

21902 -Förstudie läkemedelsrening vid Rimbo ARV

**Slutrapport
Norrtälje Vatten och Avfall AB
VA-avdelningen**

Mars 2023





Recipientpåverkan, behov av avancerad rening och integrering i Rimbos framtida avloppsvattenhantering

Författare: Louise Ulveland, Anneli Andersson Chan, Matilda Jirblom, Sara Stemme

Fotograf: Ramboll

Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

Delrapporter

Andersson Chan, Jirblom, Ulveland, Stemme och Grim (2022).
Förstudie läkemedelsrening Rimbo ARV– Teknikutredning. Ramboll
Sweden AB

Andersson Chan, Jirblom och Stemme (2022). *Förstudie
läkemedelsrening Norrtälje Vatten och Avfall– Drifterfarenheter.*
Ramboll Sweden AB

Andersson Chan, Brogren, Jirblom, Ulveland, Juel och Stemme
(2023). *Förstudie läkemedelsrening – Principförslag.* Ramboll
Sweden AB

Andersson Chan, Ulveland, Jirblom, Stemme och Grim, (2022).
*Förstudie Läkemedelsrening Norrtälje Vatten och Avfall – PM
Dimensionerande förutsättningar.* Ramboll Sweden AB

Björlenius, (2023). *Rimbo ARV – Pilotförsök med läkemedelsrening
2022.* Björlenius Labs AB

IVL (2023). *Biologiska effekter av mikroföroreningar- Fallstudie
Rimbo reningsverk.* Svenska Miljöinstitutet AB & Sveriges
lantbruksuniversitet

van Aartsen, (2023). *Dutch experience with removal of
pharmaceuticals from wastewater – 2023 technology review.*
Ramboll Nederland BV & Ramboll Sweden AB

Innehållsförteckning

Delrapporter	2
Sammanfattning.....	5
1. Inledning.....	7
1.1. Syfte	7
1.2. Projektöversikt	7
1.3. Organisation	9
2. Genomförande	10
2.1. Beskrivning av delprojekt.....	10
2.1.1 Delprojekt 2.....	10
2.1.2 Delprojekt 3A- Insamling och sammanställning av data/analyser/erfarenheter	11
2.1.3 Delprojekt 3B- Sammanställning av drifterfarenheter och uppdatering av ny kunskap om teknik från Rambolls globala nätverk	12
2.1.4 Delprojekt 3C- Biologiska studier, recipientmätningar av mikroföroreningar, microcosmstudier samt ekotoxikologiska riskkvoter	13
2.1.5 Delprojekt 4-Pilotförsök	13
2.1.6 Delprojekt 5-Framtagande av principförslag.....	13
2.1.7 Delprojekt 6-Framtagande av slutrapport och beslutsunderlag.....	14
3. Teknisk lösning för läkemedelsrening på Rimbo ARV	15
3.1. Dimensionerande underlag.....	15
3.2. Teknikutredning	16
3.3. Beslut av tekniker för pilotstudier	17
4. Drifterfarenheter.....	19
5. Biologiska studier samt provtagning av analys av miljöpåverkan.....	22
5.1. Provtagning	22
5.2. Biologiska studier.....	22
5.3. Analys av miljöpåverkan	23
6. Pilotförsök.....	25
7. Principförslag ozon och sandfiltrering vid Rimbo ARV	27
7.1. Beslut av teknisk lösning.....	27
7.2. Designparametrar	27
7.2.1 Dimensionerande föroreningsbelastning	27
7.2.2 Processparametrar	28
7.3. Placering	29
7.4. Sammanfattning teknisk lösning	29

7.5. Kostnadsbedömning	30
7.5.1 Investeringskostnader	30
7.5.2 Driftkostnader	31
7.5.3 Årskostnader	31
8. Diskussion.....	32
8.1. Val av dimensionerande flöde.....	32
8.2. Val av teknisk lösning	32
8.3. Principförslag och kostnads kalkyl	33
8.4. Miljöriskbedömning	33
9. Slutsats.....	35

Sammanfattning

Rimbo avloppsreningsverk (ARV) har ett tillstånd för 13 200 pe., och är dimensionerat för 10 000 pe. vilket motsvarar 4 600 m³/d. Avloppsvatten tas emot från Rimbo i Norrtälje Vatten och Avfall. Ingående avloppsvatten består av hushållsspillvatten, spillvatten från industrier i området samt vatten från ett större tvätteri. De renade avloppsvattnet leds ut till Vallbyåns strand som rinner ut till Kundbysjön. Norrtälje Vatten och Avfall AB (NVAA) har bedömt att det finns ett behov av att utreda kostnaden respektive nytta med att utöka befintliga reningsprocessen med rening av mikroföroreningar såsom läkemedel m.fl. vid Rimbo ARV då recipienten har ett stort naturvärde.

Avsikten med denna förstudie är att ta fram beslutsunderlag och en teknisk lösning inför en eventuell investering i rening av läkemedelsrester på Rimbo ARV. Beslutsunderlaget ska sedan kunna ligga till grund för ett investeringsbeslut för Norrtälje Vatten och Avfall om övriga förutsättningar är de rätta. Det finns även en önskan att generellt bidra till ökad kunskap om påverkan på recipient och det biologiska livet vad gäller mikroföroreningar såsom läkemedel med flera samt rening av dessa.

Projektet drivs som ett samarbete mellan Norrtälje Vatten och Avfall, Ramboll, IVL Svenska Miljöinstitutet, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och Björlerius Labs AB, där Ramboll är den samordnande parten.

Projektet omfattade en utredning av reningstekniker för läkemedel och olika mikroföroreningar på en övergripande nivå för att få fram de tekniker som var mest intressanta för Rimbo ARV. Baserat på teknikutredningen genomfördes pilotförsök med olika tekniska lösningar där utgående avloppsvatten från Rimbo ARV användes som inkommande vatten till pilotanläggningarna. Pilotanläggningen fungerade bra och resultaten bedöms som relevanta som underlag för dimensionering och bedömning av resultat för en fullskaleanläggning.

I samband med pilotförsöken genomfördes även recipientundersökning och biologiska försök. Föroreningssituationen i recipienten studerades genom provtagningar på områden upp- och nedströms från Rimbo ARV med vattenprover samt att mäta halter mikroföroreningar i kräfta, abborre, gädda och sarv. De biologiska testerna baserades på

ekotoxilogiska tester på zebrafisk, större dammsnäcka samt exponeringsförsök med arter representerandes olika trofinivåer.

Baserat på resultaten från pilotförsöken samt mätning av biologiska effekter hölls en workshop mellan Ramboll, IVL, SLU, Björlenius Labs AB och Norrtälje Vatten och Avfall för att besluta om teknikval inför principförslaget. Under workshopen valdes ett antal parametrar ut och betygsattes baserat på resultaten från pilotförsöken, biologiska effekter samt tidigare utredningar inom projektet.

Ozonering med efterföljande sandfiltrering ansågs som mest passande alternativet bl.a. för det lägre klimatavtrycket och det lägre transportbehovet till och från Rimbo ARV (i jämförelse med aktiv kolhantering). Samt lägre specifik kostnad (kr/m³ behandlat vatten) i jämförelse med de andra teknikerna.

1. Inledning

Naturvårdsverket har i uppdrag att fram till 2023 årligen tilldela bidrag till åtgärder som syftar till att öka takten i arbetet med att minska samhällets utsläpp av mikroföroreningar till hav, sjöar och vattendrag.

Bidraget ges för:

- Investeringar i en teknik eller metod, som har till huvudsakligt syfte att avskilja läkemedelsrester från avloppsvatten i avloppsreningsverk.
- Förstudier och andra förberedande åtgärder inför investeringar i en sådan teknik eller metod.

