

Slutrapport

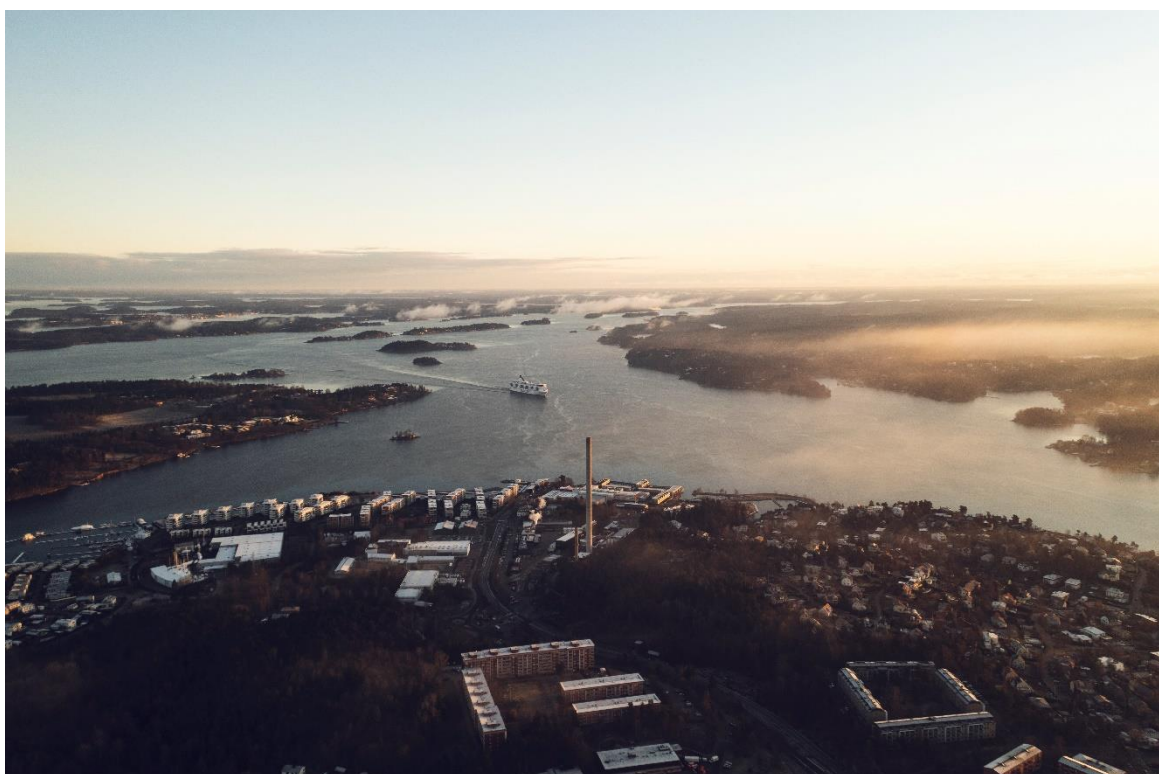
Läkemedelsrening på Käppalaförbundet - Fas 0

Riskbedömning

Sofia Bramstedt, Käppalaförbundet

Christian Baresel och Magnus Karlsson, IVL Svenska Miljöinstitutet

2022-11-18



Sammanfattning

Käppalaförbundet beviljades 2021-07-12 medel från Naturvårdsverket (NV-21-006028) för att genomföra en förstudie med huvudsakligt syfte att göra en behovsanalys för rening av läkemedelsrester vid Käppalaverket. Projektet genomfördes av Käppalaförbundet tillsammans med IVL Svenska Miljöinstitutet. Denna rapport sammanfattar resultat från karteringen av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar samt recipientbedömningen som IVL tagit fram i projektet.

Målet med projektet var att undersöka behovet av läkemedelsrening vid Käppalaverket genom att identifiera prioriterade läkemedel och hormoner samt utvärdera deras recipientpåverkan. Behovet av läkemedelsrening utvärderas genom att jämföra uppmätta halter i utgående vatten med miljö kvalitetsnormerna (MKN) i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2019:25) samt den koncentration som utifrån toxikologiska studier inte anses ha en negativ påverkan på den akvatiska miljön, ”predicted no effect concentration” (PNEC). Utöver det samlades även data in för de fenoler och poly- och perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) som finns med i miljö kvalitetsnormerna (MKN). Data samlades in för att få ett mer omfattande underlag för Askrikefjärdens status avseende dessa ämnen. Projektet delades in i flera delar: Provtagning och analys, spädningsbedömning av Käppalaverkets renade avloppsvatten, behovsanalys för läkemedelsrening samt riskbedömning av fenoler och PFAS.

Inkommande och utgående avloppsvatten samt vatten uppströms och nedströms Käppalaverkets utsläppspunkt i recipienten provtogs. Mikroföroreningar i proverna analyserades med utgångspunkt från Naturvårdsverkets lista med rekommenderade ämnen (Naturvårdsverket u.å.) och prioriterade ämnen samt särskilt förorenande ämnen (SFÄ) i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2019:25). Käppalaförbundets nuvarande reningsteknik, som ej är utformad för rening av läkemedelsrester eller mikroföroreningar, reducerar en del av mikroämnen helt eller delvis medan andra går igenom reningsprocessen opåverkade. Samma tendens har setts på andra reningsverk i Sverige. Det finns flera osäkerhetsfaktorer i den data som projektet sammanställt och dragit slutsatser från. Utvärderingen i projektet är gjord på endast fyra provomgångar och flera av ämnen kunde inte kvantifieras eller detekteras på grund av låga halter och komplex miljö i provet.

Det går inte att fastslå med säkerhet att Käppalaverket har en negativ påverkan på recipienten gällande läkemedel, hormoner eller östrogena effekter. Därmed går det inte att styrka ett behov av en läkemedelsrening. Reduktionen av hormoner och östrogena effekter över Käppalaverket är idag hög. Inga halter av hormoner eller östrogena effekter över detektionsgräns kan mätas i det renade avloppsvatten eller i recipienten. Detektions- och kvantifieringsgränserna för hormonerna ligger dock betydligt högre än bedömningsgrunderna i miljö kvalitetsnormen (MKN) och PNEC-värdena vilket gör att dessa ämnen har identifierats för vidare bevakning.

Tre läkemedel identifierades för vidare bevakning: Diklofenak, Citalopram och Oxazepam. Trots en hög koncentration av Diklofenak i utgående avloppsvatten Diklofenak understiger halten i Askrikefjärden bedömningsgrunden i MKN, där flera värden ligger under detektions-/kvantifieringsgränsen. Detta styrker klassificeringen god status som Vattenmyndigheten har gjort för Askrikefjärden med avseende Diklofenak, trots att de baserat bedömningen på endast två mätvärden, fel bedömningsgrund och en troligt felräknad medelhalt. Bedömningen av Citalopram innefattar en hög osäkerhet på grund av att för få ekotoxikologiska studier har gjorts kring dess påverkan på den akvatiska miljön. Oxazepam har en hög riskkvot innan utspädning i recipienten men efter utspädning minskar risken till måttlig, på gränsen till låg.

Riskbedömningen av fenoler och PFAS visade ingen risk för något av ämnena utom PFOS, ett PFAS ämne, som utifrån de genomförda mätningarna överskrider gränsvärdet i MKN. Det finns idag ingen vedertagen teknik för att rena PFAS och den åtgärd som är mest lämplig är att via uppströmsarbete minska förekomsten av PFAS i samhället och på så vis reducera mängden in till reningsverket.

Generellt behövs mer data för att styrka om Käppalaförbundet har en negativ påverkan på recipienten som medför risk att försämra dess status. Utöver det behövs fler studier som syftar till att studera ämnens påverkan på den akvatiska miljön. För att kunna bedöma låga halter av mikroföroreningar behöver analysmetoderna utvecklas så att lägre halter kan detekteras och kvantifieras. Käppalaförbundet kan som ensam aktör endast arbeta med delar av framtida utvecklingsbehov.

Innehållsförteckning

1. Inledning	5
1.1. Bakgrund	5
1.1.1. Käppalaverkets recipient	5
1.1.2. Käppalaförbundets verksamhetstillstånd	9
1.1.3. Käppalaförbundets läkemedelsstrategi	9
1.2. Projektbeskrivning	10
1.3. Syfte och mål	11
2. Metod	11
2.1. Provtagning	11
2.1.1. Provtagning av inkommande och utgående avloppsvatten	11
2.1.2. Provtagning i recipienten	12
2.2. Analys	12
2.2.1. Analys av näringsämnen	12
2.2.2. Analys av mikroföroreningar	12
3. Resultat	13
3.1. Nuvarande avskiljning av mikroföroreningar	15
3.2. Spädningsbedömning av utgående avloppsvatten	16
3.3. Behovsanalys för läkemedelsrening	17
3.3.1. Bedömning av miljökvalitetsnormer	17
3.3.2. Riskkvotsberäkning	18
3.4. Riskbedömning av fenoler och PFAS	21
4. Diskussion	22
5. Slutsatser	24
5.1. Fortsatt arbete	25
6. Referenser	26

1. Inledning

Att skydda den akvatiska miljön är en viktig anledning till att införa kompletterande reningsteknik för reduktion av läkemedelsrester och andra svårnedbrytbara substanser i spillvatten. Att skydda råvattentäkter och att skapa möjligheter för återanvändning av renat avloppsvatten samt tillämpa försiktighetsprincipen är andra viktiga anledningar. För länder inom EU är vattendirektivet (2000/60/EG), med prioämnesdirektivet (2013/39/EU) och bevakningslistan (2013/39/EU), viktiga styrdokument även om upptagna gränsvärden i första hand är kopplade till skydd av akvatisk miljö.

