



Högskolan
Kristianstad

Högskolan Kristianstad
291 88 Kristianstad
044-250 30 00
www.hkr.se

Självständigt arbete (examensarbete), 7,5 hp, för Högskoleexamen med inriktning
VA-teknik
VT 2021
Fakulteten för naturvetenskap

Återvunnet vatten

Använda renat avloppsvatten i processen

Emmelie Ek

Författare

Emmelie Ek

Titel

Återvunnet vatten – använda renat avloppsvatten i processen

Engelsk titel

Recycled water – use purified wastewater in the process

Handledare

Bengt-Göran Magnusson, driftchef, VA SYD

Stefan Trobro, Universitetslektor i vatten- och miljöteknik, Högskolan
Kristianstad

Examinator

Lennart Mårtensson, professor i miljöteknik, Högskolan Kristianstad

Sammanfattning

Fältstudien gjordes för att utreda om det var möjligt att använda renat, filtrerat avloppsvatten för polymerberedning och i längden även som övrigt processvatten på Ellinge reningsverk. Testerna utfördes i fullskala med både vatten från mellansedimenteringen och slutsedimenteringen. Genom omfattande provtagningar och analysering av resultaten visade det sig vara en fungerande metod utan negativ påverkan på polymerlösningen och slamavvattningen. Det krävs dock mer arbete och ytterligare reningssteg såsom desinficering för att implementera det renade avloppsvattnet på hela vattensystemet.

Ämnesord

Slam, polymer, slamavvattning, brutet vatten, dricksvatten, återvunnet vatten, tekniskt vatten, avloppsvatten

Author

Emmelie Ek

Title

Recycled water – use purified wastewater in the process

Supervisor

Bengt-Göran Magnusson, driftchef, VA SYD

Stefan Trobro, Universitetslektor i vatten – och miljöteknik, Högskolan
Kristianstad

Examiner

Lennart Mårtensson, professor i miljöteknik, Högskolan Kristianstad

Abstract

The field study was done to investigate whether it was possible to use purified, filtered wastewater for polymer preparation and in the long run also as other process water at Ellinge treatment plant. The tests was performed in full scale with both water from the intermediate sedimentation and the final sedimentation. Through extensive sampling and analysis of results, it proved to be a working method without a negative impact on the polymer solution and sludge dewatering. However, more work and addiotional purification steps such as disinfection are required to implement the treated wastewater on the entire water system.

Keywords

Sludge, polymer, sludge drainage, technical water, drinking water, waste water, recycled water.

Förord

Jag vill tacka Stina Lidén som hjälpt mig med kontakter, samordning, protokoll och goda råd. Michael Kjellberg som gett mig tillgång och möjlighet att kunna genomföra alla försök och analyser på Ellinge samt finansierat det hela och tror så starkt på projektet att förberedelser inför implementeringen redan är i full gång.

Jag vill tacka Tommy Jönsson och John Lindberg som fått hjälpa mig att genomföra det praktiska arbetet med att pumpa vatten från A till B och flytta runt på allt samtidigt som vi skött driften på reningsverket i övrigt. Tack VA SYD för kompetenta kollegor med stort engagemang och för gott samarbete inom produktionsavdelningen.

Tack till gänget på Hydrotech som låtit mig låna deras skivfilter till försöken och Stefan Trobro som handlett mig från Högskolan Kristianstad, varit oerhört engagerad, gett bra feedback och bidragit med stor kunskap. Charlotte och Christina, min liga. Vänner för livet efter två år i med – och motgång på högskolan. Utan er hade jag inte tagit mig igenom utbildningen så pass smärtfritt och glädjefyllt.

Sist men viktigast: familjen. Mamma, Mats, Håkan, Elias och Alice. Utan er vore jag inte där jag är. Ni lyfter mig och ger ny energi när jag inte orkar mer, tröstar när jag är ledsen och är stolta och firar med mig när jag når framgång, er är jag evigt tacksam och älskar oändligt.

Innehållsförteckning

Inledning	7
Syfte	8
Avgränsningar	8
Bakgrund	9
Material och metoder.....	13
Resultat	18
Mikrobiologiska och kemiska analysresultat	18
<i>Brutet vatten.....</i>	<i>18</i>
<i>Filtrerat mellansedimenterat vatten.....</i>	<i>21</i>
<i>Filtrerat slutsedimenterat vatten.....</i>	<i>24</i>
Analysresultat från slamavvattningen	28
<i>Slam in till centrifug.....</i>	<i>28</i>
<i>Blandad polymerlösning till centrifuger</i>	<i>29</i>
<i>Avvattnat slam från centrifuger</i>	<i>30</i>
<i>Rejekt från centrifuger</i>	<i>31</i>
<i>Resultat från silbandsförtjockare.....</i>	<i>31</i>
Resultat från flödescytometri	33
<i>Mellansedimenterat vatten.....</i>	<i>33</i>
<i>Slutsedimenterat vatten.....</i>	<i>35</i>

Diskussion	38
Slutsatser	42
Referenser	43

Inledning

Den här fältstudien är till för VA-Sverige i allmänhet och VA SYDs Ellinge avloppsreningsverk i synnerhet. Avloppsvattenrening är en oerhört vattenkrävande process vilket lett till min rapport om att kunna återanvända renat avloppsvatten i reningsprocessen. Detta i ett steg att leva upp till flera av de globala målen, till exempel mål sex, elva och tolv, (Globala målen 2021) samt flera av VA SYDs egna mål, till exempel målet ”Produktifiera och ha nyttiggjort restprodukter 2025” (VA SYD 2021a). Fältstudiens syfte har varit att jämföra om polymerlösningen och slamavvattningens egenskaper på något sätt förändras eller försämras vilket är en viktig parameter i reningsprocessen och slamhanteringen ur både ett miljöperspektiv men också ur ekonomisk synpunkt. Målet är i slutändan att kunna byta ut allt dagens brutna dricksvatten till renat avloppsvatten, benämns även som återvunnet vatten eller tekniskt vatten i rapporten. Det är en uppgift som är utmanande för att det fortfarande kvarstår mycket bakterier i det renade avloppsvattnet vilket innebär en arbetsmiljörisk för medarbetare som riskerar att utsättas för aerosoler vid exempelvis spolning med slang eller vid nyttjande av andra öppna vattensystem i processen vilket måste tas i beaktande enligt AML 2 kap. 6§ (Arbetsmiljöverket 2020a) och de hygieniska gränsvärdena bör följa AFS 2018:1 (Arbetsmiljöverket 2020b). Fältstudien utfördes i fullskala på slamavvattningen med både mellansedimenterat vatten och slutsedimenterat vatten och jämfördes med kvalitén på brutet dricksvatten.

I dagsläget används denna teknik till viss del redan. Exempelvis i Danmark på Tårnby försyning spildevand A/S där utgående vatten från reningsverket tas tillbaka in i processen efter att ha genomgått en filtrering med självrengörande Amiad filter (Aquadrip 2021), maskvidd 80 µm och sedan genomgått desinficering med DCW Neuthox (Danish cleanwater 2020). Vattnet används sedan både för polymerberedning och spolvatten utan negativ påverkan enligt driftledare på Tårnby försyning.

Efter kontakt med Stockholm vatten och avfall framkom det att även de använder sitt renade avloppsvatten men då enbart i slutna rörledningar, till beredning av fällningskemikalie och när de testar luftmembranen i luftningsbassänger. För övrigt finns det i dagsläget väldigt lite information och kunskap om att använda renat avloppsvatten i polymerberedning och därför blir undersökningen jag utfört viktig för att kunna lyckas med detta i framtiden och på så vis hushålla med vattentillgången.

Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka om renat avloppsvatten kan återanvändas i reningsprocessen och främst i polymerberedningen utan att det försämrar kvalitén på polymerlösningen.

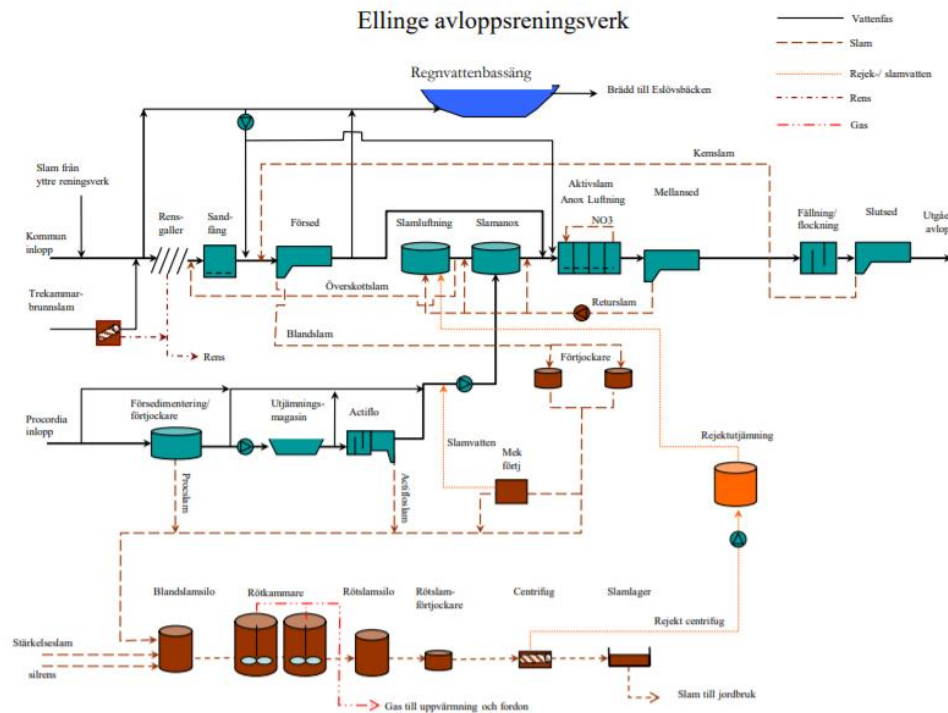
Avgränsningar

Studien omfattar endast polymerberedningen till slamavvattning och mekanisk förtjockning på Ellinge reningsverk under en begränsad tid. Studien omfattar endast de två sorters polymerer som i dagsläget används på Ellinge.

