

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 1(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Syvab

Förstudie läkemedelsrening Syvab

Huvudrapport

Slutgiltig
2019-10-31

Vi Värnar
Vårt
Vatten

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 2(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Innehållsförteckning

1.	Inledning	6
1.1	Projektbeskrivning förstudie läkemedelsrening	6
1.2	Syfte	7
1.3	Organisation	7
1.4	Genomförande	9
1.4.1	Delprojekt 1: Projektledning	9
1.4.2	Delprojekt 2: Insamling och sammanställning av data	9
1.4.3	Delprojekt 3	10
1.4.4	Delprojekt 4–5	11
2.	Provtagning och analys av miljöpåverkan	12
2.1	Provtagningsprogram	12
2.2	Uppdatering av PNEC-värden	13
2.3	Metoder för utvärdering av förbättrad rening	15
2.4	Utspädning i recipienten	16
2.5	Resultat av provtagning	17
2.6	Bedömning av risker, reningsbehov och reningseffekt	18
3.	Teknisk lösning för läkemedelsrening på Himmerfjärdsverket	22
3.1	Teknikutredning	22
3.2	Dimensionerande flöde	23
4.	Utsläppsvillkor, val av måldefinition	25
5.	Principförslag GAK-filteranläggning vid Himmerfjärdsverket	27
5.1	Designparametrar	27
5.2	Placering	28
5.3	Sammanfattning teknisk lösning	30
5.4	Kostnadsbedömning	31
5.4.1	Investeringskostnader	31
5.4.2	Driftkostnader	31
5.4.3	Årskostnader	31
6.	Diskussion	33
6.1	Reningsresultat och miljöriskbedömning	33

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 3(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

6.2	Framtida krav på läkemedelsrening	34
6.3	Principförslag och kostnadskalkyl.....	35
7.	Slutsats.....	37
7.1	Rekommendation till Syvabs styrelse	38
8.	Referenser.....	39

Bilagor

Bilaga 1 Administrativa uppgifter

Delrapporter

Följande delrapporter har tagits fram under projektet.

Införande av läkemedelsrening vid Himmerfjärdsverket – Sammanställning av tidigare undersökningar vid Himmerfjärdsverket. Baresel, C. & Malovanyy, A., IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport B 2339, 2019–04.

Förstudie läkemedelsrening Syvab - Teknikutredning. Grim, J., Frid, S., Furgal, K., Forslund, J. & Ek, P. Ramboll, 2019-04-12.

Bilaga 1 International experience

Bilaga 2 Rapport studieresa

Bilaga 3 Massbalanser

Bilaga 4 Beslutsmatris

Utspädning av utsläpp från Himmerfjärdsverket. Walve, J., Akvatisk Miljöutredning (ensk. firma), 2019-10-18.

Derivation of PNECs for 39 pharmaceutical substances. Ågerstrand, M, Department of Environmental Science and Analytical Chemistry (ACES), Stockholms Universitet, rapport 36, 2019-09-30.

Förstudie för införande av läkemedelsrening vid Himmerfjärdsverket – Provtagning, analys och bedömning av reningsbehov. Baresel, C. & Malovanyy, A., IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport U6194, 2019–10.

Förstudie läkemedelsrening Syvab – Principförslag GAK-filter. Grim, J., Frid, S., Carlsson, J., Karlsson, M., Brogren, F., André, G., Björkman, P., Furgal, K. & Ek, P., Ramboll, 2019-10-25.

Bilaga 1 Designparametrar

Bilaga 2 Hydraulisk profil

Bilaga 3 Kostnadskalkyl

Flödesschema och ritningar

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 4(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Sammanfattning

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 genomfördes av Syvab i samarbete med Ramboll, IVL Svenska Miljöinstitutet och Stockholms universitet (ACES och DEEP).

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.

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. Dessutom genomfördes en provtagning vid ett högflödestillfälle med en utspädning av föroreningar i inkommande avloppsvatten samt en förbiledning förbi det biologiska behandlingssteget.

Vid de provtagningsomgångar som skedde vid normal belastning observerades ett relativt stort antal bakterier i utgående vatten som sedan snabbt spädades ut i recipienten till avsevärt lägre halter. Reningseffektiviteten för hormoner var mycket god medan den för läkemedelsrester varierade kraftigt och endast uppvisade god reduktion för ett fåtal substanser. De flesta analyserade antibiotika uppvisade en svag reduktion. Vid högflödestillfället kunde en generellt försämrad reduktion, orsakad av den högre utspädningen, konstateras. Det kunde också observeras att det, för några få detekterbara ämnen, uppmättes högre halter i recipienten vid just högflödestillfället på grund av förbiledningen av mekaniskt renat avloppsvatten.

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

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 5(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

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 Diclofenac i recipienten efter utspädning ligger väldigt nära gränsvärdet. Det indikerar att Syvab skulle kunna få krav på utökad rening av Diclofenac, redan med dagens krav på utsläppshalter, oavsett om det skulle införas särskilda krav för rening av läkemedelsrester eller inte.

Baserat på tidigare pilottester förväntas kombination av MBR och en kolfilteranläggning i fullskala på Himmerfjärdsverket enligt principförslaget minska utsläppen av alla läkemedelsrester signifikant och i stort sätt ta bort risker för recipienten.

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/m³ (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/m³).

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 6(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab	Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign:	Ver./Rev.datum:

1. Inledning

Syvab genomförde under december 2018-november 2019 en förstudie för läkemedelsrening på Himmerfjärdsverket, till stor del finansierad av Naturvårdsverket. Projektet genomfördes av Syvab i samarbete med Ramboll, IVL Svenska Miljöinstitutet och Stockholms universitet.

Denna rapport utgör huvudrapporten för projektet och sammanställer resultatet från delprojekten. Rapporten utgör beslutsunderlag till Syvabs styrelse samt redovisning till Naturvårdsverket.

Underlag för Naturvårdsverkets uppföljning av projektet med avseende på projektets genomförande, ekonomi och kommunikationsplan redovisas i Bilaga 1 Administrativa uppgifter.

1.1 Projektbeskrivning förstudie läkemedelsrening

På Himmerfjärdsverket står en ombyggnation för dörren. Den kommer att leda till ett reningsverk med modern reningsteknik genom MBR (membranbioreaktor). Reningsverket kommer att få hög reningskapacitet med avseende på organiskt material och näringsämnen. Att därtill lägga ett reningssteg för rening av läkemedel och andra mikroföroreningar ser Syvab som ett nästa steg. I Syvabs ägardirektiv står att Syvab ska arbeta för att, när den nya processanläggningen är i drift, även kunna hantera läkemedelsrening. Detta för att ytterligare förbättra möjligheterna för goda miljöförhållanden i Himmerfjärden och Östersjön i stort.

Avsikten med förstudien var att ta fram ett beslutsunderlag i vilket nyttan med och kostnaderna för läkemedelsrening beskrivs. Beslutsunderlaget ska innehålla en rekommendation till VD och styrelse. Är förutsättningarna de rätta ska detta kunna leda till ett investeringsbeslut.

Projektet utfördes i fem delprojekt enligt nedan. Arbetet i delprojekten samt delrapporterna som tagits fram sammanställs i kapitel 1.4.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 7(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Tabell 1 Delprojekt.

Delprojekt	Beskrivning
1. Projektledning	Genomgång av syfte, mål, tidplan. Fördelning av arbetsuppgifter. Projektstart, projektadministration, möten, samordning, projektledning.
2. Insamling och sammanställning av data	Teknikutredning: Genomgång av tillgängliga tekniker GAK och PAK, ozon. Screening av förekomst av läkemedelssubstanser och andra skadliga ämnen i avloppsvattnet och recipienten.
3. Analys och utvärdering	Principförslag för en vald teknik. Analys av effekter på recipienten om läkemedelsrening skulle införas.
4. Framtagande av beslutsunderlag	Rekommendation till styrelse, investeringsplan, tidsplan, kommunikationsplan
5. Projektavslut	Genomgång av arbetet och dess resultat, slutrapport till Naturvårdsverket

1.2 Syfte

Syftet med detta projekt var att ta fram beslutsunderlag inför en eventuell investering i rening av läkemedelsrester på Himmerfjärdsverket. Syfte med projektet var även att sprida kunskap om rening av läkemedelsrester.

1.3 Organisation

Styrgrupp för Syvabs förstudie för läkemedelsrening består av:

Namn	Organisation	Funktion
Sara Söhr	Syvab	Processchef, projektägare
Carl-Olof Zetterman	Syvab	VD, ombud
Lars-Göran Zetterman	Syvab	Administrativ chef
Victor Kårelid	Syvab	Specialist läkemedelsrening
Heidi Lemström	Syvab	Processingenjör
Therese Paulander	Syvab	Projektadministratör
Johanna Grim	Ramboll	Projektledare
Petter Björkman	Ramboll	Projektledare för NKH, utbyggnad av Himmerfjärdsverket

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 8(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Projektgruppen för Syvabs förstudie för läkemedelsrening består av:

Namn	Organisation	Funktion
Johanna Grim	Ramboll	Projektledare/uppdragsledare Ramboll
Sara Söhr	Syvab	Projektagare
Carl-Olof Zetterman	Syvab	Rådgivare
Lars-Göran Zetterman	Syvab	Ekonomi
Victor Kårelid	Syvab	Expert process
Heidi Lemström	Syvab	Process
Therese Paulander	Syvab	Projektadministratör
Petter Björkman	Ramboll	Expertstöd, utbyggnad av Himmerfjärdsverket
Karolina Furgal	Ramboll	Omvärldsanalys
Peter Ek	Ramboll	Teknikansvarig process
Sara Frid	Ramboll	Process
Christian Baresel	IVL	Uppdragsledare IVL/expert
Andriy Malovanyy	IVL	Process
Marlene Ågerstrand	Stockholms universitet/ ACES	Expert, miljöpåverkan
Jakob Walve	Stockholms universitet/DEEP	Expert, provtagning

Rambolls arbetsgrupp för principförslaget har bestått av:

Namn	Funktion
Johanna Grim	Uppdragsledare
Petter Björkman	Expertstöd, utbyggnad av Himmerfjärdsverket
Karolina Furgal	Omvärldsanalys
Peter Ek	Teknikansvarig process
Sara Frid	Process
Johan Carlsson	Teknikansvarig maskin, layout
Mattias Karlsson	Teknikansvarig hydraulik
Felix Brogren	Handläggare process/maskin
Gustav André	Ansvarig ritningar

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 9(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab	Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign:	Ver./Rev.datum:

1.4 Genomförande

1.4.1 Delprojekt 1: Projektledning

Arbetet i delprojekt 1 pågick under november 2018-november 2019 och bestod av projektledning, projektadministration och möten. Möten hölls på Syvab enligt mötesplan nedan. I tillägg har teknikmöten hållits efter behov, bland annat en workshop kring olika reningstekniker 2019-01-30.

Tabell 2 Mötesplan för projektet. SG = styrgrupp, B-möte = möte med projektgruppen.

