
—

Överledning av vattenverks- slam från Norsborgs vatten- verk till Himmerfjärdsverket

—

**ÖVERLEDNING AV VATTENVERKSSLAM FRÅN
NORSBORGS VATTENVERK TILL
HIMMERFJÄRDSVERKET**

Johanna Öman

Stockholm Vatten AB

Rapport Nr 16

2000

Förord

Detta försök har utförts i samarbete mellan SYVAB (Sydvästra stockholmsregionens vaverksbolag), Botkyrka kommun och Stockholm Vatten AB. Norsborgs vattenverk är ett av två vattenverk på Stockholm Vatten, Himmerfjärdsverket hör till SYVAB och Botkyrka kommun sköter ledningarna mellan de båda anläggningarna.

Försöket har varit ett delprojekt på Stockholm Vatten där Johanna Blomberg varit projektledare. Löpande uppföljning och rapportering av resultaten från försöket har skett på möten mellan de två bolagen och Botkyrka kommun. De personer som deltagit i projektet framgår av listan nedan. För sammanställning av rapporten svarade Johanna Öman, Stockholm Vatten.

Krister Törneke	Botkyrka kommun
Alf-Göran Dahlberg	Himmerfjärdsverket, SYVAB
Jan Bosander	Himmerfjärdsverket, SYVAB
Johanna Blomberg	Stockholm Vatten
Jan Ekvall	Stockholm Vatten
Bengt Göran Hellström	Stockholm Vatten
Johanna Öman	Stockholm Vatten

Johanna Öman

Stockholm 27 april 2000

Innehållsförteckning

FÖRORD	II
INLEDNING	1
BAKGRUND.....	1
SYFTE OCH MÅL	1
NORSBORGS VATTENVERK	2
LEDNINGSNÄT	2
HIMMERFJÄRDSVERKET	2
MATERIAL OCH METOD	3
SLAMUTTAG OCH ÖVERLEDNING.....	3
MÄTNING OCH KONTROLL	3
RESULTAT	4
FÖRSÖKSPERIOD OCH UTVÄRDERING.....	4
NORSBORG.....	4
BOTKYRKA KOMMUN	4
HIMMERFJÄRDSVERKET	5
<i>VV-slammets påverkan på inkommande vatten</i>	5
<i>Avskiljning i försedimenteringen</i>	5
<i>Påverkan på biosteget</i>	6
<i>Påverkan på slamproduktionen</i>	6
<i>Påverkan på rötningsprocessen</i>	7
<i>Påverkan på slamavvattningen</i>	7
<i>Tungmetaller i vatten och avvattnat slam</i>	8
<i>Aluminium i vatten och slam</i>	9
DISKUSSION	10
NORSBORG.....	10
BOTKYRKA KOMMUN	10
HIMMERFJÄRDSVERKET	10
SLUTSATSER	12
FORTSATTÄ FÖRSÖK	12

Inledning

Bakgrund

Stockholm Vatten AB förser invånarna i Stockholms kommun samt nio grannkommuner med dricksvatten från Norsborg och Lovö vattenverk. Norsborgsverket har en normalproduktion på omkring 230 000 m³/d och Lovö på 150 000 m³/d. Vattenverken tar sitt råvatten från Mälaren och renar vattnet genom kemisk fällning med aluminiumsulfat. Vid rening med kemisk fällning produceras ett slam som består ungefär till lika delar av aluminiumhydroxid och utfällt organiskt material, främst humus. Slammet från fällningen släpps i dagsläget tillbaka till Mälaren och har så gjorts ända sedan kemisk fällning infördes (1933 på Lovö och 1954 på Norsborg). Årligen pumpas ca 2000 ton TS ut i Mälaren från de båda vattenverken.

Stockholm Vatten har som mål att upphöra med utsläppen år 2000 och att senast år 2005 hantera vattenverkens slam på ett långsiktig hållbart sätt. Ett förslag på övergångslösning tills dess att en mer långsiktigt hållbar lösning tagits fram är överledning av slammet till avloppsreningsverk. Ett fullskaleförsök med tillsatts av slam från Lovö vattenverk till Bromma reningsverk utfördes med gott resultat under våren 1998 (Öman, 1998). Under våren 2000 byggs en permanent ledning från vattenverket som ansluter till Brommaverkets ledningsnät.

Norsborgs vattenverk ligger i Botkyrka kommun och avloppsvattnet därifrån leds till Himmerfjärdsverket, SYVAB. Eftersom det med befintligt avloppsnät var möjligt att i ett försök överleda vattenverksslammet från Norsborgs vattenverk till Himmerfjärdsverket kom de båda bolagen, tillsammans med Botkyrka kommun, överens om att göra ett fullskaleförsök under sommar och höst 1999.

Botkyrka kommun har haft problem med svavelvätebildning där tryckledningen från Norsborgs vattenverk släpper i det kommunala ledningsnätet, vilket tidvis gett upphov till dåligt lukt i Norsborgs centrum. Överledning av vattenverksslam skulle således ge en högre omsättning i ledningar och pumpstationer, vilket i sin tur borde minska svavelvätebildningen.

Syfte och mål

Syftet med försöket var att utvärdera effekter på ledningsnät och på reningsverk då halva Norsborgs slamproduktion överleddes till Himmerfjärdsverket via befintligt avloppsnät. Följande frågeställningar skulle besvaras:

- ◆ Klarar befintligt ledningsnät av att transportera slammet?
- ◆ Minskar svavelvätebildningen/lukten i centrala Norsborg?
- ◆ Hur påverkas reningsprocesserna och slambehandlingen på Himmerfjärden?

