

Rapport pilotprojekt

Avancerad läkemedelsrening Uddeboverket, Luleå



Sammanfattning	4
Lista av förkortningar	5
1 Introduktion och bakgrund	6
2 Syfte	6
3 Utförande och metod	7
3.1 Förstudie	7
3.2 Analysmetoder	7
3.3 Pilotanläggning för avancerad läkemedelsrening	7
3.4 Grundläggande teori läkemedelsrening	9
3.4.1 Förfiltrering	9
3.4.2 Ozon	10
3.4.3 GAC	10
3.5 Faktor försök och driftfas	10
3.5.1 Fas 1	10
3.5.2 Fas 2	12
4 Resultat och analys	12
4.1 Läkemedelsprover fas 1	12
4.2 Hormonprover fas 1	14
4.3 Kemisk analys fas 1	16
4.4 Koefficientanalys DoE ozon	18
4.5 Fas 2 resultat GAC	19
4.6 Kemisk analys fas 2	22
4.7 Hormoner fas 2	24
4.8 Slamavattning läkemedelshalter	25
4.9 Drifterfarenheter	25
4.10 Felkällor och validering av resultat	26
4.11 Verkningsgrad läkemedelsrening	26
5 Reflektioner och slutsatser	28
6 Referenser	30
Bilaga A	31
Bilaga B	32
Bilaga C	35
Bilaga D	36

Bilaga E	.....	37
Bilaga F	.....	38
Bilaga G	.....	39
Bilaga H	.....	41
Bilaga I	.....	42

Sammanfattning

Ett pilotprojekt genomfördes från september 2021 till och med maj 2022 med avseende på att utvärdera avancerad läkemedelsrening i drift på Uddeboverket i Luleå. Reningstekniker som användes i projektet var förfiltrering med sand, ozonering, följt av aktivt kol. Projektet genomfördes med huvudfokus på följande aspekter:

- Effekten av olika systemparametrar vid ozonering
- Effekten av uppehållstider och linjära flödes hastigheter med avseende på aktivt kol som används som slutpoleringssteg i reningskedjan
- Utvärdering av reningsgrad under cirka fyra månader med avseende på driftsstabilitet, energiförbrukning och total läkemedelsreduktion
- Dimensionering av fullskalig anläggning om läkemedelsrening skulle implementeras på avloppsreningsverket, baserat på resultaten under pilotprojektet

Följt av leverans och driftsättning av en pilotanläggning med ovan reningstekniker i en 20 fot container, genomfördes utvärderingen i två faser. Under den första fasen genomfördes en statistisk analys med hjälp av Design of Experiments för att planera faktor försök avseende uppehållstid och hydrauliskt tryck i ozonsystemet. Även en indikation på reningsgrad i kolfiltersystemet kunde göras. Syftet med första fasen var att kunna anpassa systeminställningar inför en längre driftsfas för att kunna uppnå så hög totalverkningsgrad som möjligt, det vill säga energiförbrukning per renad mängd läkemedelsrester, inom gränserna för eventuella framtida lagkrav.

Under andra fasen sattes anläggningen i kontinuerlig drift vid ett genomströmningsflöde på cirka 10 m³/hr och kontinuerliga, månatliga provtagningar gjordes.

Två olika laboratorier användes för att få en så komplett bild som möjligt över total läkemedelsrening under båda faser. Över 100 unika substanser mättes och kompletterades med ytterligare hormonanalyser samt generella kemiska analyser för TOC, DOC och COD.

Under fas 1 kunde inte signifikans avseende uppehållstid och hydrauliskt tryck påvisas, det vill säga detta är inte parametrar som påverkar reningsgrad i ozonsteget. Fas 1 och 2 visade att samtliga tre processteg (reningstekniker) påverkar avskiljning av läkemedelsrester och den totala reningsgraden var cirka 80 %. Total reningsverkningsgrad fastställdes till cirka 50 kWh/g energibehov per renad, mätbar gram läkemedelsrester. En fullskalig anläggning skulle kräva cirka 610–620 kW effekt och kan i full skala rena upp till cirka 420 kg/år.

Lista av förkortningar

COD = Chemical Oxygen Demand, mg/L

DOC = Dissolved Organic Compunds, mg/L

TOC = Total Organic Compounds, mg/L

Arv = avloppsreningsverk

EBCT = Empty Bed Contact Time

ppm = parts per million

mg = milligram

ug = microgram

ng = nanogram

GAC = Granular Activated Carbon

DoE = Design of Experiments

1 Introduktion och bakgrund

Luleå Miljöresurs, Lumire, har under 2021 samt 2022 genomfört ett pilotprojekt avseende avancerad läkemedelsrening på Uddeboverket i Luleå. Projektet har till största delen finansierats av Naturvårdsverket som har för avsikt att främja projekt och åtgärder för implementation av avancerad läkemedelsrening i Sverige, med slutmålet att implementera storskalig läkemedelsrening. Uppdraget baseras på riksdagsbeslut och initiativet har pågått sedan 2018.

Lumire har tillsammans med projektpartner Mellifiq följt en projektplan som arbetats fram under projektansökningsförfarandet som omfattar en förstudie under hösten 2021 samt drift av en pilotanläggning med ett delflöde från reningsverket under perioden mars-maj 2022.

2 Syfte

Flera läkemedelsprojekt har genomförts i Sverige sedan 2018, både fullskaliga anläggningar och pilotanläggningar, samt förstudier med provtagningar för att kvantifiera mängden mätbara läkemedelsrester i avloppsreningsverk.

Resultaten från dessa projekt har kunnat visa hög reningsgrad. Dock skiljer sig resultaten sig från varandra, beroende på reningsverkens utformning uppströms, generell vattenkvalitet och total mängd läkemedelsrester i reningsverkens utloppsvatten.

Det är därför viktigt att kunna genomföra avancerad läkemedelsrening i pilotskala för att vid behov kunna anpassa en storskalig processutformning specifikt avsedd för aktuellt reningsverks förutsättningar.

Det övergripande syftet är även att kunna uppvisa resultat från sådana projekt för att främja framtida implementation på nationell nivå, i linje med aktuellt riksdagsbeslut.

Reningstekniker som användes i projektet var förfiltrering med sand, ozonering följt av aktivt kol. Flertalet projekt har redan genomförts med mycket goda resultat med denna kombination av reningstekniker [1, 2, 3] och genomfördes med huvudfokus på följande aspekter:

- Effekten av olika systemparametrar vid ozonering
- Effekten av uppehållstider och linjära flödes hastigheter med avseende på aktivt kol som används som slutpoleringssteg i reningskedjan, samt kolfilterbäddens livslängd
- Utvärdering av reningsgrad under cirka fyra månader med avseende på driftsstabilitet, energiförbrukning och total läkemedelsreduktion

- Dimensionering av fullskalig anläggning om läkemedelsrening skulle implementeras på avloppsreningsverket, baserat på resultaten under pilotprojektet

3 Utförande och metod

3.1 Förstudie

I projektets första del under hösten 2021, genomfördes en översiktlig provtagningskampanj vars resultat redovisas i rapporten *Rapport – Förstudie – Luleå kommun – Läkemedelsrening* som bifogas denna rapport [4].

3.2 Analyismetoder

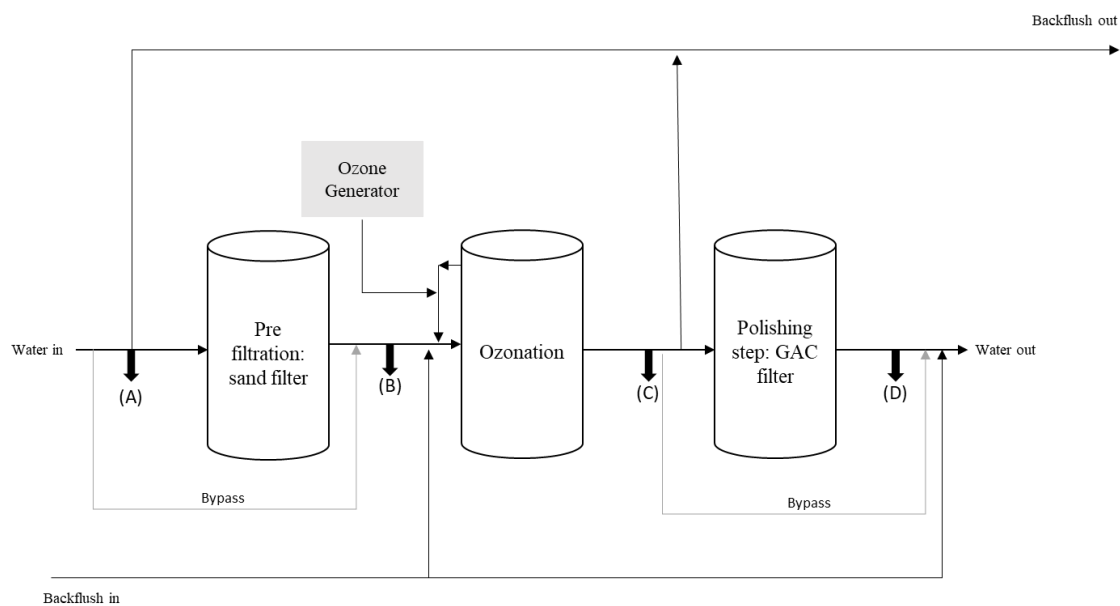
Under studien användes flertalet analyspaket och mätmetoder med avseende på läkemedelssubstanser, hormoner, samt vattenkvalitetsparametrarna TOC, COD och DOC. Två olika tredjepartslaboratorier användes. Analyserade substanser samt detektionsgränser återfinnes i Bilaga A och B.

Generell princip som applicerades var att anta 0 om substansernas halter understeg detektionsgränserna. Under förstudien användes enbart läkemedelsanalyspaket enligt Bilaga A.

3.3 Pilotanläggning för avancerad läkemedelsrening

Under projektets andra del användes en 20 fot containerbaserad anläggning för läkemedelsrening innehållande tre reningstekniker: sandfilter med sandfilter (Water Maid FlexKarb-S 12, ozonsystem (Ozonetech RENA Tellus X) samt aktivt kolfiltersystem, GAC (Water Maid FlexKarb-C 12). Systemet var utrustat med automatisk backspolning, automation och by-passledningar som kan användas vid behov. Systemets flödesdiagram återges i Figur 1 nedan. Figur 1 visar även de provtagningspunkter som användes under projektet för att kunna mäta halten läkemedelssubstanser samt övriga vattenkvalitetsparametrar.

Processvatten pumpades med hjälp av en Flygt N-pump från reningsverkets utlopp till pilotsystemet. Backspolningsvatten tillfördes från reningsverkets tappvattensystem. Backspolningsvattnet återfördes till en av reningsverkets eftersedimenteringsbassänger vid backspolning av filtren. Mängden beckspolningsvatten var mycket liten i förhållande till avloppsreningsverket, ca 50 m³/d mot 30 000 m³/d. Utifrån detta gjordes bedömningen att det inte skulle påverka resultaten i pilotanläggningen.