Möte (delprojekt inom parentes)	Datum
Inledande möte, SG (1)	2018-11-26
Planeringsmöte, SG (1)	2018-12-10
Startmöte, B-möte (1)	2019-01-10
Projektmöte, B-möte (2)	2019-02-27
Beslutsmöte val av teknik, SG (2)	2019-03-27
Projektmöte, B-möte (3)	2019-05-02
Projektmöte, B-möte (3)	2019-08-23
Möte beslutsunderlag, SG (4)	2019-09-10
Möte inför leverans, SG (4)	2019-10-18
Möte projektavslut, B-möte (5)	2019-11-14

1.4.2 Delprojekt 2: Insamling och sammanställning av data

Delprojekt 2 har bestått av två huvuddelar, dels teknikutredning och dels screening av avloppsvatten och recipient.

Teknikutredningen utfördes under januari-april 2019 av Ramboll med stöd och expertkunskap från Syvab och IVL. I teknikutredningen undersöktes ett antal tekniker översiktligt. Resultatet från detta arbete sammanställdes i rapporten *Förstudie läkemedelsrening Syvab - Teknikutredning* (Grim, Frid, Furgal, Forslund, & Ek, 2019) med bilagor. En sammanfattning presenteras i kapitel 3.1 och 3.2.

Erfarenheter från tidigare pilotförsök med MBR-tekniken i kombination med ozonering och granulerat aktiv kol i tvåstegsfilter som genomfördes 2013 av Syvab och IVL vid Himmerfjärdsverket användes också i bedömning av lämpliga tekniker. Rapporten *Införande av läkemedelsrening vid Himmerfjärdsverket - Sammanställning av tidigare undersökningar vid Himmerfjärdsverket* (Baresel & Malovanyy, 2019a) sammanfattar dessa pilottester och andra relaterade tidigare arbeten. I rapporten presenteras även några uppdaterade PNEC-värden samt bedömning av utspädning i recipienten.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 10(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektname: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

I samband med teknikutredningen genomförde Syvab och Ramboll även en studieresa till anläggningar med läkemedelsrening i Tyskland. Denna studieresa har inte ingått i finansieringen från Naturvårdsverket men resultatet redovisas ändå i teknikutredningen.

Utifrån teknikutredningen fattade projektets styrgrupp beslut om att gå vidare med att ta fram ett principförslag för filtrering av utgående vatten från MBR-anläggningen med granulerat aktivt kol (GAK).

Förekomsten av läkemedelssubstanser och andra mikroföroreningar i Himmerfjärdsverkets inkommande och utgående avloppsvatten samt recipienten studerades i delprojekt 2. Provtagningar genomfördes vid tre tillfällen under februari-juli 2019 i inkommande och utgående avloppsvatten samt i två punkter i recipienten. Provtagningarna planerades av Christian Baresel, IVL; Jakob Walve, Stockholms universitet samt Victor Kårelid, Syvab. Provtagningarna genomfördes av Syvab och Stockholms universitet och analyserna genomfördes av IVL, Syvab och Stockholms universitet. Provtagningsplan och resultat av provtagningar sammanställs i rapporten *Förstudie för införande av läkemedelsrening vid Himmerfjärdsverket – Provtagning, analys och bedömning av reningsbehov* (Baresel & Malovanyy, 2019b) och sammanfattas i kapitel 2.

Utspädningseffekten i recipienten utreddes också av Jakob Walve baserat på provtagningsresultaten, vilket presenteras i rapporten *Utspädning av utsläpp från Himmerfjärdsverket*. (Walve, 2019) och sammanfattas i kapitel 2.4.

1.4.3 Delprojekt 3: Analys och utvärdering

Under april-september 2019 tog Ramboll fram ett principförslag för en GAK-filteranläggning vid Himmerfjärdsverket med utgångspunkt på Syvabs och IVL:s tidigare genomförda pilottester och expertkunskap.

Principförslaget omfattar en teknisk lösning, layout, investerings-, drift- och årskostnader och sammanställs i rapporten *Förstudie läkemedelsrening Syvab – Principförslag GAK-filter* (Grim, o.a., 2019) med bilagor, samt sammanfattas i kapitel 5.

Under mars-september 2019 sammanställde Marlene Ågerstrand en uppdatering av s.k. PNEC-värden (Predicted No Effect Concentration). Dessa används för att beräkna riskkvoten av olika läkemedelssubstanser. Arbetet påbörjades med de substanser som identifierades som mest osäkra/av störst vikt, så att dessa kunde användas redan i teknikutredningen. Uppdatering baserades på PNEC-värden som togs fram under pilotesterna för läkemedelsrening vid Nykvarnsverket av Tekniska verken i Linköping och IVL (Sehlén, o.a., 2015). Utöver detta genomfördes en generell bedömning av metoder för

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 11(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektname: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

utvärdering av en förbättrad rening. Detta arbete sammanställs i rapporten *Derivation of PNECs for 39 pharmaceutical substances* (Ågerstrand, 2019) och sammanfattas i kapitel 2.2 och 2.3.

Redan under december 2018-mars 2019 genomförde IVL en preliminär bedömning av recipientpåverkan och reningsbehov baserat på tidigare kartering utförd 2014 vid Himmerfjärdsverket (Allard & Wahlberg, 2017) och riskbedömningen med PNEC-värden från tidigare IVL-projekt (Sehlén, o.a., 2015), Under augusti-september 2019 uppdaterade IVL miljöpåverkan, reningsbehovet för olika reningsmål och effekten av en framtida läkemedelsrening för recipienten baserat på de genomförda provtagningskampanjerna inom delprojekt 2. Resultatet presenteras i samma delrapport som provtagningsplan och provtagningsresultat (Baresel & Malovanyy, 2019b).

1.4.4 Delprojekt 4–5 Framtagande av beslutsunderlag samt projektavslut

Under projektet beslutades att slutrapport till Naturvårdsverket och beslutsunderlag för Syvabs styrelse kommer att utgöras av samma rapport, vilket är föreliggande rapport. Under september-oktober sammanställdes resultaten i denna rapport. Rapporten levererades i slutet av oktober 2019.

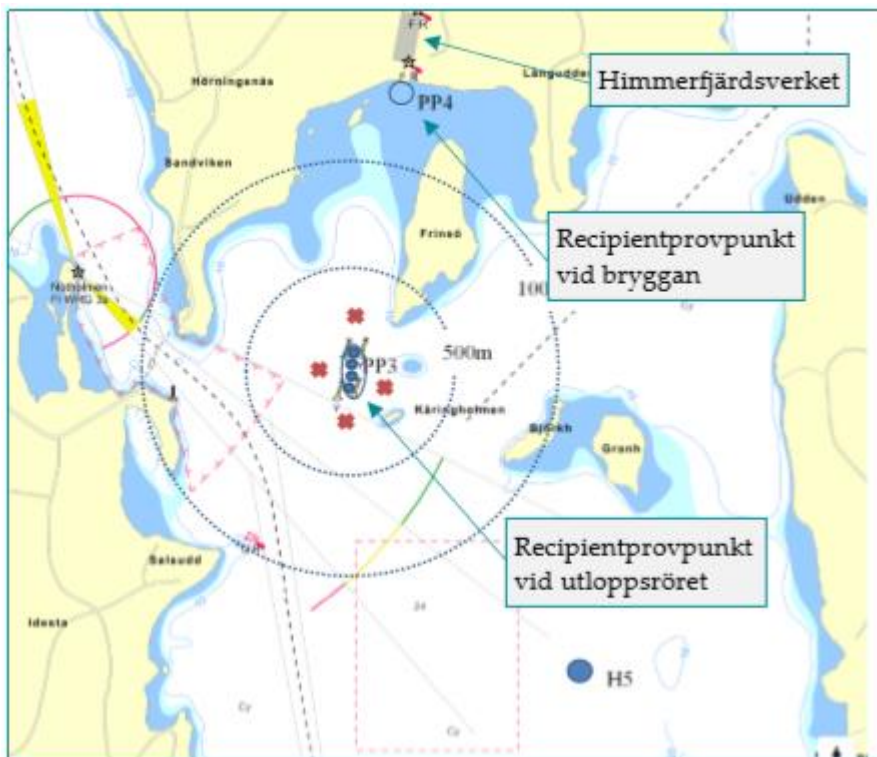
Projektet kommer under november 2019 att utvärderas av projekt- och styrgrupp.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 12(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

2. Provtagning och analys av miljöpåverkan

2.1 Provtagningsprogram

Provtagningen utfördes vecka 9, 14 och 26 år 2019 och omfattade fyra provpunkter – inkommande till och utgående avloppsvatten från Himmerfjärdsverket, ett recipientprov vid utloppsröret och ett vid stranden nära Himmerfjärdsverket, se Figur 1. Provtagning av inkommande vatten utfördes efter grovgallren och provtagning av utgående vatten gjordes från kanalen mellan skivdiskfiltren och utloppsröret. Prov på inkommande och utgående vatten togs flödesproportionellt. För provtagning vid strandzonen installerades en portabel provtagare med fast tidsintervall. Alla prover på inkommande, och utgående avloppsvatten samt på recipientvatten vid strandzonen togs som veckoprover förutom för bakterieanalyser som gjordes på stickprov på sista dagen av veckoprovtagningen. Provtagning vid utloppsröret i fjärden skedde vid utsläppspunkten på 1 m djup med enkel provtagning av fem stickprov som blandades till samlingsprov. De frysta/kylda proverna skickades efter provtagningstidens slut till analys.



Figur 1 Provtagningspunkter.

Utöver de tre provtagningarna enligt ovan analyserades också en fjärde provomgång. Den första provomgången var från början planerad till vecka 7, men på grund av högt inkommande flöde valdes

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 13(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

denna provomgång bort från projektet. Orsaken var både antagen utspädning av inkommande föroreningar inklusive läkemedelsrester, samt förbiledning av en del mekaniskt renat avloppsvatten förbi biosteget. Syvab och IVL beslutade dock att analysera prover tagna under vecka 7 utanför ramarna för detta projekt eftersom resultaten kunde ge viktig information om hur högflödessituationer påverkar läkemedelsflöden genom anläggningen och effekten på recipienten.

Analyserna på läkemedel, hormoner och antibiotika utfördes på IVL. De ämnen som saknas i IVL:s läkemedelspaket jämfört med Naturvårdsverkets rekommendation som gjordes under 2019 är Fluconazol, Ketoconazole, Levonorgestrel, Losartan, Methotrexate, Tramadol, Venlafaxin och Zolpidem. Bakterianalys genomfördes av Eurofins. BOD₇ och COD-analys genomfördes av Synlab. Kväve- och fosforfraktionerna (Tot-N, NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, Tot-P och PO₄-P) samt suspenderat material (SS) analyserades vid Syvabs eget lab. Kväve- och fosforfraktioner i recipienten analyserades av DEEP, Stockholms universitet, med samma metoder som används i det löpande kontrollprogrammet i recipienten.