Norsborgs vattenverk

Norsborgsverket är beläget vid Rödstensfjärden, Mälaren, i Norsborg, Botkyrka kommun. Verket består av två produktionsenheter; Östra verket och Västra verket. Den senare togs i drift år 1904 och reningsprocessen bestod fram till 1953 endast av långsamfiltrering. Därefter tillades kemisk fällning och filtrering till dricksvattenframställningen. År 1975 stod Östra verket färdigt med samma reningsprocess som Västra verket.

Den nominella kapaciteten på Norsborgsverket är 384 000 m³/dygn, men normalproduktionen uppgår till ca 210 000 m³/dygn (medel 1997). Tillsammans förser de båda verken ca 650 000 konsumenter i Storstockholms södra delar med dricksvatten.

Båda verken fäller med aluminiumsulfat (ALG) och för pH-justering används kalkvatten. I normalfallet doseras 27 g ALG/m³ och ca 10 g CaO/m³. När vattentemperaturen understiger 6 °C tillsätts aktiverad kiselsyra som hjälpkoagulant i flockningen. Vid desinfektion tillämpas kloraminförande, en kombination av klorgas och ammoniumsulfat tillsätts.

Ledningsnät

Vattenverkets avloppsvatten är anslutet till Botkyrka kommuns ledningsnät. Avloppsvattnet från Östra verket rinner från en brunn utanför anläggningen med självfall ner förbi Västra verket och vidare till verkets pumpstation vid parken. Från pumpstationen förs avloppsvattnet via en 800 m lång tryckavloppsledning till en punkt norr om Norsborgs centrum. Avloppsvattnet förs sedan vidare ca 5 km i självfallsledning förlagd i en dagvattentunnel innan det når SYVAB:s tunnel, som för vattnet ca 27 km till reningsverket vid Himmerfjärden. Den sammanlagda ledningslängden från Norsborg till Himmerfjärdsverket uppgår således till drygt 3 mil.

Himmerfjärdsverket

Himmerfjärdsverket stod klart 1974 och har en dimensionerande anslutning på 240 000 personer. Medelflödet uppgick 1999 till 105 000 m³/d.

Himmerfjärdsverket drivs med förfällning med järnsulfat där huvuddelen av järnet oxideras till trevärt i luftningsbassängerna. Efter biosteget sker efterdenitrifikation med metanol och etanol som kolkällor. Före slutsteget, sandfiltren, tillsätts oftast en liten mängd PAX-21 (ca 1-1,5 g Al³⁺/m³). Denna efterpolering påbörjades ca en månad innan överföringen av vv-slam började, vilket tyvärr försvårar utredningen av vv-slammets effekter.

Primärslammet pumpas till en separat gravitationsförtjockare (ftj), varifrån det beskickas till tre rötkammare (RK) som körs parallellt (enstegsrötning). Den hydrauliska uppehållstiden uppgår till ca 15 dygn. Överskottsslammet pumpas till en annan förtjockare som även tar emot slam från floterat filterspolvatten. Filterspolvattnet går inte tillbaka till verkets inlopp, utan behandlas med flotation där slammet går till överskottsslamförtjockaren och vidare till rötning. Vattenfasen från flotationen behandlas i ett separat sandfilter.

Efter rötning pumpas slammet till en stor uppehållstank innan det pumpas till två "dagtankar" före inmatning i dekantercentrifugerna. Efter rötningen ligger TS-halten på 2,3% och efter uppehållstanken har TS-halten sjunkit till 2,0%. Under 1999 har polymeren Zetag 7653 använts vid avvattnings utom vid ett par tillfällen då några säckar från leverantören Cytex provats med likartat resultat.

Material och metod

Slamuttag och överledning

En förutsättning för överledning av slam från vattenverket är att slamskrapor installerats så att slamuttaget blir kontinuerligt och kontrollerat. På Norsborgs vattenverk var vid starten av försöket slamskrapor installerade på Östra verket. Således var det ungefär halva slamproduktionen från vattenverket som överleddes. Det sågs även som en fördel att vid försöket överleda halva slamproduktionen och utvärdera effekterna på ledningsnät och på reningsverket.

Under försöket togs slam ut från sedimenteringsbassängerna 6-9 på Östra verket. Slamuttaget styrdes på tid dels för att inte överträffa pumpens kapacitet och dels för att inte få stockningar i självfallsledningen från vattenverket. För att uppnå ett kontinuerligt och jämnt uttag utfördes tre korta tappningar per dygn och bassäng. Vid själva tappningen var ventilen öppen endast 10-15 sekunder, annars översteg slamflödet den dränkta pumpens kapacitet.

Under överledningsförsöket kunde befintligt nät användas så när som på en mindre modifikation på vattenverket. Slamuttaget från bassängerna går via en tömningskanal normalt ut till Mälaren. Under försöket placerades en dränkbar pump och en nivågivare i tömningskanalens ficka. Slammet pumpades från fickan via en provisorisk ledning till en avloppsbrunn utanför Östra verket. Från brunnen rann avloppsvatten och slam med självfall förbi Västra verket och vidare till verkets pumpstation nere vid parken. Därefter tog en tryckledning vid som transporterade slam och vatten till Norsborgs centrum.