Figur 1. Pilotanläggningens översiktliga processutformning inklusive förfiltrering, ozonering och poleringssteg GAC (Granular Activated Carbon) med by-pass samt backspolning med automation.



Figur 2. Installationstekniker från Mellifiq under driftsättningsarbete. Till vänster syns ozonreaktionstank. Överst syns ozongenerator och säkerhetssensor.



Figur 3. Tv: Water Maid FlexKarb sandfiltersystem samt kolfiltersystem. Th: pumpsump från vilken processvatten pumpades till reningsanläggning med dränkbar pump.



Figur 4. Utsidan av reningsanläggning, väderskyddad och containerbaserad.

3.4 Grundläggande teori läkemedelsrening

3.4.1 Förfiltrering

Förfiltrering är en vital del i att upprätthålla en så hög vattenkvalitet som möjligt för ozonrening och GAC-rening. Det primära syftet är att skydda nedströms reningstekniker från större partiklar som annars riskerar att sätta igen vissa vattenberörda komponenter samt kolfilterbädd i GAC-systemet. Momentana

partikelbelastningar kan ske vid exempelvis driftsstörningar i reningsverkets slutsedimentering eller vid andra oförutsedda mekaniska fel. Avskiljning av partiklar och humusämnen i detta steg kan även kontinuerligt minska den generella lasten organiskt material som riskerar att minska kolfilterbäddens livslängd samt minska ozoneringsstegets reningseffekt med avseende specifikt på läkemedelssubstanser.

3.4.2 Ozon

Ozonering är en kategori av reningstekniker som baserar sig på oxidation av organiskt och icke organiskt material. Under ozonering angrips primärt kovalenta dubbel- och trippelbindningar i olika substansers molekylstrukturer. Vid rening av läkemedel inaktiveras substanserna genom oxidation då majoriteten av aktiva läkemedelssubstanser har en rik förekomst av dubbel- och trippelbindningar. Ozon produceras i gasfas varefter ozongas med hög koncentration löses in i processvätskan. Inlösningsmekanismerna vid ozon ställer höga krav på ozonsystemets utformande där bland annat gasinlösningstrycket är avgörande för massöverföring mellan gas och vätska enligt allmänna gaslagarna. Ozongas produceras *in situ* från omgivande luft (syre) och kräver därför inte kemikalier.

Ozongas har mycket hög löslighet i vatten och är därför en gångbar metod för rening av olika kategorier av kontaminanter. Beroende på reaktionskinetiken för specifika substanser krävs en viss reaktionstid för att uppnå en särskild nedbrytningsgrad. Både hydrauliskt tryck i ozonsystemets reaktionstank som användes i detta projekt, samt uppehållstid (reaktionstid) är två parametrar som utvärderades i detta projekt med avseende på reduktion av mätbara läkemedelssubstanser. Se nedan kapitel.

3.4.3 GAC

Vid avskiljning av läkemedelsrester kan aktiva kolfilterbäddar utnyttjas varvid rening sker med hjälp av adsorption. Således filtreras aktiva läkemedelssubstanser i ett aktivt kolfilter, snarare än att brytas ned kemiskt. Denna reningsteknik kommer därför över tid kräva utbyte av kolfilterbädden då denna mätas, beroende på vattnets generella vattenkvalitet och fraktionen av organiskt och inorganiskt material som adsorberas över kolfilterbädden.

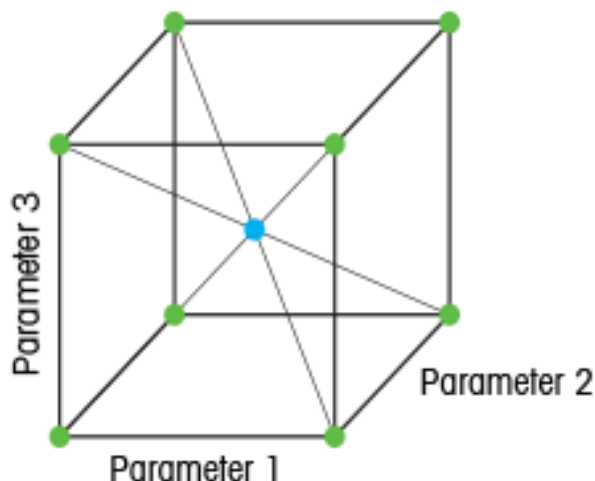
3.5 Faktor försök och driftfas

Utförandedelen i detta projekt delades in i två faser: systematiska faktor försök med ozonrening (kallad "fas 1") samt driftfas mars-maj (kallad "fas 2").

3.5.1 Fas 1

Som berörts ovan i kapitel 3.4.2, påverkas ett ozonsystems prestanda av flera faktorer, varav två av de viktigaste är reaktionstryck (hydrauliskt) och reaktionstid. Ett faktor försök i enlighet med utvärderingsprinciperna i Design of Experiments (DoE)

sattes upp. Ett faktorförsök utförs för att dels kunna reducera antalet mätpunkter utan att inkräkta på statistiska principer. DoE ämnar att med så få försök "variera alla faktorer samtidigt" inom specifika gränser, exemplifierat i Figur 5 nedan. Syftet är att om möjligt hitta en så nära optimal driftinställning som möjligt, i detta fall så hög rening av läkemedelsrester som möjligt till lägst energikostnad.



Figur 5. Exempel på faktorförsök med tre variabler enligt DoE. [5]

I denna fas sattes följande parametergränser:

Reaktionstid: 4,5 - 9 min (reglerades med varvtalsreglering processflöde 2 - 4 m³/hr)

Tryck: 0,5 - 1,5 bar (reglerades med strypventil nedströms reaktionstank)

För att på förhand med så stor sannolikhet som möjligt kunna erhålla statistiskt signifikant utslag från dessa två parametrar användes en låg ozonkoncentration (cirka 2 ppm inlöst) under dessa systeminställningar. Denna koncentration är normalt tillräckligt för att få mätbar och betydande reningsgrad.

Vid ovan processvattenflöden erhålls 10,5 - 21 min EBCT (Empty Bed Contact Time) över sand- och kolfilterbäddarna. Detta ger kvalitativt underlag för att inför fas 2 bedöma om varierande uppehållstid i GAC påverkar avskiljningsgrad av de mängder substanser som återfinns efter ozonrening.

Med hänsyn till budget togs kompositprov före och efter sandfiltersystem som representerar medelvärdet under provtagningar i samband med faktorförsök. Samtliga försök genomfördes under cirka åtta timmar.

Under fas 1 togs läkemedelsprover vid samtliga provtagningspunkter A-D (se Bilaga A), hormonanalys (se Bilaga B) samt TOC, DOC, COD. Vid tre provtagningsstillfällen användes ett kompletterande läkemedelsanalyspaket.

3.5.2 Fas 2

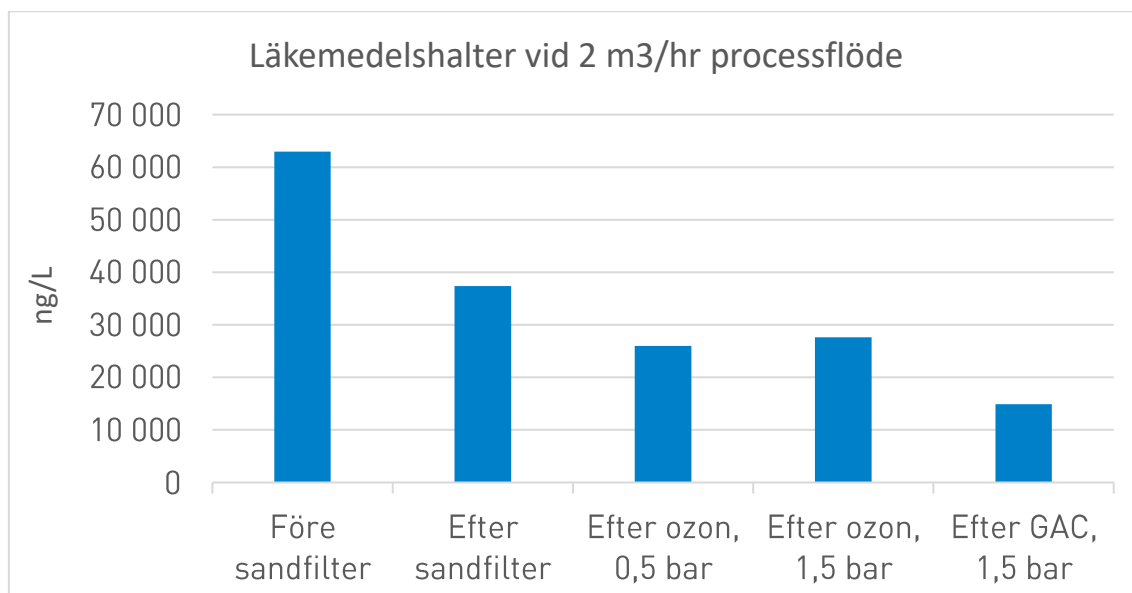
Fas 2 inleddes i samband med fas 1 för att utvärdera systemet över tid, men där processflödet ökades till cirka 10 m³/hr samt att reaktionstrycket för ozonering sattes till 0,3 bar (mars 2022). Prover togs före- och efter GAC-filtret med avseende på läkemedelsrester, hormoner och vattenkvalitetsparametrar för att särskilt utvärdera GAC-filtrets livslängd och reningseffekt över tid då dess reningseffekt bedöms förändras snabbare över tid med ökad mättningsgrad i filterbädden. Provtagningar genomfördes med cirka en månads mellanrum. Efter andra driftproverna i fas 2 genomfördes (28 mars 2022) erhöles svar på proverna vid fas 1 och de två första mättillfällena i fas 2 och ozonkapaciteten reglerades upp med cirka 3 ppm till cirka 5 ppm inlöst ozon. Detta för att om möjligt förbättra reningseffekten enligt senare diskussion i avsnitt 4.5.

Den sista provtagningen i maj 2022 kompletterades även med prover före- och efter sandfilter. Under fas 2 togs även prov på slamavvattning.

