

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

---

Redovisning 2021

---

---

# Svenskt Vatten

---

**Svenskt Vatten AB**

**POSTADRESS** BOX 14057, 16714 Bromma

**BESÖKSADRESS** Gustavslundsvägen 12, 16751 Bromma

**TELEFON** 08-506 002 00

**E-MAIL** [svensktvatten@svensktvatten.se](mailto:svensktvatten@svensktvatten.se)

**[www.svensktvatten.se](http://www.svensktvatten.se)**

---

---

# Förord

I december 2020 beviljades Svenskt Vatten bidrag av Naturvårdsverket för att fortsätta arbetet med en beställargrupp för minskade utsläpp av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar. Denna rapport utgör en slutlig redovisning av de aktiviteter som genomförts under 2021, inom ramen för arbetet med denna beställargrupp. Slutrapporten innehåller också en bedömning av de resultat som aktiviteterna har medfört under 2021.

Ett stort tack för medverkan i arbetet riktas till Klara Westling (Svenskt Vatten), Anders Finnson (Svenskt Vatten), Peter Sörngård (Svenskt Vatten), Michael Cimbritz (LTH) Berndt Björleinius (B2-processteknik) samt alla representanter som medverkat från beställargruppens anslutna organisationer.

Jesper Olsson,  
Lidingö, December 2021

---

# Innehåll

Förord .....	2
Sammanfattning .....	4
<b>1 Inledning .....</b>	<b>6</b>
1.1 Syfte och mål .....	6
<b>2 Beskrivning av aktiviteter i uppdraget .....</b>	<b>8</b>
2.1 Medlemmar i beställargruppen .....	8
2.2 Hemsidans utveckling under 2021 .....	10
2.3 Återkoppling från workshop – 2021-03-24 .....	10
2.4 Återkoppling från workshop – 2021-10-28 .....	23
2.5 Sammanfattning av slutrapporter – 2019-2021 .....	37
<b>3 Nationell och internationell kostnadsanalys – Bilaga 2 .....</b>	<b>41</b>
<b>4 Slutsatser - beställargruppens arbete - 2021 .....</b>	<b>42</b>
<b>5 Nationella rapporter om avancerad rening .....</b>	<b>43</b>
<b>Bilagor .....</b>	<b>44</b>
Bilaga 1 Sammanfattning av slutrapporter .....	45
Bilaga 2 Konsultrapport – kostnadsbedömning .....	74
Bilaga 3 Beviljade statliga bidrag för läkemedelsrening 2019-2021 – Tabell .....	124
Bilaga 4 Beviljade statliga bidrag för läkemedelsrening 2019-2021 – Karta .....	126

---

# Sammanfattning

**Det kan idag finnas ett behov att införa avancerad rening av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar i avloppsvatten samt att förbättra kunskapen om mikroplaster i spillvatten. Många VA-organisationer i Sverige står därför inför gemensamma utmaningar vad gäller framtida krav på avancerad rening. Svenskt Vatten fick av denna anledning i juni 2018 bidrag beviljat av Naturvårdsverket för att bilda en beställargrupp. Denna beställargrupp om 32 medlemmar har fortsatt sitt arbete och utvecklats vidare under 2021.**

Målen med beställargruppen är att bidra till en kostnadseffektiv introduktion av tekniker för avancerad rening, bygga upp kunskap om var i dagens reningsverk som mikroplasterna avskiljs och hur utsläpp av mikroplaster från avloppsvatten kan begränsas, samtidigt som mängden avskilda mikroplaster som kommer till slammet kan minimeras på kostnadseffektiva sätt. Beställargruppens metoder ska även bidra till att resultat och erfarenheter sprids och kan tillämpas vid upphandlingar, drift och skötsel i de svenska reningsverk som har behov av detta.

Under 2021 utvecklades webstrukturen för sammanfattande rapportering av alla slutrapporter från Naturvårdsverkets utlysningar. Totalt finns nu 19 rapporter sammanfattade i det levande dokument som uppdateras regelbundet. Uppdatering genomförs löpande med versionsuppdateringar vid behov.

Under våren 2021 påbörjades årets konsultuppdrag i beställargruppen som syftade till att genomföra en uppdaterad kostnadsanalys för nationella och internationella investeringar av läkemedelsrening. Uppdraget omfattade en beskrivning av anläggningar som är färdigställda och i drift i Sverige och i övriga Europa samt en kostnadssammanställning för tillgängliga reningstekniker grupperade i olika reningsverksstorlekar (per pe + personer anslutna personer). Dessutom beskrivs en ekonomisk analys baserad på annuitet och nuvärdesmetoden samt KPI och entreprenadindex.

Under året har det inom beställargruppen genomförts två workshops:

- Workshop 1 den 24 mars fokuserade på uppdaterande villkorsdiskussioner samt teknikbeskrivningar och installationer för rening av mikroföroreningar. En viktig slutsats från workshopen var att reningsverken behöver ha i beredskap och åtanke att tekniskt kunna möta behov från en bred mängd av mikroföroreningar och att behoven kommer förändras över tid. Krav kan lokalt komma att avse mer än läkemedel beroende på om bara reningsverket påverkar recipienten, men det är mer tydligt att läkemedel har avloppsvatten som huvudsaklig källa. För att och konkretisera behoven behöver reningsverken förbättra kunskaperna om sina egna utsläpps-påverkan på sin recipient genom att undersöka kemiska och biologiska parametrar. Sådana underlag blir viktiga när reningverkets tillåtlighet senare ska prövas och för kravutformningen.
- Workshop 2 den 28 oktober fokuserade på kostnadsgenomgång vid installation av läkemedelsrening, interkalibrering av läkemedelsanalyser samt måldefinitioner för krav på läkemedelsrester från reningsverken. Workshopen visade på hur långt man kommit nationellt i sin förståelse kring analyser, tekniker och kostnader för installationer av läkemedelsrening.

---

Det finns ett fortsatt behov av en beställargrupp eller motsvarande branschanpassad kunskaps-/erfarenhetsplattform. Detta behov kan sammanfattas som ett samordningsbehov för kommande projekt, ett uppföljningsbehov där såväl positiva som negativa erfarenheter från pågående projekt snabbt kan fångas upp och komma andra till godo, och ett fortsatt kunskapsbehov i form av branschanpassade sammanfattningar av kommande forskningsrön och teknikutveckling.

---

# 1 Inledning

Det finns ett behov av att införa rening av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar i kommunalt avloppsvatten (Naturvårdsverket, 2017). Tillgängliga tekniker för denna avancerad rening finns, men mognadsgraden varierar och erfarenheter från fullskaleanläggningar är begränsad och resursåtgången samt miljöpåverkan är hög. Med fortsatt teknikutveckling och mer driftserfarenhet finns potential för både ökad resurseffektivitet och minskade kostnader och lägre miljöbelastning.

Många reningsverk står inför liknande utmaningar och en beställargrupp i branschen, som fokuserar på läkemedelsrester och andra mikroföroreningar, är en viktig plattform och stöd för reningsverken med att införa avancerad rening. Svenskt Vatten ansökte därför till Naturvårdsverket under slutet av 2020 för en fortsatt finansiering under 2021 av den beställargrupp som verkat sedan 2018. Fokus på 2021 års arbete skulle ligga inom kostnadsbedömningar för installationer av läkemedelsrening vid svenska reningsverk. I januari 2021 beviljades så ansökan för en fortsättning av beställargruppen.

Under våren 2021 skickades en kompletterande ansökan in till Naturvårdsverket för finansiering av konsultstudie med fokus på kostnadsbedömningar. Denna ansökan beviljades i juni 2021.

Konsultstudien innefattade framtagandet av en uppdaterad kostnadsanalys för nationella och internationella investeringar av läkemedelsrening. Uppdraget omfattade en beskrivning av anläggningar som är färdigställda och i drift i Sverige och i övriga Europa samt en kostnadssammanställning för tillgängliga reningstekniker grupperade i olika reningsverksstorlekar (per pe + personer anslutna personer). Dessutom beskrivs en ekonomisk analys baserad på annuitet och nuvärdesmetoden samt KPI och entreprenadindex. Studien är presenterad i en konsultrapport som finns bilagd denna slutrapport (bilaga 2).

Idag består beställargruppen av medlemmar som representerar ett 30-tal olika VA-organisationer i Sverige, se bilaga 4.

I denna slutrapport redovisas de olika aktiviteterna som genomförts i beställargruppen under 2021 samt vilka resultat de olika aktiviteterna givit.

## 1.1 Syfte och mål

Beställargruppen ska underlätta införandet av avancerad rening på de svenska avloppsreningsverken samt bygga upp kunskap om mikroplaster. Genom att flera beställare går samman i en gemensam förfrågan till marknaden skapas en större köpkraft och därmed också starkare incitament för att leverantörerna ska utveckla nya lösningar. Målet är att nya mer kostnadseffektiva lösningar med hög reningsgrad och driftsäkerhet utvecklas, introduceras och sprids på marknaden. Genom att prova och utvärdera olika alternativa lösningar, metoder och produkter gemensamt kan medlemmarna dela på kostnaderna och riskerna, för att bygga upp kunskap och erfarenhet.

Beställargruppen ska utgöra ett stöd för reningsverken så att dessa kan handla upp robusta processlösningar som ger en kostnads- och resurseffektiv rening. Genom att enas om metoder, krav och kriterier kan upphandlingar bedrivas effektivare och ge bättre konkurrens på marknaden. Beställargruppen kan bli ett stöd vid förberedelser inför upphandlingar genom att ta fram kriterier för reningskrav, tekniska prestanda och modeller för utvärdering av kostnader.

Beställargruppen ska också verka för samverkan och kunskapsutbyte mellan de reningsverk som erhåller stöd från Naturvårdsverket för införande av avancerad rening av mikroföroreningar. Beställargruppen ska även aktivt sprida erfarenheterna och

---

resultaten av de ovanstående punkterna till anläggningsägare som inte är medlemmar i nätverket.

Syftet med de konsultstudier som genomförs inom ramen för beställargruppens arbete är att ta fram material som möjliggör beställargruppens fortsatta arbete med nationell och internationell utblick. Den erfarenhet från fullskalanläggningar gällande teknik, upphandling och kravställande som finns i Europa behöver komma beställargruppens medlemmar tillgodo för att förbättra möjligheterna att förenkla införandet av avancerad rening på svenska avloppsreningsverk.

Målen för beställargruppen är att:

- Bidra till en miljöanpassad och kostnadseffektiv introduktion av tekniker för avancerad rening av läkemedelsrester och andra föroreningar.
- Bidra till att beställargruppens metoder, resultat och erfarenheter sprids och kan tillämpas vid upphandlingar, drift och skötsel i de svenska reningsverk som har behov av detta.



---

## 2 Beskrivning av aktiviteter i uppdraget

Beställargruppens arbete påbörjades 2021 med ett första planeringsmöte med Naturvårdsverket den 15 januari vars främsta syfte var att precisera uppdragets omfattning under 2021. Under mötet sammanställdes följande aktiviteter för beställargruppens arbete.

- Anordnande av 2 seminarier/workshops där berörda reningsverk erbjuds möjlighet att dela erfarenheter, diskutera utmaningar och där såväl positiva som negativa erfarenheter från pågående projekt fångas upp och komma andra till godo.
- Fortsatt sammanställning av de projekt som Naturvårdsverket finansierade och som redovisade sina rapporter under oktober 2019 - oktober 2021.
- Konsultinsatser under 2021: Kostnadsanalys för genomförda investeringar och uppdaterade driftskostnader. Berndt Björleinius tillsammans med Michael Cimbritz genomför en utredning både nationellt och internationellt..

Alla dessa aktiviteter har också genomförts och resultatet presenteras i nedanstående rubriker.

Under 2021 utökades antalet medlemmar och uppgår nu till 40 medlemmar från 32 VA-organisationer. Dagens medlemmar är presenterade i rubrik 2.1.

### 2.1 Medlemmar i beställargruppen

Medlemmarna i beställargruppen för läkemedelsrening och mikroplaster utgörs till stor del av de VA-organisationer som ansökt och fått beviljat stöd från Naturvårdsverket för investeringar eller förstudier för läkemedelsrening under 2018-2021 (se bilaga 3 och 4). Även andra intresserade VA-organisationer uppmuntras att vara med i beställargruppen. I tabell 1 presenteras de medlemmar och VA-organisationer som är involverade i beställargruppen samt deras kontaktuppgifter. Medlemskap i beställargruppen är avgiftsfritt.

**Tabell 1**Dagens medlemmar i  
beställargruppen.

Bolag/Kommun/Förbund	Representant i beställargrupp	E-post
Alingsås	Josefin Pehrsson	josefin.pehrsson@alingsas.se
Alingsås	Malin Bugaj	malin.bugaj@alingsas.se
Borås Energi & Miljö	Christine Berggren	christine.berggren@borasem.se
Borås Energi & Miljö	Mariana Björklund	mariana.bjorklund@borasem.se
Borlänge energi AB	Jesper Johansson	jesper.johansson@borlange-energi.se
Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö	Anna Bogren	anna.bogren@esem.se
Falun	Melviana Hedén	melviana.heden@fev.se
Gryaab	Gustaf Ernst	gustaf.ernst@gryaab.se
Gryaab	Susanne Tumlin	susanne.tumlin@gryaab.se
Gästrike Vatten	Elisabet Aulenius	elisabet.aulenius@gastrikevatten.se
Gästrike Vatten	Wen Zhang	wen.zhang@gastrikevatten.se
Haninge kommun	Stefan Fredriksson	stefan.fredriksson@haninge.se
Kalmar	Qing Zhao	qing.zhao@kvab.kalmar.se
Karlshamns energi	Johanna Johansson	johanna.johansson@karlshamnenergi.se
Karlstad kommun	Christer Pettersson	christer.pettersson@karlstad.se
Kristianstads kommun	Inger Hansson	inger.hansson@kristianstad.se
Kungsbacka kommun	Jonatan Flodin	jonatan.flodin@kungsbacka.se
Käppalaförbundet	Jonas Grundestam	jonas.grundestam@kappala.se
Lidköpings kommun	Gudrun Magnusson	gudrun.magnusson@lidkoping.se
Lidköpings kommun	Amanda Andersson	amanda.andersson@lidkoping.se
Lidköpings kommun	Pernilla Bratt	pernilla.bratt@lidkoping.se
Motala kommun	Anna Odnell	anna.odnell@motala.se
Motala kommun	Anna-Carin Pålsson	anna-carin.palsson@motala.se
MSVA	Jessica Schröder	jessica.schroder@msva.se
Mälarenergi (Västerås)	Jan Nordin	jan.nordin@malarenergi.se
Norrtälje Vatten och Avfall AB	Emma Gunnerblad	emma.gunnerblad@nvaa.se
MSVA	Malin Tuvevesson	malin.tuvevesson@msva.se
NSVA	Hamse Kjerstadius	hamse.kjerstadius@nsva.se
Region Gotland	Henrik Nygren	henrik.nygren@gotland.se
Region Gotland	Henrik Sedman	henrik.sedman@gotland.se
Ronneby Miljö och Teknik AB	Mattias Andersson	mattias.andersson@miljoteknik.ronneby.se
Ronneby Miljö och Teknik AB	Paulina Malmgren	paulina.malmgren@miljoteknik.ronneby.se
Simrishamns kommun	Stefan Blomqvist	stefan.blomqvist@simrishamn.se
Simrishamns kommun	Marcus Hasselgren	marcus.hasselgren@simrishamn.se
Sorsele	Lars-Gunnar Burman	lars-gunnar.burman@sorsele.se
Syvaab	Victor Kårelid	victor.karelid@syvaab.se
Tierps kommun	Jørgen Johnsen	jorgen.johnsen@temab.tierp.se
Uppsala Vatten & Avfall AB	Anna-Maria Sundin	anna-maria.sundin@uppsalavatten.se
Uppsala Vatten & Avfall AB	Johanna Andersson	johanna.andersson@uppsalavatten.se
VAKIN	Sven Tunell	svens.tunell@vakins.se
VA Syd	Disa Sandström	disa.sandstrom@vasyd.se
VA Syd	Kerstin Hoyer	kerstin.hoyer@vasyd.se
VA Syd	Ivelina Dimitrova	ivelina.dimitrova@vasyd.se
Vatten & Miljö i Väst AB	Moshe Habagil	moshe.habagil@vivab.info
Vatten & Miljö i Väst AB	Alexander Keucken	alexander.keucken@vivab.info
Växjö kommun	Anneli Andersson Chan	anneli.anderssonchan@vaxjo.se
Åre kommun	Johan Palmqvist	johan.palmqvist@are.se
Örebro kommun	Helena Hasselquist	helena.hasselquist@orebro.se

---

Medlemmar i beställargruppens styrgrupp 2021 är:

- Ann Mattsson, Gryaab
- Andreas Lagerblad och Ylva Eriksson, VA Syd
- Pernilla Bratt, Lidköping
- Pär Gustafsson, NSVA
- Sara Söhr, Syvab
- Anders Finnson, Svenskt Vatten, avgående ordförande
- Klara Westling, Svenskt Vatten, ny ordförande
- Jesper Olsson, Svenskt Vatten, ledare för beställargruppens sekretariat.

## 2.2 Hemsidans utveckling under 2021

Hemsidans första sida presenteras under följande länk:

<https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/avlopp-och-miljo/reningsverk-och-reningsprocesser/bestallargrupp-lakemedelsrester-mikroplaster-och-andra-foreoreningar/>  
På denna sida går det sedan att klicka vidare till relevanta rapporter som hanterar läkemedelsrester och andra föroreningar samt mikroplaster.

Relevanta rapporter för läkemedelsrester och andra mikroforeoreningar finns listade under länken:

<https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/avlopp-och-miljo/reningsverk-och-reningsprocesser/bestallargrupp-lakemedelsrester-mikroplaster-och-andra-foreoreningar/relevanta-rapporter/>

Under 2021 har hemsidan uppdaterats med sammanfattningarna av slutrapporter från Naturvårdsverkets utlysningar. Sammanfattningarna presenteras med en kort beskrivning av projektet, vald teknik, projektgenomförande, resultat i form av jämförbara nyckeltal och kontaktinformation. Även en presentation av prioriterade läkemedelsrester för varje reningsverk presenteras i tabellform (se bilaga 1).

Hemsidan har också strukturerats på ett bättre sätt så att det enklare går att få fram all information som efterfrågas.

## 2.3 Återkoppling från workshop – 2021-03-24

2021-03-24 genomfördes en digital workshop om villkorsformuleringar vid installation av rening för mikroforeoreningar i Alvik i Stockholm. Mötet omfattade följande aktiviteter.

- Inbjudan och kort presentation om beställargruppens arbete under 2020 samt fortsatt arbete under 2021
- Upphandling av läkemedelsrening – Matilde Kamp (SWECO)
- Uppströmsarbete och rening – är läkemedelsrester som andra kemikalier? – Emelie Grubbström (Gryaab)
- Grupparbete om utsläppsvillkor - Michael Cimbritz (Lunds universitet), Ola Swahn (Högskolan Kristianstad) och Peter Sörngård (Svenskt Vatten)
- Presentation av förstudier och investeringsprojekt – Uppföljning av tidigare presentationer och resultat från nya projekt:
  - Karlstad (Christer Pettersson)
  - VAKIN (Sven Thunell)
  - NSVA (Hamse Kjerstadius)
  - Tierp (Jørgen Johnsen)
  - SYVAB (Victor Kårelid)

- 
- Diskussioner om det fortsatta arbetet i beställargruppen. Pågående projekt inom Naturvårdsverket – Maximilian Lüdtke (Naturvårdsverket).

Nedan följer en kort återkoppling från varje föredrag med tillhörande kommentarer och frågor från publiken samt tillhörande svar från föredragshållarna.

### **Upphandling av läkemedelsrening - Matilde Kamp (SWECO)**

Bakgrund till projektet:

Ta fram ett förfrågningsunderlag för läkemedelsrening som ska vara ett stöd för alla medlemskommuner vid upphandling.

De två metoderna som beskrivits är:

- Ozonering med biologisk efterbehandling
- GAK-filter med förfiltrering

Syfte:

- Vägledning och stöd – Underlaget ska inte ses som en fullständig funktionsbeskrivning utan
- Fokus har varit på funktion (och till viss del maskinella komponenter)
- Prestandakrav, inte krav på det utgående vattnet - beställaren behöver utföra dimensionering
- Varför inte funktionskrav?:
  - Finns ännu inga lagkrav på reduktion i Sverige
  - Analysmetoder är inte tillräckligt noggranna för att användas som prestandakontroll
  - Inkommande vatten varierar i sammansättning
  - Maskinupphandling enligt ABT06, ABA99 eller NLM19. ABO4 eller samverkansentreprenad är också en möjlighet.

Se närmare detaljer i rapporterna som finns sammanställda i beställargruppens slutrapport för 2020 (bilaga 3 och 4):

<https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/produkt/bestallargrupp-for-minskade-utslapp-av-lakemedelsrester-mikroplaster-och-andra-fororeningar-via-avloppsreningsverk-2/>

Frågor från publiken med tillhörande svar:

*Fråga:* För CT-modelleringen för ozon, vilken temperatur och pH ansattes?

*Svar:* Gäller mer luftbubblornas storlek inte anpassat efter pH och temperatur.

*Fråga:* Vet man hur ofta man måste byta kol

*Svar:* Beror på typen av kol. Finns olika siffror på detta 12000 – 20000 bäddvolymer. Beror av hur rent vatten som kommer in till reningssteget.

*Fråga:* Skulle man inte kunna utnyttja kylan hos LOX:en för att tillgodose en del av kylbehovet?

*Svar:* Ja detta är möjligt att göra.

### **Uppströmsarbete och rening – är läkemedelsrester som andra kemikalier? - Emelie Grubbström (Gryaab)**

Denna presentation resonerar kring:

- Vad avloppsreningsverk är bra för?
- Ska man arbeta med uppströmsarbete eller reningsteknik - är läkemedelsrester som andra kemikalier?

---

#### Sammanfattning:

- Spillvatten är en viktig transportväg för läkemedelsrester till vatten
- Rening avseende läkemedel är svårt p.g.a. låga halter och skilda egenskaper
- Uppströmsåtgärder kan ha en viktig effekt på lång sikt

#### Slutsats:

Om läkemedelsrester orsakar akuta problem i recipienten (framför allt i en känslig sådan) bör det snabbaste och effektivaste sättet vara att åtgärda detta med rening vid avloppsreningsverket

#### Kommentar från publiken:

Matrisen kan diskuteras och gäller kanske bara just för Gryaab. Det finns ju både teknik för läkemedel och övriga org föroreningar. Att det krävs extra teknik betyder ju inte att det är svårt- ser inte argumentet. Andra organiska föroreningar kan också vara betydande i just avloppsvatten då många av dessa släpps ut från samhället (t.ex. mjukgörare, fenoler, PFAS etc). Även bakteriedelen skiljer väldigt mycket från ARV till ARV med delvis höga halter i utgående vatten. Med detta sagt är uppströmsarbete en viktig del, ingen fråga om det!

#### **Inför grupparbete om utsläppsvillkor - Michael Cimbritz (Lunds Universitet), Ola Swahn (Högskolan Kristianstad)**

I Schweiz har 12 indikatorsubstanser valts ut indelade i två kategorier: Kategori 1 kan avskiljas lätt, kategori 2 lite svårare. De ska vara en 80 % reduktion över hela verket.

Varför är det just dessa 12 utvalda ämnen?

- Ämnen förekommer och kan analyseras,
- halten i inkommande vatten är så hög att det är meningsfullt att arbeta med en reduktion över hela verket.
- avskiljs indikatorsubstanserna till 80 % erhålls också en avskiljning av en mängd andra mikroföroreningar.

Tyskland (Nordrhein-Westfalen) – Här är läkemedelsrester, pesticider och PFAS-ämnen sammanfattade i en lista som används för uppföljning av funktionen för aktiva kol - processer och ozonanläggningar

I Sverige följs föreskrifterna i HVMFS 2019

I dessa föreskrifter sätts begränsningar i ytvatten för läkemedelsrester som har MKN (miljökvalitetsnormer) Ämnena är:

Ciprofloxacin, diklofenak, estradiol, och etinylestradiol.

Även andra organiska mikroföroreningar som bisfenol A, PFAS (PFOA, PFOS), imidaklopid och mekoprop har MKN.

De utvalda ämnena i HVMFS 2019 utgår från EU:s bevakningslista som är ett verktyg för att samla mätdata av hög kvalitet. Man är nu inne på tredje versionen av denna bevakningslista.

Under 2021 genomförs en nationell interkalibrering av läkemedelsrester i avloppsvatten. Beställare av arbetet är Naturvårdsverket och leds av HKR (Högskolan i Kristianstad). Övriga deltagare är SLU Uppsala, IVL och Umeå Universitet.

Följande två gränser ska beaktas vid analyser av avloppsvatten:

- LOQ - Limit Of Quantification,
- RSD – Relativ Standard Deviation.

---

LOQ kopplas till instrumentet. I den kemisk analysen anges ofta att LOQ ska vara 10 x bakgrundsbruset (LOD (Limit Of Detection) är 3 x bakgrundsbruset).

Frågor från publiken med tillhörande svar:

*Fråga:* Inkommande spillvatten är väl egentligen inte så intressant att analysera?

Recipienten bryr sig inte i alla fall

*Svar:* Detta beror på vilket villkor man får. Är det en %-andel är det viktigt

### **Grupparbete om utsläppsvillkor - Peter Sörngård (Svenskt Vatten)**

Gruppdiskussion om villkor i framtida tillstånd enligt miljöbalken. 8 grupper diskuterade en av de två frågorna nedan efter en slumpmässig fördelning. Man ska utgå i diskussionen från att det finns tillförlitliga analyser och laboratorier.

Gruppfråga 1:

Bör utsläppsvillkor regleras bara läkemedelssubstanser eller även andra organiska ämnen?

- om läkemedelssubstanser - sådana som regleras som miljökvalitetsnormer eller fritt från ett rekommenderat/reglerat urval av substanser?
- om andra organiska ämnen – ett urval från de som regleras som miljökvalitetsnormer eller fritt från ett rekommenderat/reglerat urval av andra ämnen?
- hur bör sådana utsläppsvillkor formuleras, som momentanvärde för halt vid ett visst antal kontrolltillfällen, medelvärde för halt under viss tid eller mängd för viss tid?
- När ni diskuterat a-c, har ni någon kommentar till Simrishamns tillståndsvillkor?

---

### Gruppfråga 2:

Om kontrollvillkor skrivs för ämnen i syfte att kontrollera att reningstekniken och rutiner för drift och skötsel av tekniken fungerar på avsett sätt,

- bör i så fall bara läkemedelssubstanter väljas och på vilka grunder bör dessa väljas ut?
- bör även andra organiska ämnen väljas och på vilka grunder bör dessa i så fall väljas ut?
- hur bör sådana villkor formuleras, som momentanvärde för halt/reduktion vid ett visst antal kontrolltillfällen eller som medelvärde under viss tid?
- När ni diskuterat a-c, har ni någon kommentar till Simrishamns tillståndsvillkor?

Resultat från gruppdiskussionen:

### Gruppfråga 1:

Grupp 1:

- Utför screeningar för att få en lägesbild för den aktuella vattenförekomsten
  - Regelverk från andra länder som inspiration för att få en mer hanterbar plan och väg fram?
  - Hur skiljer sig halterna åt mellan ARV? Finns vissa skillnader beroende på konsumtionsmönster men ungefär samma. Vissa ARV har en mer långtgående rening än andra av vissa ämnen.
  - Behöver en uppföljning av behov kopplat till den lokala recipienten där storlek på recipient och utsläppets storlek är viktigt. Finns även säsongsvariationer att ta hänsyn till.
  - Det är miljöeffekten som är intressant i sig – hur ska man komplettera vattenanalyser med effektmätningar. Ekotoxikologi viktigt, även för att följa upp effekter av reningen i sig (t ex ozonering och bromid)
  - Exemplet Schweiz: varit för fokuserat på den teknik vi känner till idag? Finns t ex även biologiska reningsmetoder utöver GAK och ozon, behöver beakta det vid formulering av reningskrav
  - En lista med indikatorsubstanter med urval av kemiska substanser skulle täcka upp behovet av rening av även framtida substanser som vi vill kunna avskilja i ett reningssteg med ”modern” rening
  - Gruppens samlade syn var att det är viktigt att beakta de lokala behoven, där MKN är ett verktyg för att identifiera behoven i den aktuella vattenförekomsten
- Ha i beredskap att de kraven kan komma utöver läkemedel
  - Viktigt med recipientperspektivet och möjligheten att förbättra läget – källfördelning/uppföljning av spridningsvägar – hur mycket kan vi bidra med rening vid ARV?
  - Viktigt med provtagning i recipient och en genomtänkt strategi/uppföljning – kontrollprogram
  - MKN/SFÄ – lokala recipientprovtagningsprogram - behöver utformas för att vattenförekomsten blir korrekt uppföljd/kartlagd
- Kan ekotox användas för att ha som parallell uppföljning av effekt av den utökade reningen, och för att följa recipientens behov?
  - I en tysk studie hade olika indikatorsubstanter valts ut. Från denna studie hade ett ”glidande medelvärde” tagits fram för att följa upp prestanda hos GAK i serie eller parallell.

---

d.

Gruppen anser att det är ambitiöst med 15 ämnen. Man skulle istället föredra att ha en mer ”lokalt anpassad” lista. Exempelvis som utredningsvillkor i Varberg. Här finns villkor på diklofenak och två hormoner (SFÄ).

Grupp 2:

I denna grupp diskuterades att villkor (läkemedel + andra org ämnen) i nuläget kan formuleras som utredningsvillkor och inkluderas i kontrollprogram (som Kiviks ARV villkor 12). Typ av villkor behöver ta hänsyn till MKN med åtgärdsplan om MKN inte kan uppfyllas? Villkor kan på sikt inkludera någon typ av toxicitetstest? Bör avvakta konkreta halt/reduktionskrav pga. utveckling av analysmetoder (obs detektionsgräns, LOQ, RSD), kategorisering av ämnen, provtagning, juridiska konsekvenser.

Grupp 3:

- a. Tydligare hur recipientprovtagare bör göras. Ju fler mikroföreningar desto svårare att sätta villkoren.
- b. Se ovan kommentar.
- c. Här anser gruppen att villkor bör vara satt som ett mängdvillkor för viss tid.
- d. Gruppen anser att de villkor som finns i Simrishamn är mycket ambitiösa. Ekonomin sätter gränser för provtagningsprogrammet.

Grupp 4:

a, b

Utsläppsvillkor bör inte bara titta på läkemedelsrester, utan även andra organiska ämnen, tex PFAS, Bisfenol A. Bygger vi ut för avancerad rening så bör vi ta höjd även för andra ämnen.

Viktigt att inte bara ta med de ämnen som tas upp i MKN, utan man bör utgå från recipienten när det bestäms vad som ska regleras i tillståndet, vilket i sin tur kräver en utförlig utredning kring recipientpåverkan från läkemedelsrester och andra organiska föreningar. Viktigt att utgå från recipientens behov.

c.

Om man ska titta på momentanvärde eller medelhalt bör också styras av recipienten. Beroende på recipient kan ett momentanvärde få väldigt stor inverkan, tex om utsläpp i en å med väldigt lågt flöde under torrsäsong, medan medelvärdet under året inte har lika stor påverkan. Årstidsvariationer gör också att årsmedelvärde inte är bra, tex anti-depressiva ämnen som har högre halter under höst/vinter.

Provtagningen bör vara veckoprover, inte stickprover. Utspridda under över året (tex 6 ggr/år) för att fånga in årstidsvariationer.

d.

Kommentar till Simrishamns villkor 12 – provtagningsfrekvens om ämnen regleras i kontrollprogram. Ganska löst formulerat, men bra att det ska tas fram i dialog med tillsynsmyndighet, men kräver en väl insatt tillsynsmyndighet. Reduktion över reningsverket, men inte uppföljning av reduktion över kolfiltret

Att utgå från behoven i recipienten känns rätt var gruppen överens om, men det kräver en gedigen recipientundersökning. Det diskuterades i gruppen om det är rimligt att det är VA-huvudmannen som ska stå för den övervakningen (recipientundersökning m a p läkemedelsrester är ju väldigt dyrt och komplext), rådde lite delade meningar i gruppen. Vi är skyldiga att undersöka vår påverkan och när det gäller läkemedel så är reningsverk troligen den enda/största spridningsvägen. När det gäller andra organiska föreningar kanske det finns andra (större) spridningsvägar, är det då rimligt att VA ska bekosta miljöövervakningen för att kunna statusklassa? Underlaget idag är bristfälligt.



---

När det gäller läkemedel (och andra org. ämnen) är det viktigt att utgå från recipient-behov och inte sätta generella krav utifrån tex storlek på reningsverk (som för tex kväve och fosfor, i praktiken är det ju där generella krav överlag) eftersom den avancerade reningen i sig innebär en betydande miljöpåverkan.

#### Gruppfråga 2:

##### Grupp 5:

a.

- Man bör välja ut substanserna lokalt från verk till verk utifrån förutbestämd lista, olika förutsättningar utifrån t ex olika population eller t ex livsmedelsindustri (antibiotika)
- Man behöver minimera antalet substanser för respektive verk att följa upp och villkora
- Hur gör man då med "svåra" ämnen som typ Diklofenac, ska den vara med som ett krav? Är det rimligt att ägna så mycket energi och resurser åt vissa ämnen som kanske kan minskas på andra sätt?

b.

- PFAS eller andra skadliga ämnen som kan renas på samma sätt som läkemedelsrester reduceras ju.
- Här finns ju andra källor som påverkar.
- Kontrollprogram för organiska ämnen kan finnas med kanske inte reduktion- halt- eller annat villkor.
- Vid val av teknik behöver andra ämnen vara med i förstudien. När sedan tekniken är på plats bör man fokusera mer på utgående ämnen (dvs de man kan rena bort bra med den teknik man valt).

c.

- På grund av eventuella säsongsvariationer bör inte villkoren vara fasta utan behöver vara anpassningsbara till rådande förutsättningar.
- Svårt att sätta ett "nationellt" krav på t ex halt eller reduktion eftersom varje verk är olika.
- Bör villkoren vara kopplade till recipienten? Om tekniken finns på plats kan det vara "ointressant" om tex spädningsfaktor vid utsläppspunkt.
- Bör lägga fokus på att "det vi kan rena – det ska vi rena".

d.

- Gruppen anser att det krävs ett villkorat egenkontrollprogram – och lämnar mycket till det kommunala miljökontoret.

##### Grupp 6:

- Standardanalysmetoder måste finnas. Det är en grundförutsättning. Synlab och Eurofins har tagit fram standardmetoder. Eurofins har lägre detektionsgränser.
- Recipient är viktig och bör vara styrande. Det bör man ta hänsyn till.
- Utgående mängder bör vara viktigare än halter för att ta hänsyn till.
- Tillsynsmyndigheter bör sätta krav på industrier när det gäller andra organiska ämnen för att flesta andra ämne kommer från industrier.
- Veckosamlingsprov, några gånger per år, Villkor på årsmängder kan vara bra.
- Vissa substanser är högre i vissa årstider, antihistamin under vår och antidepressiva substanser under höst/vinter till exempel. Det bör man ta hänsyn till.
- Om reduktion av en viss substans har samma reduktion som andra substanser (tillhör till samma grupp) då räcker det att kontrollera en substans.

---

#### Grupp 7:

a.

- Att enbart skriva kontrollvillkor baserat på enbart läkemedelssubstanser ansågs eventuellt för snävt. Resonemanget var att om man på sikt även får mer generella reningskrav på organiska mikroföroreningar så riskerar man att missa hur väl reningstekniken är anpassad för framtiden.
- När det gällde krav på substanser så tyckte gruppen att det bör vara kopplat till vad som skulle ge en lindrande effekt på recipienten. Förslagsvis väljs substanser ut utifrån bedömning av riskpåverkan och SFÄ.
- Andra aspekter såsom redundans, tillgänglighet för reningssteget, att utrustning ska skötas optimalt togs upp. Kommentar från deltagare i gruppen som jobbar med tillsyn var dock att detta brukar vara mer allmänna krav på verksamheten som helhet.
- I de fall ozonering används som reningsteknik diskuterades om det bör ske uppföljning av bi- och transformationsprodukter för att säkerställa god funktion på efterföljande biologiskt poleringssteg.

b.

Momentana maximalvärden ansågs bli för strikta och används dessutom sällan inom avloppsvattenrening för villkor. Vanligare inom andra industrier där man inte ser t ex säsongvariation på samma sätt. Medelvärden på årsbasis bedömdes som rimligt.

c.

Det kontrollprogram som föreslagits bedömdes som ambitiöst och på längre sikt väl dyrt med tanke på analys och provtagningsfrekvensen (6 ggr/år). Det bedömdes inte som rimligt att denna provtagningsfrekvens skulle kunna bibehållas vid eventuellt införande av reningskrav. I Tierp har provtagning utförts 2 ggr/år vilket bedömdes som mer rimligt ur ett kostnadsperspektiv med dagens prisbild, speciellt för mindre VA-organisationer.

#### Grupp 8:

a.

- Välj ut baserat på förekomst, finns andra särskilda ämnen som inte är läkemedelsrester så ska dessa inkluderas.
- Läkemedelskategori hur avskiljning kan ske, kol och ozon olika principer och olika uppföljning.
- Indikatorsubstanser viktiga att följa upp.
- Miljöpåverkan, resultatet av behovsanalys, följ upp de parametrar som visat sig innebära risk för recipient. Viktigt att följa upp det som faktiskt behövs följas upp med avseende på vad recipienten behöver.

b.

- Förekomst, finns särskilda ämnen som påverkar miljö kan detta styra. Ex. PFAS i låga halter men recipientens skick kan föranleda rening.
- Baseras på behovsanalysen.

c.

- Är det riktigt att ha reduktionskrav i ett kontrollvillkor? Tidigare har vi diskuterat behovet av långsiktiga krav för att kunna planera stora investeringar, att få villkor som gäller under lång tid som ger huvudmannen en säkerhet i de investeringar/åtgärder som görs.
- Ur ett miljömässigt perspektiv är mängder bättre, halter och procentuell reduktion kan ändras allt eftersom.
- Krav på procentuell reduktion kan bli svårt om uppströmsarbete kan få bort substanser innan det leds till reningsverket. Minskad mängd in kan ställa till problem.

- 
- Månadsvärde eller kvartalsuppföljning kan vara bra. Viktigt att kunna samla över en större period och även kunna hantera variationer. Vad som faktiskt ska uppnås, reduktionsgrad och utsläppsnivåer, bör inte hanteras i kontrollvillkor?
  - Behöver bra uppföljning t ex via online instrument som förenklar och gör det billigare att följa upp. Framtida effekttester kan vara ett alternativ. Viktig del i kontrollen, hur substanser följs upp.

d.

- Krav på GAK och uppföljning, ska endast följa substanserna genom verket men utan krav på reduktionsgrad.
- Kan tolka som att Simrishamn har fått uppgift att ta reda på parametrar kring hur reningssteget fungerar över tid, utan krav på faktiskt reduktion. Vad händer om de får tilläggsvillkor i ett senare skede och den anläggning de har inte uppnår det. Det blir en risk för Simrishamn! Hur kan huvudmän förhålla sig till det?
- Bra formulerat villkor, ger mer information kommunen och tillsynsmyndigheten. Villkor formulerat som återspeglar kunskapsläget och svårigheterna i nuläget med att få konkreta utsläppsvillkor från tillsynsmyndighet. Villkoret kan ses som en läroprocess.

#### **Kommentar på grupparbetet:**

Flera infallsvinklar tillfördes den här gången vilket visar att frågan om hur behov ska identifieras, rättsliga krav ställas och kontroll utformas är långt från färdigpenetrerad.

Det är stor enighet om att krav ska utgå från recipienternas behov, vilka går att bedöma på olika sätt och med olika omfattande metoder, från analys av enstaka parametrar för rättsligt reglerad miljö kvalitet till omfattande undersökningar med kemiska, biologiska och ekotoxikologiska metoder. Men en begränsning av krav och kontroll till ett rimligt antal parametrar har flera tagit upp som angeläget - allt kan inte regleras, provtas, analyseras och bedömas även om det vore intressant. Kostnaderna kan lätt bli höga och lagstiftningen reglerar därtill att det ska göras en rimlighetsavvägning av kontrollen varför kraven kommer utformas därefter.

Några tidigare inte diskuterade aspekter som kom fram var t.ex. att utsläpp av vissa läkemedel sannolikt varierar över året såsom antihistaminer mot allergier på våren och antidepressiva på hösten/vintern. Halterna i miljön kan variera också med flöden eller vattennivåer i recipienterna. Varierade behov över året och kostnader påverkar kravutformning som t.ex. veckomedel, månadsmedel, årsmedel eller maxhalter eller kombinationer därav samt provtagnings- och analysfrekvenser men uppfattningarna varierade om maxvärden eller medelvärden var rätt väg att gå.

Villkor om % reduktion över reningsverk eller reningsteknik får svagt gehör av tidigare nämnda skäl. Sådana krav påverkar incitamenten för och resultaten från uppströmsåtgärder och blir svåra att följa med ett framgångsrikt uppströmsarbete.

Det var bra att ekotox som parameter för att bedömning av recipientens behov diskuterades. Det är inte löst hur resultaten från sådana analyser kan knytas tillbaka till åtgärder som blir relevanta att vidta i reningsverket.

Behov utifrån regler varierar över tid. Exempelvis ser EU vart 4:e år över vilka organiska ämnen och halter som ska definiera kemisk status.

De i några grupper nämnda bristerna i recipientkontroll, övervakning av status och recipientbehov som går utöver MKN och s.k. SFÅ för t.ex. läkemedel och andra mikroforenningar lyftes och det framkom osäkerheter om ansvar. Om det kan nämnas att en bedömning av reningsbehov som går utöver följsamhet till MKN och SFÅ förutsätter en mycket mer utvecklad recipientkontroll än dagens. Reningsverken har skyldighet (26 kap 19 § MB) att undersöka eller hålla sig underrättade om sitt utsläppta avloppsvattens påverkan på recipienten och på dess status (egenkontroll), det vill säga hur stor

---

del av vattenförekomsten som påverkas av avloppsutsläppet och hur den delen påverkas. Är vattenförekomsten tillräckligt liten kan "delen" avse hela förekomsten, annars inte. Skyldigheten exkluderar undersökningar av forskningskaraktär och representativ provtagning och analys av vattenförekomstens status, som vattenmyndigheterna och Havs- och vattenmyndigheten (7 kap. vattenförvaltningsförordningen) samt som länsstyrelserna enligt sin myndighetsinstruktion ansvarar för genom anslagsmedel från regeringen via HaV. Medverkan i en samordnad recipientkontroll som speglar många källors sammanvägda påverkan men inte det specifika reningsverkets påverkan räcker inte för att följa lagstiftningens krav. Svag koppling av recipientkontrollen till reningsverket kan utlösa krav på rening av mikroföroreningar som inte behöver vara motiverad eller kan ge förväntad miljönytta om reningsverkets recipientkontroll visar att avloppspåverkan är geografiskt begränsad till en del av vattenförekomsten närmast utsläppspunkten men inte påverkar statusen på hela förekomsten.

En slutsats från diskussionerna blir att reningsverk behöver ha i beredskap och åtanke att tekniskt kunna möta behov från en bred mängd av mikroföroreningar och att behoven kommer förändras över tid. Krav kan lokalt komma att avse mer än läkemedel beroende på om bara reningsverket påverkar recipienten, men det är mer tydligt att läkemedel har avloppsvatten som huvudsaklig källa. För att smalna in och konkretisera behoven behöver reningsverken förbättra kunskaperna om sina egna utsläpps påverkan på sin recipient genom att undersöka kemiska och biologiska parametrar. Sådana underlag blir viktiga när reningsverkets tillåtlighet senare ska prövas och för kravutformningen.

### **Presentation av förstudier och investeringsprojekt – Uppföljning av tidigare presentationer och resultat från nya projekt:**

*Karlstad (Christer Pettersson)*

- Beskrivning av Sjöstadsverket i Karlstad:
- Renar avloppsvattnet från Karlstad tätort, Skattkärr och Alster
- Dimensionerat för 97 000 pe
- Belastas idag med 69 000 pe
- Mekanisk, kemisk och biologisk rening
- biologisk rening i aktivslamprocess
- Slammet är REVAQ-certifierat
- Väl fungerande reningsprocess
- Recipient är Klarälven - norra Väneren

Man fick beviljat bidrag för ett förstudieprojekt av Naturvårdsverket 2019. I projektet skulle man ta reda på:

- Behov - Finns det ett faktiskt behov av läkemedelsrening i Karlstad? Hur ser behoven ut i framtiden?
- Kostnader - Vad kostar det att införa avancerad rening? Driftkostnader? Kostnad kontra nytta?
- Teknikval - Vilken teknik är mest lämplig för Sjöstadsverket? Är tillgänglig teknik hållbar?
- Strategier - Kan vi förvänta oss en nationell strategi inom de närmaste åren? Hur länge håller Sjöstadsverket? Strategi för ett framtida nytt reningsverk 2050 – 2060?
- Alternativ - Är ett intensifierat uppströmsarbete, lokalt, regionalt och nationellt ett fullgott alternativ?

Slutsatser:

- Utgående vatten innehöll halter av oxazepam och ciprofloxacin som överskrider respektive PNEC-värden. Underskridande av PNEC-värdena innebär att vi måste reducera oxazepam med >98 % och ciprofloxacin med >82 %

- 
- Vissa ämnen förekom i halter över PNEC-värdena vid enstaka analystillfällen (klaritromycin, sertralin, paracetamol, östron, ibuprofen)
  - Spädning i recipienten är stor och halterna nedströms är marginella. Vattenvårdsförbundets utredning visar ingen tydlighet vad beträffar reningsbehovet på Sjöstadsverket
  - Ozonering eller GAK är två lämpliga teknikalternativ för Sjöstadsverket, en kombination av dessa anses dock onödigt komplext och dyrt.

#### Rekommendationer:

- Pilotförsök, oavsett processlösning, för att jämföra tekniker samt identifiera eventuella toxiska bi- och nedbrytningsprodukter
- Undersök även reningsbehov av t.ex. bisfenol A, nonylfenol, PFAS, PFOS, PFOA i befintlig anläggning samt i pilotförsök
- Att prova direkt: Styr på en högre slamålder, vilket kan förbättra reningen av ett flertal läkemedel i befintlig anläggning

#### Frågor från publiken med tillhörande svar:

Fråga: Relateras det extra reningsbehovet utgående halter idag eller inkommande halter? just oxazepam hade säkert nå negativ reduktion över biologin skulle jag anta?

Svar: Det har antagits att utökad rening behövs om halter läkemedel i utgående vatten överskrider resp. PNEC-värden.

#### VAKIN (Sven Thunell)

Beviljades 2019 av Naturvårdsverket bidrag till en förstudie med huvudsakligt syfte att utreda förutsättningar för en fullskaleinstallation av teknik för rening av avloppsvatten från läkemedelsrester vid Öns reningsverk i Umeå. Förstudien sker vid Flurkmarks reningsverk ett par mil utanför Umeå.

Förstudien genomförs som en pilotstudie med ozonering med efterföljande GAK-filtrer.

- Nuläget för piloten:
- Partiklar stör processen. Backspolning krävs ca 4gg/dygn.
- Kraftig skumbildning i reaktortanken. Skummet fyller vattenlåset och når sedan ozondestruktorn.
- Till följd av skumbildningen (troligtvis) har vi upplevt problem med ozon i luften, både i containern och inne i reningsverket.
- Vi kommer att installera en skumfälla för att se om det löser problemet.
- Rör och eventuellt UV-lampor har frusit sönder. Isoleringen är inte tillräcklig för vårt kalla klimat (-30 °C).