Mätning och kontroll

På vattenverket mättes flödet från fickan i tömningskanalen vid Östra verket. I pumpstationen i parken vid vattenverket avlästes nivån varje vardag och från detta kunde det totala avloppsvattenflödet från vattenverket beräknas. Vattenverksslammet (vv-slam) är så väl karakteriserat genom tidigare undersökningar att det inte undersöktes ytterligare under försöket.

Mätning av svavelvätehalten har skett vid tre tillfällen i den punkt där tryckledningen från Norsborgs vattenverk släpper sitt avloppsvatten. I september 1997 gjordes ett dygns kontinuerlig mätning i den aktuella punkten, vilket utgjorde referensvärde under försöket. Senare mätningar har utförts i oktober under försöket med överledning av vv-slam samt efter försöket. Mätningarna har varit stickprovundersökningar som pågått ca ett dygn.

På reningsverket gjordes inga extra insatser under försöket, utan det ordinarie provtagningsprogrammet behölls dock med tillägg av aluminiumanalyser på avloppsvatten och slam. Detta gjordes för att se att den mängd vv-slam som lämnat vattenverket kom fram till reningsverket samt var på verket vv-slammet tog vägen. Aluminiumanalyser har utförts från och med vecka 18 1999 till och med vecka 8 år 2000.

Resultat

Försöksperiod och utvärdering

Överledningen av vv-slam inleddes den 14 juni 1999 och pågick till den 30 december 1999, med undantag för perioden 7/7-21/7. Avbrottet under två veckor i juli berodde på beläggning i en flödesmätare för primärslam på Himmerfjärdsverket. Beläggningen gjorde så att det såg ut som det pumpade primärslamflödet hade minskat drastiskt och misstankarna riktades mot vv-slammet.

Från 1998 har försök pågått med att ställa in förfällningsdosen på Himmerfjärdsverket så att fosforbrist inte uppstår vid efterdenitrifikationen. Järndosen har således varierat betydligt, mellan ca 4-10 g Fe/m³ under 1999, vilket givetvis försvårar utvärderingen av vv-slammetts effekter. Efterpolering med PAX-21 påbörjades ca en månad innan överföringen av vv-slam startade, vilket också försvårar utvärderingen.

Vid utvärdering av data från slamhanteringen från perioden har första halvåret jämförts med andra halvåret 1999. I texten motsvarar försöksperioden tiden mellan 22/7-31/12 då vv-slam kontinuerligt tagits emot på Himmerfjärdsverket. I denna period ingår även januari år 2000 vid utvärdering av slambehandlingen. Eftersom vattenflöden och temperaturer skiljer mycket mellan vår och höst har hösten 1998 använts som referensperiod vid utvärdering av effekter på vattenreningen.

Norsborg

Under hela försöksperioden pumpades 14250 m³ vattenverksslam över till Himmerfjärdsverket, vilket motsvarar 273 ton TS. Mängden aluminium som överfördes under denna tid uppgick till 41 ton. I genomsnitt överleddes 1,5 ton TS/d och 230 kg aluminium/d.

Det konstaterades under försöket att det var helt nödvändigt att slamuttaget var kontinuerligt så att slamflödet hölls lågt. Vid tömningar av stora volymer slam och vatten visade det sig att den dränkbara pumpen i tömningskanalen inte hann med, varpå slamfickan fylldes och en del slam gick förlorat ut till Mälaren. Vid häftiga tömningar uppstod även problem med översvämningar eftersom kapaciteten i självfallsledningen från Östra verket var begränsad beroende på igensättningar och dåligt skick.

Botkyrka kommun

I september 1997 gjordes ett dygns kontinuerlig mätning i den aktuella punkten. Då uppmättes en topp på 79 ppm H₂S under ca 20 minuter. Tiden då svavelvätehalten var hög överensstämmer bra med pumpens gångtid.

I oktober 1999 gjordes en mätning under pågående försök med vattenverksslam. Då kunde inget svavelväte detekteras.

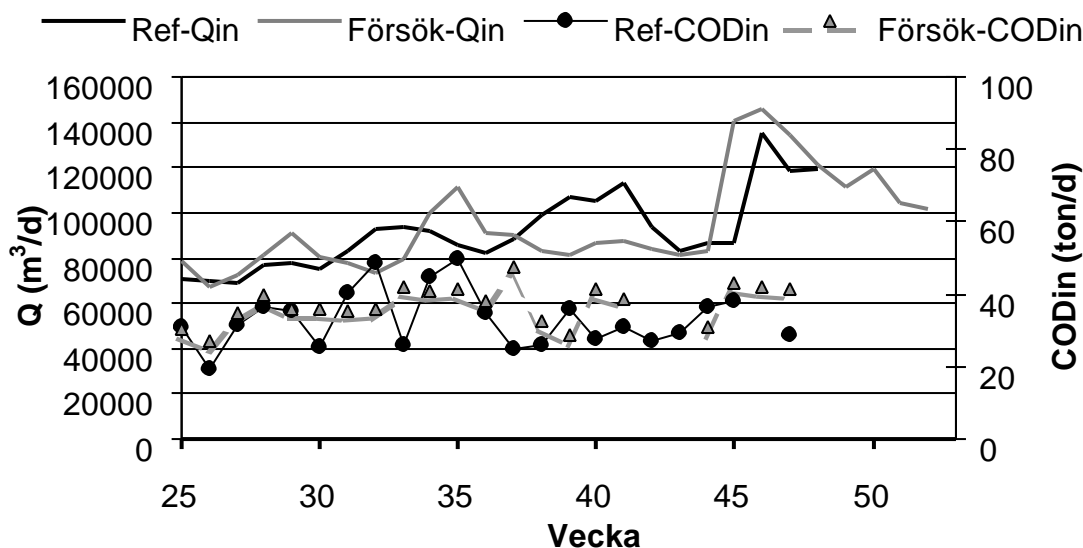
I februari 2000, efter avslutat försök, gjordes en veckas mätning. Inte heller då detekterades något svavelväte.