Svenska reningsverk är idag inte konstruerade för rening av läkemedelsrester och andra svårnedbrytbara föroreningar. Effektiv rening från dessa ämnen förutsätter kompletterande metoder. På uppdrag av Naturvårdsverket bildade Svenskt Vatten AB 2018 en beställargrupp för Sveriges VA-organisationer, som syftar till att vara en plattform och stöd vid införande av avancerad rening. Beställargruppen består idag av 31 VA-organisationer i Sverige där Käppalaförbundet är en av medlemmarna. Från 2018 är det även möjligt för VA-organisationer att söka bidrag från Naturvårdsverket för förstudier eller byggnation av läkemedelsprocesser.

2021 beviljade Naturvårdsverket Käppalaförbundet finansiering för att genomföra en första del i förstudien för läkemedelsrening på Käppalaverket (NV-21-006028). Förstudien ligger i linje med den läkemedelsstrategi som Käppalaförbundet tagit fram under 2020, se avsnitt 1.1.3, och den fas i strategin som är fas 0. Denna rapport avrapporterar fas 0 och innefattar en riskbedömning där mängden läkemedelsrester och andra mikroföroreningar i avloppsvatten samt recipienten kvantifieras. Resultaten analyseras med avseende på risker för Käppalaverkets recipient och behovet av en läkemedelsrening.

1.1. Bakgrund

Käppalaförbundet äger och drifvar Käppalaverket som renar vatten från elva medlemskommuner i nordöstra delen av Stockholms Region. Verket renar idag inkommande avloppsvatten mekaniskt genom galler, sandfång och försedimentering, biologiskt i 11 parallella aktivslambassänger, kemiskt genom simultanfällning i den biologiska reningen samt slutpolering med kemisk fällning på sandfilter.

1.1.1. Käppalaverkets recipient

Käppalaverket släpper idag det renade avloppsvattnet via utloppstuber som mynnar ut på 48 m djup ca 130 m från land i Halvkakssundet i Askrikefjärden mellan Lidingö och Nacka, se Figur 1. Halvkakssundet är ett sund mellan Lilla Värtan och Höggarnsfjärden i Stockholms inre skärgård. Längre in mot de centrala delarna av Stockholm sker även utsläppet av renat avloppsvatten från Stockholm Vattens två avloppsreningsverk, Bromma och Henriksdal. I Askrikefjärden (SE592290-181600) finns flera övervakningsstationer där statusen i recipienten följs upp av vattenmyndigheten.



Figur 1 – Käppalaverkets recipient (SE592290-181600) och utsläppspunkt. Övervakningsstationen uppströms och nedströms Käppalaverkets utsläppspunkt är utmarkerade och namngivna.

Enligt vattenmyndigheten klassas den ekologiska statusen Askrikefjärden i VISS som otillfredsställande utifrån miljö kvalitetsnormerna (MKN) i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2019:25). I denna kategori ingår tre underkategorier, biologiska kvalitetsfaktorer beskriver den biologiska statusen, fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer och hydromorfologi är faktorer som kan påverka den biologiska statusen direkt eller indirekt. Tabell 1 sammanställer de mikroföroreningar som är upptagna som särskilt förorenande ämnen (SFÄ), den sammanvägda statusen för dessa ämnen är måttlig. Icke-dioxinlika PCBer (PCB6) är statusklassad till måttlig och det ämne, av de klassade ämnena, med lägst klassning.

Askrikefjärden uppnår idag inte god kemisk status, bedömt utifrån de prioriterade ämnena i MKN, se Tabell 2. Av de fyra ämnen som inte uppnår god status är bromerad difenyleter (PBDE) och kvicksilver (Hg) klassade nationellt för alla svenska vattenförekomster utifrån långväga atmosfärisk deposition. Utöver de ”överallt överskridande prioriterade ämnen”, PBDE och Hg, är det Arctan och Tributyltenn (TBT) som gör att den kemiska statusen för Askrikefjärden inte uppnås.

Käppalaverket påverkar Askrikefjärden trots en avancerad biologisk rening med en långtgående kväverening. Det renade avloppsvattnet från Käppalaverket innehåller både näringsämnen och mikroföroreningar, däribland läkemedelsrester. Konventionella avloppsreningsverk är inte idag utformade för att rena mikroföroreningar. Vattenmyndigheterna klassar påverkanskällor till vattenförekomster, var av reningsverk är en punktkälla för utsläpp. Myndigheten har bedömt att Käppalaverket, som är det enda reningsverk som är kopplat direkt till Askrikefjärden som recipient, har en påverkan på recipienten av näringsämnen, läkemedelsrester och miljögifter.

Tabell 3 listar de ämnen vattenmyndigheten har bedömt att Käppalaverkets utsläpp kan innehålla i den kvantitet att statusen i recipienten riskeras.

Tabell 1 – Vattenmyndighetens statusbedömning av särskilt förorenande ämnen (SFÄ) i Askrikefjärden (Vattenmyndigheterna, 2021).

	Klassificering	Tillförlitlighets-klassning	Bedömning
Arsenik	Ej klassad	-	Data saknas
Koppar	God	3 – Hög	Tio mätningar genomförda i sediment (2009-2013) vid 10 provlokaler. Medelhalt: 18,3 mg/kgTS Bedömningsgrund: 52 mg/kgTS
Krom	Ej klassad	-	Data saknas
Zink	Ej klassad	-	Data saknas
Etinylöstradiol (17-alfa)	Ej klassad	-	Data saknas, dock har flera betydande påverkans källor identifierats
Östradiol (17-beta)	Ej klassad	-	Data saknas, dock har flera betydande påverkans källor identifierats
Bisfenol A	Ej klassad	-	Data saknas
Ciprofloxacin	Ej klassad	0 – information saknas	Två mätningar genomförda i vatten (2013-2014). Halterna underskred kvantifieringsgränsen (1,0 ng/l). Mer data behövs för statusbedömning. Bedömningsgrund: 10 ng/l
Diklofenak	God*	1 – Låg	Två mätningar genomförda i vatten (2013-2014). Medelhalt: 33 ng/l. Bedömningsgrund: 100 ng/l*.
Icke-dioxinlika PCB'er (PCB6)	Måttlig	1 - Låg	Tre samlingsprov på PCB7 genomförda i biota (2013). PCB6 beräknades utifrån samband mellan PCB6 och PCB7. Medelhalt: 264 µg/kgVV. Bedömningsgrund: 75 µg/kgVV.
Triclosan	Ej klassad	-	Felaktigt infört i VISS

*Bedömningsgrunden stämmer inte överens i VISS med den som finns i HVMFS 2019:25, klassificeringen kan således vara fel.

Tabell 2 – Vattenmyndighetens statusbedömning av prioriterade ämnen i Askrikefjärden (Vattenmyndigheterna, 2021).

	Klassificering	Tillförlitlighets-klassning	Bedömning
Antracen	Uppnår ej god	1 – Låg	Två mätningar genomförda i sediment (2013-2014). Medelhalt: 30,1 µg/kgTS. Gränsvärde: 24 µg/kgTS.
Bromerande difenylater	Uppnår ej god	2 – Medel	Nationell klassificering för alla svenska vattenförekomster.
Di(2-ethylhexyl)-ftalat (DEHP)	Ej klassad	-	Data saknas, dock utpekad från påverkansanalys.
Bly och bly-föreningar	God	3 – Hög	Tio mätningar genomförda i sediment (2009-2013) vid tio provlokaler. Medelhalt: 75,8 mg/kgTS. Gränsvärde: 120 mg/kgTS.
Kadmium och Kadmium-föreningar	God	3 – Hög	Sju mätningar genomförda i sediment (2009-2013) vid sju provlokaler. Medelhalt: 0,32 mg/kgTS. Gränsvärde: 2,3 mg/kgTS.
Kvikksilver och kvikksilver-föreningar	Uppnår ej god	3 - Hög	Nationell klassificering för alla svenska vattenförekomster. Styrks av fem samlingsprover gjorda i biota (2013). Medelhalt: 0,2 mg/kgVV Gränsvärde: 0,02 mg/kgVV
Nickel och nickel-föreningar	Ej klassad	-	Data saknas, dock utpekad från påverkansanalys.
Fluoranten	God	1 – Låg	Två mätningar genomförda i sediment (2013) vid två provlokaler. Medelhalt: 203 µg/kgTS. Gränsvärde: 2000 µg/kgTS.
Hexabrom-cyklododekaner (HBCDD)	God	1 – Låg	En mätning genomförd i biota (2013) Medelhalt: 3 µg/kgVV. Gränsvärde: 167 µg/kgVV.
PFOS – Perfluoroktan-sulfonsyra och dess derivater	God	3 – Hög	Fem mätningar genomförda i biota (2013-2016) Medelhalt: 4,5 µg/kgVV. Gränsvärde: 9,1 µg/kgVV.
Tributyltenn föreningar	Uppnår ej god	2 – Medel	Fyra mätningar genomförda i sediment (2013) vid fyra provlokaler. Medelhalt: 40,2 µg/kgTS. Gränsvärde: 1,6 µg/kgTS.

