



CHALMERS



Undersökning av organiska föreningar i avloppsvatten från Ryaverket

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet kemiteknik

Caroline Huynh

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnad
Avdelningen Vatten Miljö Teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige
Rapport nummer: ACEX20-18-22

Rapport nr. ACEX20-18-22

*Undersökning av organiska föreningar i
avloppsvatten från Ryaverket*

Caroline Huynh

Handledare: Oskar Modin

Examinator: Oskar Modin

Institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen Vatten Miljö Teknik

Chalmers tekniska högskola

Göteborg, Sverige 2018

Undersökning av organiska föreningar i avloppsvatten från Ryaverket

Caroline Huynh

© Caroline Huynh, Sverige, 2018

Examensarbete ACEX20-18-22

Institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen Vatten Miljö Teknik

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslag: [Bild av Ryaverket – @Oskar Modin]

Göteborg, Sverige 2018

Förord

Jag skulle främst vilja tacka min handledare och examinator Oskar Modin. För att du tagit dig tid och alltid ställt upp för mig genom hela examensarbetet. Det har varit oerhört lärorikt och jag är väldigt tacksam för den vägledning du givit. Den kunskapen jag fått från detta arbetet kommer definitivt vara till användning efter Chalmers. Stort tack till Kate Murphy för den statistiska analysen av fluorometri-datan.

Jag vill även tacka Gryaab AB för studiebesöket och programansvarig för Kemiingenjörsprogrammet Ulf Jäglid för dessa tre åren.

Arbetet har skrivits i samarbete med Gryaab AB inom institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik, Vatten Miljö Teknik. Det laborativa arbetet har genomförts i institutionens miljökemilaboratorium.

Caroline

Sammanfattning

Idag driver Gryaab AB avloppsreningsverket Ryaverket i Göteborgs kommun. En av Ryaverkets huvuduppgifter är att i behandlingen avlägsna tillräckligt organiskt material (mätt som BOD₇) i avloppsvattnet för att förhindra skador på människan och miljön. I detta fall är Total Organic Carbon (TOC) ett mått för det totala kolinnehållet och Biochemical Oxygen Demand (BOD₇) ett mått på mängden biologiskt nedbrytbart material som existerar i avloppsvatten. Vissa månader överskrider gränsvärdet för BOD₇ i utgående vatten (10 mg/L, årsmedelvärde). Anledningarna till att koncentrationen BOD₇ varierar i utgående vatten och sammansättningen av det organiska materialet är oklar. Syftet med den här studien var undersöka de organiska föreningarna med en rad analytiska metoder, bland annat mätningar av BOD, TOC, vätskekromatografi och fluorometri. Dygnsproverna togs under perioden 18 januari – 3 mars 2016 på inkommande avloppsvatten, efter försedimentering, och från eftersedimenteringen i reningsverket. De har frysts in i laboratoriet sen dess och under mars 2018 tinades de upp för vidare analys.

Resultaten visar att det finns en fraktion organiska föreningar med en molekylvikt över 500 Da som inte tas bort av de biologiska processerna i reningsverket. Dessa ämnen har dock en låg korrelation med den totala TOC-koncentrationen i avloppsvattnet och utgör därför troligtvis en mindre del av den totala mängden organiska föreningar. Resultaten visade även att nya organiska föreningar kan ha bildats i den biologiska reningsprocessen.

Reningsprocessen tenderar även att missgynnas av perioder med högt flöde (regnperioder). Korrelationer mellan olika parametrar visar att det finns optiska parametrar som relativt snabbt kan mätas med fluorometri som korrelerar väl med TOC och BOD. Detta betyder att man eventuellt skulle kunna utveckla snabbare och enklare mätmetoder för BOD₇, vilket annars är en parameter som är svår och tidskrävande att mäta.

Abstract

Today, Gryaab AB operates the Rya Wastewater Treatment Plant in Gothenburg. One of Ryaverket's main tasks is to remove sufficient organic material (measured as BOD) in the wastewater to prevent harm to people and the environment during treatment. In this case, Total Organic Carbon (TOC) is a measure of total organic carbon content and Biochemical oxygen demand (BOD) measures the amount of biodegradable material that exists in wastewater. Some months, the BOD₇ concentration in the effluent water is higher than the limit (10 mg/L, yearly average). The reasons for variations in the effluent BOD₇ concentration and the composition of the organic material are unclear.

In this project, analytical methods including measurements of BOD, TOC, liquid chromatography and fluorometry has been used to investigate the organic compounds. The daily samples were taken during the period January 18th – March 3rd, 2016, at various points in the treatment plant. The samples were frozen in the laboratory and were thawed before analysis in March 2018.

The results show that there is a fraction of organic compounds with a molecular weight above 500 Da which are not removed by the biological processes in the treatment plant. However, these substances have a low correlation with the total TOC concentration in the wastewater and therefore probably represent a small part of the total amount of organic compounds. The results also showed that new organic compounds may have formed in the biological treatment process. The treatment process also tends to be disadvantaged by periods of high flow (rainy periods). Correlations between different parameters show that there are optical parameters that can be measured relatively quickly with fluorometry which correlates very well with TOC and BOD. This means that you could develop faster and easier measurement methods for BOD₇, which otherwise is a parameter that is difficult and time consuming to measure.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen	2
2. Bakgrund	3
2.1 De biologiska parametrarna	3
2.2 Analysmetoder	4
2.2.1 Size-exclusion chromatography (HPLC-SEC)	4
2.2.2 Fluorometri	4
2.3 Verksamheten – Gryaab AB	5
2.4 Ryaverkets avloppsvattenreningsprocess	5
2.4.1 Den fysikaliska och mekaniska reningen	6
2.4.2 Den biologiska reningen	6
2.4.3 Direktfällningsprocessen	10
2.4.4 Slamprocessen	10
2.4.5 Användandet av organiskt avfall	11
3. Metod	12
3.1 Provuttagning och förberedelser	12
3.2 Genomförandet	12
4. Resultat och diskussion	13
4.1 Analys av HPLC-SEC	13
4.2 Analys av spektrofotometer	16
4.3 Analys av fluorescensspektrum	17
4.4 Sammanställning av korrelationstabell	19
5. Slutsats	23
5.2 Förslag om framtida studier	24
6. Referenser	25
7. Appendix	26

1. Inledning

I ett fungerande samhälle är det viktigt att avloppet förs till avloppsreningsverk och behandlas på ett miljövänligt sätt. Avloppsvatten omfattar spillvatten, dagvatten och dräneringsvatten [1]. Många av de ämnen som finns i avloppsvatten finns i den naturliga miljön men kan även bli skadliga om de förekommer i stora mängder eller vid fel ställe. Felbehandling av avloppsvatten skulle kunna leda till syrebrist i hav och sjöar och övergödning, vilket framför allt skulle drabba vattenlevande organismer [2].

I Göteborgsregionen driver Gryaab AB avloppsvattenreningsverket Ryaverket på Hisingen däribland huvuduppgifterna avser avlägsnandet av organiska föreningar (mätt som BOD₇) från avloppsvattnet. Måttet BOD₇ mäter organiskt biologiskt nedbrytbart material vilket Ryaverket ansvarar för att hålla en acceptabel utsläppskoncentration efter behandling. Ett högt utsläpp av BOD₇ kan det orsaka skada för vattenlevande organismer och verket kan bli skyldiga att betala höga böter. Under 2016 har den uppmätta utsläppskoncentrationen av BOD₇ från Ryaverket haft en tendens att öka i jämförelse med tidigare år. I det inkommande vattnet hade Ryaverket en ökning av BOD på 22% jämfört med 2015, vilket är högre än den normala ökningen som tidigare varit på ungefär 4% per år [3].

1.2 Syfte

Gryaab bedriver avloppsreningsverket Ryaverket som renar avloppsvatten från Göteborg och omgivande kommuner och släpper ut det renade avloppsvattnet i Göta Älv. Höga krav ställs på reningen för att skydda både människan och miljön däribland finns en maximal tillåten utsläppsgräns av BOD₇ från avloppsvattnet. Under 2016 överskred Ryaverket utsläppsgränsen av BOD₇ under tre månader och har inte haft en självklar förklaring till problemet. I detta arbetet kommer därför undersökning av vattenkvaliteten i avloppsvatten från Ryaverket ligga i fokus. Baserad på data från laboratoriet och Ryaverket ska de organiska föreningarna i avloppsvattnet undersökas genom att studera korrelationer mellan olika mätparametrar. Syftet är att få mer information om vilka organiska föreningar som tas bort i verket och vilka som finns kvar i utgående vatten. Syftet är också att undersöka om det går att använda enklare mätmetoder för att uppskatta koncentrationer av BOD₇ i avloppsvattnet.

1.3 Avgränsningar

- I denna studien har endast undersökning av vattenkvaliteten hos de olika avloppsvattenproverna i reningsverket gjorts.
- Ekonomiska hänsynstagande har inte gjorts.

1.4 Precisering av frågeställningen

Ryaverket har studerat möjliga orsaker till den stora ökningen av BOD koncentrationen under vintersäsongen 2016, exempelvis:

- ”Anslutningen av Donsö”
- ”Mer slamstörningar på tunnelnätet”
- ”Mer hydrolys i tunnlarna
- ”Förändring i analys av BOD”

Som tidigare nämnts har Ryaverket ännu inte säkert kunnat identifiera orsaken till problemet [3].

2. Bakgrund

2.1 De biologiska parametrarna

Vatten kan ha ett varierande kolinnehåll och det finns en relation mellan dess kolinnehåll och dess biologiska eller kemiska syrebehov. Det innebär att genom olika analysmetoder går att mäta dessa parametrar.

TOC - Total organic carbon, är måttet för den totala kolmängden som finns i vattnet.