2.2 Uppdatering av PNEC-värden

Stockholms Universitet har tagit fram PNEC-värden för 39 läkemedelssubstanser (Tabell 3). Metod och utförligare beskrivning av PNEC-värdena finns i Ågerstrand 2019. Jämfört med de PNEC-värden som togs fram i samband med pilotförsök med ozon i Linköping (Sehlén, o.a., 2015) resulterade uppdateringen i högre PNEC-värden för 13 substanser och lägre PNEC-värden för 11 substanser. PNEC togs även fram för två nya substanser, Moxifloxacin och Benzylpenicillin. PNEC (Predicted No Effect Concentration) är den högsta koncentrationen av en substans som inte förväntas orsaka negativa effekter i ett ekosystem. För att beräkna miljörisken med en substans kan uppmätta eller beräknade koncentrationer i miljön jämföras med PNEC-värdet för den substansen. Kvoten mellan uppmätt/beräknad koncentration och PNEC-värdet för en substans kallas riskkvot, se vidare kapitel 2.6.

Utöver att beräkna PNEC för sötvatten (PNEC_{FW}) har PNEC för antibiotikaresistensutveckling (PNEC_{RES}) tagits med för antibiotikasubstanser. Eftersom gränsvärden som PNEC ofta baseras på de lägsta tillgängliga effektkoncentrationerna (för att skydda de känsligaste arterna och populationerna), kan PNEC_{RES} användas istället för PNEC_{FW} i de fall PNEC_{RES} är lägre. Detta är dock inte enligt nuvarande riktlinjer, men det kan anses vara lämpligt med tanke på konsekvenserna av antibiotikaresistensutveckling.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 14(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Tabell 3 $PNEC_{FW}$ och $PNEC_{RES}$ för 39 läkemedelssubstanter.

Substans	$PNEC_{FW}$ ($\mu\text{g/L}$)	$PNEC_{RES}$ ($\mu\text{g/L}$)
Estradiol	0,00004	-
Ethinylestradiol	0,000016	-
Amlodipine	0,01	-
Atenolol	32	-
Bisoprolol	35,6	-
Carbamazepine	2,5	-
Citalopram	0,000075	-
Diclofenac	0,05	-
Fluoxetine	1,16	-
Furosemide	0,156	-
Hydrochlorothiazide	1000	-
Ibuprofen	102	-
Ketoprofen	2	-
Metoprolol	2,59	-
Naproxen	15	-
Oxazepam	0,01	-
Paracetamol	46	-
Propranolol	0,228	-
Ramipril	100	-
Ranitidine	0,002	-
Risperidone	5,8	-
Sertraline	0,0094	-
Simvastatin	0,2	-
Terbutaline	240	-
Warfarin	11	-
Benzylpenicillin	0,006	0,25
Ciprofloxacin	0,1	0,064
Clarithromycin	0,04	0,25
Clindamycin	0,014	1
Doxycycline	0,0369	2
Erythromycin	0,02	1
Fusidic acid	1,68	0,5
Linezolid	24	8

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 15(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Substans	PNEC _{FW} (µg/L)	PNEC _{RES} (µg/L)
Moxifloxacin	0,78	0,125
Norfloxacin	0,022	0,5
Rifampicin	3300	0,064
Sulfamethoxazole	0,118	16
Tetracycline	0,482	1
Trimetoprim	62	0,5

2.3 Metoder för utvärdering av förbättrad rening

Att utvärdera miljöåtgärder kan vara komplext av flera olika skäl. Miljöövervakning där faktiska förändringar på populationer i recipienten undersöks är kostsamt och tidskrävande då det krävs undersökningar över en längre tid. Det är heller inte möjligt att med enbart miljöövervakning bestämma kausala samband mellan effekter i recipienten och utsläpp av en specifik substans. En annan möjlig utvärderingsmetod är att undersöka effekter på ekosystemtjänster, såsom vattenrening, fiskemöjligheter och rekreation. Detta har testats på flera andra områden men bara vid enstaka tillfällen för kemiska substanser, troligtvis pga. komplexiteten. Generellt är metoder som kräver mindre underlag att föredra eftersom användbarheten då ökar, dock är det viktigt att ta hänsyn till osäkerheter och begränsningar med varje utvärderingsmetod i analysen av resultatet.

För projekt som pågår under en kortare tidsperiod, såsom vid denna förstudie, är två utvärderingsmetoder lämpliga. Metoderna kan företrädesvis användas i kombination eftersom de har olika styrkor och svagheter. Båda metoderna är förhållandevis tids- och kostnadseffektiva, samtidigt som de ger beslutsunderlag som är specifika för en viss substans. Ingen av metoderna undersöker faktiska effekter på populationer i recipienten.

- 1) Jämförelse mellan uppmätta koncentrationer i inlopps- och utloppsvatten till reningsverket före och efter införandet av förbättrad avloppsvattenrening. Detta ger en siffra på hur många kg substans som renats bort under en viss tidsperiod.
- 2) Beräkning av miljörisken (riskkvoten) före och efter införandet av förbättrad vattenrening. Miljörisken beräknas genom att den uppmätta eller beräknade koncentrationen i miljön (EC, Environmental Concentration) jämförs med den högsta koncentrationen av en substans som inte förväntas orsaka negativa effekter i ett ekosystem (EC/PNEC). En minskad kvot visar på en minskad risk för ekosystemet. PNEC-värdet är baserat på studier i labb, och framtagandet av

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 16(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

PNEC-värdet är delvis en expertbedömning där olika experter kan komma fram till olika resultat. Ofta behöver en bedömning av halt i recipienten göras utifrån utgående halt från avloppsreningsverk och utspädning, eftersom uppmätta halter i recipienten kan ligga under detektionsgränsen för befintliga analysmetoder.

I detta projekt har båda metoderna ovan använts för bedömning av utsläpp av läkemedelsrester och bedömning av miljörisken vid dagens situation. Det har även gjorts en uppskattning av minskning av utsläpp av läkemedelsrester och förändring av miljörisker efter eventuellt införande av förbättrad avloppsvattenrening.

2.4 Utspädning i recipienten

För riskbedömningen i avsnitt 2.6 behövs kunskap om utspädningen av utgående avloppsvatten i Himmerfjärden då kvantifieringsgränsen för de flesta läkemedelssubstanser är för höga för att kunna ge exakta recipienthalter. För den initiala riskbedömningen baserat på tidigare mätningar har utspädningen räknats fram av IVL som en kvot mellan flödet i Himmerfjärden och årsmedelvärdet av flödet ut från reningsverket. Samtidigt har hänsyn till vattenutbyte i fjärden med yttre skärgården tagits. En utspädning med 100 gånger har definierats baserat på befintlig kunskap som återges i (Baresel & Malovanyy, 2019a).

Baserat på provtagningar i recipienten under projektet har Stockholms universitet dessutom kommit fram till följande resultat gällande utspädning, se vidare delrapport om utspädning (Walve, 2019). Mätningar utförda vid utsläppspunkten i recipienten under 2019 gav faktorer för primärspädning (den utspädning av avloppsvattnet som sker vid utsläppspunkten då det blandas med recipientvattnet) huvudsakligen i intervallet 20–60. Under vinter och vår, då vattenmassan är oskiktad, stiger utsläppsvattnet upp till ytan, oavsett utsläppsdjup. Under sommaren och vid utsläppsdjup på 25 meter, stiger det inte upp till ytvattnet utan lagras in strax under temperatursprångskiktet, på omkring 7–15 meters djup. Syvab planerar att i framtiden förlägga utsläppsdjupet till 10 m. Då blandas vattnet i hög grad in i ytvattnet även under sommaren. Tidigare modellberäkningar utförda för ett utsläppsdjup på 10 meter visar en primärspädning på 12–15 gånger och att en utsläppsplym med utspädning <100 kan sträcka sig uppåt en kilometer. De grundområden som framförallt kan påverkas av sådant vatten ligger norr om utsläppspunkten, men på grund av huvudsakligen sydgående strömmar är sådan inverkan sällan långvarig.

Den storskaliga utspädningen i Himmerfjärden, baserad på utbyte med Svärdsfjärden och flöde från reningsverket, ligger på 110 gånger på årsbasis. Säsongsvariation baserat på vattenomsättning i recipienten är 80–140, med minst utspädning under sommaren. Även avloppsvattenflödet varierar dock över året,

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 17(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

med generellt lägre flöden på sommaren, vilket motverkar effekten av den mindre vattenomsättningen under sommaren.

Med tanke på variationer i utspädningen över året och i olika punkter som omöjligt kan fastställas vid varje provtagning behöver ett tillvägagångsätt definieras som används för riskbedömningen. I dagsläget finns inte något regelverk som definierar hur mätpunkter i recipienten ska lokaliseras eller hur analysdata från olika mätpunkter ska jämföras mot gränsvärden. Förslagsvis bör minst en mätpunkt nära utsläppsröret som ger höga värden, en centralt i Himmerfjärden och en mätpunkt nära gränsen mot utanförliggande yttre skärgården användas i bedömningen. Halter från dessa mätpunkter ligger till grund för en medelhalt som jämförs med gränsvärden. På samma sätt bör den storskaliga medelutspädningen ligga till grund när halter i recipienten ligger under kvantifieringsgränsen och utgående halter från reningsverket behöver användas för att räkna ut förväntade halter i recipienten för kontroll mot gränsvärden och riskbedömningen.

I bedömningar av miljöpåverkan har en utspädningsfaktor på 100 använts.

2.5 Resultat av provtagning

Belastningen in till Himmerfjärdsverket var jämförbar vid de tre provtagningstillfällena och allt flöde till reningsverket behandlades i det biologiska steget vid samtliga tre provtagningstillfällen. Analys av standardparametrarna indikerade dessutom en effektiv rening vid samtliga tre provtagningsomgångar.

Ett relativt stort antal *E.coli* och koliforma bakterier kunde observeras i utgående vatten men dessa späds snabbt ut i recipienten till avsevärt lägre halter. Antal Enterokocker var dock lägre i utgående vatten än i recipienten precis vid utloppsröret. Vid strandzonen (provpunkt vid bryggan) var halterna däremot låga igen.

Analysresultaten visade att reningseffektiviteten för hormoner var mycket god i Himmerfjärdsverket och utgående halter var för det mesta under kvantifieringsgränsen. Reningseffektiviteten för läkemedelsrester varierade kraftigt och endast för Ibuprofen, Naproxen och Simvastatin uppnåddes en väldigt hög borttagning (> 80%). Bortsett ifrån Ketoprofen låg medel för reningseffektiviteten på under 40% och för flera substanser kunde en negativ reduktion konstateras. Av de analyserade antibiotikasubstanserna togs endast Ciprofloxacin, Doxycycline, Sulfamethoxazole och Tetracycline effektivt bort i reningsverket. De flesta andra antibiotika uppvisade en svag reduktion eller negativ reduktion över reningsverket. Variationer i halter mellan provomgångarna kunde fastställas för flera substanser.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 18(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Utifrån analysresultaten kunde det också konstateras att halter av hormoner, läkemedelsrester och antibiotika i recipienten hamnade under kvantifieringsgränsen för de flesta substanser. För substanser där halter kunde kvantifieras låg dessa signifikant lägre än i utgående vatten. Dessutom var mätbara halter vid utloppet högre än vid bryggan vilket troligtvis förklaras med en fortsatt utspädning av avloppsplymen.