Bakgrund

Ellinge avloppsreningsverk (Figur 1) är dimensionerat för 330 000 personekvivalenter, pe, varav nästan 80 % av belastningen kommer ifrån Orkla Foods Sverige som ligger strax intill och har ett eget första reningssteg inne på reningsverket som består av förtjockare, pumpstation och utjämningsmagasin innan flödet möter upp det kommunala flödet i den biologiska reningsprocessen. Resterande 20 % av belastning kommer ifrån kommunens invånare och genomgår mekanisk rening där större partiklar avskiljs från avloppsvattnet genom att vattnet passerar rensgaller. I det mekaniska reningssteget finns även luftat sandfång och sandtvätt, renspressvätt och försedimentering. I det biologiska reningssteget går vattnet genom luftade och anoxiska steg samt ett aktiv slam-steg för att reducera bland annat kväve och nitrat innan vattnet når mellansedimenteringen. I den kemiska reningsprocessen doseras järnklorid och vid behov även aluminiumklorid. Detta flockar de sista partiklarna och binder fosfor som sedimenterar och tas bort i slutsedimenteringen innan vattnet når recipienten. Slam från anläggningen plockas ut från försedimenteringen för att förtjockas i en silbandsförtjockare med hjälp av polymer. Polymeren binder slammet i flockar vilket leder till att vatten kan avledas. Slammet pumpas sedan till en silo där även externt slam blandas in. Från mellansedimenteringen pumpas ett returslam tillbaka till slamluftningen. Från aktiv slam tas det ut överskottslam som tillförs till försedimenteringen för att hjälpa bakterieaktiviteten och därmed reningssteget. Även kemslam från slutsedimenteringen där fällningskemikalie tillförs kommer tillbaka till försedimenteringen och eventuella kemikalierester verkar med slammet. Allt uttaget slam leds till röt-kammarparet och genomgår mesofil rötning vid 37 °C innan det lagras i en silo och sedan avvattnas i dekanteringscentrifuger med polymer. Lik den mekaniska förtjockningen binder polymeren slammet i större flockar och vattnet separeras och leds bort som rejektvatten till slamluftningen och går ännu en gång genom processen. Efter avvattning hygieniseras slammet genom lagring i minst sex månader och kan sedan användas för bland annat spridning på åkermark då Ellinge avloppsreningsverk är REVAQ-

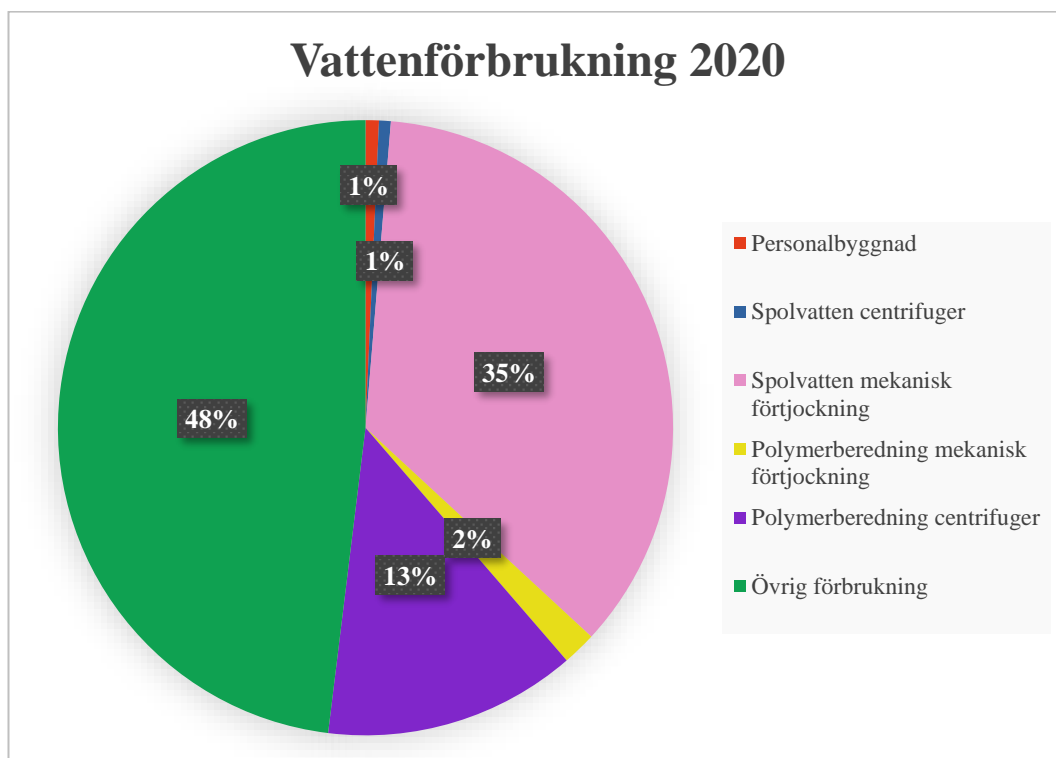
certifierat och uppfyller de krav som då ställs på verksamhetens slamhantering (Svenskt vatten 2020).



Figur 1: Flödesschema Ellinge avloppsreningsverk används med tillstånd (VA SYD 2021b).

Vattenförbrukningen på ett avloppsreningsverk är väldigt stor och på Ellinge reningsverk uppgick den totala dricksvattenförbrukningen år 2020 till 52 848 m³. Att rena dricksvatten är en kostsam och tidskrävande process. Eslövs kommun får sitt dricksvatten från Sydsvatten AB som på Ringsjöverket renar ytvatten från sjön Bolmen i Småland (Sydsvatten 2021). På Ringsjöverket genomgår råvattnet en kemisk fällning med olika kemikalier som flockar ihop partiklar i vattnet som sedan kan tas bort. Sedan går vattnet genom både snabbfilter som är en typ av sandfilter och långsamfilter där mikroorganismer bryter ner ämnen i vattnet. Sedan UV-strålas vattnet innan det desinficeras med klor. Omfattande provtagning utförs och sedan är vattnet redo att distribueras till Ellinge

reningsverk och övriga kunder i kommunen. Dels används dricksvatten till kontorsbyggnader men även till ett brutet vattensystem som går till spolvatten och processvatten i samtliga reningssteg och även till polymerberedning. Brutet vatten är ett begrepp som innebär att ett återströmningsskydd är installerat som används för att inte förorenat vatten eller slam ska kunna tryckas tillbaka till dricksvattenledningen och kontaminera dricksvattnet (Svenskt vatten 2016). Av den totala vattenförbrukningen beräknas ca 370 m³ per år vara dricksvatten som används i personalbyggnaden, vilket är ett beräknat värde enligt uppskattningen om specifik spillvattenavrinning (Svenskt vatten 2013) och motsvarar mindre än 1 % av Ellinges totala förbrukning år 2020 och presenteras efter egen inventering i figur 2. Resterande vattenanvändning går till reningsprocessen. Ett långsiktigt mål för framtiden och för miljön är att det reade avloppsvattnet ska kunna återanvändas i driften på reningsverket och att dricksvatten används för just det tänkta ändamålet, att vara dricksvatten.



Figur 2: Diagram över den totala dricksvattenförbrukningen på Ellinge 2020 fördelat på de olika områdena.

Material och metoder

Studien är främst en fältstudie som har genomförts vid Ellinge reningsverk i Eslöv med försök samt intervjuer och mailkorrespondens. Även en liten mängd litteratur samt internetsökningar har använts.

En pump som sänkts ned i en kassun efter mellansedimenteringen pumpar vatten in i ett skivfilter av typen HPF2201-1C från Hydrotech (Hydrotech 2020) med en maskvidd om 10 µm. Det filtrerade vattnet samlas i en IBC-tank innan det återförs till nästkommande kassun. Från IBC-tanken pumpas vattnet vidare upp till en lagringstank om ca 30 m³ varifrån en tryckstegringspump förser polymerberedarna med vatten. Vid testkörning med slutsedimenterat vatten användes samma metod. Maskinell utrustning var Alfa Laval's dekanteringscentrifug ALDEC G3 (Alfa Laval 2021) samt KICAB silbandsförtjockare (KICAB 2015). Polymertyper var ZETAGTM 8190 till centrifugerna och ZETAGTM 8180 till silbandsförtjockaren.

Framtagning av testkörningsschema samt protokoll och typ av analyser gjordes tillsammans med processingenjör på Ellinge.