Norrtälje Vatten och Avfall AB (NVAA) ansökte och fick under 2021 beviljat bidrag för ett förstudieprojekt inom rening av läkemedelsrester. Projektets budget var 7,4 Mkr varav Naturvårdsverket bidrog med 5,7 Mkr och IVL 1,7 Mkr och projektets slutrapportering skulle vara klart i början av 2023.

1.1. Syfte

Syftet med detta projekt är att ta fram beslutsunderlag och en teknisk lösning inför en eventuell investering i rening av läkemedelsrester på Rimbo ARV.

1.2. Projektöversikt

Rimbo avloppsreningsverk tar emot vatten ifrån Rimbo samhälle och har ett tillstånd för 13 200 pe, motsvarande 4 600 m³/d. Fysiska anslutna är för närvarande 5 000 pe, vilket för Rimbo motsvarar ett dygnsmedelflöde på ca 2 700 m³/d. Därutöver tas avloppsvatten emot från Sveriges största tvätterier som hanterar sjukhustextilier, samt externslam. Utsläppspunkten för renat avloppsvatten är Vallbyån som rinner vidare ut till Norrtäljeån och ett sjösystem för att slutligen nå Norrtäljeviken. Rimbo reningsverk är i en uppgraderingsprocess där bland annat en förbättrad kväverening nyligen slutförts (2021), vilket resulterar i mer gynnsamma miljöförhållanden i recipienten. Ytterligare flaskhalsar ska även tas bort för att kunna ta emot septiktankvatten och externslam motsvarande 2 500-3 000 pe för att klara 13 200 pe (pågående projekt).

Avsikten med en förstudie är att i ett första steg ta fram ett beslutsunderlag, i vilket nyttan med och kostnaderna för rening av mikroföroreningar beskrivs. Beslutsunderlaget ska sedan kunna ligga till grund för ett investeringsbeslut för Norrtälje Vatten och Avfall. Det finns även en önskan att generellt bidra till ökad kunskap om påverkan på recipient och det biologiska livet vad gäller läkemedel samt läkemedelsrening. I detta projekt var fokus även att just utreda miljönyttan för ett mindre reningsverk och dess känsliga recipient.

Att utöka processen med läkemedelsrening skulle innebära en minskad mängd mikroföroreningar som följer med renat avloppsvatten ut till Vallbyån och därefter till Kundbysjön. Enligt Vatteninformationssystem Svergie (VISS) har Vallbyån och vattendrag nedströms måttlig till dålig ekologisk status. Kemisk status för Vallbyån anges som "uppnår ej god" till följd av höga halter av kvicksilver och polybromerade difenyletrar (PBDE). Det anges även att Rimbo reningsverk utgör en betydande påverkan på status. Organismer som lever vid och nedströms reningsverket kan påverkas av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar som finns kvar i utgående vatten.

Kunbysjön nedströms reningsverket har tidigare uppgetts som en av de 10 bästa fågelsjöarna i Stockholms län, med 56 rödlistade och 31 hotade arter enligt SLUs artdatabank. Sjön är även en viktig rastplats för flyttande fåglar pga det rinnande vattnet som gör Kundbysjön isfri tidigt på våren. Det finns även risk att det framtida septitankvattnet som ska till reningsverket koncentrerat kommer att öka halten av mikroföroreningar pga låg utspädning, vilket kan vara en ökad risk för recipienten. Även tvätteriets vatten bör säkerställas så att textilrelaterade ämnen såsom bromerade flamskyddmedel inte släpps till Kundbysjön.

Ett införande av rening för mikroföroreningar skulle kunna hjälpa till att förbättra miljöstatusen, samt även innebära att Rimbo bidrar till tre av de nationella miljö kvalitetsmålen: Hav i balans samt levande kust och skärgård, Giffri miljö samt till Levande sjöar och vattendrag. Även flera av FN:s Globala miljömål såsom t.ex. Hav och marina resurser och Ekosystem och biologisk mångfald påverkas på ett positivt sätt.

1.3. Organisation

Projektet drivs som ett samarbete mellan Norrtälje Vatten och Avfall, Ramboll, IVL Svenska Miljöinstitutet och Björleinius Labs AB, där Ramboll är den samordnande parten. Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) har ingått i projektet som stöd i uppstart och planering.

Beställarorganisation Norrtälje Vatten och Avfall

Cathrine Andersson	Beställarrepresentant
Emma Gunnerblad	Miljöingenjör/Provtagning
Per Hellström	Ombud
Christian Hindersson	Driftchef Rimbo
Rickard Grähs	Processingenjör Rimbo
Christina Lundh	Drift och underhåll, process
Gunnar Fridén	Drift på plats
Jennie Åberg	Projektledare Lindholmen (samordning)

Konsultorganisation Ramboll

Sara Stemme	Projektledare
Keyvan Edrisi	Bitr. Projektledare
Annika Renheim	Ombud
Anneli Andersson Chan	Teknikansvarig Process
Henrik Juel	Projekteringsledare principförslag
Louise Ulveland	Handläggare
Matilda Jirblom	Handläggare
Felix Brogren	Handläggare
Gustav André	CAD-projektör
Fredrik Einarsson	Kalkyl
Stefan Fogelström	Kalkyl
Joakim Goncalves	Kalkyl

Konsultorganisation IVL

Magnus Karlsson	Ansvarig recipientstudier
Tomas Viktor	Senior expert
Hannes Waldetoft	Handläggare

Konsultorganisation Björleinius Labs AB

Berndt Björleinius	Ansvarig pilotförsök
--------------------	----------------------

Sveriges Lantbruksuniversitet

Stefan Örn	Ansvarig biologiska studier
------------	-----------------------------

2. Genomförande

Projektet har delats upp i ett antal delprojekt, vilka sammanfattas i tabell 1, samt i detta avsnitt.

2.1. Beskrivning av delprojekt

En kort beskrivning av delprojekt 3–5 presenteras i denna rapport, samt mer djupgående i respektive delrapport. Delprojekt 6 utgörs av denna rapport.

Tabell 1 Översikt på delprojekten.

Delprojekt	Aktiviteter inom delprojekt	Referens till avsnitt i denna rapport
1	Upphandling av konsult	-
2	Projektstart, projektadministration, möten, samordning, projektledning	2.1.1
3A	Insamling och sammanställning av data/analyser/erfarenheter	3
3B	Sammanställning av drifterfarenheter och uppdatering av ny kunskap om teknik från Rambolls globala nätverk	4
3C	Biologiska studier samt mätning av läkemedel i tre punkter vid tre tillfällen, samt spridningsmätningar	5
4	Baserat på analysresultat av delprojekt 3, driftsätts pilotanläggning på plats i 8 veckor	6
5	Framtagande av principförslag baserat på tidigare analyser	7
6	Färdigställande av slutrapport och beslutsunderlag samt material för kommunikation av projektet	Denna rapport

2.1.1 Delprojekt 2

Arbetet i delprojekt 2 pågick under oktober 2021-februari 2023 och bestod av projektledning, projektadministration och möten. I Bilaga

1 presenteras administrativa uppgifter avseende projektets genomförande.

Möten hölls enligt mötesplanen i tabell 2. Mötena hölls dels på Rimbo ARV och på kontoret för Norrtälje Vatten och Avlopp, dels online via Teams. I tillägg har teknikmöten hållits efter behov. Bland annat hölls en workshop den 2022-02-15 där val av tekniker för pilottester gjordes och en workshop den 2022-10-18 där teknisk lösning för vidare arbete i principförslaget beslutades.