En jämförelse av Himmerfjärdsverkets halter i inkommande och utgående avloppsvatten med medianhalter för ett antal olika karteringar som IVL har deltagit i visade att hormonhalter och halter för flera läkemedel och antibiotika låg vid eller under referenshalter. För några substanser verkade en effektivare rening ske vid Himmerfjärdsverket jämfört med andra anläggningar. För flera substanser låg dock halter i inkommande, utgående eller båda väsentligt högre än referenshalter. Generellt, kan man säga att halter av läkemedel i utgående vatten från Himmerfjärdsverket är ca 60 % högre än på andra reningsverk i medel mellan alla substanser men att det finns en stor variation bland substanserna. Orsakerna till avvikelserna mot andra reningsverk är inte utredda.

Utvärderingen av högflödestillfället där runt 600 m³/h av flödet in till reningsverket leddes förbi den biologiska reningen visade en generell försämrad reningseffektivitet med avseende på läkemedelsrester på grund av den högre utspädning som kunde observeras i inkommande halter. Betydligt lägre bakteriehalter kunde konstateras i utgående vatten från den biologiska reningen på grund av utspädningen medan halter i recipienten vid utloppsröret var markant högre än vid övriga provtagningsstillfällen. Detta kan troligtvis förklaras med förbiledning av en del av mekaniskt renat avloppsvatten direkt till recipienten. Halter för de flesta hormoner, läkemedelsrester och antibiotika var som förväntat lägre vid högflödestillfället än vid de andra provomgångarna. Det kunde också observeras att det för några få av de detekterbara ämnen i recipienten mättes högre halter vid högflödestillfället vilket kan förklaras med förbiledning av mekaniskt renat avloppsvatten. Generellt verkade dock förbiledningen inte ha orsakat en märkbar påverkan på halter i recipienten.

2.6 Bedömning av risker, reningsbehov och reningseffekt

I delprojekt 2 genomförde IVL en initial riskbedömning och bedömning av reningsbehovet baserat på en tidigare kartering av läkemedelsrester i avloppsvattnet vid Himmerfjärdsverket. Riskbedömningen uppdaterades sedan med information från de tre provtagningsstillfällena och nya PNEC-värden som togs fram i delprojekt 3.

Riskbedömningen byggde på riskkvoten, den s.k. EC/PNEC-kvoten i recipienten som bygger på toxikologiska data. EC är den beräknade halten i recipienten, dvs. koncentrationen i utgående vatten delat med utspädningen. PNEC baseras på NOEC (No Effect Concentration) som motsvarar den högsta

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 19(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

koncentrationen av en substans som inte förväntas orsaka negativa effekter i ett ekosystem. Säkerhetsfaktorn tar hänsyn till osäkerheten i de ekotoxikologiska studier som finns tillgängliga. Ju färre studier/högre osäkerhet desto större säkerhetsfaktor.

Uträkningen görs enligt ekvationen:

$$\text{Riskkvot} \left(\frac{EC}{PNEC} \right) = \frac{ARV \cdot UT * \text{Säkerhetsfaktor}}{NOEC * \text{Utspädning}}$$

Hög risk för oönskade effekter anses föreligga om riskkvoten är 1 eller högre. I intervallet 0,1–1 är risken måttlig, och en riskkvot <0,1 medför en låg risk.

Utspädningen av utgående avloppsvatten i Himmerfjärden bedömdes till 80–140 enligt avsnitt 2.4. För beräkningar användes en utspädningsfaktor på 100. Halter av läkemedelsrester i aktuella kustvatten var inte tillgängliga, huvudsakligen på grund av att detektionsgränsen i analysen ofta är mycket högre än halter i recipienten. Därför har IVL antagit att vatten i recipienten som späder utgående avloppsvatten är helt opåverkat. Det är dock viktigt att notera att halter i recipienten är en stor osäkerhetsfaktor i riskbedömningen. Av 40 analyserade ämnen har 36 av dem ett PNEC som är lägre än detektionsgränsen för analysmetoden. För könshormonerna (Östron, Östradiol och Etinylöstradiol) och vissa andra ämnen gjordes ingen effektbedömning då uppmätta halter generellt var lägre än detektions- eller kvantifieringsgränsen.

Riskbedömningen utifrån riskkvoter i recipienten kom fram till att samtliga analyserade substanser förutom Citalopram, Diclofenac, Oxazepam och Ranitidine hade en riskkvot under 0,1 i recipienten vilket medför låg risk (Tabell 4). Diclofenac låg på en riskkvot mellan 0,1 och 1 som medför måttlig risk. De tre övriga substanserna (Citalopram, Oxazepam och Ranitidine) ligger över 1, vilket betyder att de har en hög risk för påverkan i recipienten. Trots att riskkvoter i recipienten var <1 för majoriteten av de analyserade substanserna kan en rening av avloppsvatten till lägre halter dock vara motiverat då persistenta läkemedelsubstanser har lång uppehållstid och kan detekteras i ytvatten långt ut till havs i Östersjön och i filtrerande organismer. Tittar man istället på riskkvoten i utgående avloppsvatten för bedömningen så bedöms risken för effekter som hög för 8 substanser och som måttlig för ytterligare 9 substanser (Tabell 4).

Riskkvoter i utgående avloppsvatten innan utspädning är högre än 1 för 8 substanser, vilket visar vikten av att ta hänsyn till recipienten vid bedömning av miljöpåverkan och eventuell formulering av reningskrav avseende läkemedelsrester.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 20(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Tabell 4 Sammanställning av riskbedömning och reningsbehov för läkemedel vid Himmerfjärdsverket.

Substans	Medel I-III (EC), ng/l		Rening I-III, %	PNEC ¹ , µg/l	Riskkvot (RK) ² i recipient	Reningskrav för ³	
	IN	UT				RK <1 i recipient	80% IN-UT
Hormoner							
Östron (E1)	41,0	<0,7	>98%	0,00008	<0,09	-	-
Östradiol (E2)	<10,0	<1,0	>90%	0,00004	<0,25	-	-
Etinylöstradiol (EE2)	<2,8	<0,7	>76%	0,000016	<0,42	-	-
Läkemedelsrester							
Amlodipine	126	87,7	30%	0,01	0,09	-	71%
Atenolol	607	430	29%	32	0,00	-	72%
Bisoprolol	98,7	112	-14%	35,6	0,00	-	82%
Carbamazepine	450	460	-2%	2,5	0,00	-	80%
Citalopram	293	337	-15%	0,000075	45	98%	83%
Diclofenac	1023	913	11%	0,05	0,18	-	78%
Fluoxetine	27,7	36,3	-31%	1,16	0,00	-	85%
Furosemide	1800	1280	29%	0,156	0,08	-	72%
Hydrochlorothiazide	1367	1267	7%	1000	0,00	-	78%
Ibuprofen	7033	104	99%	102	0,00	-	-
Ketoprofen	347	183	47%	2	0,00	-	62%
Metoprolol	1833	1900	-4%	2,59	0,01	-	81%
Naproxen	7867	240	97%	15	0,00	-	-
Oxazepam	1933	2133	-10%	0,01	2,13	53%	82%
Paracetamol	<10,0	<15,0	-50%	46	0,00	-	87%
Propranolol	86,0	129	-50%	0,228	0,01	-	87%
Ramipril	<15,0	<15,0	-	100	0,00	-	-
Ranitidine	347	251	28%	0,002	1,25	20%	72%
Risperidone	<5,0	<9,0	-	5,8	0,00	-	-
Sertraline	86,0	56,3	34%	0,0094	0,06	-	69%
Simvastatin	1033	<63,7	94%	0,2	0,00	-	-
Terbutaline	<11,0	<15,0	-	240	0,00	-	85%
Warfarin	11,7	7,5	36%	11	0,00	-	69%
Antibiotika							
Benzylpenicillin	<3,3	<3,3	-	0,006	<0,01	-	-
Ciprofloxacin	<15,0	<2,5	83%	0,064	0,00	-	-
Clarithromycin	122	105	14%	0,04	0,03	-	77%
Clindamycin	<1,8	11,5	-527%	0,014	0,01	-	97%
Doxycycline	<129	<49	-	0,0369	<0,01	-	-
Erythromycin	40,0	43,3	-8%	0,02	0,02	-	82%
Fusidic acid	<16	<16	-	0,5	0,00	-	-
Linezolid	<31	<31	-	8	0,00	-	-
Metronidazole	16,9	49,2	-191%	-	-	-	93%
Moxifloxacin	<6,8	<6,8	-	0,125	0,00	-	-
Norfloxacin	<9,8	<9,8	-	0,022	0,00	-	-
Rifampicin	76,8	42,0	45%	0,064	0,01	-	63%
Sulfamethoxazole	268	40,5	85%	0,118	0,00	-	-
Tetracycline	753	80,0	89%	0,482	0,00	-	-
Trimetoprim	9,3	19,6	-110%	0,5	0,00	-	90%
¹ - uppdaterat 2019 inom projektet			>80%	<0,1		<40%	<40%
² - med medelutspädning på 100 i recipienten			40-80%	0,1-1		40-80%	40-80%
³ - Reningskrav på 80% avser krav på reduktion över hela reningsverk			<40%	>1		>80%	>80%

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 21 (39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

För att uppnå en riskkvot <1 för samtliga analyserade substanser skulle det krävas en extra rening på 98% för Citalopram, 53% för Oxazepam och 20% för Ranitidine. Citalopram blir då den dimensionerade substansen. Det bör dock noteras att säkerhetsfaktorn för Citalopram och Ranitidine är väldigt hög (≥ 1000), då inga kroniska effektstudier föreligger. Att försöka uppnå en riskkvot <1 för t.ex. Citalopram är därmed inte motiverat med dagens kunskapsläge och kompletterande effektstudier är att rekommendera.

För att uppnå en riskkvot som ligger under 0,1 i recipienten, för samtliga analyserade substanser, skulle det behövas en ännu kraftigare rening av utgående vatten (Tabell 4).

IVL genomförde också en riskbedömning utifrån klassningen av kemisk status i vattenförekomster via halter av särskilt förorenande ämnen. I senaste utgåvan av Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten ingår två läkemedel (Ciproflaxin och Diclofenac) och två hormoner (Estron och Etinylöstradiol) i listan av särskilt förorenande ämnen. För att klassa kemisk status av en recipient som God måste halter av dessa läkemedel i recipienten vara lägre än respektive gränsvärden. Beräknade halter av föroreningar i Himmerfjärdsverkets recipient jämfördes därför med respektive gällande gränsvärden i HVMFS 2013:19. Endast för Diclofenac respektive Etinylöstradiol (EE2) är gällande gränsvärden i HVMFS 2013:19 lägre än PNEC. Halter i recipienten är mycket lägre än både PNEC och gränsvärdet enligt HVMFS 2013:19 för de fyra listade substanserna bortsett från Diclofenac, där halterna ligger nära gränsvärdet. Det indikerar att Syvab kan få utökat krav på förbättrad rening från mikroföroreningar, även om det inte skulle införas särskilda krav för rening av läkemedelsrester.