#### Kostnadsdrivande faktorer:

- Processen kräver ett så partikelfritt vatten som möjligt. Med andra ord måste vattnet filtreras innan reningen av läkemedelsrester kan utföras.
- Vi har inte den processkunskap som behövs för att driva denna typ av anläggning på säkert och kostnadseffektivt sätt än.
- Stora driftkostnader förväntas i form av el, underhåll och eventuellt aktivt kol.

#### Framtida planer:

- Investeringskostnaden för rening i full skala vid Öns reningsverk är svår att gissa idag.
- Driftkostnaden från förstudien i Flurkmark är skalbar.
- Det krävs stora ombyggnationer vid Öns reningsverk för att skapa en möjlighet att rena spillvattnet från läkemedelsrester.
- Ytterligare filtrering är ett måste.
- Bättre kalkyler kommer år 2022 då vi utvärderat pilotstudien i Flurkmark.

---

Frågor från publiken med tillhörande svar:

*Fråga:* Hur höga susphalter har ni haft in till ozonreaktorn?

*Svar:* Reningssteg innan direktfällning - 53mg/l in till steget.

*Fråga:* kan du berätta vilken typ av inblandning ni valt (diffusor, injektor etc.), HRT samt lite halter in (SS, DOC etc.)?

*Svar:* Inga ordentliga försöksresultat än. Inblandningen är injektor.

*Fråga:* Vad hade ni för budget för pilotförsöken? Hur har den hållit?

*Svar:* Total budget är ca 8 MSEK. Kostnaden är nu på 9-10 MSEK

### **NSVA (Hamse Kjerstadius)**

Här beskrivs en kombinerad vattenåtervinning och reduktion av organiska föroreningar vid Reco Lab, Helsingborg.

Total budget för investeringen är 6,7 MSEK. Anläggningen färdigställdes i jan 2021.

Leverantören av anläggningen: Landustrie (NL)

Underleverantör: Jotem Water treatment (NL), NX Filtration (NL), Primozone (SE)

Anläggningen består av:

- Patronfilter och kemrack
- Trumfilter (nedsänkt)
- Ozonering
- 2\* membranrack – Nanofiltrering 400 Da

Anläggningen producerar 100 - 150 m<sup>3</sup>/dygn. Utgående vatten klarar mer än 80 % av läkemedel enligt Schweiziska riktlinjer.

Frågor från publiken med tillhörande svar:

*Fråga:* Ser/förväntar ni nå positiv effekt av att behandla NF-retentat? Vid pilotförsök i NV-projekt vid Visby ARV sågs inte detta (samma mängd ozon per avlägsnat mängd läkemedel, så bara skalfördelar) men för GAK och UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> såg vi en tendens på bättre effektivitet i koncentrat jämfört med vanligt avloppsvatten.

*Svar:* Vi tror inte att det blir en reell effekt på mängden ozon för koncentratet från den blandade strömmen. Utan "vinsten" är egentligen vattenåtervinningen. Därutöver så skall vi testa att bara behandla klosettvattnet för läkemedel vilket kan bli en intressant applikation som i alla fall kräver att man behandlar betydligt mindre flöden om än inte mindre ozon.

*Fråga:* Missade kanske men hur stor del ska gå som blödföde kontra recirkulation för ozonering??

*Svar:* Blödfödet blir litet. Det är egentligen bara till för att undvika uppbyggnaden av 2 värda joner som kalcium som annars faller ut på membranen. Exakt hur litet det blir är en avvägning mot hur ofta man vill tvätta membranen, men vi siktar på så lite som ett par procent av flödet.

### **Tierp (Jørgen Johnsen)**

Reningsverket i Tierp är dimensionerat för 15 000 pe. Normalflödet är 150 – 200 m<sup>3</sup>/h

Genomförandet av den fullskaliga anläggningen:

- Förstudie
- Pilot
- Byggnation och installation

- 
- Drifttagning
  - Uppföljning

Ekonomi:

Budget: 11 609 000 kr

Bidrag NV: 10 440 000 kr

Utfall: 13 334 135 kr + Tillkommande kostnad tillbyggnad: 4 345 000 kr

Anläggningstyp och resultat:

- Sandfilter + ozonering + GAK
- Totalt 10 läkemedel eliminerades till under detektionsgräns
- Resterande 21 substanser har minskat till 20-25 % av ingångsvärdet med en total reningsgrad upp till 91 %
- Sammantaget 9 läkemedel av de 22 som Läkemedelverket rekommenderar som miljöindikatorer återfanns i nivåer över detektionsgräns
- I genomsnitt tas upp till 93% av indikatorelementen bort genom anläggningen
- Tre av fem ämnen från Svenska Miljöinstitutets högriskläkemedel återfinns i provresultatet (oxazepam, metoprolol och trimetoprim) där de tre ämnena reducerats med upp till 83 %

Frågor från publiken med tillhörande svar:

*Fråga:* Det verkar vara väldigt höga BOD-värden innan ozoneringen, varför då?

*Svar:* Tillfälliga driftproblem med övriga processen.

*Fråga:* Hur ser man på hälso- och miljörisker av läckande ozon?

*Svar:* Har inte tittat på detta. Går inte att garantera. Larm på ozon finns. Lite dåliga erfarenheter sedan tidigare.

### **SYVAB (Victor Kårelid)**

Projektet på SYVAB:

- 2019 beviljades Syvab av Naturvårdsverket att anlägga en MBR-GAK pilot (ca 10,8 milj SEK).
- MBR-delen är en miniatyr (0,18 %) av framtida Himmerfjärdsverket
- Dimensionering (MBR)
- Medelflöde på 12 m<sup>3</sup>/h (max 25 m<sup>3</sup>/h)
- Motsvarar ca 700 pe
- Samma membrankassetter som i framtida fullskala (från Suez) används för att få jämförbara resultat

Reningseffekt:

- Bakterier hindras effektivt i MBR-piloten från att nå Himmerfjärden
- Hormoner renas bort redan i MBR (också i dagens Himmerfjärdsverket)
- Likvärdig rening av läkemedelssubstanser i den befintliga aktivslamprocessen och MBR-piloten (innan GAK-filtren)
- Få substanser kunnat kvantifieras efter GAK-linjerna efter 6550 (Linje 1) resp. 4400 (Linje 2) behandlade bäddvolym; resten under detektionsgränsen
- Även PFAS renas bort effektivt över GAK-filtren
- PFOS renas bort effektivt redan i MBR; oväntat resultat men bekräftat i två veckoprover hittills

---

Fortsättning av projektet:

Pilotförsöken går vidare...

- Bevakning av när genombrott av läkemedelsrester sker
- Fastställa designparametrar för en tvåstegs GAK-anläggning
- Fortsätta utvärdera de två backspolningsstrategierna
- Hittills har 1) inneburit 1,7% backspolad volym av behandlad volym och 0,7% för 2).
- Fortsatt uppföljning av den hittills goda reningen av PFAS och PFOS

Frågor från publiken med tillhörande svar:

*Fråga:* Kan man då använda surrogatparametrarna (on-line) för att styra utifrån dynamiska bytesintervaller för GAC istället för fasta bytesintervaller?

*Svar:* detta är fullt möjligt dock inte där än.

*Fråga:* För vilka PFAS föroreningar förutom PFOS har ni sett reduceras över GAK?

*Svar:* Vi har redovisat reduktion för 9 olika PFAS i slutrapporten (finns tillgänglig på vår hemsida under nyheter). Alla har hittills visat 80% eller bättre reduktion från inkommande till efter GAK.

### **Diskussioner om det fortsatta arbetet i beställargruppen. pågående projekt inom Naturvårdsverket – Maximilian Lüdtke (Naturvårdsverket)**

utlysning:

- Antal sökande – rekord – 30 st ansökningar
- Fördelning förstudier/investeringsprojekt – stor övervikt för förstudier
- Planerat beslutsdatum – kring midsommar

Pågående NV-aktiviteter relaterat till ”läkemedelsrening”:

- Revidering av EUs avloppsvattendirektiv – färdigt direktivförslag Q1 2022
- Översyn av EUs slamdirektiv – revisionsförslag planerat till 2023
- Pågående regeringsuppdrag - svensk implementering av EU-förordning ”återanvändning av avloppsvatten på jordbruksmark”
- Resultat från recipientuppföljning Linköping ARV – före & efter avancerad rening

Frågor från publiken med tillhörande svar:

*Fråga:* När kommer en skarp lagstiftning - jag vet, men jag frågar ändå?

*Svar:* Vet ej.

*Fråga:* pratas det mycket om läkemedelsrening i EU?

*Svar:* Är definitivt på agendan. Blir mer synligt hellre i avloppsdirektivet.

*Fråga:* Är det intressant för beställargruppen att titta på miljöpåverkan av rening av läkemedelsrester i ett livcykelperspektiv?

*Svar:* Ja.

## **2.4 Återkoppling från workshop – 2021-10-28**

Workshop 2 den 28 oktober fokuserade på kostnadsgenomgång vid installation av läkemedelsrening, interkalibrering av läkemedelsanalyser samt måldefinitioner för krav på läkemedelsrester från reningsverken. Workshopen visade på hur långt man kommit nationellt i sin förståelse kring analyser, tekniker och kostnader för installationer av läkemedelsrening. Mötet omfattade följande aktiviteter.

- Inbjudan och kort presentation om beställargruppens arbete under 2020 samt fortsatt arbete under 2021



- 
- Läkemedel i vattenrecipienter – hur prioriterar vi framtidens rening? – Pardis Pirzadeh (Länsstyrelsen Skåne)
  - Nationell interkalibrering – Provtagning, prioriterade ämnen – Ola Svahn (Högskolan Kristianstad)
  - Vilka mål ska vi sätta, hur uppnår vi dem och hur påverkas de tekniska lösningarna? – Christian Baresel (IVL)
  - Investeringar och driftkostnader – Berndt Björleinius (B2-processteknik) /Michael Cimbritz (LTH)
  
  - Presentation av förstudier och investeringsprojekt – Uppföljning av tidigare presentationer och resultat från nya projekt:
    - Uppsala Vatten och Avfall AB (Anna-Maria Sundin)
    - Falu Energi & Vatten (Melviana Hedén)
    - Mittsverige Vatten & Avfall (Malin Tuvevsson)
    - Ronneby Miljö och Teknik AB (Mattias Andersson)
  - Diskussioner om det fortsatta arbetet i beställargruppen. Pågående projekt inom Naturvårdsverket – Maximilian Lüdtke (Naturvårdsverket).

Nedan följer en kort återkoppling från varje föredrag med tillhörande kommentarer och frågor från publiken samt tillhörande svar från föredragshållarna.

### **Läkemedel i vattenrecipienter – hur prioriterar vi framtidens rening? – Pardis Pirzadeh (Länsstyrelsen Skåne)**

Detta projekt är ett samarbete mellan Länsstyrelsen Skåne, Region Skåne och Högskolan Kristianstad som syftar till att presentera en prioriteringsordning för skånska reningsverk vad gäller uppgradering till avancerad rening utifrån reningsverkens recipientpåverkan.

Totalt genomfördes provtagning vid 47 reningsverk i Skåne.

Man började undersökningen med att rangordna reningsverken i storleksordning m a p anslutna personekvivalenter och reningsverk med störst hydraulisk påverkan på ytvattenrecipienten.

De flesta av de stora reningsverken har utsläpp till havet där det är svårare att påvisa läkemedelshalter.

Reningsverken med utsläpp till vattendrag kan däremot ha stor hydraulisk påverkan. Det vill säga stort utsläppsflöde jämfört med flödet i recipienten. Här förväntas halter av utsläppta läkemedelsrester vara högre eftersom utspädningen blir låg i recipienten.

Utsläppsflödet hämtades från emissionsdeklarationen och recipientflödet är S-hype modellerade flöden. Medel- till lågvattenföringen valdes för att representera de sårbara perioder då recipientflödet är lågt.

Det visade sig att det är helt andra reningsverk som framträder med potentiellt stor läkemedelspåverkan. Överst på listan hittas Rosendals reningsverk i Tomelilla med 6600 anslutna pe, Svalöv (3 100 pe) osv. Det är med andra ord inte bland de största verken problemen är störst.

Teorin ville bekräftas genom att provta 6 verk med störst hydraulisk påverkan samt Ekebro som ligger efter Ekeby.

### **Närska man ta proven för att få en bra representativitet för både låg- och högflöden?**

Efter att ha gjort analyser under 2017 och 2018 togs prover 2020 i mars, juni, augusti och november. Juni, aug representerar situationen vid lågflöde, dvs då högst halt och störst påverkan förväntas.

### **Hur många prover behövs minst över året?**

Det absolut minsta antal prov som behöver tas är fyra. Med fyra prov har man två replikat för lågflödeshalter och två för högflödeshalter.

---

## Var ska proverna tas?

*Operativ övervakningsstation:* Enligt Vattendirektivet är detta en station som mäter påverkan från en utsläppskälla och som kan användas för att följa upp genomförda åtgärder

*Blandningszoner:* I närheten av utsläpp från punktkällor är föroreningskoncentrationerna i regel högre än miljökoncentrationerna i vatten. Medlemsstaterna har möjlighet att använda blandningszoner så länge det inte hindrar att relevanta miljökvalitetsnormer uppfylls i de övriga delarna av ytvattenförekomsten. Blandningszonernas omfattning bör vara begränsad till området i närheten av utsläppspunkten och bör vara proportionell. Sverige har i dagsläget inte infört blandningszoner eller gett vägledning för hur de ska bedömas.

*Vattenförekomst eller övrigt vatten:* Reningsverk kan ha utsläpp till vattenförekomst eller övrigt vatten. Vattenförekomst har en miljökvalitetsnorm som regleras av kapitel 5 i miljöbalken, att den ska följas. Övrigt vatten har ingen MKN men den skyddas trots allt av hänsynsreglerna i kap 2 miljöbalken att en verksamhet inte får medföra skada för miljön (bedömningsgrunderna är ju säkra nivåer, över vilket vattenorganismerna riskerar utsättas för giftpåverkan).

För de 7 utvalda reningsverken togs vattenprover i anslutning till utsläppspunkten, några tiotal till några hundratal meter nedströms utsläppet. Om utsläppet var i ”övrigt vatten“ togs provet där och om det var i en ”vattenförekomst“ togs det där. Prov togs alltså i närmaste vattenförekomst då utsläppet var till övrigt vatten för att försäkra sig om att vattnet har en miljökvalitetsnorm. Det hade inte blivit rättvisande för att visa påverkan från reningsverket eftersom avståndet till vattenförekomsten ofta var stort.

Halten diklofenak nedströms reningsverken i mars, juni, augusti och november från den 7 studerade reningsverkens recipient visade på ett överskridande av bedömningsgrunden i minst 1 av provtillfällena vid alla verkens recipient.

Det är i första hand diklofenak som överskrider sin bedömningsgrund och i andra hand 17-beta-östradiol nedströms 11 reningsverk i Skåne.

Andra ämnen där halter har överskridit föreslagna PNEC i litteraturen, men som inte (ännu) har bedömningsgrunder är citalopram och oxazepam. Dessa är psykofarmaka och överskrider sina PNEC nedströms alla sju undersökta reningsverk vid i princip varje provtillfälle.

Om Havs- och vattenmyndigheten bestämmer bedömningsgrunder för flera läkemedel, kan överskridanden potentiellt ske nedströms ännu flera reningsverk och därmed krav på åtgärder vid flera verk.

## Vad medför undersökningen för resultat och åtgärder?

- När reningsverk ansöker om nytt tillstånd kan Länsstyrelsen yttra sig och ställa villkor på att förekomst och halter av läkemedelsrester i utgående vatten och i recipienter utreds, och att teknisk genomförbara åtgärder och kostnader för att reducera utsläppen utreds.
- Länsstyrelsen kan inom tillsynen ställa frågor kring kunskapsläget med avseende på läkemedelsrester vid reningsverken och vilka tankar verksamheten har i frågan.
- Länsstyrelsen kan ställa krav på mätningar i utgående vatten och i nedströms recipient inom ramen för egenkontrollen. I Skåne har två vattenråd nyligen lagt till analys av läkemedelsrester nedströms två reningsverk inom sina samordnade recipientkontrollprogram. Detta har skett frivilligt inom ramen för vattenrådets arbete och inte genom tillsynen.

---

Fortsättningen under 2021 och 2022 innefattar att prover tas vid nästa sju reningsverk i rangordningen för hydraulisk påverkan. De preliminära resultaten visar på lägre halter jämfört med de som varit med i denna studie.

**Tips på fortsatt arbetsgång:**

- Gör en rankning av reningsverken i era län med avseende på hydraulisk påverkan.
- Börja med att ta prover nedströms reningsverk med högst påverkan och arbeta er ned i lista tills ni inte längre detekterar vattendirektivsämnen i halter över bedömningsgrunden.
- Fokusera åtgärder vid reningsverken nedströms vilka vattendirektivsämnen hittas i halter över bedömningsgrunden.

**Region Skånes budskap:**

- Väldigt viktigt att ta vattenprover i en recipient vid rätt tillfälle beroende på vilken frågeställning man ska besvara.
- Fortsatta medel från NV 2022 och 2023 – prioritera uppgradering av reningsverk i enlighet med vår modell - mest sårbara recipienter.
- Arbeta mer effektivt för att höja vattendragens (vattenförekomsterna) kemiska och ekologiska status för att möjliggöra för en ökad produktion hos befintliga anläggningar, för nyetableringar av företag samt ta höjd för en befolkningsökning. Grön omställning för att få företag och aktörer att rena sina utsläpp mer effektivt.
- Arbeta för att få företag och aktörer att planera för oplanerade vattenavbrott, som kommer komma mer frekvent i rådande klimatkris. Hur säkrar man sin produktion? Nödvattenförsörjning? (detta arbetar jag för tillfället med mycket i mitt vattenprojekt)
- Öka kunskapen för riskerna vid spridning antibiotikaresistenta bakterier.

Kommentarer och frågor från publiken:

Kommentar: Resultat för vilka läkemedelsämnen som överstiger sina bedömningsgrunder - stämmer väl med den rapport som Svenskt Vatten publicerade i december förra året: <https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/avlopp-och-miljo/kretslopp-och-uppstomsarbete/lakemedel-i-kretsloppet/diklofenak-sparat-svenska-vatten/>

*Kommentar:* När det gäller Diklofenak är det uppenbart att det behövs uppströmsåtgärder, se denna debattartikel i Svenska Dagbladet som Svenskt Vatten skrev tillsammans med ansvariga kommittéläkare i Regionerna: <https://www.svd.se/popular-gel-och-spray-ett-hot-mot-miljon>. Halten Diklofenak kan minska med 50% med sådana åtgärder. Men dessa uppströmsåtgärder behöver för vissa reningsverk även kompletteras med end-of-pipe treatment. I dessa fall anser Svenskt Vatten att läkemedelsindustrin har ett producentansvar och ska delfinansiera en sådan rening där bedömningsgrunderna överskrids.

*Fråga:* Hörde att östrogenanalyserna ska diskuteras senare, men undrar vad som analyserats i Länsstyrelsen i Skånes studie, där tre reningsverk hade överskridna värden av östrogen. Viktigt eftersom östradiol är cirka 100 gånger mer aktivt än östron

*Svar:* Vi mätte 17-alfa- etinylöstradiol och 17-beta- östradiol. Det var 17-beta-östradiol som överskred sitt riktvärde nedströms tre reningsverk.

*Fråga:* Pardis nämnde att det fanns vattenråd som tagit med provtagning av läkemedelsrester i sin recipientuppföljning. Vilka vattenråd och vilka substanser (exempel)?

*Svar:* Det är Höje å och Österlenåarna. De kommer att mäta de fyra vattendirektivsämnen som nämndes i presentationen.

---

*Fråga:* Har ni tittat något på hur mycket klimatpåverkan skulle öka om (lämpliga) reningsverk i Skåne skulle införa rening av mikroföroreningar? Hur mycket av denna ökning av klimatpåverkan kan undvikas genom uppströmsåtgärder?

*Svar:* Vi har inte gjort en sådan klimatanalys som du frågar om.

### **Nationell interkalibrering – Provtagning, prioriterade ämnen – Ola Svahn (Högskolan Kristianstad)**

Tillförlitliga analysdata är avgörande beslutsverktyg för effektiv resursprioritering inom vattenförvaltning, miljöprövning och miljöövervakning. Även vid investeringsbeslut och utvärdering av projekt kopplade till installation av teknik för avancerad rening av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar vid avloppsreningsverk behövs analysdata av hög kvalitet. Högskolan i Kristianstad har därför fått i uppdrag av Naturvårdsverket att tillsammans med SLU, IVL och Umeå Universitet genomföra en interkalibrering av analyser för läkemedelsrester. En fullständig rapport innehållandes framtagande av råd kring planering och utförande av provtagning, upparbetning, analys, och resultatrapportering med målgrupperna; avloppsreningsverk, konsulter, och laboratorier inklusive projektets gemensamma rekommendationer för fortsatt arbete är planerad till slutet av februari 2022.

Projektet identifierade en lista på 13 substanser som var av särskilt intresse däribland ciprofloxacin, diklofenak, flukonazol och sulfometoxazol.

Flukonazol t.ex kräver stora mängder ozon för att brytas ner och finns numera också med på EU:s watchlist (nr 3).

Sulfometoxazol bryter igenom GAK-filter tidigt och finns också med på EU:s watchlist (nr 3).

Provtagningen av spillvatten kan ske med stickprov eller samlingsprov. Det bästa alternativet är ett samlingsprov, men om ingen möjlighet finns att ta ett dygnsbaserat samlingsprov får man nöja sig med ett stickprov.

Provkärl: USAs naturvårdsverk, EPA, har gjort en genomgång av vilka kärl som är bäst för läkemedelsanalyser. Plastflaskor av HDPE eller mörka glasflaskor är de alternativ som föredras.

I projektet prioriterades prover från utgående avloppsvatten och recipient. Provtagningen genomfördes vid 1 tillfälle och kom att bestå av sex replikat som skickades ut unisont till projektdeltagaran. Proverna analyserades i två omgångar, med sex månaders mellanrum, för att undersöka repeterbarheten av frysförvarade prover. De recipientprover som togs och analyserades utgjordes också av triplikat.

Vid analys av proverna har följande analyskedja följts av respektive laboratorium:

Prov -> SPE (Solid Phase Extraction) -> Eluering med organiskt lösningsmedel -> Indunstning -> Uppslutning -> Analys med H(U)PLC MS/MS  
(SLU använde vid första provomgången en metod baserad på 2D-LC MS/MS)

Kvantifiering och detektering:

Här skiljs LOQ och LOD åt. LOQ står för minsta kvantifierbara mängd och behöver vara 10 ggr högre än bakgrundbruset i analysen. LOD står för minsta detekterbara mängd är ska vara 3 ggr högre än bakgrundbruset.

Precision och riktighet:

Det är viktigt att både ha en hög riktighet och hög precision samt att ha en god repeterbarhet vid analyserna.

För diklofenak i utgående avloppsvatten har standardavvikelsen vid analysen av triplikaten i första provtillfället varierat. För HKR och IVL var den endast 3 respektive 4 % medan den var 40 % för SLU och 18 % för Umeå Universitet.

---

SLU bytte teknik och metod och fick ner standardavvikelsen till 3 % vid nästkommande provtillfälle, men de rapporterade ett något lägre mätvärde jämfört med HKR och IVL, vilket förklaras av att de inte använt någon internstandard vid mättillfället. Umeå Universitet har under projektet haft instrumentrelaterade problem. Analysdata kommer förhoppningsvis att inkomma framgent.

För recipientproverna, 200 m nedströms utsläppspunkten, var standardavvikelsen 1 % för HKR och 3 % för IVL, och halterna för diklofenak var 79 ng/L respektive 92 ng/L, vilket får betraktas som mycket tillfredsställande. Vid tidpunkten hade varken SLU eller Umeå Universitet hunnit inkomma med sina recipientresultat.

Slutsatsen av projektet:

- Det går att visa god tillit till resultat av analys av mikroföroreningar från utgående avloppsvatten- och recipientprover, även vid låga halter, under förutsättning att metoden är väl validerad och att analysinstrument är i fullgott skick.
- Högst precision och riktighet i analysresultaten erhålls om isotopmärkt analog används som internstandard, vilket framför allt är önskvärt för de ämnen som har miljökvalitetsnormer, som t.ex diklofenak.
- Det är viktigt att efterfråga ett laboratoriums LOQ och precision, i god tid innan analysuppdraget ges.

Kommentarer och frågor från publiken:

*Fråga:* Bra genomgång Ola och att du lyfter fram principer och begrepp för representativ provtagning och analys. Eftersom det finns föreskrifter om ackrediterade lab. för såväl recipientkontroll som utsläppskontroll samt kompetenskrav på provtagare, har ni haft kontakt med Swedac?

*Svar:* Nej det har vi inte haft.

*Fråga:* Vilka av de 13 identifierade ämnen är mest stabil med avseende på kemiskt och biologiskt nedbrytning?

*Svar:* Karbamazepin följt av bl.a oxazepam och flukonazol.

*Fråga:* Analyserade ni även för Kaffein?

*Svar:* Nej, vi har inte tittat på Kaffein.

*Fråga:* Hur skall VA-verken ställa sig till effektbaserade metoder vid framtida kartläggningar av mikroföroreningar (okända ämnen, cocktaileffekter etc.)?

*Svar:* Jag är för dåligt insatt i effektbaserade metoder, förutom YES-testet. Och där verkar detektionsgränserna vara ett problem. Kanske är det så i andra fall också?

*Kommentar:* Viktigt det Ola tar upp att det blir klarlagt hos lagstiftare/myndigheter att krav måste knytas till analys/provtagningsmetod och kompetenskrav på utförarna. Då ska det fungera även utanför FoU-projekt.

### **Vilka mål ska vi sätta, hur uppnår vi dem och hur påverkas de tekniska lösningarna? – Christian Baresel (IVL)**

Måldefinitioner:

- Baserat på MKN (HVMFS 2019:25)  
För diklofenak i ytvatten blir inte några problem att ha koll på gränsen eftersom detektionsgränsen är låg. För ciprofloxacin blir det svårare men är fortfarande möjligt. Dock är det inte tillräckligt bra förutsättningar för Östradiol (17beta-) E2(am) Etinylestradiol (17alfa-) EE2(am) och PFAS eftersom detektionsnivån för hög för att kunna ha kontroll på de lägsta halterna i recipienten.

- 
- Predicted No Effect Concentration (PNEC) eller riskkvot EC/PNEC: PNEC baseras på No Effect Concentration (NOEC) från studier av toxiska effekter och en säkerhetsfaktor som tar hänsyn till osäkerheten i de ekotoxikologiska studier som finns i litteraturen (enligt REACH-förordningen). Det finns idag inga gemensamma överenskomna PNEC-värden tillgängliga.

Säkerhetsfaktorn blir högre ju färre effektstudier som genomförts. Exempelvis är säkerhetsfaktorn för diklofenak endast 10 ggr eftersom flera effektstudier har genomförts på denna substans medan citalopram har en säkerhetsfaktor på 1000 ggr på grund av färre studier. Hög säkerhetsfaktor innebär inte att en substans kan nedprioriteras!

Måldefinitionen behöver vara olika beroende på vilket reningsverk som är aktuellt. Det finns idag många oklarheter hur måldefinitionen ska vara och det behövs en nationell bedömningsgrund innan man går på de enskilda reningsverken.

Olika måldefinitioner behövs eftersom behovet/risker ser annorlunda ut vid olika reningsverk. Det finns många oklarheter generellt, t.ex.

- Relativ rening eller halter?
- Var ska MKN/PNEC inte överskridas i recipienten? Endast klassade vattenförekomster med övervakningsstationer?
- Vad med skyddsområdet, Natura 2000 etc.?
- Totalflöde vs. delflöde (kopplar till relativa mål eller halter)

Exempel på reningsmålsdefinitioner undersöks av IVL vid MBR-GAK piloten vid Syvab Himmerfjärdsverket: Se presentation från Christian Baresel. Piloten på SYVAB togs i drift i oktober 2020. MBR-delen är en miniatyr av den framtida MBR-processen på Himmerfjärdsverket med kaskadkväverening (medelflöde på 12 m<sup>3</sup>/h).

GAK-pilotdelen efter MBR-piloten bygger på principförslaget som togs fram i förstudieprojektet kombinerat med tidigare erfarenheter från pilottester av MBR-GAK kombinationen ihop med IVL vid Syvab och Hammarby Sjöstadswerk.

GAK-dimensionering: koltyp: Chemviron Filtrasorb 400 i samtliga filter, Ytbelastning 10 m/h, filterbädd 1,9 m, EBCT 20 min per linje

I tidigare förstudien identifierades 4 substanser med högst risk för negative recipientpåverkan:

- Oxazepam
- Ranitidine (magsår) (250 ng/l under förstudien <LOD nu (EU förbud under 2019)
- Citalopram
- Diklofenak

Även PFOS finns också med som fokussubstans. Initial utspädning av spillvattnet i Himmerfjärden är 10 gånger och därefter ca 100 ggr.

Resultaten från GAK-piloten visar att alla prioriterade substanser renas tillförlitligt även efter 22 000 bäddvolymeter. PFOS renas bort i MBR (skumfraktioneringseffekt undersökt). Det är olika reningsgrader för olika PFAS.

Vad är ett bra reningsmål (vid/utan krav)? – Personligt inspel från Christian:

- Bör syfta på en tydlig miljörisk, vilket kräver en relevant kartering (med bl.a. rimliga provpunkter och LOD)!
- Analysprogram för relevanta substanser bör tas fram inför provtagning
- Riskbedömning baserat på effekthalter (MKN & PNEC) för relevanta substanser och i vissa fall effekter (t.ex. YES) och faktiska halter i recipient eller utgående ARV och relevant utspädning om effekthalt << LOD (kräver insats på uppdaterade PNEC, effektstudier, analysutveckling!)

- Individuell måldefinition vid varje ARV baserat på recipientpåverkan och ARVs andel/potential t.ex. i samband med tillståndsansökan och/eller i samband med större ändringar/behov enligt förvaltningsplan (cykler om sex år). För kustverk prioriteringen efter storlek (>100 000 pe främst) vid inga halter >MKN/PNEC och en utspädning direkt på >1000 ggr med motivation av emissionsmängden (t.ex. 80% genomsnittlig rening).
- Relevanta läkemedelssubstanser  
Prioritering kan t.ex. ta hänsyn till konsumtion i upptagningsområdet (t.ex. kommun) vilket kräver bättre samarbete/rutiner med myndigheter framförallt Läkemedelsverket. Dessutom effekthalter (MKN & PNEC) och reningsgrad vid dagens ARV (alt. 0% om okänd). Detta medför att olika substanser kan bli relevanta för olika ARV beroende på konsumtion (t.ex. sjukhus, tillverkning, etc.)

$$\text{Analys-Prio} = \frac{\text{Konsumtion}}{\text{Effekthalt}} \times (1 - \text{Reningsgrad ARV})$$

Förslag från Christian: Oberoende kunskapsstöd till ARV/problemägare/myndigheter  
Varför? Oseriösa teknikleverantörer/konsulter (medveten eller omedveten)

- "Med vår teknik bli det negativa driftkostnader, alltså driftintäkter"
- 40 % effekt för en substans utav 40 marknadsförs som bra reningsteknik
- Doser, kontakttider etc. kan inte anges för tester
- GAK "färdigutredd" med pilottester på 3 veckor
- Ytbelastning på 10 m/h i 0,5 m filterbädd med 20 min EBCT?!
- Bänkskaletekniker med få mg sorbent marknadsförs som fullskala redo
- Teknik som baseras på befintliga utgångsprodukter men extra behandlingssteg marknadsförs som billigare än befintliga produkter, m.fl.

Utkik: Innovativa tekniker på G:

*Hydrodynamisk kavitation:* Små kavitationsbubblor genereras i mikrokanaler med olika ytbeskaffenhet utan tillsats av kemikalier och endast flödesenergi. Labbreaktor i samarbete med KTH på vår MBR-pilot. Bra initiala reningsresultat. Moduler reaktor med flera mikrokanaler i series för anpassning mot olika resningsmål/målsbstanser.  
*Metal-Organic Frameworks (MOFs):* Porösa växterbaserade material kombinerat med metaller. Mycket stabila, snabb och enkel syntes, tillverkad av en växtbaserad organisk molekyl. Tester i samarbete med SU på vår MBR-pilot. Bra initiala reningsresultat för läkemedel (>99 % reningsgrad för de flesta undersökta substanser (NV-panel). Testas även för PFAS men där krävs mer utveckling.

Kommentarer och frågor från publiken:

*Fråga:* Det har gjorts en hel del arbete i schweiz med olika mål. Vad kan vi lära oss av deras arbete ? <https://micropoll.ch/ara-ausbau/>

*Svar:* Svar till Stephans fråga: Stämmer det. Schweiz har dock en del andra förutsättningar än vi och t.ex. val av indikatorsubstanser som gjorts där baseras på en del kriterier som i sin tur baseras på en del kompromisser, som jag väl inte tycker borde tillämpas i Sverige. man har dessutom endast inlandsvatten och flera kopplingar mellan ARV-utsläpp och dricksvattenintag. Då bli t.ex. reningsmål på 80% lite meningsfullt.

*Kommentar:* Angående blandningszoner så gjordes en diskussion om det i NV-förstudien vid Sundsvall, kanske Malin kommer ta upp det lite senare. Se annars slutrapporten här: [https://sjostad.ivl.se/download/18.19f66483176f7d6a18ede2/1611754701694/C565%20Sundsvall%20NV%20\(dist\).pdf](https://sjostad.ivl.se/download/18.19f66483176f7d6a18ede2/1611754701694/C565%20Sundsvall%20NV%20(dist).pdf)

---

## Investeringar och driftkostnader – Berndt Björleinius (B2-processteknik)/Michael Cimbritz (LTH)

De första kostnadsuppskattningarna för läkemedelsrening kom 2005 via ett regeringsuppdrag. En första ansats var:

- 0,75 – 15 SEK/m<sup>3</sup>
- 0,75 – 5 SEK/m<sup>3</sup> (RO undantaget)
- 200 – 1 200 SEK per person och år

Teknikval och anläggningsstorlek förklarar skillnader

Senare skattningar i rapporten ”Läkemedelsrester i Stockholms vattenmiljö” visar följande resultat:

- Stort verk (>100 000 pe):
  - Ozonering: 0,6 SEK/m<sup>3</sup>
  - GAK: 2,9 SEK/m<sup>3</sup>
- Uppgradering av alla ARV skulle ökat kostnaderna med 10 – 40%
  
- Det nya regeringsuppdraget från 2017 som sammanfattades i rapporten ”Avancerad rening av avloppsvatten för avskiljning av läkemedelsrester och andra oönskade ämnen” visade en kostnad på stora anläggningar (>100 000 pe) på < 1 SEK/m<sup>3</sup> för flertalet reningstekniker

Michael Cimbritz:

Vad händer just nu utanför Sverige som kan fortsätta att påverka dessa kostnader:

- Revidering av UWWTD 91/271/EEC
  - Pågående arbete med kostnadssammanställning på europeisk nivå
- Flest anläggningar i Schweiz och Tyskland
  - Utredningar om kostnader pågår och redovisas 2022/23

Specifika årskostnader som funktion av anläggningsstorlek finns presenterad i rapporten *Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination, 2016*. Rizzo m. fl. (2019). Några lärdomar som dragits i denna rapport är:

- Den specifika kostnaden för en anläggning av samma storlek i samma land kan variera med mer än en faktor två
- Lokala förutsättningar, snarare än teknikval, förklarar skillnaderna
- Tillgång till yta, grundläggningsmöjligheter, den specifika vattenmatrisen, befintlig infrastruktur, oftast i form av sandfilter, för efterbehandling till PAK och ozon
- GAK-anläggningarna är relativt få och kostnadsbedömningarna osäkra

Några erfarenheter från Nederländernas utredning:

Bedömningar utifrån tyska och schweiziska nyckeltal. Varje projekt är unik. Antalet bäddvolymer för GAK är lågt (10 000 BV)

Några skillnader från denna utredning jämfört med exempelvis tyska utredningar:

- Det finns med kostnader för efterbehandling (även pumpar och pumpning, ledningar)
- Olika pe-begrepp (100 000 pe i Holland = 70 000 pe i Tyskland)
- Högre kapitalkostnader
- Lägre kostnader för el (30%)
- Högre kostnader för personal (50%)
- Olika hantering av reinvesteringar



---

Rekommendation för fortsatt läsning: [Lost in translation - use of Swiss and German key figures for the removal of micro-pollutants from sewage - Amsterdam International Water Web \(amsterdamiww.com\)](#)

Berndt Björleinius:

I den nationella bedömningen tittade man på data från de anläggningar som finns byggda i Sverige samt i de förstudier som har tillförlitliga data. En enkät sattes samman och skickades ut till de olika anläggningarna.

Erfarenheter från enkäterna är att:

- Andel ifyllda av efterfrågade uppgifter i snitt ca 14 % (0-50 %)
- Vi vill gärna hjälpa till med underlag men har inte tid att fylla i
- Enkätens utformning kan förbättras/förenklas
- Kommer göra ekonomiska beräkningar senare
- Det är så låga kostnader för driften att de är marginella i jämförelse med kolbyte
- Fler data kommer med åren

Viktigt är att ange hur stor del av totalflödet som läkemedelsreningen ska rena. Detta varierar mycket mellan anläggningarna och påverkar då slutsatsen.

Fördelningen av investeringskostnaden varierar mellan projekten men kan delas in i följande poster:

- Byggekostnad – 25 - 35 %
- Styr och process – 35 - 46 %
- Projektering – 15 - 20 %

För ett litet reningsverk är det rimligt med en totalinvestering på 5000 – 6500 kr/pe.

Driftskostnaden varierar mellan 0,45 – 1,35 kr/m<sup>3</sup> för de anläggningar som är byggda i Sverige.

Den totala kostnaden för både investering och drift uppskattas till 0,45 – 5 kr/m<sup>3</sup>.

Slutsatserna av arbetet har varit följande:

- Datainsamling efter avslutade investeringsprojekt svår / tidskrävande.
- Detaljeringsgraden i data är betydligt bättre i förstudierrapporter än i slutrapporter för investeringsprojekten.
- Utvärdering av byggda fullskalesteg ger bättre precision i kostnadsmodellen än förstudiekostnader.
- God överensstämmelse med europeiska data i övrigt för specifik totalkostnad, SEK/m<sup>3</sup>
- Stor spridning i kostnader – främst beroende på processval, utformning och omfattning – en eller två avancerade reningsprocesser, arkitektur etc
- Kommande investeringsbidrag bör grundas på djupare analys av design och ekonomisk kalkyl – avstämning mot nyckeltal – för att hitta rimlig budget.
- Ny skattning av investeringskostnader för svenska reningsverk finns framme.

Kommentarer och frågor från publiken:

*Fråga:* Läkemedel kostar ca 30 Mrd koronor per år <https://www.socialstyrelsen.se/globalassets/sharepoint-dokument/artikelkatalog/ovrigt/2019-4-11.pdf>. Kan läkemedelsbolagen bidra till investeringar på ARV? Varför ska VA ta alla kostnader?

*Svar:* Det är precis vad Svenskt Vatten och vår europeiska organisation EurEau driver nu inom EU - inför det kommande avloppsvattendirektivet, s k Extended Producers Responsibility (EPR). Läs mer här: <https://www.eureau.org/resources/position-papers/5540-zero-pollution-action-plan-eureau-recommendations/file>

---

*Fråga:* Henriksdalverket byggs om för totalt 9 Miljarder kronor, då bör väl den kostnad på 100 kkr som ni visade Berndt kunna räknas som helt Ok?

*Svar:* Kostnaden för Henriksdal på 107 MSEK är baserad på kostnadsmodell 1 – den som är baserad på svenska byggda fullskaleverk och indikerar medelvärdet för investeringarna. Jag kan tycka att kostnaden 100 MSEK är för låg för Henriksdal med tanke på att det är en berganläggning och ligger rätt central i Stockholm och har mycket input från media, allmänhet och myndighet. I detta rent ekonomiskt-teoretiska läge skulle jag sätta kostnaden i intervallet för kostnadsmodell 1 och 4, Dvs mellan 100 MSEK och 700 MSEK. Det motsvarar en merkostnad för Henriksdal mellan 1 % och 8 %, vilket är relativt lågt, men delvis förklaras av att den valda processen (MBR) och bygge i berg i Stockholm är kostsamt. Vi jobbar vidare speciellt med kostnadsmodellerna 3 och 4 eftersom uppgifterna är delvis divergenta och alltför höga enligt vår uppfattning, speciellt modell 4 – uppdaterade modeller kommer i vår rapport.

## **Presentation av förstudier och investeringsprojekt – Uppsala Vatten och Avfall AB, Falu Energi & Vatten AB, MittSverige Vatten & Avfall och Ronneby Miljö och Teknik AB**

### **Uppsala Vatten och Avfall AB (Anna-Maria Sundin)**

Beskrivning av om- och tillbyggnader vid Kungsängsverket i Uppsala:

- Om och tillbyggnation planeras för att möta behov i en växande stad
- Rena och släppa ut avloppsvatten från en belastning motsvarande 330 000 personequivallenter.
- Avancerad rening planeras i ett tillkommande, fjärde reningssteg för avskiljning av bl a läkemedelsrester och PFOS
- Framtida användning tekniskt vatten?

Tekniker för läkemedelsrening som utvärderats av Uppsala Vatten har varit

- Granulerat aktivt kol (GAK) - adsorption
- Kräver regenerering
- Ozonering – oxidation
- Nedbrytning av organiska molekyler
- Bi- och transformationsprodukter- efterbehandling krävs
- Anjonbytare (AIX) – adsorption  
Byter med negativt laddade molekyler. Används främst inom dricksvattenproduktion och lakvattenrening.

Än så länge har endast bänkskaleförsök genomförts men fortsatta försök med ozonering i samarbete med SLU

Pilotcontainer i samarbete med IVL planeras som ska ge svar på:

- Design och utformning av pilot
- Drifterfarenheter kring behov av förbehandling och backspolning
- Byggnation
- Långtidsförsök 2022-2023
- Dimensionering och design – framtagande av principförslag

Kommentarer och frågor från publiken:

*Fråga:* Sa du vilken uppehållstid ni planerar för i GAK-piloten, testa olika kanske? Testa olika kol också?

*Svar:* Vi planerar för en längre kontakttid än i de inledande bänkskaleförsöken. Test av olika kontakttider 10-20 min. Vi planerar att fortsätta med kolonnförsöken parallellt med pilotcontainern vilket ökar möjligheterna till en bredare utvärdering, och fler kol.

---

## **Falu Energi och Vatten AB (Melviana Hedén)**

Dagens Främby reningsverk:

- Tillstånd för 50 000 pe
- Belastning ca 46 000 pe
- Aktivslambehandling utan kväverening (mekanisk, kemisk och biologisk)
- Industrispillvatten
- Gammal gruvhistoria påverkar avloppsvattnet
- Bl.a lakvatten & RGK-vatten
- Sjön Runn (recipient)

Framtidens reningsverk – i korthet:

- Projektets syfte är att säkerställa Främby ARVs funktion i ett långsiktigt perspektiv, samt att kunna utveckla och bedriva verksamheten i minst 30 år till
- Främby ARVs kapacitet ska utökas i samband med att kommunen växer, optimera drift, förbättra arbetsmiljö och uppfylla miljömål för utsläpp till recipienten och omgivningen
- Falu Energi & Vattens vision innehåller en stark framtidstro, en vilja att utvecklas samt att hjälpa kommunen att växa på hållbara sätt, bl.a. genom att behandla avloppsvattnet för en renare miljö

Flera förstudier har genomförts för läkemedelsrening vid Främby reningsverk. Pilotförsök har utförts med GAK-filter med följande upplägg:

Fyra GAK-filter

- Olika uppehållstider
- Med och utan kväverening

Nitrifikation med MBBR

Mikrofiltrering

Analys av många ämnen

- Läkemedel inklusive hormoner och antibiotika
- Siloxaner
- Fenoler
- Högfluorerade ämnen (PFAS)
- Bromerade flamskyddsmedel (BDE)

Slutsatserna av förstudien var:

- GAK fungerar bra för läkemedelsrening
- Ingen tydlig påverkan av kväverening än
- Det finns läkemedel i Runn

Kopplingen till framtidens Främby:

- Vad innebär det för recipientbedömningen att Runn kontamineras av mikroföroreningar?
- Fullskaleanläggning på Främby ARV?

## **MittSverige Vatten och Avfall (Malin Tuve**

Projektet som presenteras heter – ”Förstudie läkemedelsrening Sundsvall - Recipientpåverkan, behov av avancerad rening och integrering i Sundsvalls framtida avloppsvattenhantering”

Målet var att ta fram beslutsunderlag där investering vid tre verk ställs mot investering vid ett centraliserat verk i fråga om miljöpåverkan, ekonomi etc.

---

Syftet med projektet var att:

- utreda behovet av läkemedelsrening vid de tre största reningsverken i Sundsvall samt vid ett eventuellt nytt centraliserat reningsverk
- utreda förutsättningar för att bygga ut för avancerad rening vid antingen tre reningsverk eller vid ett stort.
- Finansiering: 2,7 Mkr i bidrag från Naturvårdsverket (90%)
- Projektid: augusti 2019 - januari 2021

I delprojekt 1 genomfördes läkemedelsprovtagning och utvärdering i ytvattenrecipient och i delprojekt 2 utvärderades reningsteknik och kostnadsberäkning.

Följande slutsatser har dragits:

- Vid ett nytt centraliserat reningsverk är det mest kostnadseffektiva att installera läkemedelsrening med ozon. Investering >25 Mkr, driftkostnad >2,8 Mkr/år
- I befintlig struktur är det mest kostnadseffektiva att installera läkemedelsrening med ozon vid Fillan och Essvik ARV och GAK-filer vid Tivoli ARV.
- Investering ca 70 Mkr, driftkostnad >5,5 Mkr/år
- För att endast installera GAK-filer vid Tivoli ARV uppskattas investeringen till >40 Mkr, driftkostnad ca 3,9 Mkr/år

MSVA har beviljats 2,6 mkr av Naturvårdsverket för projektet ”Dimensionering av kväverening vid kalla vatten för effektiv rening av hormoner och hormonstörande effekter”

- I slutet av 2021 kommer en pilotanläggning sättas upp vid Fillan ARV med syfte att öka kunskapen kring kväverening av kallt avloppsvatten med MBBR-tekniken (SVU-finansierat projekt)
- Veckoprover kommer att samlas in under ett år och analyseras avseende på hormoner och hormonstörande effekter.
- Olika driftsätt kommer att studeras för att få fram dimensioneringskriterier

#### **Ronneby Miljö och Teknik AB (Mattias Andersson)**

I Ronneby har två projekt beviljats av Naturvårdsverket – En förstudie i med pilotanläggning i Rustorp samt en fullskalig anläggning i Bräkne Hoby.

Pilotanläggningen i Rustorp var ett samarbetsprojekt mellan Econet, Primozone och beställaren och skulle ta ca 10 % av det totala flödet. Dimensionerande flöde var 5,2 m<sup>3</sup>/h.

Piloten rymdes i en 40 fotscontainer innehållandes ett trumfilter, ozongenerator och ett GAK-filter.