Provtagning på samtliga provpunkter har utförts av mig. Provtagning genomfördes på blandad polymer, slam in i centrifuger, slam ut från centrifuger och rejektvatten genom stickprov. Antalet prover var totalt 68 stycken. Provtagning på blandad polymer, slam in till silbandsförtjockare, slam ut från silbandsförtjockare och rejektvatten gjordes också. Antal prover var totalt 34 stycken. Provernas skickades till Sjölundas laboratorium där de analyserades av laboratorieingenjör. Analysresultaten av torrsubstanshalt och suspenderade ämnen jämfördes mellan det brutna vattnet som används i dagsläget och de båda varianterna av återvunnet vatten för att avgöra om avvattningen fungerade bättre eller sämre samt hur rent rejektvattnet blev. Eftersom detta återförs processen och renas igen är det viktigt att det innehåller så lite suspenderade ämnen som möjligt.

Provtagning genomfördes på inkommande dricksvatten, på brutet dricksvatten vid polymerberedningen samt vid spolpunkt längst ut på ledningen. Provtagning utfördes på mellansedimenterat vatten innan och efter filtrering och benämns som återvunnet mellan i resultatet. Provtagning gjordes också på slutsedimenterat vatten innan och efter filtrering och benämns som återvunnet kem i resultatet. Antal prover var 16 stycken varav 9 mikrobiologiska och 7 kemiska. Proverna skickades till SGS Analytics Sweden AB där de analyserades. Både mikrobiologiskt (tabell 1) analyspaket DVM003 och kemiskt (tabell 2) analyspaket DVK005 enligt SLVFS 2001:30 utfördes (SGS Analytics 2021). De mikrobiologiska analyserna är viktiga för att ha ett underlag för fortsatt arbete med att ta fram ett desinficeringssteg ur ett hälsoperspektiv. De kemiska analyserna var viktiga att kontrollera för att metaller kan ha negativ påverkan på polymerlösningen samt att en del ämnen är ohälsosamma i större mängder. Samtliga analyser jämfördes mot varandra och mot gränsvärden.

Provtagning genomfördes också på mellansedimenterat vatten före och efter filtret samt på inkommande dricksvatten och sedan på slutsedimenterat vatten före och efter filtret. Antal prover var totalt tio stycken. Proverna skickades till Bulltofta dricksvattenlaboratorium där de utförde en flödescytometri som presenterades i TCC – Total cell count och ICC – Intact cell count. Flödescytometrin gjordes för att jämföra om avskiljning med filter gjorde någon större förändring samt hur stor koncentration av bakterier som fanns i vattnet.

Totalt 18 stycken snabbtester på det avvattnade slammet gjordes med hjälp av Mettler Toledo HC103 Moisture Analyzer (Mettler Toledo 2021), en våg som värmer det avvattnade slammet i 105 °C tills allt vatten försvunnit och kvar är då torrsubstansen som mäts i %. Antal prover som analyserades med denna metod var 20 stycken. Denna analys gjordes för att avgöra om det krävdes optimering av maskinerna samt för att jämföra med laboratorieresultaten på samma provpunkt.

Tabell 1: Förteckning över mikrobiologiska analyser som utfördes.

Metodbeteckning	Analys	Enhet
SS028212-1/94	Aktinamyceter	cfu/100ml
SS-EN ISO 6222-1 MOD	Långsamtväxande bakterier 7 d	cfu/ml
SS-EN ISO 6222-1	Odlingsbara mikroorganismer 22 °C 3 d	cfu/ml
SS028167-2 MF	E.coli	cfu/100ml
SS-EN ISO 7899-2	Intestinala Enterokocker	cfu/100ml
SS028192-1	Jäst	cfu/100ml
SS028167-2 MF	Koliforma bakterier 35 °C	cfu/100ml
SS028192-1	Mikrosvamp 25 °C	cfu/100ml
SS028192-1	Mögelsvamp	cfu/100ml
SS-EN ISO 14189:2016	Pres Clostridium perfringens	cfu/100ml

Tabell 2: Förteckning över kemiska analyser som utfördes.

Metodbeteckning	Analys	Enhet
SS-EN ISO 7027-1:2016	Turbiditet FNU	FNU
SLV 1990-01-01 Met. 1 mod	Lukt	
SLV 1990-01-01 Met. 1 mod	Lukt, art	

SS-EN ISO 7887:2012C Mod	Färg	mg/l Pt
SS-EN 27888-1	Konduktivitet	mS/m
SS-EN ISO 10523:2012	pH vid 20 °C	
SS-EN ISO 9963-2 utg 1	Alkalinitet, HCO ₃	mg/l
fd SS028118-1	Kemisk syreförbrukning COD-Mn	mg/l
ISO 15923-1:2013 B	Ammoniumkväve, NH ₄ -N	mg/l
Beräknad	Ammonium, NH ₄	mg/l
SS-EN ISO 10304-1:2009	Nitratkväve, NO ₃ -N	mg/l
Beräknad	Nitrat, NO ₃	mg/l
ISO 15923-1:2013 D	Nitritkväve, NO ₂ -N	mg/l
Beräknad	Nitrit, NO ₂	mg/l
Beräknad	Summa NO ₃ /50 + NO ₂ /0,5	
SS-EN ISO 10304-1:2009	Fluorid, F	mg/l
SS-EN ISO 10304-1:2009	Klorid, Cl	mg/l
SS-EN ISO 10304-1:2009	Sulfat, SO ₄	mg/l
SS-EN ISO 11885:2009	Aluminium, Al	mg/l
SS-EN ISO 11885:2009	Järn, Fe	mg/l
SS-EN ISO 11885:2009	Kalcium, Ca	mg/l

SS-EN ISO 11885:2009	Kalium, K	mg/l
SS-EN ISO 11885:2009	Koppar, Cu	mg/l
SS-EN ISO 11885:2009	Magnesium, Mg	mg/l
SS-EN ISO 11885:2009	Mangan, Mn	mg/l
SS-EN ISO 11885:2009	Natrium, Na	mg/l
Beräknad	Hårdhet tyska grader	° dH

Tabell 3: Förteckning över analyser gjorda på Sjölunda laboratorium.

Metodbeteckning	Analys	Enhet
SS028113	Torrsubstans	%
SS-EN 872:2005	Suspenderade ämnen	mg/l

Resultat

Mikrobiologiska och kemiska analysresultat

Brutet vatten

De mikrobiologiska analysresultaten från de tre provpunkterna på det brutna vattensystemet visas i tabell 4 och de kemiska analysresultaten visas i tabell 5. Provpunkterna är inkommande dricksvatten (brutet in), strax innan polymerberedningen (brutet poly 1) samt punkten längst ut på systemet (brutet kem 1), alla tagna vid samma tillfälle 2021-03-25. Eftersom resultaten visade förhöjda värden på de mikrobiologiska analyserna vid polymerberedningen togs proverna om vid ytterligare ett tillfälle 2021-05-19 vilket visade bättre resultat. De förhöjda värdena vid provtillfälle 1 antas vara kontaminering vid provtagningen. De kemiska analysresultaten var som förväntat bra och oförändrade på ledningssträckan.

Tabell 4: Resultat av mikrobiologiska analyser tagna 2021-03-25 och 2021-05-19 på det brutna vattensystemet.

Analys	Brutet in	Brutet poly 1	Brutet poly 2	Brutet kem 1	Brutet kem 2	Enhet
Aktinamyceter	<10	3300	<10	<10	<10	cfu/100ml
Långsamtväxande bakterier 7 d	120	400	250	30	50	cfu/ml
Odlingsbara mikroorganismer 22 °C 3 d	<10	120	<10	<10	<10	cfu/ml
E.coli	<1	<1	<1	<1	<1	cfu/100ml

Intestinala Enterokocker	<1	<1	<1	<1	<1	cfu/100ml
Jäst	<10	<10	<10	<10	<10	cfu/100ml
Koliforma bakterier 35 °C	<1	<1	<1	<1	<1	cfu/100ml
Mikrosvamp 25 °C	<10	330	<10	<10	<10	cfu/100ml
Mögelsvamp	<10	330	<10	<10	<10	cfu/100ml
Pres Clostridium perfringens	<1	1	<1	<1	<1	cfu/100ml

Tabell 5: Analysresultat för kemiska analyser tagna 2021-03-25 på det brutna vattensystemet.

Analys	Brutet in	Brutet poly	Brutet kem	Enhet
Turbiditet FNU	<0,1	0,49	0,34	FNU
Lukt	Ingen	Ingen	Ingen	
Lukt, art	-	-	-	
Färg	<5	<5	<5	mg/l Pt
Konduktivitet	19,2	19,2	19,0	mS/m
pH vid 20 °C	8,1	7,9	8,2	
Alkalinitet, HCO ₃	45	45	46	mg/l

Kemisk syreförbrukning COD-Mn	1,5	1,6	1,5	mg/l
Ammoniumkväve, NH ₄ -N	<0,01	<0,01	<0,01	mg/l
Ammonium, NH ₄	<0,02	<0,02	<0,02	mg/l
Nitratkväve, NO ₃ -N	0,23	0,22	0,23	mg/l
Nitrat, NO ₃	1,0	0,97	1,0	mg/l
Nitritkväve, NO ₂ - N	<0,001	<0,001	<0,001	mg/l
Nitrit, NO ₂	<0,004	<0,004	<0,004	mg/l
Summa NO ₃ /50 + NO ₂ /0,5	<0,02	<0,02	<0,02	
Fluorid, F	0,10	0,10	0,11	mg/l
Klorid, Cl	27	28	27	mg/l
Sulfat, SO ₄	5,6	5,7	5,7	mg/l
Aluminium, Al	<0,03	<0,03	<0,03	mg/l
Järn, Fe	<0,05	0,06	<0,05	mg/l
Kalcium, Ca	22	22	23	mg/l
Kalium, K	1	1	1	mg/l

Koppar, Cu	<0,02	<0,02	0,24	mg/l
Magnesium, Mg	1,5	1,5	1,5	mg/l
Mangan, Mn	<0,02	<0,02	<0,02	mg/l
Natrium, Na	11	11	10	mg/l
Hårdhet tyska grader	3,4	3,4	3,5	° dH

Filtrerat mellansedimenterat vatten

I tabell 6 visas de mikrobiologiska analysresultaten från filtrerat, mellansedimenterat vatten vid två tillfällen, mellan 1 den 2021-04-14 och mellan 2 den 2021-04-15, jämförs med vatten från provpunkten brutet in. Resultaten från de kemiska analyserna på samma provpunkter och med samma jämförelse visas i tabell 7. Mellansedimenterat vatten innehåller enligt tabell mycket bakterier vilket man kan förvänta sig. De kemiska parametrarna är också förhöjda, främst vid första provtagningstillfället. Andra tillfället är resultatet bättre, troligtvis tack vare den biofilm som bildats i lagringstanken och ledningarna.

