

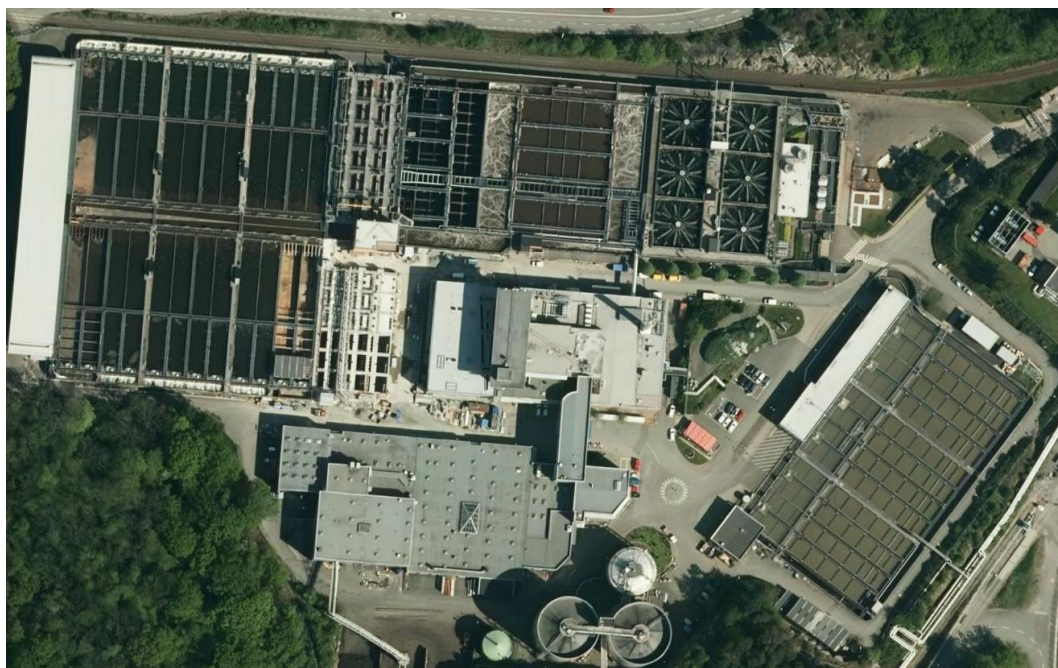
2023-11-06

UKM

Susanne Tumlin, Dag Lorick

Gryaab AB, Box 8984, 402 74 Göteborg, [031-64 74 00](tel:031-647400), gryaab.se

Bilaga B.04.02 Rening av organiska mikroföroreningar på Ryaverket



Sammanfattning

Gryaab har sedan slutet av 1980-talet bedrivit forskning och utveckling i samarbetsprojekt som rör mikroföroreningars förekomst, källor och nedbrytning samt deras transport i avloppsvatten, slam och reningsverk.

Under 2022 genomförde Gryaab en utredning för att kartlägga reduktionen av mikroföroreningar som kommer till Ryaverket samt dess påverkan på recipienten. Reningsgraden av mikroföroreningar varierar idag beroende på vilken mikroförorening som avses; vissa ämnen reduceras i hög grad (t.ex. paracetamol) medan andra reduceras i låg grad (t.ex. citalopram).

För närvarande testas granulerat aktivt kol (GAK) i en pilotanläggning på Ryaverket. Tidigare har även ozonering testats i pilotskala.

De tekniska och ekonomiska förutsättningarna, samt de förväntade miljöeffekterna för att införa specifika processteg för rening av mikroföroreningar har utretts. Ozonering eller granulerat aktivt kol är i dagsläget de mest attraktiva alternativen. Metoder för rening av mikroföroreningar har nackdelar i form av stor resursåtgång (elenergi för ozonering, kol för granulerat aktivt kol), arbetsmiljörisker med mera.

I dagsläget bedöms det inte motiverat att införa något specifikt processteg för rening av mikroföroreningar. Gryaab följer dock noga utvecklingen kring avloppsvattendirektivet och kommer under 2024 att konsekvensbedöma det slutliga direktivet när det finns på plats.

1. Innehåll

1.	Innehåll	3
2.	Inledning.....	4
3.	Bakgrund	4
	Effekter på miljön.....	4
4.	Omvärldsbevakning.....	5
	Nytt avloppsvattendirektiv	5
	Beställargrupp för minskade utsläpp av läkemedelsrester, mikroplaster och andra föroreningar via avloppsreningsverk, Svenskt Vatten.....	5
	VA-teknik Södra	5
	RESVAV (REning av SVårnedbrytbara ämnen från AVloppsvatten).....	6
	Läkemedelsrening vid avloppsreningsverk, Naturvårdsverkets utlysning.....	6
5.	Mikroföroreningar till, inom och från Ryaverket	6
	Recipientutredning 2022–2023	7
	Resultat	8
6.	Mikroplaster	10
7.	Förstudie om teknik för rening av läkemedelsrester	12
	Ozonering.....	13
	PAK.....	14
	GAK.....	15
	Kostnader.....	16
	Hållbarhetsanalys	16
8.	Pilottester av specifika metoder för rening av mikroföroreningar på Ryaverket.....	17
9.	Slutsatser.....	18
10.	Referenser.....	19

2. Inledning

Syftet med denna redogörelse är att beskriva reningen av mikroföroreningar på Ryaverket idag och de tekniska och ekonomiska förutsättningarna, samt den förväntade miljöeffekten, för ytterligare rening av mikroföroreningar i framtiden.

3. Bakgrund

Gryaab har bedrivit forskning och utveckling i flera samarbetsprojekt angående mikroföroreningars förekomst, källor och nedbrytning samt deras transport i avloppsvatten, slam och reningsverk sedan slutet av 1980-talet.

I Ryaverkets nuvarande tillstånd som togs i anspråk 1 januari 2021 ingår ett utredningsvillkor, U1, där samhällets påverkan på recipienten via Ryaverket avseende ett antal ämnen ska utredas. Utredningen ska också omfatta vilka åtgärder som eventuellt krävs för att verksamheten inte ska försämra möjligheten att uppnå miljö kvalitetsnormer. Gryaab startade utredningen år 2021 vilken omfattar mätningar i recipienten samt i inkommande och utgående vatten från Ryaverket under ett år. Hela U1 kommer att redovisas separat, men vissa resultat redovisas även här.

