk substans beror delvis på att humusfiltret var avställt med en högre belastning av organisk substans som följd.

Totalavsaltningsanläggningen har styrts efter kiselsyragenombrott. Därmed har något genombrott av organisk substans i slutet av driftcyklerna aldrig erhållits.

6.5 Örebro Kraftvärmeverk

Bilaga 6 omfattar samtliga driftsdata och analysresultat som erhållits under uppföljningarna.

Vid denna anläggning omfattade uppföljningarna dubbla provserier på båda linjernas starka anjonbytare. Under första provserien var det jonbytare av akrylattyp i båda linjerna (linje 1 Duolite ES 132 och linje 2 Amberlite IRA 458). Den andra provserien utfördes sedan byte till jonbytare av styrentyp genomförts (linje 1 Duolite A 101 D och linje 2 Amberlite IRA 402). Inkommande vatten till linjerna har först passerat humusfilter.

Reduktion och upptagningskapacitet av organisk substans var enligt följande:

	Linje 1		Linje 2		Jonbytare
$KMnO_4$	56 %	0,9 g/l	56 %	0,8 g/l	Akrylat, stark anjon
TOC	86 %	0,3 g/l	86 %	0,3 g/l	Akrylat, stark anjon
UV	97 %		99 %		Akrylat, stark anjon
$KMnO_4$	47 %	0,6 g/l	80 %	0,9 g/l	Styren, stark anjon
TOC	93 %	0,4 g/l	95 %	0,6 g/l	Styren, stark anjon
UV	97 %		98 %		Styren, stark anjon

Råvattnets halt av organisk substans varierade mycket under uppföljningarna. Halten kunde ändras mycket dag för dag och vid uppföljningen av akrylatjonbytarna var den genomgående mycket högre än vid uppföljningen av styrenjonbytarna. Det är därför svårt att göra någon jämförelse vad gäller upptagningsförmåga och reduktion av organisk substans vid de olika jonbytarna.

En direkt jämförelse av jonbyteskapaciteten kan dock göras. Jonbyteskapaciteten för styrenjonbytarna var ca 50 % högre än för akrylatjonbytarna. Härvid bör observeras att akrylatjonbytarna varit i drift 4-5 år och styrenjonbytarna ca 0,5 år.

7 JÄMFÖRELSE OCH DISKUSSION AV RESULTATEN

Svag anjonbytare fanns vid tre anläggningar. Vid en av dem, Gruvöns Bruk, omfattande uppföljningen två linjer, som var lika förutom att som svag anjonbytare användes i en linje akrylatjonbytare och i den andra styrenjonbytare. Både jonbyteskapacitet och upptagning av organisk substans var ca 50 % högre för akrylatjonbytaren. Jonbytarna hade varit i drift ungefär lika länge, 5 resp 4 år.

Jonbyteskapaciteten för akrylatjonbytaren var ca 0,90 ekv/l vid en samtidig upptagning av 8,9 g organisk substans (räknat som $KMnO_4$ per liter jonbytare. Detta är mycket höga värden för såväl jonbyteskapacitet som upptagning av organisk substans.

Vid Nymölla AB användes oflockat älvvatten som råvatten till totalavsaltningsanläggningen. Permanganatförbrukningen i råvattnet är hög, 20-25 mg/l. Tidigare har där använts svag makroporös anjonbytare av styrentyp. Då besvär förekom med organisk blockering av den svaga anjonbytaren böts för sex år sedan styrenjonbytaren i ett av filtren mot akrylatjonbytare. För 4 år sedan gjordes en uppföljning av driftresultaten vid anläggningen, SVF 121. Akrylatjonbytaren hade då en jonbyteskapacitet som var ca 30 % högre än styrenjonbytaren i linje 2. Upptagningsförmågan för organisk substans var också klart bättre. Styrenjonbytaren hade varit i drift ca 1,5 år längre än akrylatjonbytaren. Detta borde ej på något avgörande sätt ha påverkat resultatet.

Akrylatjonbytaren från uppföljning för 4 år sedan är fortfarande i drift. Den har alltså varit i drift med oflockat vatten i 6 år. Jonbyteskapacitet och upptagningskapacitet för organisk substans var vid uppföljningen i detta projekt densamma som för 4 år sedan. Jonbyteskapaciteten var ca 0,63 ekv/l och upptagningen av organisk substans ca 11 g/l räknat som $KMnO_4$.

Vid Hallsta Pappersbruk hade den svaga akrylatjonbytare vid den uppföljda jonbytescykeln något lägre kapacitet än den styrenjonbytare med vilken den jämfördes. Skillnaden var dock liten och ligger inom de gränser inom vilka kapaciteten brukar variera mellan jonbytescyklerna.

Sammanfattningsvis kan sägas att svag akrylatjonbytare vid de undersökta anläggningarna hade i jämförelse med styrenjonbytare högre eller likvärdig jonbytes- och upptagningsförmåga för organiska substans. Vid två av de tre anläggningarna var kapacitet och upptagningsförmåga 30-50 % högre för akrylatjonbytaren än för styrenjonbytaren. Vad gäller reduktionen av organisk substans kan dock ingen skillnad utläsas mellan styren- och akrylatjonbytare. Räknat efter $KMnO_4$-förbrukning finns dock för båda typerna av jonbytare en tendens till att reduktionsgraden minskar något med drifttiden för jonbytaren.

Erfarenheterna från svag anjonbytare av akrylattyp är så goda att jonbytaren av denna typ är att rekommendera.

Stark akrylatjonbytare har följts upp vid två anläggningar. I båda fallen hade jonbytaren varit i drift 5-6 år. Enligt uppgift hade kapaciteten för jonbytarna varit betydligt högre när de var nya än de var vid uppföljningen. Kapaciteten hade dock minskat relativt snabbt.

De starka akrylatjonbytarna har efter uppföljningen bytts ut vid båda anläggningarna mot styrenjonbytare. En uppföljning av utbyteskapacitet och upptagning av organisk substans gjordes även efter utbytet.

De nya styrenjonbytarna hade vid en av anläggningarna en betydligt högre utbyteskapacitet och en bättre upptagningsförmåga för organisk substans än de gamla akrylatjonbytarna. Halten organisk substans i utgående vatten från anjonfiltren var också lägre efter styrenjonbytaren.

Vid den andra anläggningen varierade halten organisk substans i ingående vatten så mycket att en jämförelse är svår att göra.

Den låga kapaciteten för de starka akrylatjonbytarna kan bero på att de åldrats/blockerats eller på att att de regenererats med för hög temperatur. Akrylatjonbytare är mera temperaturkänsliga än styrenjonbytare. Max temperatur för regenerering av akrylatjonbytare än 35 C. Normal regenereringstemperatur för styrenjonbytare är 40-50 C.

Innan därför en slutlig bedömning av de starka akrylatjonbytarna kan göras måste en uppföljning göras vid en anläggning där rekommenderade värden för temperatur under såväl regenerering och drift med säkerhet innehållits.

Combination of filter, resin and regeneration method for each of the plants in the investigation.

Plant	Filter	Diameter mm	Resin, type	Resin, liter	Resin, age	Regeneration	Remarks
Gruvöns Bruk	Weak anion 1	2200	Dowex MWA-1	6000	5 years	Cocurrent	
	Weak anion 3	2200	Amberlite IRA 67	5000	4 years	Cocurrent	
Hallsta Pappers-bruk	Weak anion 1	1800	Amberlite IRA 67	3500	1.5 years	Cocurrent	
	Weak anion 2	1800	Amberlite IRA 93	3500	3 years	Cocurrent	
Nymölla Pappers-bruk	Weak anion 1	2000	Amberlite IRA 67	4500	6 years	Countercurrent	
	Weak anion 2	2000	Amberlite IRA 67 Amberlite IRA 93	2400 2100	2 years	Countercurrent	
Hässelby Kraft-värmeverk	Strong anion 1	1400	Amberlite IRA 458	2000	6.5 years	Cocurrent	During the first test
	Strong anion 2	1400	Amberlite IRA 458	2000	6 years	Cocurrent	"-
	Strong anion 2	1400	Amberlite IRA 402	2000	0.5 years	Cocurrent	During the second test
Örebro Kraft-värmeverk	Strong anion 1	1000	Duolite ES 132	1200	4.5 years	Countercurrent	During the first test
	Strong anion 2	1200	Amberlite IRA 458	1400	5 years	Cocurrent	"-
	Strong anion 1	1000	Duolite A 101 D	1200	0,5 years	Countercurrent	During the second test
	Strong anion 2	1200	Amberlite IRA 402	1500	0,5 years	Cocurrent	"-