Några erfarenheter från pilotprojektet är:

- Uppfyller våra mål - reningsgrad, 80%
- PFAS bäst genom kol
- Bra med samverkan
- Förbehandling – Trumfiltrets backspolning slog sönder restflock och belastade efterföljande steg
- Pilotanläggning med mervärde

Från den fullskaliga anläggningen i Bräkne-Hoby kunde man dra följande slutsatser:

- Uppfyller våra mål reningsgrad
- Bra med samverkan
- Man fick problem med galvaniska strömmar i kolfiltret efter endast 10 veckors drift

---

Kommentarer och frågor från publiken:

*Fråga:* Jag har hört att bisfenol A kan användas som rostskyddsbehandling. Är det någon som har någon erfarenhet kring hur VA-teknik kan bidra till bisfenol i avloppsvattnet, eller om den slags rostskyddsbehandlingen används på VA-tekniska material?

*Svar:* Epoxifärger/beläggningar tillhör de som släpper Bisfenol-A. Bra härdad epoxibeläggning släpper mindre bisfenol-A än dåligt härdad.

Har begärt in säkerhetsdatablad för reliningmaterial och det verkar som att de innehåller epoxy och bisfenoler, men tänker då även hur det ligger till kring rostfritt. Tex rostfritt på vattenverk.

### **Diskussioner om det fortsatta arbetet i beställargruppen. Maximilian Lüdtke (Naturvårdsverket)**

2021 års utlysning – reflektioner:

[Pressmeddelande om årets utlysning \(länk\)](#)

- Totalt 68 mnkr
  - 20 förstudier
- 2 investeringsprojekt (Storuman & Villhelmina)

I år kunde även ARV med utredningstillstånd söka

Fortsatt främst mindre ARV som söker för investeringar, större ARV gör förstudier

Fortsatt väldigt många förseningar

Blir det någon utlysning 2022?

- Högst troligt ja!
- Väntan på bekräftelse i nytt regleringsbrev vid årsskiftet:
  - Verkar som att Naturvårdsverkets anslag ökas
  - Sluttiden kvar 2023? I så fall väldigt kort genomförandetid för investeringsprojekt. Är det värt, vad tycker BG?

Kommentarer och frågor från publiken:

*Fråga:* Finns några tankar på Naturvårdsverket att väga in prioritering utifrån recipientperspektivet vid utdelning av medel?

*Svar:* Det korta svaret: Ja och recipientbehovet vägs in redan i dagens bedömningsprocess, vi betygsätter ansökningarna relativt varandra i varje utlysningssomgång med recipienternas känslighet som en faktor och har förutom våra egna ”recipientexperter” också hittills i alla utlysningssomgångar haft med en representant för HaV och försöker få med minst ytterligare en recipientkunnig representant i vår bedömningsgrupp. Överträdelser av MKN, låg utspädning, närhet till skyddsobjekt och naturskyddsområden ger t ex höga poäng. Hittills har vi dock vad jag kommer ihåg inte landat i ett enda avslag på detta, vi har haft medel att bevilja i princip alla ansökningar. De projekt som fått avslag har främst fått det av andra anledningar än ”för okänslig recipient”, kan dock inte svära på att det inte kan ha varit en bidragande orsak för något avslag.

*Längre svar:* Finns en stor förbättringspotential i att standardisera recipientbedömningarna och göra upp en plan för prioritering, ett behov som NV också kommunicerade till regeringen i regeringsuppdraget om avancerad rening redan 2017 men som vi inte fick tid eller resurser att gå vidare med det innan uppdraget kom att administrera bidragen. Att istället göra det jobbet nu på ett sätt som ger ett tydligt mervärde för vattenförvaltningsarbetet utöver vad nuvarande ”bedömningssystem” ger är lurigt, vi har väldigt svårt att få loss de samverkansresurser som skulle behövas både internt på NV och från Lst/HaV/SGU m fl. Listan på NV:s samverkansbehov med vattenförvaltningsmyndigheterna är digra och att förbättra bidragsutlysningarna har helt enkelt inte hamnat tillräckligt högt upp på den listan. Kan blir en ändring snart dock, NV har en ledningsförankrad

---

inriktning från och med i år att göra mer inom vattenförvaltningsarbetet. Kan ta tid att få utväxling på en sån intention dock, är alltid en startsträcka även om vi skulle få mer personal/resurser att jobba med det (i dagsläget har vi inte fått det men vi inväntar vårt nästa regleringsbrev). Region Skånes insats med HKr kommer vara en utmärkt startpunkt för ett sånt arbete.

## **2.5 Sammanfattning av slutrapporter – 2019-2021**

I varje projekt som fått medel av Naturvårdsverket redovisas resultaten i en slutrapport. På beställargruppens hemsida sammanfattas slutrapporterna som lämnats in till Naturvårdsverket i ett dokument som kommer att vara levande och uppdateras vartefter slutrapporterna lämnas in och kan refereras till som en leverans i beställargruppens redovisning av årets aktiviteter.

I tabell 2 sammanfattas de 19 slutrapporter som inkommit under 2019 till 2021.

VA-verksamhet samt storlek på RV	Undersökta tekniker	Kontaktuppgifter	Prioriterade läkemedelssubstanser efter riskvärdering	Läkemedels-substanser som ligger nära eller överskrider SFÅ enligt HVFMS 2029:25	Investerings-kostnad och driftkostnad
NV-06652-18 Borlänge Energi AB. 60 000 pe	Skiv- eller sandfilter + MAK (magnetisk aktiverat kol)	Jesper Johansson jesper.johansson@borlange-energi.se	-	-	Investering: 49 MSEK Drift: 0,7 – 0,9 SEK/m <sup>3</sup> Inkluderar även avskrivning från investeringskostnad
NRV-06669-18 Borås Energi och Miljö. 150 000 pe	Opacarb FL	Mariana Björklund mariana.bjorklund@borasem.se	Ej genomförd prioritering i detta projekt	Ej genomförd prioritering i detta projekt	Investering: 176 MSEK Drift: 0,47 – 0,92 SEK/m <sup>3</sup>
Falu Energi och Vatten	Mikrofiltrering + GAK	Melviana Hedén melviana.heden@fev.se	Citalopram, Oxazepam, Ranitidine	Ingen av de fyra prioriterade läkemedelssubstanserna överskrider gränsvärdena	Investering: Annuitetskostnad 3 MSEK/år Drift: 1,25 SEK/m <sup>3</sup> Inkluderar även avskrivning från investeringskostnad
GRYAAB	Ozonering, PAK och GAK	Gustaf Ernst gustaf.ernst@gryaab.se	Citalopram, Diklofenak, Oxazepam, Ranitidin, Östradiol och Östron	Diklofenak och Östradiol	Investering: Ozonering: 520 MSEK PAK: 160 MSEK GAK: 730 MSEK Drift: Ozonering: 0,28 SEK/m <sup>3</sup> PAK: 0,80 SEK/m <sup>3</sup> GAK: 0,59 SEK/m <sup>3</sup> Inkluderar även avskrivning från investeringskostnad
NV-03495-19 Karlstad kommun	Ozonering eller GAK	Christer Pettersson christer.pettersson@karlstad.se	Oxazepam och ciprofloxacin	Ciprofloxacin	-
Kristianstad – Degeberga RV	Sandfilter + GAK	Inger Hansson Inger.Hansson@kristianstad.se	-	Diklofenak	Investering: 10,7 MSEK
NV-03724-19 Kungsbacka Kullaviks RV	eXeno™, PAK (Actiflo® carb)	Jonatan Flodin jonatan.flodin@kungsbacka.se	-	-	Investering .16 MSEK (Actiflo® carb) Drift: 0,72 kr/m <sup>3</sup>

VA-verksamhet samt storlek på RV	Undersökta tekniker	Kontaktuppgifter	Prioriterade läkemedelssubstanser efter riskvärdering	Läkemedels-substanser som ligger nära eller överskrider SFÅ enligt HVFMS 2029:25	Investerings-kostnad och driftkostnad
Mittsverige Vatten och Avfall AB	Ozon och GAK	Malin Tuveesson <a href="mailto:malin.tuveesson@msva.se">malin.tuveesson@msva.se</a>	etinylöstradiol, östron, oxazepam och diklofenak	etinylöstradiol, östron och diklofenak	Investering: 70 MSEK (Ozonering vid Fillan och Essvik RV och GAK på Tivoliverket Drift: 0,8 SEK/m <sup>3</sup> (vid installation av läkemedelsrening vid de tre reningsverken), 0,4 SEK/m <sup>3</sup> vid installation av läkemedelsrening för ett centraliserat reningsverk) Inkluderar även avskrivning från investeringskostnad
NSVA (Öresundsverket)	Ozon + MBBR	Hamse Kjerstadius <a href="mailto:hamse.kjerstadius@nsva.se">hamse.kjerstadius@nsva.se</a>	Ingen riskvärdering genomförd inom projektet		Investering: 110 MSEK Drift: 0,22 kr/m <sup>3</sup>
NSVA (Lundåkraverket)	Ozon + MBBR	Hamse Kjerstadius <a href="mailto:hamse.kjerstadius@nsva.se">hamse.kjerstadius@nsva.se</a>	Ingen riskvärdering genomförd inom projektet		Investering: 45 MSEK Drift: 0,22 kr/m <sup>3</sup>
Syvas (Himmerfjärdsverket)	MBR-teknik + GAK	Viktor Kårelid <a href="mailto:viktor.karelid@syvas.se">viktor.karelid@syvas.se</a>	Citalopram, Oxazepam, Ranitidine och Diklofenak	Diklofenak	Investering: 433 MSEK Drift: 1-1,5 SEK/m <sup>3</sup> Inkluderar även avskrivning från investeringskostnad
Tierps energi och Miljö AB	Sandfilter + Ozon + GAK	Jørgen Johnsen <a href="mailto:Jorgen.Johnsen@temab.tierp.se">Jorgen.Johnsen@temab.tierp.se</a>	-	-	Investering: 13,5 MSEK
Uppsala Vatten och Avfall AB	Skivfilter + GAK ozon + fällning + sandfilter + anjonbytare	Anna-Maria Sundin <a href="mailto:anna-maria.sundin@uppsalavatten.se">anna-maria.sundin@uppsalavatten.se</a>	Citalopram, diklofenak, flukonazol, ibuprofen, metoprolol, propranolol, PFOS (PerFluorOktansulfonSyra) och 4-nonylfenol	-	Investering: 240 MSEK (Skivfilter +GAK), 205 MSEK (ozon + fällning + sandfilter + anjonbytare) Drift: 10-27 MSEK/år (Skivfilter +GAK) 13-19 MSEK/år (ozon + fällning + sandfilter + anjonbytare)
VA-syd Sjölanda	GAK	Disa Sandström <a href="mailto:disa.sandstrom@vasyd.se">disa.sandstrom@vasyd.se</a>	Citalopram, diklofenak, oxazepam och sertralin	Diklofenak	-



VA-verksamhet samt storlek på RV	Undersökta tekniker	Kontaktuppgifter	Prioriterade läkemedelssubstanser efter riskvärdering	Läkemedels-substanser som ligger nära eller överskrider SFÅ enligt HVFMS 2029:25	Investerings-kostnad och driftkostnad
VIVAB (Vatten & Miljö i Väst AB)	Ozon + mikrofiltrering	Moshe Habagil Moshe.Habagil@vivab.info Alexander Keuken Alexander.Keucken@vivab.info	Citalopram och Oxazepam		
Växjö kommun	Ozon + UV/H2O2	Anneli Andersson Chan Anneli. AnderssonChan@vaxjo.se	Oxazepam, östron, diklofenak, propranolol, amlodipine, fluoxetine, carbamazepine och erythromycin	Diklofenak	Total investering och driftskostnad: 1,05 – 2,62 SEK/m <sup>3</sup> (20 g H2O2/m <sup>3</sup> ) 0,82 – 1,98 SEK/m <sup>3</sup> (40 g H2O2/m <sup>3</sup> )
Åre kommun	BAF (Järpens RV), Ozon (Vikverket)	Johan Palmqvist johan.palmqvist@are.se	-	-	Total investering: Järpens RV – 32 MSEK, Vikverket – 55 MSEK
Örebro kommun (Skebäcksverket)	Ozon +GAK Actiflo® Carb med integrerad tillsats av ozon	Helena Hasselqvist Helena.hasselqvist@orebro.se	Ej genomförd prioritering i detta projekt men följande finns i utgående vatten: Ciprofloxacina, Claritromycin, Diklofenak, Karbamazepin, Metoprolol, Oxazepam och Trimetoprim	Diklofenak i utgående spillvatten från Skebäcksverket	

**Tabell 2**  
Sammanfattning av inkomna slutrapporter.

---

## 3 Nationell och internationell kostnadsanalys – Bilaga 2

Den nationella och internationella kostnadsanalysen för läkemedelsrening har skrivits på uppdrag av Svenskt Vattens beställargrupp under 2021. Syftet med studien är att sammanfatta kunskapsläget gällande kostnader för rening från läkemedelsrester och andra organiska mikroföroreningar, både i Sverige och utomlands. Från utlandet har data hämtats från i första hand Tyskland, Schweiz och Nederländerna, men även från våra grannländer. Från Sverige har data sammanställts både från de första fullskalanläggningarna och de förstudier som gjorts de senaste åren med stöd från Naturvårdsverket.

Att jämföra kostnader för avancerad rening av avloppsvatten är svårt eftersom behoven och förutsättningarna ser väldigt olika ut på olika platser, både i form av reningskrav och lokala förutsättningar, exempelvis i form av befintlig infrastruktur. Vid jämförelser av kostnader måste det framgå vilken anläggningsstorlek som avses och hurvida kostnader för efterbehandling ingår. Kostnader för efterbehandling i form av ett sandfilter kan vara lika stora som kostnaderna för den avancerade reningen i sig. I flera internationella studier understryks att kostnadsvariationerna kan vara stora mellan två anläggningar av samma storlek. Det krävs därför ett projektbaserat tillvägagångssätt för att uppskatta kostnader med tillräcklig precision. Lokala förutsättningar, exempelvis i form av pumpningsbehov och markförutsättningar kan ge upphov till betydande kostnadsvariationer.

Uppföljningar av fullskaliga tyska och schweiziska anläggningar med avancerad rening kommer under 2022 och 2023, men de erfarenheter som finns så här långt stämmer relativt väl med de uppskattningar som gjorts. Kostnadsbedömningar från Tyskland, Schweiz och Nederländerna pekar på kostnader <0,1 €/m<sup>3</sup> behandlat vatten, utan efterbehandling, för anläggningar >100 000 pe. Kostnader för ozon och PAK är ofta av samma storleksordning men ozon är i regel billigast. Kostnader för GAK-filtrering är oftast något högre.

De första svenska fullskalanläggningarna och de förstudier som gjorts har följts upp och sammanställts. Datainsamlingen från avslutade investeringsprojekt har varit svår då detaljerade data i dagsläget saknas. Detaljeringsgraden är betydligt högre i de olika förstudierrapporterna. För de svenska anläggningar som tagits i drift ger preliminära bedömningar driftkostnader i intervallet 0,45-1,35 SEK/m<sup>3</sup>. Det bör noteras att de flesta anläggningarna är små. Det råder god överensstämmelse mellan de rapporterade specifika totalkostnaderna från centraleuropeiska respektive svenska anläggningar.

Utifrån data från fullskaleinstallationer och förstudier i Sverige och Europa har enkla kostnadsmodeller skapats för att skatta investeringskostnader på nationell basis. De olika fullskalanläggningarna som byggts bör följas upp på ett systematisk vis framöver för att kunna jämföra och värdera såväl dimensionering och drifterfarenheter som faktiska investerings- och driftkostnader. Flera av de byggda anläggningarna bygger på GAK-filtrering och i dessa fall kan det krävas relativt lång drift för att bestämma de faktiska driftkostnaderna som till stor del utgörs av kostnaden för regenerering. Kommande redovisningar från internationella projekt bör också jämföras med svenska erfarenheter.

Rapporten finns att läsa i sin helhet i bilaga 2.

---

## 4 Slutsatser - beställargruppens arbete - 2021

Syftet med att driva en beställargrupp för minskade utsläpp av läkemedelsrester och andra mikro-föroreningar via avloppsreningsverk var att underlätta införandet av avancerad rening på de svenska avloppsreningsverken samt bygga upp kunskap om mikroplaster. Slutsatsen som kan dras av projektet under 2021 är att beställargruppen fortsatt fungerar som en plattform för alla medlemmar i samband med utredningar kopplade till behov och teknikval, i uppförandet av fullskaliga anläggningar för avancerad rening, samt en sammanfogande kunskapsbank om nya och etablerade tekniker.

Två digitala workshops är fullt tillräckligt att genomföra och mycket information har delgivits medlemskommunerna. Många fler än medlemskommunerna har deltagit vid båda tillfällena, i mars respektive oktober, vilket visat på det stora intresset för ämnet.

En viktig slutsats av årets arbete är det råder en stor enighet om att krav ska utgå från recipienternas behov, vilka går att bedöma på olika sätt och med olika omfattande metoder, från analys av enstaka parametrar för rättsligt reglerad miljö kvalitet till omfattande undersökningar med kemiska, biologiska och ekotoxikologiska metoder.

En slutsats från diskussionerna blir att reningsverk behöver ha i beredskap och åtanke att tekniskt kunna möta behov från en bred mängd av mikro-föroreningar och att behoven kommer förändras över tid. Krav kan lokalt komma att avse mer än läkemedel beroende på om bara reningsverket påverkar recipienten, men det är mer tydligt att läkemedel har avloppsvatten som huvudsaklig källa. För att smala in och konkretisera behoven behöver reningsverken förbättra kunskaperna om sina egna utsläpps påverkan på sin recipient genom att undersöka kemiska och biologiska parametrar. Sådana underlag blir viktiga när reningsverkets tillåtlighet senare ska prövas och för kravutformningen.

En annan slutsats är att årets konsultuppdrag fallit väl ut och skulle kunna användas som underlag vid investeringar av läkemedelsrening.

Det finns ett fortsatt behov av en beställargrupp eller motsvarande branschanpassad kunskaps-/erfarenhetsplattform. Detta behov kan sammanfattas som ett samordningsbehov för kommande projekt, ett uppföljningsbehov där såväl positiva och negativa erfarenheter från pågående projekt snabbt kan fångas upp och komma andra till godo, och ett fortsatt kunskapsbehov i form av branschanpassade sammanfattningar av kommande forskningsrön och teknikutveckling.

I ett eventuellt fortsatt arbete med beställargruppen skulle följande arbetsområden vara intressanta att utreda under 2022:

- Sammanställning av mikroplastkartläggning – vilken kunskap finns i Sverige idag?
- Genomföra en samlad hållbarhetsbedömning av läkemedelsrening där hållbarhetsperspektivet sammanställs för konventionell läkemedelsrening.
- Fortsatt sammanfattning av slutrapportering från Naturvårdsverket

Det planeras även för genomförande av workshops på liknande sätt som tidigare år. Workshops planeras att genomföras fysiskt eller digitalt, beroende på vad pandemiläget tillåter.

---

## 5 Nationella rapporter om avancerad rening

Baresel, C., Cousins, A.P., Hörsing, M., Ek, M., Ejhed, H., Allard, A.S., Magnér, J., Westling, K., Wahlberg, C., Fortkamp, U., 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 Swedish Environmental Research Institute, Report 2226, Stockholm.

Baresel, C., Ek, M., Ejhed, H., Allard, A.-S., Magnér, J., Dahlgren, L., Westling, K., Wahlberg, C., Fortkamp, U., Söhr, S. (2017). *Handbok för rening av mikroförroeningar vid avloppsreningsverk - Planering och installation av reningstekniker för läkemedelsrester och andra mikroförroeningar*. Slutrapport SystemLäk projekt. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport B2288.

Björklund, E. & Svahn, O. (2017a). *LUSKA Läkemedelsutsläpp från skånska Avloppsreningsverk 2017. Ett utvecklings- och samverkansprojekt på Högskolan Kristianstad i samarbete med Region Skåne och 6 skånska reningsverksaktörer*, Högskolan Kristianstad Rapport.

Björklund, E. & Svahn, O. (2017b). *Interkalibrerad läkemedelsanalys 2017 – Ett samarbetsprojekt för ökad analyskvalité*, Högskolan Kristianstad Rapport.

Cimbritz, M., Tumlin, S., Hagman, M., Dimitrova, I., Hey, G., Mases, M., Åstrand, N., Jansen, J. la Cour (2016). *Rening från läkemedelsrester och andra mikroförroeningar – En kunskapssammanställning*. Svenskt Vatten Utveckling, Rapport 2016-04.

Edefell, E., Ullman, E., Bengtsson, E. (2019). *Ultrafilter och granulerat aktivt kol för avskiljning av mikroförroeningar*. Svenskt Vatten Utveckling, Rapport 2019-01.

Havs- och vattenmyndigheten (2018). *Reningsteknik för läkemedel och mikroförroeningar i avloppsvatten. Redovisning av åtta projekt som fått medel från Havs- och vattenmiljöanslaget 2014-2017*. Rapport 2018:7.

Ljung, E., Borg Olesen, K., Andersson, P.-G., Fältström, E., Vollertsen, J., Wittgren, HB., Hagman, M. (2018) *Mikroplaster i Kretsloppet*. Svenskt Vatten Utveckling, Rapport 2018-13.

Naturvårdsverket (2017). *Avancerad rening av avloppsvatten för avskiljning av läkemedelsrester och andra oönskade ämnen – behov, teknik och konsekvenser*. Redovisning av regeringsuppdrag. ISBN 978-91-620-6766-3.

Naturvårdsverket (2019). *Mikroplaster i miljön år 2019 - Redovisning av ett regeringsuppdrag*. Skrivelse: 2019-05-28, Ärendenr: NV-08867-17. maj 2019.

Pirzadeh P., Svahn O. & Milenkovski S (2021). *Läkemedel i vattenrecipienter. Hur prioriterar vi framtidens rening? En studie om läkemedels påverkan på vattenmiljön nedströms reningsverk somgrund för prioritering för avancerad rening och återvinning av vatten*. Länsstyrelsen Skåne, Rapportnummer: 2021:13.

Svenskt Vatten (2020). *ReningsVÄRK – Läkemedelsrester i vår gemensamma vattenmiljö*. Svenskt Vatten nov 2020, Meddelande M149.

Svenskt Vatten (2016). *Mikroplaster – källor och uppströmsarbete samt möjligheter till rening vid kommunala reningsverk*. Svenskt Vatten 22 dec 2016.

Tumlin S. (2017) *Microplastics Report from an IWA Sweden conference and workshop in Malmö, November 8-9, 2017*. VA-teknik Södra – Rapport Nr. 08.

---

# Bilagor

---

# Bilaga 1

## Sammanfattning av slutrapporter

---

# Innehåll

<b>1 Inledning</b> .....	<b>47</b>
<b>2 Sammanfattningar av projektrapporter</b> .....	<b>48</b>
2.1 NV-06652-18 AB Borlänge Energi .....	48
2.2 NRV-06669-18 Borås Energi och Miljö .....	49
2.3 Falu Energi och Vatten (Främby RV) .....	50
2.4 GRYAAB .....	51
2.5 NV-03495-19 Karlstad kommun.....	54
2.6 Kristianstads kommun – Degeberga.....	56
2.7 NV-03724-19 – Kungsbacka – Kullaviks RV .....	56
2.8 Mittsverige Vatten & Avfall AB.....	58
2.9 NV-06677-18 NSVA (Lundåkraverket - Landskrona).....	59
2.10 NV-06678-18 NSVA (Öresundsverket-Helsingborg).....	60
2.11 NV-06646-18 Förstudie 1 - SYVAB .....	61
2.12 NV-03803-19 Förstudie 2 – SYVAB .....	62
2.13 Tierps energi och Miljö AB .....	62
2.14 NV-03749-19 Uppsala Vatten och Avfall AB .....	63
2.15 VA-syd Sjölanda.....	65
2.16 NV-06602-18 Vivab (Ullareds RV).....	66
2.17 Växjö kommun.....	67
2.18 Åre kommun .....	68
2.19 NV-06667-18 Örebro (Skebäcksverket).....	69
<b>3 Bilaga 1 – Sammanfattande tabell av slutrapporterna</b> .....	<b>71</b>

---

# 1 Inledning

Naturvårdsverket har i uppdrag att fram till 2023 fördela bidrag för att genomföra åtgärder som syftar till att förbättra vattenmiljön. Naturvårdsverket får använda 170 miljoner kronor för att ge bidrag till investeringar i:

- dagvattenåtgärder som minskar mikroplaster och andra föroreningar via dagvatten
- implementering av avancerad rening för avskiljning av läkemedelsrester vid avloppsreningsverk

Vid implementering av avancerad rening delas projekten in i:

*Förstudieprojekt* som omfattar framtagning av underlag för ett investeringsbeslut.

*Investeringsprojekt* som omfattar hela processen från förstudie, upphandling, genomförande av entreprenad, idrifttagning samt utvärdering. Ett investeringsprojekt gäller en anläggning.

I varje projekt sammanfattas resultaten i en slutrapport. Denna rapport sammanfattar varje slutrapport och kommer att vara ett levande dokument som uppdateras vartefter slutrapporterna lämnas in och kan refereras till som en leverans i beställargruppens redovisning av årets aktiviteter.

På beställargruppens hemsida sammanfattas också dessa slutrapporter i en tabell med en kort beskrivning av projektet, vald teknik, projektgenomförande och kontaktinformation. Även en presentation av prioriterade läkemedelsrester för varje reningsverk presenteras.



---

## 2 Sammanfattningar av projektrapporter

### 2.1 NV-06652-18 AB Borlänge Energi

Denna rapport beskriver den förstudie som gjorts på Borlänge avloppsreningsverk (ARV) för att utreda möjligheter till rening av läkemedelsrester. Avloppsreningsverket behandlar vatten från Borlänge och är dimensionerat för 60 000 pe. Studien har utförts på uppdrag av AB Borlänge Energi med finansiering från Naturvårdsverket utfärdat enligt *Förordning 2018:495 om bidrag för rening av avloppsvatten från läkemedelsrester*.

Inkommande och utgående vatten till och från avloppsreningsverket, samt rejektvatten från slamförtjockare och centrifug analyserades med avseende på 32 utvalda substanser. Halterna som detekterades var i paritet med vad som normalt kan förväntas vid kommunala avloppsreningsverk. Recipienten, Dalälven, har ett högt flöde (medel 300 m<sup>3</sup>/s) i förhållande till det uppskattade framtida flödet från reningsverket som motsvarar ca 0,3 m<sup>3</sup>/s (medel 17 000 m<sup>3</sup>/d). För att bedöma om koncentrationerna av substanserna i recipienten kan påverka organismerna i miljön gjordes en miljöriskbedömning genom att jämföra den beräknade koncentrationen av läkemedlen (*Predicted Environmental Concentration* – PEC) med den koncentration av läkemedlen som inte förväntas ha någon negativ effekt på organismerna i recipienten (*Predicted No Effect Concentration* – PNEC), så kallade PEC/PNEC-kvoter. PEC/PNEC-kvoterna var mindre än 1 för alla ämnen som det var möjligt att beräkna kvoter för. Detta innebär att det inte föreligger några stora risker för negativ påverkan på organismerna i miljön. Vissa av substanserna kan dock ackumuleras över tid och att därför ändå öka reduktionsgraden skulle vara ett steg i rätt riktning för att nå miljökvalitetsmålet *En giftfri miljö*.

I denna förstudie utvärderades en ny teknik för läkemedelsrening – MAK (magnetisk aktiverat kol). Den patenterade tekniken har utvecklats av Biokol Sverige AB. MAK är ett pulveriserat aktivt kol som har magnetiska egenskaper. Kolet tillsätts i utgående vatten från reningsverket varpå läkemedelsresterna adsorberas till materialet. Kolet extraheras från vattnet med hjälp av en magnetisk separator som både ger låga tryckförluster och låg energiförbrukning. Merparten av det MAK som avskiljs recirkuleras för att återanvändas i processen. En viss del förbrukad MAK tas ut ur systemet – Biokol uppskattar 2–5% – och motsvarande mängd nytt MAK tillsätts.

Försök utfördes i laboratorieskala där 50 ml av utgående vatten från Borlänge ARV behandlades. Försöken visade att MAK kan reducera ca 90 % av merparten av de substanser som undersökts vid en koncentration på 100 mg MAK/l och en kontakttid på 30–60 min. Efter laboratorieförsöken utfördes även pilotförsök i något större skala där 3 g MAK (koncentration 100 mg MAK/l) användes för att satsvis rena 5 x 30 liter av utgående vatten från Borlänge ARV. Upptaget av läkemedel i den första körningen överensstämmer väl med data från laboratorieförsöken och separationen av MAK från vattnet var visuellt 100 %. Reduktionsgraden avtog successivt mellan körningarna vilket kan förklaras av att en stor del av MAK (77 %) fastnade i magnetseparatorn och därför inte kunde recirkuleras för vidare rening. Pilotstudien visade att reningstekniken har potential men det var inte möjligt att avgöra vilka möjligheter till recirkulation av MAK som finns och vilken MAK-dosering som skulle behövas vid en fullskalig anläggning.

Ytterligare studier krävs för att utreda detta och hur den magnetiska separationen fungerar i större skala innan metoden kan användas i full skala.

Andra reningstekniker såsom GAK (granulärt aktivt kol), PAK (pulveriserat aktivt kol) och ozon har också bedömts och värderats utifrån andra försök. Dessa alternativ bedöms också vara möjliga att installera på Borlänge ARV. Det finns för- och nackdelar

---

med alla reningstekniker. För närvarande är det oklart vilka krav som kommer att ställas på läkemedelsrening i framtiden för Borlänge ARV. Därför är det svårt att rekommendera en enskild lösning för anläggningen i detta skede. Om det beslutas att installera ett läkemedelsreningssteg vid Borlänge ARV är en rimlig förutsättning, oberoende av vald teknik, att basera denna teknik på en modulbaserad och flexibel lösning så att eventuella ytterligare reningssteg enkelt kan adderas eller kapaciteten ökas om det visar sig vara nödvändigt.

En teoretisk dimensionering av en fullskalig MAK-anläggning har genomförts i studien och jämförts med en motsvarande GAK-anläggning. Investeringsbehovet för den tänkta MAK-anläggningen bedöms vara 33 MSEK, motsvarande GAK-anläggning bedöms kosta 38 MSEK (utan förfiltering). Driftskostnaderna för MAK bedömdes till 1,8 MSEK/år (med en MAK-dosering på 5 % vilket motsvarar 5 mg MAK/l renat vatten vid Borlänge ARV) och för GAK 3,8 MSEK/år (kolbyte efter 15 000 filterpolymer). Det finns dock osäkerheter i både investerings- och driftskostnadskalkylerna, framför allt för MAK-anläggningen, eftersom den ännu inte har testats i full skala och recirkulation av MAK (och MAK-dosering) inte har kunnat utvärderas än. Driftkostnaderna kan minskas genom att sänka MAK-dosen (öka recirkulationsflödet). Om MAK-doseringen sänks till 2 % (2 mg MAK/l renat vatten vid Borlänge ARV) minskar driftkostnaden till 0,9 MSEK/år. Ett uppströms filtersteg, exempelvis skivfilter eller sandfilter skulle öka investeringsbehovet med ca 16 MSEK. Den specifika kostnaden för en MAK-anläggning beräknades till 0,7–0,9 SEK/m<sup>3</sup> renat vatten, medan den för en GAK-anläggning uppskattas vara 1,1–1,3 SEK/m<sup>3</sup> renat vatten. I detta preliminära skede måste med nödvändighet många antaganden ske i beräkningarna, vilket gör att dessa siffror bör användas med försiktighet.

Det saknas krav och riktlinjer kring läkemedelsrening i Sverige, men en reningsgrad på ca 80 % för ett antal utvalda indikatorparametrar bedöms vara rimligt med hänsyn till tekniska, miljömässiga och ekonomiska aspekter. Detta synes vara i överensstämmelse med vad som hittills har angivits i internationella sammanhang. Kommuner/vattenbolag, konsulter och entreprenörer kommer alla att behöva preciserade svenska riktlinjer för att möjliggöra planering, projektering, byggande och drift av läkemedelsreningsanläggningar i full skala.

## 2.2 NRV-06669-18 Borås Energi och Miljö

Borås Energi och Miljö har erhållit finansiering för att genomföra en förstudie kring läkemedelsrester i avloppsvattnet och reningsmetoder för läkemedelsrening. Veolia Water Technologies har på uppdrag av Borås Energi och Miljö genomfört utredningsarbete inom ramen för denna förstudie.

Avloppsreningsverket i Borås ligger på Solbacken och recipient för det behandlade avloppsvattnet är Viskan. Reningsverket är dimensionerat för 150 000 pe.

Borås Energi och Miljö fick prioritera ett antal utvärderingskriterier som de tyckte var viktigast för en framtida reningsanläggning för läkemedel. Utifrån dessa kriterier rekommenderades 3 olika tekniker – konventionella GAK-filter, Opacarb FL samt Actiflo Carb. Därefter beslutades i samråd mellan Borås Energi och Miljö och Veolia att Opacarb FL var den lösning som man vill gå vidare med och ta fram drifts- och investeringskostnader för samt planera pilotförsök för.

Opacarb FL är en teknologi som bygger på att avloppsvattnet leds genom en fluidiserad bädd av aktivt kol – mikroCarb. Det är en kompakt och effektiv teknik som är lämplig för att nå det reningsmål som Borås Energi och Miljö önskar (>80% rening av läkemedelsrester som medelvärde).

Vidare togs dimensionerande underlag fram i form av dimensionerande flöden, temperatur etc. Baserat på dimensionerande data gjordes sedan en design på en anläggning med Opacarb FL. Driftskostnader och investeringskostnader beräknades för

---

anläggningen. Anläggningskostnad: 176 MSEK och driftskostnad 6,6 – 13 MSEK/år (0,47 – 0,92 SEK/m<sup>3</sup>)

I nästa steg har Borås Energi och Miljö planerat att genomföra pilotförsök. Dessa kan sedan ligga till grund för mer detaljerade driftskostnadsberäkningar och användas för att validera den design som har tagits fram.

## 2.3 Falu Energi och Vatten (Främby RV)

Under år 2019 genomförde Falu Energi & Vatten (FEV) en förstudie om läkemedelsrening på Främby reningsverk. Projektet finansierades till stor del av ett bidrag på drygt tre miljoner kronor från Naturvårdsverket. Syftet med projektet var att utreda behovet och förutsättningarna för en fullskaleanläggning för läkemedelsrening på reningsverket. I projektet genomfördes pilotförsök där avloppsvatten filtrerades genom granulerat aktivt kol (GAK). I projektet ingick också en kartläggning av läkemedelsrester och andra organiska mikroföroreningar i avloppsvattnet, samt en riskbedömning av utsläpp till recipienten. Läkemedelsprojektet var en del i FEV:s större projekt Fördjudad Förstudie Framtidens Främby, som är en förberedande studie inför en uppgradering av hela reningsverket och ansökan om ett nytt miljötillstånd.

FEV valde att testa GAK eftersom det var en mer oprövad teknik jämfört med pulveriserat aktivt kol (PAK) och ozonering samtidigt som det fanns goda förutsättningar att testa den i pilotskala på plats på reningsverket. Dessutom förväntades reningseffektiviteten för läkemedelsrester vid rening med GAK vara hög.

Främby reningsverk är FEV:s största reningsverk som renar avloppsvatten från motsvarande 42 000 personer från Faluns innerstad och några närliggande samhällen. Reningsprocessen består av mekanisk, kemisk och biologisk rening och reningskrav finns för fosfor och BOD (organiskt material). Det renade avloppsvattnet släpps ut i Främbyviken i sjön Runn. Faluns historia av gruvdrift och industrier har gjort att Runn är påverkad av många olika föroreningar. Vid tidigare kartläggningar har bland annat flera läkemedelssubstanser påträffats i sjön, vilket tyder på att läkemedelsrening på reningsverket skulle kunna medföra positiva effekter för Runn.

I projektet samarbetade FEV med IVL Svenska Miljöinstitutet, som har tidigare erfarenhet av liknande projekt. IVL byggde upp en pilotanläggning inuti en container som placerades i slutet av reningsprocessen på Främby reningsverk. En liten del av avloppsvattnet som renats färdigt på det befintliga reningsverket leddes in i pilotanläggningen, där det renades ytterligare. Först renades vattnet från suspenderade partiklar genom mikrofiltrering, i syfte att skydda GAK-filtren från igensättning. En del av vattnet renades också i en luftad reaktor med biobarare (MBBR) för att efterlikna kväverening som kan bli aktuellt på Främby i framtiden. Slutligen leddes vattnet genom fyra parallella GAK-filter med olika uppehållstider (7,5, 14, 16 och 30 min). Pilotförsöket pågick i 36 veckor mellan april och december 2019 och under denna tid utfördes analyser på avloppsvattnet på reningsverket och i pilotanläggningen vid sex tillfällen och på ytvatten i recipienten vid två tillfällen.

Läkemedelsrester i avloppsvatten består till stor del av använda läkemedel som gått igenom kroppen och utsöndrats vid toalettbesök. I kartläggningen ingick ett fyrtiotal läkemedelssubstanser, inklusive flera hormoner och antibiotika. Dessutom analyserades högfluorerade ämnen (PFAS), siloxaner, fenoler och bromerade difenyletrar (BDE). De senare ämnesgrupperna består av olika organiska mikroföroreningar som används som bland annat impregneringsmedel, flamskyddsmedel och tillsatser i textilier, plaster och hygienprodukter. Ämnena är miljöskaadliga och har vid tidigare kartläggningar påträffats i avloppsvatten och/eller i recipienten.

De flesta undersökta läkemedelssubstanserna kunde uppmätas i halter över detektionsgränsen i det inkommande vattnet till reningsverket, men endast ett fåtal renades

---

bort på det befintliga reningsverket. Nitrifikationen bidrog inte heller till att rena bort läkemedelsrester. Vid filtrering med GAK reducerades de flesta läkemedelssubstanser till en början med minst 90 %, oavsett uppehållstid. Efter åtta månaders drift fungerade reningen fortfarande bra för GAK-filtret med uppehållstid på runt 30 minuter, medan reningen försämrats avsevärt för GAK-filtret med runt 7,5 minuters uppehållstid. En jämförelse mellan GAK-filtrering av dagens utgående vatten och nitrifierat vatten visade inga tydliga skillnader.

För de övriga organiska mikroföroreningarna varierade resultaten. Koncentrationerna av siloxaner i det inkommande vattnet till reningsverket var höga, men dessa renades bort med upp till 99 % redan på det befintliga reningsverket, och därefter ytterligare med GAK-filtrering. Nästan alla högfluorerade ämnen (PFAS) kunde uppmätas både i inkommande och utgående vatten på reningsverket. Resultaten varierade mycket mellan olika ämnen och olika provtagningstillfällen, men totalt sett minskade koncentrationerna av PFAS något både på det befintliga reningsverket och vid nitrifikation. Vid filtrering med GAK reducerades ungefär hälften av PFAS-ämnena konsekvent, med upp till 80 %. De fenoler som kunde uppmätas i det inkommande vattnet renades också till viss del bort på det befintliga reningsverket och vid nitrifikation. Tre fenoler reducerades även bra vid GAK-filtrering. Däremot kunde endast tre av åtta bromerade difenyletrar (BDE) uppmätas i det inkommande vattnet till reningsverket vid samtliga provtillfällen. I det utgående vattnet var koncentrationerna av alla BDE under kvantifieringsgränsen, och därför kunde ingen vidare rening av BDE utvärderas.

De flesta PFAS, de cykliska siloxanerna samt oktylfenol och nonylfenol kunde uppmätas i recipienten vid minst ett tillfälle. För fenolerna var halterna högst nära reningsverkets utlopp, medan halterna av siloxaner var högre uppströms och PFAS uppvisade liknande halter i båda provpunkterna. De uppmätta halterna var lägre än gällande gränsvärden för ytvattnet. Drygt tio av de undersökta läkemedelssubstanserna kunde uppmätas i recipienten och alla dessa påträffades nära reningsverkets utlopp i Främbyviken. En riskbedömning baserad på utsläppen från reningsverken visade att utsläppen av det antidepressiva läkemedlet citalopram och det lugnande medlet oxazepam hade störst risk för oönskade miljöeffekter.

Rapporten diskuterar också en optimering av GAK-filterlösningen vid implementering i fullskala. En första grov kostandsskattning för en fullskaleimplementering baserat på pilotresultat och nuvarande vattenflöde ger en indikation på en total årskostnad på 6,5 Mkr och en specifik kostnad på 1,25 kr/m<sup>3</sup>.

## 2.4 GRYAAB

Gryaab har under 2019 och 2020 utfört föreliggande förstudie för att utreda möjligheterna för införande av läkemedelsrening på Ryaverket. Förstudien är finansierad av Naturvårdsverket som delat ut bidrag för antingen investering eller förstudier för läkemedelsrening på avloppsreningsverk. Gryaab sökte och beviljades bidrag år 2019. Anledningen att bidrag söktes var för att vara förberedda på ett eventuellt kommande krav på läkemedelsrening i framtiden. Det finns inga planer eller myndighetskrav på att införa läkemedelsrening i dagsläget.

I denna förstudie jämförs 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 ett av dessa bedöms vara möjligt att införa till processen på Ryaverket. GAK kräver dock väldigt stor yta, vilket är en brist på Ryaverket. Huvudförslaget för införande

---

av GAK är därför att utöka Gryaabs nuvarande område åt väster, till en del av Rya skog som inte är fredad. En alternativ placering i nuvarande slambyggnad har också övergripande utretts.

Förslagen för både PAK och ozon innebär att de befintliga MBBR-processerna (reningsprocesser med rörligabiofilmsbärare, på engelska; moving bed biofilm reactor) begränsar maxflödet över läkemedelsreningen. Därför sätts maxflöde för samtliga processlösningar till 4,5 m<sup>3</sup>/s. Detta bedöms innebära att ca 80 % av förväntat avloppsvattenflöde ett normalår kring år 2050 kommer att kunna behandlas i läkemedelsreningen.

I denna förstudie antas samtliga processlösningar ge samma reduktion av läkemedelsrester, omkring 80 - 90 % reduktion över reaktorn. I praktiken ger troligen de föreslagna teknikerna olika kvalitet på utgående vatten. Det finns dock osäkerheter för samtliga processer varför pilottestning på Ryaverket av aktuell teknik rekommenderas innan slutgiltigt processval görs vid ett konstaterat behov eller krav infaller. Sammantaget innebär flödesbegränsningen till läkemedelsreningen (80 %) och den förväntade reduktionen i läkemedelsreningen (80 - 90 %) en total reduktion av läkemedelsmängden med 65 - 70 %.

Ozonering: För ozonering är grundförslaget att placera reaktorn före MBBR för efternitrifikation (EN). Detta betyder att både EN och MBBR för efterdenitrifikation (ED) nyttjas som biologisk efterbehandling för ozoneringen. Vid ett studiebesök på ozoneringsanläggningen i Linköping noterades att en likartad placering orsakade driftproblem, varför alternativ B för ozon introducerades i denna förstudie. Alternativ B innebär att reaktorn istället placeras sist i processen, efter skivfilteranläggningen. Under förstudiens gång har det framkommit en del uppgifter som talar för att driftproblemen i Linköping borde kunna undvikas om lärdom tas ifrån deras problem. Dessutom innebär byggnationen av alternativ B större kostnader och att avsaknad av efterbehandling måste hanteras. Slutsatsen är att alternativ A (före EN) rekommenderas före alternativ B.

Ozon förslås produceras på plats med hjälp av en ozongenerator som använder syrgas som råvara. Ozongeneratoren omvandlar syre till ozon med hjälp av elektricitet. Syret kan antingen köpas in från en extern leverantör eller produceras på plats från omgivande luft och elektricitet. En intern syrgasfabrik rekommenderas i denna förstudie, både för att det ekonomiskt verkar vara något bättre och för att slippa transporter och hantering av flytande (kryogen) syrgas inne på Gryaabs område.

Ozongenereringen använder stora mängder el och producerar mycket spillvärme med låg temperatur. Värmen kan antingen kylas bort med avloppsvatten eller återvinnas med en värmepump. Detta kan även förbättra effektiviteten ytterligare genom att det håller generatoren vid en lägre temperatur. Nackdelen med en värmepump är att det går åt el för att driva den. Värmepump rekommenderas ändå då det innebär att Gryaabs värmebehov kommer att täckas helt under ca 7 månader/år och under övriga 5 månader reduceras behovet av extern värmetillförsel kraftigt.

Ozonering ger en stark oxideringsreaktion och det finns risk att bilda nya föreningar som är oönskade. Bromid i avloppsvatten kan omvandlas till bromat, som är cancerogent, vid ozonering. 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.

PAK: Pulveriserat aktivt kol föreslås doseras till EN vilket skulle innebära att både EN och ED blir kombinerade reaktorer för både konventionell kväverening och läkemedelsrening. Kolpulvret skulle sedan avskiljas från vattnet genom befintliga skivfilter och slammet från skivfiltret (SF) behandlas separat i en ny slamhantering.

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 läkemedelsavskiljningen 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. Slamförtjockning föreslås ske med gravitationsförtjockare och därefter avvattning med hjälp av skruvpressar. I denna förstudie har dessa metoder inte testats och innebär en stor osäkerhet. Det avvattnade slammet innehållandes 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/år. Även om PAK enligt föreslagen layout ger en låg investeringskostnad så blir driftkostnaden väldigt hög.

GAK: Granulerat aktivt kol fungerar som ett sandfilter där sanden är utbytt mot granuler av aktivt kol. Granulerna behöver således inte avskiljas från vattnet utan ligger kvar i filtret. 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. Eftersom Ryaverket har ont om plats rekommenderas att anläggningen placeras i Rya skog, dvs väster om skivfilterbyggnaden utanför Gryaabs nuvarande tomt. Detta anses vara den bästa placeringen. Som alternativ har även en skiss över hur GAK skulle kunna placeras i slambyggnaden tagits fram. Det skulle i så fall innebära omfattande ombyggnader och omlokalisering av slambehandling.

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. Denna förstudie utgår ifrån att kolet behöver bytas efter 20 000 bäddvolym. Regenerering av kol är den överlägset största driftkostnaden för GAK. Idag finns ingen anläggning för regenerering av kol från reningsverk i Norden utan kolet antas i den här studien transporteras till Belgien för regenerering.

Kostnader: Investeringskostnaden för ozonering på Ryaverket förväntas bli ca 520 miljoner kr med år 2020 kostnadsnivå, för GAK blir investeringen ca 730 miljoner kr. Investeringen för PAK är dock mycket lägre med en investering omkring 160 miljoner. Samtliga kostnads kalkyler är utförda med succesivkalkyleringsmetoden och kostnaden som redovisas är medelkostnad + 3\*standardavvikelse. Det innebär att sannolikheten för att klara budget är 99 %.

Avskrivningstiden för de stora kostnadsposterna för GAK är längre än för ozon så avskrivningskostnaden för GAK är nästan i nivå med ozon. Driftkostnaden för GAK är dock klart högre än för ozon men klart lägre än för PAK. Sammanfattningsvis är ozon det mest kostnadseffektiva alternativet och uppgår till en kostnad på 36 MSEK per år, inklusive kapital och driftkostnader (se Tab. 1).