Himmerfjärdsverket

VV-slammets påverkan på inkommande vatten

SS-halten i inkommande vatten är starkt kopplad till inkommande flöde (omvänd proportionalitet). SS-mängden i inkommande påvisar en liten ökning från 22 ton/d hösten – 98 (referensperiod) till 23 ton/d hösten –99 (försöksperiod). Denna ökning ligger inom ramarna för naturliga variationer, men är rimlig eftersom vattenverksslam motsvarande 1,5 ton TS/d mottagits under hösten –99.

Även COD-mängden i inkommande vatten var högre under försöket, 37 ton/d, jämfört med 32 ton/d under referensperioden, *se Figur 1*. Mängden inkommande totalfosfor har inte förändrats nämnvärt utan uppgick till 0,53 ton/d under referensen och 0,48 ton/d under försöket. Denna minskning beror sannolikt på normala variationer. Någon märkbar ökning av fosformängden till verket var inte förväntad eftersom fosforhalten i vv-slam är förhållandevis låg.



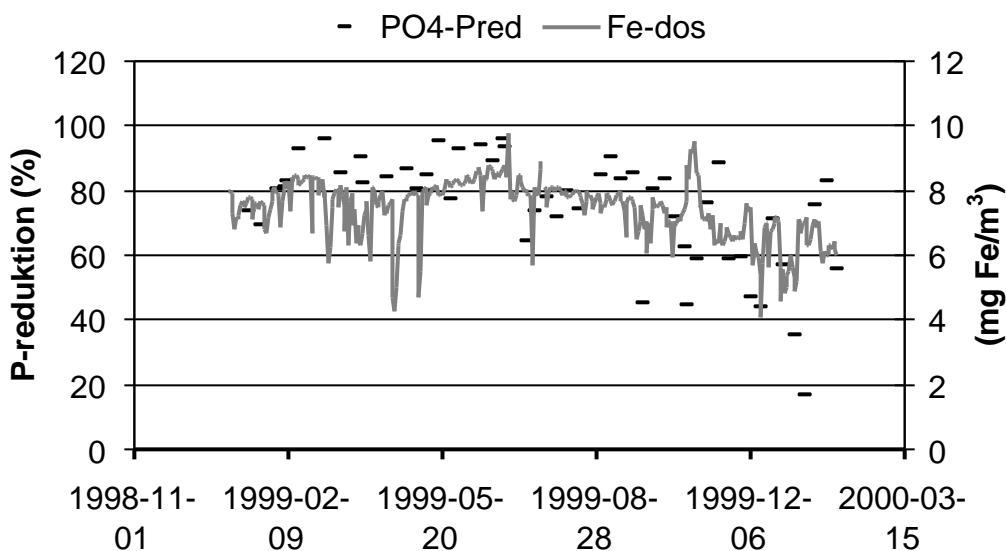
Figur 1. Inkommande flöde och inkommande COD-belastning under referens- och försöksperiod.

Avskiljning i försedimenteringen

SS-avskiljningen kan dessvärre inte beräknas då SS-halten på försedimenterat vatten inte analyseras. COD-reduktionen uppgick till 60% både under referens- och försöksperiod.

Reduktionen av totalfosfor verkar ha förbättrats under försöksperioden trots lägre förfällningsdos. För att få en rättvis jämförelse måste perioder med samma flöde och järndos jämföras. Under perioden 22/7-6/12 1999 har järndosen i snitt varit 7,5 g Fe/m³, vilket även stämmer med perioden 15/9-15/12 1998. Reduktionen uppgick till 53% under perioden hösten-99 mot 46% under referensperioden 1998. Reduktionen av fosfatfosfor var också något högre under försöket, 71%, mot 68% under referensen. Reduktionen av fosfatfosfor har dock minskat under perioden allt eftersom järndosen sänkts, *se Figur 2*.

Andel fosfatfosfor av totalfosfor har varit konstant i inkommande vatten, men ökat något i försedimenterat vatten vid jämförelse med referensperioden.



Figur 2. Järndosering och fosfatfosforhalt i försedimenterat vatten.

Påverkan på biosteget

Aktivslamsteget drivs med höga syre- och slamhalter (särskilt vintertid) för att kunna upprätthålla fullständig nitrifikation året runt. Under första hälften av 1990-talet var det ofta problem med dåliga slamegenskaper, men efter att de anoxiska zonerna tagits bort 1996 och vissa internströmmar samtidigt avlägsnats har slamegenskaperna förbättrats. Trots relativt hög filamenthalt, oftast 3-4, ligger slamkvalitetsindex (SQI) oftast mellan 100 och 150 ml/g.

Under försöksperioden har medelvärdet av SQI uppgått till 106/112 i block A respektive B. Eftersom slamegenskaperna tenderar bli sämre under årets kalla månader har denna period jämförts med hösten -98. SQI uppgick då till 93/80 i block A respektive B, vilket tyder på att slamegenskaperna varit något sämre under försöket.

Andelen VSS i slammet var ungefär densamma under försöket som under motsvarande period 1998, 67%.