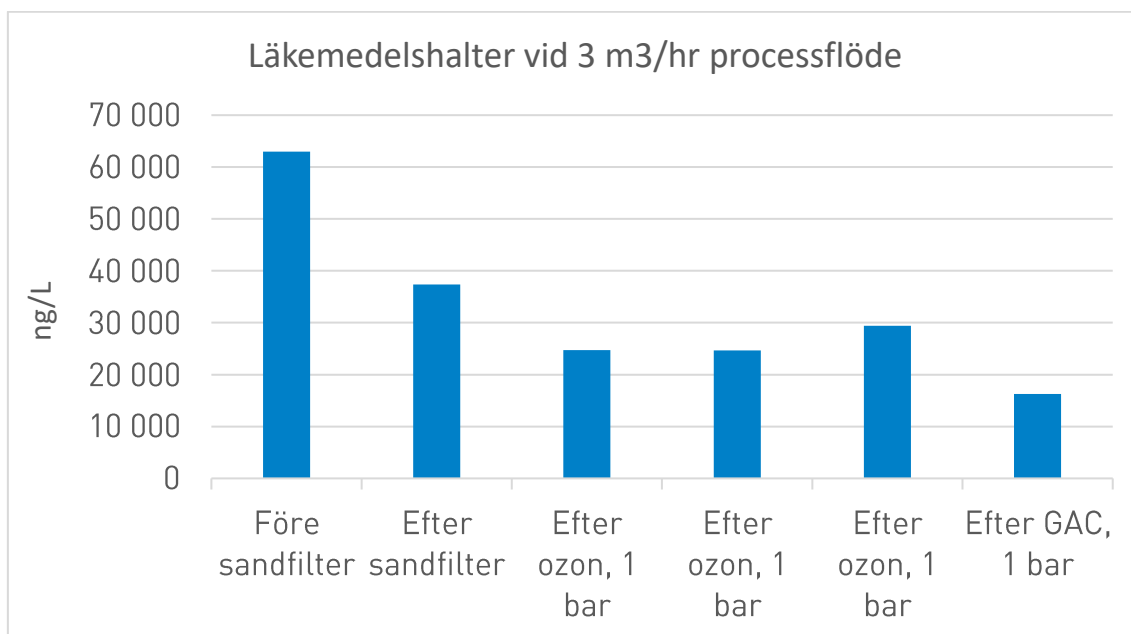
4 Resultat och analys

4.1 Läkemedelsprover fas 1

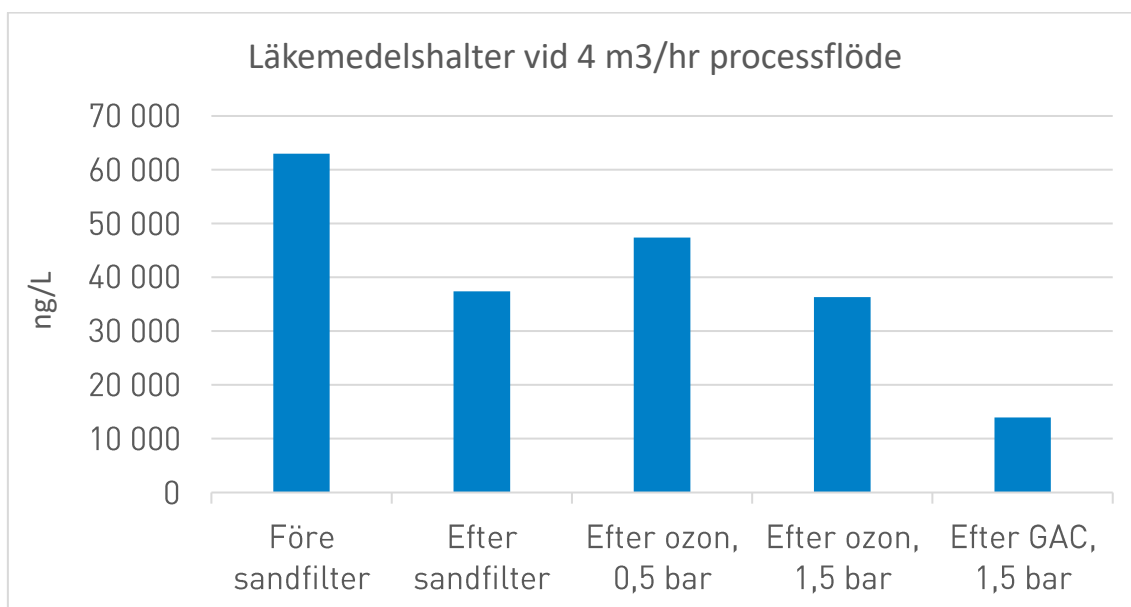
Figurerna 6 - 8 nedan visar totalt uppmätta mängder läkemedelsrester före och efter sandfilter samt halter efter ozonering och GAC för de faktor försök som genomfördes i enlighet med kapitel 3.5.1. Koffein har exkluderats från resultaten.



Figur 6. Läkemedelshalter enligt analys Bilaga 1 för 2 m³/hr processflöde.



Figur 7. Läkemedelshalter enligt analys Bilaga 1 för 3 m³/hr processflöde. Notera att denna systeminställning innefattar tre mittpunkter enligt principerna i DoE.

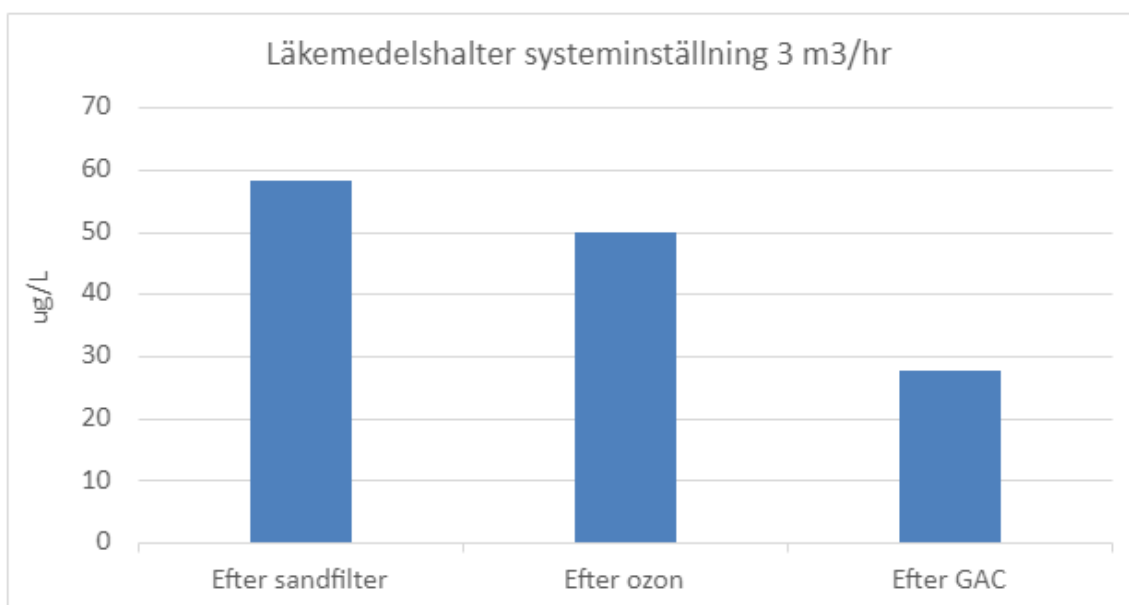


Figur 8. Läkemedelshalter enligt analys Bilaga 1 för 4 m³/hr processflöde.

Figur 9 nedan visar kompletterande mätning av läkemedelsrester med annat analyspaket (enligt Bilaga B, resultat i bilaga G). Detta analyspaket mäter mot 149 aktiva substanser jämfört med 91 substanser i analyspaket enligt Bilaga 1. Vid provpunkt efter sandfilter (sandfilter) visar kompletterande analyspaket cirka 50 % högre total (summerad) mängd läkemedel, vilket är i linje med de relativt fler substanser som detta paket omfattar. Vid en närmare jämförelse med avseende på enskilda läkemedel mellan de två analyspaketen kan utläsas att systematiskt lägre halter (ca 50 %) uppmäts för uppmätta läkemedel i analyspaket enligt bilaga 2. Detta

resultat öppnar för en rad frågeställningar kring bakgrunden till dessa skillnader. Denna studie utgår dock från de resultat som erhållits med analyspaket enligt bilaga 1 men inför framtida utvärderingar bör val av analyspaket utvärderas noggrant. De uppmätta skillnaderna mellan paketen indikerar dock att den verkliga halten kan ligga under den uppmätta.

I slutändan visar resultaten även att hänsyn måste tas till att uppmätt mängd substanser med ett analyspaket som omfattar ett begränsat antal substanser kraftigt underskattar den totala, faktiska mängden läkemedelsrester, då endast ett urval av de över 3000 aktiva substanser som finns på marknaden analyseras.

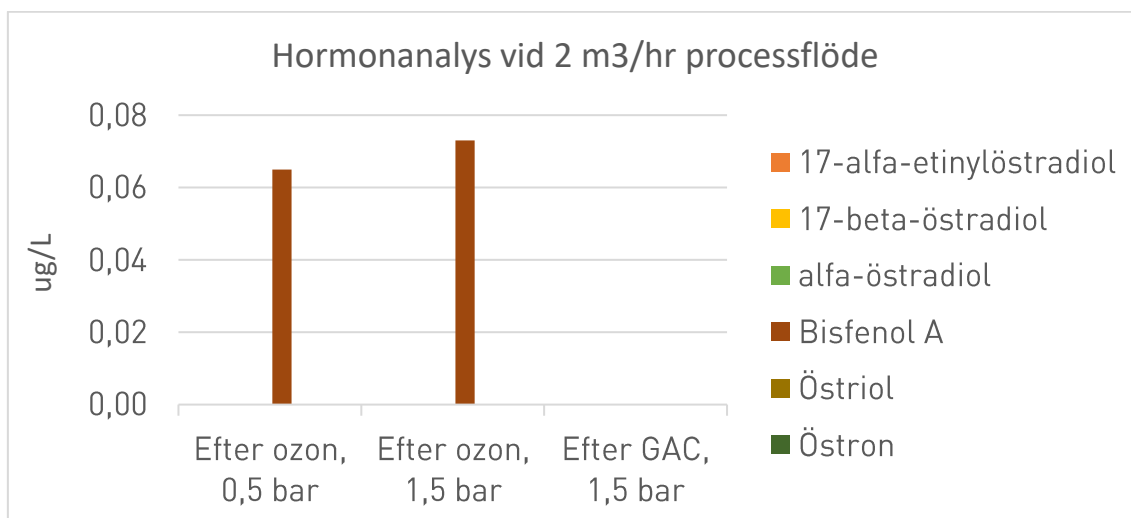


Figur 9. Resultat från kompletterande analyspaket läkemedel. Resultaten, erhållna från prover vid samma tidpunkt som i Figur 7, visar cirka 50 % högre uppmätta totalvärden jämför med standardpaketet.