PROJEKT K4-406

GRUVÖNS BRUK
Grums

Raw-water

Date	Time	pH	Conductivity mS/m 25°C	Hardness °dH	Bicarbonate ppm HCO_3	Silica ppm SiO_2	TOC ppm	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850313	08.05	6.3	7,9	1.07	10.4	2.7		23	9.0	-	-	-	-	
850314	00.10	7.1	7,3	1.03	7.3	2.9		25	9.2	-	-	-	-	
	15.00	6.3	7,6				5.8	22	9,2	-	-	-	-	
850315	11.15	6,3	7,5	1,01	8.5	2.8		23	9.1	-	-	-	-	
850316	08.50		8,0					22	9.6	-	-	-	-	

PROJEKT K4-406

GRUVÖNS BRUK
Grums

After flocculation

Date	Time	pH	Conductivity mS/m 25°C	TOC ppm	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850315	17.00		12	3.6	14	6,2	-	-	-	-	
850316	09.50		11		9,5	5,2					

PROJEKT K4-406

GRUVÖNS BRUK
Grums

Line 1: After weak anion exchanger Dowex MWA-1

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regeneration	pH	Conductivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850313	12.02	17	846589											
"	12.15	25	846675	9	10,5	7,8	3,8	0.12	0,55	1,19	1.52	2.46	-	
"	14.00	20	847268	68	9,9	2,0	3.8	0,071		1,27	1,95	5,74	-	
"	18.40	50	850427	383	7,6	0,38	3,0	0,006	0,32	1,04	1,24	1,47	2,08	
"	24.00	77	854732	814	7,0	0,42	3,7	0,028	0,34	1,03	1,08	1,17	1,21	
850314	06.40	87	860246	1366	6,7	0,36	2,5	0,024		1,03	1,11	1,15	1,21	
"	11.15	84	864265	1768	5,5	0.39	2,4	0,031		1,06	1,11	1,13	1,17	
"	15.05	81	867500	2091	5,5	0,36	3,4	0,029	0,40	1,07	1,07	1,13	1,17	
"	19.40	81	871343	2475	5,5	0,36	3,0	0,035	0,42	1,00	1,02	1,06	1,07	
"	23.55	80	874867	2828	5,6	0,33	3,3	0,038		1,01	1,07	1,08	1,14	
850315	07.00	83	880773	3419	5,4	0,36	2,8	0,059	0,58	1,06	1,15	1,20	1,19	
"	11.25	58	884298	3771	5,3	0.46	4,0	0,11		1,08	1,15	1,24	1,26	
"	15.00	20	885987	3940	5,4	0,52	4,3	0,10		1,04	1,10	1,15	1,18	
"	16.05	78	886845	4026	5,1	0,78	4,5	0,14		1,01	1,09	1,11	1,14	
"	17.20	83	887876	4129	4,6	1,3	5,4	0,17		1,07	1,10	1,15	1,18	
"	18.35	80	888957	4237	4,3	2,4	5,7	0,20	2,0	0,99	1,06	1,08	1,12	

PROJEKT K4-406

GRUVÖNS BRUK
Grums

Line 1: After Strong Anion Exchanger

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regene-ration	pH	Conduc-tivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consump-tion ppm	UV extink-tion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850313	20.10	78	851588	500	8,8	0,45	2,7	0,012		1,08	1,13	1,22	1,24	
850314	10.35	84	863738	1715	9,1	0,36	2,3	0,006	0,22	1,04	1,13	1,14	1,20	
"	19.00	84	870862	2427	9,1	0,32	2,9	0,011		1,02	1,04	1,08	1,19	
850315	16.05	78	886845	4026	9,5	0,58		0,018	0,28	1,02	1,02	1,21	1,20	

PROJEKT K4-406

GRUVÖNS BRUK
Grums

Line 3: After Weak Anion Exchanger Amberlite IRA 67

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regeneration	pH	Conductivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850313	06.04		950835											
"	06.25				8.8	0,36	3,2	0.028	0.49	1,05	1.10	1,13	1.19	
"	09.00	25	951222	38	8,4	0,22	3,2	0,022	0,43	1,06	1,08	1,16	1,17	
"	13.15	54	953802	297	8,1	0.19	3,5	0.046						
"	18.40	55	956894	606	7,6	0,14	3.3	0,015	0,34	1.19	1,45	1,82	2.79	
"	24.00	80	960782	995	8,2	0,15	3.0	0.030	0,42	1,07	1,13	1,21	1,26	
850314	06.40	93	965738	1490	7,0	0,16	2,7	0.030		1,14		1,19	1,22	
"	11.20	87	969493	1866	6,8	0,14	2,7	0,030		1,09	1,12	1,21	1,24	
"	15.00	84	972225	2139	6,8	0.15	2.8	0.030		1,07	1,11	1,16	1,20	
"	19.50	84	975652	2482	6,7	0,19	2,7	0,032	0,42	1,06	1,04	1,11	1,14	
"	23.55	84	978689	2785	6,8	0.21	2,8	0,035		1,08	1,08	1,14	1,19	
850315	07.00	86	984113	3328	6,3	0.25	2,5	0,040	0,41	1,06	1,09	1,16	1,19	
"	11.25	63	987259	3642	6,0	0,28	2.5	0,038		1,03	1,05	1,09	1.10	
"	15.10	77	989716	3888	5,8	0,33	3,0	0,048	0,46	1,07	1,15	1,23	1,26	
"	18.30	84	992096	4126	5,6	0,35		0,055		1,08	1,13	1,20	1,22	
"	23.45	97	996242	4541	5,4	0,44	2,8	0,071		1,15	1,30	1,40	1,55	
850316	05.25	81	001064	5023	5,6	0,68	4,4	0,14		1,20	1,26	1,38	1,45	
"	06.25	100	001856	5102	5,6	0.76	5,2	0.20		1,20	1,25	1,41	1,44	
"	09.15	62	003528	5269	5,7	1,02	6,8	0,29	1,5	1,26	1,58	1,89	2,31	

PROJEKT K4-406

GRUVÖNS BRUK
Grums

Line 3: After Strong Anion Exchanger

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regeneration	pH	Conductivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850313	09.35	82	957535	670	8,7	0,25	2,7	0,018		1,04	1,13	1,20	1,33	
"	20.00	81	957868	703	8,4	0,19	2,7	0,012		1,04	1,12	1,14	1,19	
850314	10.45	87	969051	1821	8,8	0,28	2,8	0,005	0,29	1,07	1,11	1,15	1,17	
"	19.00	85	975115	2428	9,2	0,32	2,4	0,007		1,00	1,01	1,03	1,03	
850316	06.40	100	001193	5110	10,0	1,26	2,1	0,012		1,01	1,10	1,13	1,19	

PROJEKT K4-406

HALLSTA PAPPERSBRUK
Hallstavik

Water after flocculation

Date	Time	pH	Conductivity mS/m 25°C	Chloride ppm Cl	TOC ppm	KMnO4-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850916	15.20	6,2	24			20	0.975	1.29	1.56	1.83	4.10	
850917	10.30	6,1	31		6.41*	20		1.17	1.72	2.55	4.84	*General sample
850918	08.40	6,1	25	14		19	0.963					
851001	08.30	6,1	25			20	0.888	1.39	1.53	1.63	2.07	
"	15.40	6,1	24		6.25*	18	0.888	1.20	1.24	1.50	1.40	*General sample
851002	08.40	6,4	25	11			0.925	1.09	1.33	1.51	1.66	
"	18.05	6,4	26			16	0.875	1.27	1.50	1.49	1.61	

PROJEKT K4-406

HALLSTA PAPPERSBRUK
Hallstavik

Line 1 After Weak Anion Exchanger Amberlite IRA 67

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regeneration	pH	Conductivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850916	16.58	26	92884	0	7.5	0.72	7.6	0.123	1.25	1.21	1.38	1.64		
850917	08.40	37			8.4	0.49	7.0	0.048	0.80	1.34	1.37	1.91	1.91	
"	11.25	12	93367	483	7.0	0.42	7.3	0.050	0.71	1.26	1.48	1.74	1.92	
"	14.20	43	93436	552	6.7	0.35	7.6			1.25	1.47	1.59	1.92	
"	16.00	45	93512	628	6.6	0.27	7.3	0.053	0.64	1.33	1.52	1.75	1.89	
"	20.45	30	93676	792	6.8	0.22	6.3	0.050		1.39	1.62	1.80	2.16	
850918	08.30	30	94022	1138	5.0	0.56	6.6	0.104	1.10					
"	10.40	36	94098	1214	4.2	1.9	7.6	0.156	1.39	1.52	1.79	2.00	2.27	
"	12.55	12	94123	1239	4.0	1.9	9.0	0.169	1.60	1.41	1.72	1.74	2.07	
"	15.50	42	94242	1358	3.8	4.2	10	0.313	2.42	1.29	1.46	1.47	1.79	
"	17.50	42	94311	1427	3.7	6.4	10	0.413						
"	18.40	42	94360	1476	3.5	9.4	13	0.488	3,32	1,17	1,38	1,65	1,64	
"	20.55	36	94452	1568	3.1	13		0.600						