Effekter på miljön

Det är tydligt att utsläpp vid *tillverkning* av läkemedel globalt orsakar stora miljöproblem. Problemen vid tillverkning varierar kraftigt, beroende på vad som tillverkas, hur avloppsvattnet hanteras och hur den lokala miljön är. Det är också tydligt att utsläppen vid *användning* av läkemedel kan orsaka lokala miljöproblem vid utsläpp av avloppsvatten. Vid användning bryts inte alla läkemedel ner i människo- eller djurkroppen fullständigt utan utsöndras mestadels med urin. Avskiljningen av humanläkemedel i avloppsreningsverk varierar stort; från fullständig reduktion till mer eller mindre ingen påverkan av reningsprocesserna.

De eventuella skadliga effekterna på miljön är i huvudsak desamma som de effekter som läkemedlet var avsett för att åstadkomma på människan eller djuret. Bland olika vattenlevande organismer är det främst fiskar som har flertalet receptorer som liknar människors, och läkemedlen fungerar just på dessa receptorer. Påverkan är, liksom för människan, beroende av vilken dos/koncentration organismen utsätts för. Det är därför

som tydligast effekter på fisk kunnat ses där en liten recipient får ta emot avloppsvatten från en stor stad (Larsson, J. 2015).

Tester på Ryaverkets utgående vatten 2016 visade att bioackumulerbarheten är låg och att det renade, utgående avloppsvattnet inte har någon negativ effekt på alger, kräftdjur och fisk (Hansson et al., 2016).

4. Omvärldsbevakning

Genom deltagande i samarbeten och samverkansprojekt bedriver Gryaab en omfattande omvärldsbevakning av läget avseende förekomst och rening av mikroföroreningar i avloppsvatten. Nedan följer ett axplock av samarbeten och projekt som Gryaab deltar, eller har deltagit i, de senaste åren.

Nytt avloppsvattendirektiv

EU-kommissionen lämnade ett förslag på nytt direktiv för rening av avloppsvatten från tätbebyggelse i oktober 2022. Gryaab har tillsammans med andra VA-organisationer, branschorganisationen Svenskt Vatten och den europeiska branschorganisationen EurEau arbetat tätt tillsammans för att belysa hur detta kommer påverka avloppsreningsverken i flera decennier framöver. Ett nytt direktiv förväntas vara på plats under 2024. Gryaab följer noga utvecklingen och kommer att konsekvensbedöma det slutliga direktivet när det finns på plats.

Beställargrupp för minskade utsläpp av läkemedelsrester, mikroplaster och andra föroreningar via avloppsreningsverk, Svenskt Vatten

Genom detta rikstäckande samarbetsforum håller sig Gryaab uppdaterade med den senaste utvecklingen för läkemedelsrening på svenska avloppsreningsverk. Målet med beställargruppen är att bidra till en kostnadseffektiv introduktion av tekniker för avancerad rening av läkemedelsrester och andra föroreningar.

VA-teknik Södra

Inom forskningsklustret VA-teknik Södra samverkar Gryaab med andra VA-organisationer, universitet och företag för att finna lösningar till framtidens

vattenutmaningar för svenska kommuner och vattentjänstbolag. Detta forum inkluderar, men är inte begränsat till, rening av mikroföroreningar från avloppsvatten. I samverkan med parter i detta forum har många tekniska frågetecknen kring rening av mikroföroreningar kunnat rätas ut. Exempelvis har frågan om hur effektiv biologisk rening i biofilmsprocesser är klargjorts genom ett FORMAS-doktorandprojekt i Chalmers regi. Andra exempel på utredningar är hur pulveriserat aktivt kol fungerar i biofilmsprocesser och toxiska effekter av bromid som uppkommer vid ozonering.

RESVAV (REning av SVårnedbrytbara ämnen från AVloppsvatten)

Inom ramen för Havs- och vattenmyndighetens projekt för utveckling av reningsteknik i syfte att minska utsläpp av läkemedelsrester och andra svårnedbrytbara föroreningar från kommunala avloppsreningsverk (2014–2017), deltog Gryaab i samverkan med olika aktörer inom VA-teknik Södra i projektet RESVAV. Syftet var att utveckla processer och etablera dimensionskriterier för rening av mikroföroreningar såsom läkemedelsrester. RESVAV hade huvudfokus på ozonering och i hela projektet täcktes de tekniker som då var aktuella. Gryaab och Lunds Tekniska Högskola ansvarade för slutrapporten från hela Havs- och vattenmyndighetens projekt (Cimbritz och Mattsson, 2018).

Läkemedelsrening vid avloppsreningsverk, Naturvårdsverkets utlysning

Gryaab tog del av medel från Naturvårdsverkets utlysning för förstudier av läkemedelsrening. Resultatet från förstudien, som bedrevs 2019–2020, beskrivs i avsnittet ”Tekniska möjligheter och begränsningar på Ryaverket” nedan.

5. Mikroföroreningar till, inom och från Ryaverket

I samband med att gällande tillstånd togs i anspråk ålades Gryaab att utreda Ryaverkets påverkan avseende diverse mikroföroreningar. Dels ålade Miljöprövningsdelegationen (MPD) Gryaab att utreda påverkan avseende sju ämnen i ett utredningsvillkor. Så här formulerades detta utredningsvillkor:

”Utredning av hur utsläppen kan minska och vilka åtgärder som krävs för att verksamheten inte ska försämra möjligheten att uppnå miljö kvalitetsnormerna för ytvatten inom utsatt tid i berörda vattenförekomster för ammonium/ ammoniak, diklofenak, 17-beta-östradiol, 17-alfa-etinylöstradiol, zink, PBDE och PFOS. Utredningen ska resultera i förslag på åtgärder för att minska utsläppen och bidra till att miljö kvalitetsnormerna för ytvatten kan nås.”