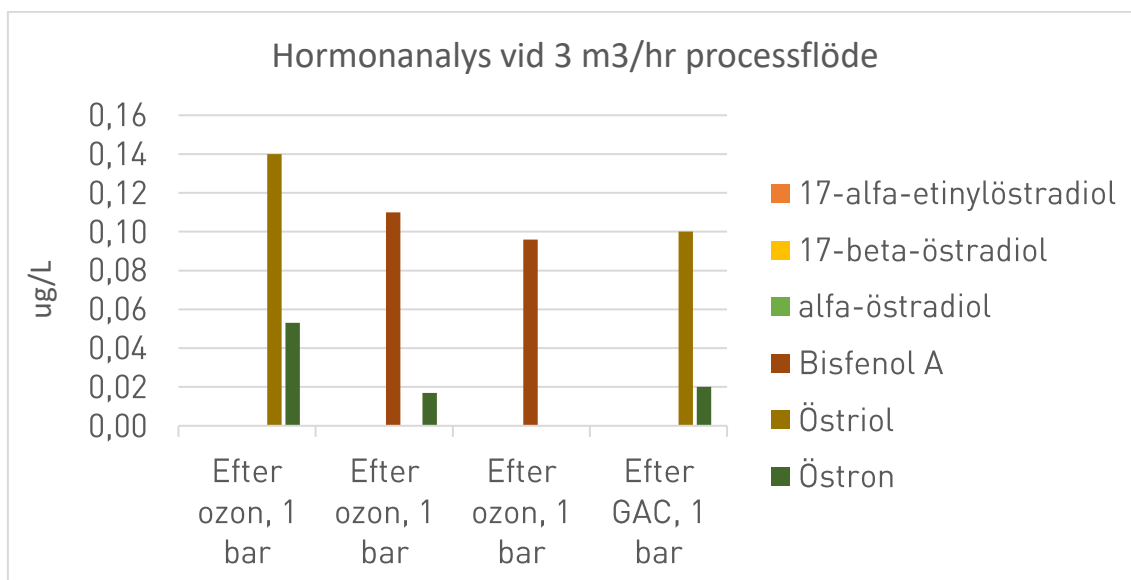
Koefficientanalys som ett resultat av DoE-uppställningen visas i kapitel 4.4 nedan. Medelvärde för reningsgrad över ozonrening var 28 % för processflöde 2 och 3 m³/hr och ingen mätbar skillnad eller högre värden för 4 m³/hr. Notera att jämförelsesiffran för samtliga analyser var 37 395 ng/L efter sandfilter (medeltal för samtliga provpunkter). Medelreduktion för GAC var 51 % under fas 1.

4.2 Hormonprover fas 1

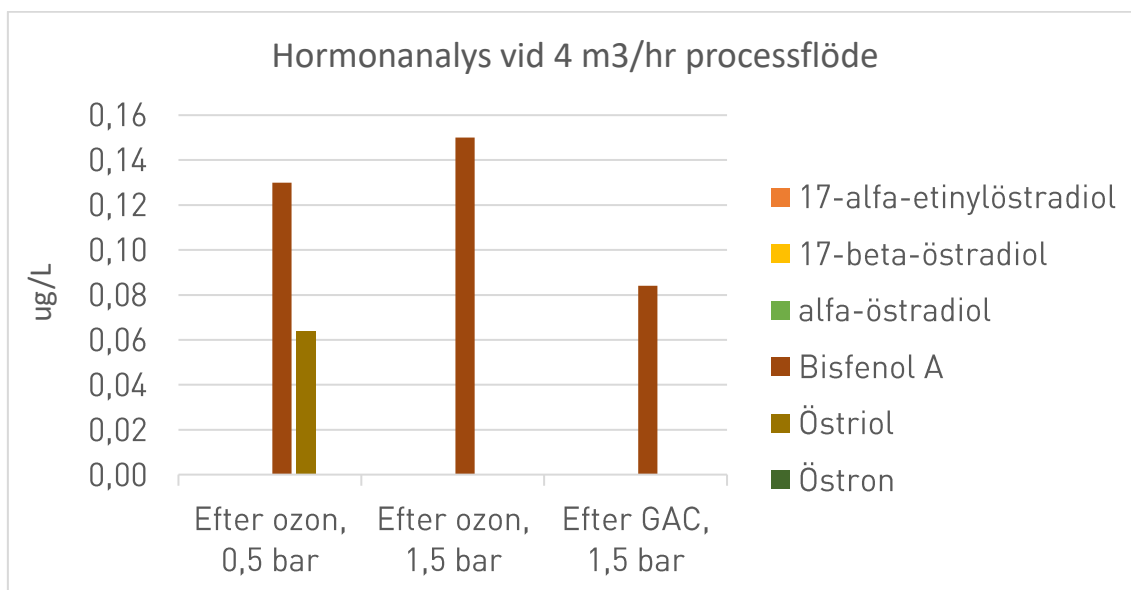
I detta projekt togs även hormonprover som ytterligare komplement till det standardanalyspaket för läkemedel som använts (Bilaga A). Se Figurerna 10 - 12 nedan. Rådata återfinnes i Bilaga C. Hormonprover togs tillsammans med alla läkemedelsprover förutom vid kompletterande analys enligt Figur 9, då alla hormoner utom Bisfenol A (hormonstörande) och alfa-östradiol återfinns i detta analyspaket.



Figur 10. Hormonprover vid 2 m³/hr processflöde.



Figur 11. Hormonprover vid 3 m³/hr. Bisfenol A samt alfa-östradiol undantaget i första och sista mätpunkten då det saknas från kompletterande läkemedelsanalyspaket i dessa punkter i figuren.

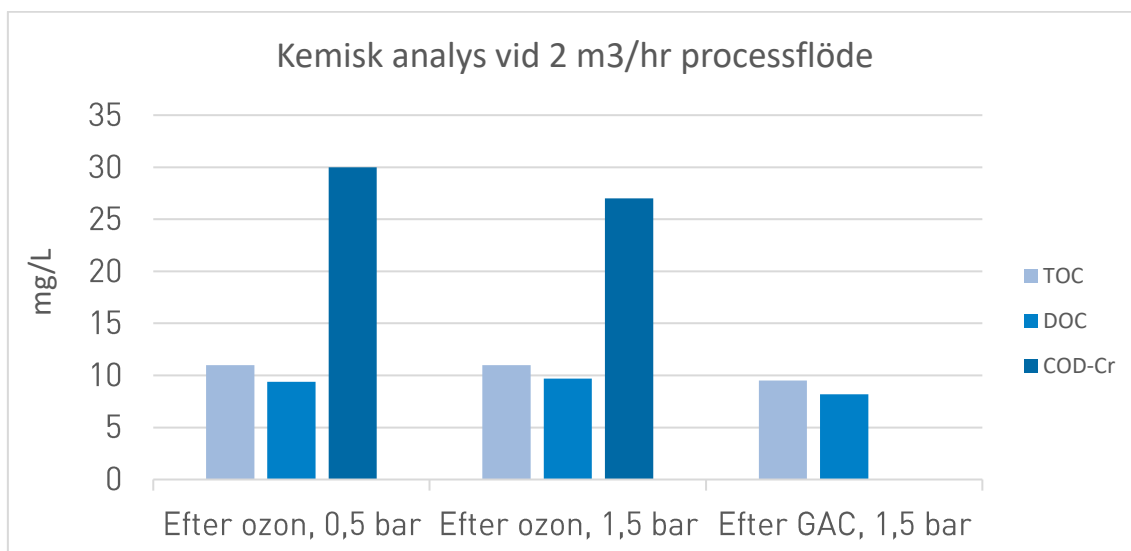
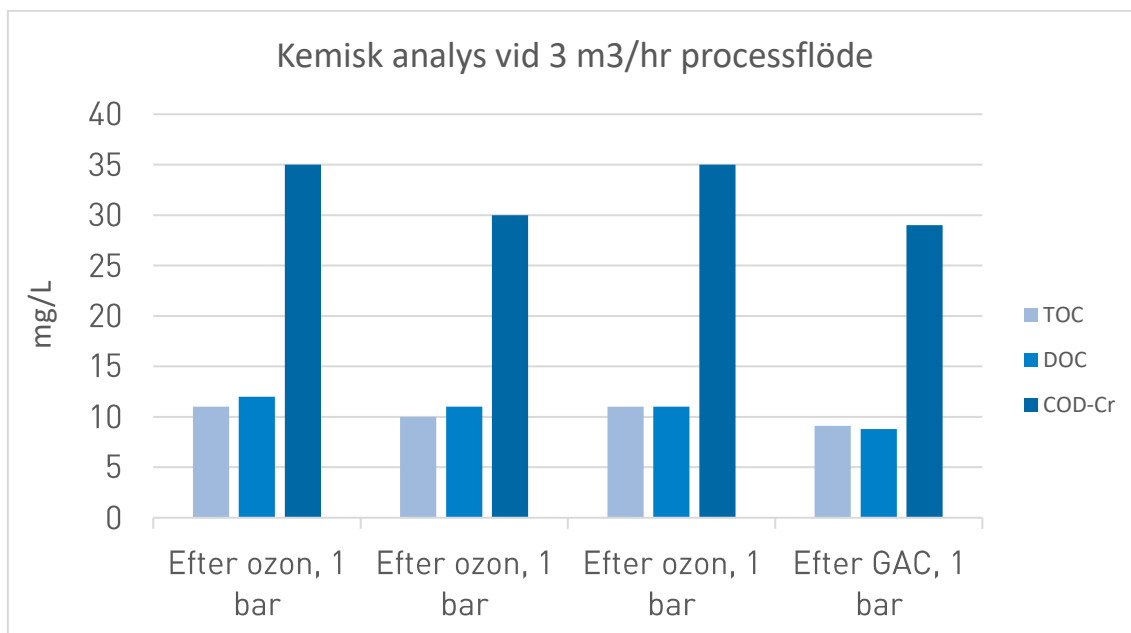


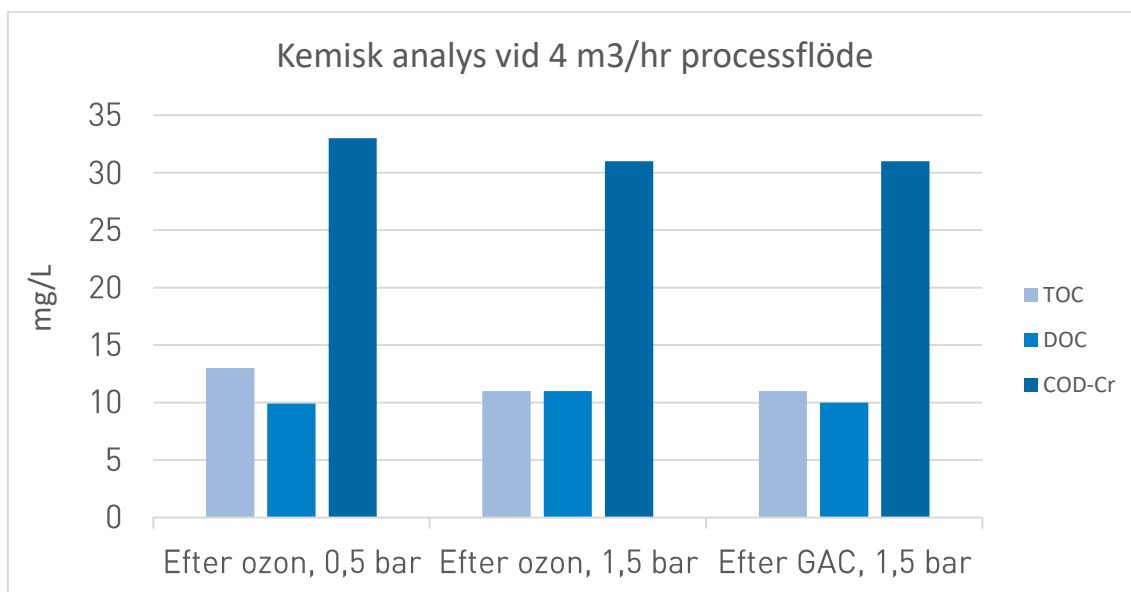
Figur 12. Hormonprover vid 4 m³/hr.