Parametern TOC används för att utvärdera vattenkvaliteten och kan ge information om den organiska belastningen i vattnet. Mängden TOC ökas bland annat genom från vattenlevande organismer, mull, torv och från mänsklig aktivitet. Ett högt TOC värde kan innebära problem för både djur och växter [4].

BOD – Biochemical oxygen demand, är ett mått som mäter mängden biologiskt nedbrytbart material som finns i vatten. BOD analyserar syremängden som bakterier eller andra mikroorganismer förbrukar i vattnet då bakterierna främst livnär sig på det organiska materialet som finns i vatten. Ett BOD-test kräver 7 dagar i Sverige och är en särskilt viktig nyckelmätning för avloppsvattnet som ger en tydlig bedömning vilken effekt avloppsvattnet kommer ha på miljön [5]. Ett utgående vattenflöde med ett högt BOD värde skulle därför indikera på att en stor mängd av organiskt material finns tillgängligt i vattnet för bakterier att livnära sig på. Detta skulle kunna leda till syrebrist och skapa förödande konsekvenser för vattenlevande organismer. Därför är det oerhört viktigt för reningsverk att reducera tillräckligt av BOD i avloppsvattnet.

Utsläppsgränsen av BOD från vattenreningsverk i avloppsvattnet kan variera beroende på vilket land men ligger generellt på ca 10 mg/L av BOD.

COD – Chemical oxygen demand, mäter syremängden som förbrukas vid kemisk nedbrytning av organiska föreningar i vattnet [6]. För att ta ett COD-test krävs 2–3 timmar. Oftast har vattenprover alltid ett större COD-värde än BOD-värde eftersom vattnet även innehåller andra typer av oxiderbart material exempelvis kväveföreningar och inte enbart organiska kolföreningar [4] [7].

2.2 Analyismetoder

2.2.1 Size-exclusion chromatography (HPLC-SEC)

Size-exclusion chromatography (SEC) är en analysmetod där molekylerna separeras beroende på deras storlek och vikt. Provet i form av vattenlösning transporteras genom en kolonn som är packad med porösa pärlor. Dessa pärlor kommer avgöra hur fort molekylerna kommer vandra genom kolonnen eftersom kanalerna i pärlorna har olika vidd. Eftersom att de mindre molekylerna kan vandra genom de smala kanalerna i pärlorna får de en längre transportväg medans de större molekylerna vandrar mellan pärlorna och kortare transportväg. Under förloppet kommer därmed de större molekylerna komma först ut och de mindre sist vilket förklarar separationsmekanismen [8] [9].

2.2.2 Fluorometri

Fluorometri används för att analysera och mäta fluorescens i bland annat föreningar, proteiner och nukleotider. Detta görs med hjälp av ett fluorescensmikroskop, spektrofluorometer eller ett flödescytometer. Utrustningen kräver generellt en ljuskälla, ett första filter (här väljs vilken våglängd det exciterade ljuset ska ha), en provlösning i en kyvettbehållare, ett andra filter (för att kunna avskilja det exciterande ljuset från de fotoner som ska emitteras) och ett dektetionssystem.

Analysmetoden fungerar på så sätt att det exciterade ljuset från ljuskällan först når det första filtret vidare genom den transparanta kyvetten med det valda provet, mot en excitationsspegel (som endast kommer föra vidare det ljus som kommer från provet, dvs endast det ljus av utvald våglängd) genom det andra emissionsfiltret och till slut registreras av dektetionssystemet. Vilket mäter hur mycket fluorofor som existerar i provet man analyserar.

Nedanstående punkter är några olika faktorer som kan påverka fluorescensen och mätresultatet.

- Provets pH-värde
- Den exciterade ljusstyrkan
- Beroende hur länge fluoroforen utsätts för ljuset, då de förstörs med tiden [10].

2.3 Verksamheten – Gryaab AB

Sedan 1972 ägs Gryaab av kommunerna Ale, Göteborg, Härryda, Kungälv, Lerum, Mölndal och Partille. Verksamheten ägs till den största delen av Göteborgs stad med ca 71%.

Finansieringen bedrivs genom va-avgiften som kommer från invånarna i ägarkommunerna och från försäljningen av biogasen och värmen som utvunnits från processen. Verksamheten ansvarar för avloppsreningen för Göteborgsområdet och strävar efter att på ett så miljövänligt och effektivt sätt släppa ut ett så rent vatten som möjligt ut i havet [3] [11].

Gryaab bedriver reningsverket Ryaverket sedan 1972 och ansvarar för avloppstunnlarna (en längd på ungefär 12mil) i Göteborgs regionen [3].

2.4 Ryaverkets avloppsvattenreningsprocess

De två huvuduppgifterna för Gryaab AB är att:

1. Genom deras tunnelsystem ska leda avloppsvattnet från tätorterna i Göteborg till Ryaverket.
2. När avloppsvattnet ankommit till Ryaverket ska det behandlas med avseende på nedbrytbart organiskt material, fosfor och kväve. I behandlingen ska även partiklar, föremål och sedimenterbart material avskiljas innan det behandlade avloppsvattnet når slutdestinationen, Göta älvs mynning.

Ryaverket får normalt under ett år ca 60% tillskottsvatten av det totala vatteninflödet. Till dessa 60% räknas dagvatten, dränvatten och inläckande vatten.

Behandlingen av avloppsvattnet på Ryaverket sker på ett fysikaliskt, mekaniskt, biologiskt och kemiskt sätt. (Använd bilden för processschemat över Ryaverket (Figur A.1) från appendix för vidare läsning om reningsprocessen.)

2.4.1 Den fysikaliska och mekaniska reningen

Med hjälp av fyra pumpar bestående av flödesmätare (en utav dem med max kapacitet på 4,7 m³/s och tre utav dem med max kapacitet på 6 m³/s) kan avloppsvattnet pumpas in till reningsverket. Var och en av pumparna är skyddad av ett galler och är utrustad med en rensningsanordning som ska tvätta och pressa rensset, som sedan kommer föras vidare till en förbränningsanläggning. Därefter flödar avloppsvattnet vidare till ett luftat sandfång där vattnet ska avskiljas från stora och fasta partiklar. Från sanden i sandtvätten kommer det organiska materialet att avskiljas och föras vidare till deponi.

Vidare förs avloppsvattnet till tolv fingaller (med ca 2mm spaltvidd) där finrenset återigen ska tvättas och lagras innan det åker vidare till förbränningen. Avloppsvattnet flödar sedan vidare till försedimenteringen som sker i tolv sedimenteringsbassänger (volym på totalt 22 670 m³ och ett flöde på 3,8 m³/s). I försedimenteringen kommer avloppsvattnet att avskiljas från de fasta partiklarna vilket sen räknas som primärslam.

2.4.2 Den biologiska reningen

Avloppsvattnet kan innehålla en mängd kväveföreningar som förekommer främst i form av ammonium. Slammet som avskiljs från avloppsvattnet innehåller mellan 15–20% av kväve medan den resterande del omvandlas från ammonium till kvävgas i reningsprocessen. Målet är att reducera minst 70% av kväve i processen.

Detta görs med hjälp av de två biologiska processerna, nitrifikation och denitrifikation. Det som avgör hur stor mängd kväve som kan reduceras beror på mängden vatten som kan recirkuleras till biobäddarna och beroende vilken kapacitet det aktiva slammet i denitrifikationen och efterdenitrifikationen har.

I den biologiska processen för kemisk fällning använder Ryaverket järn(II)sulfat för fällning av fosfor. Vattnet tillsammans med det upplösta järn(II)sulfatet tillsätts sedan till det försedimenterade vattnet. I luftningsbassängerna får järn(II) sedan oxidera till järn(III)hydroxid, vilket är ett aktivt medel för vad man kallar simultanfällning. För reningsprocessen är aktivslamflockarna en viktig del, därför får utfällt järnfosfat reagera och

tillsats av mindre mängder av olika kemikalier tillsammans med aktivslamflockarna för en bättre process.

Aktivslamprocessen

Efter försedimenteringen flödar vattnet vidare för behandling av den biologiska processen med hjälp av fem pumpar (med max kap på ca $2\text{ m}^3/\text{s}$), vilket i sin tur leder till de tre aktivslambassängerna. Avloppsvattnet måste först blandas med ett så kallat aktivslam tillsammans med det recirkulerade vattnet från biobäddarna (kapacitet på ca $1\text{--}7\text{ m}^3/\text{s}$). Det aktiva slammet är ett koncentrat av bakterier men även andra typer av andra mikroorganismer som uppkommer genom att det pumpas i retur från sedimenteringsprocessen.

När vattnet och slammet fått blandas färdigt rinner flödet genom aktivslambassängerna. Detta steg innebär att de lösta och kolloidala föreningarna i vattnet tas upp med hjälp av bakterier. Detta leder till att bakterierna kan oxidera de organiska föreningarna, vilket ger upphov till mer energi och bakterierna kan lättare föröka sig och bilda nytt aktivt slam. De första 40–60% av dessa tre aktivslambassängvolymerna är konstruerade som en anoxzon, dvs en oluftad zon. I denna zon tvingas bakterierna använda det lösta nitraten från vattnet för respiration istället för syre. Detta bidrar till omvandlingen från nitrat till kvävgas vilket i sin tur tas upp av atmosfären, vilket kallas denitrifikation.

En viktig faktor för att både denitrifikation och efterdenitrifikation ska fungera är tillgången av organiskt material. Därför avloppsvatten i aktivslamprocessen och tillsättning av metanol som organiskt material i efterdenitrifikationen.

I de resterande delarna av aktivslambassängerna får det blandade slammet och vattnet luftas. I denna del bryter bakterierna ner de resterande föroreningarna och respirationen sker som vanligt med hjälp av syre. Bakterierna kan försöka sig och tillgången till nytt aktiv slam kan ständigt tillföras till processen. Processen i aktivslambassängerna kommer att ta ca 1,5 timma.