Påverkan på slamproduktionen

Primärslam pumpas alltid i så stora mängder så att försedimenteringsbassängerna hålls så gott som tomma på slam. Detta gör det svårt att beräkna primärslamproduktionen. En uppskattning av primärslammängden kan dock fås genom att beräkna slammängden som pumpats från primärslamförtjockaren till röt-kammaren. TS-mängden uppgick till 30 ton/d första halvåret 1999 och 28 ton/d andra halvåret. Skillnaden är så liten att den kan antas befinna sig inom felmarginalerna. Om däremot TS-halten och primärslamflödet studeras var och en för sig kan det konstateras att TS-halten minskat från 4,4% första halvåret till 3,5% andra halvåret. Således har flödet varit högre andra halvåret 790 m³/d, mot 696 m³/d första delen av året.

Överskottsslammängden som pumpats från biosteget till förtjockaren visar på en ökning under försöksperioden, från 1,6 ton SS/d i snitt första halvåret till 2,6 ton SS/d det andra.

Påverkan på rötningsprocessen

TS-halterna på rötslammet har inte förändrats under försöksperioden utan medelvärdet var 2,3% både under vår och höst. Rötslammets glödrest skiljer sig inte heller åt, 40% under våren och 39% under hösten. Gasproduktionen har minskat under försöksperioden från 10357 m³/d under våren till 7920 m³/d under hösten. Vid beräkning av specifik gasproduktion finner man att även den minskat från 0,53 under våren till 0,46 m³/kg organiskt tillfört under försöksperioden.

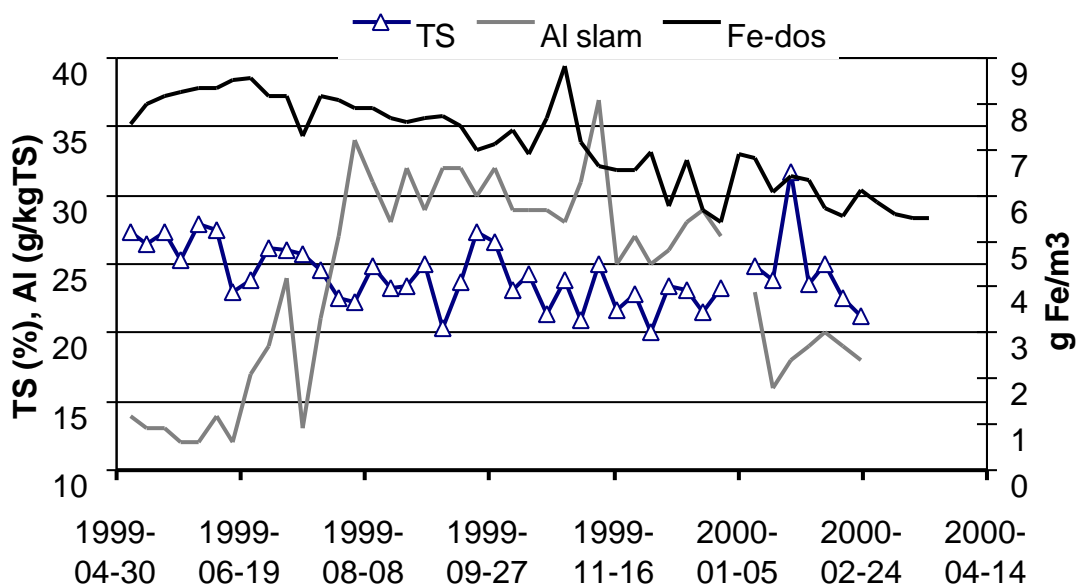
Påverkan på slamavvattningen

I *Tabell 1* visas slammängder till och från avvattningscentrifugerna. Uppgifterna på avvattnad slammängd är osäkrare eftersom denna är en beräkning baserad på inmatad mängd och avskiljningsgrad. Skillnaden mellan inmatad mängd första halvåret och andra halvåret var 2,2 ton TS/d.

Tabell 1. Slammängder före och efter avvattning 1999 (ton TS/d).

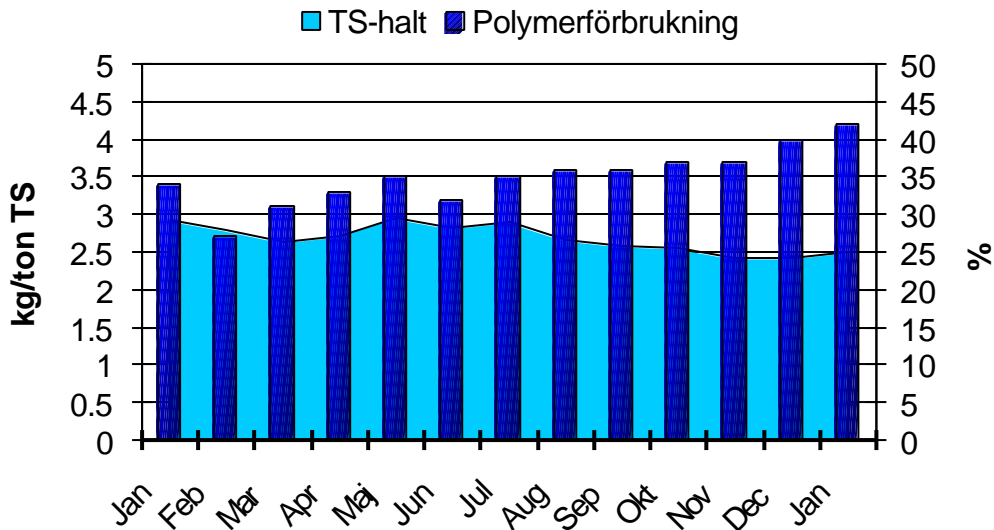
	Första halvåret	Andra halvåret
Inmatad slammängd	14,6	16,8
Avvattnad slammängd	14,9	16,1

TS-halten i avvattnat slam har minskat från i genomsnitt 27,5% första halvåret till i genomsnitt 25,0% andra halvåret, *se Figur 3*. I figuren visas även Al-halten i avvattnat slam samt tillsatt järndos vid förfällningen.