Övergripande observation är att halterna hormoner varierar stort vid olika provtillfällen och att de vid flertalet tillfällen låg under detektionsgräns. Inga tydliga reduktionstal kan detekteras under fas 1. Bisfenol A, som förekommer i högst koncentrationer, är den enda substansen som visar mätbar adsorption i kolfilter. Figur 18 visar även hormonprover vid första driftsproverna under fas 2.

4.3 Kemisk analys fas 1

Figur 13-15 nedan visar kemisk analys för fas 1 samt första driftprov i samband med fas 1 (COD-Cr under rapporteringsgränsen 20 mg/L redovisas som 0 i samtliga presenterade grafer). TOC och DOC reducerades från 11 till 9,5 mg/L resp. från 11 till 10 mg/L över sandfilter. COD prover togs endast före och efter ozon. Rådata finns i Bilaga E.

Figur 13. Kemisk analys fas 1 vid 2 m³/hr processflöde.Figur 14. Kemisk analys fas 1 vid 3 m³/hr flöde.

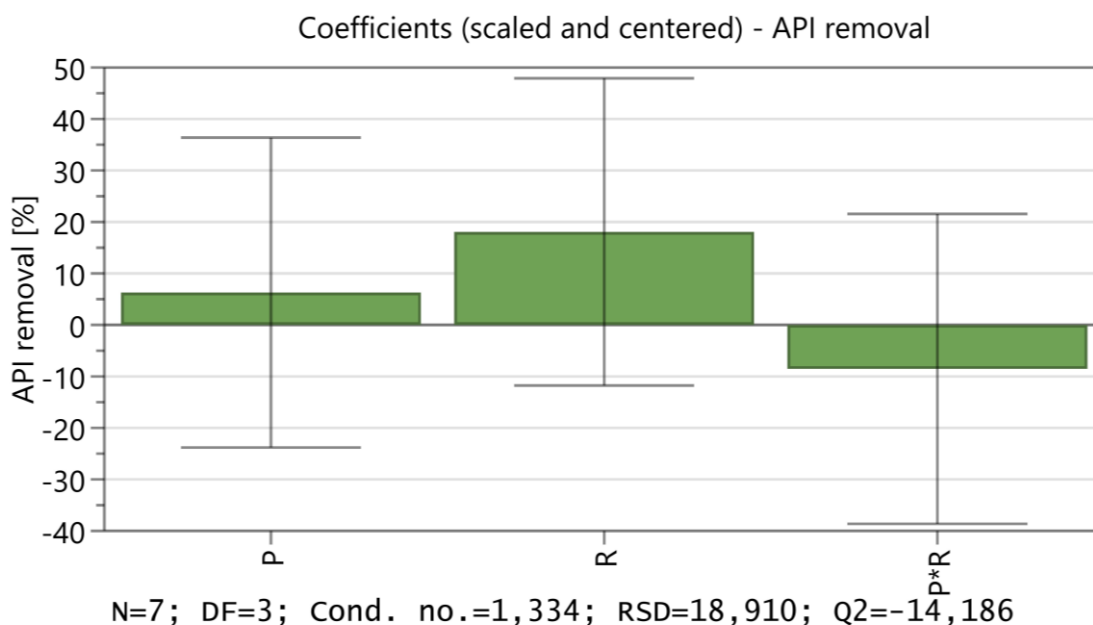


Figur 15. Kemisk analys fas 1 vid 4 m³/hr processflöde.

Medelreduktion över GAC var 7 %, 13 % samt 17 % för TOC, DOC respektive COD-Cr. Ingen mätbar skillnad över ozonsteg kunde observeras. Rådata för analyserna återfinnes i Bilaga E.

4.4 Koefficientanalys DoE ozon

I enlighet med beskriven metod genomfördes en koefficientanalys med hjälp av principalkomponenter för att utröna huruvida utfallet av reningsgraden av läkemedelsrester över ozonsystemet har ett statistiskt signifikant beroende (95% konfidens) av ozonreaktionstid och hydrauliskt tryck. DoE-konstruktionen genomfördes på ett sådant vis att det är möjligt att utvärdera kombinationseffekten mellan dessa faktorer.



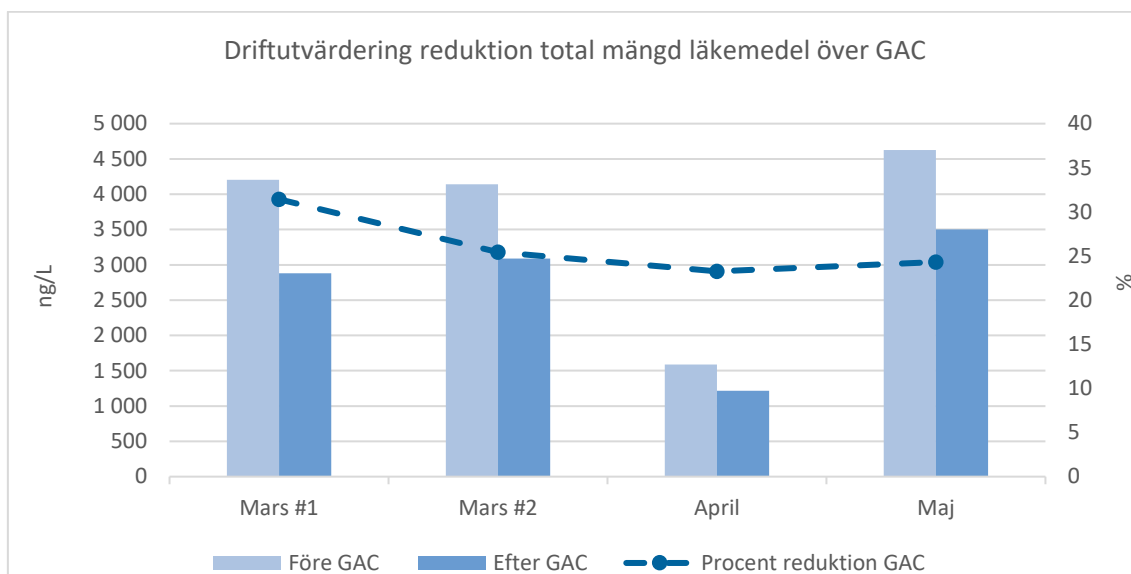
Figur 16. Koefficientanalys för ozonreaktionstid, hydrauliskt tryck samt interaktionskoefficient mellan dessa parametrar.

Koefficientanalysen kunde inte påvisa signifikans av dessa faktorer eller eventuell interaktionseffekt mellan dem. Detta betyder dock inte att det är uteslutet att dessa faktorer har en påverkan utanför de randvillkor som sattes upp inför metoduppställningen. Med andra ord kan inte de utvärderade faktorerna med 95 % statistisk säkerhet sägas ha en signifikant påverkan på reningseffekten inom de intervall som undersökts.

4.5 Fas 2 resultat GAC

Fas 2 hade två primära syften: att utvärdera GAC-prestanda över en längre tidperiod samt att fortsatt utvärdera reningsgrad över ozonsteget.

Notera (som tidigare nämnt i denna rapport) att en justering av ozonkapacitet gjordes efter två driftsprover i mars då analysresultaten indikerade en potentiellt högre reningsgrad vid högre mängd tillsatt ozon. Figur 17 nedan visar GAC-prestanda över driftsutvärderingen (Figur 17). Rådatan för resultaten återfinns i Bilaga F.



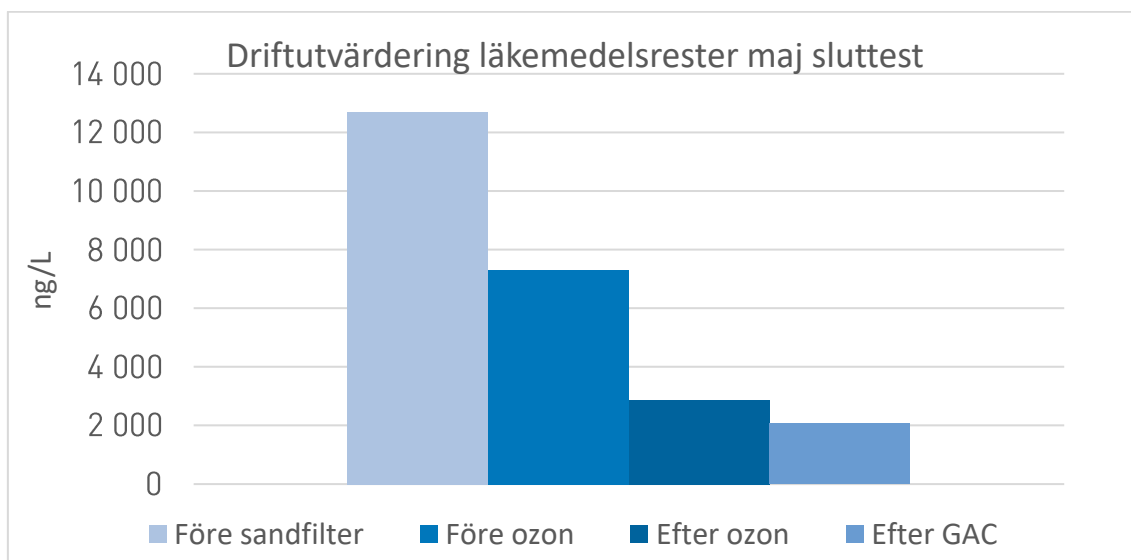
Figur 17. Utvärdering av GAC under driftsperiod mars till och med maj 2022.

Anmärkningsvärt är att totala läkemedelshalter i april (25–29 april), dock efter sandfilter och ozon, är knappt hälften av nivåerna i mars. Möjligen kan detta bero på smältvattenflöden från mitten av april 2022 som orsakar utspädningseffekter med avseende på läkemedelshalterna. Minskad mängd mätbara läkemedelshalter är cirka 40 % av övriga månader vilket korrelerar starkt med mer än dubbelt så höga dygnsflöden i reningsverket från mitten av april till slutet av maj.



Figur 18. Dygnsflöden mars-maj 2022 Uddeboverket.

Läkemedelskoncentrationerna återgår dock till typiska värden i maj (9–13 maj). En annan möjlighet är att, då ozonkapaciteten justerades upp vid provtagning i april, att ozonering står för hög avskiljning från denna tidpunkt, men det är troligen osannolikt då den effekten bör kvarstå till provtagningen i maj.



Figur 19. Total reningsgrad genom hela reningskedjan från sandfilter till slutpolering med adsorption. Total mätbar reningsgrad 80 %.