År med betydligt mer regnperioder kan resultera i att inflödet till reningsverket överstiger $8\text{ m}^3/\text{s}$. Detta är gränsen för vad Ryaverkets aktivslamanläggning kan ta emot för behandling. För att förhindra eventuella översvämningar och överbelastningar i aktivslamanläggningen kan verket istället förbilda den överskottsmängd genom att minska recirkulationsflödet till

aktivslamprocessen vilket sker från eftersedimenteringen. Vid gynnsamma tillfällen kan aktivslamprocessen ta emot uppemot 10 m³/s för behandling, där den kapaciteten är beroende av hur bra det aktiva slammets sedimentationsegenskaper är [3].

Eftersedimentering

Efter att flödet passerat aktivslambassängerna förs vattnet vidare för behandling i eftersedimentering. Processen pågår i ca 3 timmar i 24 tvåvåningsbassänger varav bassängerna innefattar en volym på totalt 72200m³. Under denna tid behandlas det aktiva slammet genom sedimentering och som sedan avskiljs från det nu renade vatten. Majoriteten av det aktiva slammet ska återanvändas genom att recirkulera tillbaka till aktivslambassängerna och resterande del av överskottslammet ska användas i inloppet av försedimenteringsbassängerna. Efter detta steg kommer en mindre mängd av vattenflödet att ledas till skivfilteranläggningen. Det resterande vattenflöde kommer att ledas vidare till biobäddarna och låta en del av vattenflödet recirkulera tillbaka till aktivslamprocessen eller efterdenitrifikationen.

Biobäddarna

Biobäddarna är konstruerade med en totalvolym på 16500m³ och kapacitet på ca 7m³/s biologiskt behandlat avloppsvatten. De är uppdelade i två parallella block där varje biobädd är installerade med tre spridningssystem. Med ett djup på 7,2m är biobäddarna fyllda med massvis små plastmaterial för att ge extra en luft/vatten/plast-kontaktyta vilket ska gynna bakterietillväxten. Syftet med biobäddarna är nitrifikation, dvs oxidera ammonium till nitrat.

Recirkuleringsflödet från eftersedimenteringsbassängerna kommer att pumpas upp ovanför biobäddarnas yta med hjälp av en vattenspridare som ska fördela recirkuleringsflödet jämt över alla biobäddar. Vid behov tillsätts ammoniumrikt rejektvatten som ytterligare energikälla för bakterierna.

Efter behandling i biobäddarna fördelas en del av vattenflödet till aktivslambassängerna och resterande förs vidare till efterdenitrifikationsbassängerna.

Efterdenitrifikationen

Precis som i biobäddarna strävas också i efterdenitrifikationsbassängerna efter en så hög vatten/plast-kontaktyta med hjälp av de små specialtillverkade plastmaterialen. Det delvisa flödet från biobäddarna förs in till efterdenitrifikationen vilket sedan kommer att fördelas jämnt ut över alla bassänger. Bassängerna är konstruerade så att de är uppdelade i sex parallella linjer därav varje linje har en serie med tre bassänger. Alla bassängerna utgör en volym på totalt 11000m^3 med en flödekapacitet på $4,5\text{m}^3/\text{s}$.

De nitratföreningarna som finns i vattnet utnyttjar biofilmerna (som växer på plastmaterialens yta), vilket också är deras främsta syrekälla. Ibland används även metanol som en extern kolkälla. För att maximera tillväxten av biofilmerna tillsätter reningsverket fosforsyra som extra näring vid behov. Detta innebär att nitratföreningarna kan omvandlas till kvävgas och tas upp av atmosfären, vilket ger denitrifikationsprocessen.

Skivfilteranläggningen

Efter behandlingen i efterdenitrifikationen leds flödet vidare mot skivfilteranläggningen. I denna anläggningen avskiljs vattnet och resterande suspenderade ämnen. Reningsverket kan automatiskt styra behovet av antalet skivfilter som ska användas i processen beroende på vilken vattenkvalité som önskas.

Skivfilteranläggningen är uppbyggda utav 32 stycken skivfilter där skivfiltren består av ett flertal filterdukar. Skivfiltren har en kapacitet på $8\text{m}^3/\text{s}$ där varje filterduk har en massvidd på ca $15\mu\text{m}$. För att behålla renligheten hos filterdukarna använder anläggningen av ett spolningssystem med högtrycksdysor. Rengöringen av filterdukarna sker kontinuerligt, oftast utav kemikalier så som saltsyra eller natriumhypoklorit.

Slutdestinationen – Göta älvs mynning

Efter skivfilteranläggningen förs det renade vattnet vidare mot utsläppsdestinationen. Först genom en bergtunnel på ca 825m och tvärsnittsarea på 10m^2 vid Rya Nabbe (strax vid Älvsborgsbron) vidare via två utloppsledningarna på 195m och diamanter på ca 2m. På botten av Göta älv ligger utloppsledningarna och vattnet får slutligen mynnas ut på den norra delen av älven.

2.4.3 Direktfällningsprocessen

Reningsverket har inbyggda vridluckor som är placerade i kanalen efter fingallren och med hjälp av fyra pumpar förs fingallrat vattenflöde mot försedimenteringsbassängerna (uppemot 6 stycken) som har sektionerats av för direktfällning.

Ibland används kemikalier, oftast polyaluminiumklorider tillsammans med polymerer och vatten i syfte för att bilda flockar vilket föroreningarna ska fastna på. Då föroreningarna fastnar i flockarna sker en sedimentering och det bildas ett slam, en reningsprocess som kallas för direktfällning. Vid utfällning av fosfor upptas dessa utav primärslammet och skickas vidare till rötning. För att maximera flockbildningsprocessen har verket även installerat bafflar som är placerade i inloppet av försedimenteringsbassängerna. Direktfällningsprocessen kan variera mellan 0,5–1 timma.

2.4.4 Slamprocessen

Förtjockning

Slambehandlingen följer tre steg, där förtjockning är det första steget i processen. Genom att låta slammet behandlas i fyra bandgravitationsförtjockare resulterar det till att primärslammet förtjockas. Några avgörande faktorer som kan påverka förtjockningsresultatet är bland annat slamegenskaperna, polymererna och mängd.

Det utvinnande rejektvattnet från slambehandlingen förs vidare mot kanalen efter försedimenteringen och det kvarstående förtjockade slammet leds mot biogasanläggningen (rötkammarna) med hjälp av tre pumpar.

Mesofil rötning

Det andra steget av processen sker i biogasanläggningen. Där används bakterier som omvandlar det inkommande förtjockade råslammet till ett mer lättnedbrytbart material, vilket sker i en syrefri miljö. Då slammet bryts ner utvinns en väldigt energirik biogas, vilket för det mestadels består utav metangas och resterande del utav koldioxid. Denna gas utnyttjar verket genom att låta gasen föras vidare till ett gassystem och skickas vidare till Göteborg Energi för behandling till fordons gas.

Biogasanläggningen är konstruerade med två rötkammare som arbetar i seriedrift som ska bibehålla en konstant slamnivå. De två rötkammarna bearbetar slammet med en temperatur på ca 35°C. Dessa är uppbyggda med två betongcylindrar med en konformad topp och är ca 30m i höjd vardera och en totalvolym på 22800m³. I den första rötkammaren kommer slammet cirkulera genom en värmeväxlare vilket ska upphetta slammet med hjälp av varmvatten. Verket använder omrörare och cirkulationspumpar för att få en så jämn fördelning och omblandning som möjligt. Behandlingsprocessen i dessa två rötkammarna tar ca 20 dagar.

Efter behandlingen av slammet i de två rötkammarna pumpas slammet vidare till en tredje (mindre) rötkammare. En cistern gjort av rostfritt stål med ca 20m i höjd och en totalvolym på 4260m³ som kan arbeta med varierande slamnivåer. Vidare pumpas slammet mot en avvattningsutrustning, så kallat slamavvattning.

Centrifugering

I det sista processteget är syftet att avvattna slammet. Verket tillsätter polymerer och låter slammet avvattnas med hjälp av fyra centrifuger. Två utav centrifugerna arbetar med en kapacitet på 50m³/s och resterande två med 30m³/s, vilket resulterar till en TS-halt på ca 25–26%. All rejektvatten som utvinns från processen kan i efterhand återanvändas genom att låta rejektvattnet föras tillbaka till biobäddarna, efterdenitrifikationsprocessen eller återigen till förtjockningsprocessen.

Målet med dessa tre huvudstegen i slamprocessen är att omvandla råslammet till gödsel som kan användas utav jordbruket eller jordtillverkningen. Vilket ska bidra till en mer positiv påverkan av miljön.

2.4.5 Användandet av organiskt avfall

Ryaverket väljer att utnyttja organiskt material så som matrester, fetter och annat liknande från olika restauranger, affärer, fabriker med mera till slamprocessen. Vilket innebär att verket sammanblandar de organiska materialet tillsammans med råslammet innan slambehandlingsprocessen. Kravet att det mottagna materialet inte ska innefatta några problem med att kunna pumpas eller ge någon negativ effekt på slamkvaliteten [3].

3. Metod

I detta avsnitt redogörs förberedelsen av dygnsproverna som gjorts i detta projekt. Alla analysmetoder har genomförts i miljökemilaboratoriet vid institutionen för Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik på Chalmers Tekniska Högskola.

3.1 Provuttagning och förberedelser

Dygnsproverna är tagna år 2016 under en period mellan 18 januari och 3 mars från Ryaverket i Göteborg och har varit frysta (-20°C) i laboratoriet på Chalmers sen dess. Ryaverket har filtrerat dygnsproverna med hjälp av ett glasmikrofiberfilter med porstorlek 1,6 mikrometer. Den 19 mars 2018 tinades alla 63 vattenproverna upp till rumstemperatur för fortsatt studie. Dessa 63 prover avser olika punkter i reningsverket dvs, inflödet till försedimenteringen (IN), flödet efter försedimenteringen (FS) och eftersedimenteringen (ES).