PROJEKT K4-406

HALLSTA PAPPERSBRUK
Hallstavik

Line 1 After Strong Anion Exchanger

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regene-ration	pH	Conduc-tivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consump-tion ppm	UV extink-tion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850917	11.25	12	92884		9.1	0.45	5.7	0.013		1.47	1.56	1.69	1.90	
850918	08.30	30	94022	1138	8.6	0.13	5.4	0.009						
"	10.40	36	94098	1214	8.6	0.12	6.0	0.008	0.39*	1.41	1.70	2.05	2.14	*General sample
"	12.55	12	94123	1239	8.3	0.28	5.7	0.008						
"	15.50	42	94242	1358	7.4	0.22	4.7	0.006		1.29	1.60	1.92	2.32	
"	18.40	42	94360	1476	7.8	0.18	3.8	0.004		1.66	1.83	2.23	2.49	

PROJEKT K4-406

HALLSTA PAPPERSBRUK
Hallstavik

Line 2 After Weak Anion Exchanger Amberlite IRA 93

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regene-ration	pH	Conduc-tivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consump-tion ppm	UV extink-tion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850930	17.50		54128	0										
"	18.05	12			9.4	0.68	7.9	0.039	0.53	1.08	1.13	1.04	1.08	
"	20.05	12	54148	20	8.9	0.40	7.6	0.033	0.59	1.30	1.47	1.58	1.53	
"	23.00	36	54273	145	7.7	0.20	7.6	0.028		1.18	1.22	1.55	1.51	
851001	08.30	36	54522	394	5.5	0.41	7.9	0.031	0.59	2.53	3.12	3.63	3.47	
"	11.40	51	54650	522	5.4	0.42	5.7	0.031						
"	15.40	36	54806	678	5.3	0.45	5.2	0.038		1.34	1.47	1.66	1.74	
"	21.00	36	54984	856	5.4	0.48	5.2	0.044	0.86					
851002	08.40	28	55378	1250	5.2	0.37	5.1	0.058	0.92	1.27	1.28	1.45	1.34	
"	11.00	28	55438	1310	5.4	0.47	4.7	0.065						
"	15.15	12	55495	1367	5.4	0.41	5.1	0.071		1.26	1.32	1.46	1.54	
"	18.05	36	55584	1456	5.4	0.47	6.0	0.120	1.76	1.25	1.50	1.52	1.65	
"	19.10	36	55626	1498	5.1	0.50	7.0	0.150						
"	20.40	36	55674	1546	4.8	0.63	7.9	0.214		1.22	1.58	1.60	1.67	
"	21.50	36	55713	1585	4.5	0.99	9.5	0.265	3.55	1.18	1.58	1.70	1.77	
"	22.55	36	55749	1621	4.2	1.45	9.5	0.319	4.09	1.09	1.22	1.47	1.37	
851003	00.05	36	55790	1662	4.0	3.14	10	0.388	4.74	1.36	1.56	1.68	2.38	
"	01.15	36	55832	1704	3.8	4.4	12	0.453		1.20	1.28	1.49	1.50	

PROJEKT K4-406

HALLSTA PAPPERSBRUK
Hallstavik

Line 2 After Strong Anion Exchanger

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regene-ration	pH	Conduc-tivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consump-tion ppm	UV extink-tion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
851001	08.30		54522	394	9.1	0.13	5.0	0.004			1.24	1.37		
"	15.40	36	54806	678	9.1	0.14	4.3	0.006		1.12	1.26	1.34	1.42	
851002	08.40	28	55378	1250	9.0	0.12		0.004		1.05	1.21	1.34	1.45	
"	18.05				9.2	0.15	4.1	0.006		1.13	1.36	1.54	1.66	
851003	01.15							0.013						

PROJEKT K4-406

NYMÖLLA PAPPERSBRUK
Nymölla

Raw-water, after sandfilter

Date	Time	pH	Conductivity mS/m 25°C	Hardness °dH	Bicarbonate ppm HCO_3	Silica ppm SiO_2	Chloride ppm Cl	TOC ppm	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850312	18.00	7.3	16.3	2.8	25.0	2.7	10.5	6.100	21.8	2.050					
850313	09.15	7.2	15.9	2.8	25.6	2.6	10.1	6.050	21.2	1.870	2.80				
"	17.20	7.2	15.5	2.85	25.6	2.5	9.9	5.770	21.8	1.960					
850314	10.35	7.1	16.4	2.8	25.0	2.5	9.9	6.050	22.4	1.965	2.14				
850315	09.05	7.2	15.2	2.8	24.4	2.5	9.9	6.100	20.9	1.950					
"	17.10	7.2	16.2	2.9	25.6	2.5	10.3	5.950	21.2	2.015					
"	22.20	7.1	16.1	2.85	26.2	2.5	10.4	6.250	22.4	2.060					
850316	12.55	7.2	15.8	2.85	25.0	2.4	9.8	6.450	20.9	1.900					

PROJEKT K4-406

NYMÖLLA PAPPERSBRUK
Nymölla

Line 1: After weak anion exchanger, Amberlite IRA 67

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regene-ration	Tempe-rature °C	pH	Conduc-tivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consump-tion ppm	UV extink-tion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
			(x0,25)												The line was switched on by mis-take for 2 hours.
850314			228000												
"	19.05	Start	228380	95											
"	19.20	70	228464	116	45	6.5	2.30	6.1	0.348	0.750					
"	20.05	70	228701	175	45	6.4	1.79	5.3	0.265	0.700					
850315	09.05	65	232198	1049	44	5.9	0.82	4.9	0.197	0.550					
"	12.50	80	233228	1307	40	5.6	0.99	4.9	0.143	0.550					
"	17.10	45	234069	1517	45	5.3	0.92	5.0	0.135	0.550					
"	22.20	68	235408	1852	45	5.2	0.91	4.9	0.135	0.550					
850316	09.30	42	237894	2474	45	4.8	1.00	5.5	0.145	0.700					
"	11.00	85	238295	2574	44	4.8	1.03	5.2	0.151	0.750					
"	12.55	77	238856	2714	44	4.8	1.08	5.6	0.162	0.820					
"	14.00	80	239214	2804	45	4.7	1.12	5.5	0.181	0.940					
"	15.00	70	239546	2887	44	4.7	1.26	6.0	0.200	1.120					
"	16.00	70	239810	2953	43	5.0	1.52	6.3	0.240	1.380					
"	17.00	87	240124	3031	43	5.4	2.50	7.2	0.347	1.200					
"	17.45	75	240368	3092	43	5.6	3.48	8.4	0.458	1.950					

PROJEKT K4-406

NYMÖLLA PAPPERSBRUK
Nymölla

Line 2: After weak anion exchanger, Amberliter IRA 67 and IRA 93.

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regene-ration	Tempe-rature °C	pH	Conduc-tivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consump-tion ppm	UV extink-tion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
			(x0,25)												
850312	10.25	Start	632165	0											
"	10.40	57.5	632226	15	37	7.3	1.54	8.0	0.268	1.560	3.76				
"	13.10	55	632770	151	44	7.0	0.89	5.9	0.197	0.900					
"	18.00	57.5	633883	430	45	6.8	0.40	5.2	0.105	0.730					
850313	09.15	50	637352	1297	45	4.7	0.60	4.9	0.078	0.500	18.33				
"	11.00	85	637755	1398	44	4.8	0.60	4.8	0.093	0.700					
"	13.30	35	638228	1516	45	4.7	0.61	5.1	0.032	0.600					
"	17.20	41	639040	1719	45	4.8	0.58	5.0	0.028	0.550					
850314	09.10	73	642320	2539	39	4.7	0.56	5.4	0.112	0.900					The line was switched of by mistake for 2 hours.
"	10.35	70	642668	2626	35	4.6	0.64	5.7	0.108	0.900					
"	15.15	55	644012	2962	45	5.2	1.11	8.2	0.242	1.050					
"	17.25	58	644557	3098	45	5.6	2.67	10.8	0.380	2.050					
"	18.15	53	644774	3152	45	5.8	3.51	11.1	0.403	2.300					