Baserat på tidigare pilottester som genomfördes av Syvab och IVL har även en preliminär bedömning av reningseffekten av en kolfilteranläggning i fullskala på Himmerfjärdsverket gjorts. Baserat på antagandet att ett sådant reningssteg utformas enligt principförslaget visade bedömningen att en kombination av MBR och GAK förväntas minska utsläppen av alla läkemedelsrester signifikant och reducera samtliga riskkvoter i recipienten till under 1, bortsett från Citalopram. Just reduktionsgraden av Citalopram kan dock vara högre i verkligheten då halten av Citalopram i utgående vatten från GAK-filtren låg under detektionsgränsen i alla tidigare pilotstudier och reningsgraden därför troligtvis ligger på en högre nivå. Bedömning av reningseffekten visar också att en rening av läkemedelsrester vid Himmerfjärdsverket skulle kunna reducera totalmängden av analyserade läkemedelsrester med mer än 400 kg årligen.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 22(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

3. Teknisk lösning för läkemedelsrening på Himmerfjärdsverket

3.1 Teknikutredning

I projektets första del, teknikutredningen, studerades ett antal olika tekniker för läkemedelsrening med avseende på bland annat teknikmognad, ekonomi (i grova drag), reningseffekt, logistik, miljö samt kompatibilitet med det framtida Himmerfjärdsverket. Det finns även ett stort antal reningstekniker under utveckling, men dessa bedöms inte vara mogna för implementering på Himmerfjärdsverket. De tekniker som studerades presenteras nedan.

- Granulerat aktivt kol (GAK)
- Pulveriserat aktivt kol efter MBR (PAK)
- Pulveriserat aktivt kol i MBR (PAK-MBR)
- Ozon
- Ozon och biologisk efterbehandling

Teknikerna PAK efter MBR samt ozon utan biologisk efterbehandling valdes bort i ett tidigt skede. PAK efter MBR då den bedömdes ha dels ett stort ytbehov, dels en hög årskostnad (investerings- och driftkostnad), till följd av behovet av både bassängvolymmer för inblandning och sedimentering samt ett efterföljande filtreringssteg för avskiljning av kolet. Ozon utan efterföljande biologisk behandling valdes bort då risken för skadliga bi- och transformationsprodukter bedömdes vara för stor.

Vad gäller de tre kvarstående teknikerna bedömdes de huvudsakliga fördelarna med GAK vara att det är en väl beprövad teknik med en god reduktion av mikroföroreningar. Till nackdelarna hör en stor förbrukning av GAK, vilket medför både miljöpåverkan, logistik och hög driftkostnad.

Tekniken PAK-MBR bedömdes ha en stor fördel i att investeringskostnaden blir låg eftersom MBR redan finns samt att möjlighet finns att behandla maximalt flöde genom den biologiska reningen. Påverkan på kväverening och membran är inte säkerställd, men kan vara positiv. En stor nackdel är negativ påverkan på bioslammet, både mängd och kvalitet, då andelen oorganiskt material ökar. Denna teknik bedömdes som en icke väl beprövad teknik där för- och nackdelar behöver utredas och testas mer i pilottester. Dessutom förväntas att tekniken kommer ha en stor förbrukning av kol.

För ozon med efterföljande biologisk efterbehandling studerades tre olika alternativ för den biologiska efterbehandlingen; GAK, MBBR (Moving Bed Bio Reactor) och sandfilter. Samtliga efterbehandlingsmetoder innebär ett stort ytbehov samt en hög investeringskostnad. Det bedömdes dock att ozon med efterföljande GAK-filter var det mest fördelaktiga alternativet, eftersom reningseffekten kan

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 23(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

bli bättre än för enbart GAK eller ozon samt då det finns möjlighet att optimera ozondos och intervall mellan kolbyten.

Utifrån teknikutredningen fattade projektets styrgrupp beslut om att gå vidare med att ta fram ett principförslag för filtrering av utgående vatten från MBR-anläggningen med granulerat aktivt kol (GAK). De huvudsakliga skälen var en förväntad god reduktion av läkemedelsrester, och att investeringskostnad behov av anläggningsutrymme samt komplexitet i anläggningen bedömdes bli mindre för GAK än för ozon och biologisk efterpolering. De extra kostnader som kombinationen Ozon-GAK innebär bedömdes inte uppvägas av mervärdet att kunna optimera och få en något bättre rening. Dessutom hoppas Syvab på lång sikt kunna ersätta kommersiellt GAK med biokol från eget slam och sluta kretsloppet. PAK-MBR bedömdes vara för osäkert, både avseende påverkan på MBR-processen samt avsättning av slam.

Projektets styrgrupp beslutade även att GAK-filteranläggningen skulle designas med två filter i serie, vilket baseras på att studier visat att detta kan förlänga filtrens livslängd och att filtermaterialets kapacitet kan maximeras samt att extra redundans i filteranläggningen erhålls¹. En översiktlig kostnadsbedömning gjordes för att jämföra en- och tvåstegsfilter och denna visade att en ökad investeringskostnad och viss påverkan på driftkostnad från pumpning mellan filtren bedöms uppvägas av minskade kostnader för aktivt kol, vilket ytterligare stärkte styrgruppens beslut.

3.2 Dimensionerande flöde

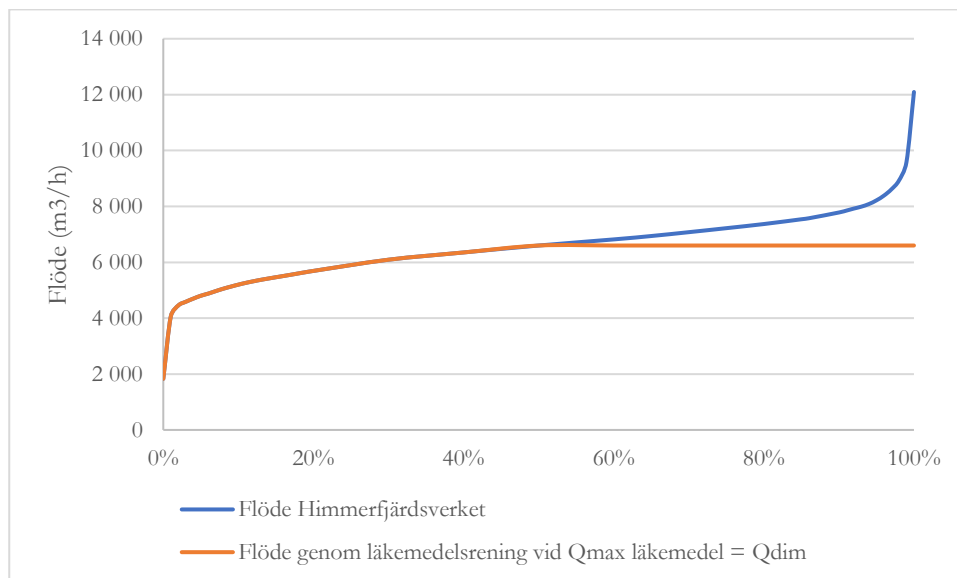
Vid val av maximalt flöde för läkemedelsreningen (Q_{\max} läkemedelsrening) diskuterades under teknikutredningen tre olika alternativ.

1. Q_{\max} läkemedelsrening = 6 600 m³/h, motsvarande Q_{\dim} för Himmerfjärdsverket år 2040
2. Q_{\max} läkemedelsrening = 6 400 m³/h, motsvarande Q_{dry} (bedömt torrvädersflöde)
3. Q_{\max} läkemedelsrening = 13 000 m³/h, motsvarande $Q_{\text{Max, biologisk behandling, Fas 2}}$

Genom att studera prognosticerade flöden för Himmerfjärdsverket år 2040 bedömdes att Q_{dry} ligger mycket nära Q_{\dim} samt att det endast skulle få en marginell påverkan att använda Q_{\max} för biosteget som dimensionerande flöde för läkemedelsreningen. Med anledning av detta valdes det dimensionerande maxflödet för läkemedelsreningen till att vara samma som Q_{\dim} för biosteget (6 600 m³/h). Detta innebär att 94 % av årsvolymen renat avloppsvatten renas i läkemedelsreningen (se Figur 2).

¹ Se Baresel, C., m.fl., 2017a, *Handbok för rening av mikroföroreningar vid avloppsreningsverk*, IVL Svenska Miljöinstitutet, B2288.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 24(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:



Figur 2 Varaktighetsdiagram för Himmerfjärdsverket år 2040. Om kapaciteten för läkemedelsreningen sätts till Q_{dim} , 6 600 m^3/h , (orange linje) behandlas 94 % av det totala flödet i läkemedelsreningen.

Dimensionerande maxflöde för läkemedelsreningen presenteras i Tabell 5. För mer detaljerad information om dimensionerande flöde hänvisas till Teknikutredning läkemedelsrening (Grim, Frid, Furgal, Forslund, & Ek, 2019).

Tabell 5 Dimensionerande maxflöde in till läkemedelsreningen.

Parameter	Enhet	Värde
Q_{Max} läkemedelsrening	m^3/h	6 600
Q_{Max} läkemedelsrening	m^3/d	158 400

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 25(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

4. Utsläppsvillkor, val av måldefinition

Vid ett definierat reningskrav på 80% för varje enskild substans över hela reningsverket (som t.ex. tillämpas i andra länder) skulle en extra rening av de flesta substanserna behövas (Tabell 4). För de ämnen som i analyserna uppvisat en negativ reduktion i den befintliga reningsprocessen skulle det krävas en mycket högre reningsgrad än 80 %. Denna måldefinition tar inte någon hänsyn till recipientens känslighet och behov, eller att olika substanser kan ge olika påverkan på recipienten. Enligt vår bedömning är denna typ av måldefinition förknippad med flertalet problematiska aspekter som har diskuterats och redovisats i delprojekt 3. Det föreslås ibland att orimliga krav ska undvikas exempelvis genom att substanser med negativ reduktion samt substanser med osäker kvantifiering utesluts från reningskravet. Det bör dock beaktas att med sådana undantag och förenklingar kan reningskravet i sig ifrågasättas, då eventuella egentliga ”problemsubstanser” kan uteslutas i bedömningen. Detta kan innebära en risk att tekniska lösningar endast ger en skenbar miljöförbättring och att en egentlig förbättring för recipienten inte uppnås.