Tabell 2 Mötesplan för projektet

Möte	Datum
Startmöte	2021-11-03
Projektmöte 2	2021-12-06
Projektmöte 3	2022-01-10
Projektmöte 4	2022-02-04
Projektmöte 5	2022-03-03
Projektmöte 6	2022-04-05
Projektmöte 7	2022-05-05
Projektmöte 8	2022-06-01
Projektmöte 9	2022-06-30
Projektmöte 10	2022-08-15
Projektmöte 11	2022-09-01
Projektmöte 12	2022-10-04
Projektmöte 13	2022-11-04
Projektmöte 14	2022-12-08
Projektmöte 15	2023-01-09

2.1.2 Delprojekt 3A- Insamling och sammanställning av data/analyser/erfarenheter

Delprojekt 3A innefattade en teknikutredning som genomfördes under november 2021-februari 2022 av Ramboll. Resultatet från detta arbete sammanställdes i rapporten *Förstudie Läkemedelsrening Rimbo ARV– Teknikutredning* (Andersson Chan, Jirblom, Ulveland, Stemme och Grim, 2022). En sammanfattning presenteras i avsnitt 3.2.

Utifrån teknikutredningen fattade projektgruppen beslut om att gå vidare med tekniker för pilotförsök enligt:

- Granulerat aktivt kol (GAK)
- Ultrafiltermembran (UF) med efterföljande GAK-filtrering

- Ozon med/utan efterföljande sandfiltrering
- Ozon med efterföljande GAK-filtrering

2.1.3 Delprojekt 3B- Sammanställning av drifterfarenheter och uppdatering av ny kunskap om teknik från Rambolls globala nätverk

Under delprojekt 3B sammanställdes erfarenheter från möten/studiebesök till avloppsreningsverk med läkemedelsreningsprocesser antingen i fullskala eller i piloter. Mötena/studiebesöken har genomförts i samband med Rimbos förstudie för läkemedelsrening samt tidigare projekt med Haninge kommun för läkemedelsrening vid Fors ARV. Denna information samlades in under år 2020 och ger en bredare insyn i drifterfarenheter från flera reningsverk med läkemedelsrening.

De anläggningar som Ramboll varit i kontakt med är:

- Nykvarnsverket, Linköping (möte 24 juni 2020)
- Simrishamn kommun (Stengården, Kivik och St. Olofs ARV) (möte 15 oktober 2020)
- Kalmar ARV (möte 20 augusti 2020)
- Knivsta ARV (möte 5 februari 2020)
- Degeberga ARV (möte 31 maj 2022)
- Tierp ARV (möte 7 juni 2022)
- Himmerfjärdsverket, Syvab (möte 5 oktober 2022)

Utöver intervjuer/studiebesök gjordes även en utblick mot Europa och Nederländerna, för att lära mer om tekniker under utveckling.

Erfarenheterna från dessa intervjuer/studiebesök samt från utblicken mot Nederländerna sammanställdes i *rapporten Förstudie Läkemedelsrening Norrtälje Vatten och Avfall – Drifterfarenheter* (Andersson Chan, Jirblom och Stemme, 2022). En sammanställning presenteras i avsnitt 4.

Uppdatering av kunskap om ny teknik utfördes dels i samband med delprojekt 3A (avsnitt 2.1.2 Delprojekt 3A- Insamling och sammanställning av data/analyser/erfarenheter samt avsnitt 3), dels som en genomgång av nya tekniker som i Nederländerna undersökts för läkemedelsrening (avsnitt 4).

2.1.4 Delprojekt 3C- Biologiska studier, recipientmätningar av mikroföroreningar, microcosmstudier samt ekotoxikologiska riskkvoter

Delprojekt 3C var uppdelat i biologiska studier, recipientstudier, microcosmstudier, samt ekotoxikologiska riskkvoter. Prover togs vid fyra områden:

- Uppströms i recipient
- Uppströms Rimbo ARV
- Inkommande till Rimbo ARV
- Utgående från Rimbo ARV
- Nedströms Rimbo ARV
- Nedströms i recipient

Studierna genomfördes av IVL under våren och hösten 2022 och resultatet från detta arbete presenteras i rapporten *Biologiska effekter av mikroföroreningar- Fallstudie Rimbo reningsverk* (IVL, 2023).

En sammanfattning av resultat från ingående delar i detta delprojekt presenteras i avsnitt 5.

2.1.5 Delprojekt 4-Pilotförsök

Under delprojekt 4 genomfördes pilotförsök avseende olika tekniska lösningar på Rimbo ARV. Pilotförsöken genomfördes av Björleinius Labs AB under veckorna 10–33, 2022. Resultatet från pilotförsöken presenteras i rapporten *Rimbo ARV – Pilotförsök med läkemedelsrening 2022* (Björleinius Labs AB, 2023) och en sammanfattning presenteras i avsnitt 6.

Utifrån pilotförsöken, teknikutredningen och drifterfarenhetsrapporten fattade projektgruppen beslut om att gå vidare med att ta fram ett principförslag för ozonering med efterföljande sandfiltrering.

2.1.6 Delprojekt 5-Framtagande av principförslag

Under perioden november 2022-januari 2023 tog Ramboll fram ett principförslag för en ozoneringsanläggning med efterföljande sandfilter vid Rimbo ARV.

Principförslaget omfattar en teknisk lösning inkl. dimensionerande förutsättningar, process- och anläggningsdesign samt investerings-, drifts- och årskostnader. Detta sammanställdes i rapporten *Förstudie läkemedelsrening – Principförslag* (Andersson Chan, Brogren, Jirblom, Ulveland, Juel och Stemme, 2023). En sammanfattning av principförslaget presenteras i avsnitt 6.

2.1.7 Delprojekt 6-Framtagande av slutrapport och beslutsunderlag

Under projektet beslutades att slutrapport till Naturvårdsverket och beslutsunderlag för Norrtälje Vatten och Avlopp AB kommer att utgöras av samma rapport, vilket är föreliggande rapport. Under januari-februari 2023 sammanställdes resultaten i denna rapport. Rapporten levererades i mars 2023.

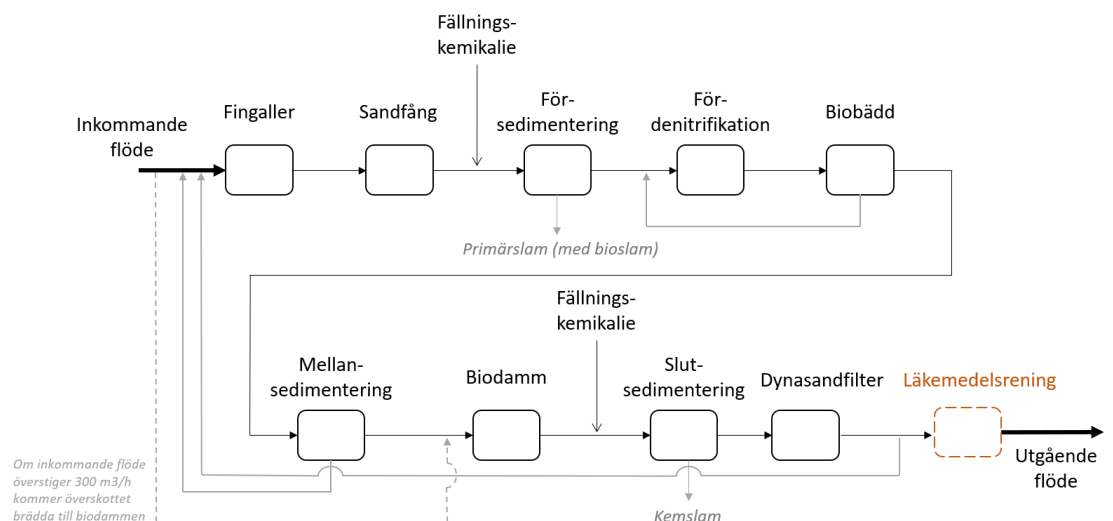
3. Teknisk lösning för läkemedelsrening på Rimbo ARV

Den tekniska lösningen som valdes att gå vidare med som principförslag är ozonering med efterföljande sandfiltrering.

3.1. Dimensionerande underlag

Inom projektet har ett dimensionerande PM tagits fram där dimensionerande flöde för den framtida läkemedelsreningen utretts, se rapport *Förstudie Läkemedelsrening Norrtälje Vatten och Avfall – PM Dimensionerande förutsättningar* (Andersson Chan, Ulveland, Jirblom, Stemme och Grim, 2022).