Gryaab blev också ålagda att ”utreda och ta fram en handlingsplan för hur anläggningen ska anpassas för att i framtiden klara skärpta utsläppsvillkor och uppfylla kravet på bästa möjliga teknik samt medverka till att miljö kvalitetsnormerna för ytvatten kan uppnås” i villkor 22 i miljötillståndet. Som del av detta villkor skall också en recipientundersökning utföras:

”Miljöprövningsdelegationen väljer att inte precisera vilka recipientundersökningar som ska göras, utan anger endast att sökanden ska utreda hur utsläppen av organiskt material, näringsämnen och miljögifter måste begränsas för att nå en nivå som recipienten klarar, som inte medför risk för sänkt status hos någon kvalitetsfaktor och som inte motverkar att miljö kvalitetsnormerna för ytvatten kan uppnås. Med ordet miljögifter avser Miljöprövningsdelegationen alla föroreningar som kan ha en skadlig påverkan på organismer, som t.ex. prioriterade ämnen, läkemedelsrester, särskilt förorenande ämnen och metaller”

Efter avstämning med tillsynsmyndigheten, Länsstyrelsen Västra Götaland beslutades att utredningarna i utredningsvillkor 1 och villkor 22 skulle samordnas.

Recipientutredning 2022–2023

Följande ämnesgrupper har i samråd med handläggare från Länsstyrelsen Västra Götaland beslutats att analyseras i recipientutredningen:

- Grundparametrar – kväve, fosfor, BOD₇, syre, temperatur m.m.
- Prioriterade ämnen
- Särskilda förorenande ämnen
- Läkemedelsrester enligt Naturvårdsverkets lista

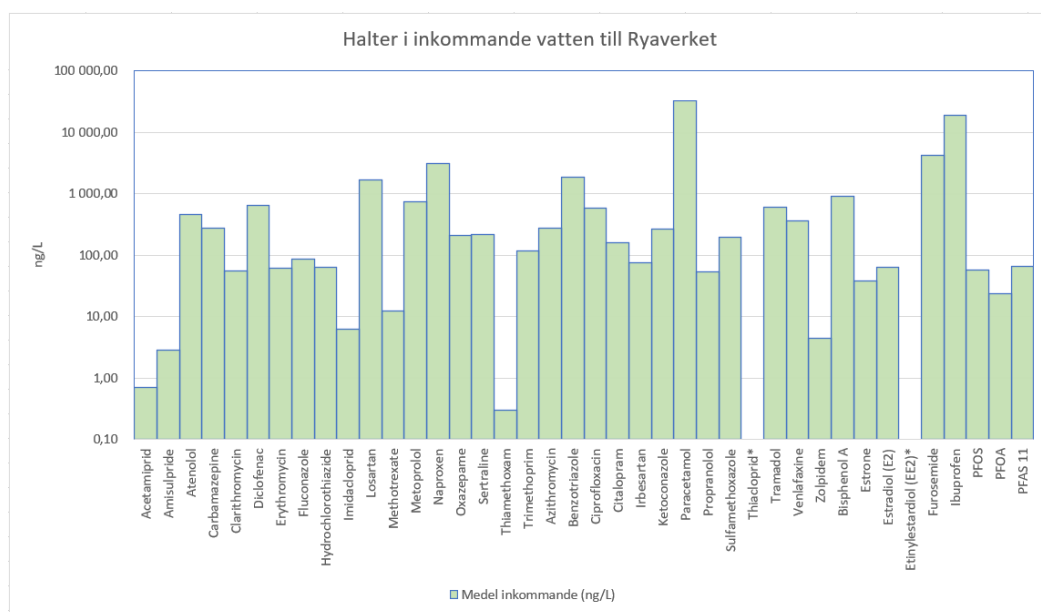
Sammanlagt innebar det analyser av över 150 ämnen i inkommande vatten, utgående vatten och vatten från nio punkter i Gryaabs recipient.

Resultat

I samtliga figurer i detta avsnitt har ämnen som inte kunnat detekteras av anlitade laboratorium antagits ha en koncentration av noll. Då ämnen har detekterats men inte kunnat kvantifieras har koncentrationen antagits vara hälften av kvantifieringsgränsen.

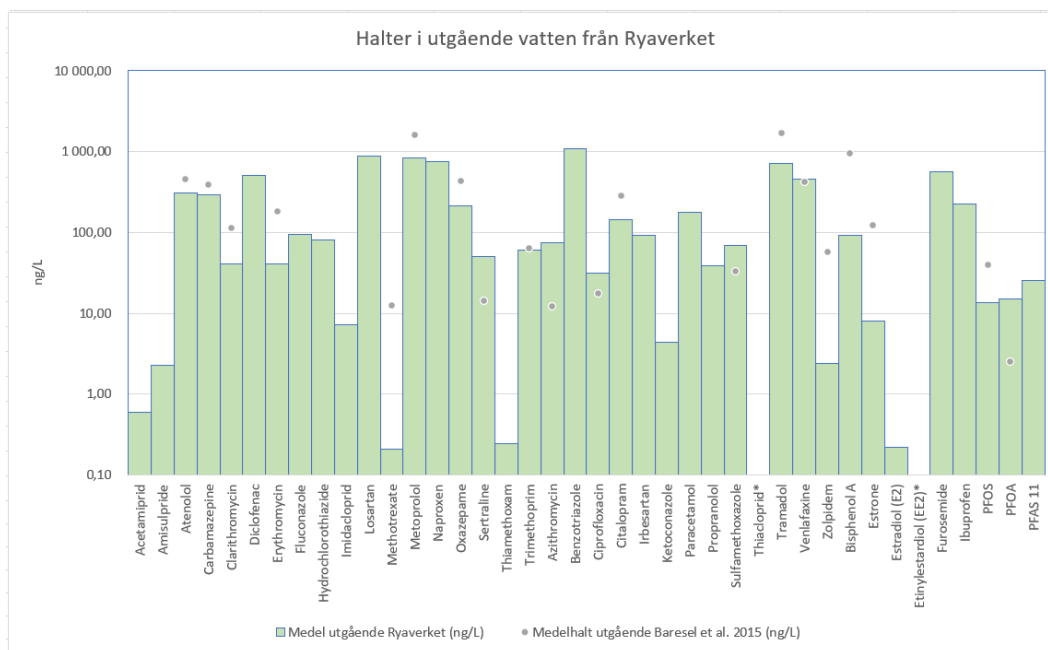
Många av de över 150 ämnen förekom ofta i koncentrationer lägre än detektionsgränsen. I detta avsnitt visas resultat från analyser av rester av läkemedelssubstanser och andra mikroföroreningar. De ämnen som redovisas är de som Naturvårdsverket rekommenderar för analys vid studier av avloppsvatten med undantag för fenolära ämnen, mutagenicitet och östrogenicitet, samt med tillägg av PFAS och bekämpningsmedel. Samtliga av de visade parametrar har analyserats av MoLab. MoLab valdes efter samråd med representant från Länsstyrelsen 2021-11-25. Då konstaterades det att det var av stor vikt att handa upp analyser med så låga detektionsgränser som möjligt, och att det därför var acceptabelt att anlita i branschen välrenommerade utförare såsom MoLab även om dessa inte är ackrediterade.