Tabell 6: Analysresultat för mikrobiologiska analyser tagna 2021-04-14 och 2021-04-15 på filtrerat, mellansedimenterat vatten. Jämförs med kvalitén på brutet vatten taget 2021-03-24.

Analys	Brutet in	Mellan 1	Mellan 2	Enhet
Aktinamyceter	<10	<10	<10	cfu/100ml

Långsamtväxande bakterier 7 d	120	>5000	>5000	cfu/ml
Odlingsbara mikroorganismer 22 °C 3 d	<10	>3000	>3000	cfu/ml
E.coli	<1	<1	>100	cfu/100ml
Intestinala Enterokocker	<1	>100	>12	cfu/100ml
Jäst	<10	-	>10000	cfu/100ml
Koliforma bakterier 35 °C	<1	<1	>100	cfu/100ml
Mikrosvamp 25 °C	<10	-	10000	cfu/100ml
Mögelsvamp	<10	-	1200	cfu/100ml
Pres Clostridium perfringens	<1	>100	>100	cfu/100ml

Tabell 7: Analysresultat för kemiska analyser tagna 2021-04-14 och 2021-04-15 på filtrerat, mellansedimenterat vatten. Jämförs med kvalitén på brutet vatten taget 2021-03-25.

Analys	Brutet in	Mellan 1	Mellan 2	Enhet
Turbiditet FNU	<0,1	4,9	2,2	FNU

Lukt	Ingen	Mkt stark	Tydlig	
Lukt, art	-	Jordlikn	Jordlikn	
Färg	<5	60	50	mg/l Pt
Konduktivitet	19,2	104	132	mS/m
pH vid 20 °C	8,1	7,9	7,8	
Alkalinitet, HCO ₃	45	200	220	mg/l
Kemisk syreförbrukning COD-Mn	1,5	11	11	mg/l
Ammoniumkväve, NH ₄ -N	<0,01	2,2	0,58	mg/l
Ammonium, NH ₄	<0,02	2,8	0,75	mg/l
Nitratkväve, NO ₃ -N	0,23	0,42	0,43	mg/l
Nitrat, NO ₃	1,0	1,9	1,9	mg/l
Nitritkväve, NO ₂ -N	<0,001	0,59	0,66	mg/l
Nitrit, NO ₂	<0,004	1,9	2,2	mg/l
Summa NO ₃ /50 + NO ₂ /0,5	<0,02	3,8	4,4	
Fluorid, F	0,10	0,22	0,31	mg/l

Klorid, Cl	27	190	260	mg/l
Sulfat, SO ₄	5,6	24	28	mg/l
Aluminium, Al	<0,03	0,03	<0,03	mg/l
Järn, Fe	<0,05	0,55	0,22	mg/l
Kalcium, Ca	22	49	51	mg/l
Kalium, K	1	47	65	mg/l
Koppar, Cu	<0,02	<0,02	<0,02	mg/l
Magnesium, Mg	1,5	5,7	6,2	mg/l
Mangan, Mn	<0,02	0,13	0,06	mg/l
Natrium, Na	11	120	160	mg/l
Hårdhet tyska grader	3,4	8,1	8,5	° dH

Filtrerat slutsedimenterat vatten

I tabell 8 visas de mikrobiologiska analysresultaten från filtrerat, slutsedimenterat vatten vid två tillfällen, kem 1 den 2021-05-19 och kem 2 den 2021-05-20, jämförs med vatten från provpunkten brutet in. Resultaten från de kemiska analyserna på samma provpunkter och med samma jämförelse visas i tabell 9.

Tabell 8: Analysresultat för mikrobiologiska analyser tagna 2021-05-19 och 2021-05-20 på filtrerat, slutsedimenterat vatten. Jämförs med kvalitén på brutet vatten taget 2021-03-24.

Analys	Brutet in	Kem 1	Kem 2	Enhet
Aktinamyceter	<10	<10	<10	cfu/100ml
Långsamtväxande bakterier 7 d	120	>5000	>5000	cfu/ml
Odlingsbara mikroorganismer 22 °C 3 d	<10	>3000	>3000	cfu/ml
E.coli	<1	<1	<1	cfu/100ml
Intestinala Enterokocker	<1	>100	>100	cfu/100ml
Jäst	<10	5200	3600	cfu/100ml
Koliforma bakterier 35 °C	<1	<1	<1	cfu/100ml
Mikrosvamp 25 °C	<10	7700	4800	cfu/100ml
Mögelsvamp	<10	2500	1200	cfu/100ml
Pres Clostridium perfringens	<1	89	69	cfu/100ml

Tabell 9: Analysresultat för kemiska analyser tagna 2021-05-19 och 2021-05-20 på filtrerat, slutsedimenterat vatten. Jämförs med kvalitén på brutet vatten taget 2021-03-25.

Analys	Brutet in	Kem 1	Kem 2	Enhet
Turbiditet FNU	<0,1	2,8	1,8	FNU

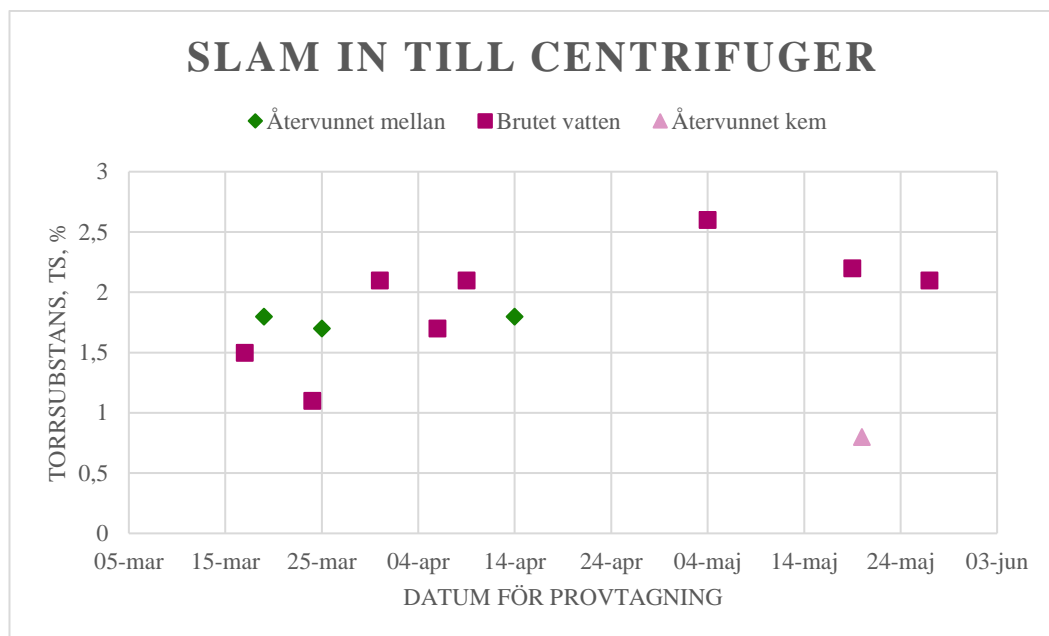
Lukt	Ingen	Tydlig	Tydlig	
Lukt, art	-	Jordlikn	Sjölikn	
Färg	<5	20	20	mg/l Pt
Konduktivitet	19,2	111	122	mS/m
pH vid 20 °C	8,1	7,4	7,3	
Alkalinitet, HCO ₃	45	99	130	mg/l
Kemisk syreförbrukning COD-Mn	1,5	4,8	6,0	mg/l
Ammoniumkväve, NH ₄ -N	<0,01	0,16	0,74	mg/l
Ammonium, NH ₄	<0,02	0,21	0,95	mg/l
Nitratkväve, NO ₃ -N	0,23	1,5	1,2	mg/l
Nitrat, NO ₃	1,0	6,6	5,3	mg/l
Nitritkväve, NO ₂ -N	<0,001	0,14	0,25	mg/l
Nitrit, NO ₂	<0,004	0,46	0,82	mg/l
Summa NO ₃ /50 + NO ₂ /0,5	<0,02	1,1	1,7	
Fluorid, F	0,10	0,13	0,13	mg/l