Val av dimensionerande maxflöde till läkemedelsreningen är baserad på en uppskalningsfaktor som tar höjd för framtida dimensionerande belastning (13 200 pe) och förutsätter att flödet är utjämnat genom biodammen som ligger före befintliga Dynasandfilter och läkemedelsrening. Det innebär att det dimensionerande flödet för läkemedelsreningen ($Q_{\max, LM}$) ska motsvara det maxflöde som ska kunna ledas genom processteget ($Q_{\max, LM} = Q_{dim}$). Läkemedelsreningen är tänkt att fungera som ett sista kompletterande processteg till befintlig process, därav placeras den efter Dynasandfilteranläggningen, se figur 1



Figur 1 Blockschema över befintlig process Rimbo ARV

Målet för läkemedelsreningen är satt att rena 95% av årsflödet. Biodammens placering mitt i processen har en utjämnande effekt vilket innebär att en stor del av flödet kommer att renas trots dimensionering för ett relativt lågt flöde..

Utifrån utredningen som presenteras i det dimensionerande PM:et valdes 300 m³/h som dimensionerande maxflöde, vilket också motsvarar nuvarande pumpkapacitet för Dynasandfiltren. Det innebär att 96 % av flödet kommer att behandlas vid en belastning på 13 200 pe., se tabell 3.

Tabell 3 Dimensionerande maxflöde för läkemedelsreningen

Parameter	Enhet	Värde
Q _{max} läkemedelsrening	m ³ /h	300
Q _{max} läkemedelsrening	m ³ /d	7 200
Andel av årsflödet som renas vid Q _{max} LM = 300 m ³ /h	%	96

3.2. Teknikutredning

Tidigt i teknikutredningen hölls en workshop med alla medverkande i projektet, där det bl.a. diskuterades vilka substanser som skulle analyseras i projektet. Grundidén var att mäta de substanser som finns med på Naturvårdsverkets lista över rekommenderade ämnen för analys, men att huvudfokus skulle ligga på läkemedelsrester och inte övriga mikroförureningar (som t.ex. PFAS, ftalater och mikroplaster). RISE har även parallellt med Naturvårdsverkets studie haft en studie med fokus på mikroplaster från tvätteriet. Rimbo's projekt har därför valt att ha ett litet fokus på mikroplaster. Listan från Naturvårdsverket kompletterades även med ytterligare några läkemedel för att bredda underlaget ytterligare.

I teknikutredningen studerades ett antal olika tekniker för läkemedelsrening, dels konventionella tekniker, dels ett antal tekniker som är under utveckling/med mindre drifterfarenheter. I projektet valdes att fokus i teknikutredningen skulle ligga på de konventionella teknikerna, då övriga tekniker inte implementerats i fullskala och/eller då det inte fanns tillräckliga driftserfarenheter från dessa. Valda tekniker jämfördes med avseende på bl.a. reningseffekt, miljöpåverkan, logistik, kostnad och komparabilitet med Rimbo ARV.

De tekniker som studerades var:

- Granulerat aktivt kol, GAK
- Ultrafiltrering med efterföljande granulerat aktivt kol, UF + GAK
- Pulvriserat aktivt kol med efterföljande sandfilter, PAK + SF
- Pulvriserat aktivt kol med efterföljande ultrafilter membran, PAK + UF
- Ozon med efterföljande sandfilter, Ozon + SF
- Ozon med efterföljande granulerat aktivt kol, ozon + GAK
- Väteperoxid med efterföljande Ultraviolett ljus, H_2O_2 + UV

För att sammanfatta resultatet av teknikutredningen och för att kunna utvärdera de olika teknikerna togs en beslutsmatris fram som underlag. Detta för att underlätta beslut om vilka tekniker som skulle studeras vidare i pilotskala vid Rimbo ARV. Beslutsmatrisen grundades på de utvärderingsparametrar som studerades i teknikutredningen. Under en workshop tillsammans med Rimbo ARV, Norrtälje Vatten och Avfall och Björlenius Labs AB värderades dessa parametrar och jämfördes med granulerat aktivt kol (GAK) som valdes som referensfall.

För mer information avseende studerade tekniska lösningar och de aspekter som studerades under teknikutredningen hänvisas till rapporten *Förstudie Läkemedelsrening Norrtälje Vatten och Avfall – Teknikutredning* (Andersson Chan, Jirblom, Ulveland, Stemme och Grim 2022).

3.3. Beslut av tekniker för pilotstudier

Teknikerna GAK, UF-GAK, ozon-sandfilter samt ozon-GAK bedömdes vara de mest intressanta teknikerna att studera i pilotstudier vid Rimbo ARV. Huvudfokus var GAK samt ozon-sandfilter, men även UF-GAK samt ozon-GAK studerades. De tekniker som valdes bort var pulveriserat aktivt kol samt väteperoxid med UV-ljus. Aktivt kolpulver önskades att undvikas då Rimbo idag använder slammet till jordbruksmarker och det fanns oro för att slammet inte skulle kunna hanteras tillsammans med befintlig slamhantering. Väteperoxid + UV-ljus valdes bli bort då det fanns för få referensanläggningar.

Projektgruppen beslutade därmed att gå vidare med tekniker för pilotförsök enligt:

- Granulerat aktivt kol (GAK) som referens
- Ultrafiltermembran (UF) med efterföljande GAK-filtrering
- Ozon med/utan efterföljande sandfiltrering
- Ozon med efterföljande GAK-filtrering

4. Drifterfarenheter

Sammanställningen av drifterfarenheter baserades på sju olika reningsverk där aktuella tekniker för läkemedelsrening har implementerats. Erfarenheter från dessa reningsverk presenteras kort i detta avsnitt. För en mer detaljerad beskrivning hänvisas till rapporten *Läkemedelsrening Norrtälje Vatten och Avfall – Drifterfarenheter* (Andersson Chan, Jirblom och Stemme, 2021).

De anläggningar som Ramboll varit i kontakt med är:

- Nykvarnsverket, Linköping
- Simrishamn kommun (Stengården, Kivik och St. Olofs ARV)
- Kalmar ARV
- Knivsta ARV
- Degeberga ARV
- Tierp ARV
- Syvab (Himmerfjärdsverket)

Utöver ovannämnda reningsverk gjordes även en utblick mot Europa och Nederländerna, för att lära mer om tekniker under utveckling.

Vid Nykvarnsverket i Linköping finns en fullskalanläggning med avseende på läkemedelsrening i drift sen 2018.

Läkemedelsreningen utgörs av ozonering med efterföljande biologisk rening med MBBR. Dimensioneringen har gjorts så att läkemedelsreningens maxflöde är något lägre än Q_{dim} för reningsverket, vilket har resulterat i att ca 95 % av årsflödet renas i anläggningen. Nykvarnsverket är dimensionerat för ca 55 000 pe.

I Simrishamns kommun pågår utbyggnad av läkemedelsrening vid tre avloppsreningsverk, Stengården, Kivik och St. Olofs ARV. Läkemedelsreningen i Stengårdens ARV har varit i drift sedan 2019 och består av tre olika teknikkombinationer: granulerat aktivt kolfilter, ozonering med efterföljande kolfilter och ozonering med efterföljande sandfilter. Läkemedelsreningen vid Stengårdens ARV har dimensionerats så att ca 85 % av årsflödet passerar anläggningen. Stengårdens ARV är dimensionerad för 87 000 pe. men mottar en belastning på <10 000 pe. Kivik och St. Olofs reningsverk byggdes klart runt 2020 respektive 2021 för att kunna rena läkemedel med GAK-filter.

Vid Kalmar ARV har pilotförsök utförts med ultrafilter (UF) och efterföljande filtrering med granulerat aktivt kol (GAK). Baserat på

pilotförsöken har även dimensionering för en fullskaleanläggning avseende 90 000 pe tagits fram.