Tabell 3 – Vattenmyndighetens bedömning av ämnen i Käppalaverket utsläpp som påverkar/kan påverka statusen i Askrikefjärden (Vattenmyndigheterna, 2021).

Risk för miljöproblem	Risk sänkt status
Övergödning p.g.a. belastning av näringsämnen	Totalkväve
	Totalfosfor
Miljögifter	Arsenik
	Di(2-ethylhexyl)ftalat (DEHP)
	Nickel och nickelföreningar
	Krom
	Zink
	Bisfenol A
	Etinylöstradiol (17-alfa)
	Diklofenak
	Östradiol (17-beta)
	Ämnesgruppen metaller

1.1.2. Käppalaförbundets verksamhetstillstånd

Käppalaförbundet har nyligen tagit ett nytt verksamhetstillstånd i anspråk. Det nya verksamhetstillståndet gör gällande att Käppalaverket får öka sin anslutning från 700 000 personekvivalenter, pe, till 900 000 pe med skärpta reningskrav och mängdvillkor för kväve och fosfor som följd. Förbundet planerar och uppgraderar anläggningen för de åtgärder som krävs för att uppfylla de nya kraven, åtgärder som innebär stora kostnader över en lång tid för reningsverket. Det innebär att strikta prioriteringar behöver göras för att ta rätt beslut i rätt tid.

I det nya verksamhetstillståndet finns villkor 18 som handlar om rening av läkemedelsrester. Villkoret säger att Käppalaförbundet fortlöpande ska följa utvecklingen av teknik för rening av läkemedelsrester och arbeta för att ny teknik kan införas så att utsläppen av läkemedelsrester reduceras.

1.1.3. Käppalaförbundets läkemedelsstrategi

För att arbeta med frågan om läkemedelsrening på ett strukturerat sätt har Käppalaförbundet tagit fram en strategi för rening av läkemedelsrester som innefattar en handlingsplan för hur villkor 18 ska gås tillmötes. Strategin omfattar flera moment över en lång tid där slutmålet är en färdig anläggning med uppnådda effektmål. För att arbeta på ett strukturerat sätt mot målen har läkemedelsstrategin delats in i faser.

Den första delen i strategin (fas 0) omfattar en behovsanalys för rening av läkemedelsrester vid Käppalaverket, resultatet redovisas i denna rapport. Inkommande och utgående avloppsvatten samt recipientprover analyseras med avseende på läkemedelsrester och andra mikroföröreningar. För läkemedelsrester som är upptagna i HVMFS 2019:25 jämförs resultaten med MKN. För att få en bredare bild beräknas riskkvoter för ett större antal ämnen. Det är idag praxis i riskbedömning om ett ämne inte finns med i MKN eftersom en myndighetsförankrad metod inte finns.

Arbetet kommer sedan att övergå i fas 1 av läkemedelsstrategin som omfattar fortsatt provtagning och uppdatering av behovsanalysen samt en platspecifik teknikutredning. Teknikutredningen kommer att jämföra implementering av olika tekniker på Käppalaverket. Vidare ska utredningen resultera i en rekommendation av teknikval utifrån de platspecifika förhållandena samt behovsanalysen. Rekommendationen baseras på faktorer som investerings- och driftkostnad, miljöeffekter och miljöpåverkan, arbetsmiljö och risker samt byggbarhet. Fas 1 ska ge information till det övergripande strategiarbetet för Käppalaförbundet. I och med att förbundet står inför en tid med många parallella investeringsprojekt med hög genomförandegrad, är det nödvändigt med långsiktig planering då yta, elförbrukning, investeringskostnad etc. ska samordnas och planeras. Därför är underlag om förutsättningar nödvändiga innan uppstart av ett kommande investeringsprojekt som syftar till att införa läkemedelsrening.

Utöver provtagning, behovsanalys och teknikutredning finns det övergripande punkter som är viktiga i läkemedelsstrategin. Dels är dialogen med tillsynsmyndigheten viktig för att kommunicera Käppalaförbundets behov gällande eventuella framtida krav och nödvändigt arbete som krävs för att uppnå kraven. En annan viktig del är kontinuerlig omvärldsbevakning för att vara uppdaterad på nationella och internationella trender gällande metod för behovsanalys, villkorsskrivningar och tekniker.

1.2. Projektbeskrivning

Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2019:25) beskriver klassificering och miljö kvalitetsnormer (MKN) avseende ytvatten. I denna finns bedömningsgrunder för särskilt förorenande ämnen (SFÄ) och gränsvärden för prioriterade ämnen. Ämnen utvärderas inom svensk vattenförvaltning vid en eller flera övervakningsstationer i respektive recipient. Utsläppet från en verksamhet är kopplad till en recipient och verksamheten får inte påverka dess recipient så att miljö kvalitetsnormerna överskrids och/eller statusen i recipienten försämras. Käppalaverkets recipient är Askrikefjärden, se avsnitt 1.1.1. Detta projekt avser att riskbedöma Käppalaverkets utgående avloppsvatten utifrån läkemedelsrester och hormoner. Målet är att ta fram en behovsanalys för läkemedelsrening på Käppalaverket. Prioriterade substanser identifieras med riskkvotsberäkningar och jämförelse av uppmätta halter mot miljö kvalitetsnormerna. Utöver det samlades även data in för de fenoler och poly- och perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) som finns med i MKN. Datan samlas in för att få ett mer omfattande underlag för Askrikefjärdens status avseende dessa ämnen.

Projektet delas in i flera delar:

- 1) Provtagning
 - a) Käppalaverkets inkommande och rena avloppsvatten
 - b) I Käppalaverkets recipient
- 2) Analys
 - a) Näringsämnen
 - b) Mikroföroreningar
- 3) Spädningsbedömning av Käppalaverkets utgående avloppsvatten
- 4) Behovsanalys av läkemedelsrening
 - a) Riskbedömning utifrån miljö kvalitetsnormerna
 - b) Riskbedömning utifrån riskkvotsberäkning

5) Riskbedömning av fenoler och PFAS

1.3. Syfte och mål

Målet med projektet var att ta fram en behovsanalys för rening av läkemedelsrester på Käppalaverket. Resultatet ska användas som beslutsunderlag vid planering av kommande åtgärder. En viktig del i läkemedelsstrategin, se avsnitt 1.1.3, är en löpande dialog med Käppalaförbundets tillsynsmyndighet, Länsstyrelsen i Stockholm, som på sikt förväntas leda fram till konkreta förslag till villkorsformulering för mikroföroreningar. Resultatet från detta projekt kommer användas i fortsatt dialog med tillsynsmyndigheten.

Projektet syftar även till att göra en status- och riskbedöma Askrikefjärden med avseende på de fenoler och PFAS som finns med i MKN. Målet är att identifiera de substanser som samhället behöver arbeta förebyggande med för att de inte ska nå Käppalaverket, så kallade uppströmsaktiviteter.

2. Metod

För att ge underlag till riskbedömningen för Käppalaverkets påverkan på dess recipient, Askrikefjärden, samt recipientens status behövs mer underlag om koncentrationen av mikroföroreningar. Dels i inkommande och utgående vatten från Käppalaverket, dels i recipienten. Recipientdata som idag finns i Vattenmyndigheternas databas (VISS) är för vissa ämnen bristfällig och har låg tillförlitlighet, se Tabell 1 och Tabell 2. Detta gäller framför allt läkemedelsrester, hormoner och fenoler.

2.1. Provtagning

Provtagning utfördes på inkommande och utgående avloppsvatten samt i övervakningsstationerna uppströms och nedströms reningsverkets utsläppspunkt i recipienten. Provtagningen skedde under samma vecka och vid fyra tillfällen fördelat över ett år för att fånga in eventuella säsongsvariationer.

2.1.1. Provtagning av inkommande och utgående avloppsvatten

Inkommande och utgående provtagning utfördes av Käppalaförbundets ackrediterade laboratorium. Provtagare vid respektive provpunkt samlade ett flödesviktat veckoprov under provtagningsveckorna. Provtagningen skedde på samma sätt som ordinarie provtagning på Käppalaverket.