Klorid, Cl	27	260	270	mg/l
Sulfat, SO ₄	5,6	28	27	mg/l
Aluminium, Al	<0,03	0,06	0,06	mg/l
Järn, Fe	<0,05	1,4	0,75	mg/l
Kalcium, Ca	22	51	50	mg/l
Kalium, K	1	51	49	mg/l
Koppar, Cu	<0,02	<0,02	<0,02	mg/l
Magnesium, Mg	1,5	7,4	6,8	mg/l
Mangan, Mn	<0,02	0,14	0,10	mg/l
Natrium, Na	11	130	140	mg/l
Hårdhet tyska grader	3,4	8,8	8,5	° dH

Analysresultat från slamavvattningen

Slam in till centrifug

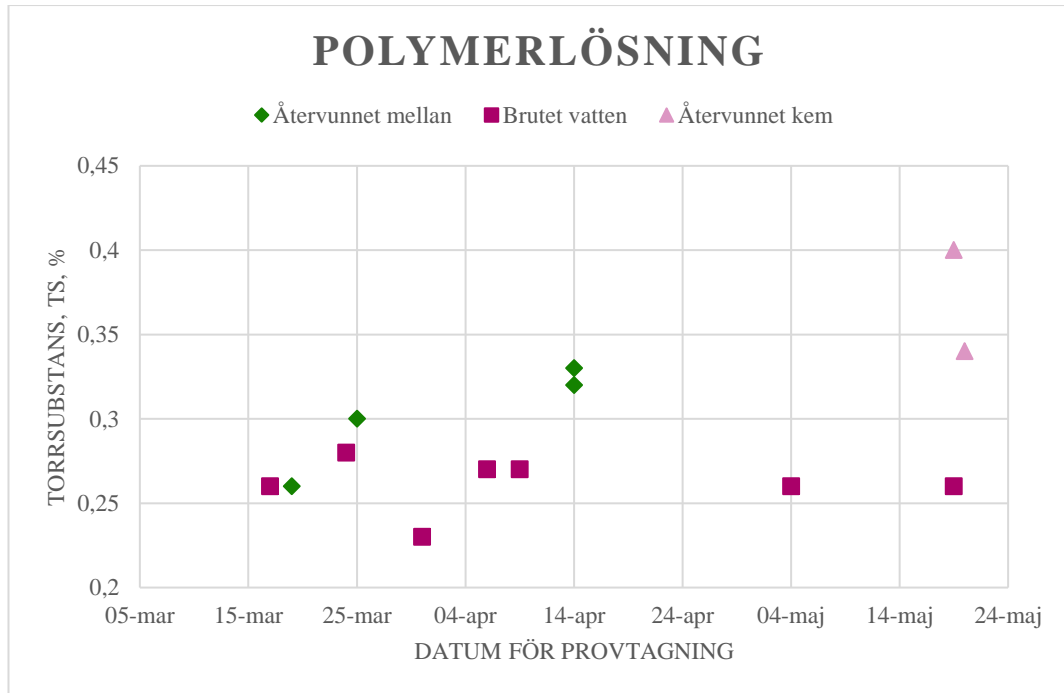
Resultaten (figur 3) visar hur slammet in i centrifugerna förändras över tid vilket är en viktig parameter för de slutliga resultaten och för att kunna göra en slutsats. Slammet in i centrifugerna har inte blivit behandlat med varken återvunnet vatten eller brutet vatten och har därför inte påverkats av det. TS-halten ligger mellan 0,8 % och 2,6 % under perioden för provtagning.



Figur 3: Visar spridningen för torrsubstans på slam in i centrifuger för brutet vatten, mellansedimenterat vatten (återvunnet mellan) och slutsedimenterat vatten (återvunnet kem).

Blandad polymerlösning till centrifuger

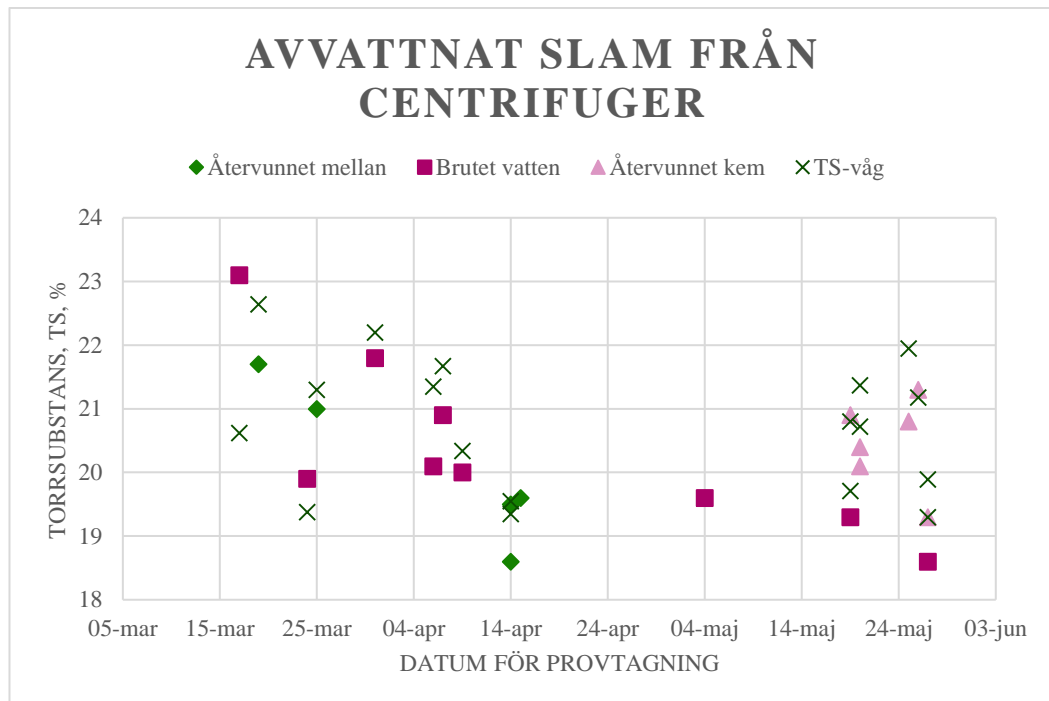
Resultaten för polymerlösningen (figur 4) vad gäller TS % ligger mellan 0,23 % och 0,4 %. Lösningen bör ligga på 0,3 % vilket gör att resultaten är goda och fullt acceptabla med återvunnet vatten liksom med brutet vatten.



Figur 4: Visar spridning för torrsubstans på blandad polymerlösning för brutet vatten, filtrerat mellansedimenterat vatten (återvunnet mellan) och filtrerat slutsedimenterat vatten (återvunnet kem).

Avvattnat slam från centrifuger

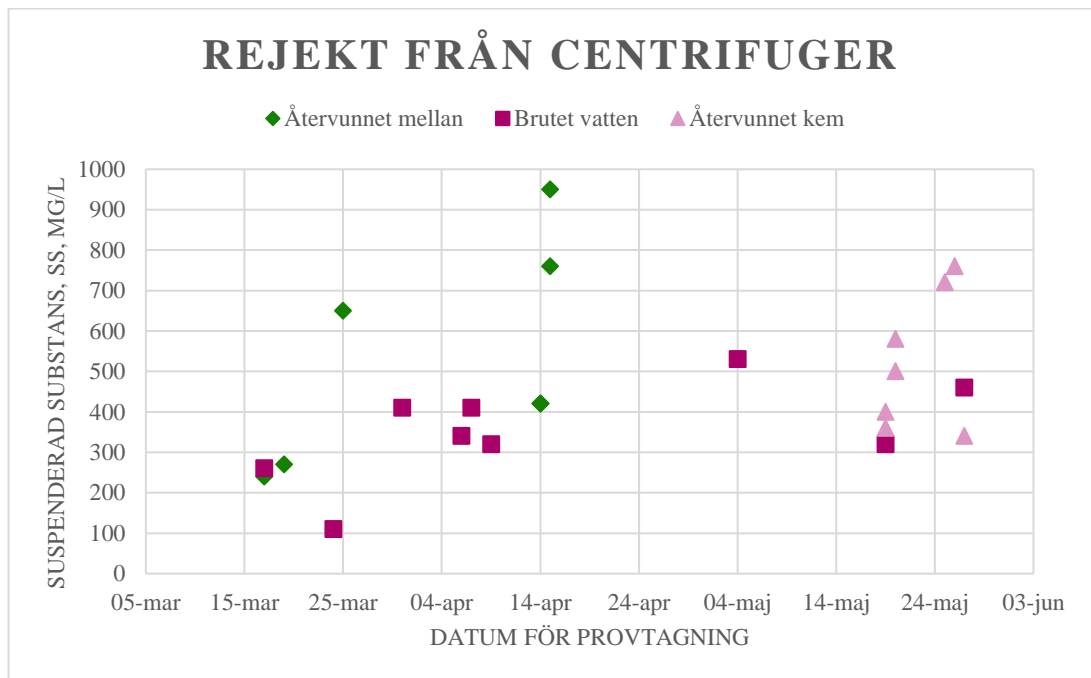
Resultaten i figur 5 visar att spridningen rör sig mellan 18,6 och 23,1 % TS på det avvattnade slammet från centrifugerna under perioden. Inget tyder på att det är en kraftig försämring av avvattningen när man använder återvunnet vatten istället för brutet vatten. Något bättre resultat vid användning av slutsedimenterat vatten än vid användning av mellansedimenterat vatten. Det går dock att konstatera att snabbtesterna är en fingervisning om det faktiska resultatet med en liten felmarginal vid jämförelse mot laboratorieresultaten.