I resultatdelen nämns bl.a. beteckningen 0118, vilket representerar vattenproverna från 18 januari.

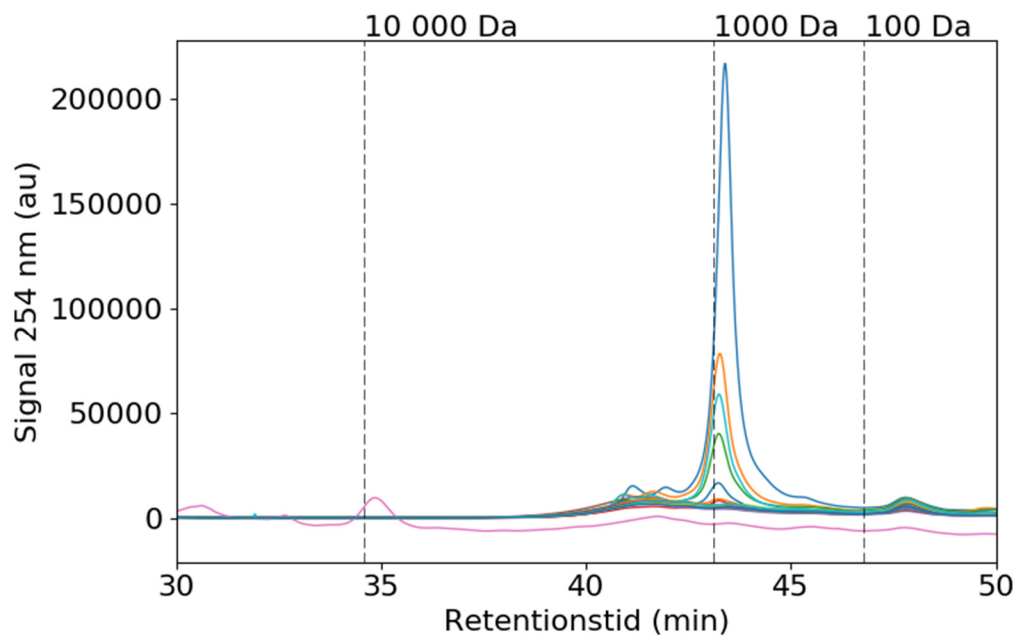
3.2 Genomförandet

- För att kunna utvärdera vattenkvaliteten för dygnsproverna fördes först en bestämd mängd av proverna över till olika behållare. För mätning av TOC tillsattes HCl i syfte att avlägsna CO₂ och endast behålla de organiska föreningarna. I övriga mätningar tillsattes inte någon syra.
- Med hjälp av spektrofotometern gjordes sedan en mätning av absorptionen av ljus för dygnsproverna med den givna våglängden på 254 nm.
- För vidare analys av de olika spektra för respektive prover av IN, FS och ES fördes 1ml filtrerat prov över till olika vialer för mätning av vätskekromatografin (HPLC-SEC). I detta steg användes ett filter med porstorlek på 0,45mikrometer.
- Vidare pipetterades en känd provmängd av dygnsproverna över till olika kyvetter för mätning av fluorescens i proverna. Denna mätning gjordes med hjälp av en fluorometer i laboratoriet.
- Mätning av SUVA parametern: Mättes med hjälp av datan från Abs 254 och TOC. $SUVA = Abs\ 254 / TOC$. Parametern indikerar mängden aromatiska föreningar som finns i vattnet.

4. Resultat och diskussion

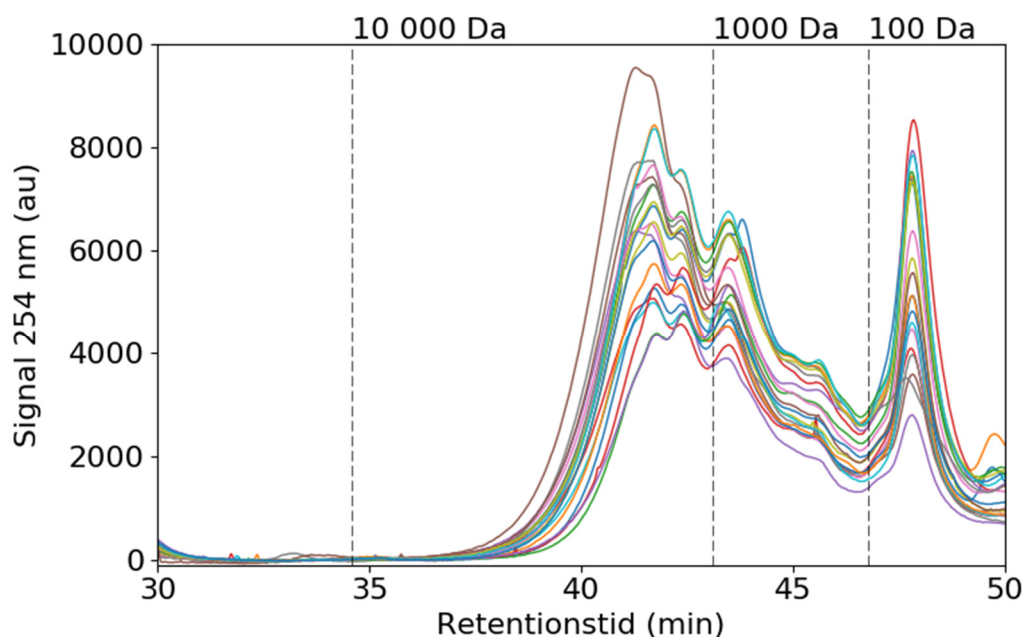
4.1 Analys av HPLC-SEC

Figurerna 1–3 nedan visar resultaten från HPLC där en våglängd på 254nm användes. Figurerna illustrerar respektive spektrum för IN, FS och ES av dygnsproverna där retentionstiden (min) motsvarar en molekylvikt och de lodräta streckade linjerna visar retentionstider för molekyler på 100, 1000 och 10000 Dalton. De större molekyلفöreningar, >500 Dalton motsvarar värdena för tidsintervallet 35–45 min och de mindre molekylerna motsvarar värdena mellan 45–50 min.



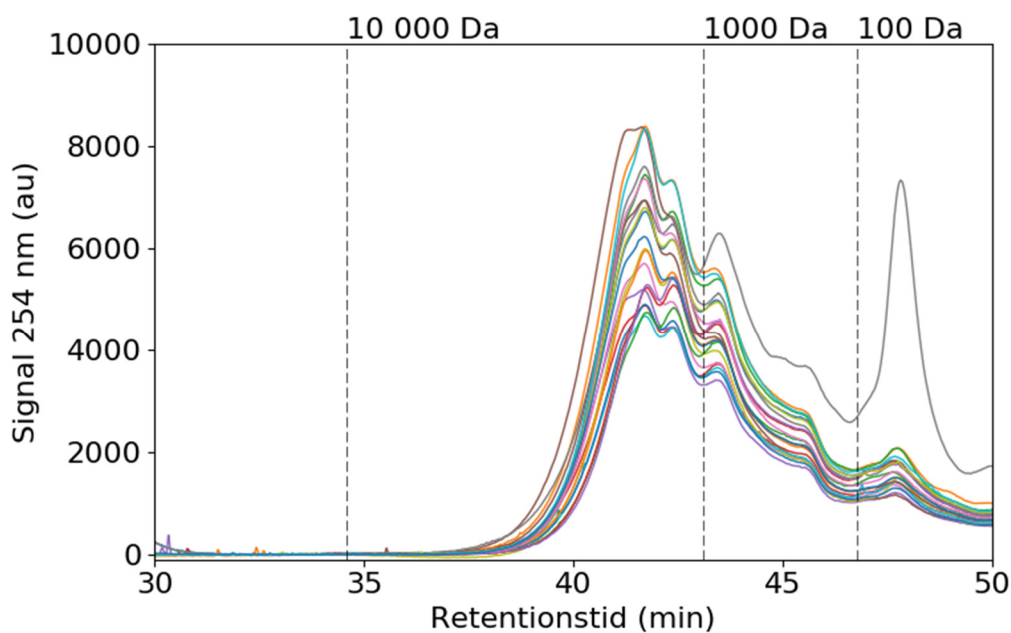
Figur 1. HPLC-analys för IN

I figur 2 för FS visas ett tydligare spektrum där vissa molekyلفöreningar tenderar att absorbera mer ljus än andra i det organiska materialet efter försedimenteringen.



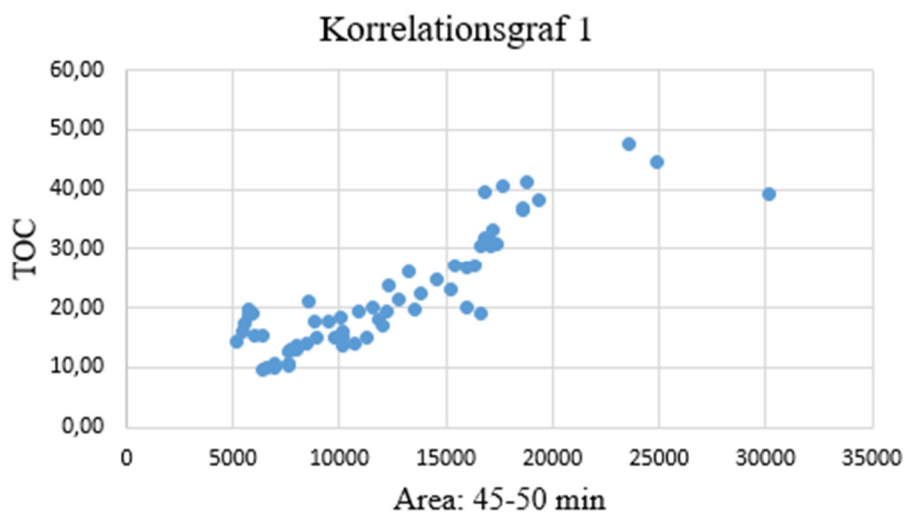
Figur 2. HPLC-analys för FS.