Figur 3. TS-halt i avvattnat slam samt Al halt i avvattnat slam och järndos.

Under försöket ökade polymerförbrukningen från i genomsnitt 3,2 kg polymer/ton TS första halvåret till 3,8 kg/ton TS under försöket, *se Figur 4*. Det gjordes inga försök att byta polymer under försöket utan polymeren var densamma i stort sett hela året.

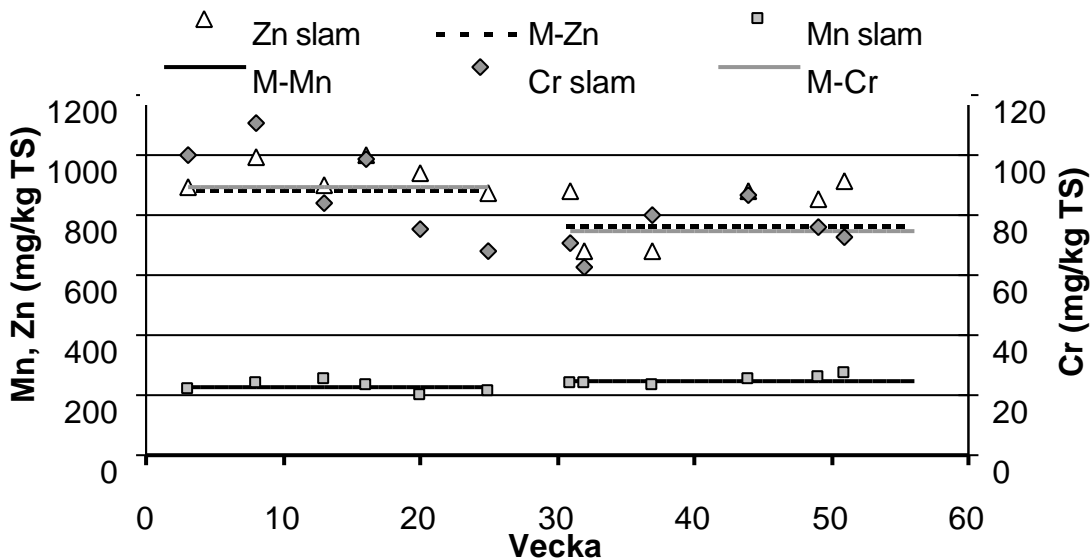


Figur 4. Polymerförbrukning och TS-halt under första halvåret och under försöket.

Tungmetaller i vatten och avvattnat slam

I inkommande vatten har halterna av koppar (Cu), mangan (Mn), zink (Zn), bly (Pb) och nickel (Ni) analyserats vid 12 tillfällen under året. Inkommande halter av Mn och Ni har en något stigande trend under året, medan halterna för övriga metaller har en något minskande trendkurva eller ingen trend alls. Variationerna i materialet är dock generellt mycket stora.

I Figur 5 visas metallhalterna i avvattnat slam. Av diagrammet framgår en minskande trend för Cr och Zn, medan Mn-halten i slammet var något högre det andra halvåret.



Figur 5. Metallhalter och medelvärden för första respektive andra halvåret i avvattnat slam 1999.

Aluminium i vatten och slam

För att kunna spåra vv-slammet på reningsverket har aluminiumhalten i vatten och slam analyserats i veckoproven. I *Tabell 2* presenteras mängden aluminium som transporterats från Norsborg (Nbg) till Himmerfjärdsverket samt mängden i inkommande avloppsvatten och uttaget primärslam. Mängden i inkommande avloppsvatten ökade med 150 kg Al/d, medan ökningen i primärslammet uppgick till 220 ton Al/d. Denna siffra stämmer bra med uppgiften att vv-slam motsvarande 230 kg Al/d överförts från vattenverket. Beräkningen bekräftar att huvuddelen av vv-slammet tas ut som primärslam på reningsverket.

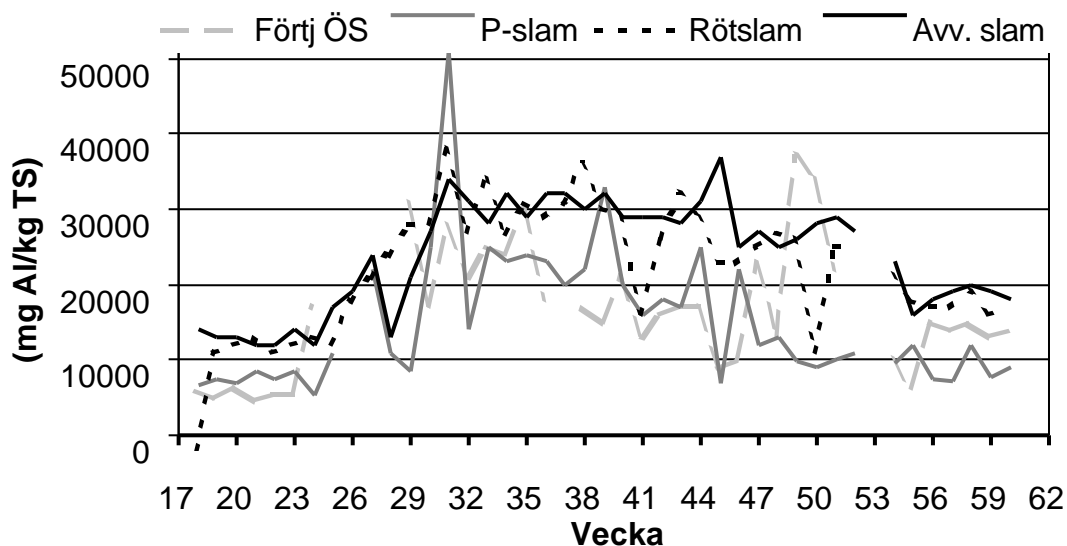
I utgående vatten märktes ingen ökning av Al-halten, som var < 1 mg/l både före och under försöket.