PROJEKT K4-406

HÄSSELBY KRAFTVÄRMEVERK
Stockholm

Raw-water (flocculated)

Date	Time	pH	Conductivity mS/m 25°C	Silica ppm SiO_2	TOC ppm	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850417	15.10	8.2	23.2	2.8	4.05	12.3	1.1	1.34	1.57	1.58	1.66	
850418	09.05			2.3	3.95	14.8	1.2					
850617	-				3.95							
	-				3.95							

PROJEKT K4-406

HÄSSELBY KRAFTVÄRMEVERK
Stockholm

After scavangerfilter

Date	Time	pH	Conductivity mS/m 25°C	Hardness °dH	Bicarbonate ppm HCO_3	TOC ppm	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850417	08.15					1.95							
	14.55					1,63	6.3	0,18					
	15.10	8.7	25.5	4.92	54.9				1.11	1.23	1.34	1.47	
	21.15					2.64	7.9	0,28					
850418	07.05					2.25	8,1	0,26					
	09.05	8.4	24.8	4.89	55.5	2.61	18,2	0.25	1.12	1.20	1.31	1.36	
850617	-					2.8							
	-					2.7							

PROJEKT K4-406

HÄSSELBY KRAFTVÄRMEVERK
Stockholm

Line 2: After strong anion exchanger, Amberlite JRA 458

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regeneration	pH	Conductivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850417	07.45	Start	345	0										
"	08.05	11	318	27	9,8	0,76								
"	14.55	10	249	96	9,6	0,58	2,7	0.015	0,24	1,10	1,17	1,25	1,33	
"	16.45	9	230	115	9,7		2,8	0,012	0,22					
"	21.15		149	196	9,6		2,7	0,009	0,24	1,15	1,34	1,36	1,45	
850418	07.05		49	296	9,5	0,41	25,9	0,010	0,26					
"	09.05		31	314	6,1	0,25	6,0	0,022	0,26	1,04	1,11	1,06	1,10	

PROJEKT K4-406

HÄSSELBY KRAFTVÄRMEVERK
Stockholm

Line 2: After mixed bed

Date	Time	m^3 after regeneration	pH	Conductivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850417	15.10		8.4	0,014	2,5	2,5	0,23					
850418	09.05		7,3	0,056	2,4	2,4	0,22					
850617		98					0,38					
		200					0,36					

PROJEKT K4-406

HÄSSELBY KRAFTVÄRMEVERK
Stockholm

Raw-water (flocculated), Test After Change Of Resin

Date	Time	pH	Conductivity mS/m 25°C	Silica ppm SiO_2	TOC ppm	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
860304	16.00	8.1	22.7			11	1.235	1.05	1.26	1.40	1.55	
860305	08.05	8.3	21.7		4.10	12	1.265	1.08	1.29	1.41	1.73	
860306	10.20	8.2	21.7			10	1.235					

PROJEKT K4-406

HÄSSELBY KRAFTVÄRMEVERK
Stockholm

Line 2; Test After Change Of Resin, Amberlite IRA 402

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regeneration	pH	Conductivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	TOC ppm	Filtrationindex 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
860304	15.25	Start	444	0										
	16.00	15	435	9	9.5	0.62	2.5	0.029	0.20	1.32	1.51	1.84	1.92	
860305	08.05	5	298	146	9.3	0.56	2.9	0.021	0.19	1.02	1.25	1.32	1.43	
	11.00	9	269	175	9.3	0.50	3.2	0.016		1.20	1.42	1.38	1.64	
	14.15	9	241	203	9.2	0.49	3.3	0.016	0.18	1.33	1.55	1.87	2.25	
	16.10	9	225	219	9.2	0.39	2.2	0.018						
860306	10.05	11	63	381	9.2	0.36	2.5	0.016						
	13.50	8	30	414	9.2	0.34	2.2	0.013	0.19	1.15	1.35	1.40	1.54	
	15.15	12	14	430	9.1	0.33	2.4	0.008						
	15.40	12	9	435	9.1	0.35	2.0	0.004	0.20					
	16.05	12	4	440	9.1	0.34	2.2	0.003						
	16.25	12	0	444	9.1	0.30	2.1	0.004	0.20					

PROJEKT K4-406

HÄSSELBY KRAFTVÄRMEVERK
Stockholm

Line 2: After Mixed Bed, Test After Change Of Resin

Date	Time	m^3 after regene-ration	pH	Conduc-tivity mS/m 25°C	$KMnO_4$-consump-tion ppm	UV extink-tion 220 nm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
860304	16.00	9	7.2	0.052	3.2	0.019	1.37				
860305	08.05	146	8.1	0.036	3.2	0.014					
860306	10.20	384	7.9	0.060	2.1	0.004					

PROJEKT K4-406

ÖREBRO KRAFTVÄRMEVERK
Örebro

Raw-water, after scavangerfilter

Date	Time	pH	Conductivity mS/m 25°C	Hardness °dH	Bicarbonate ppm HCO_3	Silica ppm SiO_2	Chloride ppm Cl	TOC ppm	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850304	17.45	8,9	18,3	4.2	84.2	8.20	9,6	1,150	4.9	0.745					
850305	09.00	8,5	18,5	4,5	70.2	8,25	11.0	1,850	8.4	2,290	1,61	8,57			
"	22.45	8,0	19.7	4,3	67,7	9,75	9,9	1,520	7,2	1,545	1,66	9,41			
850306	08.10	8,0	18.5	4,5	68,3	8,25	9,8	1.160	7,1	1,180					
850306	16.10	8,0	20.5	4,6	68,3	8,25	9,9	1,150	7,4	1.020	7,61				
"	20.40	8,0	20,4	4,6	68,9	8,20	9,9	1.670	6.4	1,020					
850306	09.05	8,2	19.5	5,0	70,8	9,15	9,2	1,650	7,1	0,965	2,08	10.31			
"	13.50	8,3	19,2	4,4	69,5	9,40	9,2	1,610	7,3	0,955					

PROJEKT K4-406

ÖREBRO KRAFTVÄRMEVERK
Örebro

Line 1: After strong anion exchanger Duolite ES 132

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regeneration	Temperature °C	pH	Conductivity mS/m 25°C	Silica ppm SiO_2	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850306	08.45	start	92414	0												
"	09.00	12	92418	4	16	8.4	0.060	0.002	3.8	0,034		2.00	5.11	11.65		
"	10.55	7.5	92444	30	17	7.8	0.055	0.001	4.0	0,029	0.23					
"	16.10	4	92485	71	19	7.2	0.056	0.003	3.9	0,017		1.45	3.09	5.93		
"	20.40	8,5	92525	111	18	6.5	0.035	0,003	3.5	0,023	0,20					
850307	09.05	15	92635	221	15	6.5	0,028	0.001	3,1	0.026		1.49	3,50	6.56		
"	10.55	15	92663	249	16	6.9	0,025	0,000	3,3	0,027	0,21					
"	13.00	5	92674	260	20	7.2	0,030	0,002	3,1	0,021		1,28	2,09	3,56	5.54	
"	13.50	15	92686	272	17	6.6	0.030	0.003	4,3	0,025	0.22	1,96	4,96	10,47		
"	14.25	15,5	92694	280	16	6.6	0.044	0.005	3,2	0.026						
"	14.50	15,5	92702	288	16	5.9	0,051	0,005	3,7	0,026	0,22					
"	15.15	15.5	92707	293	16	5,9	0.055	0,013	3,3	0,025		1,87	4,27	8,89		
"	15.40	15.5	92714	300	16	5.8	0.059	0.017	3,3	0,034	0.23					
"	15.55	Stop	92718	304												

PROJEKT K4-406

ÖREBRO KRAFTVÄRMEVERK
Örebro

Line 2: After strong anion exchanger, Amberlite JRA 458

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regeneration	Temperature °C	pH	Conductivity mS/m 25°C	Silica ppm SiO_2	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
850304	12.15	Start	33340													
"	12.30	10	33343	3		9,0	0,308	0,016	4,0	0,042	0,190	1,44	6.17			
"	13.45	11	33356	6	17	8,5	0,110	0,004	3,8	0,031	0,350					
"	15.10	10,5	33372	22	17	8,9	0,139	0,003	3,4	0,030						
"	17.45	4	33382	32	19	8,7	0,092	0,003	3,1	0,017	0,190	2,05	5,74			
850305	09.00	19,5	33480	130	16	7,3	0,051	0,001	3,0	0,017		2,64	5,88			
"	14.10	8	33534	184	19	8,1	0,070	0,003	3,3	0,010	0,180					
"	22.45	8	33601	251	19	8,4	0,060	0,000	4,0	0,016		1.33	3,14	9,76		
850306	06.40	8,5	33665	315	18	7,5	0,066	0,000	3,9	0,016	0,200					
"	07.30	4,5	33669	319	19	8,5	0,070	0,000	3,8	0,012		1,04	1,14	1,44	1,93	
"	08.10	4,5	33762	322	20	7,8	0,067	0,001	3,7	0,011	0,270					
"	08.50	8	33677	327	18	7,1	0,059	0,008	3,9	0,015		1,03	1,17	1,36	1,68	
"	09.25	8	33681	331	15	7,3	0,062	0,006	3,9	0,023	0,200					
"	10,00	Stop	33684	334	15	6.8	0,063	0,011	3,6	0,016						