I figur 3 för ES, visar att en stor mängd av de mindre föreningarna av det organiska materialet har kunnat avlägsnas dock inte lika mycket av de större molekylerna. Resultatet från HPLC tyder på att de större molekyلفöreningarna tenderar att vara mer svårnedbrytbara för reningsprocessen.



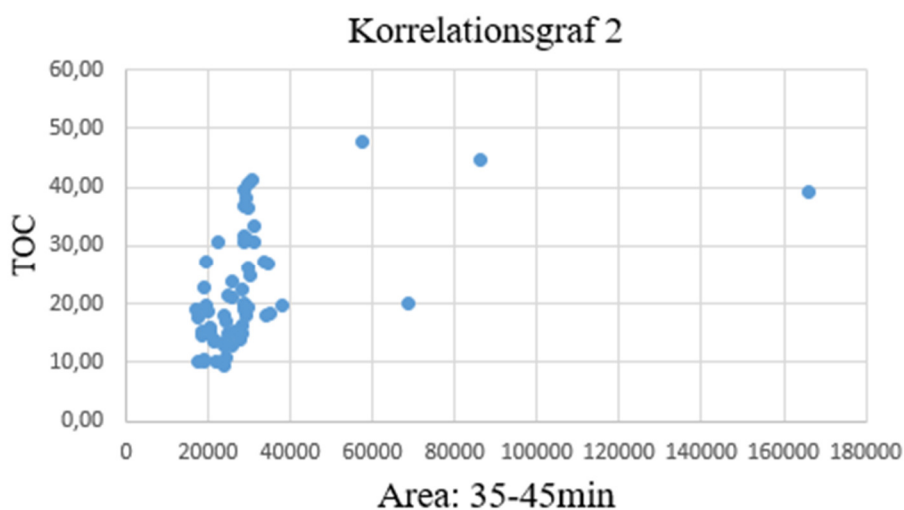
Figur 3. HPLC-analys för ES.

För att göra en analys hur parametrarna för arean under kurvan för de två tidsintervallerna (35-45min och 45-50min) korrelerar mot TOC värdena för IN, FS och ES, plottades respektive korrelationsgrafer upp.



Figur 4. Korrelationsgraf 1 – TOC mot area: 45-50min.

Genom att studera figur 4, visar korrelationsgraf 1 en liknande linjär kurva. Enstaka punkter avviker från den linjära trenden men de flesta punkter följer en linjär kurva. Den linjära kurvan tyder på att en stor del av fraktionen, i detta fall de mindre molekyلفöreningarna (45–50 min) av totala TOC har ett tydligt samband med TOC. Detta visar att area: 45-50min är en bra mätparameter att använda för att mäta mängden TOC i avloppsvatten.

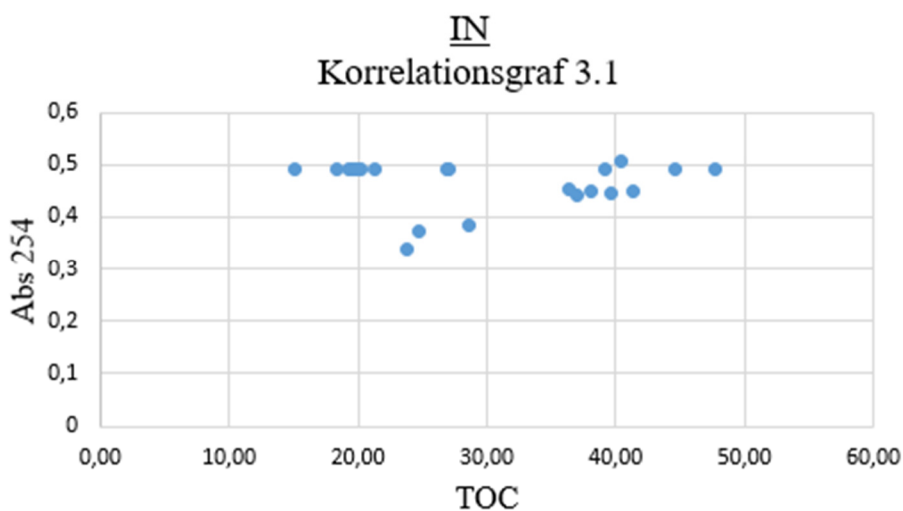


Figur 5. Korrelationsgraf 2 – TOC mot area: 35–45 min.

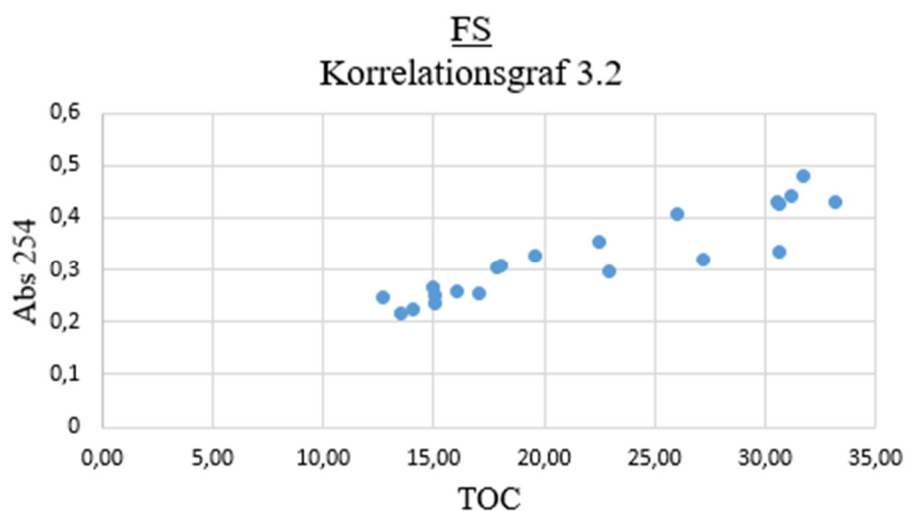
I korrelationsgraf 2, syns dock inget tydligt samband mellan arean för de större molekyلفöreningarna >500 Da (35–45 min) och TOC då ingen linjär korrelationskurva uppstår. Detta kan bero på att de större molekyلفöreningarna endast består av en liten fraktion av totala TOC i vattnet. Vilket resulterar att parametern för större molekyلفöreningarna är ett svårare mått för att mäta mängden TOC jämfört med de mindre.

4.2 Analys av spektrofotometer

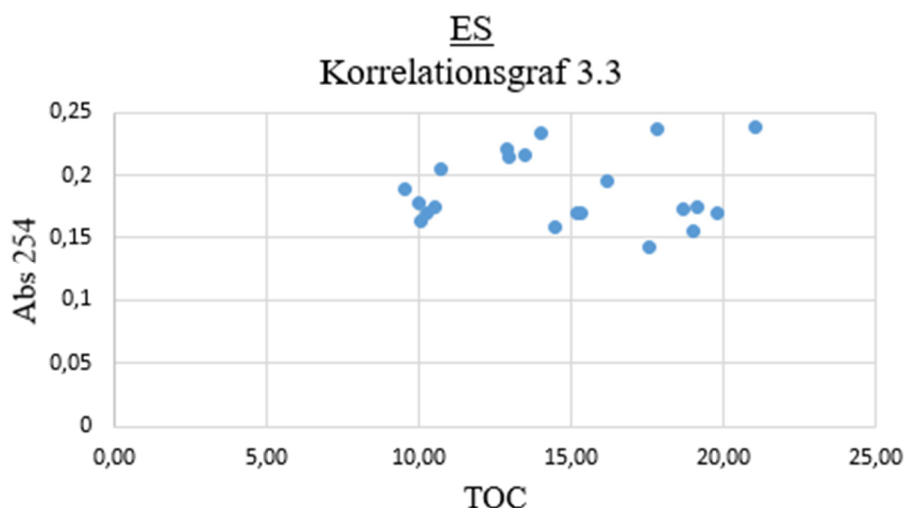
Genom data från spektrofotometern av Abs 254 gjordes ytterligare tre korrelationsgrafer (3.1, 3.2 och 3.3) mellan Abs 254 mot TOC för respektive IN, FS och ES.



Figur 6. Korrelationsgraf 3.1 – Abs 254 mot TOC för IN.



Figur 7. Korrelationsgraf 3.2 – Abs 254 mot TOC för FS.

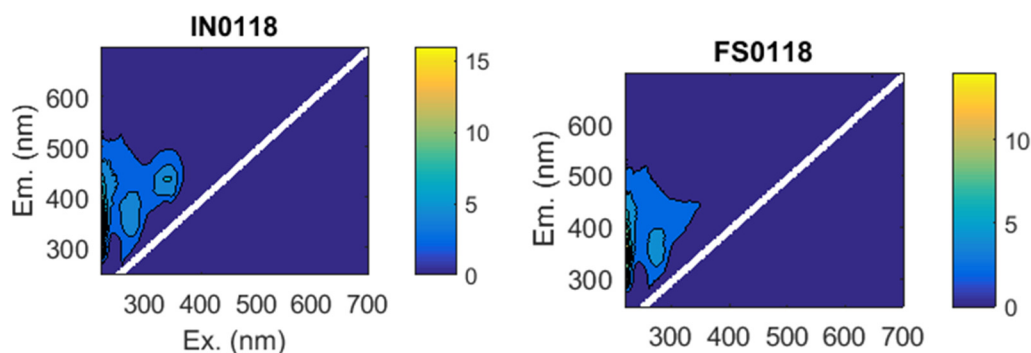


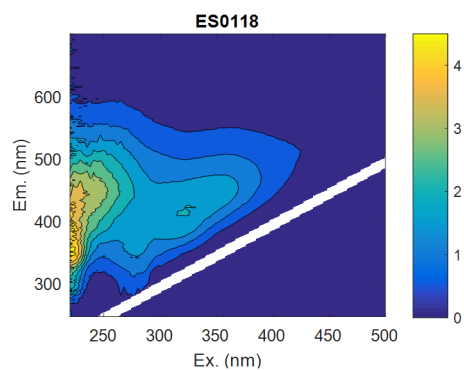
Figur 8. Korrelationsgraf 3.3 – Abs 254 mot TOC för ES.