Tabell 2. Aluminiummängder in till verket och i slammet under referensperiod och under försöksperiod 1999 (kg Al/d).

	3/5 – 13/6	2/8 – 31/12	Differens
vv-slam från Nbg	-	230	230
Inkommande vatten	180	330	150
Försedimenterat vatten ¹	<110	<105	<i>Ingen/liten</i>
Primärslam	310	530	220

1. I försedimenterat vatten var Al-halten i referensperioden <1 mg/l vid samtliga (6) provtagningar. Under försöket var låg Al-halten mellan <1 och 2 mg/l.

Al-halterna i primär-, överskotts- och avvattnat slam framgår av *Figur 6*. De höga halterna i överskottsslammet under december kan förklaras av stora spolvattenmängder från sandfiltren, där PAX doserats uppströms dessa.



Figur 6. Aluminiumhalter i slam, vecka 18 1999 t o m vecka 8 2000.

Diskussion

Norsborg

Under försöken visade det sig att mängden överfört vv-slam begränsas dels av slamfickans volym och pumpkapaciteten och dels av självfallsledningen från verket. Självfallsledningen har setts över och det har konstaterats att den är igensatt att rötter och annat. Denna kommer att renoveras och bör efter det inte vara en begränsning vid överledning av slam. Renoveringen kommer att ske i två etapper; Etapp 1: Inne på vattenverksområdet och ned till gårdet (våren 2000) samt Etapp 2: Från gårdet och ned till pumpstationen (under 2001). Genom att ställa in slamuttaget på tid har man lyckats med att överleda hela slamtömningar. Dessa erfarenheter är viktiga inför framtiden då nya försök är aktuella.

Botkyrka kommun

Slutsatserna vad det gäller svavelvätebildningen i tryckledningen från Norsborg vattenverk är inte speciellt väl underbyggda. I september 1997 uppmättes mycket höga halter, medan inge detekterbara halter kunde uppmätas i oktober under försöket. Resultaten tyder på att den stora omsättningen under hösten 1999 bidrog till att förebygga svavelvätebildning i tryckledningen. Det låga värdet i februari är normalt för årstiden och den låga vattentemperatur som då förekommer.

Himmerfjärdsverket

Mängden slam till anläggningen var ca 1 ton SS/d högre i snitt under försöksperioden jämfört med hösten innan. COD-mängden var ca 15% högre under försöket än referensperioden. Eftersom de naturliga variationerna är relativt stora är det svårt att få en exakt beräkning av hur mycket högre belastningen på Himmerfjärdsverket var under försöket. Utifrån Al-analyserna på primärslammet var Al-belastningen i snitt 220 kg/d högre under försöket än före försöket, vilket stämmer bra med att ca 230 kg Al/d lämnat vattenverket. Resultaten tyder på att vv-slammet kom fram till reningsverket och att den absoluta huvuddelen där togs ut från försedimenteringen som primärslam.

Reduktionen av framförallt totalfosfor var högre under försöket vid jämförelse med en period förra hösten då järndosen var densamma. Resultaten tyder på att Al-innehållet i vv-slammet förmår fälla ut en del partikulärt bunden fosfor, men inte den lösta fraktionen.

Det har i tidigare undersökningar konstaterats att tillsatser av aluminium ger bättre slamegenskaper i biosteget. Tidigare har PAX doserats till biosteget för att förbättra sedimenteringsegenskaperna på Himmerfjärdsverket, men sedan vissa förändringar gjorts i processen har slamegenskaperna förbättrats. Under detta försök var SQI relativt låga redan från början och vid jämförelse med hösten -98 var SQI högre under försöket. Man kunde således inte i dessa försök se att slamegenskaperna förbättrades vid tillsatts av Al-slam. Då tillsatsen av vv-slam upphörde ökade SQI dock något.

Överskottsslamuttaget har ökat under försöksperioden. Denna ökning kan dock bero på försök att minska slamhalterna under den varma perioden, d v s sommaren och hösten. Aluminiumbalansen visar på att nästan allt vv-slam avskiljs i försedimenteringen, vilket talar för att ökningen i överskottsslam inte beror på vv-slammet.

TS-halten från primärslamförtjockaren har varit lägre under det andra halvåret. Detta kan förklaras med att pumpkapaciteten för primärslam har blivit högre, vilket stämmer med att medelflödet till rötkammaren ökat från 694 m³/d första halvåret till 790 m³/d andra halvåret.