IVL:s rekommendation är istället att reningskrav avseende läkemedelsrester bör definieras så att behovet och känsligheten hos recipienten, och därmed de aktuella miljöriskerna, för varje enskilt reningsverk ligger till grund. Enligt IVL:s bedömning är metodiken med riskbedömning genom beräkning av riskkvoter, såsom använts i denna rapport, en bra utgångspunkt i dagsläget. Metodiken skiljer sig inte mycket från bedömning av utsläpp av särskilt förorenande ämnen, enligt redan existerande regelverk (HVFMS 2013:19). I båda metoderna jämförs halten i recipient efter utspädning med en maximalt önskad/tillåten koncentration (PNEC/gränsvärde). Eftersom att det redan finns ett existerande regelverk enligt den föreslagna metodiken, krävs det inte nödvändigtvis några särskilt framtagna nya kravsystem för rening från läkemedelsrester utan samma effekt/krav kan nås genom att för fler substanser definiera gränsvärde i recipient.

Gränsvärde för respektive ny substans bör definieras utifrån faktiska toxikologiska studier, på samma sätt som PNEC definierades i detta projekt. Det är dock viktigt att framhålla att gränsvärdena bör formuleras endast för de substanser där säkerhetsfaktorn är tillräckligt låg (10 eller mindre), detta för att undvika orealistiska reningskrav och onödig resursförbrukning. För de substanser som har en riskfaktor nära eller över 1 hos flertalet reningsverk och som samtidigt har hög säkerhetsfaktor (exempelvis Citalopram) bör fokus istället ligga på att minska osäkerheter (och därmed minska säkerhetsfaktorn) i riskbedömningen genom exempelvis flera toxikologiska studier. En viktig aspekt vid effektbedömning är att toxikologiska studier finns för både sötvatten och havsvatten, så att gränsvärdena för kust/havsvatten inte bestäms utifrån toxikologiska studier med sötvatten och en villkorlig säkerhetsfaktor.

För de substanser som har en låg säkerhetsfaktor men ändå en riskkvot nära 1 utan rening eller som är svåra att rena ner till riskkvot 1, borde åtgärder som minskar utsläpp av dessa ämnen till avloppsvattennätet övervägas. Detta kan exempelvis inkludera ersättning med andra läkemedel med

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 26(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

samma önskade effekt hos patienten, men en bättre nedbrytbarhet i avloppssystemet och/eller en rening vid punktkällor eller andra uppströmsåtgärder.

Vid bedömning av eventuella behov för rening för läkemedelsrester bör det även tas hänsyn till hela avrinningsområdets status och inte bara till status och utspädningsmöjligheter i den primära recipienten. För reningsverk som ligger vid kusten inkluderar det hela Östersjön och eventuell påverkan på hela vattenmassan. För inlandsreningsverk bör inte bara utspädningsfaktorn vid utsläppspunkten tas hänsyn till, utan en bedömning av gränsvärden nedströms bör göras, där ett antagande att även reningsverk nedströms släpper samma mängd läkemedelsrester per ansluten personekvivalent bör inkluderas.

Vid bedömning av reningsbehovet hos ett enskilt reningsverk kan uppmätta halter i utgående vatten och uppmätta halter i recipient användas. Det är dock viktigt att understryka att detektionsgränsen för många läkemedel är mycket högre än PNEC/gränsvärden i dagens analysmetoder. För dessa substanser bör halter i recipienten istället beräknas utifrån halter i utgående vatten från reningsverket samt uppmätta eller bedömda utsläpp från andra reningsverk uppströms.

Recipientsbedömning enligt förslaget ovan kan ligga till grund för en villkorsformulering med maximalt tillåtet utsläpp av vissa läkemedel per år. Detta bör endast gälla för de läkemedel som har en hög riskfaktor eller hög risk för överskridande av gränsvärdet i recipienten. Samtidigt uppmuntrar denna ansats till att implementera de mest kostnadseffektiva åtgärderna, då en extra avancerad rening vid reningsverk endast blir en av möjligheterna att minska utsläpp till recipienten och uppströmsarbetet kommer få en högre vikt. Tekniska lösningar som bara tillgodoser en reduktion av läkemedelshalter med viss procentsats, riskerar att orsaka en onödig energi- och resursförbrukning för reduktion av vissa substanser som har en låg miljörisk och i andra fall otillräcklig rening av de substanser som har en hög miljörisk. Sett ur ett helhetsperspektiv kan ett krav på fast reduktionsgrad för alla eller vissa läkemedel orsaka en större total negativ miljöpåverkan än miljövinst.

Om föreslagen metodik användes för framtagande av gränsvärden för utsläpp av läkemedelsrester på Himmerfjärdsverket skulle det krävas att reducera utsläpp av Oxazepam med $\geq 53\%$.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 27(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

5. Principförslag GAK-filteranläggning vid Himmerfjärdsverket

5.1 Designparametrar

Även om resultat och erfarenheter från tidigare pilottester som genomförts av Syvab och IVL ligger till grund för projektet var underlaget för val av designparametrar begränsat då det inte finns något avloppsreningsverk som i fullskala använder sig av seriekopplade GAK-filter. Vid framtagande av förslag på designparametrar har därför olika sorters källor både avseende parallella och seriekopplade GAK-filter behövt nyttjats, som t.ex. resultat från försök i pilot- och fullskala avseende avloppsvatten, erfarenheter från branschkollegor och leverantörer samt implementering vid rening av dricksvatten. Med detta processval följer därför att det är en förutsättning att försök under längre tid och i större skala genomförs för att kunna verifiera de antagna processparametrarna. Ramboll har valt att använda mer försiktigt dimensionerande av GAK-filter än det förekommer i vissa pilotstudier. Vid planerade fullskaleförsök på Himmerfjärdsverket kommer man dock testa olika driftparametrar för att komma fram till en dimensionering som ger en robust drift av anläggningen utan att man har för stora säkerhetsmarginaler.

Vad gäller ytbelastning varierade framtaget underlag mellan ca 4 och 12,5 m/h. Eftersom filterarean kommer påverkas av vald ytbelastning valdes en ytbelastning på ca 10 m/h för att kunna ge en kostnadsrealistisk filterarea. En kontakttid (empty bed contact time, EBCI) på 10–15 minuter har i försök på enstegsfilter visat på en god reduktion av läkemedelsrester, medan andra aktörer i branschen rekommenderar en kontakttid runt 7–10 och upp till 25 min. Då en relativt hög ytbelastning valdes föreslås kontakttiden sättas med mer säkerhetsmarginal och kontakttiden valdes därför till 25 min, dvs 12,5 min per filter.

Den designparameter som varit svårast att hitta underlag för (avseende tvåstegsfilter) är kolets livslängd, uttryckt som behandlade bäddvolymer (empty bed volumes, EBV). I samråd med IVL valdes därför att studera två olika livslängder för kolet, ett ”värsta” scenario på 20 000 EBV och ett ”bästa” scenario på 50 000 EBV.

Bäddhöjd har utifrån samlade erfarenheter valts till 2,0 m. Backspolningshastigheten med vatten ansattes till 30 m/h och spoltiden till 15 min per filter, två gånger i veckan. Spoltid och frekvens är osäkra parametrar, och att säkerställa tillräcklig kapacitet är mycket viktigt för funktionen. Därför valdes i principförslaget att ansätta dessa parametrar med säkerhetsmarginal, baserat på erfarenheter från anläggningar i fullskala. I pilotförsök har mindre backspolningsbehov visats. Kommande pilotförsök får visa om backspolningen kan minskas. Detta påverkar främst mängden spolavlopp att hantera i anläggningen, och för denna anläggning hur stor bufferttanken för spolavloppsvatten behöver vara.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 28(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

I Tabell 6 sammanfattas förslaget till val av designdata utifrån det underlag som tagits fram. Pilotförsök krävs för att säkerställa/justera designdata för att optimera, se vidare kapitel 6. Det som främst påverkar anläggningens kostnad är ytbelastningen, eftersom den styr erforderlig filterarea och därmed anläggningens storlek och kostnad.

Tabell 6 Designdata för principförslaget.

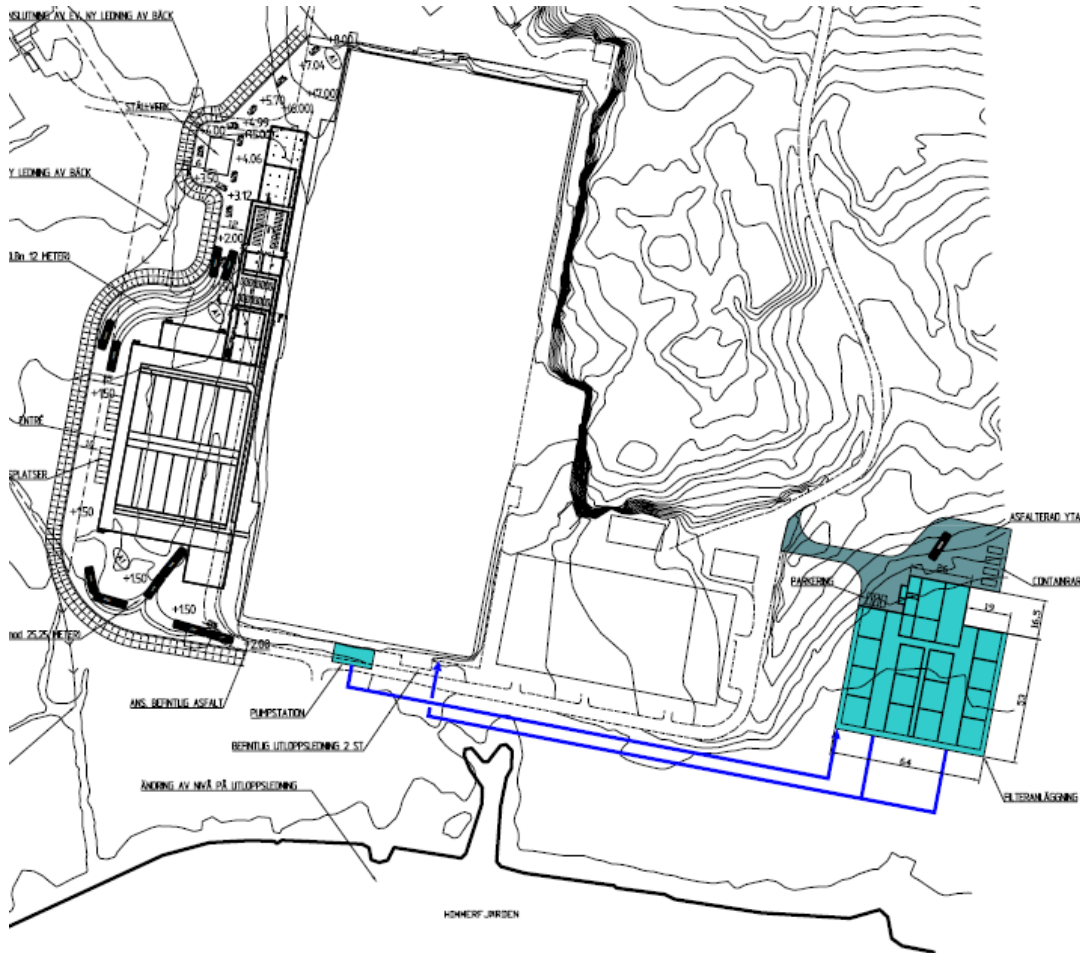
Parameter	Enhet	Valt värde
Kontakttid per filter, EBCT	min	12,5
Total kontakttid över ett filterpar, EBCT	min	25
Ytbelastning per filter, vid Q_{dim}	m/h	10
Bäddvolym, EBV	-	20 000/ 50 000
Höjd filterbädd	m	2,0
Backspolningshastighet, vatten	m/h	30

5.2 Placering

Olika möjligheter för placering av en läkemedelsreningsanläggning har diskuterats i projektets styrgrupp. Ytan väster om den framtida membranläggningen reserveras för vattenpark och för att i framtiden ha möjlighet att ytterligare bygga ut Himmerfjärdsverket för ökad belastning. Ytan söder om bassängblocket har valts bort pga. dåliga geotekniska förutsättningar med hög grundvattennivå, vilket innebär stora byggkostnader.