**Tabell 1**  
Totala kostnader.

	Ozon	PAK	GAK
Drift (kkr/år)	14 000	96 000	51 000
Kapital (kkr/år)	22 000	6 000	24 000
Summa (kkr/år)	36 000	102 000	75 000
kr/m <sup>3</sup>	0,28	0,80	0,59

---

Tidplan: GAK är den mest omfattande byggnationen och bedömningen är att byggnation kommer att pågå i 4 - 5 år, därtill kommer projektering, upphandling och besiktning – totalt bedöms införande av GAK ta ca 7,5 år. Ozon innebär mindre byggnation, bedömning är att det skulle kunna införas på ca 6 år. PAK är den minst omfattande ombyggnaden och kan troligen införas på ca 5 år.

Hållbarhetsanalys: Hållbarhetsanalys har gjorts i form av en multikriterieanalys med följande kriterier i de tre hållbarhetsdimensionerna:

- Miljö: växthuspåverkan, el-användning, användbar värmeproduktion, kemikalie-användning, 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.

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 är att förkasta PAK med den här föreslagna utformningen.

Ozonering får sin högsta totalpoäng om växthuspåverkan värderas maximalt och sin lägsta om el-användning värderas högt eller vid en sämre typ av el. Flera känslighetsanalyser, som byte till förnybart aktivt kol eller kolreaktivering på Ryaverket, höjer GAK:s totalpoäng, likaså om elanvändning eller säkerhet värderas maximalt. Skillnaden i totalvärdering mellan GAK och ozon är så liten att en fördjupad studie av båda alternativen behöver göras innan ett slutligt val kan göras. Fokus bör vara på de osäkerheter som påverkar hållbarhetsvärderingen mest.

Riskbedömning recipient: Under denna förstudie har inga nya analyser gjorts på läkemedelsrester i inkommande eller utgående avloppsvatten. Däremot har tidigare karteringar sammanställts och jämförts med gällande PNEC-värden (Predicted No Effect Concentration). Det är dock fortfarande oklart vilken utspädning i recipienten som ska användas för att beräkna koncentrationen av läkemedel i recipienten. Det beror på vilket och hur stort område de organismer som eventuellt påverkas negativt av läkemedlen rör sig inom och hur stor utspädningen av avloppsvatten är i det kritiska området. Om 10 ggr utspädning används överskrider 6 st ämnen PNEC och om 100 ggr utspädning används överskrider fortfarande 3 ämnen PNEC. Två av dessa tre ämnen har dock väldigt hög säkerhetsfaktor vilket sänker PNEC med 1 000 respektive 2 000 ggr, dessa säkerhetsfaktorer kan sänkas genom kompletterande effektstudier. Konsulten IVL rekommenderar i sin riskbedömning att en ordentlig kartering genomförs som består av minst 3–4 provtagningstillfällen som täcker in olika årstider och som sker vid representativa flödesbelastningar. Provtagning bör göras på inkommande och utgående avloppsvatten samt i recipienten.

## 2.5 NV-03495-19 Karlstad kommun

Naturvårdsverket har i uppdrag att ge bidrag till projekt som bland annat bidrar till att öka kunskapsuppbyggnad kring avancerad rening av läkemedelsrester. Inom dessa ramar har Karlstads kommun ansökt om bidrag för en förstudie. På uppdrag av kommunen har Norconsult genomfört aktuell förstudie och undersökt behovet av avancerad rening för läkemedelsrester på Sjöstadsverket i Karlstad, samt identifierat vilka renings-tekniker som är mest lämpliga.

Förekomst av läkemedel och dess metaboliter i ytvatten härstammar till stor del från utsläpp från avloppsreningsverk. Halterna är generellt högre vid reningsverkens utsläppspunkter, framför allt när flödet från reningsverket är stort jämfört med flödet i

---

recipienten, för att sedan minska nedströms pga. utspädning, nedbrytning och omfördelning till exempelvis luft, sediment, flora och fauna. Hur läkemedlen beter sig i miljön beror på läkemedlens fysiokemiska egenskaper (1).

Rening av avloppsvatten i Sverige styrs av ramdirektivet för vatten, underordnat avloppsdirektiv och avloppsföreskrifterna. Dagens avloppsreningsverk är designade för rening av organiskt material, kväve och fosfor, inte för rening av läkemedel, såsom antibiotika, hormoner, antiinflammatoriska och antidepressiva, eller läkemedelsrester (nedan "läkemedel"). Läkemedlens nedbrytbarhet samt fysiokemiska egenskaper (vattnelöslighet, persistens) avgör vad som händer med dem i reningsverken, total reduktion är inte möjlig. Reduktion av läkemedel varierar mellan olika reningsverk och olika substanser. Det är framför allt den biologiska reningen som binder och renar läkemedel. Mer hydrofoba läkemedel binder till slammet och suspenderat material.

Sjöstadsverkets process består av mekanisk, biologisk och kemisk rening. Reningsresultaten är bra med avseende på organiskt material, kväve och fosfor. Reduktionsfaktorn för i denna förstudie undersökta läkemedel varierar mellan -13 och 100%, med 52% som medianvärde. Utgående vatten innehåller oxazepam och ciprofloxacin i halter som överskrider predicted no effect concentrations (PNEC). Behovet av avancerad rening för läkemedelsrester är inte fastställt ännu. Vänerns Vattenvårdsförbund har sett en endast marginell förhöjning av halter av läkemedel och andra mikroföroreningar efter reningsverket. Utökad recipientprovtagning inklusive ekotoxikologiska tester behövs för att identifiera behovet av avancerad rening för läkemedelsrester. Då det varken finns krav på läkemedelsrening eller tydlighet gällande det faktiska behovet läkemedelsrester vid Sjöstadsverket har det antagits att avancerad rening behövs för oxazepam och ciprofloxacin.

Det finns många olika tekniker för avancerad rening för läkemedelsrening, bland annat membranfiltrering, oxidativa reningstekniker (ozonering och avancerade oxidativa processer såsom ozon/UV, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV eller Fenton-processen), adsorptiva tekniker (granulerat aktivt kol, pulveriserat aktivt kol) och kombinationer av dessa. Baserad på det eventuella behovet av avancerad rening för läkemedelsrester och förutsättningar specifik för Sjöstadsverket har ozonering och GAK identifierats som de två alternativa tekniker som passar bäst för avancerad läkemedelsrening. Dessa har en medelgod till god reningseffektivitet för oxazepam, ciprofloxacin och de övriga ämnen som överskrider PNEC-värden vid några enstaka tillfällen eller klassas som särskilt förorenande ämnen. Fullskaliga anläggningar finns i dagsläget.

Ozonering är den vanligaste tekniken för läkemedelsrening. Tekniken är kompakt, billig och ger en bra rening för många läkemedelsrester och andra mikroföroreningar. Den konfigurationen som har undersökts i denna förstudie är multiple point ozonation, bestående av integrerad ozonering i biosteget och ozonering som slutpolering. Den specifika kostnaden för rening av en kubikmeter avloppsvatten är ca 0,2 SEK för en anläggning på 100 000 pe. Hänsyn måste tas till arbetsmiljö då syrgas och framför allt ozon är kraftfulla oxidationsmedel.

GAK har en bra reningseffekt på många läkemedel och andra mikroföroreningar. GAK har en bättre reningseffekt för ciprofloxacin och några ämnen som förekommer i halter >PNEC vid några enstaka tillfällen än ozonering. De filter som har undersökts är av typen DynaDand (Nordic Water). Dessa filter är platseffektiva och klarar en kontinuerlig drift. Den specifika kostnaden för rening av en kubikmeter avloppsvatten är ca. 0,35 – 0,6 SEK. Energibehovet är mycket låg, men koldioxidfotavtrycket är högre än för ozon. Inga farliga restprodukter bildas. Aktivt kol kan leda till dammbildning och det finns en risk att en explosiv blandning uppstår, åtgärder för att minska dammbildning måste undersökas och utvärderas.

Pilotförsök behövs för att utvärdera vilken teknik passar bäst för Sjöstadsverket, för att dimensionera anläggningar, samt, vid ozonering, bildning av eventuella toxiska bi- och nedbrytningsprodukter.



---

## 2.6 Kristianstads kommun – Degeberga

I enlighet med villkoren för det beviljade statsbidraget för läkemedelsrening i Degeberga avloppsreningsverk i Kristianstads kommun lämnas följande information som en slutrapport avseende rubricerat projekt. Förstudien resulterade i det genomförande av projektet som nu är avslutat. Den valda tekniken bygger på efterpolering i filter med granulerat aktivt kol. Detta i två parallella filter (5,5 m<sup>3</sup> vardera) som klarar halva flödet (11 m<sup>3</sup>/h) vardera, vilket ger en uppehållstid på ca 30 minuter. Det ena filtret har fyllts med aktivt kol baserat på stenkol och det andra med ett aktivt kol med förnyelsebart ursprung (kokosnötskol). Detta för att kunna utvärdera två olika kol inom ramen för projektet.

Den nya anläggningen kopplades in i serie efter ett sedan tidigare existerande sandfilter som tidigare var slutsteg i reningsverket och som också utvärderats med avseende på rening av ett antal läkemedelsrester och andra mikroföroreningar i denna uppföljning.

Byggstart skedde vid månadsskiftet augusti-september 2019 och kommunicerades via en pressträff. Byggnationen av läkemedelsreningsanläggningen pågick sedan till april 2020 och slutbesiktning påbörjades den 17 april. Återstående punkter i efterbesiktningen var klara till den 18 juni 2020.

Läkemedelsreningen på Degeberga ARV driftsattes den 16 april 2020 kl. 11:30, och har gått problemfritt sedan dess. (Undantaget tiden mellan 6 maj till 14 maj då verket var avstängt och vattnet transporterades till Centrala reningsverket i Kristianstad på grund av byte av skrapa i mellansedimenteringen i Degeberga.)

Anläggningen fungerar så här långt över förväntan och renar både diklofenak och många andra ämnen till mer än 95 %. Hur länge reningen kommer att ligga över denna nivå återstår att följa upp och kommunen har kvar att avgöra vid vilken reningsgrad det granulerade aktiva kolet i kolfiltren ska bytas ut eller regenereras.

Totalt 38 olika ämnen har analyserats efter det att läkemedelsreningsanläggningen togs i drift. Flertalet av dessa ämnen analyserades även för bakgrundsdata i utgående vatten och uppströms och nedströms reningsverket.

Förutom på utgående halter märks det även på de nu betydligt lägre halterna av många ämnen nedströms reningsverket att läkemedelsreningen kommit på plats.

## 2.7 NV-03724-19 – Kungsbacka – Kullaviks RV

En förstudie gällande avskiljning av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar har genomförts vid Kullaviks avloppsreningsverk i Kungsbacka kommun. Avskiljningen över den befintliga biologiska processen med både aktivt slam och biofilmsbärare (Hybas™) utvärderades under en två veckors provtagningskampanj. Kompletterande efterbehandling av det biologiskt behandlade avloppsvattnet undersöktes i pilotskala med avseende på biologisk behandling med en biofilmsprocess, behandling med pulvriserat aktivt kol (PAK) samt en kombinerad behandling med PAK och ozon.

Utvärderingen av den befintliga reningsprocessen med 14 flödesproportionella dygnsprover visade en spridning i reduktionsgrad för olika mikroföroreningar från obefintlig avskiljning, för t.ex. citalopram, flukonazol och tramadol, till över 90 % för t.ex. ibuprofen, naproxen och paracetamol. Medelreduktionen var 39 % beräknad som ett rakt medelvärde av reduktionsgraderna och 89 % beräknad på sammanlagda massflöden. En jämförelse med tidigare publicerade studier för svenska aktivslamanläggningar visade att de uppmätta reduktionerna för Kullaviks avloppsreningsverk var relativt höga.

I försök i laboratorieskala undersöktes den biologiska reningsprocessen närmare genom satsförsök med tillsatta mikroföroreningar. I dessa försök jämfördes aktivt slam och bärare som tagits ut från reningsverket samt även kombinationen av slam och bärare. Det visade sig att för 22 av de 30 undersökta substanserna var nedbrytningshastigheten

---

högre för kombinationen slam och bärare än med endast aktivt slam, eller för 10 av substanserna efter normalisering för mängden biomassa. Reduktion av diklofenak skedde endast med biofilmsbärare närvarande.

I en pilotanläggning (8 liter) testades efterbehandling med MBBR-processen eXeno™ där utgående sedimenterat avloppsvatten behandlades huvuddelen av tiden. Obehandlat avloppsvatten tillsattes under 6 timmar vartannat dygn (12,5 % av flödet) för att upprätthålla en aktiv biofilm. I MBBR-piloten kunde 11 av 23 substanser ytterligare reduceras vid 2 timmars uppehållstid med i medeltal 8 – 62 %. Med förlängd uppehållstid (4 timmar) ökade reduktionen signifikant för dessa substanser. Satsvisa försök med bärare uttagna från både piloten och fullskalan visade på biologisk nedbrytbarhet för ytterligare några substanser vars koncentrationer var under detektionsgränsen i det sedimenterade vattnet. Efterbehandling i en MBBR-process sker med begränsad och selektiv reduktion men har samtidigt potential att ske resurseffektivt jämfört med andra alternativ. Ett förslag på hur processen som studerades i pilotskala skulle kunna implementeras som efterbehandling vid Kullaviks avloppsreningsverk presenterades. Enligt detta förslag sker implementeringen så att när obehandlat avloppsvatten behandlas i eXeno, skickas det sedan tillbaka för biologisk behandling i befintlig process.

Pilotanläggningen för efterbehandling med PAK (Actiflo® Carb) bestod av en process med tillsats av koagulant (järnklorid), flockulant (polymer) och ballast i form av mikrosand. Utan PAK är denna process snarlik den befintliga högflödesreningen på reningsverket. Tillsatsen av mikrosand leder till hög sedimenteringshastighet vilket medger en hög belastning på anläggningens lamellsedimentering. Denna pilotanläggning behandlade 3,8 m<sup>3</sup>/h biologiskt behandlat avloppsvatten och hade en total processvolym på 1,6 m<sup>3</sup> (uppehållstid 25 min) plus lamellsedimentering (0,125 m<sup>3</sup>). Behandling med olika doser av PAK (0-50 mg/l) liksom med och utan samtidig tillsats av en låg dos ozon (1,5 mg/l) utvärderades.

Pilotanläggningen uppvisade god driftsstabilitet och de resultat som erhöles var i nivå med andra studier baserade på läkemedelsrening med PAK. Med dosering av 15 mg/l PAK uppnåddes 73 % reduktion av mikroföroreningar (rakt medelvärde) vilket ökade till 83 % vid samtidig dosering av 1,5 mg/l ozon. Den senare nivån var likvärdig med vad som uppnåddes vid dosering av 30 mg/l PAK utan ozon men kostnaden för dosering av 15 mg/l PAK och 1,5 mg/l ozon blir signifikant mycket lägre. Kombinationen av PAK och dosering av en låg dos ozon direkt före PAK-tanken syftar till att delvis regenerera kolet och därigenom antingen öka reningseffekten eller minska förbrukningen av PAK. Resultaten visar att denna effekt är påtaglig. Bromidhalten i ingående vatten var tillräckligt hög för att risk för bromatbildning skulle föreligga men utgående koncentration av bromat var mycket låg (<2 µg/l) vilket visar att processens uppbyggnad inte gynnar bromatbildning.

Ett förslag utarbetades för hur en av de två befintliga Actiflo-linjerna på Kullaviks reningsverk skulle kunna byggas om till en Actiflo Carb. En sådan anläggning skulle kunna behandla flöden upp till 150 m<sup>3</sup> /h vilket motsvarar 67 % av årsflödet. Baserat på resultaten från pilotförsöken och den befintliga biologiska anläggningen beräknas en sådan anläggning bidra till att den totala reduktionen av mikroföroreningar över reningsverket blir 73 % (rakt medel). Reduktionsgraden bedömdes kunna bli högre om exempelvis recirkulering av använd PAK till den biologiska behandlingen tillämpas.

Driftskostnader och investeringskostnader beräknades för anpassning av en befintlig Actiflo® till en Actiflo® Carb. Resultatet av drifts- och investeringskostnadsberäkningen redovisas i Tab. 2. Driftskostnaden motsvarar 0,49 SEK/m<sup>3</sup> (totalt vattenflöde) eller 0,72 SEK/m<sup>3</sup> (vatten som behandlas i Actiflo® Carb).

	Anpassad Actiflo® carb
Investeringskostnad	16 MSEK
Driftkostnad	0,85 MSEK/år

**Tabell 2**

Total investering och driftskostnad.

## 2.8 Mittsverige Vatten & Avfall AB

Under 2019 - 2020 genomförde Mittsverige Vatten & Avfall i samarbete med WSP Environmental och IVL Svenska Miljöinstitutet en förstudie med syfte att utreda behovet av läkemedelsrening vid de tre största reningsverken i Sundsvall samt vid ett nytt centraliserat reningsverk och om behovet fanns utreda förutsättningar för att bygga ut för avancerad rening vid antingen tre reningsverk eller vid ett stort. Projektet genomfördes med finansiellt stöd av Naturvårdsverket.

Inom projektet genomfördes en påverkansanalys för ytvatten vid utsläpp av läkemedelsrester från avloppsreningsverken (ARV). Omfattningen av påverkan från de tre befintliga reningsverken ställdes mot påverkan av beräknade utsläpp från ett nytt centraliserat reningsverk (Kubikborg ARV). För detta genomfördes en kartering av läkemedel vid de tre existerande avloppsreningsverken Tivoli, Fillan och Essvik ARV samt ett antal punkter i Sundsvallsfjärden och uppströms ytvatten. Recipientpåverkan beräknades och en riskbedömning för att identifiera de läkemedel som en potentiell avancerad rening behöver ta bort genomfördes. Förutsättningar, dimensionering och kostnader för att bygga ut för avancerad rening vid antingen tre reningsverk eller vid ett nytt stort reningsverk togs fram som beslutsunderlag för framtida beslut.

Karteringen av läkemedelsrester i inkommande och utgående avloppsvatten till Tivoli, Fillan och Essvik ARV visade att reningsgraden är på samma nivå som vid andra svenska reningsverk för de flesta läkemedelssubstanser. Vissa läkemedel renas bort nästan fullständigt och andra mer persistenta substanser tas inte bort eller tas endast bort i väldigt begränsad omfattning. Som kan förväntas av reningsverk som inte har kväverening ligger några hormonhalter i utgående vatten på en högre nivå än för anläggningar med kväverening. Uppströmsprovtagningen visade på signifikant högre halter i sjukhusets avloppsvatten för några läkemedel än vid tillhörande reningsverk. Mängden läkemedel i sjukhusets avloppsvatten är dock lägre än inkommande till reningsverket. Prover indikerade också att älvar kan bidra med läkemedelssubstanser som transporteras från uppströms källor till Sundsvallsbukten.

Den fördjupade recipientutredningen visade att de flesta läkemedelsrester förekommer i så låga halter i utgående avloppsvatten från de befintliga reningsverken att de inte har någon större påverkan på recipienten även vid låga utspädningsgrader. Utifrån tidigare genomförda riskbedömningar baserat på både effektkoncentration som inte bör överskridas i recipienten (PNEC) samt bedömningsgrunder som är definierade som en del av klassningen av ekologisk status i vattenförekomster (HVMFS 2019:25) identifierades dock fyra läkemedel som en eventuell avancerad rening bör prioritera; etinylöstradiol, östron, oxazepam och diklofenak.

Utifrån den fördjupade recipientutredningen och befintliga miljökrav bedöms omfattningen av utsläpp av läkemedelssubstanser från Fillan, Essvik ARV eller ett framtida centraliserat reningsverk vid Kubikborg inte leda till en försämring av miljöstatus i recipienterna, varför läkemedelsrening utifrån recipientpåverkan inte bedöms som nödvändig. Resultaten från påverkansanalysen visade att Tivoli ARV står för det största utsläppet av behandlat avloppsvatten i den, av de fyra undersökta, minst tåliga recipienten. Det medför att Sundsvallsfjärden är den vattenförekomst som har mest att vinna på införande av läkemedelsrening eller centralisering till ett nytt ARV. Modellberäkningar av spridning och utspädning av uppmätta utsläppshalter av hormonet etinylöstradiol visade att halter ligger över bedömningsgrunden (HVMFS 2019:25) i stora delar av Sundsvallsfjärden och att det således kan föreligga en risk för negativa biologiska effekter

---

vid dagens utsläpp från Tivoli ARV. För reduktion av etinylöstradiol räcker kväverening långt, men de största vinsterna avseende volymmässig recipientpåverkan för substansen etinylöstradiol beräknades finnas med ett nytt, centraliserat ARV jämfört med att installera kväve- eller kväve- och läkemedelsrening på Tivoli ARV. Oxazepam är inte upptagen i HVMFS 2019:25 men är inom projektet utvald utifrån sitt identifierade PNEC-värde. Modellering visade att vid nuvarande drift riskerar PNEC att överskridas i 8 - 14 % av vattenvolymen i Sundsvallsfjärden. Med läkemedelsrening och en reduktion av oxazepam med 80 % i utgående vatten så minskar denna volym till under 0,05 %.

Målet för implementering av en avancerad rening för reduktion av läkemedelsrester som beskrivs i rapporten har definierats av projektets styrgrupp och är baserad på en genomsnittlig minskning av de uppmätta läkemedlen i utgående avloppsvatten från de befintliga reningsverken med 80 % för 80 % av årsflödet (exkl. bräddningar). Eftersom det antas att kväverening kommer att implementeras (och därmed erhålls en reduktion av hormonerna etinylöstradiol och östron) har oxazepam och diklofenak använts som indikatorsubstanser vid den föreslagna dimensioneringen.

För Fillan, Essvik och Kubikenborg ARV rekommenderas antingen kolfilter (GAK) som avslutande reningssteg eller ozonering som näst sista reningssteg som kompletterande avancerad rening för reduktion av läkemedelsrester och svårnedbrytbara föroreningar. På grund av platsspecifika kriterier rekommenderas inte ozonering vid Tivoli ARV, utan endast en behandling med avslutande GAK-filter anses var relevant vid anläggningen om en läkemedelsrening ska implementeras.

Kostnadsuppskattningar för de olika alternativen visar tydligt att en implementering av läkemedelsrening kan åstadkommas till väsentligt lägre investering om den görs vid ett nytt centraliserat reningsverk. Vid installation av läkemedelsrening vid samtliga avloppsreningsverk blir det mest kostnadseffektiva att installera läkemedelsrening med ozon vid Fillan och Essvik ARV och GAK-filter vid Tivoli ARV (vid befintlig struktur) alternativt ozonering vid Kubikenborg ARV (vid centralisering av avloppsvattenreningen). Investeringskostnaden uppskattas till ca 70 Mkr för installation av ozonering vid Fillan och Essvik ARV samt GAK-filter vid Tivoli ARV och till >25 Mkr för ozonering vid Kubikenborg ARV. Här utgör framför allt kolfiltret vid Tivoli ARV en signifikant kostnadspost (>40 Mkr). Även driftkostnaderna per år beräknas vara högre för de tre befintliga verken (>5,5 Mkr/år) än för Kubikenborg ARV (>2,8 Mkr/år) på grund av kolfiltret vid Tivoli ARV (ca 3,9 Mkr/år). Den stora besparingen vid implementering av ozonering vid Kubikenborg ARV kommer således både från en lägre investeringskostnad och från en lägre driftkostnad.

De specifika kostnaderna för en avancerad rening som inkluderar både investerings- och driftkostnader vid de tre befintliga reningsverken respektive ett centraliserat verk beräknas till 0,8 kr/m<sup>3</sup> respektive 0,4 kr/m<sup>3</sup>. Jämfört med kostnader för huvudreningen (konventionell rening) så utgör investeringen för en avancerad rening <2 % av totalinvesteringen för Kubikenborg ARV och 9 - 13 % av nyinvesteringen vid de tre befintliga reningsverken, samtidigt som driftkostnaden beräknas öka med 9 - 27 % vid de olika anläggningarna.

## **2.9 NV-06677-18 NSVA (Lundåkraverket - Landskrona)**

Sweco har på uppdrag av Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp AB (NSVA) genomfört en utredning för ett kompletterande reningssteg på Lundåkraverket i Landskrona för avskiljning av läkemedelsrester från avloppsvattnet. De grundläggande förutsättningarna för uppdraget har varit att förprojektera en anläggning med ozonering och ett efterföljande biologiskt reningssteg. Syftet med förprojekteringen har varit att hitta en lämplig lokalisering och dimensionering av en anläggning, samt ta fram preliminära bygghandlingar och flödesscheman för att kunna kostnadsuppskatta läkemedelsreningen.

---

Kostnadsuppskattningen kommer ligga till grund för ett framtida investeringsbeslut.

För att avskilja läkemedelsrester på Lundåkraverket rekommenderar Sweco att ett ozoneringssteg placeras efter befintligt kemsteg. Ozon rekommenderas att produceras från syre som lagras i tankar på Lundåkraverkets fastighet. Ozonet tillsätts med diffusorer till avloppsvattnet i en kontakttank. Det ozonbehandlade vattnet genomgår sedan en biologisk rening för avskiljning av nedbrytningsprodukter i en MBBR som ligger i anslutning till kontakttanken. Utgående vatten passerar befintlig provtagare för renat avloppsvatten innan det släpps till recipienten. Dimensioneringen av den föreslagna reningsprocessen presenteras i tabellen nedan. Eftersom det finns relativt lite erfarenhet från etablering och drift av denna typ av rening i Sverige har den föreslagna anläggningen dimensionerats utifrån referensanläggningar i Tyskland och Schweiz.

Kostnaderna för anläggningen har beräknats till 45 MSEK. Driftskostnaderna per år för anläggningen har uppskattats till 1,2 MSEK (0,22 kr/m<sup>3</sup>) med dagens belastning på reningsverket och 1,7 MSEK för den prognostiserade belastningen 2035. Anläggningen förväntas förbruka 380 MWh/år med den nuvarande belastningen och 520 MWh/år 2035. Syreförbrukningen har beräknats till 330 ton/år i dagsläget och 520 ton/år 2035.

Under utredningen har flera frågeställningar dykt upp och lösts med en iterativ design-approach. Detta har resulterat i att lokaliseringen har setts över och ändrats ett flertal gånger. Det finns kvarstående frågeställningar som fortfarande inte är helt utredda och dessa behöver hanteras innan en anläggning handlas upp. De viktigaste frågeställningarna som återstår att lösa behandlar risken för bromatbildning vid ozonering, vilken typ av styrning som är mest kostnadseffektiv, och huruvida en efterföljande MBBR-process är tillräcklig för att bryta ner eventuella transformationsprodukter. Då svenska krav och riktlinjer på läkemedelrening saknas idag går det inte att garantera att den föreslagna anläggningen kommer uppfylla framtida sådana. Det är dock troligt att svenska krav baseras på erfarenheter från Schweiz och Tyskland, såsom denna dimensionering.

## 2.10 NV-06678-18 NSVA (Öresundsverket-Helsingborg)

Sweco har på uppdrag av Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp AB (NSVA) genomfört en utredning för ett kompletterande reningssteg på Öresundsverket i Helsingborg för avskiljning av läkemedelsrester från avloppsvattnet. De grundläggande förutsättningarna för uppdraget har varit att förprojektera en anläggning med ozonering och ett efterföljande biologiskt reningssteg. Syftet med förprojekteringen har varit att hitta en lämplig lokalisering och dimensionering av en anläggning, samt ta fram preliminära bygghandlingar och flödesscheman för att kunna kostnadsuppskatta läkemedelsreningen. Kostnadsuppskattningen kommer ligga till grund för ett framtida investeringsbeslut.

För att avskilja läkemedelsrester på Öresundsverket rekommenderar Sweco att ett ozoneringssteg placeras efter befintliga sandfilter. Ozon rekommenderas att produceras från syre som lagras i tankar på Öresundsverkets fastighet. Ozonet tillsätts med diffusorer till avloppsvattnet i två parallella kontakttankar. Det ozonbehandlade vattnet genomgår sedan en biologisk rening för avskiljning av nedbrytningsprodukter i en MBBR för respektive kontakttank. Utgående vatten passerar befintlig provtagare för renat avloppsvatten innan det släpps till recipienten. Dimensioneringen av den föreslagna reningsprocessen presenteras i tabellen nedan. Eftersom det finns relativt lite erfarenhet från etablering och drift av denna typ av rening i Sverige har den föreslagna anläggningen dimensionerats utifrån referensanläggningar i Tyskland och Schweiz.

Kostnaderna för anläggningen har beräknats till 110 MSEK (5,7 kr/m<sup>3</sup>). Driftskostnaderna per år för anläggningen har uppskattats till 4,2 MSEK (0,22 kr/m<sup>3</sup>) med dagens belastning på reningsverket och 5,3 MSEK för den prognostiserade belastningen 2035. Anläggningen förväntas förbruka 1,6 GWh/år med den nuvarande

---

belastningen och 2,1 GWh/år 2035. Syreförbrukningen har beräknats till 1 400 ton/år i dagsläget och 1 900 ton/år 2035.

Under utredningen har flera frågeställningar dykt upp och lösts med en iterativ design-approach. Detta har resulterat i att lokaliseringen har setts över och ändrats ett flertal gånger. Det finns kvarstående frågeställningar som fortfarande inte är helt utredda och dessa behöver hanteras innan en anläggning handlas upp. De viktigaste frågeställningarna som återstår att lösa behandlar risken för bromatbildning vid ozonering, vilken typ av styrning som är mest kostnadseffektiv, och huruvida en efterföljande MBBR-process är tillräcklig för att bryta ner eventuella transformationsprodukter. Då svenska krav och riktlinjer på läkemedelsrening saknas idag går det inte att garantera att den föreslagna anläggningen kommer uppfylla framtida sådana. Det är dock troligt att svenska krav baseras på erfarenheter från Schweiz och Tyskland, såsom denna dimensionering.

## 2.11 NV-06646-18 Förstudie 1 - SYVAB

Syvab genomförde under december 2018–november 2019 en förstudie för läkemedelsrening på Himmerfjärdsverket, till stor del finansierad av Naturvårdsverket. Syftet med projektet var att ta fram beslutsunderlag inför en eventuell investering i rening av läkemedelsrester på Himmerfjärdsverket samt att sprida kunskap om rening av läkemedelsrester.

Projektet inleddes med en teknikutredning, där ett antal tekniker utreddes översiktligt med avseende på bland annat teknikmognad, ekonomi (i grova drag), reningseffekt, logistik, miljö samt kompatibilitet med det framtida Himmerfjärdsverket. Här ingick även erfarenheter från tidigare pilotförsök vid Himmerfjärdsverket. I detta skede fastslogs även dimensionerande flöde för läkemedelsreningen. Utifrån teknikutredningen fattade projektets styrgrupp beslut om att gå vidare med ett principförslag för filtrering av utgående vatten från den framtida MBR-anläggningen med granulerat aktivt kol (GAK). Beslut togs även att utforma anläggningen med filter i två steg, eftersom detta bedömdes öka livslängden på det aktiva kolet så mycket att det uppväger en ökad investeringskostnad. Principförslaget omfattar en ny anläggning öster om befintligt bassängblock. Anläggningen är utformad som gravitationsfilter i två steg med mellanpumpning. Placeringen innebär behov av pumpning till anläggningen. Investeringskostnaden för GAK-filteranläggningen bedöms till 433 MSEK. Den totala årskostnaden bedöms till 58–89 MSEK eller 1,0–1,5 kr/m<sup>3</sup> (stort spann pga. osäkerhet kring livslängd för aktivt kol). Detta innebär en ökning med ca 20–30 % jämfört med Syvabs framtida kostnader med utbyggd MBR (5,0 kr/m<sup>3</sup>).

Förekomsten av läkemedelssubstanser och andra mikroföroreningar i Himmerfjärdsverkets utgående avloppsvatten samt recipienten analyserades under projektet. Provtagningar genomfördes vid tre tillfällen under februari–juli 2019 i inkommande och utgående avloppsvatten samt i två punkter i recipienten. En utspädningsfaktor i storleksordningen 100 från reningsverket till Himmerfjärden definierades i projektet baserat på flödesbalanser, vattenutbyte i fjärden med yttre skärgården och på provtagningar i recipienten under projektet.

Olika riskbedömningar som gjordes, delvis baserat på ny kunskap som sammanställdes inom projektet, tyder på att en extra rening för läkemedelsrester vid Himmerfjärdsverket kan vara motiverat.

Den riskbedömning som genomförts och baserats på riskkvoter i recipienten visade på att samtliga analyserade substanser, förutom fyra stycken, hade en riskkvot under 0,1 i recipienten, vilket indikerar låg risk. För att uppnå en riskkvot <1 för samtliga analyserade substanser skulle det krävas ytterligare 98% reduktion med avseende på Citalopram, 53% med avseende på Oxazepam och 20% med avseende på Ranitidine.

---

Avsaknaden av kroniska effektstudier för Citalopram och Ranitidine innebär dock väldigt höga säkerhetsfaktorer, och att försöka uppnå en riskkvot <1 för dessa substanser kan därmed inte vara motiverat med dagens kunskapsläge och kompletterande effektstudier rekommenderas. En riskbedömning baserad på klassningen av ekologisk status av recipienten visar att halten av Diklofenak i recipienten efter utspädning ligger väldigt nära gränsvärdet. Beräknad halt i recipient efter utspädning är 0,00913 µg/l och gränsvärdet i kustvatten enligt HVFMS 2013:19 är 0,01 µg/l (årsmedelvärde). Detta indikerar att Syvab skulle kunna få krav på utökad rening av Diklofenak, redan med dagens krav på utsläppshalter, oavsett om det skulle införas särskilda krav för rening av läkemedelsrester eller inte.

## 2.12 NV-03803-19 Förstudie 2 – SYVAB

I juni 2019 beviljades Syvab (Sydvästra stockholmsregionens va-verksaktiebolag) 10 784 124 kr i bidrag från Naturvårdsverket (NV-03803-19) inom anslag 1:11, ap. 1 (utgiftsområde 20) för en förstudie med huvudsakligt syfte att utreda förutsättningar för en fullskalig installation av teknik för rening av läkemedelsrester från avloppsvatten.

Projektet genomfördes av Syvab i samarbete med Ramboll och IVL Svenska Miljöinstitutet. Projekttiden varade från september 2019 till februari 2021 efter att en ansökan om förlängning med fyra månader p.g.a. Corona-pandemin under 2020 godkändes

Huvudmålet med projektet: att anlägga en pilotanläggning vid Himmerfjärdsverket med processkombinationen MembranBioReaktor och granulerat aktivt kol (MBR-GAK), har kunnat uppnås. Pilotstudier för att samla erfarenheter för en eventuell framtida implementering av läkemedelsrening på Syvab och vid andra reningsverk har också kunnat startas upp. Piloten kunde visa att Nya Krav Himmerfjärdsverket (NKH) kan uppnås med MBR-tekniken, att fullskaledesignen/principförslaget för framtida läkemedelsrening kan behöva anpassas, samt att en effektiv reduktion av läkemedelsrester, PFAS och andra föroreningar kan åstadkommas. Det har funnits utmaningar, främst under 2020, som påverkat installation, idrifttagning, och intrimning av piloten. Utvärderingen som sammanställts i denna rapport har varit begränsad till att endast omfatta knappt fyra månader och antalet provtagningar och analyser som ingår är därför få. Projektet kommer dock att fortsätta även efter avslutat projektstöd från Naturvårdsverket, och fler resultat kommer att rapporteras framöver.

Under uppstart och intrimning av MBR-GAK pilotanläggningen har värdefull information samlats in, t.ex. angående teknisk utformning, driftsätt och styrning. Även praktiska driftsätt avseende bl.a. backspolning av GAK-filter vid olika backspolningsstrategier har kunnat tas fram. Detta kommer att hjälpa Syvab och andra anläggningar vid en eventuell fullskaleimplementering, t.ex. genom att uppdatera och anpassa principförslaget.

De resultat som hittills kunnat tas fram visar en bra reningseffekt i GAK-piloten avseende läkemedelsrester och PFAS. Mot slutet av den initiala testperioden kunde även kvantifierbara halter av några få substanser observeras efter GAK-piloten vilket tyder på en avtagande kapacitet. Det är dock ännu för tidigt att kunna göra en relevant bedömning av när kolet behöver bytas i de första filtren och därmed en helhetsbedömning över processutformningen med t.ex. kostnadsberäkningar.

## 2.13 Tierps energi och Miljö AB

TEMAB ansökte i september 2018 till Naturvårdsverkets anslag om implementering av läkemedelsrening vid Tierps reningsverk. Ansökan fullföljdes med syfte att rena så mycket som möjligt av dessa mikroföroreningar i full skala. Tillsammans med dedikerad

---

partner Mellifiq har TEMAB under 2019 och 2020 installerat och levererat ett fullskaligt läkemedelsreningssteg bestående av sand- och GAK-filter samt ozoneringssystem.

Under våren 2019 presenterades en förstudie bestående av en fullständig kartläggning av läkemedelshalterna i nuvarande anläggning samt en rening av läkemedel i pilot-skala utförd av Mellifiq.

Kartläggning av läkemedelshalterna visade i förstudien att den nuvarande reningsanläggningen i Tierp renar cirka 20 - 25 % av alla mätbara läkemedel. Det skall tilläggas att paracetamol, som står för den större delen av läkemedel från svenska reningsverk tas bort fullständigt men endast 20 - 25 % av övriga läkemedelsrester.

Vid tidpunkten för genomförandet av förstudien mättes totalt 5605 ng/L efter slutsedimentering. Det resulterar i cirka 9,8 kg aktiva substanser årligen från Tierps reningsverk, förutsatt att massflödet av läkemedel är ungefär detsamma över hela året. Detta är helt i linje med kartläggningar från Sveriges övriga reningsverk.

Det är denna totala koncentration som installerade system och pilotkörning har utgått ifrån med vision om fullständig borttagning med en målsättning på 80 % borttagning vid körning i full skala.

En del av förstudien var att rena vatten från reningsverkets utlopp i Mellifiqs pilotanläggning i syfte att effektivt analysera ozonets och kolfiltrets påverkan på läkemedelshalterna över tid i en pilotanläggning som genererar samma förhållanden som reningen vid en fullskalig drift vid den anläggning som projekteras

Pilotprojektet visade på en fullständig läkemedelsreducering med ozonering baserat på 5- 6000 ng/L enligt förstudien, utöver ett ozonsteg projekteras även ett initialt sandfiltersteg för att säkerställa att partiklar av större storlek inte kan passera igenom ozoneringsteget för att undvika driftproblem vid eventuella underhåll eller tillfällig bristfällig sedimentation uppströms i reningsverkets primär- eller slutsedimentering.

För att säkerställa fullständig eliminering och för att på ett energieffektivt sätt kunna köra anläggningen med en lägre uteffekt projekteras även ett GAK-filtersteg som avslutande rening innan vattnet når recipient.

Mellifiq har under 2020 levererat en tertiärreningsanläggning med syfte att fullständigt eliminera läkemedelsresterna från Tierps reningsverk. Denna anläggning består av ett av Mellifiqs systemlösningar för vattenrening med flera tekniker i kombination.

## 2.14 NV-03749-19 Uppsala Vatten och Avfall AB

En förstudie har genomförts för att utreda möjligheterna att implementera ett avancerat reningssteg för rening av mikroföroreningar vid Kungsängsverket (Uppsalas största kommunala avloppsreningsverk). Rapporten sammanfattar förstudien och beskriver resultaten.

Första delen av förstudien var en litteraturstudie som omfattade regelverk och bestämmelser och där aktuella mikroföroreningar identifierades. Utgångspunkten för de ämnen som ingår i förstudien är Naturvårdsverkets lista på rekommenderade läkemedelsrester för analys (Naturvårdsverket, 2019) och de ämnen som klassas som SFÅ (Särskilt Förorenande Ämnen) i Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter. Olika reningstekniker, lämpliga för rening av mikroföroreningar vid Kungsängsverket, identifierades och beskrevs (aktivt kol (GAK), anjonbytare, ozonbehandling med efterföljande biologisk rening, och skumfraktionering).

En riskbedömning kring recipientpåverkan genomfördes utifrån tillgängliga data, och PEC/PNEC-beräkningar har utförts baserade på årsmedelflöde. Åtta mikroföroreningar i utgående vatten från Kungsängsverket identifierades som ämnen som kan, eller kan komma att, utgöra en potentiell risk för recipienten (Fyrisån): citalopram, diklofenak, flukonazol, ibuprofen, metoprolol, propranolol, PFOS (PerFluorOktansulfonSyra) och 4- nonylfenol. Det rekommenderas att genomföra ytterligare provtagning av



---

mikroföroreningar, både i utgående vatten från Kungsängsverket och i Fyrisån, med fokus på mikroföroreningarna på Naturvårdverkets lista och SFÅ:er, som inte finns med i denna studie samt att kontrollera PEC/PNEC-beräkningarna med det större underlaget.

Fem olika förslag för rening av de identifierade mikroföroreningarna vid Kungsängsverket togs fram. Två av dessa valdes ut som mest lämpliga för Kungsängsverket: GAK och ozonbehandling i kombination med anjonbytare. Varje förslag redovisas i två varianter: med befintligt kemsteg, och med ett nytt reningssteg som ersätter befintligt kemsteg:

- Scenario a: befintligt kemsteg ersätts med nytt processteg
  - Alternativ 1a: skivfilter + GAK-filter
    - Investeringskostnad: cirka 240 MSEK
    - Driftkostnad: cirka 10-27 MSEK/år
  - Alternativ 4a: ozon + fällning + sandfilter + anjonbytare
    - Investeringskostnad: cirka 205 MSEK
    - Driftkostnad: cirka 13-19 MSEK/år
- Scenario b: befintligt kemsteg behålls
  - Alternativ 1b: GAK-filter
    - Investeringskostnad: cirka 115 MSEK
    - Driftkostnad: cirka 9-25 MSEK/år
  - Alternativ 4b: ozon + sandfilter + anjonbytare
    - Investeringskostnad: cirka 145 MSEK
    - Driftkostnad: cirka 13-19 MSEK/år

Anjonbytare (fokuserad rening av PFOS) som inkluderats i alternativ 4a och 4b är en oprövad teknik för avloppsvatten men det finns storskaliga referenser vid till exempel dricksvattenverk. Denna teknik har ändå valts ut som intressant då det finns farhågor att PFOS-avskiljning med GAK kan vara problematiskt och jonbytare kan ge en fokuserad rening av PFOS. Vidare undersökning krävs för att kontrollera applikation av tekniken vid ett reningsverk.

Utifrån de identifierade mikroföroreningarna, ses flukonazol och PFOS som potentiella utmaningar. Flukonazol är hydrofilt, och tros därför adsorbera dåligt till kol. Vid ozonbehandling krävs en högre ozondos (1g/g DOC) för att sönderdela flukonazol. Om GAK ska implementeras bör flukonazol utredas vidare för att kontrollera om denna mikroförorening utgör en risk för recipienten. Om så är fallet bör det utredas om GAK kan reducera flukonazol tillräckligt effektivt.

För PFOS finns ingen referens för riktad rening av PFOS vid ett kommunalt reningsverk och det är oklart om sådan rening är kostnadseffektiv då det finns referenser som tyder på att PFOS bryter igenom (mättar kolet) snabbare än andra mikroföroreningar vid användning av aktivt kol. Det rekommenderas att en noggrann massbalans för PFOS tas fram för Uppsalas vattenkretslopp tillsammans med andra aktörer. Denna kan sedan ligga till grund för framtida beslut angående rening av PFAS-ämnena i Uppsalaområdet. Om ozon ska implementeras bör bromat, kväveoxider och andra ozon-inducerade nedbrytningsprodukter utredas vidare.

Kostnadskalkyler genomfördes för de alternativ som bedömdes mest lämpliga för Kungsängsverket och investerings- och driftkostnader redovisas ovan. En känslighetsanalys visar att olika dimensionerings- och driftparametrar leder till en variation av både investerings- och driftkostnader. De breda intervallen för driftkostnader för GAK orsakas av osäkerhet i hur ofta kolet kommer att behöva bytas/regenereras (efter rening av 8 000 - 20 000 bäddvolymmer).

Osäkerhet i dimensioneringsförutsättningar som kommer gälla för det avancerade reningssteget, till exempel maxflöde och reningsgrad, identifierades och därför bedöms efterföljande pilotstudie som kritisk för att ge svar på dessa frågor inför en eventuell implementering. Det rekommenderas också att vidare utreda hållbarhetsfrågor för

---

projektet, till exempel hur klimatpåverkan för GAK är beroende av källan till ursprungsmaterialet (stenkol eller kokosnötter).

## 2.15 VA-syd Sjölunda

Sjölunda avloppsreningsverk (ARV) tar emot avloppsvatten från större delen av Malmö stad samt från Burlövs kommun och delar av Lomma, Staffanstorp och Svedala kommun. Reningsverket är dimensionerat för 550 000 personekvivalenter och anläggningen renar i dag omkring 40 miljoner m<sup>3</sup> avloppsvatten årligen och är därmed ett av Sveriges största reningsverk. På grund av befolkningsökningen i upptagningsområdet planerar VA SYD att bygga ut och modernisera reningsverket. Det finns även planer på att lägga ner Källby ARV i Lund och överföra avloppsvattnet till Sjölunda ARV och i samband med det erbjuda ytterligare grannkommuner att ansluta sig till reningsverket. I Sjölundas recipient Lommabukten finns ett antal områden med naturvärden, tre av områdena utgörs av Natura 2000-områden och fem av områdena utgörs av naturreservat. I de skyddade områdena är vattenkvaliteten viktig för att inte påverka området negativt. Inom vattenförekomsten Lommabukten finns det även fem badplatser som omfattas av badvattendirektivet.

Denna förstudie gällande avancerad rening är ett delprojekt i det större projektet om utbyggnaden av Sjölundaverket i sin helhet. Förstudien har genomförts som ett samarbete mellan Maria Jonstrup och Lennart Höglind på VA SYD, Michael Cimbritz, Ola Svahn och Erland Björklund. Michael Cimbritz är forskare vid Lunds tekniska högskola och har ansvarat för omvärldsbevakning gällande tekniska lösningar, kostnadsuppskattningar och översiktlig dimensionering. Ola Svahn och Erland Björklund är forskare vid Högskolan i Kristianstad inom analys av läkemedelsrester. De driver det organiska spåranalyslaboratoriet MoLab (Krinova Sciencepark, Högskolan Kristianstad) och har utfört analyser av läkemedel och andra mikroföroreningar. Förstudien har möjliggjorts genom finansiering från Naturvårdsverket. Därtill har DHI anlåtits för modellering av recipientpåverkan och NIRAS för Ames test och YES-testet samt tolkning av resultaten.

Syftet med förstudien var att utreda teknikval för avancerad rening av mikroföroreningar på Sjölunda ARV. För att få en så bred nytta av den avancerade reningen som möjligt gjordes en behovsanalys både avseende utgående läkemedelshalter och bedömda riskkvoter, risk för smittspridning, risk för spridning av antibiotikaresistens samt eventuella krav vid återanvändning av renat avloppsvatten.

Provtagning av läkemedelsrester och ett antal ytterligare mikroföroreningar genomfördes vid sex olika punkter: vid inkommande och utgående provpunkt från Sjölunda ARV samt vid fyra punkter i recipienten på olika avstånd från utsläppspunkten. Provtagningen genomfördes en gång per månad under ett års tid vid reningsverket, samt under vår, sommar och höst i recipienten för att kunna studera säsongsvariationer. Dessutom genomfördes intensivprovtagning på inkommande och utgående vatten från Sjölunda ARV varannan timme under ett dygn för att studera variationer över dygnet.

33 av 35 analyserade ämnen, estradiol och etinylestradiol undantaget, kunde kvantifieras i utgående avloppsvatten och femton ämnen visade utsläppsmedelvärden över 100 ng/L. Högst koncentration visade genomgående mikroföroreningen benzotriazol.