PROJEKT K4-406

ÖREBRO KRAFTVÄRMEVERK
Örebro

Raw-water, after scavangerfilter, test after change of resin

Date	Time	pH	Conductivity mS/m 25°C	Hardness °dH	Bicarbonate ppm HCO_3	Silica ppm SiO_2	Chloride ppm Cl	TOC ppm	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	Filtration Index 2/1 l	3/1 l	4/1 l	5/1 l	Remarks
851111	13.45	7,3	20,2	4,5	61.0	8.9	19	0.55	3.8	0.365					
851112	09.00	7.4	17,2	4,2	65.3	8.0	18	-	3.7	0.400	5.53				
851113	10.20	7,6	18,6	4,4	67.1	7.9	16	1.04	-	0.880	3.34	10.74			
851120	10.30	8,9	19,6	4,5	76.3	7.8	14	1.85	5.9	0.715					
851121	15.10	8,6	19,0	4,5	71.4	7.8	13	1.90	5.1	1.115					

PROJEKT K4-406

ÖREBRO KRAFTVÄRMEVERK
Örebro

Line 1: Test after change of resin, strong anion exchanger, Duolite A 101 D.

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regeneration	Temperature °C	pH	Conductivity mS/m 25°C	Silica ppm SiO_2	$KMnO_4$-consumption ppm	UV extinktion 220 nm	TOC ppm	Filtration 2/1 l	Filtration 3/1 l	Filtration 4/1 l	Filtration 5/1 l	Remarks
851111	10.30	Start	3400													
	11.15	5	3406	6	18	8.9	0.23	0.007	2.2	0.019	0.075					
	13.45	5	3419	19	21	7.9	0.042	0.005	2.3	0.015		1.29	1.72	2.39	3.50	
	16.15	5	3432	32	21	8.3	0.073	0.003	1.9	0.020	0.055					
851112	09.00	8	3597	197	20	6.8	0.029	0.004	2.1	0.026						
	16.05	5	3643	243	21	6.5	0.042	0.001	1.9	0.025						
	22.10	13,5	3719	319	17	6.8	0.027	0.006	2.5	0.023	0.065	2.58	5.06			
851113	07.30	10,5	3812	412	20	7.1	0.029	0.002	2.7	0.019	0.065					
	09.00	19	3840	440	17	6.6	0.024	0.004	3.2	0.025						
	09.45	18	3854	454	17	6.8	0.028	0.001	2.4	0.018						
	10.25	19	3866	466	17	6.7	0.029	0.004	2.5	0.019	0.080	2.78	5.82			
	11.00	19	3877	477	17	6.6	0.026	0.007	2.5	0.016						
	11.20	17	3884	484	17	6.7	0.025	0.011	2.7	0.017	0.110					
	11.30	Stop	3886	486												

PROJEKT K4-406

ÖREBRO KRAFTVÄRMEVERK
Örebro

Line 2: Test after change of resin, after strong anion exchanger, Amberlite IRA 402

Date	Time	Flow m^3/h	Water meter m^3	m^3 after regene-ration	Tempe-rature °C	pH	Conduc-tivity mS/m 25°C	Silica ppm SiO_2	$KMnO_4$-consump-tion ppm	UV extink-tion 220 nm	TOC ppm	Filtration Index 2/1 1	3/1 1	4/1 1	5/1 1	Remarks
851120		Start	6427	0												
	07.25	6	6497	70	20	5.9	0.15	0.001	2.8	0.018	0.090					
	13.20	10	6565	138	20	5.9	0.10	0.004	3.1	0.028						
	19.10	10	6620	193	20	5.9	0.077	0.011	3.6	0.018	0.085					
851120	01.20	10	6682	255	18	5.8	0.094	0.010	1.9	0.017						
	08.35	12	6740	313	18	5.9	0.079	0.007	3.0	0.014						
	13.25	13	6806	379	18	5.9	0.072	0.003	2.7	0.020	0.15					
	15.25	15	6830	403	18	5.8	0.069	0.003	1.3	0.017						
	18.30	13	6866	439	18	5.9	0.085	0.004	0.9	0.014	0.10					
	19.20	4	6874	447	18	6.4	0.077	0.007	1.4	0.012						
851122	00.30	5	6900	473	18	6.4	0.066	0.006	1.3	0.007	0.11					
	02.30	5	6910	483	18	6.6	0.160	0.083	1.6	0.008	0.11					

PERMANGANATFÖRBRUKNING

Den sk permanganatförbrukningen hos ett vatten ger ett relativt mått på halten organisk substans. Permanganattalet är endast ett uttryck för vattnets oxiderbarhet, men det ger ingen upplysning om arten eller den verkliga halten av den organiska substansen.

REAGENS:

1. **$KMnO_4$-lösning 0,002 M:** Denna lösning är inte stabil. För längre tids lagring används 0,02 M lösning som späds 1:10 för den närmaste tidens förbrukning. 0,02 M $KMnO_4$-lösning bereds genom att späda en ampull 0,1 N till 1000 ml. Lösningen bör förvaras i mörk flaska.

2. **Oxalsyralösning 0,005 M:** 100 ml 0,05 M oxalsyralösning och 15 ml svavelsyra 1:3 späds med destillerat vatten till 1000 ml. 0,05 M oxalsyralösning bereds genom att späda en ampull 0,1 N till 1000 ml.

APPARATUR:

E-kolvar, 250 ml.
Vollpipetter, 5 och 15 ml.
Byrett, 25 ml.
Vattenbad
E-kolvarna skall före användning kokas ur 1/2 timme med 0,0002 M $KMnO_4$ och förvaras dammfritt mellan bestämningarna.

UTFÖRANDE:

Analysen bör utföras snarast möjligt efter provtagningen, eftersom $KMnO_4$-värdet avtar vid lagring av provet, speciellt snabbt i början.

Till en 250 ml E-kolv sätts 100 ml vattenprov, 5 ml H_2SO_4 1:3 och 15,0 ml 0,002 M $KMnO_4$. Direkt efter tillsatsen av kaliumpermanganat placeras E-kolven i ett kokande vattenbad. Det är viktigt att vattnet i vattenbadet hela tiden hålls kokande. Om flera kolvar sätts ned i vattenbadet samtidigt, kan temperaturen sjunka avsevärt under 100°C, vilket medför för låga $KMnO_4$-värden. Efter exakt 20 minuter tas E-kolven ur vattenbadet, varefter 15,0 ml 0,005 M oxalsyra tillsätts snabbt. Därefter återtitreras provet med 0,002 M $KMnO_4$ till begynnande rödfärgning. För bestämning av $KMnO_4$-lösningens molaritet tillsättes 15,0 ml 0,005 M oxalsyra i det varma uttitrerade provet. Titrera med 0,002 M $KMnO_4$-lösningen till omslag.

Om provet avfärgas under $KMnO_4$-kokningen, bruna flockar uppkommer, eller om $KMnO_4$-förbrukningen vid titreringen överstiger 10 ml, måste bestämningen göras om med ett mindre vattenprov. Härvid späds en viss volym av provvattnet med destillerat vatten till 100 ml. Spädningen bör avpassas så, att $KMnO_4$-förbrukningen i det utspädda provet blir mellan 5 och 10 ml. Blindprov med 100 ml destillerat vatten måste behandlas enligt utförandet.

BERÄKNING:

$$KMnO_4 \text{ mg per liter} = \frac{3{,}16 \cdot 100 \cdot 15}{B \cdot v} \; (15+A-B)-(15+Bp-B) \; \frac{100-v}{100}$$

där A = provlösningens $KMnO_4$-förbrukning i ml.
B = ml $KMnO_4$-lösning som åtgår vid titrering av 15,0 ml 0,005 M oxalsyra
Bp = blindprovets $KMnO_4$-förbrukning i ml.
v = ml provvatten.