Vid Knivsta reningsverk testades 2015 den första fullskaleanläggningen i Sverige för rening av läkemedelsrester under ett år. Reningen bestod av ozonering, biobädd och med en efterföljande poleringsdamm samt utformades för att rena läkemedel för verkets hela flöde, motsvarande 12 000 pe. Anläggningen är idag ur drift och nedmonterad.

Vid Degeberga reningsverk driftsattes ett nytt processteg under 2020 för rening av läkemedelsrester. Anläggningen består av två parallella kolfilter. Ingen urvalsprocess gjordes för val av teknik för läkemedelsrening, utan tekniken föreslogs efter lyckade pilotskaleförsök med granulerat aktivt kol vid det centrala reningsverket i Kristianstad. Degeberga ARV är dimensionerad för 2 000 pe.

Vid Tierp reningsverk driftsattes 2022 en anläggning för läkemedelsrening. Den nya anläggningen placerades efter befintliga anläggningen. Läkemedelsreningen består av två trycksatta sandfilter, en kontakttank för ozon, två containrar med ozonaggregat samt två trycksatta kolfilter. Tierp ARV är dimensionerad för 15 000 pe.

Vid Himmerfjärdsverket som ägs av Syvab pågår en pilotstudie som ska spegla deras framtida verk. Pilotanläggningen är utformad med försedimentering, biologisk kaskadkväverening och membranfiltrering. Därefter finns fyra GAK-filter som kan drivas som antingen två filterpar med seriell drift eller fyra parallella filter. GAK-delen av piloten är avsedd för att rena mikroföroreningar som läkemedel.

I Europa undersöks nya tekniker för läkemedelsrening för att se om det finns tekniker som är mer kostnadseffektiva än dagens konventionella tekniker som aktivt kol och ozon. De tekniker som undersöks där är variationer av tekniker som adsorption av partikulärt aktivt kol med aktivt slam, adsorption till granulärt aktivt kol, andra absorptionsämnen och filtrering. Tyskland och Schweiz har mycket erfarenhet inom läkemedelsrening med ozon och efterföljande GAK i fullskala.

I Nederländerna undersöks tekniker med ozon och efterföljande filtrering genom nanomembran eller adsorption med Zeolite tillsammans med integrerad adsorption-oxidation (AdOx).

För mer information avseende nyare tekniker i Europa för läkemedelsrening hänvisas till rapporten *Dutch experience with removal of pharmaceuticals from wastewater – 2023 Technology review* (van Aartsen, 2023).

5. Biologiska studier samt provtagning av analys av miljöpåverkan

Mellan december 2021 och september 2022 genomfördes mätningar av mikroföroreningar i vatten och biota. Även biologiska tester med zebrafisk och större dammsnäcka, samt microcosmstudier (exponeringsförsök) med arter representerandes olika trofinivåer genomfördes. Det övergripande syftet var att utvärdera effekter av reningsverkets utsläpp av mikroföroreningar på akvatiska organismer och miljön i recipienten.

5.1. Provtagning

Provtagningar i vatten genomfördes i recipienterna Vallbyån och Kundbysjön, i den uppströms belägna sjön Syningen, samt i verkets inkommande och utgående avloppsvatten. Analyser i biota genomfördes i fisk från Kundbysjön och Syningen samt signalkräfta från Vallbyån.

Mikroföroreningarna innefattade läkemedel, hormoner, PFAS, bromerade flamskyddsmedel och fenoler. Som komplement till mätningar av enskilda substanser användes även en uppsättning effekttester för mätning av östrogen aktivitet, androgen aktivitet, anti-androgen aktivitet samt oxidativ stress och aktivering av arylhydrokarbonreceptorn (AhR). Den östrogena effekten mättes även via yeast estrogen screen (YES).

För mer information avseende den utförda provtagningen hänvisas till rapporten *Biologiska effekter av mikroföroreningar- Fallstudie Rimbo reningsverk* (IVL, 2023).

5.2. Biologiska studier

Bedömning av bioackumulering av sex utvalda läkemedel (karbamazepin, citalopram, diklofenak, metoprolol, sertralin och venflaxin) genomfördes i ett microcosmsystem innehållande maskar, insekter, kräftdjur och grodor. Djuren exponerades i samma glaskärl för höga koncentrationer läkemedel som tillsattes som en engångsdos. Överlevnad, beteende och för kräftdjuren även reproduktion, registrerades i de olika glasbägarna. Mängden läkemedel analyserades i ett samlingsprov av respektive organism efter 28 dygns exponering. Upptaget varierade betydligt mellan olika organismgrupper och specifika läkemedelssubstanser. Sertralin och citalopram är de mest fettlösliga av de undersökta

substanserna och koncentrationerna i grodyngel var 200 gånger högre för sertralin, respektive 40 gånger för citalopram, jämfört med omgivande medium. Övriga substanser ackumulerades i mindre omfattning och i vissa fall utsöndrades de under försöken så att de var lägre än i omgivande medium.

Biologiska tester på försöksorganismer visade generellt inga betydande negativa effekter. Försöksorganismer var zebrafisk, där mortalitet, äggläggning, kondition, simdistans och genuttryck mättes, samt dammsnäcka där överlevnad, äggproduktion och genuttryck mättes. Testet, som pågick under en knapp månad, ger dock inga svar på långtidseffekter av den kroniska exponering för läkemedel som akvatiska organismer i recipienten utsätts för, utan visar mer på att akuta toxiska effekter inte föreligger.

För mer information avseende den biologiska testerna hänvisas till rapporten *Biologiska effekter av mikroföroreningar - Fallstudie Rimbo reningsverk* (IVL, 2023).

5.3. Analys av miljöpåverkan

Mätningar av läkemedel i vatten visade på tydliga skillnader mellan referens- och recipientvatten, samt betydande variation mellan olika provtagningstillfällen både vad gäller vilka substanser som detekteras och i vilka koncentrationer läkemedel förekommer. Risk för negativ påverkan på organismer bedöms, via beräknade riskkvoter, kunna föreligga avseende exponering för framför allt citalopram och oxazepam. Dessa beräknade risker minskar om avancerad rening införs. Koncentrationerna av diklofenak och ciprofloxacin, vilka har bedömningsgrunder, låg dock under tillåtna max- och medelkoncentrationer.

I gädda, abborre och sarv från Kundbysjön och Syningen detekterades flertalet läkemedel. Resultaten visade på högre halter i fisken från Kundbysjön. Detta gällde dock inte entydigt alla organ eller arter. I njure av gädda från Kundbysjön detekterades flest läkemedel. 11 av 22 analyserade läkemedel fanns i detekterbara halter i något av dessa prover. Detta indikerar att njure av gädda är en lämplig matris för att undersöka förekomst av läkemedel i biota.

Mätningar av fenoler visade på ett obetydligt tillskott av dessa från Rimbo ARV till recipient. Avseende PFAS, låg summan av PFAS11 i snitt på 41 ng/L i utgående vatten, men det tillskottet resulterade endast i marginella skillnader mellan referens- och recipientvatten. I abborre och gädda från Kundbysjön och signalkräfta från Vallbyån underskreds gällande gränsvärden för PFAS med god marginal.

Mätningar av östrogena hormoner visade på koncentrationer av östron och 17 β -östradiol i utgående vatten mellan <2–48 ng/L respektive <2–16 ng/L, vilket innebar ett tillskott till recipienten i och med att uppströms lokaler hade lägre koncentrationer. Mellan referens- och recipientvatten syntes dock inga tydliga skillnader. Båda dessa hade koncentrationer under eller omkring analysmetodens detektionsgräns. Det innebär att koncentrationerna i flera fall är osäkra och därmed svåra att jämföra sinsemellan och jämföra mot bedömningsgrunder, vilka ligger under analysmetodens detektionsgränser. 17 α -etinylostradiol låg till exempel under analysmetodens detektionsgräns på 2 ng/L i samtliga mätningar. Bedömningsgrunden ligger på 0,035 ng/L.