23 av de analyserade ämnena reducerades till mindre andel än 80 % i den nuvarande reningsprocessen. 13 av ämnena reducerades mindre än 20 % och sex av dessa ämnen visade negativ reduktion. Av de 16 ämnen som förekom i högst koncentration, >100 ng/L, i det renade utgående avloppsvattnet visade 10 st en reduktion som understeg 40 %. Sammantaget visade resultaten att reningsverket i sin nuvarande utformning endast har begränsad förmåga att hindra mikroföroreningarna från att nå recipienten. Resultaten visade även att framtida avancerad rening är adekvat under dygnets samtliga timmar då belastningen är relativt jämn över dygnet, även om något högre halter observerades mitt på dagen.

---

21 av de analyserade ämnena detekterades även i recipienten. Halterna i recipienten varierade mellan provtagningsstillfällena både tidsmässigt och spatalt. En riskklassning gjordes baserat på kvoten EC/PNEC (halten i recipienten/förväntad nolleffektshalt) för de läkemedel där det fanns PNEC-värden tillgängliga i litteraturen. Klassningen visade att en miljörisk i första hand fanns för halten av citalopram, men också för halten av diklofenak, oxazepam och sertralin i recipienten. Detta gällde vid ett eller flera tillfällen under provtagningsperioden och på en eller flera av provpunkterna.

Avloppsvattnet innehöll östrogenliknande ämnen och ämnen med mutagena egenskaper. Detta konstaterades utifrån resultaten från YES-testet och Ames test. Baserat på att det sker en spädning med 100 gånger av avloppsvattnet i recipienten, så kommer, utifrån EU:s riskbedömningsmodell, halten av östrogenliknande ämnen ligga under det föreslagna effektgränsvärdet.

Vid bedömning av eventuell hälsorisk på grund av antibiotikaresistenta bakterier vid utsläpp från Sjölunda ARV konstaterades det att den modellerade maximala halten vid badplats av E.coli understeg det intag som krävs för att skapa en kolonisering av ESBL-bildande bakterier.

Med det renade vattnet följer även smittämnen som eventuellt skulle kunna påverka badplatserna i närområdet. Modelleringar av de intestinala indikatorbakterierna som ingår i badvattendirektivet visade emellertid att Sjölundas utsläpp inte utgör någon risk för att gränsen för tjänligt vatten överskrids.

Än så länge är ozonering och behandling med aktivt kol de tekniker som funnit flest praktiska tillämpningar i stor skala, vilket hänger samman med både renings- och kostnadseffektivitet. Under senare år märks ett allt större intresse för granulerat aktivt kol (GAK).

Då slutsatsen utifrån genomförd status- och kapacitetsbedömning är att större delarna av Sjölunda avloppsreningsverk behöver byggas om eller rivs finns det i nuläget endast ett fåtal processmässiga förutsättningar att ta hänsyn till vid utvärdering av alternativ för avancerad rening och anpassning av avancerad rening till befintlig process. VA SYDs slamstrategi förordar fortsatt spridning på åkermark så länge det är tillåtet. Detta innebär att dosering av pulveriserat aktivt kol (PAK) för avskiljning tillsammans med biologiskt överskottsslam inte är aktuellt så länge slammet ska spridas på åkermark. En helt ny, ännu inte fastställd, processutformning för reduktion av BOD samt kväve och fosfor innebär också att det inte finns någon process att förhålla sig till för utformning av avancerad rening. Samtidigt innebär det en stor möjlighet att på ett tidigt stadium integrera den avancerade reningen med kommande processutformning. Vissa överväganden kan också göras tidigt. Med utgångspunkt i ozonering och aktivt kol som huvudalternativ finns det möjlighet att bestämma om man vill satsa på en teknik som separerar de organiska mikroföroreningarna eller en teknik som bryter ner dem. Genomförda bromidanalyser för utgående avloppsvatten från Sjölunda visar emellertid att bromidhalterna är betydligt högre än de haltgränser som rekommenderas för ozonering. Variationerna bör undersökas genom fler prover, och bromatbildning som funktion av ozondosering bör undersökas, men tills vidare är en rimlig utgångspunkt att ozonering bör undvikas.

En översiktlig GAK-filterdimensionering baserad på ett framtida flöde motsvarande 305 l/p\*d har tagits fram. En mer precis bedömning förutsätter en närmare analys av flödesvariationer och en uppfattning om uppströms processer och det flöde som kommer att ledas genom den biologiska reningen och den tänkta filteranläggningen.

## **2.16 NV-06602-18 Vivab (Ullareds RV)**

I enighet med förordning (2018:495) från Miljö- och Energidepartement har VIVAB fått bidragsstöd från Naturvårdsverket för en utförande av förstudie för läkemedelsrening

---

i Ullareds avloppsreningsverk. Ullareds avloppsreningsverket (ARV) har en särskild sammansättning av inkommande avloppsvatten eftersom den mest betydande belastningen härrör från verksamheter som är knutna till handelsverksamheten vid Gekås och därmed ett större antal av besökarna enbart vistas under kortare tidsperioder inom avrinningsområdet. Dessutom tillhör recipienten (Högvadsån) till ett av regeringens godkända Natura 2000-områden enligt EU:s art och habitatdirektiv vilket utgör en betydelsefull motivering för Naturvårdsverkets beslut om bidrag.

Förstudien utfördes i samarbete med IVL Svenska Miljöinstitutet och kan indelas i 3 olika faser. Under den första fasen utfördes kartering av mikroföroreningar med fokus på Läkemedel, antibiotika, hormoner, bakterier och mikroplaster. Karteringen begränsades inte enbart till reningsverket utan utvidgades till reningsverkets primära (Högvadsån) och sekundära (Ätran) recipienter. Vidare utfördes riskanalyser och riskbedömningar baserat på den s.k. EC/PNEC -kvoten i primärrecipienten samt baserat på miljökvalitetsnormer och sekundärrecipienten. I den andra fasen utvärderades och jämfördes olika fristående tekniker och teknikkombinationer utifrån reningsverkets specifika förutsättningar. Under den tredje fasen utfördes pilotstudier med en trumfiltersanläggning som kompletterades med koagulering för att höja avskiljningsgraden, samt med en ozonanläggning som införskaffades från Ozontech.

Flera försök utfördes under pilotstudierna. Koaguleringsförsök utfördes runt trumfiltret för att kunna bestämma den optimala koaguleringsdosen. Tre olika ozoneringstester utfördes för att få fram den verkliga ozoninlösningen vid olika flöden. Ozoneringstesterna utfördes med dricksvattnen, nitritlösning samt med ORP. För att försäkra sig att inga cancerogena bromatprodukter produceras från ozonanläggningen, undersöktes halterna av bromider och bromater in och ut från pilotanläggningarna. Ozoneringens och trumfiltrets effekt på reducering av mikroföroreningar undersöktes med veckoprover i två olika omgångar. Vidare undersöktes ozoneringseffekten på reducering av mikroföroreningar genom en stickprovkampanj vid olika ozondoser. Pilotester med ozoneringen kunde visa att en effektiv rening (>90%) av många substanser kan uppnås vid väldigt låga ozondoser motsvarande 0,17 mg O<sub>3</sub>/mg DOC. Förutom Citalopram och Oxazepam har samtliga undersökta substanser enligt den genomförda riskbedömningen en riskkvot under 0,1 i recipienten vilket medför låg risk. Endast Citalopram ligger över en rikskvot motsvarande 1,0.

Förstudien har visat att halter av inkommande vatten till Ullared ARV är högre för många läkemedelssubstanser jämfört med andra svenska anläggningar. Framför allt Gekås köpcentrum står för en signifikant andel av belastningen. Men utifrån genomförda riskbedömningar baserat på den väldigt effektiva avskiljning av mikroplaster i dagens reningsprocess samt recipientens höga spädningseffekt kan det konkluderas att det inte finns behov för extra rening vid Ullared ARV. Däremot rekommenderar projektgruppen att utföra liknande karteringar och recipientundersökningar på VIVAB:s stora verk, Smedjeholmen och Getteröverket inom snar framtid.

## 2.17 Växjö kommun

Avloppsreningsverkens förmåga att ta hand om läkemedelsrester är begränsad. De är inte utformade för att ta hand om denna typ av föroreningar och därmed passerar stor del av läkemedelsresterna genom verken och släpps helt opåverkade ut i recipienten.

I denna rapport redovisar Växjö kommun resultaten av sin förstudie som Naturvårdsverket beviljade bidrag till i november 2018. Syftet med förstudien var att ge Växjö kommun en klarare bild av nuläget med avseende på läkemedelsrester för avloppsvattnet som renas vid kommunens största reningsverk, Sundet samt att utföra olika försök i pilotskala för att klargör vilken reduktionsgrad som kan uppnås och till vilken kostnad. Första delen av förstudien bestod av en nulägesanalys med provtagning

---

uppströms (sjukhus, äldreboende och hushåll), över verket och nedströms samt en riskanalys för primärrecipienten Norra Bergundasjön. Både vatten och slam har provtagits.

Provtagning utfördes vid tre tillfällen under 2019. Höga halter av flera läkemedelsrester återfanns i sjukhusets avloppsvatten, men andelen läkemedel från sjukhuset är i förhållande till totala mängden läkemedel till reningsverket relativt liten, förutom antibiotika och hormoner. I jämförelse med andra reningsverk är halten oxazepam i inkommande avloppsvatten upp till 10 gånger högre till Sundets reningsverk. Oxazepam är en lugnande och ångestdämpande substans som även återfanns i hög halt i avloppsvattnet från äldreboendet.

Sundets reningsverk har sedan starten 1994 och löpande genom åren investerat i olika reningstekniker såsom väl tilltagna biobassänger för aktiv slam där vissa är utbyggda med bärarzoner (IFAS/HYBAS), efterpolering i Dynasandfilter, Anammox rejektvattenbehandling, samrötning för slamstabilisering och biogasproduktion samt termisk hydrolys (THP/CAMBI). Totalreduktionen av de analyserade substanserna uppmättes i medel till 54 % över verket med befintlig process, men det är många substanser som inte reduceras alls. Studien visar att biologisk rening med bärare IFAS/HYBAS i snitt ger 10 % högre reduktion av läkemedelssubstanser än traditionell aktivslamprocess. Det är samma substanser som reduceras, men i högre grad. Fortfarande går många substanser opåverkade genom reningsverket. I slam uppmättes låga halter, i många fall under rapporteringsgräns. Riskerna med spridning av slam på åkermark med avseende på läkemedelssubstanser bedöms små utifrån studiens resultat och annan litteratur.

I riskanalysen för recipienten jämfördes halter i utgående avloppsvatten med substansernas NOEC-värden (No Effect Concentration). Hänsyn togs också till utspädning i recipienten och osäkerheten i NOEC-värdet. För Norra Bergundasjön, primärrecipient, fick åtta substanser (oxazepam, östron, diclofenac, propanolol, amlodipine, fluoxetine, carbamazepine och erythromycin) en riskkvot över 1,0 och innebär således en hög risk för oönskade effekter i recipienten. På grund av väldigt låg utspädning och höga halter främst av oxazepam i utgående avloppsvatten erhöles höga riskkvoter. För denna substans är också osäkerheten i NOEC-värdet stor.

Andra delen av förstudien bestod av pilotförsök. De utvalda behandlingsteknikerna var ozon och UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (väteperoxid). Pilotförsöken visar att båda teknikerna har god reduktionsförmåga med avseende på läkemedelsrester och de visar ett tydligt samband mellan dos och reduktionsgrad. Alla detekterade substanser svarade bra på behandling oavsett teknik. Inga ekotoxikologiska testresultat tyder på att det bildas några toxiska bi- eller transformationsprodukter från någon av de två teknikerna vid de testade doserna.

Kostnadsberäkningar visar att behandling med UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> är avsevärt mycket dyrare än ozonbehandling både för investerings- och driftskostnader, men främst är det energiförbrukningen som skiljer sig åt. Ozonbehandling förbrukar 0,033 kWh/m<sup>3</sup> och behandling med UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> förbrukar 0,36 kWh/m<sup>3</sup>. En installation av UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-behandling skulle öka Sundets energiförbrukning med cirka 50 % jämfört med cirka 5 % ökning med ozonbehandlingen.

## 2.18 Åre kommun

Åre kommun har genomfört ett projekt bestående av ett flertal delprojekt med syfte att undersöka behovet och förutsättningarna för läkemedelsrening på avloppsreningsanläggningarna Vik och Järpen. Syftet var också att erhålla tillräckligt med beslutsunderlag för eventuella investeringar i fullskaleanläggningar. Kommunen har fått bidrag av Naturvårdsverket för att genomföra projektet.

Projektet har delats upp i sex delar för respektive reningsverk; Utredning av nuläget och förutsättningar i form av en provtagningskampanj, sammanställning och utvärdering av provtagningsresultatet, skrivbordstudie över tillgängliga tekniker för avancerad

---

läkemedelsrening, förprojektering samt kalkyl för att kunna implementera läkemedelsrening på Järpen och Vikverkets avloppsreningsverk. Slutligen har ett utkast till beslutsunderlag för framtida investering för respektive verk tagits fram. Samtliga förstudier redovisas i korthet i föreliggande rapport och i respektive avsnitt hänvisas det till bilagor i vilka resultaten från studierna återfinns i sin helhet.

Genomförda insatser, uppnådda resultat i projektet, utvärdering av resultat samt upparbetade kostnader redovisas i rapporten. Sammanfattningsvis är bedömningen att de flesta av de undersökta ämnena kunde detekteras, i delvis höga halter, både i det inkommande och utgående vattnet. I recipienten har dock endast ett fåtal av de undersökta ämnena detekterades. Utspänningsförhållandena i recipienten är över året mycket höga, endast vid lågt flöde i recipienten bedöms två ämnen, paracetamol och ibuprofen, kunna uppnå så pass höga koncentrationer att en miljöpåverkan inte kan uteslutas.

Med hänsyn till den låga recipientpåverkan är bedömningen att ingen avancerad rening behöver implementeras. Istället rekommenderas det att fokusera på implementering av biologisk rening på Järpens ARV. Vid Vikverket rekommenderas det att det befintliga biologiska reningssteget optimeras.

Om förutsättningarna ändras och behov av avancerad rening uppstår, exempelvis på grund av framtida lagkrav eller ackumulation av svårt nedbrytbara föroreningar i recipienten, så identifierades behandling med ett biologiskt aktivt filter med granulerat aktivkol vid Järpens RV respektive ozon vid Vikverket) som de föredragna teknikerna. Anläggningarna har förprojekterats och kostnader för implementering av de nya reningsstegen uppskattas till 32 Mkr för Järpens ARV respektive 55 Mkr för Vikverket.

## 2.19 NV-06667-18 Örebro (Skebäcksverket)

Örebro kommun har erhållit finansiering från Naturvårdsverket för att genomföra en förstudie som skall generera underlag för beslut om behov, omfattning och kostnad för läkemedelsrening vid Skebäcksverket. Veolia Water Technologies har på uppdrag av Örebro kommun genomfört denna förstudie.

Skebäcksverket ligger i Örebro kommun och recipient för utgående avloppsvatten är Svartån som vidare mynnar ut i Hjälmarens. Provtagningar i både inkommande och utgående avloppsvatten vid Skebäcksverket visar på förekomst av läkemedelsrester. Halterna överensstämmer med vad som rapporterats från flera andra kommunala avloppsreningsverk. En provtagning som genomfördes 2019 visar dessutom att halten av flertalet substanser ökar i recipienten efter reningsverkets utsläppspunkt jämfört med före. Rapporter finns på förhöjda halter av PFOS i fisk och VISS föreslår åtgärder vid reningsverket för att minska utsläppen av PFOS.

Man har kommit fram till att den mest lämpliga placeringen av en framtida läkemedelsrening är efter slutsedimenteringarna eftersom vattnet där är så rent som möjligt vilket bland annat har den fördelen att det leder till lägst driftskostnader. Historiska data på utgående vatten har analyserats för att få fram en dimensionerande avloppssituation som kan användas för att dimensionera framtida läkemedelsrening.

Efter förstudie har två metoder bedömts varit mest intressanta att arbeta vidare med i detalj och ta fram drifts- och investeringskostnader för. Dessa lösningar är:

- Ozonbehandling följt av adsorption i granulerade aktivt kolfilter
- Actiflo® Carb med integrerad tillsats av ozon

Riskbedömning för att ta fram prioriterade läkemedelssubstanser har inte genomförts i denna studie. Provtagning som genomförts 2019 i utgående spillvatten från reningsverket visar på förekomst av ciprofloxacin, claritromycin, diklofenak, karbamazepin, metoprolol, oxazepam och trimetoprim. Nedströms utsläppspunkt i Svartån kunde

---

man konstatera förekomst av ciprofloxacin, claritromycin, karbamazepin, metoprolol, oxazepam och trimetoprim.

I HVFMS 2013:19 finns bedömningsgrunder för särskilda förorenande ämnen i inlandsytvatten. För ytvatten finns gränser för årsmedelvärden och/eller maximal tillåten koncentration (avses enheten  $\mu\text{g/l}$ ). Värdet maximal tillåten koncentration för ciprofloxacin i Svartån (recipient för Skebäckverket) är  $0,1 \mu\text{g/l}$  och årsmedelvärde för diklofenak  $0,1 \mu\text{g/l}$ .

I utgående spillvatten från Skebäckverket var halten ciprofloxacin  $0,0013 \mu\text{g/l}$  och diklofenak  $0,66 \mu\text{g/l}$  vid provtagning 2019. I proverna 2019 nedströms reningsverkets utlopp var halten ciprofloxacin  $0,0017 \mu\text{g/l}$  medan inget diklofenak kunde detekteras.

### 3 Bilaga 1 – Sammanfattande tabell av slutrapporterna

VA-verksamhet samt storlek på RV	Undersökta tekniker	Kontaktuppgifter	Prioriterade läkemedelssubstanser efter riskvärdering	Läkemedels- substanser som ligger nära eller överskrider SFÅ enligt HVFMS 2029:25	Investerings- kostnad och driftkostnad
NV-06652-18 Borlänge Energi AB. 60 000 pe	Skiv- eller sandfilter + MAK (magnetisk aktiverat kol)	Jesper Johansson <a href="mailto:jesper.johansson@borlange-energi.se">jesper.johansson@borlange-energi.se</a>	-	-	Investering: 49 MSEK Drift: 0,7 – 0,9 SEK/m3 Inkluderar även avskrivning från investeringskostnad
NRV-06669-18 Borås Energi och Miljö. 150 000 pe	Opacarb FL	Mariana Björklund <a href="mailto:mariana.bjorklund@borasem.se">mariana.bjorklund@borasem.se</a>	Ej genomförd prioritering i detta projekt	Ej genomförd prioritering i detta projekt	Investering: 176 MSEK Drift: 0,47 – 0,92 SEK/m3
Falu Energi och Vatten	Mikrofiltrering + GAK	Melviana Hedén <a href="mailto:melviana.heden@fev.se">melviana.heden@fev.se</a>	Citalopram, Oxazepam, Ranitidine	Ingen av de fyra prioriterade läkemedelssubstanserna överskrider gränsvärdena	Investering: Annuitetskostnad 3 MSEK/år Drift: 1,25 SEK/m3 Inkluderar även avskrivning från investeringskostnad
GRYAAB	Ozonering, PAK och GAK	Gustaf Ernst <a href="mailto:gustaf.ernst@gryaab.se">gustaf.ernst@gryaab.se</a>	Citalopram, Diklofenak, Oxazepam • Ranitidin, Östradiol och Östron	Diklofenak och Östradiol	Investering: Ozonering: 520 MSEK PAK: 160 MSEK GAK: 730 MSEK Drift: Ozonering: 0,28 SEK/m3 PAK: 0,80 SEK/m3 GAK: 0,59 SEK/m3 Inkluderar även avskrivning från investeringskostnad
NV-03495-19 Karlstad kommun	Ozonering eller GAK	Christer Pettersson <a href="mailto:christer.pettersson@karlstad.se">christer.pettersson@karlstad.se</a>	Oxazepam och ciprofloxacin	Ciprofloxacin	-
Kristianstad – Degeberga RV	Sandfilter + GAK	Inger Hansson <a href="mailto:Inger.Hansson@kristianstad.se">Inger.Hansson@kristianstad.se</a>	-	Diklofenak	Investering: 10,7 MSEK
NV-03724-19 Kungsbacka Kullaviks RV	eXeno™, PAK (Actiflo® carb)	Jonatan Flodin <a href="mailto:jonatan.flodin@kungsbacka.se">jonatan.flodin@kungsbacka.se</a>	-	-	Investering .16 MSEK (Actiflo® carb) Drift: 0,72 kr/m3



VA-verksamhet samt storlek på RV	Undersökta tekniker	Kontaktuppgifter	Prioriterade läkemedelssubstanser efter riskvärdering	Läkemedels-substanser som ligger nära eller överskrider SFÅ enligt HVMFS 2029:25	Investeringskostnad och driftkostnad
Mittsverige Vatten och Avfall AB	Ozon och GAK	Malin Tuvevsson <a href="mailto:malin.tuvevsson@msva.se">malin.tuvevsson@msva.se</a>	etinylöstradiol, östron, oxazepam och diklofenak	etinylöstradiol, östron och diklofenak	Investering: 70 MSEK (Ozonering vid Fillan och Essvik RV och GAK på Tivoliverket Drift: 0,8 SEK/m <sup>3</sup> (vid installation av läkemedelsrening vid de tre reningsverken), 0,4 SEK/m <sup>3</sup> vid installation av läkemedelsrening för ett centraliserat reningsverk) Inkluderar även avskrivning från investeringskostnad
NSVA (Öresundsverket)	Ozon + MBBR	Hamse Kjerstadius <a href="mailto:hamse.kjerstadius@nsva.se">hamse.kjerstadius@nsva.se</a>	Ingen riskvärdering genomförd inom projektet		Investering: 110 MSEK Drift: 0,22 kr/m <sup>3</sup>
NSVA (Lundåkraverket)	Ozon + MBBR	Hamse Kjerstadius <a href="mailto:hamse.kjerstadius@nsva.se">hamse.kjerstadius@nsva.se</a>	Ingen riskvärdering genomförd inom projektet		Investering: 45 MSEK Drift: 0,22 kr/m <sup>3</sup>
Syvas (Himmerfjärdsverket)	MBR-teknik + GAK	Viktor Kårelid <a href="mailto:viktor.karelid@syvas.se">viktor.karelid@syvas.se</a>	Citalopram, Oxazepam, Ranitidine och Diklofenak	Diklofenak	Investering : 433 MSEK Drift: 1-1,5 SEK/m <sup>3</sup> Inkluderar även avskrivning från investeringskostnad
Tierps energi och Miljö AB	Sandfilter + Ozon + GAK	Jørgen Johnsen <a href="mailto:Jorgen.Johnsen@temab.tierp.se">Jorgen.Johnsen@temab.tierp.se</a>	-	-	Investering: 13,5 MSEK
Uppsala Vatten och Avfall AB	Skivfilter + GAK ozon + fällning + sandfilter + anjonbytare	Anna-Maria Sundin <a href="mailto:anna-maria.sundin@uppsalavatten.se">anna-maria.sundin@uppsalavatten.se</a>	Citalopram, diklofenak, flukonazol, ibuprofen, metoprolol, propranolol, PFOS (Perfluoroktansulfonsyra) och 4-nonylfenol	-	Investering: 240 MSEK (Skivfilter +GAK), 205 MSEK (ozon + fällning + sandfilter + anjonbytare) Drift: 10-27 MSEK/år (Skivfilter +GAK) 13-19 MSEK/år (ozon + fällning + sandfilter + anjonbytare)
VA-syd Sjölanda	GAK	Disa Sandström <a href="mailto:disa.sandstrom@vasyd.se">disa.sandstrom@vasyd.se</a>	Citalopram, diklofenak, oxazepam och sertralin	Diklofenak	-

VA-verksamhet samt storlek på RV	Undersökta tekniker	Kontaktuppgifter	Prioriterade läkemedelssubstanser efter riskvärdering	Läkemedels- substanser som ligger nära eller överskrider SFÅ enligt HVFMS 2029:25	Investerings- kostnad och driftkostnad
VIVAB (Vatten & Miljö i Väst AB)	Ozon + mikrofiltrering	Moshe Habagil <a href="mailto:Moshe.Habagil@vivab.info">Moshe.Habagil@vivab.info</a> Alexander Keuken <a href="mailto:Alexander.Keucken@vivab.info">Alexander.Keucken@vivab.info</a>	Citalopram och Oxazepam		
Växjö kommun	Ozon + UV/ H2O2	Anneli Andersson Chan <a href="mailto:Anneli.AnderssonChan@vaxjo.se">Anneli.AnderssonChan@vaxjo.se</a>	Oxazepam, östron, diklofenak, propa- nolol, amlodipine, fluoxetine, car- bamazepine och erythromycin	Diklofenak	Total investering och driftskostnad: 1.05 – 2,62 SEK/ m3 (20 g H2O2/m3) 0,82 – 1,98 SEK/ m3 (40 g H2O2/m3)
Åre kommun	BAF (Järpens RV), Ozon (Vikverket)	Johan Palmqvist <a href="mailto:johan.palmqvist@are.se">johan.palmqvist@are.se</a>	-	-	Total investering: Järpens RV – 32 MSEK, Vikverket – 55 MSEK
Örebro kommun (Skebäcksverket)	Ozon +GAK Actiflo® Carb med integrerad tillsats av ozon	Helena Hasselqvist <a href="mailto:Helena.hasselqvist@orebro.se">Helena.hasselqvist@orebro.se</a>	Ej genomförd prioritering i detta projekt men följande finns i utgående vatten: Ciprofloxacina, Claritromycin, Diklofenak, Karbamazepin, Metoprolol, Oxazepam och Trimetoprim	Diklofenak i utgående spill- vatten från Skebäcksverket	

---

# Bilaga 2

## Konsultrapport

### – kostnadsbedömning

---

# Förord

Föreliggande rapport utgör en sammanfattning av ett uppdrag utfört för Svenskt Vattens beställargrupp under 2021. Uppdraget omfattar en sammanställning av kostnader för införande av avancerad rening (rening från läkemedelsrester och andra organiska mikroförureningar) vid kommunala avloppsreningsverk. I rapporten redovisas kostnader från internationella och nationella projekt.

Flera har på olika sätt bidragit till arbetet och ett tack riktas därför till Marie Launay (Kompetenzzentrum Spurenstoffe Baden-Württemberg), Aline Meier (Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute – Micropoll Plattform), Michael Stapf (KompetenzZentrum Wasser Berlin), Kaspar Groot Kormelinck (Van Remmen UV Techniek), Cora Uijterlinde (STOWA), Jean-Marc Choubert (INRAE – l'institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement), Anna Mikola (Aalto universitet), Anna Kuokkanen (Helsinki Region Environmental Services Authority), Jes la Cour Jansen, Norbert Kreuzinger (TU Wien), Robert Sehlén (Tekniska Verken i Linköping), Mattias Andersson (Ronneby Miljö & Teknik AB), Stefan Blomqvist (Österlen VA), Ann Mattsson (GRYAAB), Inger Hansson (Kristianstads kommun) och Maximilian Lüdtke (Naturvårdsverket). Tack riktas också till Jesper Olsson, Klara Westling och Anders Finnson, alla Svenskt Vatten.

Berndt Björleinius och Michael Cimbritz,  
Stockholm & Lund, november 2021

---

# Innehåll

Förord .....	75
Sammanfattning .....	77
<b>1 Inledning .....</b>	<b>78</b>
<b>2 Kostnader för avancerad rening – en återblick på Sverige .....</b>	<b>79</b>
2.1 De första ansatserna .....	79
2.2 Nytt regeringsuppdrag .....	80
2.3 Fortsatt teknikutveckling och fler kostnadskalkyler .....	80
<b>3 Avancerad rening – anläggningar i Sverige .....</b>	<b>81</b>
<b>4 Ekonomisk analys - metoder .....</b>	<b>82</b>
4.1 Annuitetsmetoden .....	82
4.2 Ekonomiska parametrar .....	82
4.3 Underhåll kontra reinvestering .....	82
4.4 Driftkostnader .....	83
<b>5 Fullskaleanläggningar i Sverige .....</b>	<b>84</b>
5.1 Nykvarns reningsverk, Linköping .....	84
5.2 Stengårdens reningsverk, Simrishamns kommun .....	85
5.3 Kiviks reningsverk, Simrishamns kommun .....	85
5.4 Degeberga reningsverk, Kristianstad .....	86
5.5 Tierps reningsverk, Tierp .....	86
5.6 Knivsta reningsverk, Knivsta .....	87
5.7 Bräkne-Hoby reningsverk Ronneby .....	87
<b>6 Kostnader i ett internationellt perspektiv .....</b>	<b>89</b>
6.1 Specifika kostnader som funktion av anläggningsstorlek .....	89
6.2 Kostnader som funktion av behandlad volym eller ansluten person? .....	90
6.3 Tyskland .....	92
6.4 Schweiz .....	94
6.5 Nederländerna .....	97
6.6 Andra länder .....	99
<b>7 Nationella kostnader – fullskaleanläggningar och förstudier .....</b>	<b>102</b>
7.1 Enkät till VA-organisationer med fullskaleanläggningar .....	102
7.2 Kostnadsberäkningar i statligt delfinansierade förstudier .....	105
7.3 Upphandling och kostnadsläge på en ny marknad .....	106
7.4 Resultat – driftkostnader .....	106
7.5 Resultat – totala kostnader .....	108
<b>8 Modeller för uppskattning av investeringskostnader .....</b>	<b>111</b>
8.1 Resultat – investeringskostnader .....	111
<b>9 Investeringskostnader för utvalda grupper av svenska reningsverk .....</b>	<b>114</b>
9.1 Grupp 1 - De 21 största reningsverken i Sverige .....	114
9.2 Grupp 2 - De 315 största reningsverken i Sverige .....	116
9.3 Grupp 3 – Alla 447 reningsverk registrerade i den svenska miljöpartalen .....	116
9.4 Jämförelser mellan kostnadsmodellerna 1-4 .....	117
9.5 Sju reningsverk i region Skåne .....	118
<b>10 Slutord .....</b>	<b>119</b>
Referenser .....	121

---

# Sammanfattning

Föreliggande rapport har skrivits på uppdrag av Svenskt Vattens beställargrupp under 2021. Syftet med studien är att sammanfatta kunskapsläget gällande kostnader för rening från läkemedelsrester och andra organiska mikroföroreningar, både i Sverige och utomlands. Från utlandet har data hämtats från i första hand Tyskland, Schweiz och Nederländerna, men även från våra grannländer. Från Sverige har data sammanställs både från de första fullskaleanläggningarna men också från de förstudier som gjorts de senaste åren med stöd från Naturvårdsverket.

Att jämföra kostnader för avancerad rening av avloppsvatten är svårt eftersom behoven och förutsättningarna ser väldigt olika ut på olika platser, både i form av reningskrav och lokala förutsättningar, exempelvis i form av befintlig infrastruktur. Vid jämförelser av kostnader måste det framgå vilken anläggningsstorlek som avses och huruvida kostnader för efterbehandling ingår. Kostnader för efterbehandling i form av ett sandfilter kan vara lika stora som kostnaderna för den avancerade reningen i sig. I flera internationella studier understryks att kostnadsvariationerna kan vara stora mellan två anläggningar av samma storlek. Det krävs därför ett projektbaserat tillvägagångssätt för att uppskatta kostnader med tillräcklig precision. Lokala förutsättningar, exempelvis i form av pumpningsbehov och markförutsättningar kan ge upphov till betydande kostnadsvariationer.

Uppföljningar av fullskaliga tyska och schweiziska anläggningar med avancerad rening kommer under 2022 och 2023, men de erfarenheter som finns så här långt stämmer relativt väl med de uppskattningar som gjorts. Kostnadsbedömningar från Tyskland, Schweiz och Nederländerna pekar på kostnader <0,1 €/m<sup>3</sup> behandlat vatten, utan efterbehandling, för anläggningar >100 000 pe. Kostnader för ozon och PAK är ofta av samma storleksordning men ozon är i regel billigast. Kostnader för GAK-filtrering är oftast något högre.

De första svenska fullskaleanläggningarna och de förstudier som gjorts har följts upp och sammanställts. Datainsamlingen från avslutade investeringsprojekt har varit svår då detaljerade data i dagsläget saknas. Detaljeringsgraden är betydligt högre i de olika förstudierrapporterna. För de svenska anläggningar som tagits i drift ger preliminära bedömningar driftkostnader i intervallet 0,45-1,35 SEK/m<sup>3</sup>. Det bör noteras att de flesta anläggningarna är små. Det råder god överensstämmelse mellan de rapporterade specifika totalkostnaderna från centraleuropeiska respektive svenska anläggningar.

Utifrån data från fullskaleinstallationer och förstudier i Sverige och Europa har enkla kostnadsmodeller skapats för att skatta investeringskostnader på nationell basis. De olika fullskaleanläggningarna som byggts bör följas upp på ett systematisk vis framöver för att kunna jämföra och värdera såväl dimensionering och drifterfarenheter som faktiska investerings- och driftkostnader. Flera av de byggda anläggningarna bygger på GAK-filtrering och i dessa fall kan det krävas relativt lång drift för att bestämma de faktiska driftkostnaderna som till stor del utgörs av kostnaden för regenerering. Kommande redovisningar från internationella projekt bör också jämföras med svenska erfarenheter.

---

# 1 Inledning

Våra avloppsreningsverk är inte konstruerade för rening från organiska mikroföroreningar. Effektiv rening för avskiljning av läkemedelsrester och andra svårnedbrytbara ämnen kräver kompletterande reningsteknik, en *avancerad rening* eller ett *ffjärde reningssteg*. De reningsmetoder som oftast testas och föreslås bygger antingen på nedbrytning genom ozonering eller separation genom adsorption till aktivt kol. Metoderna har utvärderats flitigt, både i Sverige och utomlands. De flesta fullskaleanläggningarna finns idag i Schweiz och Tyskland men det finns anläggningar i ytterligare några länder, däribland Sverige. De anläggningar som tagits i drift i Sverige bygger på just ozonering med biologisk efterbehandling eller på filtrering genom granulerat aktivt kol (GAK). Anläggningarna förväntas bidra till en bättre vattenmiljö och i några fall även till ökade möjligheter för återanvändning av det renade vattnet.

De flesta av dessa anläggningar har tillkommit efter att stöd beviljats från Naturvårdsverket som har i uppdrag att fram till 2023 fördela bidrag till åtgärder som förbättrar vattenmiljön. Investeringsstöd för införande av avancerad rening är en del av detta uppdrag. Bidragen ska leda till nya installationer men också till ökad kunskapsuppbyggnad kopplad till frågeställningar som rör behovsbedömning, planering, projektering, upphandling, installation och drift av läkemedelsrening.

2018 skapades Beställargruppen av Svenskt Vatten genom medel från Naturvårdsverket. Beställargruppen ska underlätta införandet av avancerad rening på de svenska avloppsreningsverken och bidra till en kostnadseffektiv introduktion av tekniker för avancerad rening. En viktig del av kunskapsuppbyggnaden handlar om just kostnader, eftersom rimliga och riktiga kostnadsbedömningar är viktiga verktyg i arbetet med att införa nya reningstekniker.

Det är därför angeläget att sammanfatta de kostnadsuppgifter som finns tillgängliga från internationella och nationella projekt, både i form av förstudier och fullskaliga projekt. Data kan användas för att jämföra prisbilder, göra prognoser och sätta kostnader för enskilda projekt i perspektiv. Att jämföra är emellertid inte enkelt, särskilt som variablerna i en fullständig kostnads kalkyl är många och olika leverantörer och konsulter i olika länder helt enkelt gör olika. Det betyder dock inte att det inte går att göra vissa jämförelser och dra vissa slutsatser.

Syftet med denna studie är att sammanfatta kunskapsläget gällande kostnader för avancerad rening, både i Sverige och utomlands. Från utlandet hämtas data från i första hand Tyskland, Schweiz och Nederländerna, men även från våra grannländer. Utifrån arbetet som gjorts i Sverige sammanställs data både från de första fullskaleanläggningarna och från de förstudier som gjorts de senaste åren. Utifrån data skapas även en enkel modell för kostnadsuppskattningar.

## 2 Kostnader för avancerad rening – en återblick på Sverige

Parallellt med de forsknings- och utvecklingsprojekt som pågått under 2000-talet, exempelvis *MistraPharma*, har olika kostnadsuppskattningar med varierad detaljeringsgrad tagits fram.

### 2.1 De första ansatserna

Redan 2005 fick Naturvårdsverket i uppdrag av regeringen att utreda och bedöma avloppsreningsverkens förmåga att avskilja läkemedelsrester och andra skadliga ämnen. Resultatet redovisades i rapporten *Avloppsreningsverkens förmåga att ta hand om läkemedelsrester och andra farliga ämnen* (Naturvårdsverket, 2008). I utredningen konstaterades att det vid tidpunkten för arbetet fanns mycket lite underlag för kostnadsberäkningar. En första ansats och grov uppskattning av investerings-, kapital- och driftkostnader indikerade kostnader i intervallet 0,75-15 SEK/m<sup>3</sup>, beroende på reningsverkets storlek och valet av teknik. Undantogs omvänd osmos (RO) kunde intervallet begränsas till 0,75-5 SEK/m<sup>3</sup>. (Det kan tilläggas att kostnader för RO eller motsvarande är lägre idag.) Kostnaden uppskattades till 200-1 200 SEK per person och år. Vid den tidpunkten uppgick kostnaderna för rening av avloppsvatten till 2-8 SEK/m<sup>3</sup>, där den högre siffran gäller för små reningsverk (<10 000 pe). Det konstateras vidare att reningseffektiviteten varierar med de olika reningsteknikerna, men den uppgick i princip till 90% för de undersökta ämnena. Det konstateras också att energianvändningen vid avloppsreningsverken kan komma att fördubblas om avancerad rening införs. Under de 10-15 år som gått har emellertid historien visat att så inte behöver vara fallet, vilket naturligtvis också påverkar kostnadsbildningen.

Parallellt med regeringsuppdraget pågick under åren 2005-2009 projektet "Läkemedel – förekomst i vattenmiljön, förebyggande åtgärder och möjliga reningmetoder". I projektet beräknades totalkostnader för olika reningmetoder (Wahlberg m.fl, 2010). Totalkostnaden för ozonering i ett stort (>100 000 pe) avloppsreningsverk skattades till 0,6 SEK/m<sup>3</sup>. Elanvändningen bedömdes vara ca 0,15 kWh/m<sup>3</sup>. För aktivt kol beskrevs kostnaderna som beroende av kolförbrukningen. Det kan verka självklart men slutsatsen är viktig. De antaganden som används för koldosering (PAK) eller antal bäddvolymeter före utbyte av kol (GAK) kommer att få stor betydelse i olika kostnadsbedömningar, vilket vi också kommer att se längre fram. Totalkostnaden för GAK-filtrering för ett stort reningsverk (>100 000 pe) uppskattades till 2,9 SEK/m<sup>3</sup>. I rapporten redovisas även uppskattade totalkostnader för uppgradering av svenska avloppsreningsverk. Om alla avloppsreningsverk skulle uppgraderas beräknades dåvarande kostnader för VA öka med i storleksordningen 10-40%.

I rapporten uppmärksammas kostnadsrelationer mellan olika anläggningsstorlekar (Balmer, 1993) och det faktum att litet avloppsreningsverk kostar mer att både bygga och driva. Tabell 1 visar hur kostnader ökar med minskande anläggningsstorlek.

Anläggningsstorlek (personer)	Faktor
2 000 – 10 000	4,0
10 000 – 20 000	3,1
20 000 – 50 000	2,8
50 000 – 100 000	2,1
>100 000	1,0

**Tabell 1**

Kostnadsfaktorer som funktion av anläggningstorlek.



---

Kostnader för uppförande och drift är således fyra gånger högre för ett verk <10 000 personer än för ett verk >100 000 personer.

## 2.2 Nytt regeringsuppdrag

2017 redovisade Naturvårdsverket ett nytt regeringsuppdrag där förutsättningarna för avancerad rening står i centrum (Naturvårdsverket, 2017). Behovet av avancerad rening analyserades liksom olika tekniska lösningar med sina för- och nackdelar. I rapporten konstateras att det finns ett behov av avancerad rening från läkemedelsrester i avloppsvatten. Den samhällsekonomiska kostnaden beror delvis på avloppsreningsverkens storlek och kapacitet varför olika storleksgränser anges som en tänkbar indelningsgrund för kravställen jämte olika recipienters känslighet, mängden utsläppta läkemedelsrester och långsiktiga effekter. Skalfördelar med lägre kostnader och mer resurser för uppföljning, optimering samt drift- och underhåll för stora anläggningar lyfts i rapporten. För stora anläggningar (>100 000 pe) anges kostnaderna för flera olika reningstekniker, däribland ozonering och GAK, till <1 SEK/m<sup>3</sup> och upp till 5 SEK/m<sup>3</sup> för mindre anläggningar (<20 000 pe). För dessa anläggningar bedöms osäkerheterna i kostnadsbedömningarna som större. I rapporten beskrivs platsspecifika förutsättningar och dimensioneringsflöde som särskilt viktiga för slutkostnaderna. Möjligheterna att utnyttja befintlig infrastruktur kommer att få stor betydelse för investeringskostnaderna. Det kan vidare noteras att kostnadsbedömningarna gjordes utifrån uppgifter från både svenska och utländska leverantörer. Kostnadsbedömningarna redovisas i sin helhet i IVLs *Handbok för rening av mikoföroreningar vid avloppsreningsverk* (Baresel m.fl., 2017).

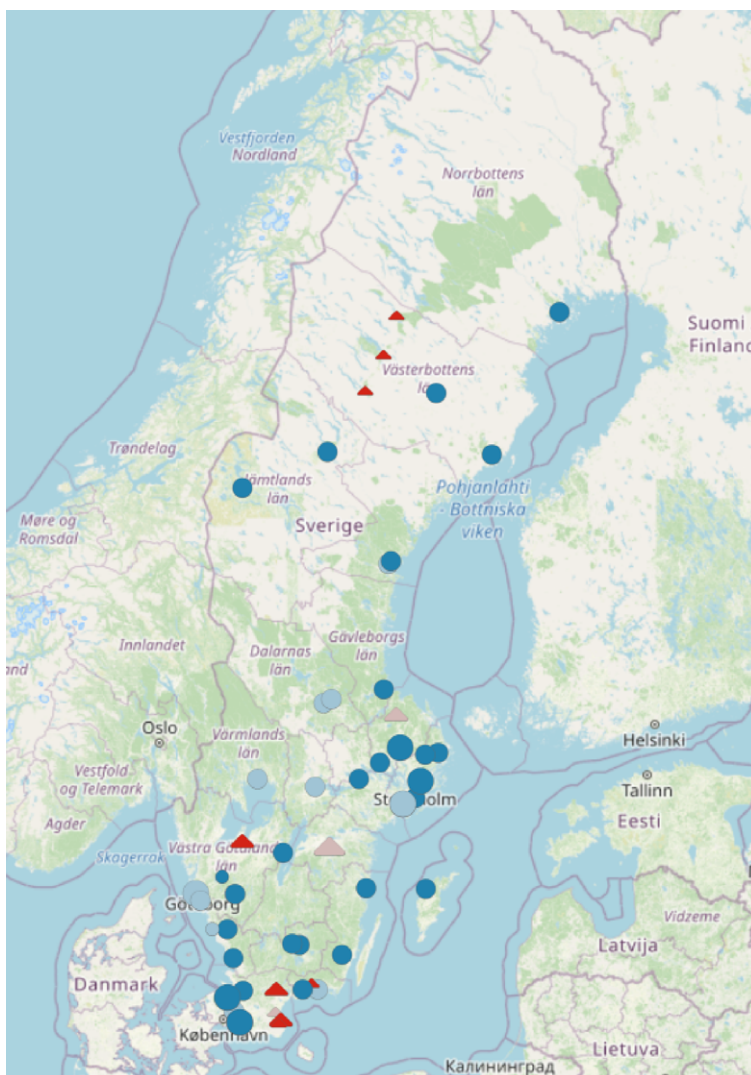
## 2.3 Fortsatt teknikutveckling och fler kostnadskalkyler

Parallellt med Naturvårdsverkets regeringsuppdrag fick Havs- och Vattenmyndigheten i uppdrag att främja avancerad rening och stödja projekt för utveckling av reningstekniker för kommunala avloppsreningsverk i syfte att minska utsläppen av både läkemedel och andra organiska föroreningar. Inom ramen för slutrapporteringen av dessa projekt sammanställdes kostnader för ozonering samt GAK-filtrering för anläggningar >100 000 pe (Havs- och vattenmyndigheten, 2017). Kostnadsuppskattningar kom från IVLs utredning inom ramen för projektet SystemLäk, projektet RESVAV som leddes från Lunds Universitet, samt från projektet FRAM som leddes av Högskolan Kristianstad och de båda fullskaliga reningsanläggningarna i Linköping och Knivsta. För ozonering varierade kostnaden mellan 0,2-0,4 SEK/m<sup>3</sup>. För ozoneringen i Knivsta uppskattades kostnaden till 0,7 SEK/m<sup>3</sup> för en anläggning motsvarande 100 000 pe. Uppskattningen gjordes utifrån faktiska kostnader för den anläggning som uppfördes för 12 000 pe. Det bör noteras denna anläggning var dimensionerad för ett relativt högt flöde och att kontaktfiltrering ingick i kostnadsbedömningen. Kostnadsbedömningarna gjordes utifrån olika, av varandra oberoende, förutsättningar. För GAK-filtrering bedömdes kostnaderna vara högre men i storleksordningen 1 SEK/m<sup>3</sup> (eller lägre). Förutsättningarna beskrivs i rapporten och mer detaljerat i de olika underlagsrapporter som tagits fram i de olika projekten. Reningsgraden bedömdes vara 80-90% eller högre.

### 3 Avancerad rening – anläggningar i Sverige

I skrivande stund har sex VA-organisationer i Sverige byggt och tagit i drift avancerade reningssteg för avskiljning av läkemedelsrester och andra organiska mikroföroreningar. Anläggningarna ligger i Linköping, Simrishamn, Kivik, Bräkne-Hoby, Degeberga, Tierp och Knivsta. Anläggningen i Knivsta har dock tagits ur drift eftersom den huvudsakligen var en forsknings- och demonstrationsanläggning. Dess livslängden var därför begränsad. I det följande kommer bearbetade data från dessa fullskaleverk redovisas, huvudsakligen i form av olika kostnader.

Ett antal förstudier av hur en avancerad rening på bästa sätt kan utformas efter platsens förutsättningar runt om i Sverige har avrapporterats inom det av Naturvårdsverket administrerade programmet för avancerad rening. 22 förstudier har valts ut baserat på att tillräckliga ekonomiska underlag finns avrapporterade. Ozonering och filtrering genom aktiverat kol är de två huvudkandidaterna till processval för avancerad rening vilket tydligt framgår av utförda förstudier. Förstudierna utförs eller har utförts över hela Sverige men företrädesvis i Götaland och Svealand, figur 1 ([www.svensktvatten.se](http://www.svensktvatten.se), 2021)



**Figur 1**  
Platser med fullskaleinstallationer eller utförda förstudier ([www.svensktvatten.se](http://www.svensktvatten.se), 2021).

## 4 Ekonomisk analys - metoder

Vid design och utvärdering av anläggningar för avancerad rening bör beräkningar av totalkostnad utföras. I totalkostnaden skall drift-, underhålls- och kapitalkostnad samt amortering eller avskrivningar ingå.