I Figur 1 visas medelvärden under provtagningskampanjen 2022–2023 för halter av mikroföroreningar i inkommande vatten till Ryaverket. Notera att grafen är logaritmisk och att enheten är nanogram per liter.



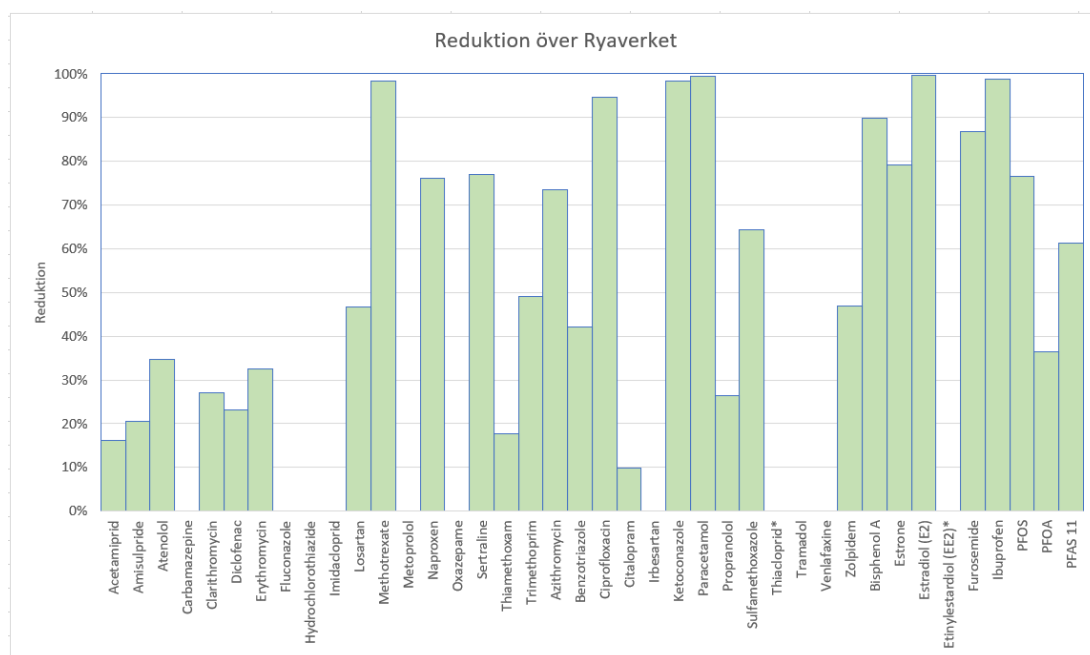
Figur 1. Halter av mikroföroreningar, nanogram per liter, i inkommande vatten till Ryaverket. Notera att grafen är logaritmisk.

I Figur 2 visas halter av mikroföroreningar i utgående vatten från Ryaverket. Här visas även medelhalter ut från svenska reningsverk enligt Baresel et al., 2015. En del mikroföroreningar i utgående avloppsvatten från Ryaverket har något högre koncentration än i Baresel et al., 2015 och andra betydligt lägre. Notera att grafen är logaritmisk. Stora variationer i koncentration kan således förekomma, både vid ett specifikt avloppsreningsverk och mellan svenska avloppsreningsverk.



Figur 2. Halter av mikroföroreningar, nanogram per liter, i utgående vatten från Ryaverket. Här visas även medelhalter ut från svenska reningsverk enligt Baresel et al., 2015. Notera att grafen är logaritmisk.

I Figur 3 visas reduktionsgraden av mikroföroreningar över Ryaverket. För flertalet ämnen, såsom methotrexate, ciprofloxacin, estradiol, paracetamol och ibuprofen, uppnås god reduktion, mer än 95 % i nuvarande anläggning. För andra, såsom carbamazepine och tramadol, uppnås ingen reduktion alls. De nya anläggningsdelar som planeras att byggas kommer ge längre gående rening för bland annat BOD₇ och mindre förbildning. Sammantaget kommer dessa faktorer ge lägre utsläpp av en hel del mikroföroreningar från samhället.



Figur 3. Reduktionsgrad av mikroföroreningar över Ryaverket.

6. Mikroplaster

Gryaab har deltagit i flera forsknings- och utvecklingsprojekt kring mikroplaster de senaste 10 åren. En kartläggning över just Ryaverket genomfördes 2018 och tillsammans med Käppalaförbundet genomfördes 2020 en jämförelse och analys av förekomsten av mikroplaster till, från och på flera avloppsreningsverk i Sverige (Tumlin och Bertholds, 2020).

Mikroplaster avskiljs effektivt på Ryaverket, med ca 99 %. Det stämmer väl med tidigare studier som har fastslagit att avloppsreningsverk inte är en betydande spridningsväg för mikroplaster till vattenrecipienten. Mängden mikroplaster i inkommande avloppsvatten till Ryaverket, efter att vattnet passerat ett 20 mm rensfilter, är 7 g per personekvivalent och år. Av den mängden kommer cirka 30 procent från spillvatten och cirka 70 procent från övrigt vatten, mestadels dagvatten. Hushållsvatten i Göteborg och Stockholm innehåller mikroplaster i en mängd av 3 respektive 10 g per person och år, i huvudsak polyeten, polyester och polypropylen. Dessa plaster var de vanligaste i alla analyserade prover.