Figur 5: Visar spridning för torrsubstans på slam ut från centrifuger för brutet vatten, mellansedimenterat vatten (återvunnet mellan), slutsedimenterat vatten (återvunnet kem) och från TS-vågen.

Rejekt från centrifuger

Resultaten i figur 6 visar spridningen på den suspenderade substansen i rejecktvalet från centrifugerna. Intervallet går mellan 110 mg/l till 950 mg/l. Vid tolkning av resultaten visar dessa att rejektet får något försämrad kvalitet vid användning av återvunnet vatten jämfört med det brutna vattnet dock inte så att det kommer att påverka processen negativt vid återförandet.



Figur 6: Visar spridningen på resultaten för suspenderad substans på rejekt från centrifuger för brutet vatten, mellansedimenterat vatten (återvunnet mellan) och slutsedimenterat vatten (återvunnet kem).

Resultat från silbandsförtjockare

Silbandsförtjockaren är väldigt tålig och reagerar sällan på förändringar i slammet och polymeren varken vad gäller igensättning av bandet eller förtjockningsförmågan. Därför utfördes inte lika omfattande provtagning och analysering av dessa provpunkter. I tabell 10 framgår de uppmätta värdena och vilket vatten som användes samt att detta inte har någon större påverkan varken negativt eller positivt.

Tabell 10: Analysresultat från silbandsförtjockare.

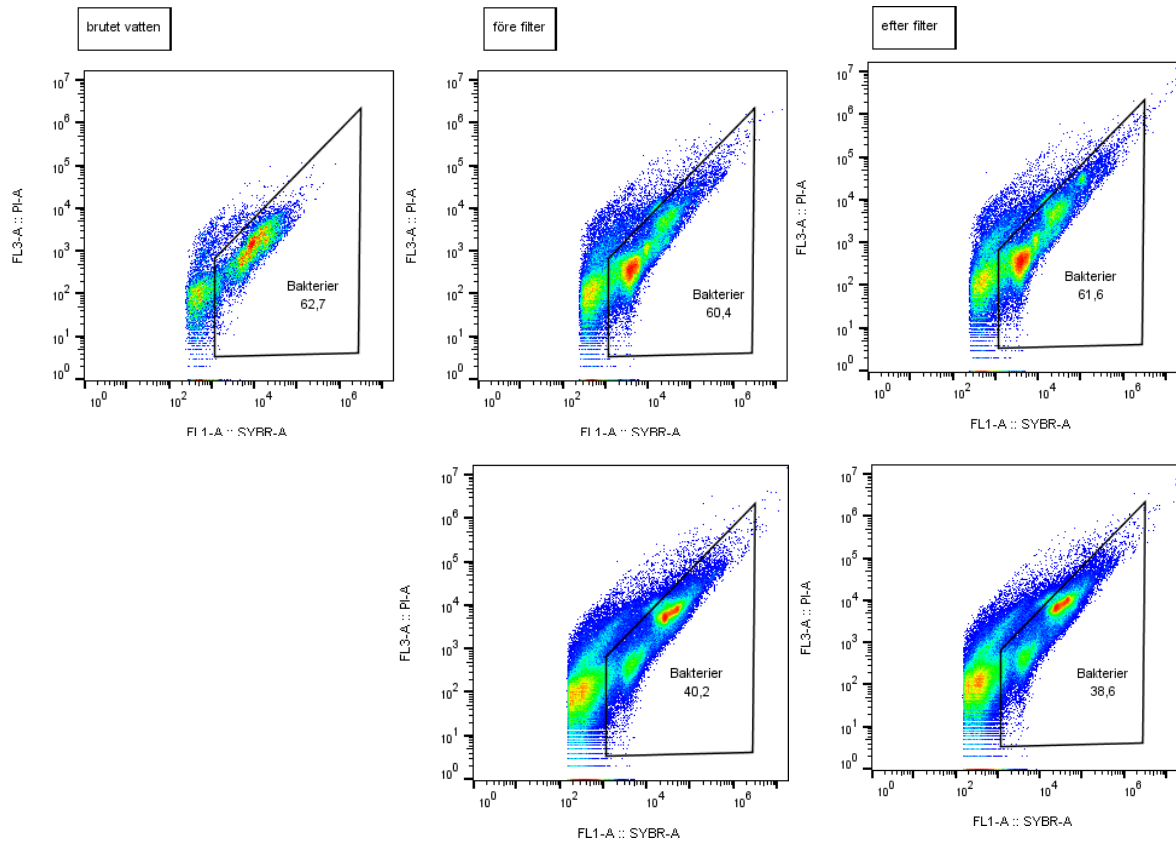
Datum	Typ av vatten	TS % slam in	TS % Polymerlösning	TS % slam ut	SS mg/l rejekt
2021-03-01	Brutet vatten	1,9	0,24	4,9	120
2021-03-02	Brutet vatten				860
2021-03-17	Brutet vatten	2,4	0,26	5,6	200
2021-03-17	Återvunnet vatten mellan	2,9		5,4	
2021-03-24	Brutet vatten	2,4	0,29	5	310
2021-04-07	Brutet vatten				780
2021-04-15	Återvunnet vatten mellan	2,2		4,3	
2021-05-03	Brutet vatten	2,5	0,25	4,8	140
2021-05-05	Brutet vatten				270
2021-05-19	Återvunnet vatten kem	1,7			
2021-05-20	Återvunnet vatten kem			4,6	220
2021-05-26	Brutet vatten	2,6	0,35	8,3	270
2021-05-26	Återvunnet vatten kem	2,7	0,38	6,1	250

Resultat från flödescytometri

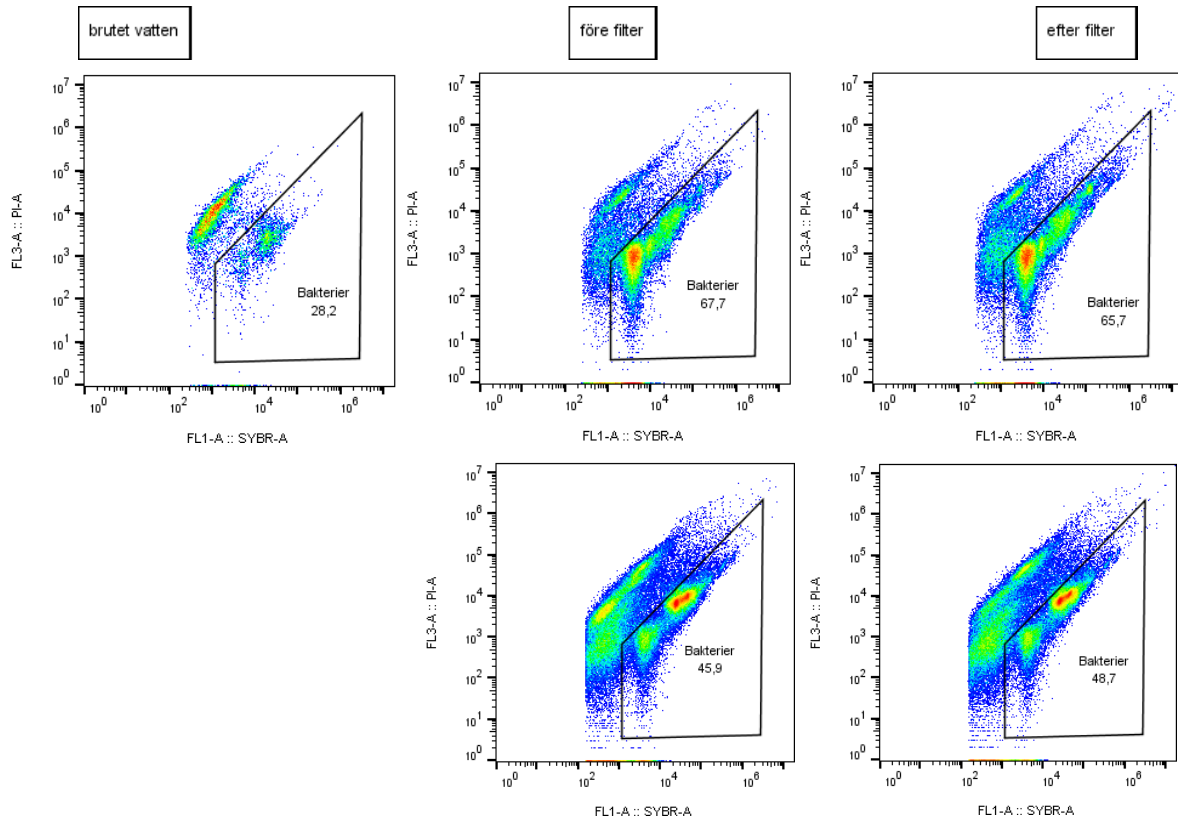
Mellansedimenterat vatten

Meyer-Lind¹ utförde flödescytometri på mellansedimenterat vatten före och efter filtret och jämförde med det brutna vattnet. Flödescytometrin redovisas i TCC – total cell count i figur 7. TCC visar den totala koncentrationen av bakterier i vattenproverna. Svärmarna inuti gaten redovisas i procentandel bakterier och svärmarna utanför gaten är oorganiska partiklar. De olika färgerna visar på koncentrationmängden där rött innebär störst mängd. I figur 8 redovisas ICC – intact cell count. Utanför gaten är de bakterier som är döda och inte kan växa till. Inuti gaten är procentandelen intakta bakterier som innehåller DNA och har möjlighet att växa. Svärmarnas färg visar även här på koncentrationmängd där röd är störst mängd. Resultaten visar att filtret inte tar bort mängden bakterier ur vattnet.