Om provvattnet inte behöver spädas, kan beräkningen för 100 ml provvatten förenklas till

$$KMnO_4 \text{ mg per liter} = \frac{3{,}16 \cdot 15}{B} \; (15 + A - B).$$

Det bör anmärkas, att hydrazin, som kan förekomma i provvattnet, också oxideras av $KMnO_4$. Eventuellt får man korrigera för detta.

1 mg N_2H_4 per liter ger en $KMnO_4$-förbrukning av 4 mg $KMnO_4$ per liter.

Referens:

VGB: Analysenverfahren für den Kraftwerksbetrieb, 1962, sid 342.

p-ALKALITET OCH m-ALKALITET

Begreppet alkalitet anger vattnets syraförbrukning uttryckt som mekv per liter. Vid syratitrering av provet med fenolftalein som indikator (pH 8,3) erhålls p-alkalitet och vid syratitrering av provet mot metylorange (pH 4,3) erhålles m-alkalitet. p-alkalitet i pannvatten motsvarar i huvudsak alkaliteten av hydroxyljoner OH^--och karbonatjoner CO_3^{2-} och ingick i det tidigare använda begreppet alkalitetstal. Alkalitetstalet i mg per liter NaOH = 40 · p-alkaliteten.

Om provvattnet är starkt färgat, så att omslaget blir svårt att iakttaga, kan titreringen utföras potentiometriskt till pH 8,3 respektive 4,3.

REAGENS:

1. **Fenolftaleinlösning, 1% i neutral etanol.**

2. **Metylorangelösning, 0,1% i destillerat vatten.**

3. **Saltsyra, 0,1 M.**

APPARATUR:

Mätglas, 100 ml.
E-kolvar, 250 ml.
Byrett, 25 ml.

UTFÖRANDE:

p-alkalitet: Mät upp 100 ml av provet med mätglaset och överför provet i en E-kolv. Tillsätt 2-5 droppar fenolftaleinlösning. Provet rödfärgas därvid, om p-alkaliteten är större än noll. Lösningen titreras med syra under kraftig omsvängning av kolven, tills avfärgning börjar inträda. Då titreras droppvis, tills den röda färgen just försvinner.

m-alkalitet: Mät upp 100 ml av provet med mätglaset och överför provet i en E-kolv. Tillsätt 3-5 droppar metylorangelösning, varvid provet färgas gult om m-alkaliteten är större än noll. Lösningen titreras med syra under kraftig omsvängning av kolven tills färgomslag börjar inträda från gult till orange.

BERÄKNING:

$$\text{p-alkalitet, mekv per liter} = \frac{p \cdot m \cdot 1000}{v}$$

$$\text{m-alkalitet, mekv per liter} = \frac{m \cdot a \cdot 1000}{v}$$

p = förbrukning ml saltsyra mot fenolftalein
a = förbrukning ml saltsyra mot metylorange
m = syrans molaritet
v = ml prov

KLORID

A. Titrimetisk metod enligt Mohr

Silvernitrat reagerar med kloridjoner under bildning av vit olöslig silverklorid. I närvaro av kaliumkromat bildas vid ringa överskott av silverjoner en intensivt rödbrun fällning av silverkromat. Titreringens slutpunkt är uppnådd, när denna silverkromatfärgning uppträder. Metoden störs av fosfat, järnsalter, sulfit, sulfid och större mängder av ammoniak, hydrazin och organisk substans.

Mätområde: 5-300 mg Cl per liter.

REAGENS:

1. **Silvernitratlösning, 0,02 M:** 3,3977 g $AgNO_3$ p.a. löses i destillerat vatten och späds till exakt 1000 ml. Normaliteten hos silvernitratlösningen bestäms genom titrering av 20 ml 0,01 M natriumkloridlösning.

2. **Natriumkloridlösning, 0,01 M:** 0,5845 g natriumklorid, NaCl p.a., torkad vid 110°C, löses i kloridfritt destillerat vatten och späds till exakt 1000 ml.

3. **Kaliumkromatlösning, 10%:** 10 g kaliumkromat, K_2CrO_4, löses i 90 ml destillerat vatten.

4. **Natriumhydroxidlösning, 0,1 M, kloridfri.**

5. **Salpetersyra, 0,2 M, kloridfri.**

6. **Kloridfritt destillerat vatten:** Kan framställas genom att leda destillerat vatten genom ett jonbytesfilter (blandbädd stark katjonbytare/stark anjonbytare i H^+-respektive OH^--form).

APPARATUR:

E-kolvar, 250 ml.
Mätpipetter, 1 och 5 ml.
Byrett, 25 ml.

UTFÖRANDE:

Två E-kolvar fylls vardera med 100 ml prov. pH-värdet i proven justeras med 0,1 M NaOH eller 0,2 M HNO_3 till 6,5-7,2.

Därefter tillsätts 1 ml kaliumkromatlösning till varje E-kolv. Den ena titreras med 0,02 M silvernitratlösning till omslag från gult till gulbrunt under ständig jämförelse med färgton i den andra E-kolven. Skulle mer än 25 ml 0,02 M silvernitratlösning förbrukas, skall titreringen göras om med utspätt prov.

BERÄKNING:

$$\text{mg per liter} = \frac{a \cdot m \cdot 35{,}5 \cdot 1000}{v}$$

a = ml silvernitrat
m = silvernitratets molaritet.
v = ml prov.

Resultatet anges i hela tal.

B. Kolorimetrisk metod

Lösningar av ferrisalt, t ex sulfat och kvicksilverrodanid sätts till provet. Kloridjoner reagerar med kvicksilverrodanid under bildning av rodanidjoner, vilka i sin tur reagerar med trevärda järnjoner under bildning av röd järnrodanid. Den röda färgens intensitet, som är proportionell mod kloridjonkoncentrationen, mätes fotometriskt vid våglängden 463 nm eller genom visuell jämförelse med standardlösningar.

Mätområde: 0,02-10 mg Cl per liter.

REAGENS:

1. **Ferrilösning:** Lös 5,0 g järnammoniumsulfat, $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ p.a. i 20 ml kloridfritt destillerat vatten. Tillsätt 38 ml konc salpetersyra, HNO_3 p.a. och koka för att oxidera järnjonerna och driva av kväveoxiderna. Späd till 100 ml med kloridfritt destillerat vatten.

2. **Kvicksilverrodanid-metanollösning:** Lös 0,30 g kvicksilverrodanid, $Hg(SCN)_2$ p.a. i 100 ml metanol p.a. Lösningen skall förvaras i brun flaska. Låt lösningen stå i minst 24 timmar innan den används. En liten fällning kan bildas och falla ut. När reagenset används måste försiktighet iakttagas, så att inte fällningen slammas upp. Endast den klara lösningen skall användas. Lösningen är hållbar i fyra veckor.

3. **Kloridstamlösning, 1000 mg per liter:** Torka natriumklorid, NaCl, p.a. till konstant vikt vid 110°C. Lös 1,649 g torkad NaCl i kloridfritt destillerat vatten och späd till exakt 1000 ml.

4. **Kloridstandard, 10 mg per liter:** Pipettera 10 ml kloridstamlösning, 1000 mg per liter, i en 1000 ml mätkolv och späd till märket med kloridfritt destillerat vatten.

5. **Kloridfritt destillerat vatten:** Kan framställas genom att leda destillerat vatten genom ett jonbytesfilter (blandbädd stark katjonbytare/stark anjonbytare i H^+- respektive OH^--form).

APPARATUR:

Spektrofotometer, filterfotometer eller kolorimeterrör (Nessler).
Blandningscylindrar, 100 ml.
Mätpipetter, 1, 5 och 10 ml.

Vid Cl-halter understigande 0,5 mg per liter bör alla glasvaror, som skall användas, ligga i varm salpetersyra (HNO_3 1:20) i flera timmar och sköljas med kloridfritt destillerat vatten före användandet. För att vara säker på att glasvarorna är helt rena, bör en bestämning av klorid i kloridfritt destillerat vatten utföras med användning av de rengjorda glasvarorna.

UTFÖRANDE:

Fotometrisk bestämning

Överför 50 ml prov i en blandningscylinder och tillsätt 10 ml ferrilösning och 5 ml kvicksilverrodanid. Blanda väl och mät lösningens extinktion efter exakt 10 minuter i spektrofotometer vid 463 nm eller i filterfotometer med ett filter med max transmission så nära 463 nm som möjligt. Fotometern nollställs mot ett blindprov av kloridfritt destillerat vatten, behandlat på samma sätt som provet. Vid kloridhalter <1 mg per liter används 5 cm eller 10 cm kyvett, vid halter >1 mg per liter används 1 eller 2 cm kyvett.