Namngivning av provpunkterna:

- Ink: Inkommande avloppsvatten till Käppalaverket
- Utg: Utgående renat avloppsvatten från Käppalaverket

2.1.2. Provtagning i recipienten

Käppalaförbundets recipient definieras enligt verksamhetstillståndet som Askrikefjärden (SE592290-181600). I recipienten finns flera övervakningsstationer. Enligt bedömning av strömmarna i recipienten har IVL antagit att övervakningsstation Halvkaksundet (SE658284-16772) är den övervakningsstation i Askrikefjärden som ligger uppströms Käppalaverkets utsläppspunkt, se bilaga 1, det kan därför antas att denna punkt är opåverkad av det renade avloppsvattnet. Övervakningsstation Koviks udde (SE658507-164088) ligger nedströms Käppalaverkets utsläppspunkt, här antas avloppsvattnet vara utblandat i recipienten. Dessa två övervakningsstationer användes som provtagningspunkter i recipienten, se Figur 1 i avsnitt 1.1.1.

Under samma vecka som provtagningen på Käppalaverket genomfördes utförde även IVL i recipientprovtagning. Provtagningen gjordes på 5 olika djup i de två provpunkterna, var efter ett samlingsprov blandades.

Namngivning av provpunkter:

- Halv: Halvkaksundet (VISS kod SE658284-163772), i recipienten uppströms Käppalaverkets utsläppspunkt – samlingsprov
- Kov: Koviks udde (VISS kod SE658507-164088), i recipienten nedströms Käppalaverkets utsläppspunkt – samlingsprov

2.2. Analys

Analys av näringsämnen och mikroföroreningar gjordes i alla fyra provpunkterna. Medelvärden för de fyra provomgångarna i de fyra provpunkter beräknades. När analysen visade halter under kvantifieringsgräns (LOQ) användes halva LOQ i medelvärdesberäkningarna, enligt Käppalaförbundets standard vid miljörapportering. När analysen visade halter under detektionsgräns (LOD) användes LOD i medelvärdesberäkningarna.

2.2.1. Analys av näringsämnen

Analyserna av näringsämnen genomfördes av Käppalaförbundet ackrediterade laboratorium. Vid projektstart analyserades näringsämnen i recipientprover från flera olika djup, inte bara ett samlingsprov från provpunkten i recipienten, med syfte att ge ett bättre underlag för spädningsbedömningen.

2.2.2. Analys av mikroföroreningar

Analyserna för läkemedelsrester, hormoner, fenoler och PFAS-ämnen följer Naturvårdsverkets rekommenderade lista för analysparametrar (Naturvårdsverket u.å.), listan för prioriterade ämnen och särskilt förorenade ämnen (SFÄ) för miljökvalitetsnormerna (MKN) i Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2019:25). Analyserna genomfördes av IVL.

Vid låga halter av hormoner och fenoler under kvantifierings- eller detektionsgräns kan dessa ämnen utvärderas med östrogena effekttester. Den totala östrogena effekten som ett prov kan

mätas med YES-metoden. Den relativa östrogen aktiviteten uttrycks som Östradiolekvivalenter per liter (ng/l EEQ), Östradiol (E2) 1,2 för Etinylöstradiol (EE2) med en faktor 1 respektive 1,2 utgör de två substanser som ger störst utslag i ett YES-test. Andra substanser som ger östrogen effekt är t.ex. Östron (0,1), Bisfenol A (1×10^{-5}), Nonylfenol ($5,7 \times 10^{-4}$) och Oktylfenol (1×10^{-5}). Under 2021 har IVL tagit fram ett förslag på effekthalter för både akut och kronisk toxicitet baserat på vetenskapliga studier. För akut toxicitet bör en halt på 1,4 ng/l EEQ inte överskridas. För kronisk toxicitet är den bedömda effekthalten 0,3 ng/l EEQ.

3. Resultat

Medelvärdena för näringsämnen och mikroföroreningarna presenteras i Tabell 4 respektive Tabell 5. Medelvärdet av de två recipientpunkterna redovisas separat (Halvkaksundet och Koviks udde) men även som ett medelvärde som i denna studie representerar Askrikefjärden.

Tabell 4 – Analysresultat för näringsämnen i de fyra provpunkterna. Medelvärde för alla 4 provomgångarna. Om resultatet av medelvärdet är under kvantifieringsgräns presenteras som "<" LOQ.

Analys	Inkommande	Utgående	Halvkaksundet	Koviks udde	Askrikefjärden
Total-P [mg/l]	6,3	0,17	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Total-N [mg/l]	50	8,3	< 1	< 1	< 1
NH ₄ -N [mg/l]	37	< 1	< 1	< 1	< 1
NH _{2,3} -N [mg/l]	< 1	6,8	< 1	< 1	< 1
NO ₂ -N [mg/l]	-	0,048	-	-	-
COD [mg/l]	604	31	44	42	43
TOC [mg/l]	155	10	8	8	8
DOC [mg/l]	34	11	5	6	6
BOD [mg/l]	258	< 2	< 2	< 2	< 2
SS [mg/l]	310	< 2	4,5	3,5	4,0
Turbiditet [FNU]	-	1,1	2,0	1,9	2,0
UVA [m ⁻¹]	-	0,22	-	-	-
Bromid [mg/l]	-	0,20	-	-	-
Bromat [mg/l]	-	< 0,002	-	-	-

Tabell 5 – Analysresultat för mikroföroreningar samt östrogeneffekter. Resultatet är medelvärden av alla fyra provomgångar för respektive provpunkt. Medelvärden som endast beräknas av värden under LOD visas som "<" medelvärdet av detektionsgränsen och är rödmarkerade. Medelvärden som endast beräknas av värden under LOQ visas som "<" medelvärdet av halva kvantifieringsgränsen och är brunmarkerade.

	Ämne	Inkommande [ng/l]	Utgående [ng/l]	Halvkaksundet [ng/l]	Koviks udde [ng/l]	Askrikefjärden [ng/l]
Hormoner	Östrogen (E1)	85	< 2	< 2	< 2	< 2
	Östradiol (E2)	16	< 2	< 2	< 2	< 2
	Etinylöstradiol (EE2)	< 3	< 2	< 2	< 2	< 2

	Ämne	In- kommande [ng/l]	Utgående [ng/l]	Halvkak- sundet [ng/l]	Koviks udde [ng/l]	Askrike- fjärden [ng/l]
Läkemedelsrester	Atenolol	275	185	3,2	< 3	2,9
	Carbamazepine	228	360	< 15	< 15	< 15
	Ciprofloxacin*	600	< 10	< 10	< 10	< 10
	Citalopram	185	210	6,3	5,8	6,0
	Clarithromycin*	73	116	< 6	< 5	< 6
	Diclofenak	925	853	9,5	< 7	7,9
	Erythromycin*	20	60	< 12	< 12	< 12
	Fluconazole	125	168	< 8	< 7	< 8
	Furosemide	3 038	1 075	< 18	< 15	< 17
	Ibuprofen	7 175	32	11	9,5	10
	Ketoconazole	450	< 33	< 18	< 17	< 17
	Losartan	2 075	1 043	14	8,8	11
	Metotrexat	14	< 6	< 7	< 7	< 7
	Metoprolol	1 145	1 650	25	16	21
	Naproxen	9 300	104	7,5	7,6	7,5
	Oxazepam	260	260	< 6	< 5	< 6
	Paracetamol	22 150	< 7	20	22	21
	Propranolol	76	116	5,9	5,3	5,6
	Sertralin	108	70	< 3	< 3	< 3
	Sulfamethoxazole*	1 258	375	< 12	< 12	< 12
	Tramadol	193	475	< 15	< 13	< 14
	Trimethoprim*	88	35	< 4	< 4	< 4
Venlafaxine	183	395	5,8	< 5	4,9	
Zolpidem	7	4,4	< 3	< 3	< 3	
Fenoler	Bisfenol A	618	350	50	15	32
	Nonylfenol	33	15	< 5	< 5	< 5
	Oktylfenol	11	3,8	< 2	< 3	< 3
PFAS	PFBA**	4,9	5,2	1,8	1,7	1,8
	PFPeA**	4,8	5,9	0,91	0,93	0,92
	PFHxA	4,9	5,1	0,96	0,71	0,84
	PFHpA	1,8	2,2	0,43	0,49	0,46
	PFOA	4,1	5,6	0,85	0,96	0,90
	PFNA	0,87	1,2	0,24	0,25	0,24
	PFDA	0,23	0,85	0,23	0,13	0,18
	PFBS	1,0	0,98	0,53	0,71	0,62
	PFHxS	2,9	3,3	0,47	0,42	0,45
	PFOS	7,3	11,5	0,71	0,80	0,75
	6:2 FTS	7,5	5,2	0,30	0,26	0,28
Summa PFAS11	40	47	7,4	7,3	7,4	

	Ämne	Inkommande [ng/l]	Utgående [ng/l]	Halvkak-sundet [ng/l]	Koviks udde [ng/l]	Askrike-fjärden [ng/l]
Östrogena effekter	YES [mg/l EEQ]	83	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