De ovanstående korrelationsgraferna 3.1, 3.2 och 3.3 visar hur de olika parametrarna korrelerar i förhållande till varandra. I figur 6 (IN) och figur 8 (ES) syns ingen tydlig trend på någon linjär kurva, istället visar parametrarna i figur 7 (FS) på ett mycket bättre samband då en linjär liknande kurva uppstår.

4.3 Analys av fluorescensspektrum

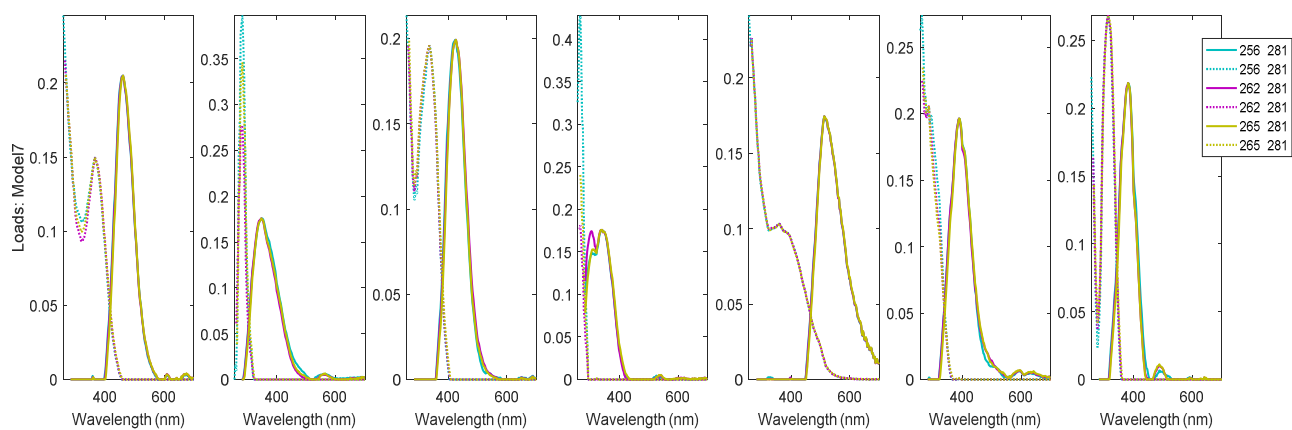
För mätningen av fluorescens i alla dygnsprover användes en våglängd på 240–700 nm för det exciterande ljuset. De olika fluorescensspektrum nedan vid IN, FS och ES från 0118 är ett exempel som visar hur mycket olika föreningar eller komponenter i det organiska materialet i avloppsvattnet tenderar att absorbera av det fluorescerande ljuset. Färgskalan till höger visar ljusintensiteten som de olika komponenterna emitterar. Beroende på de organiska ämnens sammansättning i vattnet tenderar vissa komponenter att emittera ett starkare fluorescerande ljus än andra.





Figur 10. Tre olika spektrum för IN, FS och ES från 0118.

En statistisk modell (PARAFAC) användes för att dela upp fluorescensspektrat i sju olika komponenter. Den nedanstående figuren visar absorbans- och emissionsspektra för de sju komponenterna.



Figur 11. De sju komponenternas spektrum.

4.4 Sammanställning av korrelationstabell

- Nedan är en sammanställning på alla korrelationer mellan parametrarna som studerats med hjälp av data från laboratoriet och Ryaverket. Korrelationskoefficienten kan ha ett värde mellan 1 till -1, där värdet 0 tyder på inget samband, 1 betyder positiv korrelation och -1 betyder negativ korrelation. Ett positivt eller negativt värde indikerar på ett positivt eller negativt samband mellan två parametrar. Det absoluta värdet på korrelationskoefficienten klassificeras enligt tabellen nedan. Fmax1-7 är de sju olika föreningarna/komponenterna från fluorescensanalysen.

Korrelationsvärde	Korrelationsstyrka
0,7 - 1	Maximalt/högt samband
0,4 - 0,7	Medel samband
0 - 0,4	Inget/lågt samband

	Abs254	TOC	SUVA (abs/mg)	Fmax1	Fmax2	Fmax3	Fmax4	Fmax5	Fmax6
Abs254	1	0,73	0,34	0,42	0,62	0,69	0,57	0,75	0,71
TOC	0,73	1,00	-0,37	0,64	0,76	0,86	0,62	0,76	0,86
SUVA (abs/mg)	0,34	-0,37	1,00	-0,29	-0,19	-0,23	-0,06	-0,02	-0,21
Fmax1	0,40	0,63	-0,28	1,00	0,92	0,77	0,90	0,44	0,70
Fmax2	0,61	0,76	-0,19	0,92	1,00	0,90	0,92	0,71	0,86
Fmax3	0,69	0,86	-0,23	0,75	0,89	1,00	0,69	0,86	0,99
Fmax4	0,57	0,62	-0,06	0,91	0,91	0,69	1,00	0,43	0,62
Fmax5	0,80	0,83	-0,04	0,44	0,71	0,86	0,48	1,00	0,92
Fmax6	0,74	0,91	-0,21	0,70	0,86	0,99	0,65	0,92	1,00
Fmax7	-0,53	-0,34	-0,22	0,35	0,02	-0,24	0,21	-0,67	-0,36
BOD filtr	0,66	0,95	-0,40	0,43	0,57	0,74	0,41	0,73	0,76
TOC filtr	0,73	0,99	-0,34	0,60	0,73	0,85	0,58	0,77	0,86
COD filtr	0,70	0,98	-0,39	0,55	0,67	0,81	0,53	0,73	0,82
Totalt inflöde	-0,18	-0,48	0,38	-0,86	-0,74	-0,62	-0,64	-0,25	-0,53
Slamflöde	0,06	-0,11	0,20	-0,25	-0,23	-0,28	-0,03	-0,16	-0,27
area_35-45	0,45	0,46	0,01	0,30	0,27	0,16	0,37	0,07	0,13
area_45-50	0,76	0,88	-0,16	0,58	0,71	0,77	0,59	0,71	0,77

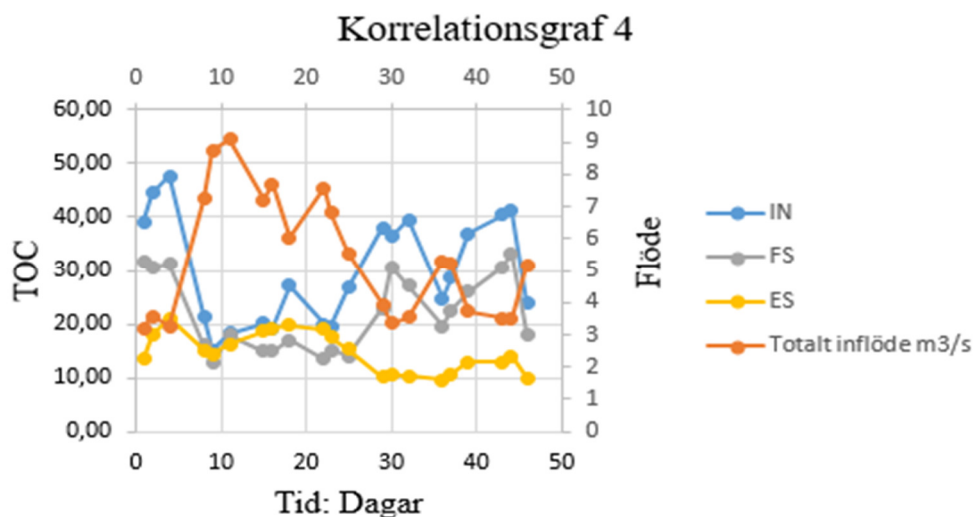
Tabell 1. En sammanställning på korrelationerna mellan parametrarna.

	Fmax7	BOD filtr	TOC filtr	COD filtr	Totalt infl	Slamflöde	area_35-4	area_45-5	Fmax6
Abs254	-0,44	0,66	0,73	0,70	-0,18	0,06	0,45	0,76	0,71
TOC	-0,24	0,95	0,99	0,98	-0,48	-0,11	0,46	0,88	0,86
SUVA (abs/(mg·m))	-0,23	-0,40	-0,34	-0,39	0,38	0,20	0,01	-0,16	-0,21
Fmax1	0,35	0,40	0,59	0,52	-0,86	-0,29	0,26	0,57	0,70
Fmax2	0,02	0,57	0,73	0,68	-0,74	-0,25	0,36	0,75	0,86
Fmax3	-0,25	0,74	0,85	0,81	-0,62	-0,28	0,16	0,77	0,99
Fmax4	0,26	0,41	0,58	0,53	-0,64	-0,03	0,37	0,59	0,62
Fmax5	-0,67	0,80	0,85	0,81	-0,28	-0,14	0,40	0,88	0,92
Fmax6	-0,36	0,81	0,90	0,87	-0,55	-0,26	0,38	0,90	1,00
Fmax7	1,00	-0,49	-0,40	-0,41	-0,46	-0,16	-0,22	-0,42	-0,36
BOD filtr	-0,38	1,00	0,95	0,97	-0,29	-0,09	0,44	0,83	0,76
TOC filtr	-0,30	0,95	1,00	0,98	-0,43	-0,09	0,45	0,87	0,86
COD filtr	-0,30	0,97	0,98	1,00	-0,39	-0,07	0,47	0,88	0,82
Totalt inflöde	-0,48	-0,29	-0,43	-0,39	1,00	0,45	-0,17	-0,47	-0,53
Slamflöde	-0,09	-0,09	-0,09	-0,07	0,45	1,00	0,17	-0,08	-0,27
area_35-45	0,16	0,44	0,45	0,47	-0,17	0,17	1,00	0,66	0,13
area_45-50	-0,22	0,83	0,87	0,88	-0,47	-0,08	0,66	1,00	0,77

Tabell 2. En sammanställning på korrelationerna mellan parametrarna.