Resultaten från Ryaverket visar att 2 mm rensfilter avskiljer cirka 30 procent av mikroplasterna. Dessa 30 procent avskiljs alltså inte till slammet, utan förbränns

tillsammans med övrigt skräp som avskilts från avloppsvattnet (rens). Ungefär 40 procent av mikroplasterna reduceras under mesofil rötning på Ryaverket, men det är oklart om det innebär en total nedbrytning eller om partiklarna fragmenteras till en storlek som inte ger utslag i analysmetoden. Massbalansen över Ryaverket går inte helt ihop vilket speglar de stora osäkerheter som är förknippade med analyser av mikroplast.

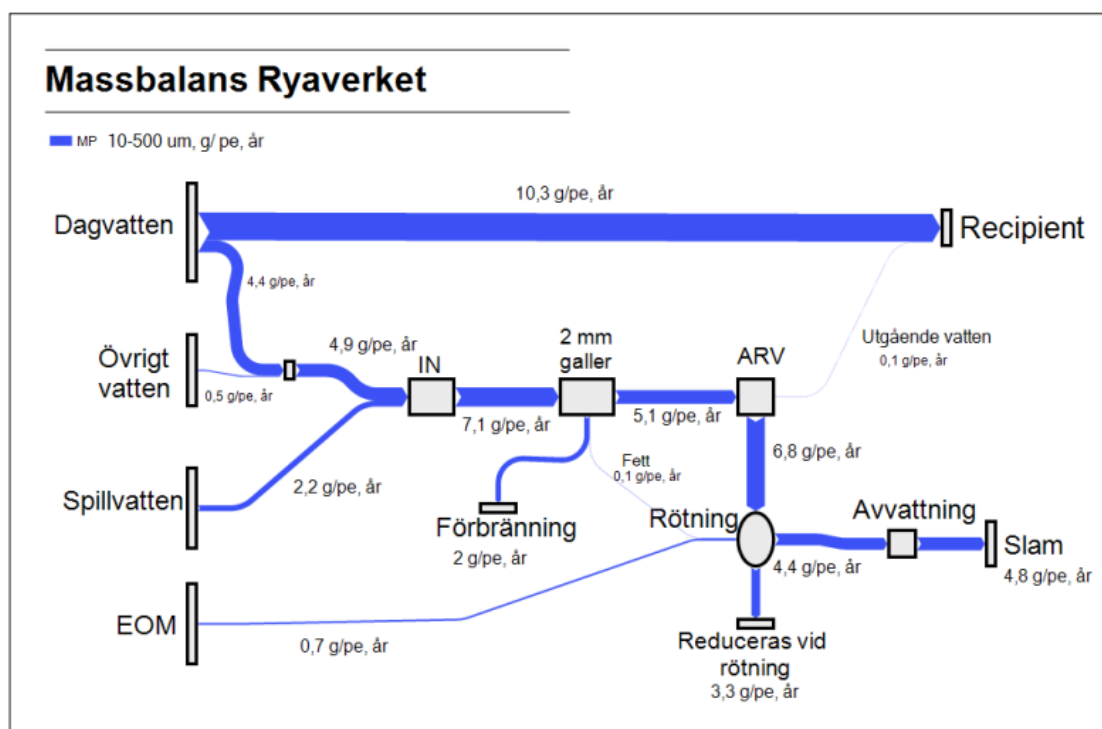
På Ryaverket återfanns 60–70 procent av mikroplastmängden i slammet och i Sjölundaverket 40 procent. Mängderna av mikroplaster i slam från Ryaverket och Käppalaverket motsvarar 5 respektive 8 g per personekvivalent och år. IVL Svenska Miljöinstitutet har tidigare uppskattat mängden mikroplast i slam till motsvarande 7–90 g per person och år. Analyserna utförda inom SVU-projektet visar att den nedre delen av spannet ligger närmast verkligheten.

Fältförsök i Skåne och Danmark har visat att slam inte är den främsta källan till mikroplast i åkermark vid dessa koncentrationer (Ljung et al., 2018). Insatser för att minska mängden mikroplast till mark satsas bättre på andra tillförselvägar än slam.

Mängden mikroplast i utgående vatten är mycket låg, kring 0,1 gram per person och år. Beräkningar i SVU-studien indikerar att tillförseln av mikroplast till vattenrecipienter via dagvatten är 100 gånger högre än via utgående, renat avloppsvatten. Insatser för att spåra och minska mängden mikroplaster i vattenmiljön bör därför satsas på dagvattenhantering snarare än på att införa ytterligare reningssteg på avloppsreningsverken (Figur 4).

För att undvika att mikroplaster når vattenmiljön är det således viktigt att minska förbiledning och bräddning på nätet. Samtidigt är det inte lämpligt att rena dagvatten på kommunala avloppsreningsverk, eftersom detta försämrar spillvattenreningen.

Uppströmsåtgärder såsom förhindrande av uppkomst av mikroplaster från första början eller specifik dagvattenrening framstår därför som goda alternativ för att förhindra att mikroplast når vattenmiljön.



Figur 4. Massbalans över mikroplaster (10–500 μm) till, från och inom Ryaverket. Enheten är g/pe, år.

7. Förstudie om teknik för rening av läkemedelsrester

Gryaab genomförde under år 2019 och 2020 en förstudie finansierad av Naturvårdsverket för att utreda de tekniska möjligheterna för införande av läkemedelsrening på Ryaverket, om ett behov skulle konstateras (Ernst et al., 2020). Det finns inga lagkrav på att införa läkemedelsrening i dagsläget.