¹ Lena Meyer-Lind, PhD, laboratorieingenjör, VA SYD, personlig kontakt 2021-05-27



Figur 7: TCC – total cell count. Övre raden är från provtagning 2021-04-15, undre raden från provtagning 2021-05-06. Illustrationer av Lena Meyer-Lind, PhD, laboratorieingenjör, VA SYD används med tillstånd.



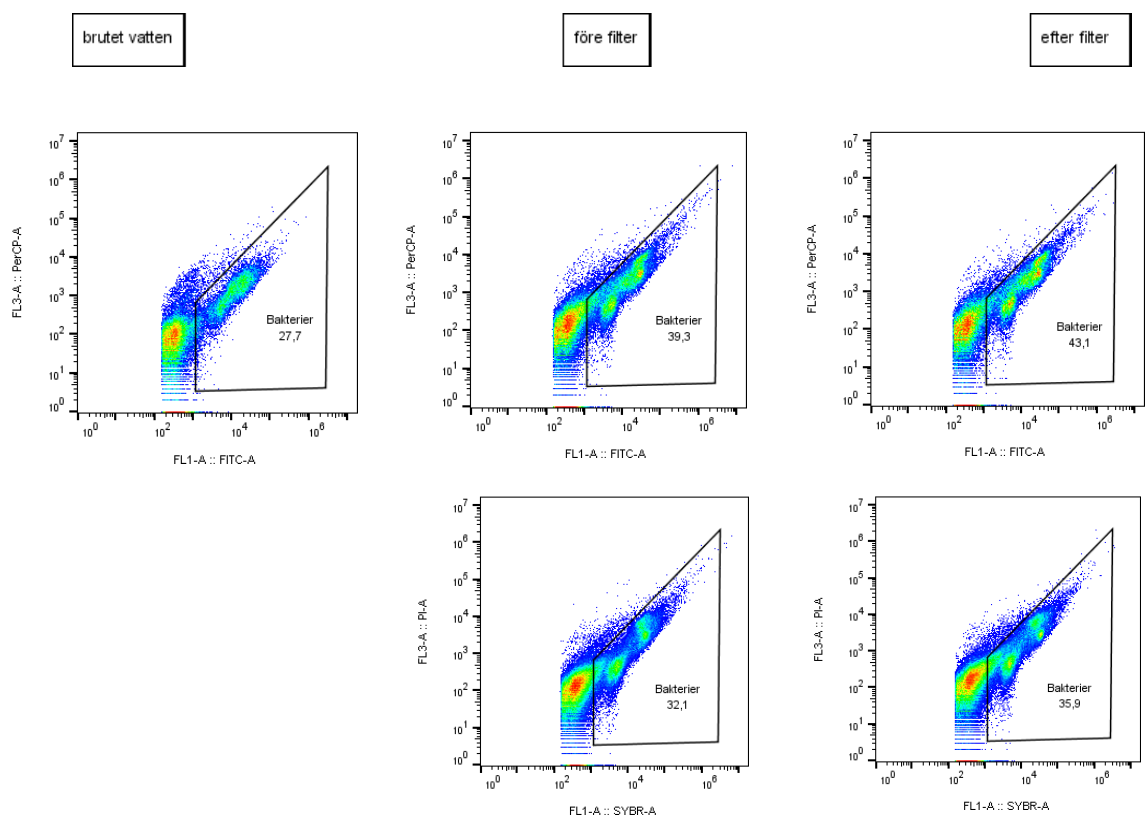
Figur 8: ICC – intact cell count. Övre raden är från provtagning 2021-04-15, undre raden från provtagning 2021-05-06. Illustrationer av Lena Meyer-Lind, PhD, laboratorieingenjör, VA SYD används med tillstånd.

Slutsedimenterat vatten

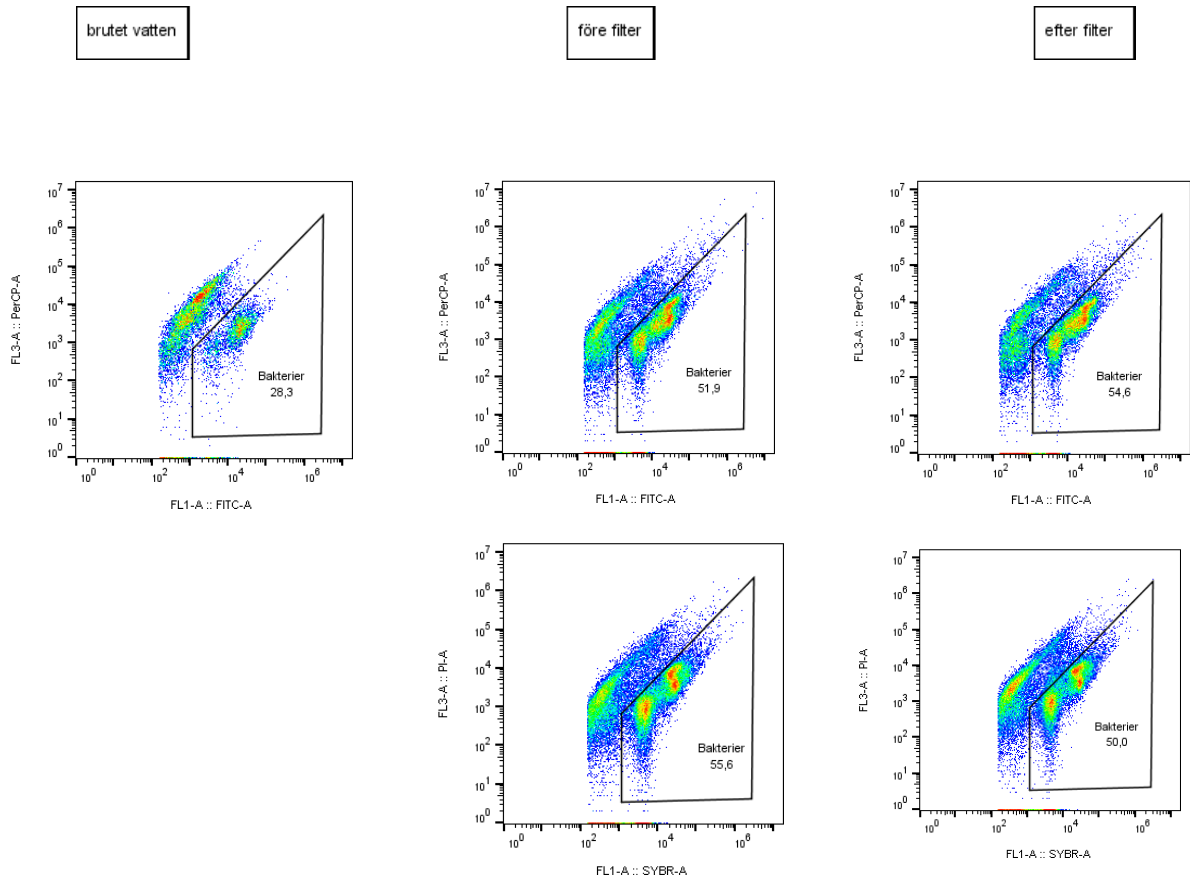
Meyer-Lind² utförde även flödescytometri på slutsedimenterat vatten före och efter filtret och jämförde med det brutna vattnet. Flödescytometrin redovisas i TCC- total cell count i figur 9. Liksom ovan visar TCC den totala koncentrationen av bakterier i vattenproverna. Svärmarna inuti gaten redovisas i procentandel bakterier och svärmarna utanför gaten är oorganiska partiklar. De olika färgerna visar på koncentrationsmängden där rött innebär störst mängd. I figur 10 redovisas

² Lena Meyer-Lind, PhD, laboratorieingenjör, VA SYD, personlig kontakt 2021-05-27

ICC – intact cell count. Utanför gaten är de bakterier som är döda och inte kan växa till. Inuti gaten är procentandelen intakta bakterier som innehåller DNA och har möjlighet att växa. Svärmarnas färg visar även här på koncentration/mängd där röd är störst mängd. Det går att konstatera att inte heller här reduceras mängden bakterier i vattnet när det passerar filtret.



Figur 9: TCC – total cell count. Övre raden är från provtagning 2021-05-20, undre raden från provtagning 2021-05-27. Illustrationer av Lena Meyer-Lind, PhD, laboratorieingenjör, VA SYD används med tillstånd.



Figur 10: ICC – intact cell count. Övre raden är från provtagning 2021-05-20, undre raden från provtagning 2021-05-27. Illustrationer av Lena Meyer-Lind, PhD, laboratorieingenjör, VA SYD används med tillstånd.

Diskussion

Gränsvärdena för dricksvatten enligt SLVFS 2001:30 (Livsmedelsverket 2001), som hittas i tabell 11 och 12, kan jämföras med det återvunna vattnet som använts för försöken ovan. Vid användning av filtrerat vatten både från mellansedimentering och slutsedimentering skulle jag säga att det utan tvekan krävs desinficering som ett steg i reningen om vattnet sedan ska användas i öppna vattensystem såsom spolslangar och dylikt för att inte riskera att utsätta personal för smittorisk då mängden bakterier enligt de mikrobiologiska analyserna överstiger gränsvärdena för otjänligt dricksvatten även om vattnet inte är tänkt att drickas.