Genom att studera Tabell 1 och 2 ovan, visar tabellerna att parametrarna Fmax 3,5 och 6 framförallt har en hög korrelation med de andra parametrarna. Då de tre komponenterna mättes med hjälp av fluorometrin betyder att denna analysmetod eventuellt skulle kunna användas för snabbare och enklare mätning av BOD. Eftersom mätning av BOD, TOC och COD är mer komplext och tidskrävande har tabellerna visat att fluorometrin istället hade kunnat användas för vidare mätning av BOD eller TOC då den gav goda resultat. Även användandet av spektrofotometern visade parametern Abs 254 på en relativt hög korrelation med de andra parametrarna och att även denna analysmetod möjligtvis hade kunnat användas för att mäta BOD eller TOC men att fluorometrin är definitivt något som bör användas.

Nedan visas även korrelationsgraf 4 vilket är en sammanställning av fyra olika kurvor för TOC värdena för IN, FS, ES och totaltflöde mot tid/provtagningsdagar. Figur 9 visar ett samband hur de olika parametrarna varierar mellan provdagarna.

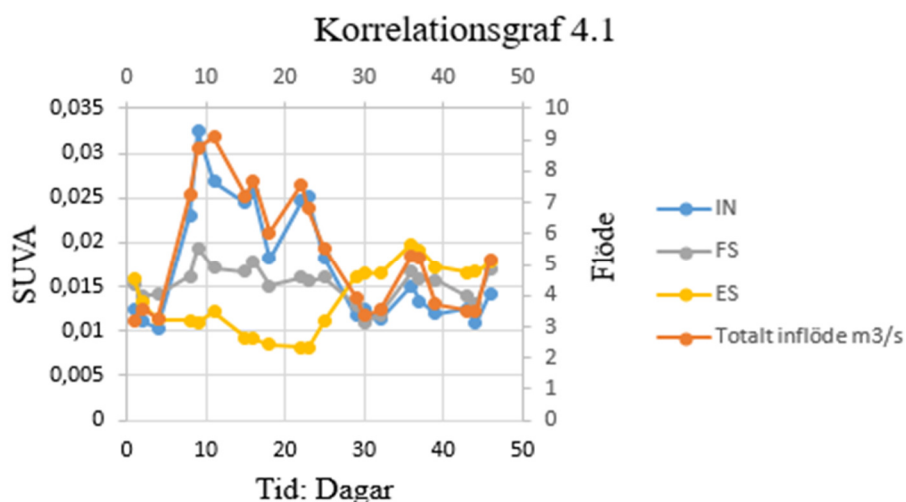


Figur 9. Korrelationsgraf 4 – TOC för IN, FS, ES och totaltflöde mot tid.

Genom att studera respektive kurva i figur 9, visar det generellt att en ökning av det totala inflöde som förs till reningsverket bidrar till en lägre koncentration av TOC, speciellt för IN och FS. ES-kurvan visar också en minskning av TOC koncentrationen när det totala inflödet ökar men tenderar även i vissa fall öka.

En förklaring till IN och FS-kurvan kan bero på mängden regn som reningsverket även behandlar som bidrar till ett större inflöde till reningsverket. Denna extra mängd kan komma att späda ut mängden TOC i vattnet vid de olika tillfällena i reningsprocessen vilket förklarar varför IN och FS kurvorna beter sig som de gör. ES-kurvan har visat på en ganska jämn TOC-koncentrationskurva. Förklaringen till varför TOC-koncentrationen för ES-kurvan vid vissa tillfällen tenderar att öka, speciellt under februari kan bero på tillförseln av ammonium i biobäddarna. Då användandet av ammonium kan frigöra mer organiskt material i vatten. En annan förklaring är omvandlingen till nytt organiskt material som bildats vid andra olika tillfällen i reningsprocessen. Sammanfattningsvis minskade ingående koncentrationen av TOC men att utgående koncentration var ungefär lika hög. Grafen visade att ett ökande inflöde till verket bidrog till en minskad reningsprocent, vilket tyder på att verket istället missgynnades av inkommande regnvatten.

I Korrelationsgraf 4.1 nedan visas även sambandet mellan parametern **SUVA** för IN, FS, ES och totalt inflöde mot tid. (**SUVA**: (Mäts genom Abs 254 / TOC) – Ger en indikation på mängden aromatiska föreningar som finns i vattnet). Resultatet visar att mängden aromatiska föreningar i avloppsvattnet vid inflödet är beroende av det totala inflödet till reningsverket. För övrigt visar kurvorna för FS och ES att de aromatiska föreningarna i vattnet kunnat reducerats bortsett från SUVA-ökningen under februari för ES-kurvan. Orsaken kan även här bero på omvandling till nya aromatiska föreningar som förts in till eftersedimenteringen.



Figur 10. Korrelationsgraf 4.1 – SUVA för IN, FS, ES och totalflöde mot tid.

5. Slutsats

Resultaten har visat på att bakterierna i aktivslamprocessen och behandlingen i eftersedimentering tenderade att ha en sämre biologisk nedbrytning av de större molekyلفöreningarna av den totala mängden organiskt material i avloppsvattnet. Reningsprocessen verkar även missgynnas av regnperioderna då TOC-koncentrationen under förloppet visade på en ungefär lika hög koncentration av TOC vid inflödet som vid utflödet. Dock visade korrelationsgraferna en tydlig ökning av TOC och aromatiska föreningar under februari efter eftersedimenteringen. Detta kunde bero på verkets behov av att tillsätta ammonium i biobäddarna som kunnat orsaka bildandet till nytt organiskt material i vattnet. En annan generell förklaring är inflödet till verket som kunnat innehålla en viss mängd TOC vilket reningsverket säkerligen kunnat avlägsna men att någonstans i behandlingen även omvandlats till nya organiska föreningar som inte kunnat reducerats.

Med hjälp av data från Ryaverket, analysresultaten från laborationerna och korrelationsgraferna/-tabellerna har resultaten visat att parametrarna som gav störst korrelationssamband och därmed bör användas för mätningen av TOC eller BOD i avloppsvatten är:

- **Tre av komponenterna (Fmax3, 5 och 6),**
- **BOD filtr, TOC filtr och COD filtr**
- **Area: 45–50 min**
- **TOC**
- **Abs 254**

Eftersom mätningen av BOD, TOC och COD är relativt tidskrävande och komplicerade visar resultatet att fluorometrin och varit den effektivaste analysmetoden då den var minst krävande av alla mätningar men som ändå gav ett bra korrelationsresultat för komponenterna Fmax-3-5 och 6. Även spektrofotometern som också var väldigt praktiskt att använda för mätning gav goda resultat för parametern Abs 254.

Olyckligtvis var datan för **BOD filtr, TOC filtr och COD filtr** för ES från Ryaverket under en viss tidsperiod ej representativa vilket kan ha påverkat slutresultatet. En korrelationsstudie av BOD filt för IN, FS, ES och totalt inflöde mot tid hade en viktig del i resultaten vilket hade givit en tydlig ändring av BOD-koncentrationen under processen men fick tyvärr uteslutas. Orsaken till varför datan inte var representativ nämndes aldrig av Ryaverket.

5.2 Förslag om framtida studier

- Ytterligare studier hade möjligtvis kunnat göras, exempelvis att under en viss period prova olika typer eller konstruera om de nuvarande plastmaterial som används i biobäddarna och efterdenitrifikationen då en större kontaktyta på plastmaterialet vilket ökar tillväxten av bakterier.
- Andra analysmetoder borde testas för att möjligtvis hitta ännu smidigare metoder att mäta BOD än fluorometern.
- Eventuellt kan ännu fler prover tas i flera delar av reningsprocessen för bättre och säkrare resultat än ovan.

6. Referenser

- [1] Göteborgsstad, "Goteborgsstad.se," 22 5 2018. [Online]. Available: <http://goteborg.se/wps/portal/start/vatten-och-avlopp/avlopp/vad-ar-avloppsvatten>. [Använd 28 5 2018].
- [2] Naturvårdsverket, "Naturvårdsverket.se," 19 9 2017. [Online]. Available: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Vatten/Avloppsvatten/> . [Använd 28 5 2018].
- [3] Videbris, "Miljörapport Ryaverket - Avser avloppsreningsverket Ryaverket," Gryaab, Göteborg, 2016.
- [4] Naturvårdsverket, "Naturvårdsverket.se," 2009. [Online]. Available: <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/Ovriga-organiska-amnen/Totalt-organiskt-kol/>. [Använd 2 4 2018].
- [5] L. R. S. Jouanneau, "Methods for assessing biochemical oxygen," *Water resarch*, vol. 49, p. 62, 2014.
- [6] Göta Älvs vattenvårdsförbund, "Götaälsvattenvårdsförbund.se," Göta Älvs vattenvårdsförbund, 30 3 2016. [Online]. Available: <http://www.gotaalvvvf.org/resultat/begreppsforklaringar/cod.4.271d6b7512e53cf0cf98000854.html>. [Använd 24 3 2018].
- [7] Envirolab, "Envirolab.com," 2016. [Online]. Available: <https://envirolab.com.au/downloads/editor/fact-sheet-carbon-analysis-and-oxygen-demand.pdf>. [Använd 4 4 2018].
- [8] B. Barth.H.G, "Size exclusion chromatography," *American chemical society*, vol. 64, nr 12, p. 428, 1992.
- [9] K. K.Ngay, *Medical Applications of Mass Spectrometry*, Hungary: Chemical Research Center, 2008, pp. 73-75.
- [10] K. Holmgren Peterson, "Biomedicinskanalytiker.se," Linköpings Universitet, 8 2 2014. [Online]. Available: <https://biomedicinskanalytiker.org/2014/03/25/fluorescens-och-fluorometri/>. [Använd 15 4 2018].
- [11] Gryaab, "Gryaab.se," 2018. [Online]. Available: <http://www.gryaab.se/om-gryaab/> . [Använd 5 4 2018].