*Antibiotika

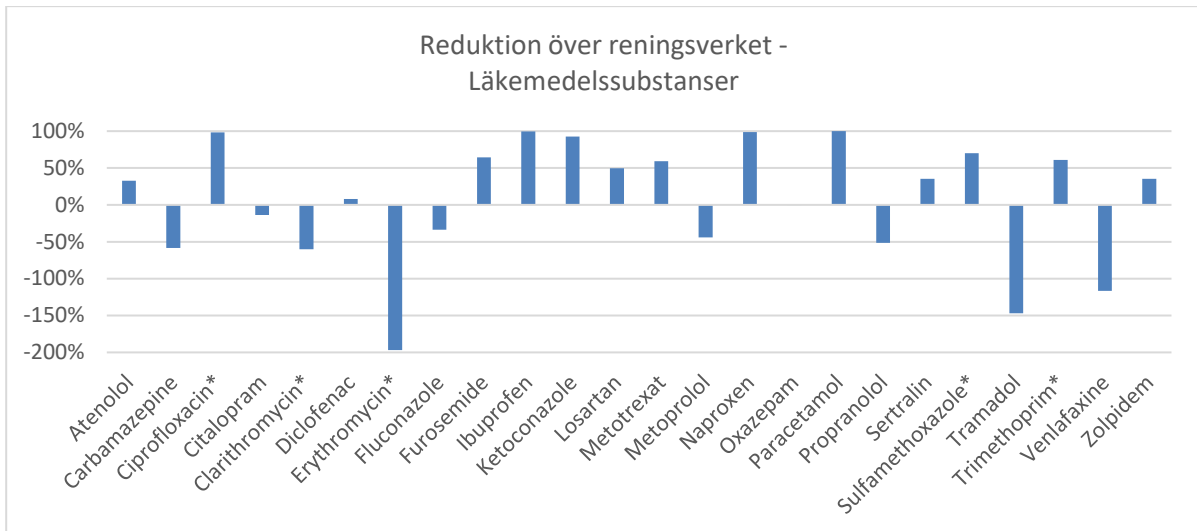
**Produkter som detekteras med enbart en produktion i MS/MS

3.1. Nuvarande avskiljning av mikroföroreningar

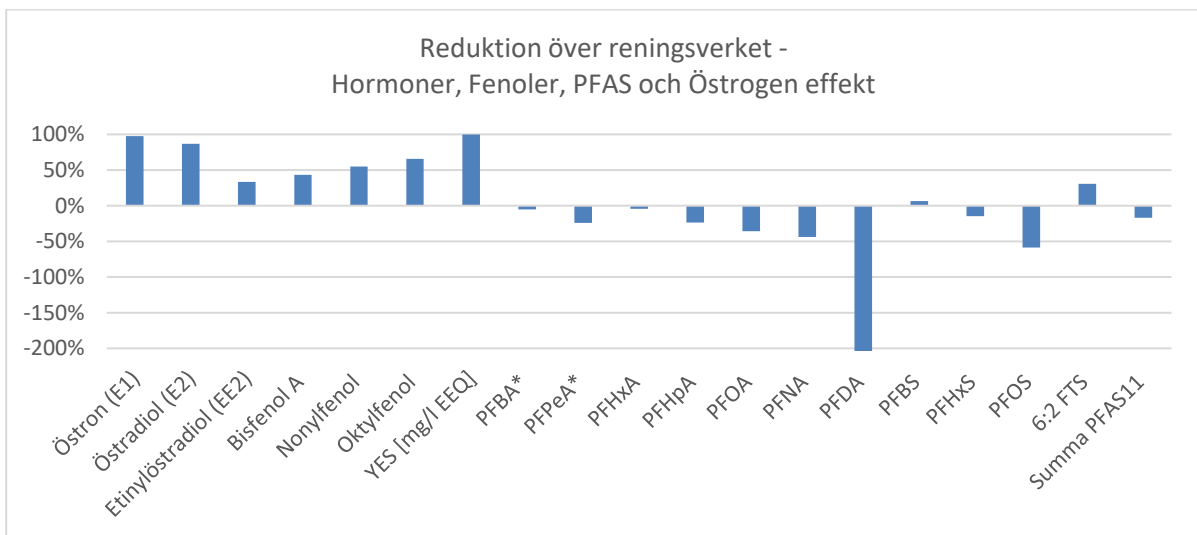
En viss rening av mikroföroreningar sker över Käppalaverket med dagens reningsteknik. Figur 2 och Figur 3 visar den procentuella reduktionen av de analyserade mikroföroreningar. De vanligaste förklaringarna till en negativ reduktion, alltså att lägre koncentrationer uppmäts i inkommande avloppsvatten än i utgående avloppsvatten, är att substanserna utsöndras som konjugat (t.ex. glukuronidkonjugat) från kroppen till avloppet eller att den väldigt komplexa kemiska miljön i inkommande avloppsvatten gör att signalerna undertrycks vid analysen. Båda dessa mekanismer resulterar i att ett lägre värde än det verkliga erhålls i analysen. Detta har undersökts bl.a. av IVL inom SystemLäk-projektet (Magnér et al., 2017). Resultatet visade att undertryckning av signalen i masspektrometern, som är ett av stegen i analys av mikroföroreningar, hade den största påverkan. För låga signalnivåer kan detta se anmärkningsvärt ut när ett procentuellt värde av förändringen över reningsprocessen presenteras. Resultatet som presenteras är förväntat i jämförelse med andra avloppsreningsverk så som Himmerfjärdsverket (Baresel och Malovanyy, 2019).

Reduktionen av läkemedelsrester uppnår endast 80 % för fem av de 24 ämnena med dagens reningsteknik. För de uppmätta hormonerna erhöles en bra reningseffekt på över 80 % för både Östrogen och Östradiol. Det ska noteras att reduktionen av det tredje hormonet låg under detektionsgräns både i inkommande och utgående vatten. För två av fenolerna, Nonylfenol och Oktylfenol, var reduktion över 40 % i de tre mätningar med halter över detektionsgränsen. För Bisfenol A varierade reduktionen kraftigt i de olika mätningarna från 98 % till 18 %. Sammantaget kan reduktionen av hormoner och fenoler relateras till reduktionen av den östrogen effekten, se avsnitt 2.2. Effekten reduceras i princip helt över avloppsreningsverket och ligger under detektionsgräns redan i det utgående renade avloppsvattnet.

Ingen av PFAS-ämnena uppvisade en reduktion över reningsverket. Det är känt att olika PFAS kan bildas i reningsverket från prekursorer som finns i inkommande avloppsvatten och att reduktionen är låg.



Figur 2 – Reduktion av läkemedelsrester över Käppalaverket



Figur 3 – Reduktion av hormoner, fenoler, PFAS och östrogeneffekter över Käppalaverket.

3.2. Spädningsbedömning av utgående avloppsvatten

Det kan vara svårt att uppskatta en verksamhets påverkan på dess recipient med enbart recipientanalyser på grund av halter av mikroföroreningar som ligger under detektions- eller kvantifieringsgräns. Höga bakgrundhalter uppströms i recipienten kan även det göra att verksamhetens påverkan kan vara svår att särskilja. Det är vattenmyndigheterna som ansvarar för recipientuppföljningen, idag saknas data för att kunna göra tillförlitliga bedömningar för många ämnen i Askrikefjärden, se avsnitt 1.1.1. För att komplettera analysresultat i recipienten kan en spädningsfaktor av utgående avloppsvatten tas fram. Spädningsfaktorn beskriver hur mycket det renade avloppsvattnet har späts ut när det lämnar recipienten och tar hänsyn till vattenomsättningen i recipienten. Spädningsfaktorn kan sedan kopplas till koncentrationen av mikroföroreningar i det utgående renade avloppsvattnet.

IVL har tittat på de rådande recipientförhållandena i Käppalaförbundets recipient, Askrikefjärden, och gjort en spädningsbedömning, bilaga 1. Fjärden är del av ett komplext

vattensystem i Stockholms skärgård. Utflödet från Mälaren som huvudsakligen sker runt Gamla stan via Centralbron och Slussen ger upphov till en utåtgående ytlig sötvattensström med låg salthalt. Den utåtgående strömmen genererar en inåtgående bottenström med saltare och tyngre vatten från mellanskärgården. Största utbytet av bottenvatten mellan inner- och mellanskärgården sker i Oxdjupet, ett sund mellan Rindö och Värmdö. Olika ansatser att definiera vattenutbytet och därmed utspädningen av avloppsvatten mellan olika delar i inner- och mellanskärgården varierar signifikant och baseras på få mätningar och inkluderar en del grova förenklingar. IVL drar slutsatsen att den initiala spädningen av Käppalaverkets avloppsvatten är 10 gånger och den totala genomsnittliga utspädningen är 166 gånger.