De effekttester som genomfördes visade inte på några skillnader mellan recipient- och referensvatten. Den östrogena aktiviteten, baserat på ER-aktiviteten och angivet som ekvivalenter av 17 β -östradiol, varierade mellan 0,15–1,6 ng/L i referensvatten och 0,32–1,8 ng/L i recipientvatten, vilket resulterade i likvärdig riskklassning. Överlag bedöms den uppsättning effekttester som använts vara ett effektivt verktyg vid undersökning av förekomst av miljöfarliga ämnen, till stor del med tanke på de låga detektionsgränser testen har. YES-testet, även det angivet som ekvivalenter av 17 β -östradiol, visade på effekter i Kundbysjön och Syningen under metodens detektionsgräns på 0,1 ng/L. Vid en mätning nedströms i Vallbyån var effekten 1,7 ng/L, vilket innebär risk för hormonstörande effekt. Detta motiverande uppföljande mätningar som dock visade på effekt <0,1 ng/L.

Resultaten påvisar också de stora variationer som kan förekomma mellan olika provtagningstillfällen. Särskilt för koncentrationer av läkemedel i vatten och fisk från recipienten förekom stor variation, vilket innebär att upprepade provtagningar representerande olika årstider och flödes hållanden är nödvändiga för att teckna representativa medelvärden. Andra ämnen, exempelvis PFAS, förekom i stabila koncentrationer.

För mer information avseende studerade läkemedelssubstanser, uppmätta och beräknade halter samt genomförd riskbedömning hänvisas till rapporten *Biologiska effekter av mikroföroreningar - Fallstudie Rimbo reningsverk* (IVL, 2023).

6. Pilotförsök

Utgående avloppsvatten från Rimbo ARV användes som inkommande vatten till pilotanläggningen. Nuvarande drift vid Rimbo har periodvis problem med höga utgående halter av suspenderat material. Utgångspunkten för framtida läkemedelsrening var att innehållet av partiklar i framtiden ligger <10 mg SS/l. För att skydda och få stabila förhållanden i pilotanläggningen ingick en förbehandling (sandfilter), följt av pilotlinjerna.

Pilotanläggningen fungerade bra under försöken och resultaten bedöms som relevanta som underlag för dimensionering av en fullskaleanläggning, samt som underlag för bedömning av reduktion för de olika mikroföroreningarna för de olika reningsalternativen.

Utvärderingen visar att avskiljningen av kvarvarande läkemedelsrester i dagens utgående vatten kunde uppgå till ca 95% med aktiverat kol och ca 90 % med ozonering.

Kombinationsprocesser UF + GAK och Ozon + GAK testades kontinuerlig i större labb-skala och visade att UF avlastade kolfiltret från suspenderat material och minskade TOC- respektive DOC-belastningen med ca 15%. Förbehandlingen innebar att GAK-filtret inte behövde backspolas under pilotstudien. Spolvolymen för UF-enheten var ca 60% lägre än spolvolymen för ett motsvarande kolfilter utan föregående UF. Avskiljningen av läkemedelsresterna var i samma höga storleksordning som GAK-filtret som inte föregicks av ultrafilter.

Kombinationen ozonering + GAK-filter avlastade GAK-filtret från läkemedelsrester och avskiljningen av läkemedelsrester ökade med i snitt ca 5% genom kombinationen ozonering + GAK jämfört med enbart GAK. Kombinationsprocessen hade en fördel gentemot enbart GAK-filtrering genom att avskiljningen av oxazepam, clarithromycin och flukonazol förbättrades märkbart, vilket kan vara en fördel om specifika ämnen måste tas bort eftersom t.ex. oxazepam är utpekad som hög riskfaktor.

Ett framtida reningskrav för läkemedelsrester kan formuleras på många sätt såsom att kräva att en grupp utvalda och relevanta läkemedelsrester avskiljs till 80%. Förbrukningen av GAK för att minst uppnå denna avskiljning uppgick till 39 g/m³, medan ozonering krävde en ozondos av 5,5–6 g O₃/m³ motsvarande 0,50–0,54 g O₃/g DOC.

Den specifika förbrukningen av GAK för kombinationen UF + GAK kol hann under försöken gå ned till 36 g GAK/m³ och medelavskiljningen låg kvar på 92% avskiljning.

Jämförelseavskiljningen vid 100 g GAK/m³ var 96% jämfört med 92% med enbart GAK, vilket visar att kombinationen UF och GAK kan ha en viss fördel över enbart rening med GAK.

På motsvarande sätt hann den specifika förbrukningen av GAK under försöken med Ozon + GAK gå ned till 53 g GAK/m³ och medelavskiljningen låg på 96% avskiljning. Jämförelseavskiljningen vid 100 g GAK/m³ var 97% jämfört med 92% med enbart GAK, vilket visar att kombinationen ozon och GAK har en fördel genom att förbättra avskiljningen något än med enbart GAK.

För mer information om de utförda pilotförsöken hänvisas till rapporten *Rimbo ARV – Pilotförsök med läkemedelsrening* (Björlenius, 2023).

7. Principförslag ozon och sandfiltrering vid Rimbo ARV

Principförslaget omfattar en teknisk lösning inkl. layout samt investerings-, drifts- och årskostnader. Detta sammanställdes i rapporten *Förstudie läkemedelsrening – Principförslag* (Andersson Chan, Brogren, Jirblom, Ulveland, Juel och Stemme, 2023).

7.1. Beslut av teknisk lösning

Inför påbörjandet av principförslaget hölls en workshop där Norrtälje Vatten och Avfall, Björleinius Labs AB, SLU, ILV och Ramboll deltog. Vid denna workshop utvärderades teknikerna från pilotförsöken utifrån reningsresultat, miljöpåverkan, logistik, kompatibilitet med Rimbo ARV, ytbehov, drifterfarenheter, tekniskmognad, samt kostnad.

Beslutet togs att gå vidare med ozonering med efterföljande sandfiltrering för framtagande av principförslaget.

Utvärderingsmässigt hamnade Ozon-SF först och mycket nära följt av GAK-filtrering på andra plats, och därefter UF-GAK och sist Ozon-GAK. Rangordningen blev resultatet av att systematiskt gå igenom de olika teknikvalen och diskutera resultat på pilotstudien, litteraturvärden och drifterfarenheter. Påverkan på fauna och recipient bedömdes inte vara relevant i detta skede då IVL och SLU:s framtagna resultat inte fann någon enskild miljöpåverkande parameter som hade tydligt kunnat urskilja teknikval vid utvärderingen.

Ozon med efterföljande sandfiltrering bedömdes som mest passande alternativet bl.a. för det lägre klimatavtrycket och för färre transporter till och från Rimbo ARV (i jämförelse med kolhantering), samt relativt lägre kostnader (kr/m³ behandlat vatten) i jämförelse med de andra teknikerna.

7.2. Designparametrar

7.2.1 Dimensionerande föroreningsbelastning

Läkemedelsreningen kommer att föregås av rensgaller, sandfång, försedimentering, fördenitrifikation, biobädd, mellansedimentering, biodamm, slutsedimentering, samt slutpolering med Dynasandfilter, figur 1. Kvaliteten på utgående vatten efter Dynasandfiltren blir inkommande vatten till läkemedelsreningen. Föroreningshalterna för utgående vatten från Rimbos rening till läkemedelsreningen presenteras i tabell 4 (dvs mätpunkt innan extra insatt sandfiltreringssteg innan pilotlinjerna). Värdena är baserade på resultat från pilotförsök som utfördes våren och hösten 2022.