7. Appendix

En tydligare överblick hur parametrarna korrelerar med varandra redogörs i resultattabell A.1.

Parameter	Inget/lågt samband	Medel samband	Maximalt/högt samband
Abs 254	SUVA, Fmax1, totalt inflöde, slamflöde	Fmax 3–7, BOD filtr, Area: 35–45	TOC, Fmax 5–6, TOC filtr, COD filtr, area: 45-50
TOC	SUVA, Fmax1, Fmax7, slamflöde	Fmax1, Fmax4, totalt inflöde, area: 35–45	Abs 254, Fmax2,3,5,6, BOD filtr, TOC filtr, COD filtr, area: 45-50
SUVA	Abs 254, TOC, Fmax1-7, TOC filtr, COD filtr, totalt inflöde, slamflöde, area: 35–45, area: 45-50min	BOD filtr	
Fmax1	SUVA, Fmax7, slamflöde, area: 35–45	Abs 254, TOC, Fmax5, BOD filtr, TOC filtr, COD filtr, area:45-50	Fmax2-4, Fmax 6, totalt inflöde
Fmax2	SUVA, Fmax7, slamflöde, area: 35–45	Abs 254, BOD filtr, COD filtr,	TOC, Fmax1,3-6, TOC filtr, totalt inflöde, area: 45-50
Fmax3	SUVA, Fmax7, slamflöde, area: 35–45	Abs 254, Fmax4, totalt inflöde	TOC, Fmax1-2,5,6, BOD filtr, TOC filtr, COD, filtr, area: 45-50
Fmax4	SUVA, Fmax7, slamflöde, area: 35–45	Abs 254, TOC, Fmax3,5,6, BOD filtr, TOC filtr, COD filtr, totalt inflöde, area: 45–50	Fmax1-2
Fmax5	SUVA, totalt inflöde, slamflöde	Fmax1,4,7, area: 35–45	Abs 254, TOC, Fmax2-3,6, BOD filtr, TOC filtr, COD filtr, area: 45-50
Fmax6	SUVA, Fmax7, slamflöde, area: 35–45	Fmax4, totalt inflöde	Abs 254, TOC, Fmax1-3,5, BOD filtr, TOC filtr, COD filtr, area: 45-50min

Fmax7	SUVA, Fmax1-4,6, slamflöde, area: 35–45	Abs 254, TOC, Fmax5, BOD filtr, TOC filtr, COD filtr, totalt inflöde, area: 45–50	
BOD filtr	Fmax7, totalt inflöde, slamflöde	Abs 254, SUVA, Fmax1- 2,4, area: 35–45	TOC, Fmax3,5,6, TOC filtr, COD filtr, area: 45-50
TOC filtr	SUVA, Fmax7, slamflöde	Fmax1,4, totalt inflöde, area: 35–45	Abs 254, TOC, Fmax2- 3,5,6, BOD filtr, COD filtr, area: 45-50
COD filtr	SUVA, Fmax7, totalt inflöde, slamflöde	Fmax1-2,4, area: 35–45	Abs 254, TOC, Fmax3,5,6, BOD filtr, TOC filtr, area: 45-50
Totalt inflöde	Abs 254, SUVA, Fmax5,7, COD filtr, area: 35-45	TOC, Fmax3-4,6-7, TOC filtr, slamflöde, area: 45– 50	Fmax1-2
Slamflöde	Abs 254, TOC, SUVA, Fmax1-7, BOD filtr, TOC filtr, COD filtr, area: 35-45, area: 45-50	Totalt inflöde	
Area: 35-45min	SUVA, Fmax1-7, totalt inflöde, slamflöde	Abs 254, TOC, BOD filtr, TOC filtr, COD filtr, area: 45-50	
Area: 45-50min	SUVA, Fmax7, slamflöde	Fmax1,4, totalt inflöde, area: 35–45	Abs 254, TOC, Fmax2- 3,5-6, BOD filtr, TOC filtr, COD filtr,

Tabell A.1. Resultattabell över parametrarnas korrelationssamband.

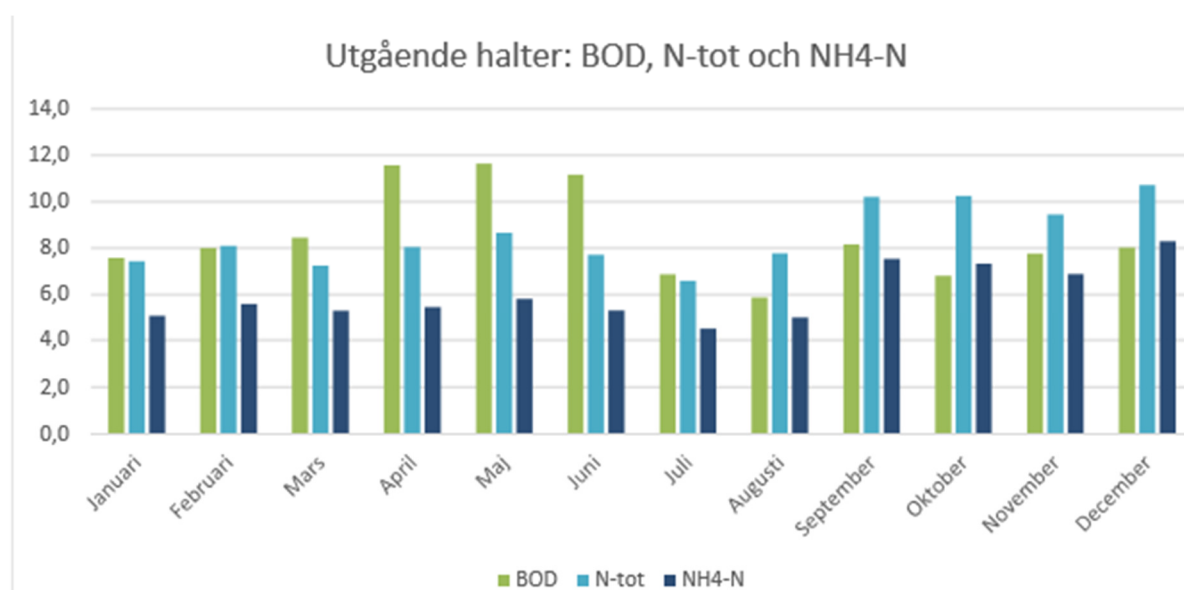
Ryaverket - Processchema
Rya WWTP - Process schematic

The diagram illustrates the wastewater treatment process at Rya WWTP, starting from the Götå älv (Göta älv) river and ending with sludge disposal. Key components include:

- Primary Treatment:** Primary settling tanks, followed by sand and fine bar screens, and a coarse bar screen.
- Secondary Treatment:** Activated sludge tanks, followed by secondary settling tanks.
- Sludge Handling:** Sludge is collected from primary and secondary settling tanks, passing through a sand trap, a fine bar screen, and a coarse bar screen before being pumped to the sludge dewatering stage.
- Sludge Dewatering:** Sludge is processed through a series of presses (Press, Press, Press) and a filter (Filtreringsfilter) to produce a thickened sludge cake.
- Sludge Disposal:** The thickened sludge cake is transported via a conveyor system to a sludge dewatering unit (Sludgedröjningsanläggning) and then to a sludge storage tank (Sludgelager).
- Water Treatment:** Wastewater is treated through a series of biological processes (Bakteriell uppgräddning, Biogas uppgräddning) and a gas holder (Gasålskåpa) before being discharged into the Götå älv river.
- Effluent Treatment:** The treated effluent is pumped through a series of filters (Filtreringsfilter) and a sand trap (Sandfälla) before being discharged into the Götå älv river.

Månadsmedelvärden								
Utgående vatten								
	P-tot		BOD		N-tot		NH4-N	
	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%
Januari	0,21	93,9	7,6	93,6	7,4	66,1	5,0	64,5
Februari	0,18	94,0	8,0	94,0	8,1	63,8	5,6	62,7
Mars	0,28	92,0	8,5	95,0	7,3	74,0	5,3	71,4
April	0,26	92,8	11,6	94,1	8,1	70,3	5,5	69,0
Maj	0,28	94,6	11,6	95,6	8,7	78,3	5,8	78,3
Juni	0,27	94,3	11,2	96,2	7,7	78,2	5,3	77,9
Juli	0,17	95,9	6,9	97,1	6,6	77,6	4,5	77,9
Augusti	0,17	96,1	5,9	97,6	7,8	76,7	5,0	77,9
September	0,23	95,3	8,2	97,1	10,2	73,5	7,5	72,4
Oktober	0,22	95,1	6,8	97,0	10,3	72,3	7,3	73,1
November	0,17	94,5	7,8	95,4	9,5	62,6	6,9	59,0
December	0,18	95,2	8,0	95,9	10,7	63,1	8,3	58,6

Tabell A.2. Månadsmedelvärden för utgående vatten från Ryaverket 2016.



Stapeldiagram A.1. Utgående halter under året.