### 4.1 Annuitetsmetoden

Ett sätt att beräkna den årliga kapitalkostnaden och amorteringen är att använda annuitetsmetoden, även kallad årskostnadsmetoden, som är en metod för investeringskalkyl. Metoden anger hur lönsam en investering är eller vad som skall betalas varje år utslaget på investeringens ekonomiska livslängd. Det erhållna värdet, annuiteten, anges i SEK per år och uppgår till ett lika stort belopp per år under den eller de antagna livslängderna för olika anläggningsdelar av investeringen (Upphandlingsmyndigheten, 2021).

Annuiteten beräknas utifrån parametrarna räntesats, avskrivningstid och investeringens belopp (nuvärde).

Annuitetsmetoden har använts i bearbetningen nedan för att komplettera eller likställa rapporterade totalkostnader.

### 4.2 Ekonomiska parametrar

I utvärderingen av kostnader har några olika ekonomiska parametrar antagits för att möjliggöra jämförelser mellan olika anläggningar och projekt. Huvudkomponenterna i en anläggning har ofta olika avskrivningstider och därmed reinvesteringstider. Vidare utgör olika kostnadsposter olika andelar av totalkostnaden. I föreliggande utvärdering har fasta värden för de ekonomiska parametrarna antagits, tabell 2.

Parameter	
Avskrivningstid, Bygg	40 år
Avskrivningstid, El och styr	15 år
Maskin & processdelar	15 år
Räntesats	4 %
Årlig underhållskostnad	8,5 % av driftkostnaden
FoU-kostnader	2 % av investeringen
Projekteringskostnader	15 % av investeringen
Oförutsett	15 % av investeringen

**Tabell 2**

Ekonomiska parametrar och för dem antagna värden.

### 4.3 Underhåll kontra reinvestering

I de nu framtagna modellerna har underhållskostnaden satts till 8,5% av driftkostnaden, vilket var ett medelvärde för underhållskostnader i en undersökning av resursbehovet vid reningsverk (Balmér & Hellström, 2011). En första ansats i modellerna med en underhållskostnad motsvarande 1-2% av investeringskostnaden kunde inte verifieras i avsaknad av data, men beräkningar visade på orimligt höga underhållskostnader för vissa verk, eftersom dimensioneringen varit mycket frikostig med stora ytor och byggvolymmer.

Det gäller att särskilja underhållskostnader och reinvesteringar. Exempelvis har livslängden för process-, el- och styrinstallationer satts till 15 år. Kostnaden för

---

dessa reinvesteringar ingår i annuitetsberäkningarna och därmed i investerings- och totalkostnader.

#### **4.4 Driftkostnader**

Driftkostnaden består huvudsakligen av kostnader för olika resurser i form av syre, aktiverat kol, kemikalier, el, värme, kyla, vatten, analystjänster och personal. Summakostnaden för dessa har ofta redovisats i de tillgängliga rapporterna och i vissa fall har de fått kompletteras för att ge en rättvis bild.

---

# 5 Fullskaleanläggningar i Sverige

Nedan beskrivs i korthet de avloppsreningsverk där fullskaleanläggningar för avancerad rening tagits i drift. Till beskrivningen hör också kostnadsuppskattningar för den avancerade reningen vid respektive anläggning. Dataunderlag från anläggningarna har vid behov kompletterats eller korrigerats med värdena för ovan beskrivna ekonomiska parametrar.

## 5.1 Nykvarns reningsverk, Linköping

### Beskrivning av reningsverket

Reningsverket Nykvarnsverket ligger i Linköping intill Stångån som är recipient för det reade avloppsvattnet. Nykvarnsverket behandlar ca 40 000 m<sup>3</sup>/d med ett medelflöde på 1 700 m<sup>3</sup>/h och har en belastning motsvarande 211 000 pe.

Reningsprocessen för avloppsvatten består av mekanisk behandling (silar, sandfång, förflutning och försedimentering), biologisk behandling (aktivslamprocess), ozonering, kväverening (för nitrifikation och denitrifikation i en process med rörliga biofilmsbärare, Moving Bed Biofilm Reactors, MBBR) samt kemisk fällning.

### Den avancerade reningen

Ozoneringssteget kan behandla upp till 3 000 m<sup>3</sup>/h biologiskt reat avloppsvatten med en maximal ozonproduktion på 20 kg O<sub>3</sub>/h (CFV30, Ozonia). Ozonkontakttanken har en volym av 524 m<sup>3</sup>, med en hydraulisk uppehållstid (UHT) mellan 10-60 min beroende på flöde (årsmedelflöde på 1700 m<sup>3</sup>/h motsvarar en UHT på 18 min). Ozon genereras i förångat syre och blandas in i en sidoström som har ett konstant flöde på cirka 140 m<sup>3</sup>/h. Det ozonanrikade vattnet trycks in i ozonreaktorn och blandas med huvudströmmen via en radiell diffusor. Det ozonerade avloppsvattnet strömmar sedan genom en serie kammare medan koncentrationen av löst ozon minskar.

- Dimensionerande belastning 149 700 pe
- Dimensionerande flöde,  $Q_{dim}$  3 000 m<sup>3</sup>/h
- Medeldygnsflöde,  $Q_{medel}$  40 000 m<sup>3</sup>/d

### Kostnader för den avancerade reningen

- Totalkostnad för investering 165 SEK/pe
- Specifik totalkostnad för avloppsvolym 0,62 SEK/m<sup>3</sup>
- Specifik totalkostnad för belastning 61 SEK/pe, år

I kostnaderna ovan ingår merkostnader för ett något mer avancerat efterföljande steg än befintlig MBBR för att kunna använda investeringsdata för ekonomisk modellering för Sveriges reningsverk.

### Sammanfattning av försök/drift och erfarenheter

Anläggningen för avancerad rening från läkemedelsrester vid Nykvarnsverket invigdes 2017. Innan den fullskaliga anläggningen byggdes gjordes pilotförsök. Ozoneringen är placerad mellan mellansedimenteringsbassängerna och reaktorerna för efternitrifikation/-denitrifikation (MBBR) och eftersedimentering. Den avancerade reningen är således inte placerad som sista reningssteg som på de flesta andra reningsverk. Vid en ozondosering på 0,55 mg O<sub>3</sub>/mg DOC, motsvarande ca 8 mg ozon/L, och korrigerat för

---

utspädning i recipient är halterna av alla läkemedelsrester som analyserats så låga att de inte bedöms utgöra någon risk för miljön.

## 5.2 Stengårdens reningsverk, Simrishamns kommun

### Beskrivning av reningsverket

Ordinarie rening inleds med rens-galler och sandfång följt av förfällning och biologisk rening med fördenitrifikation. Efter sedimentering leds vattnet till vassbäddar och där- efter en slutsedimentering.

### Den avancerade reningen

Den befintliga behandlingsprocessen har kompletterats med en mikrosil (Dynadisk) för avskiljning av partiklar samt tre efterföljande behandlingslinjer. En linje består av ett Dynasandfilter med granulerat aktiverat kol och i de andra används ozonering följt av två parallella Dynasandfilter respektive två parallella Dynasandfilter fyllda med granulerat aktivt kol.

- Dimensionerande belastning 23 000 pe
- Dimensionerande flöde,  $Q_{dim}$  200 m<sup>3</sup>/h
- Medeldygnsflöde,  $Q_{medel}$  2 800 m<sup>3</sup>/d

### Kostnader för den avancerade reningen

- Totalkostnad för investering 1 304 SEK/pe
- Specifik totalkostnad för avloppsvolym 2,14 SEK/m<sup>3</sup>
- Specifik totalkostnad för belastning 180 SEK/pe, år

### Sammanfattning av försök/drift och erfarenheter

Anläggningen togs i drift under 2019 varefter data och erfarenheter samlas in.

## 5.3 Kiviks reningsverk, Simrishamns kommun

### Beskrivning av reningsverket

Avloppsreningsverket i Kivik är idag uppbyggt omkring en fördenitrifierande MBR (membranbioreaktor). Den mekaniska reningen består av silning, sand- och fettavskiljning samt skivfilter. Efter membranfiltrering (38 nm) leds vattnet till den avancerade reningen.

### Den avancerade reningen

Permeatet från membranen tas ut till ett spolvattenmagasin. Från magasinet leds vattnet till två parallella GAK-filter för den avancerade reningen men där tas även vatten ut till backspolning av skivfilter, membranfilter och kolfilter. Efter kolfiltret leds det renade vattnet till en utloppsreservoar.

- Dimensionerande belastning 7 000 pe
- Dimensionerande flöde,  $Q_{dim}$  200 m<sup>3</sup>/h
- Medeldygnsflöde,  $Q_{medel}$  2 800 m<sup>3</sup>/d

### Kostnader för den avancerade reningen

- Totalkostnad för investering 3 035 SEK/pe
- Specifik totalkostnad för avloppsvolym 5,03 SEK/m<sup>3</sup>
- Specifik totalkostnad för belastning 234 SEK/pe, år

---

### Sammanfattning av försök/drift och erfarenheter

Anläggningen togs i drift under hösten 2020 varefter data och erfarenheter samlas in men de har ännu inte sammanfattats.

## 5.4 Degeberga reningsverk, Kristianstad

### Beskrivning av reningsverket

Reningsverkets ordinarie rening består av mekanisk rening, biologisk rening i en för-dentrifierande aktivslamprocess samt kemisk rening i form av efterfällning med efter-följande sandfiltrering.

### Den avancerade reningen

Två parallella GAK-filter har installerats efter de befintliga sandfiltren.

- Dimensionerande belastning 3 500 pe
- Dimensionerande flöde,  $Q_{dim}$  200 m<sup>3</sup>/h
- Medeldygnsfloöde,  $Q_{medel}$  2 800 m<sup>3</sup>/d

### Kostnader för den avancerade reningen

- Totalkostnad för investering 5 332 SEK/pe
- Specifik totalkostnad för avloppsvolym 5,32 SEK/m<sup>3</sup>
- Specifik totalkostnad för belastning 256 SEK/pe, år

### Sammanfattning av försök/drift och erfarenheter

Läkemedelsreningen på Degeberga ARV driftsattes den 16 april 2020 och har gått problemfritt sedan dess. Anläggningen fungerar så här långt över förväntan med avseende på avskiljning av läkemedelsrester.

## 5.5 Tierps reningsverk, Tierp

### Beskrivning av reningsverket

Reningen i Tierps ordinarie reningsverk inleds med grovrening följt av försedimentering och därefter biologisk rening. Slutligen fälls fosfor med polyaluminiumklorid.

### Den avancerade reningen

Den avancerade reningen inleds med pumpning av renat avloppsvatten efter slutsedi-mentering till sandfilter, följt av pumpning till ozoneringsystemet och därefter vidare till ett slutsteg bestående av ett GAK-filter.

- Dimensionerande belastning 15 000 pe
- Dimensionerande flöde,  $Q_{dim}$  150 m<sup>3</sup>/h
- Medeldygnsfloöde,  $Q_{medel}$  3 600 m<sup>3</sup>/d

### Kostnader för den avancerade reningen

- Totalkostnad för investering 811 SEK/pe
- Specifik totalkostnad för avloppsvolym 1,8 SEK/m<sup>3</sup>
- Specifik totalkostnad för belastning 207 SEK/pe, år

### Sammanfattning av försök/drift och erfarenheter

Läkemedelshalterna var mer än dubbelt så höga under utvärderingstillfället som under den dimensionerande förstudien men 90 % reningsgrad kunde uppnås vid maximal uteffekt.

---

## 5.6 Knivsta reningsverk, Knivsta

### Beskrivning av reningsverket

Knivsta reningsverk drivs av Roslagsvatten och har ca 12 000 anslutna personer. Avloppsvattnet behandlas inledningsvis mekaniskt genom ett fingaller och ett sandfång. Reduktion av organiskt material sker i en aktivslamprocess med fördenitrifikation. Biologiskt slam avskiljs i en mellansedimentering innan vattnet går vidare till ett nitrifikationssteg som består av två parallella linjer med rörligt bärarmaterial (MBBR); luftningsbassänger följt av deoxbassänger. En del av det nitratrika vattnet från deoxbasängerna recirkuleras till fördenitrifikationen. Resterande del går vidare till en kemisk rening med tillsats av järnklorid samt flockning och slutsedimentering. Möjlighet finns för simultanfällning i den biologiska reningen men i dagsläget används bara efterfällning. Efterpolering av det renade avloppsvattnet sker i en damm.

### Den avancerade reningen

Efter den ordinarie reningen, men före poleringsdammen, sker ozonering i två linjer. Avloppsvattnet pumpas först till två parallella ozonkontakttankar. Efter varje ozonkontakttank fördelas vattnet ut på två nedströms perkolationsfilter. I de totalt fyra filtren avgår restozon ur vattnet och organiskt material konsumeras av bakterier på filtermaterialet. Efter passage genom läkemedelsreningen släpps det behandlade avloppsvattnet ut i befintlig poleringsdamm.

- Dimensionerande belastning 12 000 pe
- Dimensionerande flöde,  $Q_{dim}$  200 m<sup>3</sup>/h
- Medeldygnsflöde,  $Q_{medel}$  2 800 m<sup>3</sup>/d

### Kostnader för den avancerade reningen

- Totalkostnad för investering 375 SEK/pe
- Specifik totalkostnad för avloppsvolym 0,96 SEK/m<sup>3</sup>
- Specifik totalkostnad för belastning 80 SEK/pe, år

### Sammanfattning av försök/drift och erfarenheter

Anläggningen kördes under 2015-2016 för att demonstrera att tekniken fungerar i svenskt klimat och andra förutsättningar. Allt avloppsvatten från reningsverket behandlades, toppnoteringen var  $2,25 \times Q_{dim}$  motsvarande 450 m<sup>3</sup>/h. Kopplat till utvärderingen var en uppföljning av effekterna på den högbelastade recipienten Knivstaån.

Avskiljningen av läkemedelsrester var 80 % och relativt konstant under försöken. Anläggningen lades i malpåse efter försöken och är under avveckling eftersom endast begränsat intresse funnits i Knivsta kommun för fortsatt drift.

Anläggningen utformades på enklast tänkbara sätt för att klara reningen under upp till 7 år och ekonomiskt inrymmas i en begränsad budget. Specifika investeringskostnader är därför inte helt relevanta i de fall byggnader och bassänger avses ha en livslängd på 40 år eller längre.

## 5.7 Bräkne-Hoby reningsverk Ronneby

### Beskrivning av reningsverket

Ordinarie rening av avloppsvatten i Bräkne-Hoby reningsverk sker mekaniskt, biologiskt och kemiskt med fällning av fosfor.

### Den avancerade reningen

Den avancerade reningen inleds med ett förfiltreringssteg med sandfilter för avskiljning av partikulärt material för minskad energiförbrukning. Det ozonerade avloppsvattnet



---

filtreras genom GAK-filter.

- Dimensionerande belastning 3 500 pe
- Dimensionerande flöde,  $Q_{dim}$  76 m<sup>3</sup>/h
- Medeldygnsflöde,  $Q_{medel}$  1550 m<sup>3</sup>/d

#### **Kostnader för den avancerade reningen**

- Totalkostnad för investering 3 472 SEK/pe
- Specifik totalkostnad för avloppsvolym 4,46 SEK/m<sup>3</sup>
- Specifik totalkostnad för belastning 647 SEK/pe, år

#### **Sammanfattning av försök/drift och erfarenheter**

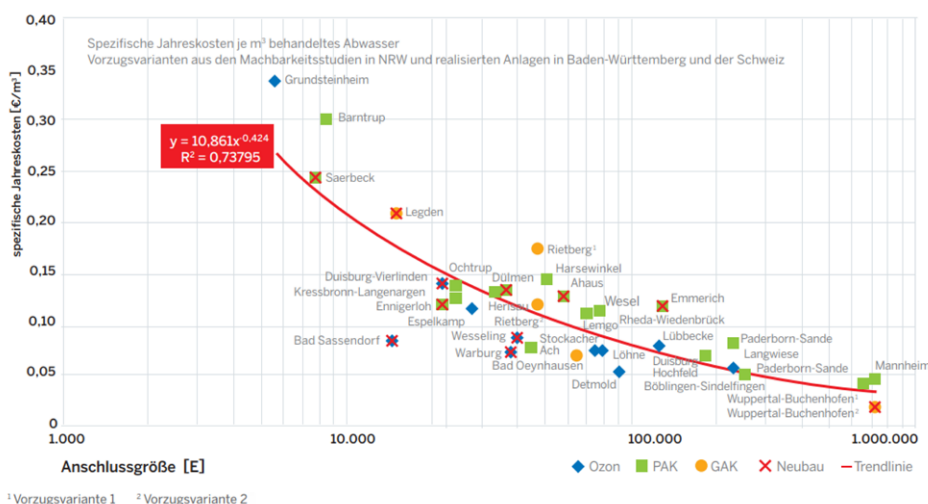
Den nya anläggningsdelen slutfördes under 2020 och driftdata utvärderas i skrivande stund.

# 6 Kostnader i ett internationellt perspektiv

Sverige tillhör de länder där det gjorts kostnadsbedömningar för avancerad rening, men det finns anledning att titta även utanför Sveriges gränser och ta del av de erfarenheter som finns av utvecklingsarbete med storskaliga pilotanläggningar och fullskaliga uppgraderingar av avloppsreningsverk. Flest anläggningar finns i dagsläget i Tyskland och Schweiz. I båda dessa länder är nya sammanställningar med erfarenheter från de faktiska utbyggnader som gjorts under de senaste åren på gång. Vid kontakter med kompetenscentren i Baden Württemberg och Micropoll i Zürich har uppgifter och erfarenheter lämnats och delats, men vissa kostnadsuppgifter kan inte återges i denna rapport innan de rapporterats i Schweiz respektive Tyskland, vilket sker under 2022 och 2023. I Schweiz har ett separat verktyg för återrapportering av kostnader tagits fram (*Definition und Standardisierung von Kennzahlen für Verfahren zur Elimination von organischen Spurenstoffen in ARA*, 2019). Rapporten och tillhörande Excelfil kan laddas ner från [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch).

## 6.1 Specifika kostnader som funktion av anläggningsstorlek

Utifrån uppgifter om färdigställda anläggningar och olika förstudier från Schweiz och Tyskland (i Baden Württemberg och Nordrhein-Westfalen) har specifika årskostnader sammanställts (*Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination*, 2016; Herbst m.fl., 2016). Kostnaderna omfattar i princip allt som behövs för avskiljning av organiska mikroföroreningar, men förutsättningarna vid de olika anläggningarna beskrivs som just olika vilket naturligtvis påverkar utfallet. Ett extra filtreringssteg eller en biologisk efterbehandling kan utgöra en betydande kostnadspost men kan i flera fall lösas genom att utnyttja den befintliga infrastrukturen. Figur 2 visar årskostnader uttryckta per m<sup>3</sup> behandlat avloppsvatten och som funktion av anläggningsstorlek.



Figur 2

Specifika årskostnader för avancerad rening i form av ozonering, GAK-filtrering och dosering av PAK som funktion av antal anslutna. *Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination*, 2016.

En viktig slutsats är att de specifika kostnaderna sjunker med stigande anläggningsstorlek, ungefär med samma skalfaktor som beskrivits för svenska förhållanden och avloppsreningsverk (se tabell 1) Det finns således tydliga skalfördelar vid införande av

---

avancerad rening. Kostnaderna kan, oavsett teknikval, uppskattas med ganska god precision. För en anläggning med kapacitet för i storleksordningen 100 000 personer hamnar kostnaden mellan 0,05 €/m<sup>3</sup> (Detmold) och 0,12 €/m<sup>3</sup> (Rheda-Wiedenbrück). Vid de minsta anläggningarna (<10 000 personer) kostar avancerad rening ungefär fem gånger mer per behandlad kubikmeter än vid de största anläggningarna (>200 000 personer).

Undersökningen visade också att den specifika kostnaden för en anläggning av samma storlek i samma land kan variera med mer än en faktor två. Skillnaderna tillskrivs inte nödvändigtvis teknikval utan snarare lokala förutsättningar. Det kan röra sig om tillgång till yta, grundläggningsmöjligheter, den specifika vattenmatrisen (företrädesvis innehåll av DOC och nitrit) men framför allt huruvida befintlig infrastruktur, oftast i form av sandfilter, finns och kan användas för efterbehandling till PAK och ozon. GAK-anläggningarna är relativt få och omges av en viss osäkerhet kopplad till drifttider.

I Rizzo m.fl. (2019) och Antakyali (2016) återfinns motsvarande resultat och graf men med trendlinjer för GAC, PAC och ozonering. Sambandet är starkare för tillämpningar med aktivt kol (PAK) än för ozonering, dvs. spridningen är lite större för ozonanläggningarna. Investeringskostnaderna bygger på reinvesteringar med avskrivningstider motsvarande 30 år för byggnader, 15 år för maskinell utrustning och 10 år för elinstallationer. Driftkostnaderna är fördelade mellan elenergi, personal, underhåll, material (kol och syre) samt kvittblivningskostnader för PAK. De specifika kostnaderna är nära nog jämnt fördelade mellan investerings- och driftkostnader. Det kan noteras att variationen i kostnad för GAK-filtrering var större än för de andra teknikerna, vilket förklaras av osäkerheter i hur många bäddvolymeter som kan tillåtas innan regenerering.

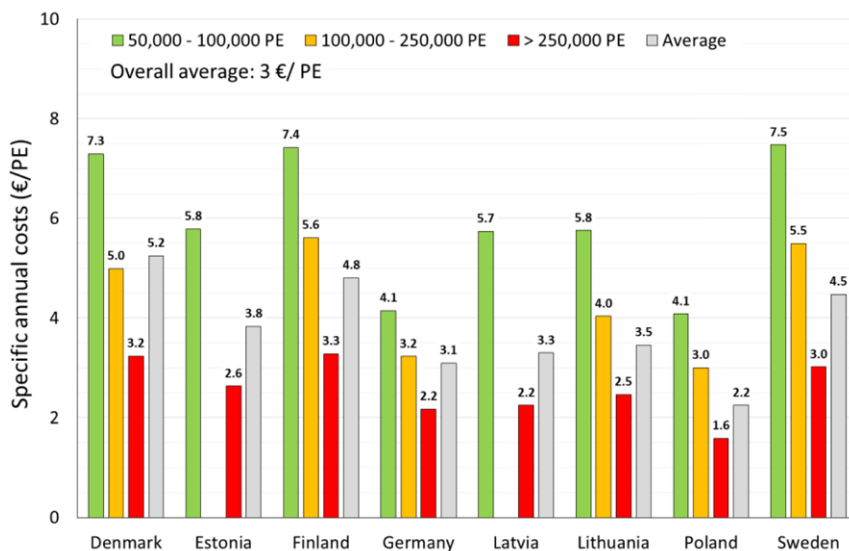
Denna undersökning har återkommit och använts i olika sammanhang bland annat för kostnadsbedömningar inom projektet *CWPharma* ([www.cwpharma.fi](http://www.cwpharma.fi)) med deltagare från Tyskland, Danmark, Sverige, Finland, Polen, Estland, Lettland och Litauen.

## 6.2 Kostnader som funktion av behandlad volym eller ansluten person?

I *CWPharma* genomfördes både kostnads- och livscykelanalyser (Stapf m.fl., 2020; Åystö, L. & Stapf, M., 2020). För kostnadsanalyserna användes funktionen i Figur 2 för att uppskatta kostnader för avancerad rening även i andra länder. De specifika avloppsvattenmängderna uppskattades till (Rettig m.fl., 2018):

- Estland, Lettland och Litauen: 165 l/pe\*d
- Tyskland och Polen: 120 l/pe\*d
- Finland och Sverige: 218 l/pe\*d

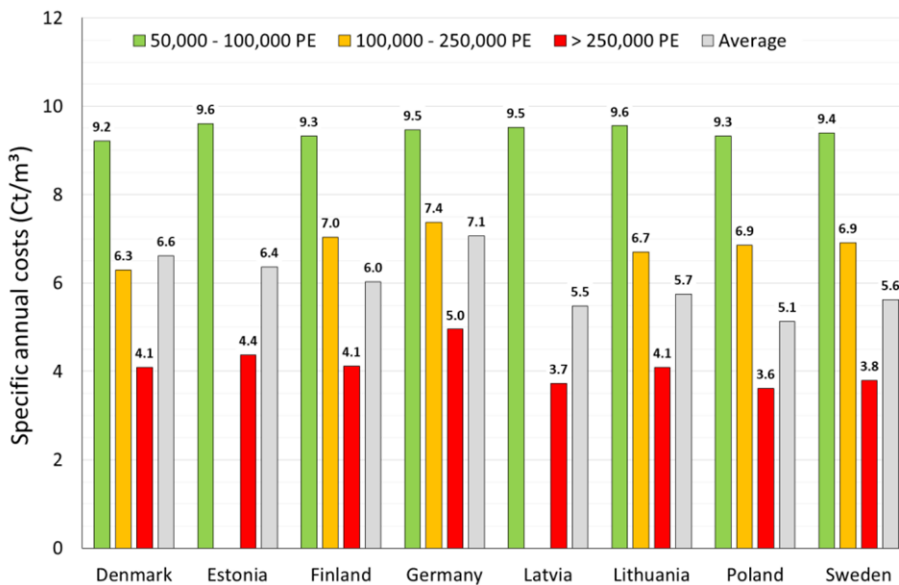
Flödet för Danmark sattes till 217 l/pe\*d (Danva, 2019), dvs. i princip samma flöde som för de övriga nordiska länderna som ingick i undersökningen. Flödena gäller enbart anläggningar större än 50 000 pe. Specifikt flöde är naturligtvis inte den enda parameter som skiljer olika länder åt, men i denna förenklade bedömning togs inte hänsyn till olika kostnader för exempelvis elenergi, arbetskraft och transporter i olika länder. Figur 3 visar specifik årskostnad uttryckt per PE.



**Figur 3**

Specifika kostnader för avancerad rening per PE i olika länder. (Äystö, L. & Stapf, M., 2020)

Kostnaderna per PE uppgår till i genomsnitt 3,0 €/PE. Kostnaderna i de nordiska länderna är något högre (i medeltal mellan 4,5 och 5,2 €/PE), vilket beror på de högre avloppsvattenmängderna per person. Lägst kostnad uppstår i Polen eftersom de anläggningar som ingår i beräkningarna är större än i andra länder. Det kan noteras att det inte gjorts någon skillnad på aktivt kol respektive ozon, eftersom kostnadsfunktionen inte är specifik för olika tekniker. Figur 4 visar motsvarande beräkningar uttryckta per m<sup>3</sup>.

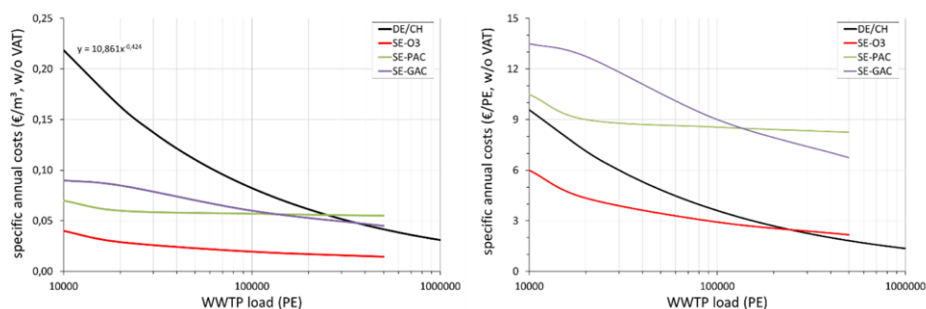


**Figur 4**

Specifika kostnader för avancerad rening per m<sup>3</sup> i olika länder. (Äystö, L. & Stapf, M., 2020)

Sammanställningen visar på tydliga kostnadsfördelar för stora anläggningar men också att avancerad rening för anläggningar >50 000 PE skulle kosta <1 SEK/m<sup>3</sup> (0,1 Euro/m<sup>3</sup>).

Figur 5 visar en jämförelse, framtagen inom projektet *CWPharma*, mellan de specifika kostnader, uttryckta per m<sup>3</sup> respektive PE, som redovisas i Figur 2 och de kostnader som tagits fram av IVL (Baresel m.fl., 2017) och redovisats av Naturvårdsverket (2017).



**Figur 5**

Specifika årskostnader uttryckta per m<sup>3</sup> (vänster) och per PE (höger). DE/CH avser kostnader från den schweizisk-tyska sammanställningen (Figur 2) och SE-O3, SE-PAC och SE-GAC avser kostnader från Naturvårdsverket (2017). Specifika flöden: DE=44 m<sup>3</sup>/PE\*år och SE=150 m<sup>3</sup>/PE\*år. Stapf m.fl. (2020).

I den tyska studien har inte de olika teknologierna särskilts och det bör återigen understrykas att beräkningsgrunderna är olika för de ingående anläggningarna. De lägre kostnaderna per m<sup>3</sup> för svenska förhållanden förklaras av de stora skillnaderna i specifika avloppsflöden. Uttrycks kostnaden per pe ser bilden annorlunda ut. De svenska kostnader som tagits fram inom ramen för Naturvårdsverkets uppdrag är således inte nödvändigtvis att betrakta som låga i jämförelse. Det beror helt på vad som används som grund för jämförelse. Det specifika flödet för Tyskland motsvarar snarast dricksvattenkonsumtionen. I vissa studier används också denna, eller debiterbar mängd, som grund för jämförelse.

Specifika kostnader kan uttryckas per person(ekvivalent) eller per m<sup>3</sup> behandlat vatten. Båda alternativen kan i sig vara relevanta men kan ge, till synes, olika resultat. Till detta kommer det faktum som anges i snart sagt varje studie, nämligen att kostnaderna kan uppvisa stor variation utifrån lokala förutsättningar. Mindre skillnader i avskrivningstid och räntesatser kan påverka resultaten, men mer avgörande är ofta vilka delar som ingår och enskilt avgörande faktorer som markförhållanden och befintlig infrastruktur.

### 6.3 Tyskland

I en tysk studie (Hillenbrand m.fl., 2014), som i någon mån kan betraktas som en föregångare till den tidigare redovisade studien av Herbst m.fl. (2016), redovisas även kostnaderna för efterbehandling, vilka i de flesta fall saknas i den andra studien. I studien ingick 16 tyska anläggningar, 7 schweiziska och 7 modellanläggningar. Kostnadsbedömningar gjordes för ozonering, GAK med och utan förfiltrering samt för PAK som doseras simultant till den biologiska reningen och separat med och utan filter. I tabell 3 redovisas genomsnittskostnaderna för de olika storlekskategorierna, med och utan efterbehandling.

Storlek (pe)	Avancerad rening (€/m <sup>3</sup> )	Efterbehandling (€/m <sup>3</sup> )
<10 000	0,12	0,10
10 000 – 100 000	0,11-0,08	0,08
>100 000	0,07-0,05	0,05

**Tabell 3**

Totalkostnader för avancerad rening (genomsnitt för ozonering, GAK och PAK) samt för efterbehandling i form av sandfiltrering. Hillenbrand m.fl. (2014)

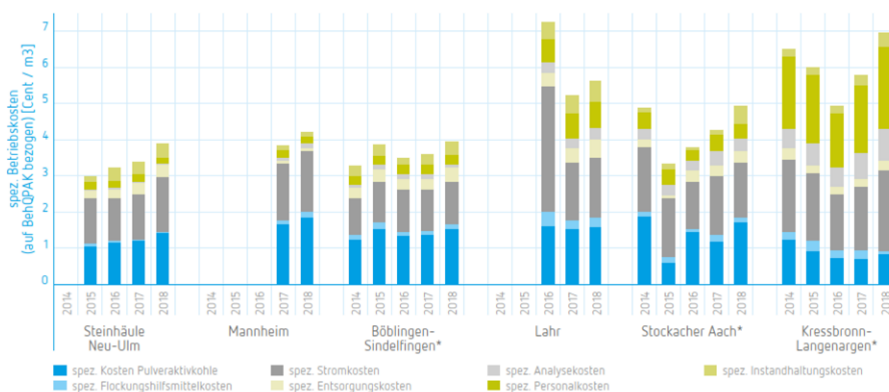
Vårt att notera är att kostnaden för efterbehandling utgör närmare hälften av totalkostnaden. Det betyder i sin tur att befintlig infrastruktur, exempelvis i form av sandfilter, bör utnyttjas och kommer att ha stor inverkan på kostnadsbilden. Ozonanläggningen i Linköping (Baresel m.fl., 2016) är ett exempel på hur efterbehandling ibland kan ordnas även utan sandfilter. I olika sammanställningar och prognoser måste det således framgå om efterbehandling ingår eller ej.

### 6.3.1 Dosering av PAK och filtrering genom GAK

Nya kostnadssammanställningar för Tyskland är under framtagande (Launay, 2021). Kostnader för sex fullskaleanläggningar i Baden-Württemberg (PAK) baserade på fem års drift, sammanfattades dock i en rapport som kom ut sommaren 2021 (Micropollutants in wastewater, 2021) och vars data återfinns i mer detaljerad form i Kreienborg m.fl. (2019). I Baden-Württemberg finns lång erfarenhet av aktivt kol, företrädesvis i form av PAK. De anläggningar som ingår i sammanställningen bygger alla på *die Ulmer Verfahren*, dvs. dosering av PAK till en kontaktreaktor med efterföljande sedimentering och filtrering (se Cimbritz m.fl., 2016 för beskrivning). Detta betyder i sin tur att befintlig infrastruktur och möjligheterna att integrera denna kommer att få stor inverkan på investeringskostnaderna, eftersom det är flera relativt stora anläggningsdelar som ska ingå i det fullständiga systemet.

En stor variation konstateras för kapitalkostnader. Fyra anläggningar har utgjort grund för en standardiserad analys: Steinhäule Neu-Ulm, Mannheim, Böblingen-Sindelfingen och Lahr. Den sistnämnda anläggningen är dimensionerad för i storleksordningen 50 000 personer och de övriga är dimensionerade för >100 000 personer. Kapitalkostnaderna varierade mellan 0,05 och 0,21 €/m<sup>3</sup> debiterad avloppsmängd. Den stora variationen förklaras framför allt av att investeringsbehovet såg helt olika ut (bland annat med olika behov av efterbehandling). Det kan också noteras att den högsta investeringskostnaden (0,21 €/m<sup>3</sup>) kan kopplas till den minsta anläggningen (Lahr). Det faktum att kapitalkostnaderna redovisas per debiterad avloppsmängd betyder att denna specifika kostnad är högre än om det faktiska flödet genom anläggningen hade använts. Behandlad mängd i den avancerade reningen är ungefär två gånger högre.

Variationen i driftkostnader är betydligt mindre. Utöver de fyra nämnda anläggningarna ingick även avloppsreningsverken i Stockacher Aach och Kressbronn-Langanargen i bedömningen. Dessa båda anläggningar är relativt sett mindre. Kressbronn-Langanargen är dimensionerad för 17 000 pe. Figur 6 visar sammansättning av driftkostnaderna som uppgår till mellan 0,04 och 0,07 €/m<sup>3</sup>.



Figur 6

Specifika driftkostnader för avancerad rening baserad på PAK. Kreienborg m.fl. (2019).

I driftkostnaderna ingår kostnader för personal, kemikalier (aktivt kol och flockningskemikalier), elenergi, kvittblivning av PAK, analys av mikroföroreningar och underhåll. Det kan konstateras att exempelvis personalkostnader kan utgöra en betydande andel, särskilt vid de mindre anläggningarna. Analyskostnader utgör också en icke försumbar del.

Totalt uppgick de specifika årskostnaderna till ungefär 1-3 €/m<sup>3</sup> debiterad avloppsmängd. Kostnaden för medborgarna blir dock lägre (0,6-2 €/m<sup>3</sup>) eftersom det finns möjligheter att få investeringsstöd. Uttrycks kostnaden per m<sup>3</sup> behandlad avloppsmängd uppgår den specifika totala (investering och drift) årskostnaden till 0,6-1,2 €/m<sup>3</sup>. Den högsta siffran gäller för anläggningen i Lahr som också är den minsta. Här ingår även kostnader för filter. Skillnaderna i kostnad mellan de olika anläggningarna står framför allt att finna på investeringssidan och mindre anläggningar blir relativt sett dyrare.

---

Investeringsbehovet var olika vid de olika anläggningarna beroende på hur den befintliga infrastrukturen såg ut. Vissa anläggningsdelar kan också ha dubbla funktioner, vilket kan göra det svårt att avgränsa den avancerade reningen från andra anläggningsdelar. Avskiljningen har för de flesta mikroföroreningar varit hög (>90%).

En annan faktor som komplicerar jämförelser är det faktum att vissa anläggningar dimensionerats för ett större eller mindre delflöde medan andra dimensionerats för fullflödesrening. En anläggning som dimensionerats för ett delflöde kan ofta utnyttjas mer effektivt, dvs. skillnaden mellan behandlat flöde och dimensionerat flöde blir mindre eller ingen alls, vilket kommer att reflekteras i beräkningar av specifika kostnader uttryckta per behandlad mängd avloppsvatten. Dimensionering för ett högt flöde, som sällan uppkommer och behöver behandlas, fördyrar anläggningen. Beräkning av specifika kostnader kommer naturligtvis att bli känsliga för vilket flöde som används för att beräkna kostnaden. Det behandlade flödet, som rimligen är utgångspunkt för en sådan beräkning, är inte nödvändigtvis detsamma som det dimensionerande flödet.

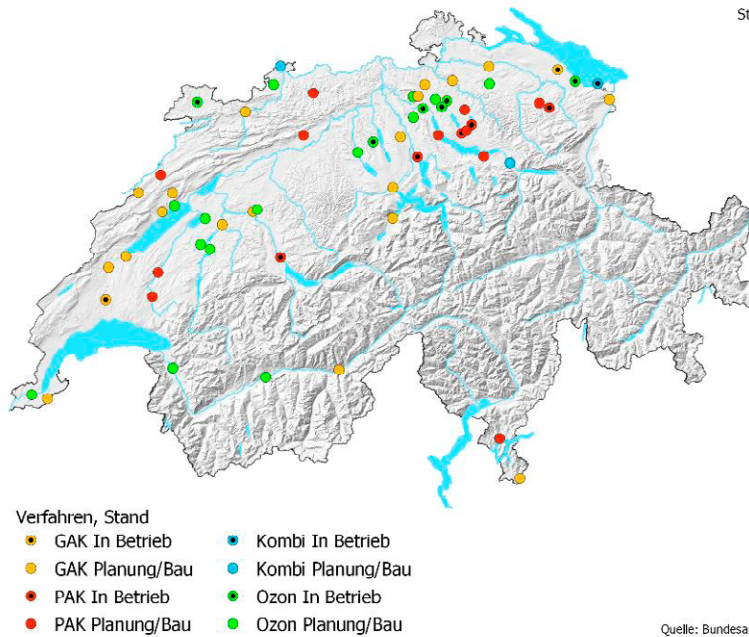
Driftkostnaderna är i stort sett rörliga och utgör i detta sammanhang ett mindre problem. Det var också tydligt att de inte varierade särskilt lika mycket i exemplen ovan. Det doseras lika mycket ozon eller kol givet att vattenmatrisen är densamma. Kostnader för kol, kemikalier och elenergi är därför i stort sett proportionella mot flödet. Personal- och analysbehov följer i någon mån anläggningsstorlek men är inte nödvändigtvis direkt proportionella mot flödet. Underhållskostnader beräknas i regel utifrån en schablon baserad på investeringskostnaden. Alternativt kan den uppskattas ifrån faktiska siffror. En osäkerhet finns naturligtvis i att kostnaderna kan komma att variera med tiden, beroende på hur underhåll planeras, eller inte planeras. I ovanstående exempel uppgick de faktiska underhållskostnaderna till 0,2-0,3% av investeringskostnaden, medan litteraturvärden typiskt är betydligt högre. I rapporten anges de till 1% av investeringskostnaden för konstruktion och 2-4% för el- och maskininstallationer. I början är dessa kostnader sannolikt ganska låga eftersom utrustningen är ny och det normalt sett finns garantier kopplade till projektet.

Det finns ett mindre antal GAK-anläggningar som varit i drift under relativt lång tid. I en nyligen presenterad sammanställning (Alt m.fl., 2021) av tyska anläggningar i drift och några planerade i Luxemburg redovisas investeringskostnader uttryckta per m<sup>2</sup>. För nybyggda filter anges intervallet till ungefär 20 000-60 000 €/m<sup>2</sup>. I de fall befintliga sandfilter kunnat byggas om blir kostnaderna betydligt lägre. Ett exempel är avloppsreningsverket Gütersloh Obere Lutter (250 000 pe som varit i drift i över 10 år. GAK-filtreringen sker på en delström (250 L/s). Driftkostnaderna uppgår till 0,035 €/m<sup>3</sup> och i detta ingår utbyte av kol efter 15 000 BV, filterspolningar och personalkostnader. Det tillkommer inga energikostnader för pumpning.

## 6.4 Schweiz

I Schweiz finns i skrivande stund 6 ozonanläggningar, 5 PAK-anläggningar samt en anläggning baserad på GAK och en med kombinationen ozon + GAK. Ett stort antal anläggningar är också under konstruktion. Figur 7 visar status i september 2021.

Stand September 2021



**Figur 7**

Status (september 2021) för planerade och genomföra projekt med avancerad rening i Schweiz.

[www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)

Quelle: Bundesamt für Landestopographie

Dessa kommer att följas upp med avseende på kostnader på under 2022 utifrån ett Excelverktyg som tagits fram för ändamålet (Meyer, 2021). Vissa uppgifter finns emellertid tillgängliga och redovisas nedan tillsammans med publicerade kostnadsbedömningar.

I Schweiz gjordes tidigt olika utredningar kopplade till design och utformning samt bedömningar av förväntade kostnader. En viktig diskussion är kopplad till vilket flöde som ska behandlas och hur detta påverkar kostnaderna. I en studie (Holinger & Hunziker, 2015) konstateras att en ökning av det dimensionerande flödet från 1,5 till 2 gånger torrvädersflödet medför en kostnadsökning motsvarande 6-13%, beroende på ett antal andra förutsättningar. I samma rapport diskuteras även redundans och det konstateras inte helt oväntat att full redundans medför stora kostnadsökningar. Stora system kan vara redundanta i sig eftersom man i regel bygger flera linjer och av tekniska skäl ska kunna ställa av vissa delar. På mindre anläggningar kan redundans dock få ett ganska stort genomslag. I rapporten diskuteras även betydelsen av förändringar i DOC, eftersom både dosering av ozon och PAK relateras till halten löst organiskt kol. Relativt sett får ökade DOC-halter större betydelse för de största anläggningarna eftersom driftkostnaderna utgör en större andel av totalkostnaderna. Det kan vara värt att notera att DOC-halterna kan variera ganska mycket mellan studier och inte sällan är något högre i Sverige än i exempelvis Schweiz och Tyskland.

#### 6.4.1 Ozonering

I Abegglen & Siegriest (2012) konstateras, precis som i de tyska studier som följt, att den befintliga lokala infrastrukturen kommer att få stor inverkan på kostnadsbilden liksom att specifika kostnader kommer att vara lägre för stora anläggningar. De kostnadsberäkningar som gjordes för ca 10 år sedan indikerade kostnadsökningar (kostnader för avancerad rening jämfört med kostnader för befintlig reningsprocess) på i storleksordningen 10-20% för stora anläggningar och upp till 50% för små anläggningar. Tabell 4 visar en sammanställning över uppskattade specifika kostnader för ozonering för ett antal anläggningar av olika storlek.



Anläggning pe	Untersee 6100	Aadorf 18 000	Furt 37 700	Au 66 000	Luzern 250 000	Zurich 600 000
CHF/m <sup>3</sup>	0,20	0,17	0,12	0,11	0,07	0,06
CHF/pe*år	38	26	15	14	10	8

**Tabell 4**

Beräknade totalkostnader för ozonering (kapital och drift). Dosering 10 mg O<sub>3</sub>/L.

Kostnadsuppskattningarna kunde sedan i någon mån bekräftas i efterföljande pilotförsök i Regensdorf och Lausanne. Även här gjordes beräkningar för sandfilter som efterbehandlingssteg och kostnaderna för detta steg uppgick till nästan samma belopp som för den avancerade reningen (ozon och PAK) i sig. Vid jämförelser bör det hållas i åtanke att en schweizisk franc kostade ungefär 6 SEK för närmare 10 år sedan och idag strax över 9 SEK.

En av de allra första anläggningarna och den första med PAK uppfördes i Herisau (34 000 PE) och beskrivs närmare i den omvärldsbevakning som togs fram av Svenskt Vatten (Cimbritz m.fl., 2016). På denna anläggning fanns sandfilter sedan tidigare men i övrigt krävdes nya kontaktreaktorer, silo, doseringsutrustning och sedimenteringsbassänger. Den specifika kostnaden uppgår till ca 0,1 CHF/m<sup>3</sup>.

Vid avloppsreningsverket i Neugut utanför Zürich finns landets första ozonanläggning för avskiljning av mikroföroreningar. Belastningen motsvarar ca 105 000 pe varav hälften är industribelastning. Sandfilter fanns sedan tidigare och man kunde klara avancerad rening utan extra pumpning vilket var särskilt gynnsamt ur driftsynpunkt. Det kan vara värt att notera att doseringen vid denna anläggning är låg, ca 0,4-0,5 g O<sub>3</sub>/g DOC. Därtill är DOC-koncentrationen ca 5 mg/L, vilket är lägre än motsvarande halt vid många svenska anläggningar. Ozonbehovet, vid samma normerade dos, skulle således vara högre vid de flesta svenska anläggningar. Figur 8 visar utvald anläggningsdata samt kostnadsuppgifter.

Kosten der Ozonung	
Brutto-Investition CHF	3.27 Mio.
Amortisation, Unterhalt	
60a Bau, 15a Ausrüstung, 10a EMSR; 2% Zins; 3% Unterhalt	0.025 CHF/m <sup>3</sup>
Betriebskosten	0.014 CHF/m <sup>3</sup>
Kosten EinwohnerIn total	6 CHF/a
Betriebskosten Ozonung 110'000 CHF/a	
Reinsauerstoff	40 %
Strom	20 %
Analytik Leitsubstanzen	20 %
Personal und Overhead	20 %
Energiebedarf	
Reinsauerstoff	28 g/m <sup>3</sup>
Strom Ozonung	0.024 kWh/m <sup>3</sup>
Gesamte Kläranlage	0.42 kWh/m <sup>3</sup>
Wassermenge 8 Mio. m <sup>3</sup> /a	



**Figur 8**

Avloppsreningsverket i Neugut med kostnader för ozonering. [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch) (Projektsteckbrief).

De specifika kostnaderna uppgår således till ca 0,04 CHF/m<sup>3</sup>, där driftkostnaderna utgör knappt 40%. Direktöversatt motsvarar detta lite mindre än 0,4 SEK/m<sup>3</sup>. Denna kostnad ligger i paritet med de bedömningar som tidigare redovisats. Det kan noteras att personalkostnader och kostnader för analys utgör betydande delar av driftkostnaden.

Anläggningen i Neugut togs i drift redan 2014. Därefter har mindre anläggningar byggts i Reinach och Bassersdorf och en större anläggning i Werdhölzli för 650 000 pe (se Olsson, 2019 för mer information). Anläggningarna beskrivs med nyckeltal på [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch). Kostnadsuppgifter väntas under nästkommande år. Preliminära indikationer från Werdhölzli ger driftkostnader i samma storleksordning som för ARA Neugut.