Det ska noteras att den totala genomsnittliga utspädningen endast anger utspädningen av själva avloppsplymen. Eftersom bakgrundshalten i recipienten uppströms för utsläppspunkten av de flesta ämnen inte är noll, påverkas således utspädningen av enskilda föroreningar både av halten uppströms och i utgående avloppsvatten. Förhöjda bakgrundshalter har sin förklaring i att vissa föroreningar redan följer med Mälarens utlopp från uppströms källor som enskilda avlopp och avloppsreningsverk runt Mälaren. Exempelvis släpper två andra stora reningsverk, Henriksdal och Bromma, sitt i avloppsvatten uppströms Käppalaverket. Utöver det finns andra källor till utsläpp av både näringsämnen och mikroföroreningar till recipienten. Detta behöver beaktas i en riskbedömning av recipienten.

3.3. Behovsanalys för läkemedelsrening

Behovsanalysen för läkemedelsrening på Käppalaverket har gjorts med två metoder. Dels har koncentrationen av läkemedel och hormoner i det renade avloppsvattnet och i recipienten jämförts med de bedömningsgrunder/gränsvärden som finns i MKN. Utöver det använder VA-organisationer idag beräkning av riskkvoter för ett antal läkemedelsrester och hormoner, även de som ännu inte är upptagna i MKN. Denna metod tillämpas idag inte av myndigheterna men ger en uppskattning för risken av specifika ämnen och där med behovet av läkemedelsrening.

3.3.1. Bedömning av miljö kvalitetsnormer

De uppmätta halterna av läkemedelsrester och hormoner i projektet upptagna i miljö kvalitetsnormerna jämfördes mot gällande bedömningsgrunder, gränsvärden och den klassificering som vattenmyndigheten gjort av Askrikefjärden, Tabell 6. Målet var att bedöma risken att den kemiska statusen i Käppalaförbundets recipient försämras och/eller inte uppnå god status på grund av reningsverkets utsläpp.

Tabell 6 – Projektets uppmätta halter i Käppalaverkets utgående vatten och recipient jämfört med gränsvärden för prioriterade ämnen och bedömningsgrunder för särskilt förorenande i MKN enligt HVMFS 2019:25. Gränsvärden och bedömningsgrunder gäller för kustvatten. Vattenmyndighetens klassificering av Askrikefjärden för de givna ämnena visas i kolumn ”Klassificering av Askrikefjärden”.

Ämne		Års-medelvärde [ng/l]	Max. tillåten konc. [ng/l]	Klassificering av Askrikefjärden	Utgående [ng/l]	Askrikefjärden [ng/l]
Östradiol (E2)	Särskilt förorenande ämne	0,08		Ej klassad	< 3	< 2
Etinylöstradiol (EE2)	Särskilt förorenande ämne	0,007		Ej klassad	< 2	< 2
Ciprofloxacin	Särskilt förorenande ämne		100	Ej klassad	< 10	< 10
Diklofenak	Särskilt förorenande ämne	10		God (1 - Låg tillförlitlighet)	853	7,9

Ingen av hormonerna är klassificerade av Vattenmyndigheten för Askrikefjärden, då data saknas. Resultaten i detta projekt visar att Östradiol och Etinylöstradiol ligger under detektionsgränsen på 2 ng/l. I utgående vatten ligger Etinylöstradiol under detektionsgränsen och Östradiol ligger under kvantifieringsgränsen. Det är därför omöjligt att utvärdera recipientens status för dessa två ämnen.

Ciprofloxacin underskrider bedömningsgrunden i både utgående avloppsvatten och i recipienten. Även för detta ämne saknas en klassificering av Vattenmyndigheten. Diklofenak har däremot klassificering god med låg tillförlitlighet. Denna klassificering är gjord på en bedömningsgrund på 100 ng/l och ett felaktigt beräknat medelvärde, och kommer troligtvis att justeras i nästa klassificeringscykel. De mätningar som gjorts i detta projekt har resulterat i halter som alla utom ett ligger under detektions-/kvantifieringsgräns. Medelvärdet av de åtta analyserna ligger under gränsvärdet för årsmedelvärde i MKN. Utifrån detta skulle statusen fortsatt klassas som god avseende Diklofenak. Det ska noteras att marginalen till bedömningsgrunden inte är stor och att Käppalaverkets utgående halt av Diklofenak är 85 gånger högre än bedömningsgrunden och behöver spädas med lika mycket för att minska risken att försämra recipienten.

3.3.2. Riskkvotsberäkning

De uppmätta halterna i Käppalaverkets utgående avloppsvatten användes för att beräkna riskkvoten (RK) med hjälp av EC/PNEC-metoden. RK beräknas genom att koncentrationen av ett specifikt ämne i det aktuella vattenprovet, t.ex. recipienten, (EC, Environmental Concentration) delas med koncentration som enligt ekotoxikologiska studier inte förutses ge någon miljöeffekt (PNEC, Predicted No Effect Concentration), se ekvation 1. Om inte

tillförlitliga data finns för recipienten kan riskkvoten beräknas med koncentrationen i utgående avloppsvatten (Utg.) och då justeras också kvoten med spädningen (Späd.) av avloppsvattnet i recipienten, ekvation (2).

$$RK = \frac{EC}{PNEC} \quad (1)$$

$$RK = \frac{Utg.}{PNEC * Späd.} \quad (2)$$

Utifrån värdet på riskkvoten bedöms risken för recipienten enligt följande:

- Riskkvot över 1 anses som en hög risk för oönskade effekter
- Riskkvot mellan 1 och 0,1 anses som måttlig risk för oönskade effekter
- Riskkvot under 0,1 anses som låg risk för oönskade effekter

PNEC (Predicted No Effect Concentration) baseras på NOEC (No Observed Effect Concentration) som motsvarar den koncentration som är gränsen för när toxiska effekter i den akvatiska miljön har observerats och en säkerhetsfaktor som tar hänsyn till osäkerheten i de ekotoxikologiska studier som ligger till grund för NOEC. Säkerhetsfaktorn för varje substans beror på tillgängliga toxikologiska data. Enligt riskbedömningsreglerna i REACH-förordningen (ECHA guidance on chemical risk assessment; echa.europa.eu) ska säkerhetsfaktorn vid två akuta tester samt ett kroniskt test vid tre olika trofinivåer vara 100. Säkerhetsfaktorn vid ett akut test samt två kroniska tester vid tre olika trofinivåer är 50. Säkerhetsfaktorn vid tre kroniska test vid tre olika trofinivåer är 10. Saknas kroniska tester har en säkerhetsfaktor på 1000 använts. I vissa fall finns endast LOEC (Lowest Observed Effect Concentration) tillgängligt för PNEC-bestämning och då tillkommer en faktor på 2 för att kompensera för osäkerheten. Som underlag i den aktuella bedömningen används data från Sehlén et al. (2015) som uppdaterades under 2019 inom förstudieprojektet vid Himmerfjärdsverket (Ågerstrand, 2019).

Resultaten av riskkvotsberäkningarna presteras i Tabell 7.

Tabell 7 – Riskkvoter beräknade med EC/PNEC-metoden för Käppalaverkets utgående avloppsvatten och dess recipient. Halterna är baserade på de uppmätta värdena i detta projekt.

Ämne	PNEC-värde [ng/l]	Säkerhetsfaktor	Utgående avloppsvatten			Askrikefjärden	
			Halt [ng/l]	RK (utan späd.)	RK (späd. =166)	Halt [ng/l]	RK
Östrogen (E1)	0,08	100	< 3	-	-	< 2	-
Östradiol (E2)	0,04	10	< 3	-	-	< 2	-
Etinylöstradiol (EE2)	0,016	1x10	< 2	-	-	< 2	-
Atenolol	32 000	100	185	0,01	0	2,9	0
Carbamazepine	2 500	10	360	0,14	0	< 15	-

Ämne	PNEC-värde [ng/l]	Säkerhetsfaktor	Utgående avloppsvatten			Askrikefjärden	
Ciprofloxacin	64	50	< 10	-	-	< 10	-
Citalopram	0,075	2x1 000	210	2 800	17	6,0	80
Clarithromycin	40	50	116	2,9	0,02	< 6	-
Diclofenak	50	2x10	853	17	0,10	7,9	0,16
Erythromycin	20	1 000	60	3,0	0,02	< 12	-
Fluconazole	15 000	SSD	168	0,01	0	< 8	-
Furosemide	156	1 000	1 075	6,9	0,04	< 17	-
Ibuprofen	102 000	10	32	0	0	10	0
Ketoconazole	-	-	< 33	-	-	< 17	-
Losartan	7 800	100	1 043	0,13	0	11	0
Metotrexat	-	-	< 6	-	-	< 7	-
Metoprolol	2 590	1 000	1 650	0,64	0	21	0,01
Naproxen	15 000	10	104	0,01	0	7,5	0
Oxazepam	10	2x50	260	26	0,16	< 6	-
Paracetamol	46 000	10	< 7	-	-	21	0
Propranolol	228	10	116	0,51	0	5,6	0,02
Sertralin	9,4	50	70	7,4	0,04	< 3	-
Sulfamethoxazole	118	50	375	3,2	0,02	< 12	-
Tramadol	170 000	1 000	475	0	0	< 14	-
Trimethoprim	500	50	35	0,07	0	< 4	-
Venlafaxine	3 220	1 000	395	0,12	0	4,9	0
Zolpidem	-	-	4,4	-	-	< 3	-

För hormonerna är det svårt att dra några slutsatser med denna metod eftersom alla värden i utgående vatten låg under detektionsgräns eller kvantifieringsgräns. Skulle man använda detektions-/kvantifieringsgränsen i riskbedömningen kan man få den högsta möjliga risken. Dock ska man vara försiktig när man använder detta i en behovsanalys då riskkvoten kan vara betydligt lägre än beräknat. Analysmetoden för dessa ämnen måste förbättras för att det ska gå att dra några slutsatser från detta.