Halten avläses i en extinktionskurva (E mot halten Cl), vilken upprittas efter mätning av en serie kloridstandardlösningar, som behandlats enligt beskrivet utförande.

En sådan serie standardlösningar bereds genom att av kloridstandard 10 mg per liter mäta upp 0,25, 1,0, 3,0, 5,0 och 10,0 ml Cl av kloridstandard, och späda med kloridfritt destillerat vatten till 50 ml. Standardlösningarna innehåller då respektive 0,05, 0,2, 0,6 och 1,0 mg per liter. Extinktionen mäts i 5 cm eller 10 cm kyvett.

En annan serie standardlösningar framställs av kloridstandarden, 10 mg per liter, genom att späda 5, 15, 25 och 35 ml till 50 ml. Dessutom används standarden outspädd. Dessa lösningar håller då 1, 3, 5, 7 och 10 mg per liter. Extinktionen mäts i 1 eller 2 cm kyvett.

Visuell jämförelse

En serie standardlösningar, täckande det aktuella Cl-haltområdet, prepareras enligt ovanstående utförande, varefter de överförs till kolorimeterrör. Standardlösningar täckande hela koncentrationsområdet kan förslagsvis framställas på följande sätt.

Av kloridstandard, 10 mg per liter, späds 0,25, 1, 3, 5, 15, 25 och 35 ml till 50 ml. Dessutom används standarden outspädd. Standardlösningarnas koncentrationer blir då 0,05, 0,2, 0,6, 1,0, 3,0, 5,0, 7,0 och 10 mg per liter. Efter de i utförandet angivna 10 minuterna jämföres provet med standarderna.

Referenser:

VGB: Analysenverfahren für den Kraftwerksbetrieb, 1962, sid 129.
ASTM: Manual on Industrial Water and Industrial Waste Water, Second Edition, 1964, (D 512-62 T), sid 236.

KISELSYRA

Kiselsyra förekommer i de flesta naturliga vatten. Dels i reaktiv form som silikat eller fri syra, dels i icke reaktiv form. Metoden kan användas för bestämning av reaktiv kiselsyra i råvatten, matarvatten, pannvatten och kondensat.

Det är föga känt i vilken omfattning den icke reaktiva formen förekommer i vatten. Uttrycken löst och kollodial kiselsyra som använts för att beskriva kiselsyrans olika status bör dock bytas ut mot reaktiv respektive icke reaktiv kiselsyra.

Reaktiv (löst) kiselsyra

Ammoniummolybdat reagerar i sur lösning med kisel- och fosforföreningar under bildning av ett gult komplex. Vid tillsats av oxalsyra förstörs fosforkomplexen medan kiselsyrakomplexen förblir opåverkade. Vid tillsats av metolpyrosulfitlösning reduceras det gula komplexet till ett blått komplex med större färgintensitet än det gula.

Närvaro av järn ger för höga värden, vilket särskilt måste beaktas vid bestämning av låga SiO_2-halter. Järnjonerna kan avlägsnas genom att provet får passera en kolonn med stark katjonbytare i H^+-form.

Mätområde: 0,01-3,0 mg SiO_2 per liter.

REAGENS:

Alla reagens skall förvaras i plastflaskor.

1. **Saltsyra 1:1:** Blanda 500 ml konc HCl p.a. och 500 ml kiselsyrafritt destillerat vatten.

2. **Ammoniummolybdatlösning:** Lös 100 g $(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$ i kiselsyrafritt destillerat vatten. Filtrera om nödvändigt. Justera pH-värdet till 7-8 med kiselsyrafri ammoniak och späd till 1000 ml med kiselsyrafritt destillerat vatten.

3. **Oxalsyralösning:** Lös 100 g $C_2H_2O_4\cdot 2H_2O$ p.a. i kiselsyrafritt destillerat vatten och späd till 1000 ml.

4. **Metolpyrosulfitlösning:** Lös 20 g metol eller "Photo Rex" (p-metylaminofenolsulfat) tillsammans med 174,6 g natriumpyrosulfit, $Na_2S_2O_5$, eller 205 g kaliumpyrosulfit, $K_2S_2O_5$, i kiselsyrafritt destillerat vatten och späd till 1000 ml.

5. **Kiselsyrastamlösning, 1000 mg per liter:** 0,3132 g Na_2SiF_6 p.a. löses i kiselsyrafritt destillerat vatten och späds till exakt 1000 ml. Silikatjoner kan efter viss tid bilda stora agglomerat, som inte reagerar med ammoniummolybdat. Stamlösningen bör därför aktiveras före användningen genom uppvärmning till ca 90°C i värmeskåp över natt eller minst 4 timmar.

6. **Kiselsyrastandard, 10 mg per liter:** Pipettera 10 ml SiO_2-stamlösning, 100 mg per liter, i en 100 ml mätkolv och späd till märket med kiselsyrafritt destillerat vatten.

7. **Kiselsyrafritt destillerat vatten:** Kan framställas genom att leda destillerat vatten genom ett jonbytesfilter (blandbädd stark katjonbytare/stark anjonbytare i H^+- respektive OH^--form).

Anmärkning:

För bestämning av låga SiO_2-halter är det viktigt att reagensen är så fria som möjligt från SiO_2. Specialrenade reagens kan köpas från P-H Tamm Laboratorier AB, Uppsala.

APPARATUR:

Spektrofotometer eller filterfotometer.
Blandningscylindrar, 100 ml.
Mätpipetter, 2 och 5 ml.

UTFÖRANDE:

Prov skall tas i plastflaskor. Analysen bör utföras omedelbart om låga halter skall bestämmas. Om detta inte är möjligt värms provflaskan till 80-90°C i värmeskåp och innehållet blandas väl innan analysprovet uttas.

100 ml provvatten, som inte får innehålla mer än 3 mg SiO_2 per liter, uppmäts i en blandningscylinder. Vid höga kiselsyrahalter späds provet. Tillsätt 2 ml saltsyra och 4 ml ammoniummolybdatlösning och vänta i 5-10 minuter. Tillsätt 3 ml oxalsyralösning och efter 2-15 minuter 4 ml metolpyrosulfitlösning. Blanda väl efter tillsats av varje kemikalielösning.

Den blå färgens extinktion mäts i fotometern efter 15 min vid 815 nm. Vid användning av filterfotometer används ett rött filter med max transmission vid 600-815 nm. Om provet innehåller < 0,5 mg per liter används 5 cm eller 10 cm kyvett. Om det innehåller > 0,5 mg per liter används 1 cm eller 2 cm kyvett. Som referensprov för nollställning används destillerat vatten utan spår av grumlighet.

Helt kiselsyrafritt destillerat vatten och helt kiselfria reagens kan ofta vara svåra att anskaffa. För nogrannare bestämningar bör man därför ta hänsyn till reagensens egen extinktion. Denna bestäms genom att mäta extinktionen på 87 ml kiselsyrafritt destillerat vatten behandlat enligt ovan men med dubbla reagensmängder och från detta värde dra extinktionen för 100 ml kiselsyrafritt destillerat vatten behandlat med normala reagensmängder. Vid varje mätning dras sedan reagensens extinktion E_R från avläst värde.

Om provvattnet inte är helt klart eller är färgat, måste man även ta hänsyn till provvattnets egen extinktion. Till 100 ml provvatten sättes då 2 ml saltsyra, 3 ml oxalsyra och 8 ml kiselsyrafritt destillerat vatten. Avläst extinktion = E_p.

Halten avläses i en extinktionskurva (E mot halten SiO_2), som upprittas efter mätning av en serie SiO_2-standardlösningar, som behandlas enligt ovan beskrivet utförande. En sådan serie standardlösningar framställs genom uppmätning av 0,2, 0,5, 1,0, 3,0 och 5,0 ml SiO_2-standard, 10 mg per liter, som späds med kiselsyrafritt destillerat vatten till 100 ml. Standardlösningarnas styrka blir 0,02, 0,05, 0,1, 0,3 och 0,5 mg per liter. Extinktionen mäts i 10 cm kyvett. Från de avlästa extinktionsvärdena dras extinktionsvärdet för 100 ml kiselsyrafritt vatten, behandlat enligt utförandet med normala reagensmängder.

En annan serie standardlösningar framställs genom uppmätning av 0,5, 1,0, 2,0 och 3,0 ml SiO_2-stamlösning, 100 mg per liter, och spädning med kiselsyrafritt destillerat vatten till 100 ml. Dessa lösningar håller respektive 0,5, 1,2 och 3,0 mg per liter. Extinktionen mätes i 1 cm eller 2 cm kyvett.