#### 6.4.2 Aktivt kol och kombinationsprocesser

Vid reningsverket Furt i Bülach (44 500 pe) har storskaliga försök med avancerad rening genomförts under flera års tid (Böhler m.fl., 2020a), bland annat med GAK och

kombinationen ozon + GAK. I rapporten konstateras bland annat att GAK är en fullgod lösning för avskiljning av mikroföroreningar och därför utgör ett alternativ till dosering av PAK och ozon som tidigare förts fram som huvudalternativ. Kostnadsbedömningar har gjorts för olika reningsalternativ. Det specifika flödet uppgår till 234 L/p\*d och de specifika totalkostnaderna till:

- GAK: 0,19 CHF/m<sup>3</sup>
- O<sub>3</sub> + GAK: 0,24 CHF/m<sup>3</sup>
- O<sub>3</sub> + sand: 0,16 CHF/m<sup>3</sup>
- PAK + sand: 0,18 CHF/m<sup>3</sup>

Kostnaderna baseras på en dimensionering för ett maxflöde (regnväder) som är tre gånger större än medelflödet och en kontakttid i GAK-filtren motsvarande minst 20 minuter. Ozondosen beräknas vara 0,6 g O<sub>3</sub>/g DOC alternativt 0,2 g O<sub>3</sub>/g DOC vid kombination med GAK. Kostnaden för granulerat aktivt kol antas vara 2,5 CHF/kg, dvs. närmare 25 SEK/kg, för både nytt och reaktiverat kol. Avskrivningstider och andra schabloner och nyckeltal framgår av rapporten. Det kan dock noteras att avskrivningstiderna är liknande de som används i svenska studier (50 år för bygg och 15 för maskinell utrustning). Detta gäller även schabloner för drift underhåll som uppgår till 0,5-2%. I beräkningarna ingår inget lyft (pumpning) till GAK-filtren. I studien har förhållandet mellan antalet bäddvolymmer och kontakttid studerats och det kan konstateras att man med ozonering räknar med förlängda (dubblade) drifttider innan kolet måste bytas ut. En kombinationsprocess (ozon + GAK) ger således fördelar då kontakttiderna kan sänkas och fler bäddvolymmer hanteras (för motsvarande avskiljning av modersubstanser). Vid GAK-filtrering konstateras det vidare att kostnaderna är starkt kopplade till kolförbrukning samt kapitalkostnader och tillhörande underhållskostnader. I det dimensioneringsunderlag som tagits fram (Böhler m.fl., 2020b) talas det om 20 000-30 000 bäddvolymmer, utan föregående ozonering, för att klara gällande krav. Kopplingen till DOC-innehållet understryks, vilket är viktigt att komma ihåg vid överföring till andra förhållanden.

## 6.5 Nederländerna

I Nederländerna publicerades år 2015 (STOWA, 2015) en kostnadsbedömning som byggde på erfarenheter och nyckeltal från Tyskland och Schweiz. Val av designflöde, anläggningsstorlekar och ekonomiska ramar och parametrar gjordes emellertid utifrån nationella principer. Tabell 5 visar en sammanställning över kostnaderna.

Specifik kostnad (€/m <sup>3</sup> )	20 000 PE	100 000 PE	300 000 PE
Ozonering + sandfiltrering	0,22	0,18	0,16
PAK + sandfiltrering	0,26	0,20	0,18
GAK	0,28	0,26	0,26

**Tabell 5**

Specifika kostnader (investering + drift) för avancerad rening i Holland (STOWA, 2015).

Driftkostnadsbedömningarna har gjorts utifrån en relativt hög ozondos (0,7 g O<sub>3</sub>/g DOC) även om den ligger inom det intervall som ofta rekommenderas i litteraturen. Antalet bäddvolymmer som antagits före utbyte av GAK-media är lågt (8 800 BV) vilket får mycket stor påverkan på kostnadsberäkningen. Man har dessutom antagit att kol ersätts med nytt kol och inte regenererat kol. I rapporten uttrycks att det finns en potential för optimering och sänkning av kostnaderna för behandling med just GAK. Intressant är att man i studien gjort vissa bedömningar utifrån en höjning respektive sänkning av DOC-innehållet (med 4 mg/L från de 11 mg/L som är utgångspunkten) vilket påverkar kostnaderna, för alla tekniker, med i storleksordningen 15-20%, uppåt eller neråt. Design är baserad på ett specifikt flöde motsvarande 216 L/p\*d och totalt beräknas ca

80% av det inkommande avloppsvattnet att renas. Beräkningarna omfattar en komplett investering med undantag för köp av mark. Det betyder bland annat att pumpning (motsvarande 200 m och 6 m i lyfthöjd) ingår liksom inköp av nya ställverk. Avskrivningstiderna är 30 år för bygg, 15 år för maskinell utrustning och 5 år för el- och automation. Det kan vidare noteras att man utgått från ett relativt högt påslag för oförutsedda utgifter motsvarande 35% av investeringskostnaden.

Utöver detta har ytterligare 65% på investeringen lagts till totalkostnaden för att täcka följande kostnader:

- Råd och design: 12%
- Försäkring, tillstånd, byggränta: 15%
- Projektledning och tillsyn: 8%
- Tillfällig installation under konstruktion och uppstart: 5%
- Personalutbildning: 2%
- Kommunikation: 2%
- Moms: 21%

Driftkostnader beräknas utifrån personalkostnader (5 000 € för 20 000 pe, 50 000 € för 100 000 pe och 75 000 € för 300 000 pe), underhållskostnader (0,5% för bygg och 3% för mekanisk och elektrisk utrustning). Till detta kommer sedan direkta kostnader för el (0,10 €/kWh), flytande syre (0,20 €/kg) och granulerat aktivt kol (1 200 €/m<sup>3</sup>, vilket motsvarar i storleksordningen 30 SEK/kg).

I rapporten jämförs kostnadsbilden med de schweiziska och tyska studier som publicerats (se ovan). De högre kostnaderna förklaras till stor del av det faktum att efterbehandling inkluderats i den holländska studien. Kostnader för efterbehandling kan vara betydande och utgörs inte bara av kostnader för filter utan också av kostnader för pumpinstallationer och rörledningar, utöver själva driftkostnaden för pumpning. PE-begreppet definieras utifrån olika utgångspunkter, vilket i praktiken innebär att en holländsk anläggning med kapaciteten 100 000 pe motsvaras av en tysk på 70 000 pe och en schweizisk på 87 000 pe. Kapitalkostnaderna i Nederländerna var vid detta tillfälle 15% högre än i Tyskland, medan el var 30% billigare och personal 50% dyrare. Viktigast är kanske slutsatsen att entydiga designkriterier inte fastställts och att reningsmålen kan vara olika. Det är helt enkelt inte enkelt att jämföra kostnader, varken mellan länder eller ens anläggningar i samma land. De holländska kostnaderna anses dock vara av tyska kostnaderna med hänsyn tagen till skillnader i pe-begrepp och felmarginal. I rapporten förs ett rimligt resonemang om svårigheterna i att jämföra och vikten av tydlighet och vad som används som normerande enhet. Hur reinvesteringar hanteras lyfts fram som en annan osäkerhet.

2017 presenterades en förfinad kostnadsutredning (STOWA, 2017) med fler behandlingsalternativ (exempelvis andra avancerade oxidationsprocesser) och 2020 publicerades ett beslutsverktyg kopplat till de kostnadsmodeller som tagits fram (STOWA, 2020). Tabell X sammanfattar de specifika kostnaderna för tillämpningar med aktivt kol och ozon från den förfinade kostnadsutredningen.

**Tabell 6**

Specifika kostnader (investering + drift) för avancerad rening i Holland (STOWA, 2017).

	EUR/m <sup>3</sup>			EUR/pe			Investering	Drift
PE	20 000	100 000	300 000	20 000	100 000	300 000	Andel (%)	Andel (%)
GAK	0,28	0,26	0,24	14,8	13,7	12,6	45	55
PAK+sand	0,26	0,20	0,16	13,8	10,5	8,4	45	55
O <sub>3</sub> +GAK	0,3	0,19	0,18	15,9	10,0	9,5	50	50
O <sub>3</sub>	0,1	0,07	0,06	4,8	3,2	2,6	55	45
O <sub>3</sub> +sand	0,2	0,17	0,15	10,6	8,9	7,9	55	45

---

Sedan förra utredningen har vissa pålägg ändrats. Personalkostnader har sänkts något. Antalet filtrerade bäddvolymeter före kolutbyte vid GAK-filtrering sattes till 10 000 vilket i jämförelse med andra studier och rekommendationer, exempelvis från Schweiz (Böhler m.fl., 2020b) fortfarande är relativt lågt. Det ska dock sägas att variationen i litteraturen är stor och beror av uppsatta kriterier för genombrott, reningskrav och DOC-innehåll. Det kan noteras att en reningsgrad på 70% eftersträvas i Holland jämfört med 80% i Schweiz. Ämnena kan dock väljas friare i Holland (Mulder m.fl., 2021). I kombination med ozon sattes antalet bäddvolymeter till 25 000. Det kan noteras att ozondosen inte sänkts från 0,7 g O<sub>3</sub>/g DOC när tekniken kombineras med GAK, vilket nog borde varit fallet. Studien visar återigen tydliga kostnadsfördelar med stora anläggningar och att ozon är billigast. Viktigaste slutsatsen är dock kanske den om att varje projekt är unikt och att varje kostnadsanalys kräver ett projektbaserat tillvägagångssätt. Kostnaderna för GAK-filtrering kan vara överskattade men så länge kravbilderna inte är klar och så länge det inte finns fler långtidsstudier publicerade kommer osäkerheterna att kvarstå.

2021 publicerades en studie (Mulder m.fl., 2021) som adresserar svårigheterna i att överföra nyckeltal från en kontext till en annan och hur detta i praktiken begränsar möjligheterna att jämföra kostnads- och livscykelanalyser, både inom ett land och mellan länder. DOC-halterna är exempelvis betydligt lägre i Schweiz än i Holland. Normerade doseringar (uttryckt per massenhet DOC) kompenserar för detta, men även efter justering tycks mer ozon (upp till 30%) krävas för motsvarande reduktion. Detta skulle kunna förklaras av olika sammansättning av organiskt material. Effekten tycks mindre uttalad för aktivt kol. En annan faktor som nämns är vikten av vilket flöde som kostnaderna normeras mot. Huvudslutsatsen är att lokala undersökningar behöver göras och att nyckeltal inte bör översättas rakt av.

## 6.6 Andra länder

Inom ramen för större internationella projekt som tagit sig an problematiken kring organiska mikroföroreningar har det i vissa även gjorts kostnadsbedömningar, i likhet med exemplet från *CWPharma* som presenterades i inledningen av detta kapitel. Ett av de första och mest välkända är *Neptune* ([www.eu-neptune.org](http://www.eu-neptune.org)) som leddes av EAWAG i Schweiz. I detta projekt bedömdes kostnaderna för en ozonanläggning (30 000 pe) till 0,07 €/m<sup>3</sup> och 0,15 €/m<sup>3</sup> med ett efterföljande sandfilter (Larsen m.fl., 2010). Motsvarande kostnader för en PAK-anläggning var 0,15 €/m<sup>3</sup> för PAK-dosering och 0,25 €/m<sup>3</sup> för PAK-dosering med efterföljande filtrering. Kostnader för ozonering respektive PAK-dosering, med efterföljande filtrering, för en anläggning på 500 000 pe angavs till 0,05-0,07 respektive 0,09-0,11 €/m<sup>3</sup> (EurEau, 2019).

EurEau (2019) redovisar även kostnader från en finsk studie utgiven av Finlands Vattenverksförning (Vesilaitosyhdistyksen, 2016) där kostnadsbedömningar gjorts för några olika alternativ. I driftkostnaderna ingår, förutom kemikalie- och energikostnader, även personal och underhållskostnader beräknade utifrån schabloner (0,5% på bygg och 2,5% på maskinell utrustning). Totalkostnaderna för en medelstor anläggning (50 000 pe) beräknas till 0,27 €/m<sup>3</sup> för GAK och 0,18 €/m<sup>3</sup> för ozonering (utan efterfiltrering). Efterfiltrering bedöms kosta motsvarande 0,06 €/m<sup>3</sup>. Man har även gjort en bedömning för olika anläggningsstorlekar utifrån en kombinationslösning med ozon och GAK för avskiljning på 90%:

- <10 000 PE: 0,56-0,91 €/m<sup>3</sup>
- 10 000 – 100 000 PE: 0,46-0,73 €/m<sup>3</sup>
- >100 000 PE: 0,40-0,60 €/m<sup>3</sup>

Kostnaderna är högre än de som redovisats från andra länder. Det kan noteras att skillnaderna mellan ett litet och ett stort verk är mindre än vad vi sett i andra studier. Vidare är den antagna ozondoseringen relativt hög (1,0 g O<sub>3</sub>/g DOC) och utbytesintervallet på GAK förhållandevis lågt (6 månader). Kostnadsuppskattningar har relativt nyligen tagits fram för Viikinmäki (Kuokkanen, 2021) och ligger något lägre än den kostnadsskattning som redovisats ovan. Driftkostnaderna skattades till:

- GAK: 0,04 €/m<sup>3</sup>
- PAK+filter: 0,10 €/m<sup>3</sup>
- PAK i AS: 0,09 €/m<sup>3</sup>
- O<sub>3</sub>+MBBR: 0,03 €/m<sup>3</sup>
- O<sub>3</sub>+GAK: 0,06 €/m<sup>3</sup>

Sverige är ett av de få länder där fullskaliga anläggningar för avskiljning av organiska mikroföroreningar faktiskt byggts. Det finns ytterligare några exempel och även några länder där det gjorts utredningar och bedömningar av vad det skulle kosta. Danmark är ett av dessa länder. Under året släpptes en kartläggning av olika reningstekniker med kostnadsuppskattningar (Miljøstyrelsen, 2021). Kostnadsuppskattningarna bygger på litteraturuppgifter, både danska och utländska. Specifika kostnader för olika anläggningsstorlekar har inte beräknats. Investeringskostnader utgörs av enskilda exempel och har inte periodiserats eller normerats. Driftkostnaderna för en ozonanläggning anges till 0,3-0,35 DKK/m<sup>3</sup> och för en GAK-anläggning till 0,2-0,7 DKK/m<sup>3</sup>.

I Slagelse i Danmark planeras för införande av avancerad rening. Storskaliga långtidsförsök har genomförts med GAK-filtrering och utifrån dessa har även kostnadsbedömningar genomförts. Intressant med försöken är att reaktiverat kol används. Totalkostnaden bedömdes till 0,088 €/m<sup>3</sup> och i detta ingår kostnader för el och personal (Nielsen & Pedersen, 2021). Slagelse avloppsreningsverk tar emot vatten från ca 34 000 personer.



**Figur 9**

Pilotanläggning för GAK-filtrering i Slagelse (30 m<sup>3</sup>/h). (Nielsen & Pedersen, 2021)

---

En av Europas första ozonanläggningar för avskiljning av mikroföroreningar finns i södra Frankrike i Sophia Antopolis i Valbonne. Anläggningen beskrivs närmare i Cimbritz m.fl. (2016) och är intressant ur flera aspekter, bland annat genom att efterbehandlingen integrerats med kväveavskiljningen. Sedan Omvärldsbevakningen skrevs har en uppföljning gjorts där även ekonomiska nyckeltal inkluderas (Choubert m.fl., 2017). Totalkostnaden för anläggningen beräknas till 0,1-0,17 €/m<sup>3</sup> behandlat vatten (Choubert, 2021). Verket är dimensionerat för närmare 30 000 pe.

Med införande av avancerad rening för att avskilja organiska mikroföroreningar har ett stort steg tagits mot återanvändning av renat avloppsvatten. Det finns studier där återanvändning står i fokus, exempelvis för indirekt eller direkt återanvändning för produktion av dricksvatten. Det kan finnas anledning att framöver studera även dessa studier, där GAK och ozonering ingår som delprocesser. Även i dessa studier betonas de stora variationer som finns vid jämförelse mellan olika studier. Det kan dock vara intressant att konstatera att ozon i regel bedöms som billigare än GAK och kostnaderna är i samma storleksordning som i de studier som redovisats i denna rapport (Tarpani & Azapagic, 2018).

# 7 Nationella kostnader – fullskaleanläggningar och förstudier

Omfattningen och utformningen av det avancerade reningssteget påverkar såväl investeringskostnad som driftkostnad.

Omfattningen av det avancerade reningssteget beror på platsens förutsättningar där redan befintliga reningssteg påverkar vattenkvaliteten. Speciellt förekomsten av ett avslutande sandfilter är av stor betydelse. Den basala nivån för utformningen är en väl grundlagd anläggning med adekvat dimensionering av process och utrustning. Därtill kan komma extra kostnader för anpassning i berganläggningar, arkitektritade byggnader med mer kostsamma ytmaterial, inköp av mark etc.,

De hittills byggda svenska anläggningarna uppvisar ibland processdimensioneringar som avviker från gängse standard. Exempelvis återfinns både extremt högbelastade kolfilter (ytbelastning 25 m/h) och lågbelastade kolfilter (ytbelastning 1 m/h). Korrosionsproblem har också noterats, speciellt i kolfilter med rörlig bädd som avslutats i rostfritt stål, där galvaniska strömmar korroderat bort material med vattenläckage som följd. Tillverkaren har efter observationerna förändrat utförandet av det kontinuerligt spolade kolfiltret.

## 7.1 Enkät till VA-organisationer med fullskaleanläggningar

En enkät med frågor om ekonomiska data och processutformning av fullskaleanläggningarna togs fram för att samla in data som underlag för utvärdering av kostnader för avancerad rening, men också för kontroll för vilka delar som ingår i redovisade kostnader. Enkäten sändes ut till representanter för de reningsverk som installerat avancerad rening. Enkätens efterfrågade parametrar delades in i allt finare detaljeringsgrad där förhoppningen var att den mest övergripande nivån med sammanfattande ekonomiska nyckeltal skulle kunna fyllas i utan alltför mycket arbete. En sammanfattning av efterfrågade parametrar återfinns i tabell 7 och 8.

Ekonomisk parameter
Specifika kostnader - beräknade på flödet genom läkemedelsreningen
Relaterat till flöde [SEK/m <sup>3</sup> ]
Investeringskostnad, totalt [SEK/m <sup>3</sup> ]
Kapitalkostnad, totalt [SEK/m <sup>3</sup> ]
Driftkostnad, totalt [SEK/m <sup>3</sup> ]
Totalkostnad, totalt [SEK/m <sup>3</sup> ]
Totalkostnad, totalt [SEK/pe, år]

**Tabell 7**

Övergripande nivå -  
Sammanfattande  
data - målparametrar  
ekonomi - flödesrelaterat

Ekonomisk parameter
Relaterat till dimensionerande belastning genom läkemedelsreningen [SEK/pe]
Investeringskostnad, totalt [SEK/pe]
Kapitalkostnad, totalt [SEK/pe]
Driftkostnad, totalt [SEK/pe]
Totalkostnad, totalt [SEK/pe]
Relaterat till dimensionerande belastning genom läkemedelsreningen [SEK/pe]
Investeringskostnad, totalt [SEK/pe]

**Tabell 8**

Övergripande nivå - Sammanfattande data - målparametrar ekonomi - belastningsrelaterat.

Bakgrundsdata för anläggningens storlek, belastning och hydrauliska förutsättningar efterfrågades för att kunna relatera kostnaderna till verkets förutsättningar, tabell 9.

Belastning
Anslutna fysiska personer idag [personer]
Belastning idag från hushåll [pe]
Belastning totalt [pe]
Specifik belastning BOD7 vid pe beräkning [gBOD7/pe, d]
Flöde Qmedel totalt [m3/d]
Flöde Qdim totalt [m3/h]
Belastning från hushåll [pe]
Belastning vid utbyggd lkm-rening, totalt [pe]
Flöde vid utbyggd lkm-rening Qmedel totalt [m3/d]
Flöde vid utbyggd lkm-rening Qdim totalt [m3/h]
Kontrollberäkning specifikt flöde vid utbyggd lkm-rening [l/pe, d]
Flöde till lkmrening [m3/h]
Flöde till lkmrening [m3/d]
Flöde till lkmrening [m3/år]
Flöde till lkmrening ozon - vid redovisad utvärdering [m3/h]
Flöde till lkmrening kol - vid redovisad utvärdering [m3/h]
Andel av årsflödet som renas i lkm-rening [%]

**Tabell 9**

Bakgrundsdata detaljnivå 1 (lkm avser läkemedelsrening).

Ambitioner fanns även att relatera doser och kostnader till belastning och reningsgrader, varför ett indatablad för motsvarande nyckeltal bifogades enkäten, tabell 10.

TOC In till lkm-rening [g/m3]
DOC In till lkm-rening [g/m3]
UVA254 In till lkm-rening [m-1]
COD In till lkm-rening [g/m3]
TOC Ut från lkm-rening [g/m3]
DOC Ut från lkm-rening [g/m3]
UVA254 Ut från lkm-rening [m-1]
COD Ut från lkm-rening [g/m3]
Reningsgrad lkm-rening, genomsnitt, relevanta förhållanden [%]
Reningsgrad lkm-rening ozon [%]
Reningsgrad lkm-rening GAC [%]

**Tabell 10**

Bakgrundsdata detaljnivå 2 (lkm avser läkemedelsrening).



Vid en kostnadsuppföljning är det viktigt att veta vad som medtagits i beräkningen och redovisningen av kostnader. Två checklistor togs fram som bilagor till enkäten så att uppgiftslämnaren kunde markera ingående kostnadskomponenter, tabell 11 och 12.

Byggnad förutom grundläggning till LOX-tank
VVS, el & styr
Ozoneringsutrustning
Syrgastank (LOX-tank)
Förångare
Luft/Kvävgastillsats till förångat syre
Syrgaskoncentrator
Grundläggning och platta
Installation, maskin, rör, el & styr etc.
Syrgassensor
Ozongenerator(er)
Kylning av ozongenerator
Ozondetektorer luft/övervakning
Ozondestruktör
Instrument, O3, O2, UV, turbiditet etc
Styrsystem för ozonsteget
Dosering/inlösning av ozon
Installation, maskin, rör, el & styr etc.
Mellanpumpning till kontakttankar
Kontakttankar - Installation, maskin, rör, el & styr etc.
Efterfilter
Mellanpumpning till efterfilter
Efterfilter, typ (sandfilter, GAC, BAF, MBBR etc.)
Efterfilter, kostnad, inkl. ev. filtermaterial
Installation, maskin, rör, el & styr etc.
Instrumentering, nivå och flöde etc.
Backspolning, bassånger, pumpar, spolavloppsutjämning

**Tabell 11**

Checklista för inkluderade komponenter i ozoneringsystem.

Byggnad förutom utomhusdelar
VVS, el & styr
Grundläggning och platta för utomhusdelar
Förfilter
Mellanpumpning till förfiltersteget
Förfilter, typ (sandfilter, skivfilter, ultrafilter etc)
Installation, maskin, rör, el & styr etc.
Instrumentering, nivå och flöde etc.
Backspolning, bassänger, pumpar, spolavloppsutjämning,
Tvättutrustning för filtrering
Kemikalier till förfiltertvätt
GAC-filter
Mottagningsbassäng(er) för ny GAC
Mellanpumpning till GAC-steget
GAC filter, typ (nedströms, uppströms, trycksatt)
Installation, maskin, rör, el & styr etc.
Instrumentering, nivå och flöde etc.
Backspolning GAC, bassänger, pumpar, spolavloppsutjämning
GAC-material
Mellanlager förbrukad GAC

**Tabell 12**

Checklista för inkluderade komponenter i GAK-filtersystem

Frågorna i enkäten som skickades ut besvarades till i medeltal 14%. Orsaker till uteblivna svar är framför allt att endast en relativt kort tid förflutit sedan idrifttagningen, man avvaktar fler drifterfarenheter och fortsatt insamlande av förbrukningsdata. Dessutom angavs överbelastad personal som skäl för svårigheter att rapportera data inom en rimlig tid.

Den detaljerade kostnadsuppföljning för avancerad rening som avsågs göras i föreliggande arbete omöjliggjordes till stor del av bristen på tillgängliga data för byggda svenska anläggningar. Bedömningar gjordes därför av specifika totalkostnader baserat på drift- och underhållskostnader, investeringar och antagna ekonomiska nyckeltal såsom ränta och avskrivningstider för normaliserade kapitalkostnader i enlighet med annuitetsmetoden.

## 7.2 Kostnadsberäkningar i statligt delfinansierade förstudier

Dataunderlaget från de byggda anläggningarna visade sig i dagsläget vara begränsat varför datainhämtning utfördes även från de statligt delfinansierade förstudierna som vid arbetets början fanns redovisade i rapportform till Naturvårdsverket som en del av bidragsprojektens slutredovisning. Vid granskningen av förstudierrapporterna framkom att beräkningar för 22 anläggningar var tillräckligt detaljerade för att de skulle kunna användas för beräkning av drift- och investeringskostnader. Förstudierna med tillräckligt detaljerade kostnadsberäkningar återfanns i rapporterna från Borlänge, Borås, Göteborg, Kungsbacka, SYVAB, Örebro, Sundsvall, NSVA och Uppsala.

---

## 7.3 Upphandling och kostnadsläge på en ny marknad

Införandet av avancerad rening på svenska reningsverk innebär en delvis ny marknad för leverantörer och entreprenörer. Prisnivåerna för utrustning, förbrukningsmaterial, resurser och råvaror kan variera mycket i offerter innan marknaden mognar och då sätter sig på en förhoppningsvis rimlig nivå. Ett tidigt exempel på stor prisspridning är hämtat från upphandlingen till läkemedelsreningen i Knivsta 2015 när det gäller priset för syre som varierade med en faktor 4 mellan lägsta och högsta anbud eller i reella data mellan 1 och 4 SEK/kg O<sub>2</sub>. Även priset på ozongeneratorer varierade, dock med en något lägre faktor, 2 (Björleinius & Fick, 2018).

En ny marknad kan ge VA-organisationer en chans att handla upp till marknadspris i stället för att avropa till ibland höga eller ofördelaktiga ramavtalspriser som utvecklas när marknaden väl satt sig och ramavtalen hunnit inkludera komponenter till avancerad rening.

Vid själva huvudinvesteringen styr å andra sidan vald entreprenadform hur upphandlingen av anläggningen görs och upphandlingens utfall för kunden.

En ny marknad innebär också att företag erbjuder sina existerande produkter som kan passa in mer eller mindre bra för det nya behovet. Marknaden driver också i många fall på utveckling och anpassning av utrustningar till de nya tillämningarna. Positionering av tekniska lösningar och nya, delvis oprövade tekniker kan också förekomma när resultat av redan utförda installationer av beprövad teknik publiceras – nya, alternativa lösningar kan presenteras som billigare eller effektivare – ibland utan referenser och faktiska fältprover. Därför är det viktigt att inhämta referenser och kunskap om offererade nya och gamla tekniker för att kunna bedöma inkomna anbud korrekt.

I takt med att utrustningar har sålts på den svenska marknaden kan prisutvecklingen börja följas för att se hur marknaden mognar eller prisnivåer etableras. Ett exempel är prisutveckling på mindre och medelstora ozongeneratorer där en relativt kraftig prisökning har noterats: Mellan åren 2014-2021 steg priset på en mindre ozonenhet (10 gO<sub>3</sub>/h) med 90%. Motsvarande ökning av konsumentprisindex KPI var 9%, vilket ligger i linje med europeiska bygg- och anläggningsindex som ökade drygt 10% under motsvarande period.

En större ozongeneratorenhet ökade i pris med 40% mellan åren 2016-2021 vilket är drygt fyra gånger mer än KPI och byggindex som ökat 9-10%. Denna typ av stora prisjusteringar öppnar sannolikt upp för nya tillverkare eller fler aktörer på den svenska marknaden vilket kan minska prisuppgången.

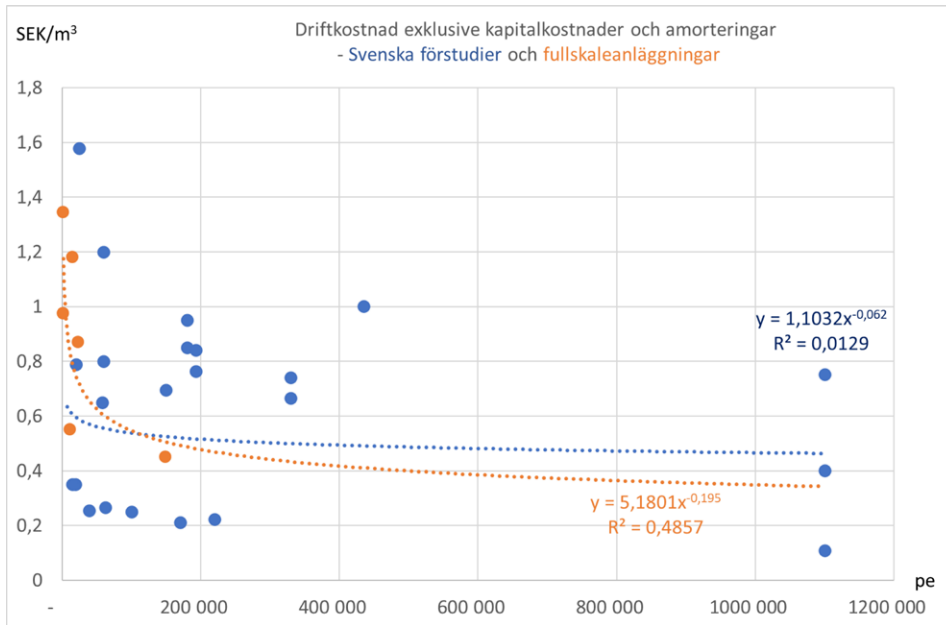
Ett exempel från en mer mogen marknad är aktiverat kol i bulk, där priserna har ökat med 10% mellan åren 2015-2021, vilket ligger helt i linje med KPI och byggindex som ökat 9-10% (Björleinius, 2022).

I sammanställningen av specifik investeringskostnad framgår den stora variationen i prissättning av entreprenader för fullskaleinstallationer i Sverige.

Sammanfattningsvis kan den nya marknaden med avancerad rening innebära att prisnivåer inte stabiliserats än, vilket försvårar budgetberäkningar och de i vissa fall kraftigt justerade priserna kan påverka investeringens storlek och därmed totalkostnaden.

## 7.4 Resultat – driftkostnader

De från fullskaledrift och de i förstudier inrapporterade driftkostnaderna normerades var för sig mot årsvärdena för avloppsvattenflöde och antalet anslutna pe. De specifika driftkostnaderna normerade mot flöde varierade mellan 0,45 och 1,35 SEK/m<sup>3</sup> för fullskaleanläggningarna respektive 0,11 och 1,58 SEK/m<sup>3</sup> i förstudierna, figur 10.

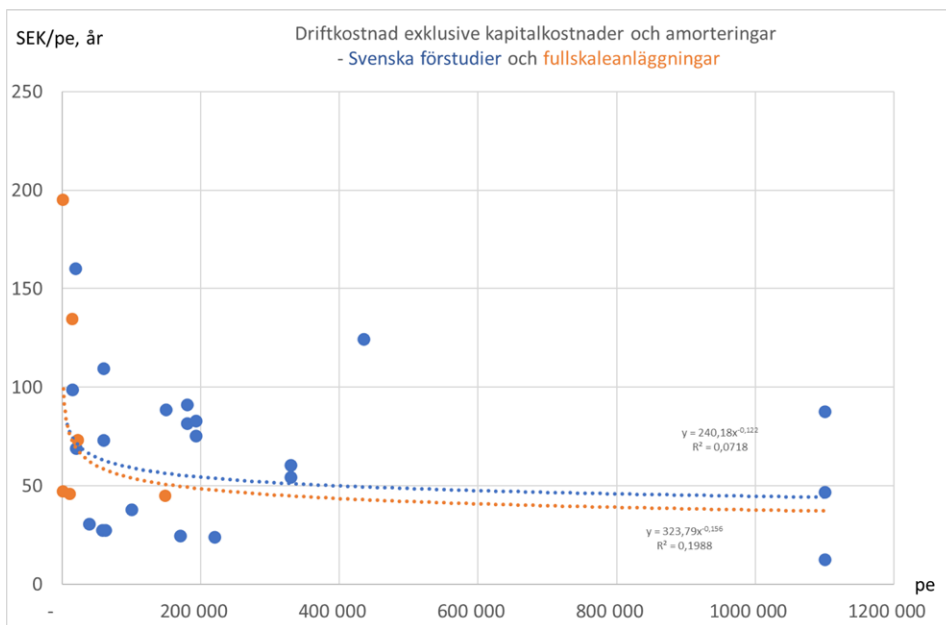


**Figur 10**

Specifika driftkostnader från svenska fullskaleverk och förstudier.

Driftkostnaderna för fullskaleanläggningarna följde relativt väl anläggningarnas storlek enligt en potensfunktion. Spridningen var stor för de i förstudierna beräknade driftkostnaderna. Orsaken står att finna i olika processval och omfattning av installationerna samt anläggningens storlek.

När det gäller de specifika driftkostnaderna normerade mot antalet pe var spridningen mindre än för värdena normerade mot flöde vilket är i överensstämmelse med europeiska förhållanden, jämför med figur 5. Spridningen var dock något större för fullskaleanläggningarna där ett värde sticker ut. Datamängden är dock begränsad till sex värden. De specifika driftkostnaderna normerade mot antalet anslutna pe varierade mellan 45 och 195 SEK/pe och år i fullskaleanläggningarna respektive 13 och 160 SEK/pe och år i förstudierna, figur 11.



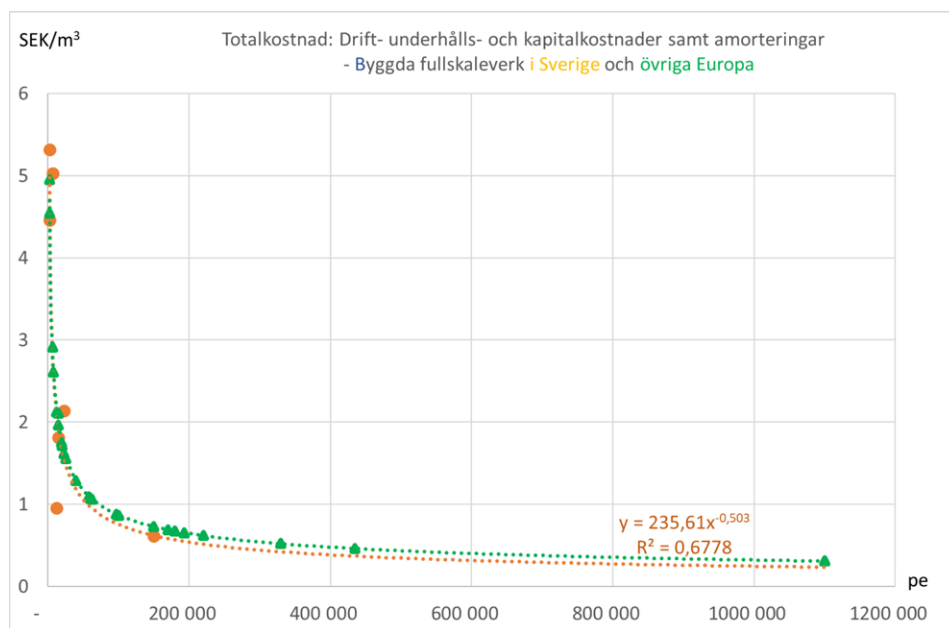
**Figur 11**

Specifika driftkostnader från svenska fullskaleverk och förstudier.

## 7.5 Resultat – totalkostnader

Den specifika totalkostnaden innehåller samtliga kostnader för investering och drift: drift-, underhålls- och kapitaltjänstkostnader samt amorteringar. Finansieringen av kostnaderna har inte beaktats, dvs. statliga bidrag har inte dragits ifrån projektets totalkostnader.

De från fullskaledrift inrapporterade totalkostnaderna normerades var för sig mot årsvärdena för avloppsvattenflöde och antalet anslutna pe. Motsvarande data hämtades från den internationella utblicken (Figur 2). De specifika totalkostnaderna normerade mot flöde varierade mellan 0,62 och 5,3 SEK/m<sup>3</sup> i de svenska fullskaleanläggningarna respektive 0,31 och 4,9 SEK/m<sup>3</sup> i de europeiska pilot- och fullskaleanläggningarna, figur 12.



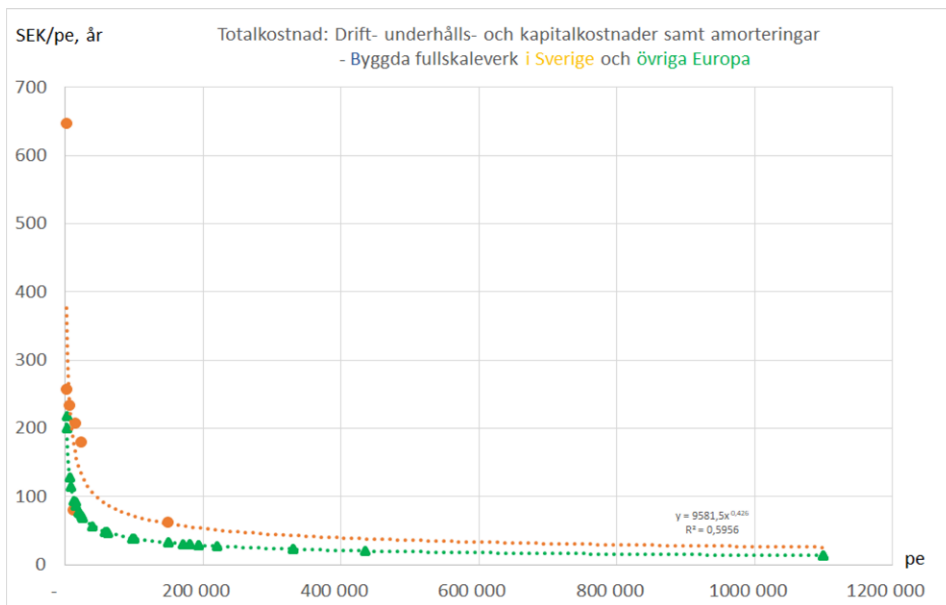
**Figur 12**

Specifik totalkostnad relaterat till behandlad avloppsvattenvolym för byggda anläggningar i Sverige och Centraleuropa.

Totalkostnaderna för fullskaleanläggningarna följde relativt väl anläggningarnas storlek enligt en potensfunktion. Spridningen var stor för de i förstudierna beräknade driftkostnaderna. Orsaken står att finna i olika processval och omfattning av installationerna samt anläggningens storlek.

När det gäller de specifika driftkostnaderna normerade mot antalet pe var spridningen mindre än för värden normerade mot flöde. Spridningen var dock något större för fullskaleanläggningarna där ett värde sticker ut. Datamängden är dock begränsad till sex värden. De specifika driftkostnaderna normerade mot antalet anslutna pe varierade mellan 61 och 647 SEK/pe och år i de svenska fullskaleanläggningarna respektive 14 och 200 SEK/pe och år i de centraleuropeiska studierna, figur 13.

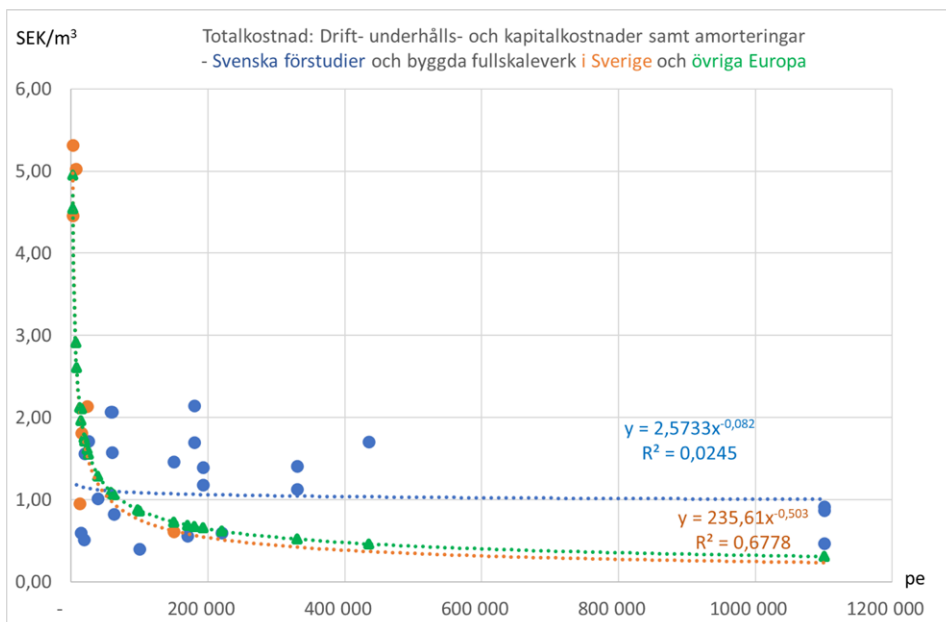
De specifika totalkostnaderna för svenska fullskaleanläggningar för avancerad rening har en liknande kostnadsfunktion som kostnaderna har för centraleuropeiska anläggningar. Kostnadsläget är mycket högt för de minsta anläggningarna vilket till en del beror på att anläggningarna är relativt små men i vissa fall på att den avancerade reningen är överdimensionerad sett ur ett processperspektiv.



**Figur 13**  
Specifik totalkostnad relaterat till pe och år för byggda anläggningar i Sverige och Centraleuropa.

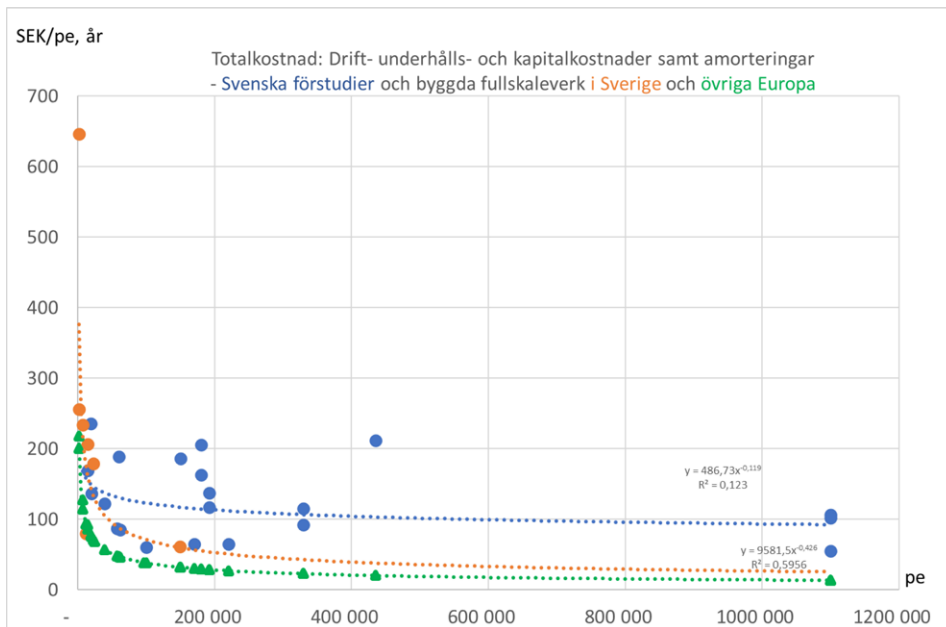
En jämförelse av alla tillgängliga data för totalkostnader från svenska fullskale- och förstudieprojekt samt de centraleuropeiska data visar på en stor spridning, speciellt för förstudieberäkningarna, figur 14.

Data från verkliga installationer visar en förväntad potensfunktion medan svenska förstudiedata har en nästan konstant kostnadsnivå oavsett anläggningens storlek. En tolkning är att spridningen i nivåer för totalkostnader kommer sig av olika beräkningsätt mellan förstudierna, t.ex. hur mycket oförutsett som igår och själva utformningen och utförandet av anläggningarna. Risk finns också att kostnader extrapoleras utan att hänsyn tas till anläggningarnas storlek.



**Figur 14**  
Specifik totalkostnad relaterat till behandlad avloppsvattenvolym i förstudier och byggda anläggningar i Sverige och Centraleuropa.

De specifika totalkostnaderna normerade mot flöde varierade mellan 0,40 och 2,1 SEK/m³ i förstudierna. De specifika totalkostnaderna normerade mot flöde varierade mellan 0,62 och 5,3 SEK/m³ i de svenska fullskaleanläggningarna respektive 0,31 och 4,9 SEK/m³ i de europeiska pilot- och fullskaleanläggningarna. Uppgifterna för fullskaleanläggningarna är de samma som i förgående diagram men återges här för att underlätta jämförelser. Figur 15 visar motsvarande kostnader uttryckta per pe och år.



**Figur 15**

Specifik totalkostnad relaterat till pe och år i förstudier och byggda anläggningar i Sverige och Centraleuropa.

De specifika totalkostnaderna normerade mot antalet anslutna pe varierade mellan 54 och 236 SEK/pe i förstudierna. Motsvarande specifika totalkostnaderna normerade mot antalet anslutna pe varierade mellan 61 och 647 SEK/pe och år i de svenska fullskaleanläggningarna respektive 14 och 200 SEK/pe och år i de centraleuropeiska studierna. Uppgifterna för fullskaleanläggningarna är de samma som i motsvarande diagram ovan men återges här för att underlätta jämförelser.

Sammanfattningsvis varierar totalkostnaderna mycket, med en faktor 10 för fullskaleanläggningarna och en faktor fyra för anläggningarna i förstudierna. Huvudorsaken är varierande anläggningsstorlekar men även olika dimensioneringsgrunder för processerna och utförande av anläggningarna.

# 8 Modeller för uppskattning av investeringskostnader

Fyra olika modeller har använts i översiktliga beräkningar av investeringskostnader för tre olika grupperingar av svenska reningsverk. Tre av modellerna har tagits fram i denna studie och baseras på antingen byggda svenska fullskaleverk eller förstudier, som i många fall i huvudsak finansierats av skattemedel. Den fjärde modellen är framräknad ur europeiska data, enligt figur 2. Tabell 13 sammanfattar underlag och kostnadsfunktioner för de olika modellerna.

Viktigt att komma ihåg att är beräkningar utifrån modellerna endast ger indikationer på en typisk investeringskostnad för ett reningsverk med en viss belastning uttryckt i personekvivalenter (pe), oftast baserat på en specifik förorening av 70 g BOD<sub>5</sub>/pe. Platsens förutsättningar och vald utformning påverkar investeringskostnaden i hög grad.

Modell	Modellbas	Dataunderlag	Ekvation för beräkning av investeringskostnad
Modell 1	Svenska fullskaleanläggningar	Sex byggda fullskaleanläggningar	$873011 * pe^{-0,648}$
Modell 2	Centraleuropeiska pilot- och fullskaleverk	32 pilot- och fullskaleanläggningar	$1,25 * 873011 * pe^{-0,648}$
Modell 3	Svenska förstudier	22 förstudier	$4933,6 * pe^{-0,172}$
Modell 4	Svenska förstudier, maxkostnader	De fyra förstudier som har högst totalkostnad av de 22 ovan.	$24401 * pe^{-0,249}$

**Tabell 13**

Fyra kostnadsmodeller för uppskattning av investeringskostnader.