I förstudien jämfördes tre olika tekniker för läkemedelsrening och hur dessa skulle kunna införas på Ryaverket vid ett konstaterat behov, eller krav:

1. Ozonering
2. Pulveriserat aktivt kol (PAK)
3. Granulerat aktivt kol (GAK)

Var och en av dessa bedömdes vara möjliga att införa i processen på Ryaverket. GAK kräver dock vid standarddimensionering väldigt stor yta, vilket är en bristvara på Ryaverket. Huvudförslaget för införande av GAK var därför att utöka Gryaabs nuvarande

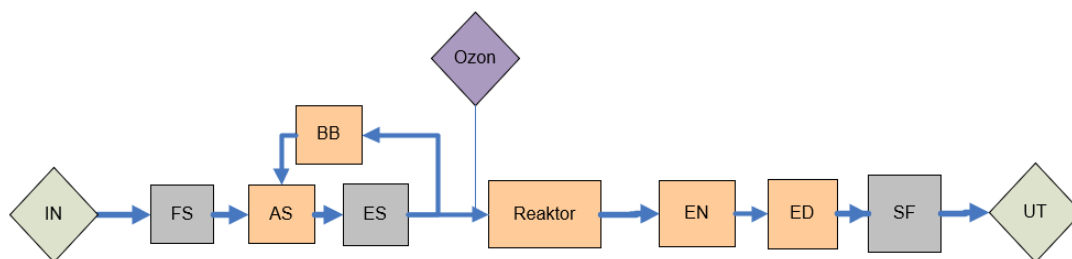
område åt väster, till en del av Rya skog som inte är fredad. En alternativ placering i nuvarande slambyggnad utreddes också övergripande.

I förstudien bedömdes ca 80 % av det då förväntade framtida avloppsvattenflödet kring år 2050 kunna behandlas i läkemedelsreningen och samma reduktion av läkemedelsrester antogs vid samtliga processlösningar, 80–90 %. Sammantaget innebär flödesbegränsningen och den förväntade reduktionen i läkemedelsreningen en total reduktion, utöver den som sker biologiskt, av läkemedelsmängden med 65–70 %.

Det fanns dock osäkerheter för samtliga processer varför pilottestning på Ryaverket av aktuell teknik rekommenderades.

Ozonering

För ozonering var grundförslaget att placera reaktorn före den nuvarande processen med rörliga bärare, moving bed biofilm reactor (MBBR) för efternitrfikation (EN). Detta betyder att både EN och MBBR för efterdenitrifikation (ED) nyttjas som biologisk efterbehandling för ozoneringen, se Figur 5. Det har inte utretts huruvida uppehållstiden i dessa efterbehandlingssteg är tillräcklig för att ta om hand bi- och transformationsprodukter och minska toxiciteten till tillräckligt låga nivåer.



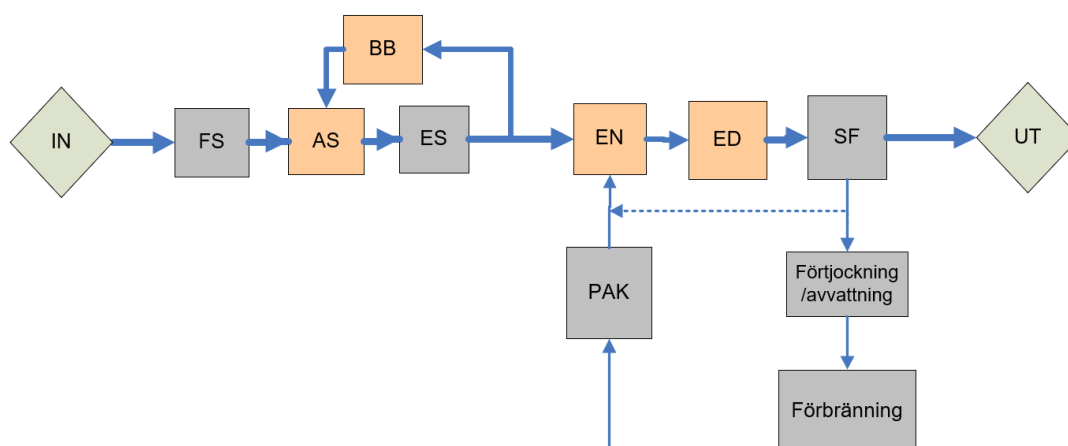
Figur 5. Integrering av ozonering i nuvarande anläggning. FS=försedimentering, AS=aktivt slam, BB=biobäddar, ES=eftersedimentering, EN=efternitrifikation, ED=efterdenitrifikation, SF=skinfilter, UT=utgående vatten.

Ozonering ger en stark oxideringsreaktion och det finns risk att bilda nya föreningar som är oönskade. Till exempel kan bromid i avloppsvatten vid ozonering omvandlas till bromat, som är cancerogent. Utgående och eftersedimenterat vatten på Ryaverket innehöll vid analys ca 0,2 - 0,3 mg/L bromid, vilket innebär att det finns risk för bromatbildning. Labförsök av ozonering på vatten från Ryaverket visar att halten bromat i utgående vatten är ca 30 µg/L vid föreslagen ozondos. Det finns idag inget gränsvärde för utgående halt av bromat, men ekotoxgruppen vid forskningsinstitutionen Eawag i

Schweiz har föreslagit ett gränsvärde på 50 µg/L för utgående avloppsvatten från avloppsreningsverk i Schweiz (Oekotoxzentrum, 2015). Vidare har VA SYD låtit det krediterade testlaboratoriet Danmarks Hydrologiske Institut (DHI) utföra toxicitetstester för bromat på saltvattenlevande organismer och föreslår ett PNEC (predicted no effect concentration) värde på 0,11 mg/l (Hoyer et al., 2022).

PAK

Pulveriserat aktivt kol föreslås doseras till EN vilket skulle innebära att både EN och ED blir kombinerade reaktorer för både konventionell kväverening och avskiljning av mikroföroreningar. Kolpulvret skulle sedan teoretiskt avskiljas från vattnet genom befintliga skivfilter och slammet från skivfiltret (SF) behandlas separat i en ny slamhantering, se Figur 6.



Figur 6. Integrering av PAK i nuvarande anläggning.