En utmärkande egenskap för reningssystemet som utvärderats på Uddeboverket är den relativt höga avskiljningsgraden över sandfiltret enligt ovan Figur 18. Detta utmärker sig markant från tidigare genomförda projekt.

Tabell 1. Översikt över medelvärden av de fem substanser med högst genomsnittlig reduktion över GAC mars-maj under drifttester.

Substans	Före GAC (ng/L)	Efter GAC (ng/L)	Procent reduktion
Diclofenac	5 434	2 559	53
Fluconazole	1 149	905	21
Metoprolol	9 476	6 379	33
Tramadol	3 552	2 668	25
Paracetamol	37 454	19 488	48

Tabell 1 visar de fem substanser med högst avskiljningsgrad med GAC. Förutom Fluconazole är det även de substanser (diclofenac, metoprolol, tramadol, och paracetamol) som förekommer i högst genomsnittliga koncentrationer, vilket indikerar att högre koncentrationer har en positiv påverkan på reningsgrad i linje med kemisk reaktionsteori (uteslutet nollte ordningens kemisk reaktion).

Tabell 2 visar estimerat antal filteromsättningar genom fas 1 och fas 2 baserat på 80 % drifttid samt linjär flödes hastighet och EBCT vid de olika driftsflödena.

Tabell 2. Driftsparametrar över GAC under både fas 1 och fas 2. I beräkningar har det antagits en månad mellan provtagningar och flödesjusteringar.

Tidpunkt (flöde)	Filteromsättningar ackumulerat vid prov	Linjär flödeshastighet	EBCT (min)
Mar, fas 1 (4 m ³ /hr)	4 459*	3,5	5
Mar, fas 2 (10 m ³ /hr)	4 733**	8,8	1,3
Mar, fas 2 (10 m ³ /hr)	8 506	8,8	1,3
Apr, fas 2 (9 m ³ /hr)	17 458	7,9	1,4
Maj, fas 2 (9 m ³ /hr)	23 323	7,9	1,4

* Ackumulerat antal omsättningar från idrifttagning till första provtagningen

** Efter två dagars provtagning vid tillfälle 1

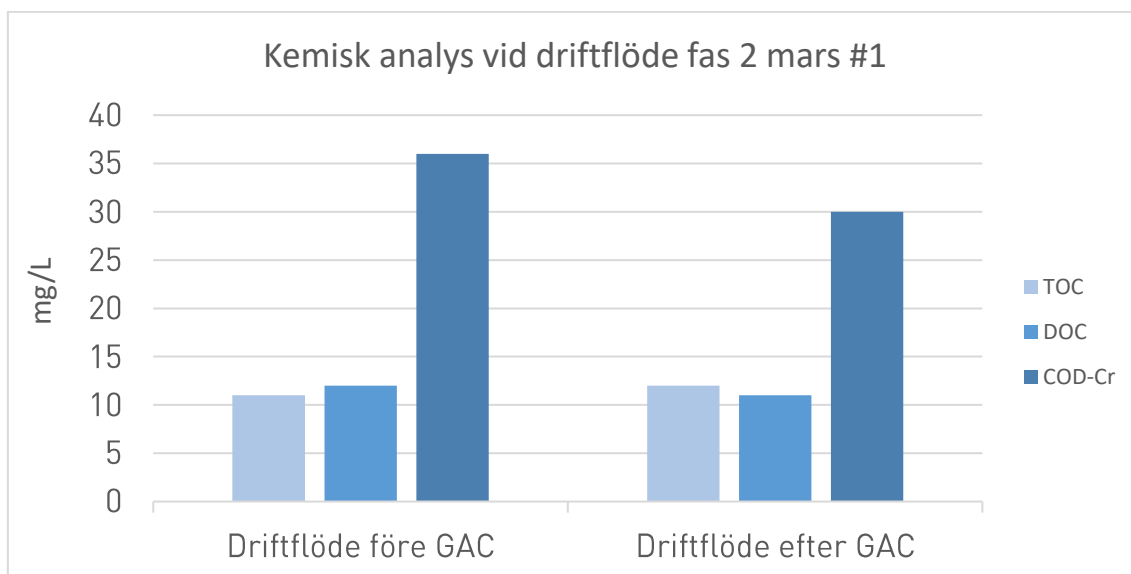
Förutom en reningsgradsreduktion på cirka 19 % mellan uppstarten av drifttester i mars avseende GAC-prestandan, kan inga försämringar i reningsgraden över GAC fastställas. Det vill säga, det finns inga driftsmässiga tecken på att kolfilterbädden är mättad eller håller på att mättas.

Förutom vid sista driftprovet har inte reningsgrad över ozonsteg utvärderats i fas 2. Detta på grund av att övriga prov efter sandfilter (=före ozon) enbart togs under fas 1. Det kan dock göras vissa antaganden gällande genomsnittliga koncentrationerna läkemedel före ozonering (efter sandfilter).

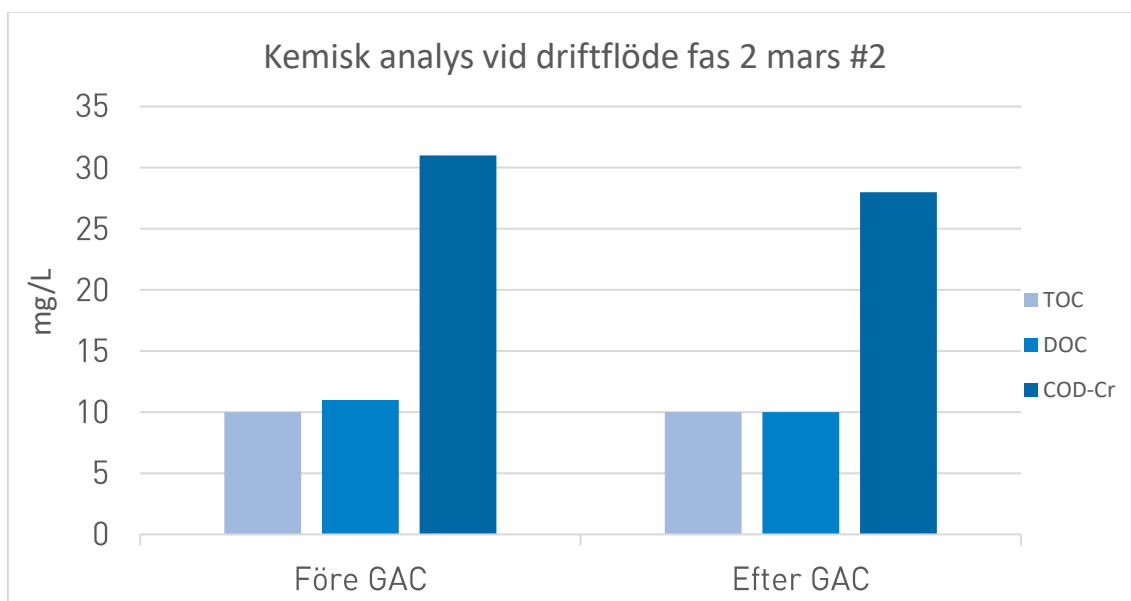
Medelvärde för läkemedelsrester efter sandfilter var under fas 1: 37 395 ng/l och under fas 2 i maj (under vårperioden med höga smältvattenflöden) 11 460 ng/l. Under antagandet att medelkoncentrationen läkemedel efter sandfilter under hela driftperioden var 24 428 ng/L blir reningsgraden över ozonering cirka 74 % avseende mars och april. Vid provtagning i maj var reningsgraden över ozonering 60 % (Figur 19).

4.6 Kemisk analys fas 2

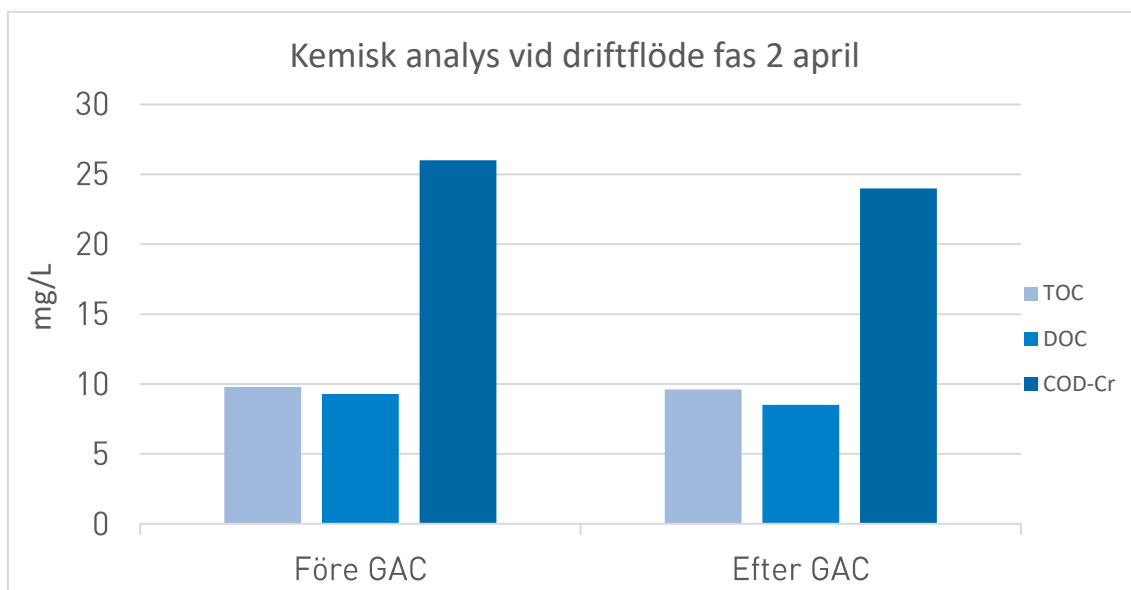
Figurerna 20-23 visar vattenkvalitetsparametrar över GAC vid fas 2 olika driftsprover. Noterbart är att samtliga tre parametrar inte skiljer sig markant från fas 1, det vill säga inga processmässiga förändringar som påverkar förutsättningen för läkemedelsreningen har troligen skett under pilotfasen. Inga signifikanta reduktionsgrader kan påvisas avseende TOC, medan både DOC och COD-Cr uppvisar reduktionsgrader som varierar mellan cirka 2-11%. Detta indikerar att filterbädden har en mätbar adsorptionsförmåga främst avseende inlöst organiskt material.