Gasproduktionen var i snitt 20% lägre under hösten än under våren. Den specifika gasproduktionen var även den lägre under hösten, 0,46, mot 0,53 m³ gas/kg organiskt tillfört. Däremot syntes ingen skillnad i utrotningsgrad, vilken uppgick till 59% i snitt under hela året. Eftersom både primärslamflödet och överskottsslamuttaget har varit betydligt högre under försöket kan den försämrade gasproduktionen bero på en kortare hydraulisk uppehållstid i rötkammarna. Upphållstiden är normalt 15 dygn, vilket är relativt kort tid för rötning.

Skillnaden mellan mängd slam till avvattningscentrifugerna första halvåret och andra halvåret uppgick till 2,2 ton TS/d. Denna mängd är större än den mängd vv-slam som mottagits, 1,5 ton TS/d. Den överstigande delen kan förklaras av att överskottsslamuttaget varit ca 1 ton SS/d högre under andra halvåret, *se ovan*. Korrigeras slammängderna för överskottsslamuttaget uppgår ökningen till knappt 1,2 ton TS/d. Detta värde känns rimligt eftersom det organiska innehållet i vv-slammet främst består av humus varvid endast en mindre del bryts ned. VV-slammet kan då beräknas leda till en ökning på 1,2 ton TS/d från 14,6 ton TS/d första halvåret, d v s en ökning på 8%.

TS-halten avvattnat slam har minskat med 2-3% under försöket. Aluminiumkemikalier har rykte om sig att ge en sämre avvattningsprocess. Strax före försöket började man dosera PAX på filtren, vilket tillsammans med vv-slammet har gett förhöjda Al-halter i primärslam och överskottsslam och därmed i avvattnat slam, *se Figur 3*. Som tidigare nämnts har järndosen minskats under försöket. En hög järndos har en positiv effekt på avvattningsprocessen, vilket konstaterats bl a vid utredningar på Henriksdals reningsverk.

Vid försök att korrelera TS-halten med Al-halt respektive järndos blev förklaringsgraderna låga, 18% för Al-TS och 23% för Fe-TS. Sambanden, som i och för sig var mycket svaga, bekräftade ändock att en hög Al-halt ger en låg TS halt respektive att en hög järndos ger en hög TS-halt. Det är sannolikt att både den minskade järndosen och aluminiumhalten i slammet har bidragit till en försämrad TS-halt.

Då metallhalterna i slammet undersöktes visade det sig att Cr- och Zn-halterna minskat, medan Mn-halten ökat under det andra halvåret. Minskningen av zink kan bero på utspädning eftersom vv-slammet innehåller förhållandevis små mängder av ämnet, men det kan även bero på skärpt industrikontroll. Minskningen av krom har sannolikt att göra med en ökad industrikontroll. Däremot kan ökningen av Mn-halten kan vara en effekt av vv-slammet eftersom detta har ett relativt högt innehåll av mangan.

Slutsatser

- ◆ Klarar befintligt ledningsnät av att transportera slammet?

Självfallsledningen på Norsborgs vattenverk var i dåligt skick före försöket och ledde till vissa igensättningsproblem. Frånsett det uppstod inga problem att transportera vv-slammet via befintligt ledningsnät till Himmerfjärdsverket.

- ◆ Minskar svavelvätebildningen/lukten i centrala Norsborg?

Slutsatserna är inte särskilt väl underbyggda då endast tre mätningar genomförts. Resultaten tyder dock på att en ökad omsättning i tryckledningen från vattenverket ledde till att svavelvätebildningen upphörde.

- ◆ Hur påverkas reningsprocesserna och slambehandlingen på Himmerfjärden?

- Slammängderna ökade med knappt 10%
- Avvattningsprocessen försämrades

TS-halten minskade i snitt med 2-3%-enheter, medan polymerförbrukningen steg från 3,2 till 3,8 kg/ton TS. Hur stor del vv-slammet står för är svårt fastslå eftersom PAX-dosering på filtren påbörjats ca en månad före försöket samt att järndosen till förfällningen minskats under försöket.

Fortsatta försök

Under våren år 2000 kommer avloppsledningen från vattenverket ner till gärdet att renoveras. Vidare installeras uttagsmöjligheter för slammet från Västra verket, som numera också har slamskrapor på undre plan i sedimenteringsbassängerna (5 st). I sommar är det planerat att på nytt starta överledning av vv-slam till Himmerfjärden och då kommer hela Norsborgs slammängd att överföras. Även detta försök kommer att utvärderas och rapporteras.

Vid detta försök kommer vissa parametrar att undersökas noggrannare. På Norsborg kommer en TS-haltsmätare installeras för mätning på vv-slammet. Eftersom pumpat slamflöde redan mäts kommer man härvid att få en exakt beräkning av överledd slammängd. På Himmerfjärdsverket läggs analys av SS-halten i försedimenterat vatten till, så att avskiljd slammängd kan beräknas. Effekterna på slambehandlingen är viktig att följa upp under våren och i fortsatta försök. Sambandet mellan TS-halt i avvattnat slam och aluminiuminnehåll i slammet kommer att undersökas vidare, varför analys av Al-halt i avvattnat slam behålls under hela året. Vidare kommer man i fortsatta försök att prova andra polymerer för att få en bättre avvattningsprocess. Det är även av fortsatt intresse att studera vv-slammets effekter på fosforavskiljning, bioslammets egenskaper samt gasutbytet i röt-kammarna.

Botkyrka kommun kommer att fortsätta att undersöka svavelvätehalten efter tryckavloppsledningen från vattenverket före och under försöket.