Tabell 11: Visar mikrobiologiska gränsvärde för dricksvatten. Tjänligt med anmärkning och otjänligt.

Analys	Gränsvärde för tjänligt med anmärkning	Gränsvärde för otjänligt	Enhet
Aktinamyceter	100	-	cfu/100ml
Långsamtväxande bakterier 7 d	5000	-	cfu/ml
Odlingsbara mikroorganismer 22 °C 3 d	100	-	cfu/ml
E.coli	-	Påvisad	cfu/100ml
Intestinala Enterokocker	-	Påvisad	cfu/100ml
Jäst	-	-	cfu/100ml

Koliforma bakterier 35 °C	Påvisad	10	cfu/100ml
Mikrosvamp 25 °C	100	-	cfu/100ml
Pres Clostridium perfringens	Påvisad	-	cfu/100ml

Det återvunna mellansedimenterade vattnet når upp och överstiger de kemiska parametrarna för att vara tjänligt med anmärkning och går över gränsen för otjänligt vad gäller lukt och nitrit vilket gör att vattnet då klassas som otjänligt för att dricka. Vad gäller slutsedimenterat vatten går detta över gränsen för otjänligt på lukt. För övrigt överstiger det tjänligt med anmärkning på flera punkter t.ex. järn, nitrit och natrium.

Tabell 12: Visar gränsvärden för kemiska parametrar för dricksvatten. Tjänligt med anmärkning och otjänligt.

Analys	Gränsvärde för tjänligt med anmärkning	Gränsvärde för otjänligt	Enhet
Turbiditet FNU	1,5		FNU
Lukt		Tydlig eller mkt stark	
Konduktivitet	250		mS/m
pH vid 20 °C	<7,5 >9,0	10,5	
Ammonium, NH ₄	0,50		mg/l

Nitrat, NO ₃	20	50	mg/l
Nitrit, NO ₂		0,50	mg/l
Fluorid, F		1,5	mg/l
Klorid, Cl	100		mg/l
Sulfat, SO ₄	100		mg/l
Aluminium, Al	0,100		mg/l
Järn, Fe	0,200		mg/l
Kalcium, Ca	100		mg/l
Koppar, Cu	0,2	2,0	mg/l
Magnesium, Mg	30		mg/l
Mangan, Mn	0,050		mg/l
Natrium, Na	100		mg/l

Vid användning av enbart filtrerat vatten utan att desinficera bör det endast vara in-linespolning och andra stängda system. Jag ser inga bekymmer med att fortsatt använda vattnet till polymerberedningen då jag inte upptäckt någon negativ inverkan på resultaten.

Analyserna på slammet visar att det inte sker någon negativ inverkan av att använda renat avloppsvatten vatten i processen. Jag tolkar också resultaten som att slutsedimenterat vatten fungerar något bättre än mellansedimenterat vatten vilket kan bero på järn- och aluminiumresterna från den kemiska fällningen.

Flödescytometrin visar att filtret inte reducerat mängden bakterier i vattnet men det kan med största sannolikhet reducera en stor del suspenderade ämnen och partiklar. Detta kräver dock vidare utredning då jag inte utfört kontroll på detta.

Jag anser resultaten från Ellinge som trovärdiga då det är ackrediterade laboratorier som utfört alla analyser med undantag för det prover som jag själv satt i TS-vågen. De är till stor del likvärdiga med laboratoriets resultat vilket gör att jag förlitar mig på även de resultaten. Jag kan dock se att fler undersökningar krävs då resultaten kan skilja sig åt mellan olika reningsverk som har en annan typ av reningsprocess, slamhantering eller använder en annan typ av fällningskemikalie eller har förfällning istället för efterfällning som Ellinge reningsverk. Det kan även uppkomma svårigheter beroende på vilket typ av polymerer som reningsverket använder då de möter renat avloppsvatten innehållande bakterier eller kemikalierester. Viktigt blir att varje enskild anläggning undersöker sina förutsättningar innan implementering.

Vidare arbete är som nämnt att ansluta en desinficeringsanläggning för att kunna bruka vattnet helt och hållet som processvatten på Ellinge. Jag kan tänka att det även går att utveckla ännu mer. Det pratas om en vattenkiosk där man skulle kunna tanka tekniskt vatten, likt de VA SYD redan har med undantaget att detta skulle vara renat avloppsvatten och naturligtvis inte hålla dricksvattenkvalité som de tidigare kioskerna. Det vore en god idé eftersom att då kan vattnet komma till nytta för fler ändamål såsom bevattning eller till spolbilar. År 2020 var mängden utgående, renat avloppsvatten på Ellinge 4 176 802 m³. Om utvecklingen går framåt vad gäller denna studie på Ellinge kan reningsverket alltså leverera i genomsnitt 11 412 m³ renat avloppsvatten per dygn som kan användas till den egna processen i första hand men sedan till interna och externa aktörer i nästa steg. Det skulle innebära att mer än 50 000 m³ dricksvatten kan undvaras från reningsprocessen och istället användas som sitt tänkta ändamål; som dricksvatten.

Slutsatser

Slutsatsen av min fältstudie är att det går bra att använda renat avloppsvatten till polymerberedningen på ett reningsverk utan att nämnvärt försämra polymerens reaktion, avvattningsförmågan på slammet eller rejektets kvalité trots att rekommendationer från leverantören av polymererna säger att dricksvattenkvalitet krävs till polymerberedning. Det är därför en mycket god idé att börja implementera detta koncept på våra reningsverk runt om i Sverige och på så vis värna miljön och hushålla med dyrbart dricksvatten.

Referenser

Alfa Laval (2021). *Produkter*. Tillgänglig:

<https://www.alfalaval.se/produkter/separering/centrifugalseparatorer/dekanter/aldec-g3/> [2021-05-10]

Arbetsmiljöverket (2020a). *Arbetsmiljö och inspektioner*. Tillgänglig:

<https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/lagar-och-regler-om-arbetsmiljo/arbetsmiljolagen/#4> [2021-04-30]

Arbetsmiljöverket (2020b). *Hygieniska gränsvärden*. Tillgänglig:

<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/hygieniska-gransvardena-afs-2018-1.pdf> [2021-04-30]

Aquadrip (2021). *Amiad*. Tillgänglig: <https://aquadrip.se/catalog/groups/amiad> [2021-05-10]

Danish cleanwater (2020). *Our products*. Tillgänglig:

<https://danishcleanwater.com/our-products/neuthox/> [2021-05-10]

Globala målen (2021). *Om globala målen*. Tillgänglig:

<https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/> [2021-05-01]

Hydrotech (2020). *Hydrotech performance filter*. Tillgänglig:

<https://www.hydrotech.se/products/disc-filters/hydrotech-performance-filter-hpf> [2021-05-10]

KICAB (2015). *Datablad SBT*. Tillgänglig: http://www.kicab.se/wp-content/uploads/2015/05/sv_datablad_SBT.pdf [2021-05-07]

Livsmedelsverket (2001). *Dricksvatten och naturligt mineralvatten*. Tillgängligt:

https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/lagstiftning/dricksvatten---naturl-mineralv---kallv/slvfs-2001-30-hela_foreskriften.pdf [2021-05-12]

Mettler Toledo (2021). *Moisture analyzer*. Tillgänglig:

https://www.mt.com/se/sv/home/products/Laboratory_Weighing_Solutions/moisture-analyzer/Advanced_Moisture/HC103_230V.html [2021-05-01]

SGS Analytics (2021). *Analyskatalog*. Tillgänglig:

https://order.sgsanalytics.se/sites/default/files/Alcontrol/Documents/PDF/SE/SGS_Analyskatalog_SE_2021.pdf [2021-03-28]

Svenskt Vatten (2013). *Publikation U1, Avloppsteknik 1, Allmänt*. Stockholm

Svenskt vatten (2016). *Återströmningsskydd*. Tillgänglig:

<https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/dricksvatten/distribution/aterstromningsskydd/> [2021-05-27]

Svenskt vatten (2020). *Revaq-certifiering*. Tillgänglig:

<https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/avlopp-och-miljo/kretslopp-och-uppstomsarbete/revaq-certifiering/> [2021-05-28]

Sydvatten (2021). *Ringsjöverket*. Tillgänglig: [https://sydvatten.se/var-](https://sydvatten.se/var-verksamhet/vattenverk/ringsjoverket/)

[verksamhet/vattenverk/ringsjoverket/](https://sydvatten.se/var-verksamhet/vattenverk/ringsjoverket/) [2021-05-28]

VA SYD (2021a). Om oss. Tillgänglig: <https://www.vasyd.se/Artiklar/Om-oss>

[2021-04-02]

VA SYD (2021b). *Miljörapport 2020 Ellinge*. Tillgänglig: [https://www.vasyd.se/-](https://www.vasyd.se/-/media/Dokument_ny_webb/Miljorapporter/2020/Milj%C3%B6rapport-2020-Ellinge.pdf)

[/media/Dokument_ny_webb/Miljorapporter/2020/Milj%C3%B6rapport-2020-Ellinge.pdf](https://www.vasyd.se/-/media/Dokument_ny_webb/Miljorapporter/2020/Milj%C3%B6rapport-2020-Ellinge.pdf) [2021-04-21]