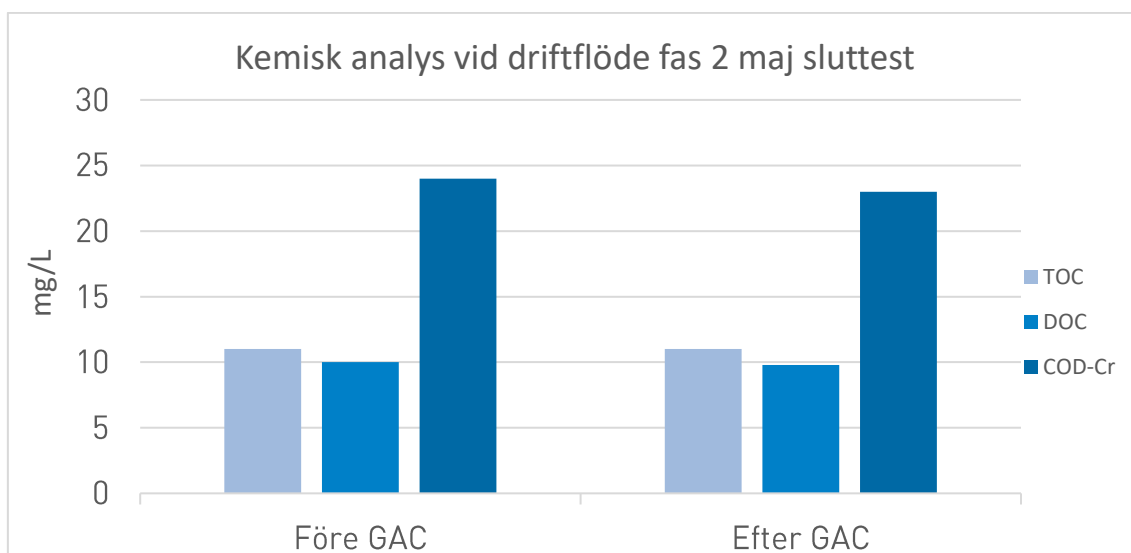
Figur 20. Kemisk analys vid första driftprovet i fas 2 vid 10 m³/hr.



Figur 21. Kemisk analys vid första driftprovet i fas 2 vid 10 m³/hr.



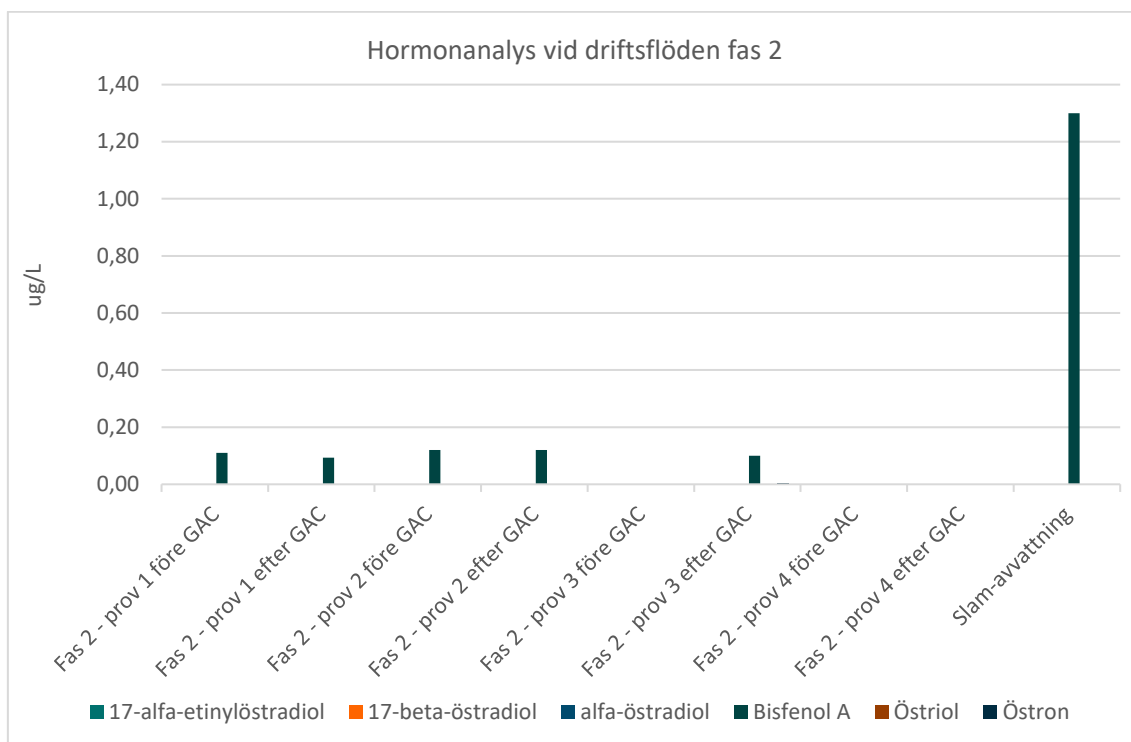
Figur 22. Kemisk analys vid första driftprovet i fas 2 vid 9 m³/hr.



Figur 23. Kemisk analys vid första driftprovet i fas 2 vid 9 m³/hr.

4.7 Hormoner fas 2

Figur 24 visar resultat från hormonprover under fas 2, inklusive hormonhalter i prov från slamavattning. Se Bilaga C för rådata.



Figur 24. Bisfenol A var den enda substansen som påträffades över detektionsgräns vid första driftsprovet i fas 2.

4.8 Slamavvattning läkemedelshalter

Läkemedelshalt i det slamavvattningsprov som togs uppmätte 23 489 ng/L i maj 2022. Vid detta tillfälle är det cirka 50% högre än de halter läkemedel som uppmättes ut från reningsverket (in i pilotanläggning, 17 478 ng/L). Detta är i linje med förstudieresultaten, då en signifikant del av inkommande läkemedelsrester i reningsverkets inlopp avskiljs i det biologiska steget. Losartan och Metoprolol utgör mer än 10 000 ng/L av de mätbara substanserna i detta prov.

4.9 Drifterfarenheter

Under pilotprojektets genomförande uppkom oförutsedda händelser och praktiska utmaningar som i viss mån har påverkat utfallet och resultaten som erhållits. I detta avsnitt diskuteras dessa översiktligt.

Vid första idrifttagningstillfället uppkom ett vattenläckage under natten till andra dagen inuti det containersystem som installerats på plats. Det visade sig i efterhand bero på en snedmonterad flänspackning på inkommande vattenledning för backspolning. Vattenläckaget orsakade skador på lågt sittande elektrisk utrustning men kunde åtgärdas omedelbart och efter att ha bytt reservdelar kunde projektet fortsättas om än med en justerad tidsplan om ca 2 veckor.

Efter genomförd idrifttagning uppkom tidigt ett stort behov av backspolningar av främst sandfiltret. Backspolningsintervallet justerades på grund av detta till 3 gånger

per dag vilket indikerar ett relativt högt partikelinnehåll. En högre backspolningsfrekvens bör inte ha en direkt påverkan på resultaten men leder till högre grad av fluktuationer i tryck och genomströmningsflöde genom containersystemet. Detta samt ett högre än förväntat tryckfall genom sandfiltret gjorde att den planerade driftinställningen för genomflödet i fas 2 fick justeras från 15 till ca 10 m³/h. Det högre tryckfallet gjorde även att trycket i reningsstegen efter sandfiltret minskade.

Som tidigare nämnt visade de första analys svaren (som inkom under fas 2) att det fanns utrymme att öka reningseffekten genom att öka inlöst ozonkoncentrationen i vattnet från cirka 2 till 5 ppm. Detta gjorde att man under fas 2 kunde uppnå en ungefär dubbelt så hög reningseffekt med ozon som under försöken i fas 1.

4.10 Felkällor och validering av resultat

I detta projekt har kvantifieringar gjorts med hjälp av två oberoende tredje parts analyslaboratorier, där den mer omfattande har varit ett komplement och prover tagits vid färre tillfällen. Vid jämförelse av de två analyspaketen har de substanser som förekommer i båda analyspaketen visar den analysmetod som tillämpas av det något mindre paketet signifikant högre koncentrationer. Anledningar till detta ligger utanför omfattningen av detta projekt, vilket behöver tas i beaktande vid utvärdering. Inga signifikanta skillnader i relativ reduktion över reningsstegen kan dock påvisas, vilket tyder på en robusthet i analysmetoderna, trots att det finns systematiska skillnader mellan dem. I övrigt behöver hänsyn tas till generella mätosäkerheter (30%). Detta innebär att de totala reningsgraderna som redovisas i denna rapport reflekterar samma nivå av osäkerhet.

Vid utvärdering av energikonsumtion och reningssverkningsgrader bör även mindre osäkerheter i effekt i pumpar och övriga ingående komponenter på max 10% tas i beaktande.

4.11 Verkningsgrad läkemedelsrening

En mycket viktig aspekt är att vikta reningsgrad mot erforderlig driftkostnad, främst energibehov. De huvudsakliga energiförbrukande komponenterna i en anläggning för avancerad läkemedelsrening omfattar pumpning av processvatten, pump för inlösning av ozon, syrgassystem och ozongenerator. Pumpkurvan för matarpumpen som användes för att pumpa processvatten till anläggningen har använts för att estimerat energibehovet, och på liknande vis de övriga ingående komponenterna.

Tabell 3 visar beräknade nyckelparametrar baserat på total avskiljningsgrad i enlighet med resultaten från provtagningarna under fas 1 och 2. Notera att dessa värden är estimerat på tillgänglig mätdata, beräknad energikonsumtion och flöden. Bilaga I visar beräkningar inklusive applicerade in- och utdata för läkemedelshalter.

Tabell 3. Nyckelfaktorer läkemedelsrening vid de olika drift- och systeminställningarna avseende energiförbrukning och reningsverkningsgrad för pilotanläggningen vid Uddebo reningsverk. Matarpump stod för mellan 30 - 60 % av energiförbrukningen.

Tidpunkt	Flöde (m ³ /hr)	Läkemedel renat (g/h)	Effekt total (kW)	Verkningsgrad (mg/kWh)	Specifik energi (kWh/m ³)
Mar, fas 1	2	0,096	3,2	30	1,6
Mar, fas 1	3	0,14	3,8	37	1,3
Mar, fas 1	4	0,20	4,0	49	1,0
Mar, fas 2	10	0,34	7,3	47	0,5
Mar, fas 2	10	0,32	7,3	44	0,5
Apr, fas 2	9	0,15	6,7	22	0,7
Maj, fas 2	9	0,13	6,7	19	0,7

En viktig utvärdering parameter är verkningsgrad, det vill säga *mätbar* renade gram läkemedelssubstanser per erforderligt energibehov. Notera att den beräknade verkningsgraden är underskattad med tanke på att resultaten reflekterar mätbara substanser enligt använda analysmetoder.

Den specifika energin anger energibehovet per renad kubikmeter avloppsvatten och tar ingen särskild hänsyn till exakt reningsgrad.

Det kan observeras att total verkningsgrad varierar mellan 20 - 50 mg/kWh och dess variation beror till största delen på matarpumpens verkningsgrad vid de specifika driftspunkterna samt den varierande reningsgraden av läkemedelssubstanser, framför allt vid ozonkapacitetsjustering i april då 80 % reningsgrad uppnåddes. Med tanke på att reningsgraden var lägre till och med mars (för att tillräcklig avskiljningsgrad uppnåddes först efter ozonjustering i april) är det rimligt att en estimerad verkningsgrad på cirka 50 mg/kWh bör tillämpas som en riktlinje då en storskalig anläggning projekteras.