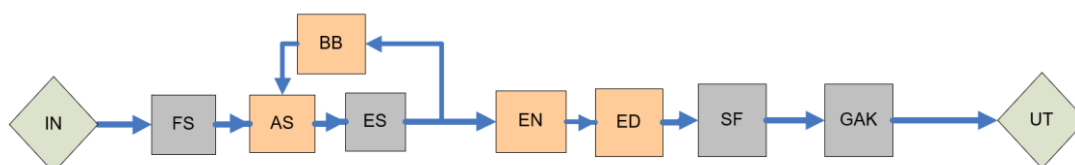
För att PAK ska anses gångbart får inte de nuvarande processerna i EN och ED störas, dessa processer får i sin tur inte heller störa avskiljningen av mikroföroreningar och avskiljning av slam med aktivt kol i skivfilter måste fungera. Enligt genomförda labförsök så påverkar eller påverkas varken nitrifikationen eller denitrifikationen signifikant. Dock visar försöken att adsorptionstiden är avgörande för reduktionen av läkemedel, därför rekommenderas att recirkulera avskilt slam från SF tillbaka till EN för att öka uppehållstiden för kolet. Nackdelen med detta är att partikelbelastningen på skivfilteranläggningen ökar eftersom partiklarna måste avskiljas ytterligare en gång. Avskiljning i skivfilter har testats ett fåtal gånger i labskala (innan försöken avbröts pga

pandemin) med positiva resultat, men i praktiken är detta fortfarande en mycket stor osäkerhet.

Slammet från SF föreslås behandlas i en ny separat slambehandling. Detta för att inte påverka slamkvaliteten på det övriga slammet, som idag till stor del används för jordbruk. Slammförtjockning föreslås ske med gravitationsförtjockare och därefter avvattning med hjälp av skruvpressar. I förstudien har dessa metoder inte testats och innebär en stor osäkerhet. Det avvattade slammet innehållande kol med läkemedelsrester och bioslam från MBBR-processerna måste hanteras separat. Föreslagen metod är förbränning vilket innebär en mycket stor kostnad eftersom slammängden beräknas bli ca 21 000 ton per år. Även om PAK enligt föreslagen layout ger en låg investeringskostnad så blir driftkostnaden väldigt hög. Detta alternativ föll sämst ut i hållbarhetsanalysen som genomfördes i projektet, framför allt framstod detta alternativ som sämst i kategorierna klimatpåverkan, kemikalieanvändning och årskostnad.

GAK

Granulerat aktivt kol fungerar som ett filter bestående av granuler av aktivt kol. Granulerna behöver således inte avskiljas från vattnet utan ligger kvar i filtret. GAK skulle placeras som slutsteg efter Ryaverkets skivfilteranläggning, se Figur 7.



Figur 7. Integrering av GAK i nuvarande anläggning.

Det aktiva kolet i GAK har fördelen jämfört med PAK att det kan regenereras och återanvändas i processen. Nackdelen är att processen är väldigt ytkrävande och investeringskostnaden hög. Avgörande för driftkostnaden för en GAK-anläggning är hur länge kolet kan användas innan det behöver bytas ut och ersättas med nytt eller regenererat kol. Förstudien utgick ifrån att kolet behöver bytas efter 20 000 bäddvolymeter. Regenerering av kol är den överlägset största driftkostnaden för GAK. Idag finns ingen anläggning för regenerering av kol från avloppsreningsverk i Norden utan kol skulle behöva transporteras till Belgien för regenerering.

Kostnader

Investeringskostnaden för ozonering på Ryaverket förväntas bli ca 630 miljoner kr uppräknat till 2023 års kostnadsnivå, för GAK blir investeringen ca 880 miljoner kr. Investeringen för PAK är mycket lägre med en investering omkring 190 miljoner, men innebär en avsevärt högre driftkostnad. För alla processtekniker motsvarar angiven kostnad en anläggning dimensionerad för 4,5 m³/s.

Hållbarhetsanalys

De tre ovan beskrivna alternativen jämfördes i en hållbarhetsanalys, i form av en multikriterieanalys, med följande kriterier i de tre hållbarhetsdimensionerna:

- Miljö: växthuspåverkan, elanvändning, användbar värmeproduktion, kemikalieanvändning, mängd slam som kan användas till jordbruk,
- Social: Organisation/juridik, uppfattning i samhället, arbetsmiljö, säkerhet
- Ekonomisk: årskostnad för Gryaab, referenser/etablerad teknik, pålitlighet i drift/teknisk funktion, underhåll, flexibilitet.

Alternativen poängsattes på en skala 1–5 för varje kategori och kategorierna viktades. Högt poäng innebär en mer hållbar lösning totalt sett. I analysen fick ozonering högst totalpoäng (3,2), GAK något lägre totalpoäng (2,9) och PAK tydligt lägst totalpoäng (1,9), med ursprunglig betygsättning och viktning. PAK fick även lägst totalpoäng i alla känslighetsanalyser och förslaget var att förkasta PAK med den föreslagna utformningen.

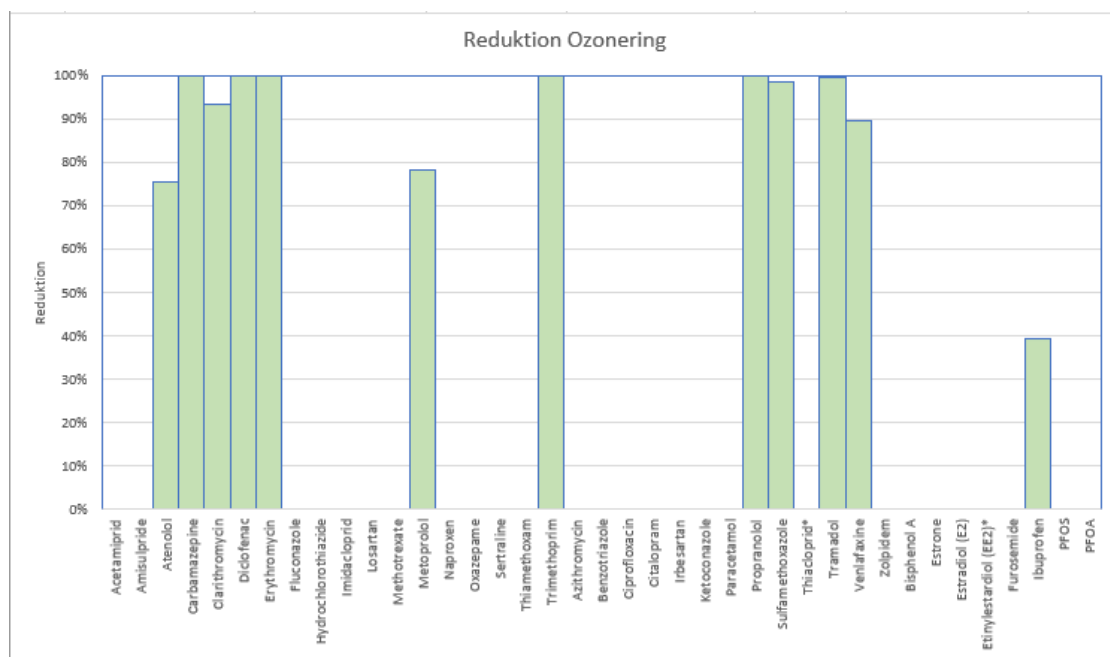
Flera känslighetsanalyser, som byte till förnybart aktivt kol eller kolreaktivering på Ryaverket, höjer GAK:s totalpoäng, likaså om elanvändning eller säkerhet värderas högst. Skillnaden i totalvärdering mellan GAK och ozon är så liten att en fördjupad studie av båda alternativen behöver göras innan ett slutligt val kan rekommenderas, om ett behov konstateras. Fokus bör vara på de osäkerheter som påverkar hållbarhetsanalysen mest.