Halten kan också beräknas enligt formeln

$$\text{mg per liter} = \frac{E - E_R - E_p}{S} \cdot a_m$$

S = kyvettlängd i cm

$$a_1 = \frac{\text{koncentration standardlösning 1} \cdot S}{\text{extinktion standardlösning 1}}$$

$$a_m = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + \ldots\ldots}{\text{antalet standardlösningar}}$$

Anmärkning: Vid bestämning av låga halter SiO_2 bör man iakttaga största möjliga renlighet och arbeta ytterst noggrant. Pipetter och blandningscylindrar av glas skall undvikas. Istället skall utrustning av plast användas. Kyvetterna, som används, skall enbart användas till SiO_2-analyser. Kyvetterna bör före förvaring sköljas med etanol och lufttorka.

Referenser:

VGB: Analysverfahren für den Kraftwerksbetrieb, 1962, sid 264.
APHA, AWWA, WPCF: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Thirteenth Edition, 1971, sid 306.
P-H Tamm Laboratorier AB, Analysföreskrift 127 (1966).

HÅRDHET, SUMMA KALCIUM + MAGNESIUM

Vid titrering av ett till pH 10 buffrat vatten med EDTA-lösning, binds kalcium- och magnesiumjonerna som komplexa joner (kelat). Metallindikatorn Eriokromsvart T bildar ett rödfärgat komplex med kalcium och magnesium. Vid titreringen bryts komplexet och lösningen ändrar färg från rött till blått, då indikatorn återfår sin egen blå färg. Färgomslaget från violett till blått skall vara klart och skarpt. Oklara färger och färgomslag antyder närvaron av störande halter av järn och/eller koppar i vattnet. Genom tillsats av trietanolamin respektive tiokarbaminat kan den störande inverkan av järn och koppar undvikas.

REAGENS:

1. **EDTA-lösning I, 1 ml motsvarar 0,5 mg CaO:** Lös 3,32 g Na_2H_2-EDTA · $2H_2O$ p.a. samt 1,5 g Na_2Mg-EDTA p.a. i 1000 ml destillerat vatten. Lösningen ställs mot kalciumstandardlösningen enligt nedan beskrivet utförande.

2. **EDTA-lösning II, 1 ml motsvarar 0,05 mg CaO:** 50 ml EDTA-lösning I späds i en 500 ml mätkolv med destillerat vatten till märket. Vid varje analystillfälle bereds ny lösning.

3. **Trietanolaminlösning, 25%.**

4. **Natriumdietylditiokarbaminat, p.a.**

5. **Buffertlösning:** Till 70 g ammoniumklorid, NH_4Cl p.a. sätts 570 ml konc ammoniak, NH_3 (sp.v. 0,91 mg/l) p.a. Späd till 1000 ml med destillerat vatten.

6. **Indikatorlösning:** 0,5 g Eriokromsvart T p.a. löses i 100 ml vattenfri metanol eller etanol. Lösningen är hållbar 3 månader vid förvaring i svalt utrymme.

7. **Kalciumstandardlösning, 500 mg/l:** Torka några gram kalciumkarbonat, $CaCO_3$, (primärstandard eller specialreagens med låg halt tunga metaller, alkali och magnesium) vid 105°C under ett dygn. Väg in exakt 0,8924 g torkad $CaCO_3$ i en 500 ml E-kolv. Placera en tratt i kolvhalsen och tillsätt HCl 1:1 (litet i taget) tills all $CaCO_3$ har lösts, varefter 200 ml destillerat vatten tillsätts. Koka sedan några minuter för avdrivning av CO_2. Kyl och tillsätt några droppar metylrött, varefter 3 M NH_3-lösning tillsätts till gult färgomslag. Överför lösningen till en 1000 ml mätkolv och späd till märket med destillerat vatten.

Ställning av EDTA-lösning I: 5,0 ml kalciumstandardlösning uppmäts med vollpipett och späds med hårdhetsfritt destillerat vatten till ca 100 ml i en 250 ml E-kolv. Tillsätt 2 ml buffertlösning A och 2-3 droppar indikatorlösning. Lösningen, tempererad till 20-40°C, titreras med EDTA-lösning I till färgomslag från rött till blått enligt nedanstående utförande. Förbrukning av EDTA-lösning I = b ml.

f = korrektionsfaktor för avvikande koncentration. $f = \frac{5}{b}$

APPARATUR:

E-kolvar, 250 ml.
Vollpipetter, 50 och 100 ml.
Mätpipetter, 5 ml.
Byrett, 25 ml, graderad 1/10 ml.
Mikrobyrett, 2 ml, graderad 1/100 ml.

UTFÖRANDE:

A. Totalhårdhet större än 0,50°dH: 50 ml vattenprov med en temperatur av 20-40°C överförs till en 250 ml E-kolv. Tillsätt 2 ml buffertlösning samt 2-3 droppar indikatorlösning. Lösningen titreras med EDTA-lösning I till ett färgomslag från rött till blått, helst i dagsljus eller ljus från dagsljuslampa. Mot slutet bör titreringen ske långsamt. Tillsats av ytterligare en droppe EDTA-lösning skall inte medföra någon färgförändring. Förbrukning av EDTA-lösning = a ml.

B. Resthårdhet, 0,01-0;50°dH: 100 ml vattenprov med en temperatur av 20-40°C överförs till en 250 ml E-kolv. Tillsätt 2 ml buffertlösning samt 1-2 droppar indikatorlösning. Lösningen titreras från mikrobyrett med EDTA-lösning I till färgomslag från rött-violett till blått. Förbrukning av EDTA-lösning = a ml.

C. Resthårdhet, 0,003-0,10°dH: 100 ml vattenprov med en temperatur av 20-40°C överförs till en 250 ml E-kolv. Tillsätt 2 ml buffertlösning A samt 1-2 droppar indikatorlösning. Lösningen titreras från mikrobyrett med EDTA-lösning II till färgomslag. Förbrukning av EDTA-lösning II = a ml. Titreringen bör utföras mot ett blindprov, vartill användes ett uttitrerat prov, till vilket man sätter 0,5 ml EDTA-lösning II i överskott.

Om färg eller färgomslag är oklara vid titreringen antyder detta närvaro av störande halter järn och/eller koppar i vattnet. För att maskera järn och koppar och undvika störningen tillsätts före buffertlösningen 2 ml 25% trietanolaminlösning respektive en knivsudd tiokarbaminat. Proven behandlas sedan enligt ovan.

BERÄKNING:

A: Hårdhet i $^{o}dH = a \cdot f$

B: Hårdhet i $^{o}dH = \frac{a}{2} \cdot f$

C: Hårdhet i $^{o}dH = \frac{a}{20} \cdot f$

Anmärkning:

För lösningar med f = 1 förenklas ovanstående uttryck till:

A: Hårdhet i $^{o}dH = a$

B: Hårdhet i $^{o}dH = \frac{a}{2}$

C: Hårdhet i $^{o}dH = \frac{a}{20}$

Omräkning från ^{o}dH till mekv per liter respektive mg Ca per liter:

$1\ ^{o}dH = \frac{1}{2,8}$ mekv per liter = $\frac{1}{0,14}$ mg Ca per liter

D. BVR-test för kontroll av resthårdhet efter avhärdningsfilter:
Ca 100 ml vattenprov överförs till en 250 ml E-kolv. Tillsätt 2 ml buffertlösning samt 2-3 droppar indikatorlösning. Efter omskakning av kolven iakttas färgen på lösningen, helst i dagsljus eller ljus från dagsljuslampa. Om färgen är entydigt blå, är resthårdheten tillfredsställande låg. Om färgen är violett eller röd, är resthårdheten för hög och det filter, från vilket vattenprovet tagits, skall omedelbart tas ur drift och regenereras.

Det kan i vissa fall vara svårt att se om färgen är entydigt blå. Härvid används med fördel ett noll-prov för jämförelse. Till noll-provet används en likartad kolv som den för provet. Till kolven sätts 100 ml destillerat vatten, 2 ml buffertlösning och samma antal droppar indikatorlösning som till provet.

Störningar av järn och/eller koppar maskeras på samma sätt som är beskrivet vid bestämning av hårdhet.

Referenser:

Schwarzenbach, G: Die komplexometrische Titration, 2. Auflage, 1956, sid 61.
VGB: Analysenverfahren für den Kraftwerksbetrieb, 1962, sid 367.
APHA, AWWA, WPCF: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Thirteenth Edition, 1971, sid 179.

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk Forskning och utveckling. Stiftelsens forkningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Värmeverksföreningen
- Övrig industri

Värmeforsk samarbetar med Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK).

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Box 1765 · 111 87 Stockholm
Tek: 08-7900600 · Fax 08-796 00 37