För läkemedel har Citalopram har den högsta riskfaktorn både i recipienten och i utgående avloppsvatten; 80 i recipienten, 2 800 innan utspädning av avloppsvattnet och 17 med utspädning. Det ska noteras att ämnet har den enskilt högsta säkerhetsfaktorn på 2 000 då NOEC-värdet endast baseras på få effektstudier. Generellt sjunker riskkvoten när fler ekotoxikologiska studier görs. Det är idag en för hög osäkerhet för att säga om detta ämne är en risk eller inte. Flertalet andra ämnen har en riskkvot över 1000 vilket ger en osäkerhet i bedömningen. Generellt behöver fler studier göras för samtliga ämnen, speciellt för de med en riskkvot på 1000 eller 2000 för att ge bättre underlag för bedömning.

Diclofenak har en medelhalt över detektions-/kvantifieringsgräns i recipienten, dock bara ett av åtta mätvärden, som ger en måttlig risk med liten marginal till låg risk. I utgående avloppsvatten innan utspädning är risken hög men ansätter man 166 gångers utspädning sjunker risken till måttlig, minsta möjliga marginal till låg risk. För Oxazepam ligger

medelvärde för mätvärdena i recipienten under kvantifieringsgränsen. I utgående vatten föreligger en hög risk för påverkan på recipienten innan utspädning av avloppsvattnet, efter utspädning sjunker denna risk till måttlig också på gränsen till låg. Vid beräkningen efter utspädning har inte bakgrundshalterna i recipienten tagits i hänsyn. Dessa två läkemedel behöver följas upp och bevakas.

Resterande läkemedel som har en hög risk innan utspädning (Clarithromycin, Erythromycin, Furosemide, Sertralin och Sulfamethoxazole) erhåller en låg risk efter utspädning. Halterna i recipienten är för dessa under detektions-/kvantifieringsgräns. Dessa ämnen antas inte vara en risk för recipienten.

3.4. Riskbedömning av fenoler och PFAS

Utöver behovsanalysen för läkemedelsrening sammanställdes även data för de fenoler och PFAS-ämnen upptagna i MKN, se Tabell 8. Detta för att utöka det underlag som finns för dessa ämnen, både i utgående avloppsvatten från Käppalaverket och i Askrikefjärden. Den data som idag finns i VISS är bristfällig och klassificering är endast gjord för PFOS. Analysen i detta projekt är ett sätt för Käppalaförbundet att få en första bedömning av läget och kunna bedöma behovet av uppströmsaktiviteter.

Tabell 8 - Projektets uppmätta halter av fenoler och PFAS i Käppalaverkets utgående vatten och recipient jämfört med gällande gränsvärden/bedömningsgrunder. Gränsvärdena/bedömningsgrunderna beskriver det gränsen för årsmedelvärdet och/eller den maximalt tillåtna koncentrationen. Gränsvärdena gäller för prioriterade ämnen och bedömningsgrunder gäller för särskilt förorenande enligt MKN för kustvatten (HVMFS 2019:25). Vattenmyndighetens klassificering av Askrikefjärden för de givna ämnena visas i kolumn "Klassificering av Askrikefjärden".

Ämne		Års-medelvärde [ng/l]	Max. tillåten konc. [ng/l]	Klassificering av Askrikefjärden	Utgående [ng/l]	Askrikefjärden [ng/l]
Bisfenol A	Särskilt förorenande ämne	110		Ej klassad	350	32
Nonylfenol	Prioriterat ämne	300	2000	Saknas för Askrikefjärden	15	< 5
Oktylfenol	Prioriterat ämne	10		Saknas för Askrikefjärden	3,8	< 3
Summa PFAS11*	Särskilt förorenande ämne		90	Gäller ej askrikefjärden	47	7,4
PFOS	Prioriterat ämne	0,13	7200	God (3 – Hög tillförlitlighet)	12	0,75

* Gäller endast dricksvattenförekomster.

Vattenmyndigheten har klassificerat Askrikefjärden avseende PFOS god med hög tillförlitlighet. Klassningen har gjorts på fisk från recipienten och tillförlitligheten är god med avseende på mängden data. I denna studie har mätningar genomförts i vatten från Askrikefjärden och Käppalaverket. Koncentrationen av PFOS i både Käppalaverkets utgående vatten och i Askrikefjärden ligger över gränsvärdet i MKN.

Summan PFAS11 har lagts till i sammanställningen vid jämförelse mot miljökvalitetsnormerna, Tabell 6, trots att det inte gäller Askrikefjärden som inte är en dricksvattenförekomst. Både halten i recipienten och i utgående avloppsvatten understiger bedömningsgrunden för dricksvattenförekomster.

Ingen av fenolerna är klassade av Vattenmyndigheten för Askrikefjärden. Utifrån resultaten i denna studie ligger recipienthalterna för Bisfenol A, Nonylfenol och Oktylfenol under bedömningsgrunden respektive gränsvärdet i MKN. Bisfenol A har en något högre halt i utgående avloppsvatten än bedömningsgrunden, dock krävs endast en spädning på 3 gånger för att underskrida den.

4. Diskussion

Flera ämnen i denna studie som är upptagna i miljökvalitetsnormen (HVMFS 2019:25), men även i Naturvårdsverkets rekommenderade lista, är svåra att analysera i recipienten och i avloppsvattnet. Ämnen återfinns i låga halter och den kemiska analysen är utmanande på grund av den komplexa matrisen i proven. Kostnaderna för analyserna är idag höga och en längre mätserie saknas vilket gör att dataunderlaget är begränsat. Behovsanalysen anses behöva fördjupas och förbättras över tid med ett större och mer kvalitativt dataunderlag. Utöver förbättrade analyser behövs även en ökad förmåga att på ett systematiskt sätt tolka analysresultaten. Det behövs en ökad förståelse för hur den akvatiska miljön påverkas av mikroföroreningar för att klargöra vilka gränsvärden, bedömningsgrunder och PNEC-värden som ska gälla framöver. Här behöver vattenvårdsförbund, vattenmyndigheterna och VA-organisationer ta ett gemensamt ansvar.

Den statusklassificering som är gjord av Vattenmyndigheten för Askrikefjärden avseende Diklofenak kan komma att justeras. Dels är den baserad på två mätvärden, dels jämförs medelvärde med en bedömningsgrund på 100 ng/l när den är 10 mg/l för kustvatten. Utöver detta verkar medelhalten av de två mätvärdena vara felaktigt beräknade (Vattenmyndigheten, 2021). Utifrån den provtagning som är genomförd i denna studie överskrider inte halten Diklofenak i recipienten bedömningsgrunden i MKN, dock avser bedömningsgrunden ett årsmedelvärde. Fler mätningar behövs för att klassificera recipienten men projektets mätningar är ett mer tillförlitligt årsmedelvärde än den data som ligger till grund för nuvarande klassificering i VISS. Det medelvärde som är framtaget i denna studie baseras på mätningar genomförda på två ställen i recipienten under fyra provomgångar utspritt under ett år. Utifrån dessa mätningar underskrider halten Diklofenak i Askrikefjärden bedömningsgrunden i MKN. Ser man till Käppalaverkets påverkan på Askrikefjärden avseende Diklofenak visar både riskbedömningen utifrån miljökvalitetsnormerna och riskkvotsberäkningarna att utgående halten av Diklofenak i utgående avloppsvatten är högre än satta gränser. Halten hade inte varit

ett problem om bakgrundshalten i recipienten hade varit låg eftersom utspädningen av avloppsvattnet är hög. Dock ligger bakgrundshalten i recipienten relativt nära bedömningsgrunden vilket gör att det inte går att bortse från att den utsläppta halten Diklofenak från Käppalaverket har en påverkan. Från våra mätningar är dock halten i recipienten uppströms Käppalaverkets utsläppspunkt med liten marginal högre än nedströms. Utöver det påverkas analysen av osäkerheten i recipientanalyserna, spädningsfaktorn och det faktum att två andra stora reningsverk, Bromma och Henriksdal, släpper sitt avloppsvatten uppströms Käppalaverket. Sammantaget är Diklofenak är ett ämne som behöver följas upp och bevakas.