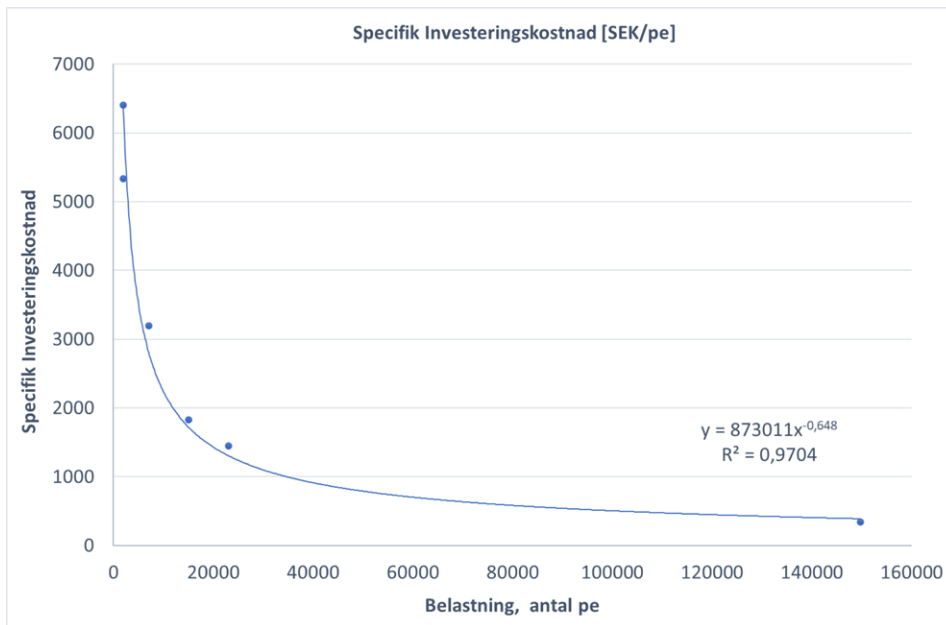
## 8.1 Resultat – investeringskostnader

Investeringskostnader har uppskattats utifrån de fyra modellerna och redovisas nedan.

### 8.1.1 Modell 1 Svenska fullskaleanläggningar

Data från sex byggda fullskaleanläggningar har använts för att få fram modell 1. I underlaget fanns data även från Knivsta, men anläggningens utformning var av enklaste slag, med en beräknad livslängd av sju till tio år och har därför inte tagits med i utvärderingen. Investeringskostnaden för anläggningen i Linköping har teoretiskt kompletterats med kostnaden för ett sandfilter för att få större allmängiltighet för de typiska ozoneringsanläggningar som planeras i Sverige. Den specifika investeringskostnaden varierar med anläggningens storlek mätt som antal pe enligt figur 16.





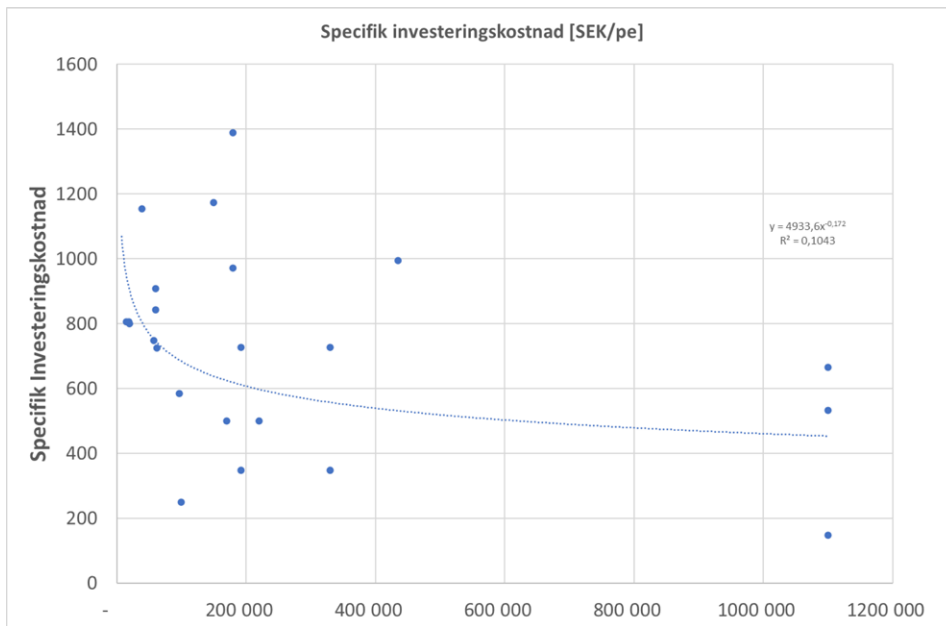
**Figur 16**  
Specifik investeringskostnad för de sex byggda fullskaleanläggningarna i Sverige.

### 8.1.2 Modell 2 Data från Centraleuropeiska pilot- och fullskaleverk

Data från 32 pilot- och fullskaleanläggningar i främst Schweiz och Tyskland har använts för att ta fram kostnadssambandet som beskrivits under den internationella utblicken tidigare i rapporten. Baserat på den goda överensstämmelsen i kostnadsfunktionernas mönster mellan svenska fullskaledata och data från de Centraleuropeiska pilot- och fullskaleverken, samt att kostnadsläget i europastudien ligger ca 25% högre än de svenska data, har en faktor av 1,25 lagts till ekvationen för svenska fullskaleanläggningar. Kostnaden för de minsta anläggningarna har därmed överskattats med detta angreppssätt och modellen kommer att utvecklas i nästa version.

### 8.1.3 Modell 3 svenska förstudier

Data från 22 förstudier har använts för att få fram modell 3. Spridningen i förstudier- nas kostnadsberäkningar är stor, i vissa fall tas stora poster med oförutsett med, trots detaljerade kostnadsberäkningar, vilket kan överskatta de totala kostnaderna. I andra fall kan komponenter saknas, vilket underskattar kostnaden om inte oförutsedda kostnader kan kompenseras i tillräcklig utsträckning. Figur 17 visar kostnaderna beräknade enligt denna modell.

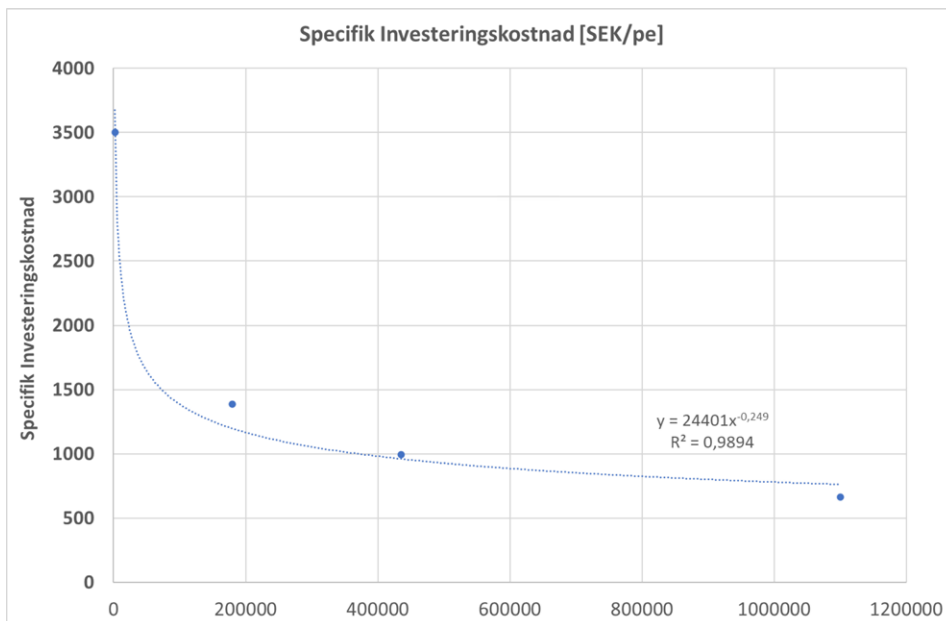


**Figur 17**

Beräknade specifika investeringskostnader i de 22 förstudierna.

#### 8.1.4 Modell 4 svenska förstudier, maxkostnader

Data från de fyra mest kostsamma investeringarna i de 22 förstudierna har extraherats för att beräkna de maximala investeringskostnader som kan bli aktuella för de mest omfattande installationerna med högst anläggningskostnader, figur 18. Exempelvis återfinns verk med seriell ozonering och aktivt kolfiltrering i denna grupp.



**Figur 18**

Maxkostnader för avancerad rening i fyra av 22 svenska förstudier.

---

## 9 Investeringskostnader för utvalda grupper av svenska reningsverk

De ekonomiska modellerna kan användas för att överslagsmässigt beräkna investeringskostnaderna för avancerad rening, också på en nationell nivå. I aktuella diskussioner förs olika angreppssätt fram om var avancerad rening skall införas i Sverige. Ett tidigt och fortfarande aktuellt förslag innebär att den extra reningen skall införas på de 21 största reningsverken i Sverige och därmed behandla avloppsvatten från halva den svenska befolkningen som är anslutna till kommunala reningsverk. Andra förslag är att införa reningen vid de reningsverk vars renade avloppsvatten har störst påverkan på recipienten med avseende på toxiska effekter.

Beräkningar har utförts för vart och ett av ingående reningsverk i de tre olika grupperna som antingen innehåller de 21 största reningsverken i Sverige, de 315 största reningsverken i Sverige (alla verk större än 2000 pe) eller alla de 447 i Svenska miljöportalen registrerade reningsverken. Dessutom återges en beräkning som gjordes under pågående beställargruppseminarium den 28 oktober 2021 då region Skåne informerade om att de identifierat sju reningsverk som kräver avancerad rening med hänsyn till miljö kvalitetsnormer för vissa läkemedelsrester.

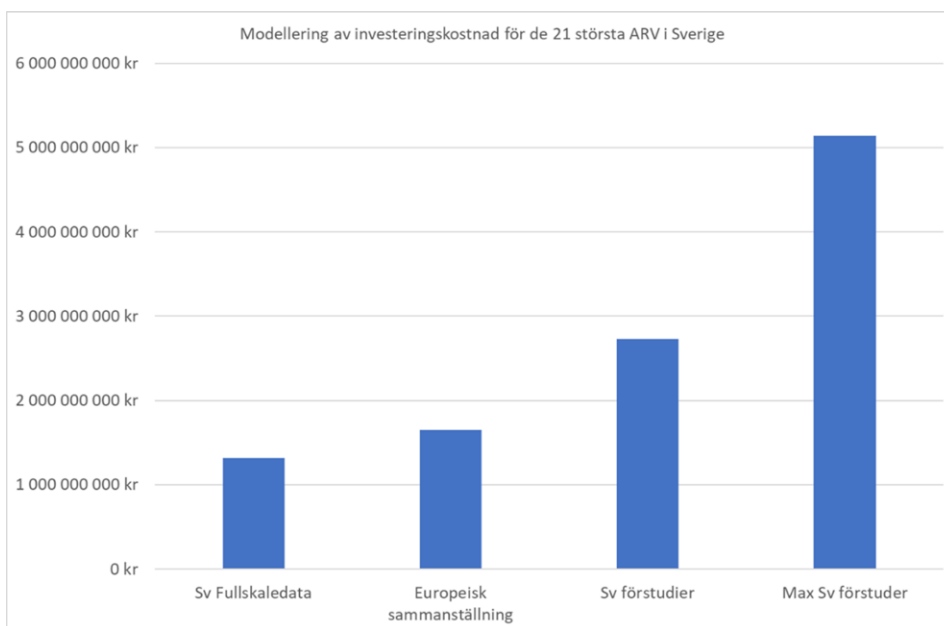
### 9.1 Grupp 1 - De 21 största reningsverken i Sverige

Enligt den svenska miljöportalen (SMP) hade de 21 största reningsverken i Sverige år 2020 en anslutning mellan 861 000 pe (Henriksdal i Stockholm) och 70 000 pe (Smedjeholmen i Jönköping). Tillsammans renar de avloppsvatten från motsvarande 4 853 483 pe. Genom att använda de fyra olika kostnadsmodellerna ”Modell 1-4” har individuella skattningar av investeringskostnaden för varje reningsverk beräknats för respektive modell. Exempelvis genererar Modell 1 en sammanlagd investeringskostnadsuppskattning för de 21 reningsverken på 1,3 miljarder SEK, tabell 14.

ARV		pe	Investeringskostnad ur modell 1
HENRIKSDALS RENINGSVERK	Ansl.pe-tot	861000	107 186 681 kr
Gryaab AB Ryaverket	Ansl.pe-tot	678363	98 558 570 kr
KÄPPALVERKET	Ansl.pe-tot	575842	93 035 028 kr
Sjölunda Avloppsreningsverk	Ansl.pe-tot	406600	82 308 869 kr
BROMMA RENINGSVERK	Ansl.pe-tot	282000	72 361 474 kr
HIMMERFJÄRDSVERKET	Ansl.pe-tot	224059	66 734 019 kr
ARV NYKVARNVERKET	Ansl.pe-tot	197600	63 846 445 kr
Uppsala Avloppsreningsverk	Ansl.pe-tot	183100	62 156 423 kr
Öresundsverket, AVR	Ansl.pe-tot	177388	61 466 863 kr
ARV Slottshagen	Ansl.pe-tot	177000	61 419 504 kr
Skebäcks Avloppsreningsverk	Ansl.pe-tot	129657	55 045 763 kr
Ellinge Avloppsreningsverk	Ansl.pe-tot	122586	53 969 812 kr
Centrala Avloppsreningsverket	Ansl.pe-tot	115000	52 769 789 kr
Eskilstuna Avloppsreningsverk	Ansl.pe-tot	114199	52 640 117 kr
Kungsängens reningsverk	Ansl.pe-tot	111183	52 146 508 kr
Västra Strandens arv (Halmstad	Ansl.pe-tot	101572	50 513 117 kr
Öns avloppsreningsverk	Ansl.pe-tot	98118	49 901 690 kr
KALMAR ARV, Tegelviken	Ansl.pe-tot	80722	46 588 730 kr
Källby avloppsreningsverk	Ansl.pe-tot	77435	45 911 940 kr
Uddebo avloppsreningsverk	Ansl.pe-tot	70059	44 322 375 kr
Smedjeholms ARV (Falkenberg)	Ansl.pe-tot	70000	44 309 232 kr
Summa		4853483	1 317 192 946 kr

**Tabell 14**  
Beräknade investeringskostnader enligt Modell 1 för de 21 största ARV i Sverige.

På motsvarande sätt har investeringskostnaderna skattats med Modell 2-4. En jämförelse mellan skattningarna av kostnaden för de 21 största reningsverken, med de olika modellerna, visar skillnader motsvarande en faktor fyra mellan de olika modellerna, figur 19.



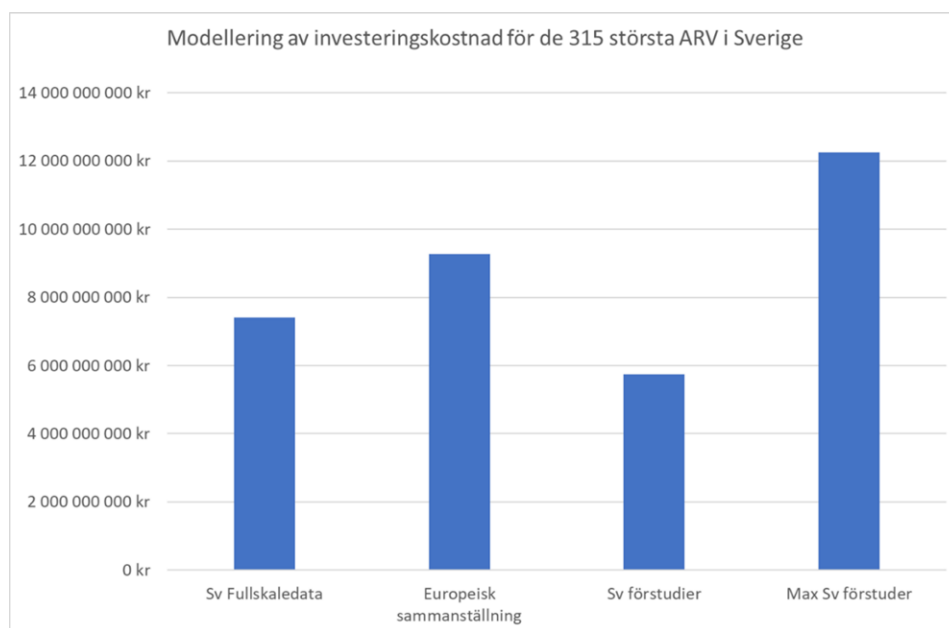
**Figur 19**  
Beräknade investeringskostnader för de 21 största svenska reningsverken.

Den stora skillnaden mellan beräkningarna kan troligtvis förklaras av att datamängden är mycket begränsad speciellt från svenska fullskalanläggningar och att förstudieberäkningarna innehåller stora poster för oförutsett och höga byggkostnader samt att det i maxfallet (modell 4) ingår dubblade processer, både ozonering och aktiverat kol.

## 9.2 Grupp 2 - De 315 största reningsverken i Sverige

De 315 största reningsverken i Sverige år 2020 har en anslutning mellan 861 000 pe (Henriksdal i Stockholm) och 2 023 pe (Alfta ARV). Tillsammans renar de avloppsvatten från motsvarande 8 082 220 pe. De fyra olika kostnadsmodellerna ”Modell 1-4” har använts för att ge individuella skattningar av investeringskostnaden för varje reningsverk.

En jämförelse mellan skattningarna med de olika modellerna visar en faktor fyra mellan de olika modellerna, figur 20.



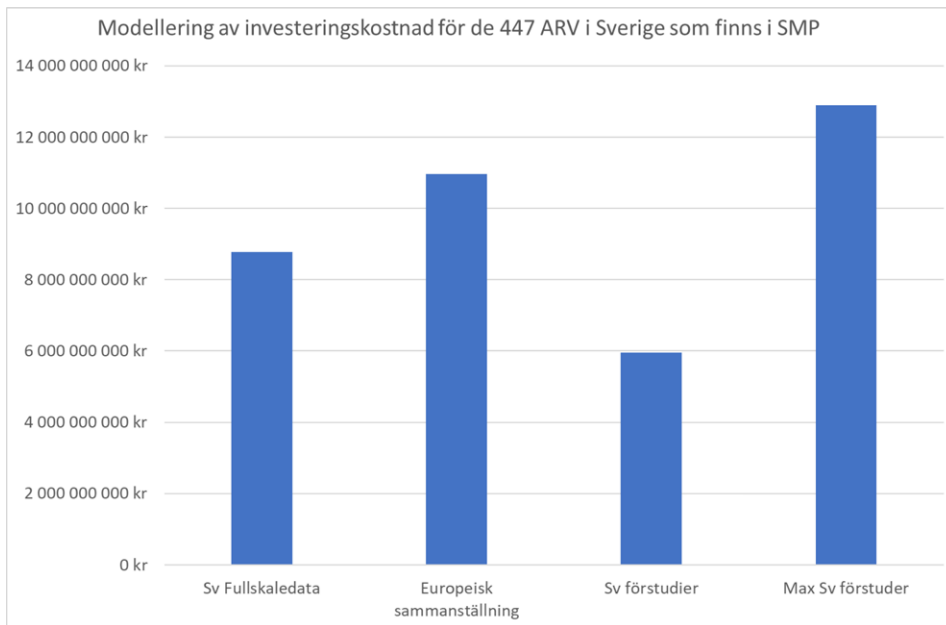
**Figur 20**  
Beräknade investeringskostnader för de 315 största svenska reningsverken.

Skillnaderna mellan skattningarna med de fyra modellerna är mindre för den stora gruppen reningsverk vilket troligtvis beror på den relativt stora andelen mindre reningsverk. Modellen baserad på alla tillgängliga svenska förstudier ger den minsta totalsumman, vilket kan förklaras av att förstudierna indikerar bara hälften så stora investeringskostnader för små reningsverk (2 000 pe) som de rapporterade investeringskostnaderna från byggda svenska fullskaleverk i motsvarande storlek. De byggda mindre anläggningarna hade kunnat utformas effektivare och byggts mer kompakt för att minska investeringen. Samtidigt kan kostnadsberäkningarna i förstudiefasen för mindre verk behöva kontrolleras mot utfallet för byggda anläggningar.

## 9.3 Grupp 3 – Alla 447 reningsverk registrerade i den svenska miljöpartalen

Alla registrerade 447 reningsverk i Sverige år 2020 har en anslutning mellan 861 000 pe (Henriksdal i Stockholm) och 107 pe (Avasjö avloppsreningsanläggning). Tillsammans renar de avloppsvatten från motsvarande 8 238 642 pe. De fyra olika kostnadsmodellerna ”Modell 1-4” har använts för att ge individuella skattningar av investeringskostnaden för varje reningsverk.

En jämförelse mellan skattningarna med de olika modellerna visar en faktor två i skillnad mellan de olika modellerna, figur 21.



**Figur 21**  
Beräknade investeringskostnader för de 447 reningsverken i svenska miljöportalen.

På motsvarande sätt som för beräkningarna för de 315 största reningsverken är skillnaderna mellan skattningarna med de fyra modellerna mindre än för gruppen med 21 reningsverk, vilket troligtvis beror på den relativt stora andelen mindre reningsverk i denna beräkning. Modellen baserad på alla tillgängliga svenska förstudier ger den minsta totalsumman, vilket kan förklaras av att förstudierna visar bara hälften så stora investeringskostnader för små reningsverk (2 000 pe).

#### 9.4 Jämförelser mellan kostnadsmodellerna 1-4

Beräkningarna av investeringskostnader för de tre grupperna av reningsverk med de fyra olika modellerna visar på stor spridning. Beroende på hur många reningsverk som skall kompletteras med avancerad rening kommer kostnaderna variera. För de 21 största reningsverken skulle investeringskostnaden hamna i intervallet 1,3 och 5,1 miljarder. I det fall alla reningsverk skulle kompletteras hamnar kostnaden på mellan 6 och knappt 13 miljarder, figur 22.



**Figur 22**  
 Investeringskostnader för avancerad rening - Jämförelser mellan Modell 1-4.

I medeltal hamnar investeringskostnaden för de fyra modellerna på 2,8 miljarder för de 21 största reningsverken, 8,7 miljarder för de 315 största reningsverken, respektive 9,7 miljarder för alla 447 reningsverk i SMP.

## 9.5 Sju reningsverk i region Skåne

De framtagna modellerna kan användas för att snabbt skatta investeringskostnader för tillbyggnad av avancerad rening till reningsverk. Ett exempel kommer från ett beställargruppseminarium den 28 oktober 2021 då region Skåne informerade om att de identifierat sju reningsverk som kräver avancerad rening med hänsyn till miljökvalitetsnormer för vissa läkemedelsrester i recipienter som har låg utspädning av det till recipienten utsläppta renade avloppsvattnet. Genom att använda en del av lunchpausen kunde vi skatta investeringskostnaden för vart och ett av de sju reningsverken och fick fram en totalsumma av 190 miljoner. I det aktuella fallet varierade de sju reningsverkens anslutning mellan 1 900 pe och 100 000 pe. Den totala anslutningen uppgick till 130 400 pe.

Den skattade kostnaden ger en indikation på vad åtgärder för att uppfylla miljökvalitetsnormerna för aktuella vattendrag skulle innebära ekonomiskt och om insatsen är rimlig eller om andra alternativ skall övervägas, såsom överföring till annat reningsverk med bättre recipient eller planerad utbyggnad av avancerad rening.

---

## 10 Slutord

Att jämföra kostnader för avancerad rening av avloppsvatten är svårt eftersom behoven och förutsättningarna ser väldigt olika ut på olika platser, både i form av reningskrav och lokala förutsättningar, exempelvis i form av befintlig infrastruktur. Därtill är det många olika kostnadsposter som kan ingå i redovisade kostnader. Det betyder dock inte att vissa slutsatser om kostnader inte kan dras.

Vid jämförelser av kostnader måste det framgå vilken anläggningsstorlek som avses och huruvida kostnader för efter- (och/eller för-) behandling för den avancerade reningen ingår. Exempelvis är den specifika totalkostnaden för investering och drift (uttryckt per m<sup>3</sup>) i storleksordningen 4 fyra gånger högre för en anläggning för 2000 pe jämfört med en för 100 000 pe. Detta märks framför allt på investeringssidan. Kostnader för en efterbehandling i form av ett sandfilter kan vara lika stora som kostnaderna för den avancerade reningen i sig. Ett sandfilter kan ha flera funktioner beroende på kravbild och processutformning, vilket komplicerar en kostnadsbedömning och allokering av kostnader till olika reningsprocesser.

Specifika kostnader redovisas på olika vis i olika studier. Det förekommer normering av kostnader utifrån både debiterad dricksvattenvolym och behandlat avloppsvattenflöde. Därtill kan skillnader mellan dimensionerande flöde och behandlat flöde få stora konsekvenser för kostnadsbedömningar. Det kommer naturligtvis att vara fördelaktigt om en anläggning kan utnyttjas hela tiden. Flera avloppsreningsverk behandlar delflöden i sin avancerade rening. Normering utifrån kostnader per person som är anslutna till den avancerade reningen kan utgöra ett bra komplement vid jämförelser.

I flera internationella studier understryks att kostnadsvariation kan vara stor mellan två anläggningar av samma storlek. Det krävs därför ett projektbaserat tillvägagångssätt för att uppskatta kostnader med tillräcklig precision. Lokala förutsättningar, exempelvis i form av pumpningsbehov och markförutsättningar kan ge upphov till betydande kostnadsvariationer, även vid samma teknikval. Till detta kommer att skillnader i vattenmatrisen kan ge upphov till olika ozon- och kolbehov samt behov av partikelavskiljning. Grundläggande parametrar som löst organiskt material (DOC), suspenderat material och nitrit måste därför anges. Halten organiskt material i normalt utgående vatten är ofta lägre i tyska och schweiziska studier än vad vi är vana vid i Sverige.

Till driftkostnader för den avancerade är det viktigt att inkludera kostnader för underhåll, personal och kemisk analys, förutom direkta kostnader för kemikalier och energi. Personal och kemisk analys kan utgöra relativt stora delar. Schabloner för underhållskostnader kan initialt ge en viss övervärdering av underhållskostnaderna. I takt med att byggda reningssteg kan utvärderas kan erfarenhetsvärden för de olika kostnadskomponenterna samlas in och driftkostnads-kalkylerna förbättras.

Uppföljningar av fullskaliga tyska och schweiziska anläggningar med avancerad rening kommer under 2022 och 2023, men de erfarenheter som finns så här långt stämmer relativt väl med de uppskattningar som gjorts. Kostnadsbedömningar från Tyskland, Schweiz och Nederländerna pekar på kostnader <0,1 €/m<sup>3</sup> behandlat vatten, utan efterbehandling, för anläggningar >100 000 pe. Kostnader för ozon och PAK är ofta av samma storleksordning men ozon är i regel billigast. Kostnader för GAK-filtrering är oftast högre. Det finns en stor spridning i antaganden om antalet bäddvolymeter som kan filtreras innan kolet ska bytas ut. Nationella eller lokalt uppsatta reningsgrader och resthalter för ett varierande urval av ämnen påverkar hur ofta kolet måste bytas ut. Eftersom drifttider mellan utbyten får stor inverkan på kostnaderna finns det fortfarande osäkerheter kopplade till driftkostnader för GAK.

De första svenska fullskaleanläggningarna och de förstudier som gjorts inom ramen för de bidrag som beviljats av Naturvårdsverket och Vinnova samt utifrån lokala satsningar



---

har följts upp och sammanställts. Datainsamlingen från avslutade investeringsprojekt har varit svår då detaljerade data i dagsläget saknas. Detaljeringsgraden är betydligt bättre i de olika förstudierapporterna än i slutrapporter för investeringsprojekten. För de svenska anläggningar som tagits i drift har preliminära bedömningar, utifrån vissa antaganden, emellertid gjorts och resulterat i driftkostnader i intervallet 0,45-1,35 SEK/m<sup>3</sup>. Det bör noteras att de flesta anläggningarna är små, undantaget Nykvarnsverket i Linköping och att nära nog allt vatten (95-99%), med något undantag, behandlas. Det råder god överensstämmelse mellan de rapporterade specifika totalkostnaderna från centraleuropeiska respektive svenska anläggningar.

De fyra olika kostnadsmodellerna som tagits fram i föreliggande studie är baserade på data från fullskaleinstallationer och förstudier i Sverige och Europa. Modellerna har använts för att översiktligt beräkna investeringskostnader för vart och ett av ingående reningsverk i tre olika grupperingar av svenska reningsverk: 1) de 21 största reningsverken i Sverige, 2) de 315 största reningsverken i Sverige (alla verk större än 2000 pe) eller 3) alla de 447 i Svenska miljöpartalen registrerade reningsverken. Beräkningarna visar på en stor spridning i kostnadsskattningarna, dataunderlaget är relativt litet, vilket försämrar beräkningarnas precision. I medeltal hamnar investeringskostnaderna beräknade med de fyra modellerna på 2,8 miljarder för de 21 största reningsverken, 8,7 miljarder för de 315 största reningsverken, respektive 9,7 miljarder för alla 447 reningsverk i SMP. Ett mål med arbetet har varit att förbättra skattningarna av de sammanlagda kostnaderna för att bygga ut ett urval av svenska reningsverk, vilket bedöms vara delvis uppfyllt. Brist på detaljerade ekonomiska data försvårar modelleringsarbetet.

De olika fullskaleanläggningarna som byggts eller i skrivande stund byggs bör följas upp på ett systematisk vis framöver för att kunna jämföra och värdera såväl dimensionering och drifterfarenheter som faktiska investerings- och driftkostnader. Flera av de byggda anläggningarna bygger på GAK-filtrering och i dessa fall kan det krävas flera års drift för att bestämma de faktiska driftkostnaderna som till stor del utgörs av kostnaden för hantering och regenerering av det aktiva kolet. Uppföljning bör göras inom beviljade projekt men även i samlad form. Kommande redovisningar från internationella projekt bör också analyseras och jämföras med svenska erfarenheter. Sverige ligger väl framme i utveckling och implementering av avancerad rening, men anläggningarna är fortfarande relativt få och kostnadsbilden under utveckling. Förändringar i infrastruktur, exempelvis för regenerering av aktivt kol, både i Sverige och utomlands, kan ändra förutsättningarna och därmed prisbilden.

---

# Referenser

- Abegglen, C. & Siegrist, H. (2012). Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser – Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen. Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern 2012.
- Alt, K., Zydorczyk, S., Frindi, S. (2021). PEAK-VSA-Vertiefungskurs V51/21. Aktivkohle zur Spurenstoffelimination – Verfahrensvarianten zu GAK und PAK. Heutige Projektkosten von granulierter Aktivkohle und aktuelle Entwicklungen. PowerPoint-Präsentation (micropoll.ch) Hämtad 2021-11-22.
- Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination (2016). 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe. Stand 01.09.2016.
- Antaklyali, D. (2016). Sanierung und gleichzeitige Ertüchtigung zur Mikroschadstoffelimination – Betriebswirtschaftliche Bewertung (transl. as: Restoration and simultaneous retrofitting for micropollutant removal – a financial evaluation). Presentation vid konferensen “Arzneimittel und Mikroschadstoffe in Gewässern”, Düsseldorf, 2016.
- Balmér P. och Mattsson B., 1993. Kostnader för drift av avloppsreningsverk, VA-Forsk 1993-15, ISBN 91-88392-66-X.
- Balmér, P., Hellström, D., 2011. Nyckeltal för reningsverk – verktyg för effektivare resursanvändning. Svenskt Vatten Utveckling, Stockholm.
- Baresel, C., Malmborg, J., Ek, M., Sehlén, R. (2016). Removal of pharmaceutical residues using ozonation as intermediate process step at Linköping WWTP, Sweden. *Water Science & Technology*, 73, 8, 2017-2024.
- Baresel, C., Ek, M., Ejhed, H., Allard, A.-S., Magnér, J., Dahlgren, L., Westling, K., Wahlberg, C., Fortkamp, U., Søhr, S. (2017). Handbok för rening av mikroföroreningar vid avloppsreningsverk - Planering och installation av reningstekniker för läkemedelsrester och andra mikroföroreningar. Slutrapport SystemLäk projekt. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport B2288.
- Björleinius, B., 2022. Förstudie av läkemedelsrening på Lindholmens reningsverk i Norrtälje. Norrtälje.
- Björleinius, B., Fick, J., 2018. Fullskalig läkemedelsrening i Knivsta och dess effekt på recipienten.
- Böhler, M., Hernandez, A., Baggenstos, M., McArdeall, C.S., Siegrist, H., Joss, A. (2020a). Elimination von Spurenstoffen durch granuliert Aktivkohle-Filtration (GAK): Grosstechnische Untersuchungen auf der ARA Furt, Bülach, Schlussbericht Eawag, Dübendorf, Schweiz.
- Böhler M., Joss A., McArdeall C., Meier A. (2020b). Hinweise zur Planung und Auslegung von diskontinuierlich gespülten GAK-Filtern zur Elimination organischer Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser. Konsenspapier zum Ergebnis eines Workshops mit Fachexperten aus der Schweiz und Deutschland, Eawag und VSA, Dübendorf.
- Cimbritz, M., Tumlin, S., Hagman, M., Dimitrova, I., Hey, G., Mases, M., Åstrand, N., Jansen, J. la Cour (2016). Rening från läkemedelsrester och andra mikroföroreningar – En kunskapssammanställning. Svenskt Vatten Utveckling, Rapport 2016-04.
- Choubert J.M., Penru Y., Mathon B., Guillon A., Esperanza M., Crétollier C., Dherret L., Daval A., Masson M., Lagarrigue C., Miège C., Coquery M. (2017). Elimination de substances prioritaires et émergentes des eaux résiduaires urbaines par ozonation:

---

évaluations technique, énergétique, environnementale. Rapport final du projet MICROPOLIS-PROCEDES. 167 p.

Choubert (2021). Skriftlig kommunikation.

Danva (2019). Water in figures 2019, Danva statistics & benchmarking, Denmark. Available at: [https://www.danva.dk/media/6355/2019\\_water-in-figures\\_web.pdf](https://www.danva.dk/media/6355/2019_water-in-figures_web.pdf)

Definition und Standardisierung von Kennzahlen für Verfahren zur Elimination von organischen Spurenstoffen in ARA (2019). Definition und Standardisierung von Kennzahlen für Verfahren zur Elimination von organischen Spurenstoffen in ARA - Empfehlung und EXCEL Tool - VSA Micropoll. Hämtat 2021-09-13.

EurEau (2019) Treating micropollutants at wastewater treatment plants. Experiences and developments from European countries. Briefing note.

Herbst, H., Antakyali, D., Sasse, R., Ante, S., Schulz, J. (2016): Kosten der Elimination von Mikroschadstoffen und mögliche Finanzierungsansätze, KA Korrespondenz Abwasser, Abfall ISSN: 1866-0029, Jg.63, Nr.2, s.124-130.

Hillenbrand, T., Tettenborn, F., Menger-Krug, E., Fuchs, S., Toshovski, S., Kittlaus, S., Metzger, S., Wermter, P., Kersting, M., Abegglen, C. (2014). Measures to reduce micropollutant emissions to water Summary, TEXTE 87/2014, Environmental Research of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.

Holinger AG & Hunziker Betatech AG (2015). Dimensionierungswassermenge und Redundanzen von Stufen zur Elimination von Mikroverunreinigungen. Eine Studie im Auftrag des VSA. Dimensionierungswassermenge und Redundanzen von Stufen zur Elimination von Mikroverunreinigungen – Schlussbericht - VSA Micropoll Hämtad 2021-09-14.

Kreienborg, J., Wortmann, E., Bertzbach, F., Launay, M. (2019). KomS-Langezeitbetrachtung su Kosten der Pulveraktivkohlbearbeitung. Kompetenzzentrum Spurenstoffe-BW. [www.koms-bw.de](http://www.koms-bw.de)

Kuokkanen (2021). Skriftlig kommunikation.

Larsen, H.F., Hansen, P.A., Souchet, F. B., (2010). New sustainable concepts and processes for optimization and upgrading municipal wastewater and sludge treatment. Assessment of environmental sustainability and best practice. Deliverable 4.3. Decision support guideline based on LCA and cost/efficiency statement.

Launay, M. (2021). Skriftlig kommunikation.

Meyer, A. (2021). Skriftlig kommunikation.

Micropollutants in wastewater – action recommendation for municipalities (2021). Kompetenzzentrum Spurenstoffe-BW. [www.koms-bw.de/en](http://www.koms-bw.de/en)

Miljøstyrelsen (2021). Kortlægning af renseteknologier Til målrettet spildevandsrensning for metaller og miljøfremmede stoffer på centralrenseanlæg. Miljøprojekt nr. 2164 Marts 2021.

Mulder, M., Evenblij, H., de Wilt, A. (2021). Lost in translation – use of Swiss and German key figures for the removal of micro-pollutants from sewage. Amsterdam International Water Web. Lost in translation - use of Swiss and German key figures for the removal of micro-pollutants from sewage - Amsterdam International Water Web ([amsterdamiww.com](http://amsterdamiww.com)) Hämtad 2021-11-22.

Naturvårdsverket (2008) Avloppsreningsverkens förmåga att ta hand om läkemedelsrester och andra farliga ämnen. Rapport 5794, Februari 2008.

Naturvårdsverket (2017). Avancerad rening av avloppsvatten för avskiljning av

---

läkemedelsrester och andra oönskade ämnen. Behov, teknik och konsekvenser.

Rapport 6766. April 2017.

Nielsen, U., Pedersen, B. (2021). Less is More – Energy efficient technologies for removal of pharmaceuticals and other contaminants of emerging concern. Deliverable 4.1 - Part II, Danish national report. Specific expert paper on treatment technology/efficiency for the Danish pilot plant. [DHI Report UK \(gfw.pl\)](#). Hämtad 2021-11-22.

Olsson, J. (2019). Beställargrupp för minskade utsläpp av läkemedelsrester, mikroplaster och andra föroreningar via avloppsreningsverk. Redovisning 2018-19. Meddelande M 147, Oktober 2019.

Rettig, S., Schulz, K., Barjenbruch, M., Al-Zreiqat, I. (2018). Key Figure Data for Energy Efficiency Benchmarking the Baltic Sea Region in the project IWAMA – Interactive Water Management.

Rizzo, L., Malato, S., Antakyali, D., Beretsou, V. G., Đolić, M. B., Gernjak, W., Heath, E., Ivancev-Tumbas, I., Karaolia, P., Lado Ribeiro, A. R., Mascolo, G., McARDell, C. S., Schaar, H., Silva, A. M. T., & Fatta-Kassinos, D. (2019). Consolidated vs new advanced treatment methods for the removal of contaminants of emerging concern from urban wastewater. *Science of the Total Environment*, 655, 986–1008. <https://doi-org.ludwig.lub.lu.se/10.1016/j.scitotenv.2018.11.265>

Stapf, M., Mieke, U., Bester, K. & Lukas, M. 2020. Guideline for advanced API removal. CWPharma Activity 3.4 output. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4305935>

STOWA (2015). Verwijdering van microverontreiniging uit effluenten van RWZI'S. Een vertaling van kennis en ervaring uit Duitsland en Zwitserland. Rapport 2015, 27. Amersfoort, the Netherlands.

STOWA (2017). Verkenning technologische mogelijkheden voor vermijding van geneesmiddelen uit afvalwater. Rapport 2017, 36. Amersfoort, the Netherlands.

STOWA (2020). Verwijdering van organische microverontreinigingen. Handvatten voor de keuze van behandelingstechniek in combinatie met de benodigde hydraulische capaciteit. Rapport 2020, 06. Amersfoort, the Netherlands.

Tarpani, R. R. Z., & Azapagic, A. (2018). Life cycle costs of advanced treatment techniques for wastewater reuse and resource recovery from sewage sludge. *Journal of Cleaner Production*, 204, 832–847. <https://doi-org.ludwig.lub.lu.se/10.1016/j.jclepro.2018.08.300>

Vesilaitosyhdistyksen (2016). Teknis-taloudellinen tarkastelu jätevesien käsittelyn tehostamisesta Suomessa. Monistesarja nro 42 Helsinki 2016.

Wahlberg, C., Björlenius, B., Paxéus, N. (2010). Läkemedelsrester i Stockholms vattenmiljö. Slutrapport, Stockholm Vatten, ISBN 978-91-633-6642-0.

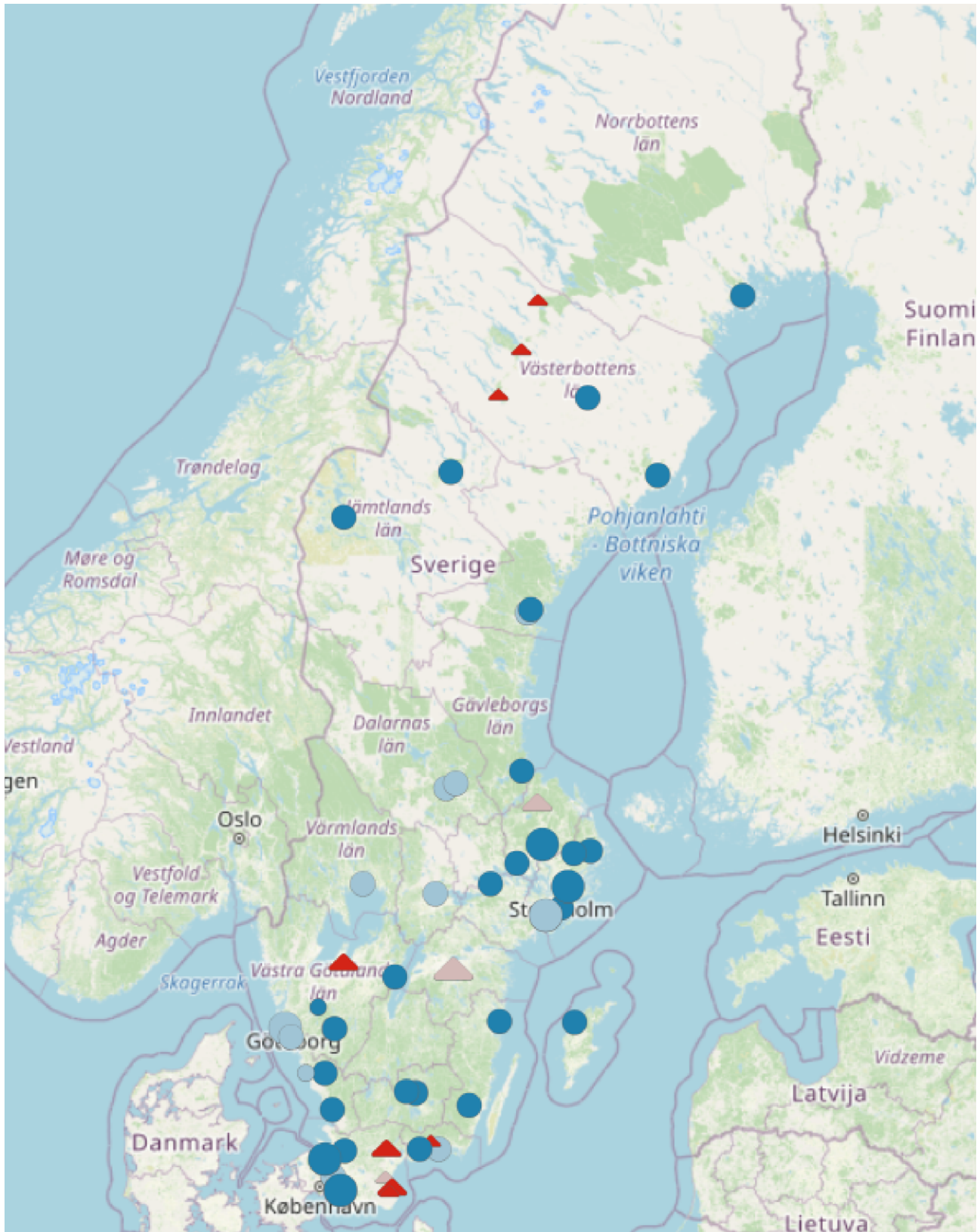
Äystö, L. & Stapf, M. (2020). Scenarios for reducing pharmaceutical emissions – Estimated load reductions, greenhouse gas emissions & costs. Project CWPharma Activity 5.1 + 5.2 report. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/322549>

# Bilaga 3 Beviljade statliga bidrag för läkemedelsrening 2019-2021

Namn	Projekttyp	Slutrapporterar
Alingsås kommun	Förstudieprojekt	2020
Alvesta kommun	Förstudieprojekt	2022
Borlänge	Förstudieprojekt	2018
Borås	Förstudieprojekt	2018
Borås Energi & Miljö AB	Förstudieprojekt	2022
Enköpings kommun	Förstudieprojekt	2022
Eskilstuna Energi & Miljö AB	Förstudieprojekt	2022
Falu energi och Miljö AB	Förstudieprojekt	2018
Gotland	Förstudieprojekt	2019
Gryaab	Förstudieprojekt	2019
Gävle Vatten AB	Förstudieprojekt	2022
Haninge	Förstudieprojekt	2019
Hjo kommun	Förstudieprojekt	2022
Karlshamn Energi Vatten AB	Förstudieprojekt	2022
Karlstad	Förstudieprojekt	2019
Kristianstad	Investeringsprojekt	2018
Kungsbacka	Förstudieprojekt	2019
Käppalaförbundet	Förstudieprojekt	2022
Laholmsbuktens VA AB	Förstudieprojekt	2022
Lidköping	Investeringsprojekt	2018
Luleå kommun	Förstudieprojekt	2022
Lycksele Avfall och Vatten AB	Förstudieprojekt	2022
Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp AB	Förstudieprojekt	2022
Norrtälje Vatten och Avfall AB	Förstudieprojekt	2022
Norrtälje Vatten och Avfall AB	Förstudieprojekt	2022
NSVA (H+)	Investeringsprojekt	2018
NSVA (Lundåkra)	Förstudieprojekt	2018
NSVA (Öresund)	Förstudieprojekt	2018
Nybro Elnät AB	Förstudieprojekt	2022
Ronneby (Bräkne-Hoby)	Investeringsprojekt	2019
Ronneby (Rustorp)	Förstudieprojekt	2019
Simrishamn (Kivik)	Investeringsprojekt	2018
Simrishamn (St Olof)	Investeringsprojekt	2019
Sorsele kommun	Investeringsprojekt	2020
Storumans kommun	Investeringsprojekt	2023
Strömsunds kommun	Förstudieprojekt	2022
Sundsvall	Förstudieprojekt	2019
Sundsvall Vatten AB	Förstudieprojekt	2022

Namn	Projekttyp	Slutrapporterar
Syvab	Förstudieprojekt	2018
Syvab	Förstudieprojekt	2019
Syvab	Förstudieprojekt	2020
Tekniska Förvaltningen, Klippans Kommun	Förstudieprojekt	2022
Tierp	Investeringsprojekt	2018
Uppsala Vatten och Avfall AB	Förstudieprojekt	2020
VA SYD	Förstudieprojekt	2022
VA Syd (Sjölunda)	Förstudieprojekt	2018
VA Syd (Sjölunda)	Förstudieprojekt	2020
VAKIM (Umeå)	Förstudieprojekt	2019
Vatten & Miljö i Väst AB (VIVAB)	Förstudieprojekt	2020
Vilhelmina kommun	Investeringsprojekt	2023
Vivab	Förstudieprojekt	2018
Västervik Miljö- & Energi AB	Förstudieprojekt	2022
Växjö	Förstudieprojekt	2018
Växjö	Förstudieprojekt	2019
Åre	Förstudieprojekt	2019
Örebro kommun	Förstudieprojekt	2020
Östra Göinge	Investeringsprojekt	2018

## Bilaga 4 Beviljade statliga bidrag för läkemedelsrening 2019-2021



# Svenskt Vatten



Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL [svensktvatten@svensktvatten.se](mailto:svensktvatten@svensktvatten.se)

[www.svensktvatten.se](http://www.svensktvatten.se)