Tabell 4 Halter i inkommande vatten till läkemedelsreningen (utgående Rimbo)

Parameter	Min	Medel	Max
	mg/l	mg/l	mg/l
TSS	3,3	19	45
TOC	5	10	16
DOC	4	9,5	12

Det är viktigt att inkommande vatten har så god kvalitet som möjligt för att minska belastningen på läkemedelsreningen. Nuvarande drift vid Rimbo har periodvis problem med höga utgående halter av suspenderat material och ibland algblomning i biodammen. Utgångspunkten för principförslaget för framtida läkemedelsrening är att innehållet av partiklar i framtiden ligger <10 mg SS/l, vilket kräver optimering och ev. fällning på sandfiltren.

7.2.2 Processparametrar

Processparametrar (se tabell 5) togs fram i samråd med Björlenius Labs AB, som utförde pilotförsöken. Resultat från pilotförsöken sammanfattas i avsnitt 6. och återfinns i sin helhet i rapporten *Rimbo ARV – Pilotförsök med läkemedelsrening* (Björlenius, 2023).

Tabell 5 Slutgiltiga förslag till designdata

Parameter	Enhet	Värde
Ozon		
Ozondos	g O ₃ /m ³	6 - 9
Uppehållstid	min	20
Kapacitet ozonproduktion	g O ₃ /h	1 800 – 2 700

Pilotförsök visade att ozongeneratoren bör dimensioneras för att kunna dosera 6 – 9 g O₃/m³. Detta för att ha marginal för varierande kvalitet på inkommande vatten. Vid dosering av 9 mg/l kan en medelreduktion på 80% av läkemedelsrester nås, även vid högre halter suspenderat material i inkommande vatten.

Vidare bedömer projektet att det finns en flexibilitet i den föreslagna anläggningen, t.ex. kan ozondosen ökas och/eller sanden kan bytas ut mot aktivt kol i filtren. Detta gör att justeringar i anläggningen kan göras om behov finns vid ett eventuellt införande av krav i framtiden och behov av tillräcklig reduktion för specifika ämnen.

För vidare resonemang kring val av processparametrar hänvisas till rapporten *Förstudie läkemedelsrening – Principförslag* (Andersson Chan, Brogren, Jirblom, Ulveland, Juel och Stemme, 2023).

7.3. Placering

Läkemedelsreningen placeras efter sista processteget i befintlig process, dvs. efter Dynasandfilteranläggningen och innan utgående flöde rinner ut till Vallbyån. Anläggningen anläggs norr om Dynasandfiltren bredvid befintlig utloppsledning, se figur 2. Motiveringen för denna placering är bl.a. att p.g.a. det utjämnade flödet så går det att dimensionera en förhållandevis liten läkemedelsrening, se vidare diskussion avsnitt 8. Dessutom är det fördelaktigt om ingående vattnen till läkemedelsreningen är så rent som möjligt.



Figur 2 Placering läkemedelsrening

7.4. Sammanfattning teknisk lösning

I detta avsnitt sammanfattas den tekniska lösningen för att ge en övergripande förståelse för anläggningens uppbyggnad. Se kapitel 5 i redovisat Principförslag för mer djupgående beskrivning.

Läkemedelsreningen (LM) är tänkt att fungera som ett sista kompletterande processteg till befintlig process, därav placeras den efter Dynasandfilter-anläggningen. Utgående flöde från befintlig Dynasandfilteranläggning leds till läkemedelsreningen. På inloppsledningen installeras en givare för övervakning av halten suspenderat material. Om halten överstiger inställbart värde (10 mg SS/l) så stängs inloppsventilen till LM-anläggningen. Filtratet från Dynasandfiltren leds då istället direkt till utloppsledningen. Läkemedelsanläggningen återtas i drift efter att halten suspenderat material återgått till normal nivå.

Syrgasen som används vid ozonproduktion produceras genom Pressure Swing Adsorption (PSA-metoden). En kompressor trycker in luft via avfuktare och filter till en PSA-modul, i vilken syrgas produceras. Syrgasen leds sedan till en ozongenerator där ozon produceras. Från generatoren leds ozonet vidare till en statisk mixer placerad i inloppsledningen till kontaktkammaren. Ovanför kontakttankarna installeras ozon-destruktorer, för att inget ozon ska kunna släppas utanför systemet.

Kontaktkammaren för ozon utformas för pluggflöde med kanaler i två våningsplan, där de övre kanalerna har en fri vattenyta. I slutet av kontaktkammaren finns en avdragsränna som leder utgående vatten från kontaktkammaren vidare till sandfiltren. Varje sandfilter är utrustat med en automatisk inloppslucka.

Inloppsledning samt utloppsledning förses med UVA-mätare. Mätningen används inte för styrning av ozondos utan endast för online uppföljning av avskiljningsgrad av läkemedelsrester.

Utgående filtrat leds till en filtrattank, varifrån det sedan leds till en utlopps-pumpstation med självfall. Från filtrattanken tas även det vatten som behövs för backspolningen av sandfiltren. Backspolning sker både med luft och vatten och efter backspolning så leds spolavloppet till en spolavloppstank, varifrån det sedan pumpas tillbaka till ett tidigare processteg.

7.5. Kostnadsbedömning

7.5.1 Investeringskostnader

Investeringskostnaden har bedömts till ca 41 MSEK och innefattar mark- och byggarbeten, VVS, el och styr, maskininstallationer, samordning av maskinentreprenad samt projektering.

7.5.2 Driftkostnader

Beräknade driftskostnader uppgår till ca 0,64 MSEK per år och innefattar personalkostnader och energikostnader för maskinutrustning, se tabell 6.

Tabell 6 Beräknade driftkostnader för ozon-sandfilter

		Driftkostnad
Personal		
Personalkostnad	kKr/år	230
Energikostnad		
Maskinutrustning	kKr/år	410
Total kostnad	kKr/år	640

7.5.3 Årskostnader

Den totala årskostnaden för en ozon-sandfilteranläggning vid Rimbo ARV har beräknats till 3,0 MSEK per år, vilket motsvarar ca 1,14–2,44 kr/behandlad mängd avloppsvatten, beroende på flöde, se tabell 7.

Tabell 7 Beräknade årskostnader

	Enhet	Kostnad
Driftkostnader	Mkr/år	0,64
Underhållskostnader	Mkr/år	0,36
Kapitalkostnader	Mkr/år	2,0
Total årskostnad	Mkr/år	3,0
Kostnad per behandlad mängd avloppsvatten baserat på medelflöde, 140 m ³ /h	kr/m ³	2,44
Kostnad per behandlad mängd avloppsvatten baserat på dimensionerande maxflöde, 300 m ³ /h	kr/m ³	1,14

8. Diskussion

8.1. Val av dimensionerande flöde

Val av dimensionerande maxflöde till läkemedelsreningen baseras delvis på tidigare studier som gjorts i Sverige samt inom Europa. Där har det konstaterats att dimensionering för att klara av att rena de högsta flödestopparna från läkemedelsrester blir inte kostnadseffektivt jämfört med mängden läkemedel som kan avskiljas. Med vald dimensionering kommer 96% årsflödet till Rimbo ARV att renas i läkemedelsreningen. Anledningen till att 300 m³/h valdes utöver att de ger ett högt procentuellt värde av årsflödet till läkemedelsrening är även att befintlig Dynasandfilteranläggning är designat för maxflöde 300 m³/h. Skulle ett högre maxflöde för läkemedelsreningen väljas så skulle det kräva ombyggnationer av befintliga processdelar.

8.2. Val av teknisk lösning

Val av teknik för läkemedelsreningen baserades på reningsresultat från pilotförsöken, miljöpåverkan, logistik (antal transporter), kompatibilitet med Rimbo ARV, ytbehov, drifterfarenheter, teknikmognad, samt kostnad.

Beslutet togs att gå vidare med ozonering med efterföljande sandfiltrering. Den tekniska lösningen valdes för den har generellt ett lägre klimatavtryck och har färre transporter till och från Rimbo ARV (i jämförelse med kolhantering) samt relativt lägre kostnader (kr/m³ behandlat vatten) i jämförelse med dom andra teknikerna i pilotstudien.