En ny GAK-filteranläggning placeras därför öster om bassängblocket, se Figur 3.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 29(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:



Figur 3 Situationsplan ny GAK-filteranläggning.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 30(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

5.3 Sammanfattning teknisk lösning

I detta avsnitt sammanfattas den tekniska lösningen från principförslaget, för vidare läsning kring den tekniska lösningen se Principförslag samt tillhörande bilagor (Grim, o.a., 2019). I Figur 3 visas situationsplanen för den nya anläggningen.

Från membranfilterbyggnaden leds renat avloppsvatten via upploppskanalen mot utloppsbrunnen. Före utloppsbrunnen anläggs en ny pumpstation, från denna pumpas flödet till den nya GAK-filteranläggningens inloppskanal. Kanalen distribuerar sedan ut flödet till de 14 filterparen. Filtren utgörs av öppna nedströmsfilter och filterparen är utformade så att båda filtren i ett par kan agera som det första filtret.

Vattnet släpps in i det första filtret i ett filterpar via en inloppslucka, filtratet från det första filtret leds till en mellanpump som pumpar upp flödet till toppen av det andra filtret i serien. När flödet har passerat båda filtren i paret så leds det via självfall till anläggningens gemensamma utloppsledning. Utloppsledningen leder det filtrerade avloppsvattnet till befintlig utloppskanal från högflödesreningen, varifrån det sedan leds till utloppstuber och recipienten.

I filteranläggningen finns utöver de 14 filterparen även bufferttankar för backspol- och spolavloppsvatten samt plats för tömning och påfyllning av kol. När ett filter behöver backspolas så pumpas luft från blåsmaskiner och vatten från backspoltanken in i filterbottensystemet. Vid backspolning ställs hela filterparet av och båda filtren spolas efter varandra. Efter backspolning leds spolavloppsvattnet till ytterligare en bufferttank via självfall, där hamnar spolavloppet till dess att det pumpas tillbaka till MBR-anläggningen. Utöver spolavlopp leds även det första filtratet efter backspolning samt rejektvatten från kolbyte till spolavloppstanken.

Kolbyte sker när kolet i ett filterpar når genombrott, då byts kolet i det första filtret i filterparet. Efter påfyllnad av nytt kol vänds ordningen på filtren, så att filtret med det nya kolet hamnar sist i filterparet. Tömning görs via en ejektorpump som används för att suga upp kolet och sedan blanda det med drivvatten för att göra det pumpbart. Kolet pumpas till en container där det avvattnas. Nytt kol tillsätts genom att det blandas med vatten och sedan pumpas in i filtret direkt från bulkbilen via samma system som används vid tömning.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 31(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

5.4 Kostnadsbedömning

5.4.1 Investeringskostnader

Investeringskostnadsbedömningen uppgår till ca 433 MSEK och omfattar hela projektkostnaden, dvs. mark och grundläggningsarbeten, bygg, luft och rör, el och styr, maskin, första inköp av GAK, samordning av entreprenader samt projektering, upphandling, byggledning, kontroll och besiktning.

5.4.2 Driftkostnader

Driftkostnads kalkylen har gjorts för fyra olika scenarion dels med olika livslängd på kolet, dels med olika metoder för hantering av förbrukat kol. De scenarier som studerats samt beräknade driftkostnader för respektive scenario presenteras i Tabell 7. Förutsättningar för framtagande av driftkostnaderna presenteras i Principförslaget, Bilaga 3.

Tabell 7 Beräknade driftkostnader för respektive scenario.

		Scenario			
		Regenerering		Förbränning	
		50 000 EBV	20 000 EBV	50 000 EBV	20 000 EBV
Hantering förbrukat kol	Mkr/år	11,5	28,7	0,9	2,4
Kostnad nytt kol	Mkr/år	1,6	4,0	16,0	40,1
Personalkostnad, en heltid	Mkr/år	0,9	0,9	0,9	0,9
Energikostnad	Mkr/år	1,4	1,4	1,4	1,4
Total kostnad	Mkr/år	15,4	35,0	19,3	44,7

5.4.3 Årskostnader

Kapitalkostnaden för anläggningen beräknas till 36,4 MSEK/år. Årskostnaden beräknas till 58,2–77,8 MSEK/år med regenerering och 62,1–87,6 MSEK/år med förbränning, se Tabell 8. Förutsättningar för framtagande av årskostnader presenteras i Principförslaget, Bilaga 3.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 32(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Tabell 8 Bedömda årskostnader för respektive scenario.

		Regenerering 50 000 – 20 000 EBV	Förbränning 50 000 – 20 000 EBV
Driftkostnader	Mkr/år	15,4–35,0	19,3–44,7
Underhållskostnad	Mkr/år	6,5	6,5
Kapitalkostnad	Mkr/år	36,4	36,4
Total årskostnad	Mkr/år	58,2–77,8	62,1–87,6
Kostnad per behandlad mängd avloppsvatten	kr/m³	1,01–1,35	1,07–1,51

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 33(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

6. Diskussion

6.1 Reningsresultat och miljöriskbedömning

Inom projektet togs prover både på inkommande vatten och i två punkter i recipienten. Halter i recipienten var dock under respektive detektionsgräns för nästan alla substanser vid alla provtagningstillfällen. Eftersom detektionsgränsen för de flesta läkemedlen är mycket högre än PNEC kunde inte data från provtagning i recipient användas för bedömning av miljörisken. Därför har endast förväntade halter i recipienten, beräknade från halter i utgående vatten och medelutspädning, använts för miljöriskbedömning. Det kan därför konstateras att vidare läkemedelsanalyser i recipienten inte har så stor betydelse innan analysmetoder har utvecklats vidare. I liknande projekt kan man minska antalet analyser i recipienten om utspädningen konstateras vara hög och halterna i stor utsträckning ligger under detektionsgränsen.

Utspädningförhållanden varierar dock under året beroende på variationer i temperaturskiktning och vattenföring. För att se bättre hur halter av läkemedelsrester varierar i olika punkter av recipienten skulle modellering av recipienten kunna användas. På grundval av resultat från modelleringen kunde en mer noggrann miljöriskbedömning göras och man kunde välja provtagningspunkter, som representerar hela recipienten. En sådan modellering är dock mycket komplex och baserad på förenklingar. Förhoppningsvis kommer utveckling av analysmetoder möjliggöra uppföljning av halter av de viktigaste läkemedelsresterna i recipienten för att säkerställa att de ligger under PNEC eller gränsvärden.

Miljöriskbedömningen visade att tre läkemedel uppvisar hög miljörisk i recipienten och en till ger haltbidrag som är nära gränsvärdet i recipienten. Det är dock viktigt att framhålla att det råder en stor osäkerhet om vilka halter av dessa läkemedel ger en negativ effekt på marina organismer. Säkerhetsfaktorer som användes för beräkning av PNEC för de tre läkemedlen som ger högsta risken ligger på 100–2000. Kompletterande toxicitetstudier kan sänka säkerhetsfaktorn och potentiellt visa att PNEC är mycket högre än vad som använts i denna studie. Då skulle det inte behövas någon extra läkemedelsrening allts.

Säkerhetsfaktor för 19 av de 39 analyserade läkemedlen är ≥ 1000 . Antagandet att PNEC ligger 1000 gånger lägre än den halten som bevisats ha en negativ påverkan på marina organismer ger en bra marginal för den osäkerheten som råder. Det är dock inte omöjligt att nya toxikologiska studier kommer att visa att PNEC för vissa läkemedel ligger ännu lägre än uppskattats idag med de höga säkerhetsfaktorena. Därför kan nya ”problemläkemedel” komma att identifieras bland de som analyserats idag. Inom projektet analyserades 39 läkemedel som uppskattats ge högsta miljörisken. Detta är dock endast en bråkdel av de aktiva substanser i läkemedel som används i samhället idag. Andra läkemedel, bland annat de som

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 34(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

rekommenderats av Naturvårdsverket att följas upp (Naturvårdsverket, 2019) men som inte analyserats inom projektet, kan också påvisa en hög miljörisk och behöva renas bort.

Med dagens kunskapsläge är det därför omöjligt att avgöra om införande av läkemedelsrening på Himmerfjärdsverket kommer ge förbättring av miljöstatusen i recipienten. Det är dock säkert att miljörisken från de identifierade läkemedlen, från de ännu inte identifierade läkemedlen, samt från andra organiska miljögifter skulle reduceras markant. Även om det saknas krav på rening av läkemedelsrester idag kan det vara motiverat att använda försiktighetsprincipen och införa läkemedelsrening trots att inga krav för det finns i tillståndet och att det inte heller finns något nationellt krav. Projektgruppens åsikt är att om nya krav ska införas bör de vara väl grundade på toxicitetsstudier och ta hänsyn till specifika förutsättningar av varje specifikt reningsverk och respektive recipient (se även diskussion av framtida utsläppskrav i kapitel 6.2).

6.2 Framtida krav på läkemedelsrening

En möjlighet att ställa krav på läkemedelsrening är att implementera kraven i avloppsreningsverkets tillståndsvillkor. Avloppsreningsverket kan inte hållas ansvarig för halterna/riskkvoterna i recipienten, eftersom det kan finnas andra källor, utan eventuella villkor måste utgå ifrån utsläppen från avloppsreningsverket. Ett miljötillstånd måste också vara långsiktigt, så att anläggningen kan anpassa sin verksamhet. Det är inte rimligt att villkor förändras från år till år beroende på nya toxikologiska studier.

En svårighet med implementering av maximala utsläpp av läkemedel i tillståndsvillkor är hur uppdatering av kunskapsläget kring miljöpåverkan ska hanteras. Bedömningar av PNEC/gränsvärden kan förändras då nya toxikologiska studier presenteras. Uppdatering av PNEC måste ske på central nivå, på uppdrag av exempelvis Naturvårdsverket. Förslagsvis görs en uppdatering av riskbedömningen med jämna mellanrum, exempelvis med 10 års mellanrum.