Utifrån riskkvotsbedömningen identifierades ytterligare två läkemedel för fortsatt bevakning, Citalopram och Oxazepam. Både har en hög risk innan Käppalaverkets renade avloppsvatten har spätts ut i recipienten. För Citalopram är risken kopplad till dess höga riskfaktor det gör att osäkerheten i bedömning är för hög för att dra några slutsatser. Här behövs det mer studier för hur ämnet påverkar den akvatiska miljön, först då kan slutsatser dras. För Oxazepam erhöles en måttlig risk, på gränsen till låg efter utspädning i recipienten. Då halten i recipienten ligger under kvantifieringsgräns kan risken inte styrkas.

De uppmätta halterna för Östradiol, Etinylöstradiol och Östrogen låg under detektions- eller kvantifieringsgränsen för både utgående vatten och i Askrikefjärden. Detektions- och kvantifieringsgränsen låg även den över PNEC-värdet för respektive ämne. Det gör att ingen slutsats kan dras ifrån den bedömningen. Samma problem blir vid utvärderingen av Östradiol och Etinylöstradiol mot bedömningsgrunderna i MKN, där bedömningsgrunden och de uppmätta halterna ligger lägre än detektions-/kvantifieringsgränsen. För att kunna göra en utvärdering med uppmätta halter behöver analysmetoden för dessa ämnen att förbättras.

Effekten av summan av hormoner och fenoler på den akvatiska miljön kan också utvärderas genom att analysera hormonstörande effekter (YES-analys). Vid jämförelse mellan inkommande och utgående avloppsvatten har effekten från hormonstörande ämnen reducerats med 100 % över avloppsreningsverket. Effekten i det utgående avloppsvattnet och i Askrikefjärden visar värden under de från IVL föreslagna effektnivåer, det tyder på att även halterna är låga. Halten av fenolerna (Bisfenol A, Nonylfenol och Oktylfenol) ligger under respektive ämnes bedömningsgrund/gränsvärde angivna i MKN.

Vattenmyndigheten har klassat statusen i Askrikefjärden som god med avseende på PFOS med hög tillförlitlighet. De har baserat sin klassificering på mätningar gjorda i fisk under år 2013 till 2016, se Tabell 2. Utifrån mätningarna som är gjorda på recipientvatten i denna studie ligger halten PFOS över gränsvärdet i MKN för vatten. Det tyder på att klassificeringen kan komma att uppdateras framöver. Det finns flera källor till spridning av PFOS i recipienten och det går inte utifrån de två mätningarna i recipienten att avgöra Käppalaverkets bidrag. Om Vattenmyndigheten klassar om Askrikefjärden gällande PFOS måste utsläppet minska till recipienten. Idag finns ingen accepterad teknik som renar PFAS-ämnen vid avloppsreningsverk på ett varken tekniskt eller ekonomiskt effektivt sätt. Därför kommer dessa resultat användas till att jobba förebyggande med frågan, det vill säga uppståmsåtgärder. Det ska även noteras att vattenmyndigheten inte har klassat Käppalaverket som en riskpunktkälla för just PFOS, se

Tabell 3.

Det finns idag endast en bedömningsgrund i dricksvattenförekomster för summan PFAS11. Askrikefjärden är inte en dricksvattenförekomst och behöver inte uppfylla detta krav. Om en jämförelse ändå görs, ligger de uppmätta värdena i både Askrikefjärden och utgående avloppsvatten från Käppalaverket under bedömningsgrunden.

5. Slutsatser

Det går inte att fastslå med säkerhet att Käppalaverket har en negativ påverkan på recipienten gällande läkemedel, hormoner eller östrogena effekter. Där med går det inte att styrka ett behov av en läkemedelsrening. Hormoner och östrogena effekter reduceras bra över reningsverket. Inga halter över detektionsgräns kan heller mätas i recipienten. De bedömningsgrunder som idag finns för hormonerna Östradiol och Etinylöstradiol ligger idag under kvantifierings- och detektionsgräns, det gör det omöjligt att idag följa upp dessa ämnen mot MKN.

Tre läkemedel identifierades för vidare bevakning – Diklofenak, Citalopram och Oxazepam. Trots en hög koncentration av Diklofenak i utgående avloppsvatten Diklofenak understiger halten i Askrikefjärden bedömningsgrunden i MKN, där flera värden ligger under detektions-/kvantifieringsgränsen. Bedömningen av Citalopram innefattar en hög osäkerhet på grund av att för få ekotoxikologiska studier har gjorts kring dess påverkan på den akvatiska miljön. Efter avloppsvattnets utspädning var halten låg och riskkvoten för Oxazepam måttlig, på gränsen till låg.

Generellt behövs mer data för att styrka om Käppalaförbundet har en negativ påverkan på recipienten som medför risk att försämra dess status. Utöver det behövs fler studier som syftar till att studera ämnens påverkan på den akvatiska miljön. För att kunna göra bedömningar på även låga halter av mikroföroreningar är en förutsättning att analysmetoderna utvecklas så att lägre halter kan detekteras och kvantifieras. Käppalaförbundet kan som ensam aktör endast arbeta med delar av framtida utvecklingsbehov.

I denna rapport har även fenoler, PFAS-ämnen och PFOS analyserats. Syftet har varit att ta fram en första lägesbild och skapa ökad förståelse för samhällets behov av uppströmsaktiviteter. Ingen av fenolerna överstiger gränserna i MKN. Ingen av fenolerna är statusklassade av vattenmyndigheten för Askrikefjärden, denna studie visar recipienthalter under respektive ämnes bedömningsgrund/gränsvärde. Askrikefjärden är idag klassad som god med avseende på PFOS. Detta arbete visar dock att den uppmätta halten PFOS överskrider gränsvärdena i recipienten, Askrikefjärden. På vilket sätt Käppalaförbundet och andra källor bidrar till PFOS i recipienten är inte fastställt. Det finns idag ingen etablerad teknik för PFAS-rening på avloppsreningsverk.

5.1. Fortsatt arbete

För att Käppalaförbundet ska kunna ta ett beslut om investering i en läkemedelsrening behöver behovet av läkemedelsrening vara tydligt och säkerställt, vilket inte är fallet idag. Projektet har identifierat följande generella punkter som behöver utvecklas gemensamt av vattenvårdsförbund, myndigheter, VA-organisation:

- Högre kvalitet och kvantitet för det dataunderlag som Vattenmyndigheterna använder för att riskbedöma vattenförekomsterna.
- En standard för frekvens och metod av recipientanalyser behöver tas fram.
- En myndighetsförankrad metod för riskbedömning av ämnen som inte finns med i miljökvalitetsnormen behöver fastställas.
- Analysmetoderna behöver standardiseras och förbättras så att data kan jämföras mot de gränsvärden, bedömningsgrunder och PNEC-värden som finns.
- Fler ekotoxikologiska tester behöver utföras för att undersöka varje ämnes påverkan på den akvatiska miljön och sänka säkerhetsfaktorerna för vissa ämnen i riskkvotsberäkningarna.

Käppalaförbundet behöver internt fortsätta samla in data och utvärdera de frekvenser och metoder som används. Projekt är en del av Käppalaförbundets läkemedelsstrategi som efter detta kommer gå in i nästa fas. Där kommer arbetet med riskbedömningen och behovsanalysen att fortsätta. Omvärldsbevakning kommer ske för att följa utvecklingen av bland annat analysmetoder, ekotoxikologiska studier samt lagkrav/praxis. Nästa fas kommer kompletteras med till en platsspecifik teknikutredning för läkemedelsrening som kommer kopplas till behovsanalysen.

6. Referenser

Naturvårdsverket. u.å.. Rekommenderade ämnen för analys.
<https://www.naturvardsverket.se/> [2022-11-18]

HVMFS 2019:25. Klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten.

Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område.

Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/39/EU av den 12 augusti 2013 om ändring av direktiven 2000/60/EG och 2008/105/EG vad gäller prioriterade ämnen på vattenpolitikens område. Artikel 8b

Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/105/EG av den 16 december 2008 om miljökvalitetsnormer inom vattenpolitikens område och ändring och senare upphävande av rådets direktiv 82/176/EEG, 83/513/EEG, 84/156/EEG, 84/491/EEG och 86/280/EEG, samt om ändring av Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG.

Vattenmyndigheterna. 2021. Statusbedömning Askrikefjärden, Beslutad – Förvaltningscykel 3 (2017-2021). <https://viss.lansstyrelsen.se/> [2022-11-18]

Magnér, J., Fång, J., Sandberg, J., Örtlund, L. 2017. Utveckling av analysmetoder inklusive detektionsgränser. Delrapport SystemLäk projekt. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport B2286.

Baresel, C., Malovanyy, A. 2019. Införande av läkemedelsrening vid Himmerfjärdsverket - Sammanställning av tidigare undersökningar vid Himmerfjärdsverket. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport B2239.

Sehlén, R., Malmberg, J., Baresel, C., Ek, M., Magnér, J., Allard, A.-S., Yang, J. 2015. Pilotanläggning för ozonoxidation av läkemedelsrester i avloppsvatten vid tekniska verken i Linköping AB. IVL Rapport B 2218.

Ågerstrand, M. 2019. Derivation of PNECs for 39 pharmaceutical substances. Department of Environmental Science and Analytical Chemistry (ACES), Stockholm University, ACES report 36.