8. Pilottester av specifika metoder för rening av mikroföroreningar på Ryaverket

Sedan 2022 driver Gryaab en pilot för rening av mikroföroreningar med granulerat aktivt kol (GAK). Piloten är placerad efter Gryaabs skivfilter och utgör därmed det sista reningssteget i processen. Under pilotdriften, som sträcker sig över två år, testas bland annat olika sorters kol och olika uppehållstider. Resultaten kommer ge svar på om GAK passar in som reningsprocess på Ryaverket.

Ozonering testades på Ryaverket 2014–2015. Olika doser testades vid olika förhållanden på avloppsvatten som passerat skivfilter (15 µm). Vissa av ämnena som analyserades var samma som nu testas i GAK-filtren. Vilka ämnen dessa var har illustrerats i Figur 8.

Generellt uppnåddes god reduktion med 7g O₃/m³.



Figur 8. Reduktion av mikroföroreningar vid ozoneringsförsök 2014/2015 med ozondos på 7g O₃/m³. De tomma kolumnerna innebär att dessa ämnen analyseras i GAK-piloten 2022–2024 men ingen data finns från försöken 2014/2015.

9. Slutsatser

Reningsgraden av mikroföroreningar på avloppsreningsverk varierar idag beroende på vilken mikroförorening som avses; vissa ämnen reduceras i hög grad (t.ex. paracetamol) medan andra reduceras i låg grad (t.ex. citalopram).

Med bättre avskiljning av organiskt material (mätt som BOD₇) i ett framtida reningsverk med högre biologisk kapacitet så kommer per automatik en del av läkemedelsresterna och mikroföroreningarna att avlägsnas mer effektivt.

Förutsättningarna för att införa specifika processteg för utökad rening av mikroföroreningar har utretts. Ozonering eller granulerat aktivt kol är i dagsläget de mest attraktiva alternativen om ett behov skulle konstateras.

Metoder för rening av mikroföroreningar har nackdelar i form av stora resursbehov av elektricitet och/eller kemikalier med tillhörande klimatpåverkan, arbetsmiljörisker med mera. För ozonering är de huvudsakliga nackdelarna det stora behovet av elenergi samt generering av bi- och transformationsprodukter. För GAK är de huvudsakliga nackdelarna det höga ytbehovet samt klimatpåverkan från (ofta fossilt) kol.

De utredningar Gryaab har gjort av recipienten tyder på att det inte föreligger ett behov av rening av mikroföroreningar utifrån recipientens perspektiv, det finns i dagsläget inte heller något lagkrav. Därav bedömer Gryaab att det i dagsläget inte bedöms motiverat att införa något specifikt processteg för rening av mikroföroreningar.

10. Referenser

- Baresel C., Palm Cousins A., Ek M., Ejhed H., Allard A-S., Magnér J., Westling K., Fortkamp U., Wahlberg C., Hörsing M., Söhr S. 2015. *Pharmaceutical residues and other emerging substances in the effluent of sewage treatment plants. Review on concentrations, quantification, behaviour, and removal options.* IVL report number B 2226.
- Cimbritz, M. och Mattsson, A. 2018. *Reningstekniker för läkemedel och mikroföroreningar i avloppsvatten. Redovisning av åtta projekt som fått medel från Havs- och vattenmiljöanslaget 2014–2017.* Havs- och vattenmyndighetens rapport 2018:7. [Länk till rapport.](#)
- Ernst, G., Tumlin, S., Neth, M. 2020. *Förstudie av alternativ för läkemedelsrening på Ryaverket.* D1909 Läkemedelsrening.
- Hansson, K., Allard, A-S., Härnwall, E-L., Viktor T. 2016. *Karakterisering av utgående avloppsvatten från Ryaverket.* IVL rapport U5744.
- Hoyer, K., Höglind, L., Sjölin, A., Cimbritz, M., Falås, P., Juárez Cámara R., Svahn, O., Kragh Andersen J., Berg Olesen C. *Kvartär rening vid Sjölanda ARV. Ozonering vid höga bromidhalter och regenerering av aktivt kol.* Länk till rapport: [Kvartär rening vid Sjölanda ARV \(svensktvatten.se\)](#)
- Larsson, J. 2015. *Läkemedelsrester i Ryaverkets avloppsvatten och effekter på fisk: riskbild och kunskapsluckor.*
- Ljung, E., Olesen, K.B., Andersson, P.-G., Fältström, E., Vollertsen, J., Wittgren, H.B., Hagman, M., 2018. *Mikroplaster i kretsloppet.* Svenskt Vatten Utveckling rapport 2018–13.
- Oekotoxentrum, 2015. Environmental Quality Standard (EQS) – Vorschlag des Oekotoxentrums für Bromat.
https://www.ecotoxcentre.ch/media/90565/bromat_dossier_final.pdf
- Tumlin, S. och Bertholds, C. 2020. *Kartläggning av mikroplaster – till, inom och från avloppsreningsverk.* Svenskt Vatten Utveckling rapport 2020-8.