I och med att dagens analysmetoder i stor utsträckning har detektionsgränser som ligger över skadliga halter och över halter som förekommer i recipienten blir utspädningen central för miljöriskbedömningen. Om det ska ställas krav på avloppsreningsverk utifrån detta blir det därför viktigt att noggrant bedöma utspädningen, och det kan även behöva diskuteras vilken instans som ska vara ansvarig för bedömningen. Utspädning är ett mycket komplext fenomen som varierar med flöden, temperaturer, vattenstånd mm, och trots att Himmerfjärden är en mycket väl studerad recipient finns det osäkerheter kring utspädning och vilka mätpunkter som skulle vara rimliga att följa upp i en miljöriskbedömning som skulle ligga till grund för formulering av tillståndsvillkor.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 35(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Ett alternativ till krav på utgående halter av vissa substanser är att det ställs krav på att läkemedelsrening ska finnas, kunna behandla ett visst flöde och ha en viss reningseffektivitet. Denna metod skulle kunna användas tills kunskapsläget och analysmetoderna har förbättrats. Reningseffektiviteten kan övervakas utifrån indikatorsubstanser, och analys bör göras före och efter själva läkemedelsreningssteget, inte över hela avloppsreningsverket eftersom mätosäkerheten är relativt stor i inkommande vatten. Reduktion av indikatorsubstanserna skulle kunna ingå i kravet, i så fall bör reduktionskravet baseras på en bedömning av miljöpåverkan i recipienten, liknande den som gjorts i denna förstudie. Alternativt kan indikatorsubstanserna användas för processuppföljning.

6.3 Principförslag och kostnadskalkyl

I principförslaget presenteras en teknisk lösning och investerings- och driftkostnader för läkemedelsrening med granulerat aktivt kol vid Himmerfjärdsverket. GAK-filter är en konventionell teknik inom exempelvis beredning av dricksvatten, men det finns relativt stora osäkerheter i designparametrar för läkemedelsrening, särskilt vid drift av filter i två steg. Designparametrar har ansatts utifrån tillgänglig kunskap samt utifrån Himmerfjärdsverkets framtida förutsättningar med MBR. Det finns dock osäkerheter kring flera av designparametrarna, vilket för en anläggning av denna storlek kan ha betydande påverkan på den totala kostnadsbilden.

Den designparametern som bedöms ha störst påverkan på investeringskostnaden är ytbelastningen. Denna har direkt påverkan på erforderlig filteryta, vilket påverkar hela anläggningens storlek. Även andra designparametrar som kontakttiden, behov av mellanpumpning och behov av backspolning påverkar kostnaderna.

Det pågår planering för pilotförsök med MBR-GAK på Himmerfjärdsverket, med start under år 2020. Resultaten från dessa blir viktiga för att fastställa ovanstående designparametrar så att en större säkerhet kring anläggningens dimensionering, design och kostnader kan erhållas.

Den totala kostnaden per behandlad mängd avloppsvatten beräknas till 1,0–1,5 kr/m³. Himmerfjärdsverkets nuvarande kostnad (2019) för avloppsvattenrening är 3,87 kr/m³, och med fullt utbyggd MBR bedöms kostnaden år 2027 bli 5,00 kr/m³. Det innebär att läkemedelsrening med GAK skulle öka kostnaden från denna nivå med ytterligare 20–30 %. Hur dessa kostnader påverkas av optimerade driftparametrar kommer också undersökas i de planerade pilotförsök.

Då kostnaderna jämförs med andra förstudier, genomförda projekt samt forskningsstudier är det viktigt att vara medveten om skillnaderna i förutsättningar för olika anläggningar och projekt. För Himmerfjärdsverket innebär den valda placeringen av läkemedelsreningen att det behövs en inkommande

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 36(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektname: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

pumpstation, långa ledningar i mark samt en ny byggnad inklusive stora bygg- och markarbeten. Om man i andra projekt har möjlighet att använda mer av befintliga strukturer kan kostnaderna bli lägre. Å andra sidan har Himmerfjärdsverket i framtiden en MBR-process vilket ger mycket goda förutsättningar, exempelvis behövs ingen ytterligare filtrering före GAK-filtren. Det är också viktigt att ta hänsyn till vad som ingår i respektive kalkyl. Investeringskostnaden omfattar i detta principförslag hela projektkostnaden, det vill säga även kostnader för projektering, upphandling och byggledning.

En annan förutsättning som det finns osäkerhet kring är framtida krav på läkemedelsrening. I detta principförslag har dimensionerande flöde valts till Q_{dim} för Himmerfjärdsverket, vilket skulle innebära att ca 94 % av årsflödet kan behandlas i GAK-filtren. Om detta är tillräckligt beror på framtida krav. Troligen kommer en anläggning med dessa designparametrar att ha en god reningseffekt på de flesta substanser, >80 % reduktion, men mer exakt reningseffektivitet utvärderas i kommande pilotförsök. Vilket behov som föreligger för redundans beror också på anläggningens reningseffekt, dimensioneringen av anläggningen och vilka reningsskrav som ställs.

En stor osäkerhet i kostnadsbilden är kostnaden för aktivt kol. En förändring av priset skulle ha stor påverkan på den totala kostnaden för läkemedelsrening. Kostnad för kol utgör den största delen av driftkostnaderna och en stor del av årskostnaderna. Livslängden för det aktiva kolet (antalet EBV innan det behöver bytas) har mycket stor påverkan på de totala kostnaderna, därav det stora spannet i driftkostnads-kalkylen. Denna fråga är därför prioriterad att undersöka i den kommande pilotanläggningen.

Hantering av förbrukat aktivt kol är också en viktig fråga att utreda vidare. Potentiellt kan en utökad marknad för GAK för läkemedelsrening påverka priset på kol och göra att det finns underlag för regenereringsanläggningar i Sverige. Det är även viktigt att påpeka att livslängden för regenererat kol i driftkostnads-kalkylen har antagits ha samma livslängd som nytt kol, vilket kan vara en överskattning. En kortare livslängd skulle innebära tätare kolbyten och ökade driftkostnader för regenereringsalternativet.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 37(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

7. Slutsats

Provtagningar har genomförts i inkommande och utgående avloppsvatten samt i recipienten. Reduktion av läkemedelsrester på reningsverket varierar kraftigt mellan olika substanser, vilket är helt enligt förväntning. Halter i recipienten ligger som regel under detektionsgränser. Detektionsgränserna är dock ofta mycket högre än förväntade skadliga koncentrationer och gränsvärden.

Uppdaterade PNEC-värden har tagits fram för 39 substanser. Dessa kan användas i andra liknande projekt, vilket är en stor kvalitetshöjning för hela branschen.

Bedömning av miljörisken gjordes med användning av beräknade halter i recipienten från halter i utgående vatten och medelutspädning. Hög miljörisk identifierades för tre substanser. Dessutom ligger beräknad halt av Diclofenac i recipienten nära gränsvärdet enligt HVMFS 2013:19. Miljöriskbedömningen tyder på att extra rening för läkemedelsrester vid Himmerfjärdsverket kan vara motiverat.

I denna förstudie har olika tekniker för läkemedelsrening på Himmerfjärdsverket utretts. Projektets styrgrupp beslutade efter den inledande teknikutredningen att ta fram ett principförslag för MBR-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 och driftkostnaden till 15–48 MSEK (stort spann beroende på osäkerhet kring livslängd för aktivt kol). Den totala årskostnaden bedöms till 58–89 MSEK eller 1,0–1,5 kr/m³. Detta innebär en ökning med ca 20–30 % jämfört med Syvabs framtida kostnader med utbyggd MBR (5,0 kr/m³).

Syvabs fortsatta arbete i denna fråga är att genomföra pilotförsök för att fastställa designparametrar, fastställa förbrukning av GAK och öka den praktiska erfarenheten av MBR-GAK och drift av filter i ett eller två steg. Pilotförsöken kommer genomföras under 2019-2020 inom ramen för en ny beviljad finansiering från Naturvårdsverket. Efter genomförande av pilotförsök kommer den tekniska lösningen förfinas, vilket kan leda till att andra designparametrar används och investering- och driftkostnader ändras jämfört med principförslaget i föreliggande rapport. Om Syvabs ledning sedan beslutar att gå vidare med läkemedelsrening kan systemhandling för GAK-filter tas fram därefter.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 38(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

7.1 Rekommendation till Syvabs styrelse

Inom denna förstudie har det konstaterats att extra rening av läkemedelsrester kan vara miljömässigt motiverat, baserat på de riskbedömningar som har gjorts för recipienten samt baserat på försiktighetsprincipen.

Projektet har också presenterat en investerings- och driftkostnad för läkemedelsrening med GAK-filter som ger en ökad kostnad för avloppsvattenreningen med 1,0-1,5 kr/m³ för läkemedelsrening. Det finns osäkerheter kring designparametrar, vilket påverkar både design av anläggningen och kostnads kalkyl, och därför kommer pilotförsök att genomföras under 2019-2020.

Projektets rekommendation till Syvabs styrelse är att avvakta kommande pilotförsök inför beslut, eftersom resultatet kommer att kunna användas för en säkrare kostnadsbedömning.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Huvudrapport	Sida: 39(39)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-31
Handläggare: (Namn och företag): Ramboll, IVL, Stockholms universitet, Syvab		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

8. Referenser

- Allard, A.-S., & Wahlberg, C. (2017). *Förekomst och reduktion av fokusämnen i fyra reningsverk. Delrapport SystemLäk*. IVL, Svenska Miljöinstitutet, rapport B2279.
- Baresel, C., & Malovanyy, A. (2019a). *Införande av läkemedelsrening vid Himmerfjärdsverket - Sammanställning av tidigare undersökningar vid Himmerfjärdsverket*. IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport B2339.
- Baresel, C., & Malovanyy, A. (2019b). *Förstudie för införande av läkemedelsrening vid Himmerfjärdsverket - Provtagning, analys och bedömning av reningsbehov*. IVL, Svenska Miljöinstitutet, rapport U6194.
- Grim, J., Frid, S., Carlsson, J., Karlsson, M., Bogren, F., André, G., . . . Ek, P. (2019). *Förstudie läkemedelsrening Syvab - Principförslag GAK-filter*. Ramboll.
- Grim, J., Frid, S., Furgal, K., Forslund, J., & Ek, P. (2019). *Förstudie läkemedelsrening Syvab - Teknikutredning*. Ramboll.
- Naturvårdsverket. (den 24 april 2019). *Rekommenderade ämnen för analys*. Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Bidrag/Lakemedelsrening-2019/Rekommenderade-amnen-for-analys/>
- Shlén, R., Malmborg, 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*. IVL, Svenska Miljöinstitutet, rapport B2218.
- Walve, J. (2019). *Utspädning av utsläpp från Himmerfjärdsverket*.
- Ågerstrand, M. (2019). *Derivation of PNECs for 39 pharmaceutical substances*. Department of Environmental Science and Analytical Chemistry (ACES), Stockholms Universitet, rapport 36.