Läkemedelsreningen valdes att placeras som sista processteg, för att säkerställa att ingående flöde är så rent som möjligt för att ge bästa möjliga förutsättningar för avskiljning av läkemedelsrester. Placeringen efter den utjämnande biodammen innebär även att installationen bli billigare då den inte behöver designas för fluktuationer på daglig basis. Det har även diskuterats inom projektet att ha biodammen som ett sista polersteg. Reningen är idag dock inte dimensionerad för det fluktuerande flödet som det skulle innebära och skulle därmed kräva en utbyggnad av befintlig rening, vilket därför inte bedömts vara ett alternativ.

Under pilotförsöken testades ozondoser mellan 5 och 9 g O₃/m³ med avskiljnings-graden på 72 till 91%. Baserat på detta valdes en ozongenerator som klarar av en dos på upp till 9 g O₃/m³, detta för att säkerställa en medelreduktion på 80% även vid höga halter av

organiskt material i inkommande vatten från Dynasandfiltren. Om sandfilteranläggningen kan åtgärdas så utgående halter blir lägre än dagens så kan dimensionerande ozondos sänkas. Detta skulle innebära en minskad investerings- och driftkostnad.

För ozonproduktionen har det valts att endast sätta in en ozongenerator då det enligt leverantör räcker med att köpa in extra reservdelar för kritiska komponenter för att säkerställa bra redundans.

8.3. Principförslag och kostnads kalkyl

Vid dimensionering för $Q_{\text{dim}} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ blir den totala investeringskostnaden ca 41 MSEK och totala årskostnaden blir ca 3,0 MSEK/år.

Den totala kostnaden per behandlad mängd avloppsvatten har beräknats till 1,14 kr/m³ baserat på maxflöde, om beräkningen görs för medelflöde hamnar årskostnaden högre på 2,44 kr/m³. Vid jämförelse med andra förstudie- och forskningsprojekt som gjorts i Sverige där kostnaden ligger mellan kostnaden mellan 0,5 – 1,4 kr/m³ så hamnar kostnaden för Rimbo mitt i spannet, baserat på maxflödesfallet. Då den verkliga framtida medelflödet inte är känt så ligger troligen den faktiska kostnaden någonstans i spannet mellan 1,14 och 2,44 kr/m³ och verkar således ligga i toppen av spannet jämfört med tidigare studier. Det är svårt att jämföra kostnader från tidigare studier då förutsättningar kan skilja sig väldigt mycket, det är även inte helt klart vad exakt som har inkluderats i tidigare kalkyler.

Idag finns inga krav kring läkemedelsrening i Sverige. Införandet av lagstiftning kring avskiljning av läkemedelsrester skulle kunna innebära t.ex. en förändring av ozondos eller uppehållstid i kontaktbassängen. Skulle lagstiftning med krav på väldigt höga avskiljningsgrader införas så skulle sandfiltren kunna bytas ut mot kolfilter för att få till en ännu bättre avskiljning. Sådana lagstiftningar skulle innebära förändringar i design och layout, vilket skulle påverka den investeringsbedömning som gjorts.

8.4. Miljöriskbedömning

Mätningarna av läkemedel i biota visade på ett varierande upptag. Det förekom stor skillnad mellan olika arter, olika tidpunkter och olika organ. Underlaget var inte stort nog för några mer genomgående statistiska analyser, men det framkom en indikation av att njure från gädda är en lämplig matris för att undersöka

förekomst av läkemedel i biota. I signalkräfta detekterades inga läkemedel, vilket indikerar att detta inte är en lämplig organism för att undersöka förekomst av läkemedel i biota.

Viss risk för hormonstörande effekt kan förekomma i recipienten, baserat på de tre sätt att mäta detta som användes: kemisk analys av östrogena hormoner, samt effekttesterna YES och ER-aktivitet. Det är dock inte entydig då de östrogena hormonerna och den östrogena effekten i flera fall var likartad i referens- och recipientvatten.

Sammanvägt visade resultaten av denna rapport inte på några tydliga negativa effekter. Det är, baserat på de kemiska mätningarna, entydigt att Rimbo ARV i varierande utsträckning bidrar med tillförsel av mikroföroreningar till recipienten. Däremot visar inte de effekttester och biologiska tester som användes inte på att utsläppen är stora nog för att leda till negativa effekter på akvatiska organismer. Beräkningarna av riskkvoter avseende läkemedel visade dock på att risk för negativa effekter föreligger avseende några läkemedel. Sammantaget ger utförda undersökningar och biologiska tester svagt stöd för att det är motiverat att införande mer avancerad rening vid Rimbo ARV avseende studerade mikroföroreningar. Den begränsade miljönytta med att införa avancerad rening vid Rimbo ARV som resultaten pekar mot bör även vägas mot annan miljö- och klimatpåverkan som implementering och drift av den avancerade reningen medför.

9. Slutsats

Sammanfattningsvis har följande slutsatser dragits från det utförda projektet:

- Nuvarande drift vid Rimbo har periodvis problem med höga utgående halter av suspenderat material och ibland algbloomning i biodammen. Utgångspunkten för principförslag framtida läkemedelsrening är att innehållet av partiklar i framtiden ligger <10 mg SS/l, vilket kräver optimering och ev. fällning på sandfiltren.
- Resultatet från utförda pilotförsök bedöms som relevanta som underlag för dimensionering av en fullskaleanläggning.
- Både teknikerna GAK samt ozon + sandfilter visade i de utförda pilotförsöken på en god avskiljningsförmåga avseende läkemedelsrester. GAK visade aning högre avskiljningsförmåga, men beslutet att gå vidare med ozon + sandfilter för principförslag gjordes bland annat för att tekniken har lägre klimatpåverkan.
- Vid dimensionering för Q_{dim} blir den totala investeringskostnaden ca 41 Mkr och den totala årskostnaden blir ca 3,0 Mkr/år. Denna kostnad utgår från dimensionerande förutsättning där $Q_{dim} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$. Det innebär om flödet är lägre blir det ett högre pris på behandlat vatten per kubikmeter.
- Idag finns det inga krav kring läkemedelsrening i Sverige. Införandet av lagstiftning kring avskiljning av läkemedelsrester skulle kunna innebära t.ex. en förändring av ozondos eller uppehållstid i kontakttankarna, vilket i sin tur skulle leda till förändringar i den investeringsbedömning som gjorts.
- Resultaten från uppmätta koncentrationer i recipient visade risk för negativ påverkan på vattenlevande organismer från exponering av citalopram, oxazepam och diklofenak föreligger. Dessa risker reduceras avsevärt om verkets utgående vatten slutpoleras med antingen ozon eller GAK, vilket är att förvänta i och med att avskiljningen med dessa extra reningssteg för de flesta läkemedel är åtminstone 90%.

- Det akvarieförsök som genomfördes med zebrafisk och dammsnäcka visade inte på negativ påverkan på de exponerade organismerna. Detta visar att ekotoxikologiska riskkvoter baserade på koncentrationer i utgående vatten och akvarietester med samma utgåendevatten kan ge olika resultat, vilket förefaller rimligt utifrån hur de olika metoderna är konstruerade.
- Sammantaget ger utförda undersökningar och biologiska tester svagt stöd för att det är motiverat att införande mer avancerad rening vid Rimbo ARV avseende studerade mikroföroreningar, enligt IVL. Ekotoxikologiska riskkvoter som beräknades visar på att det förekommer risk för negativ påverkan på exponerade organismer i recipienten för ett antal läkemedel. Den begränsade miljönytta med att införa avancerad rening vid Rimbo ARV som resultaten dock pekar mot bör även vägas mot annan miljö- och klimatpåverkan som implementering och drift av den avancerade reningen medför.