5 Reflektioner och slutsatser

Med hjälp av tre reningstekniker har läkemedelsrening på Uddebo reningsverk utvärderats på total reningsgrad men även med avseende på de individuella reningsstegen i processen.

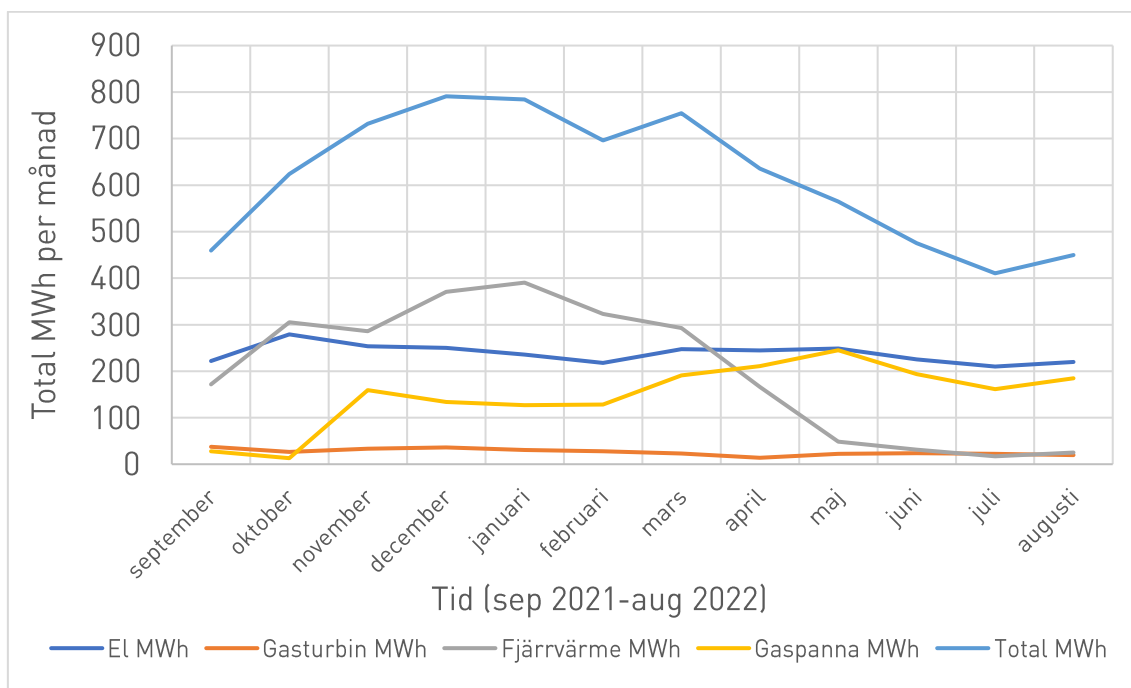
Antalet typer av analyser har varit omfattande, där två analyspaket från olika laboratorium har använts och kompletterats med både hormonanalyser och kemiska analyser.

Resultaten från detta reningsverk skiljer sig delvis från tidigare projekt som genomförts både i pilotskala och full skala. I detta projekt har läkemedelsavskiljningen varit avsevärt högre i sandfiltersteget men lägre över ozonreningen och GAC-rening jämfört med andra studier och anläggningar [1,2,3]. Det är svårt att dra direkta slutsatser kring vad dessa observationer kan bero på, men det kan vara relaterat till de DOC-, TOC- och COD-nivåer som uppmätts vid reningsverkets utlopp. I övrigt ligger halterna läkemedelsrester i linje med övriga reningsverk i Sverige. Om adsorption skulle användas vid en fullskalig anläggning finns inga tecken på att filtermedia skulle behöva bytas mer frekvent än årligen, även om slutgiltig data saknas på grund av att projektets tidsperiod på cirka fem månader med drift.

Det är värt att notera att läkemedelskoncentrationen i slamavvattningsflödet var betydligt högre än i utgående flöden från ARV. Detta öppnar upp för ytterligare studier att utvärdera reningseffekten av att behandla detta delflöde genom avloppsreningsverket.

Baserat på förstudien och kartläggningen av läkemedelshalter till läkemedelsreningsanläggningen 2022 släpper Uddeboverket ut cirka 650 kg aktiva, mätbara substanser årligen (baserat på 62 000 ng/L och medeldygnsflyde 28 454 m³/dag (1186 m³/hr), och möjligen flerfaldigt mer om hänsyn tas till de substanser som inte kan mätas med dagens tekniker. Med den totala reningsgraden som uppnåddes i detta projekt kan cirka 520 kg substanser renas årligen (underskattat värde enligt ovan).

Se Figur 25 nedan för en översikt över Uddeboverkets energiförbrukning från september 2021 till och med augusti 2022.



Figur 25. Totalt uppmätt energibehov från reningsverkets olika energikällor sep 2021-aug 2022 som uppgår till 7 376 MWh totalt, varav 28 % är egengenererad från gasturbin och gaspanna. 3 172 MWh elbehov.

Baserat på estimerat effektbehov på 6,7 kW för rening av 9 m³/hr processvatten under pilotreningens slutttest innebär detta ett totalt effektbehov på cirka 610–620 kW för en fullskalig anläggning på reningsverket inkl matarpump och cirka 5400 MWh/år, baserat på 1 186 m³/hr enligt flödesdata. Processvatten matarpump till en läkemedelsreninganläggning utgör cirka hälften av energibehovet för att pumpa medeltimflödet vid minst 2 bar mottryck för att täcka tryckförluster över filtersteg.

Denna siffra inkluderar positiva skalningseffekter på cirka 30 % vid dimensionering från pilotskala till full skala, då pumpar, kompressorer och övrigt utrustnings effektbehov minskar per levererad kapacitet. Detaljberäkningar erfordras som en del av projektering. En utbyggnad med ett ytterligare reningssteg för reningssteg skulle dock innebära upp till 73 % av det energibehov reningsverket har idag och 170 % av dagens elbehov.

Baserat på 300 L/person/dag och medelflödet på reningsverket motsvarar detta 95 000 pe vilket innebär totalt effektbehov på 57 kWh/(pe, år). Även övriga drifts- och underhållskostnader behöver fastställas i samband med projektering.

Jämfört med Naturvårdsverkets bedömningsrapport från 2017 (sid 41) ligger estimerade energiförbrukningen för storskalig anläggning vid Uddeboverket i samma storleksordning som de bedömda extra kostnader för ett avloppsreningsverk med ozon och GAC [6]. Exakt vilka effektbehov som har inräknats i dessa siffror är inte kända men indikerar att estimat från tredje parts rapporter. I dessa rapporter uppgår upp till 36 kWh/(pe, år) för ozon och upp till 6 kWh/(pe, år) för GAC.

6 Referenser

- [1] Sorsele kommun: *211015 – Slutrapport – Sorsele*. 2021.
- [2] Tierp Energi & Miljö AB: *Slutrapport Tierp 1.0 – Läkemedelsreningsanläggning Mellifiq*. 2020.
- [3] Vatten och avfallskompetens i Norr AB: *Slutrapport Läkemedelsrening vid Flurkmarks avloppsreningsverk*. 2021.
- [4] Luleå kommun: *Rapport – Förstudie – Luleå kommun – Läkemedelsrening*. 2021.
- [5] Mettler-Toledo: Design of Experiments (DoE) Studies – A Statistical Approach to Reaction Optimization. Extracted from:
https://www.mt.com/se/sv/home/applications/L1_AutoChem_Applications/L2_ReactionAnalysis/design-of-experiments-doe.html. 20220826.
- [6] Naturvårdsverket: *Avancerad rening av avloppsvatten för avskiljning av läkemedelsrester och andra oönskade ämnen – behov, Teknik och konsekvenser*, rapport 6766. 2017.

Bilaga A

Läkemedel	LOQ [ng/L]	Läkemedel	LOQ [ng/L]	Läkemedel	LOQ [ng/L]
Alfuzosin	4	Dihydroergotamine	20	Norfloxacin	30
Alprazolam	20	Diltiazem	2	Ofloxacin	3
Amiodarone	40	Diphenhydramine	4	Orphenadrine	3
Amytriptyline	15	Donepezil	10	Oxazepam	10
Atenolol	15	Duloxetine	3	Oxytetracycline	15
Atorvastatin	15	Eprosartan	15	Paracetamol	30
Atracurium	4	Fenofibrate	20	Paroxetine	15
Azelastine	3	Fexofenadine	10	Pizotifen	3
Biperiden	4	Finasteride	20	Promethazine	20
Bisoprolol	4	Flecainide	2	Ranitidine	20
Bromocriptine	15	Fluconazole	7,5	Repaglinide	3
Budesonide	20	Flunitrazepam	10	Risperidone	4
Buprenorphine	20	Fluoxetine	7,5	Rosuvastatin	20
Bupropion	4	Flupentixol	15	Roxithromycine	15
Carbamazepin	7,5	Fluphenazine	10	Sertraline	15
Chlorpromazine	15	Glibenclamide	20	Sotalol	20
Chlorprothixene	15	Glimepiride	20	Sulfamethoxazol	15
Cilazapril	2	Haloperidol	3	Tamoxifen	7,5
Ciprofloxacin	15	Hydroxyzine	4	Telmisartan	10
Citalopram	20	Irbesartan	3	Terbutaline	2
Clarithromycine	3	Ketoconazole	45	Tetracycline	30
Clemastine	3	Loperamide	3	Tramadol	20
Clindamycine	3	Maprotiline	15	Trihexyphenidyl	4
Clomipramine	3	Meclozine	20	Trimethoprim	4
Clonazepam	10	Memantine	4	Venlafaxine	20
Clotrimazol	15	Metoprolol	15	Verapamil	15
Codeine	20	Mianserin	4	Zolpidem	4
Cyproheptadine	7,5	Miconazole	15	Erythromycine	20
Desloratidin	15	Mirtazapine	20	Propranolol	30
Diclofenac	15	Naloxone	4	Ceterizine	15
Dicycloverine	15	Nefazodone	3	Caffeine	30

Bilaga B

Läkemedel	Mätosäkerhet [+/-]	Rapporteringssgräns [µg/l]	Läkemedel	Mätosäkerhet [+/-]	Rapporteringssgräns [µg/l]
17-beta-östradiol	28 %	0.005	Iopromide	46 %	0.02
Ethinyl-Estradiol	35 %	0.001	Ipratropium	51 %	0.005
Progesterone	21 %	0.001	Irinotecan	49 %	0.01
Testosteron	45 %	0.001	Ivermectine	52 %	0.01
Östriol	30 %	0.005	Karbamazepin	40 %	0.005
Östron	27 %	0.005	Karvedilol	55 %	0.005
Noretisteron	40 %	0.02	Ketokonazol	43 %	0.005
Levonorgestrel	35 %	0.01	Ketoprofen	51 %	0.005
Fluconazole	49 %	0.005	Klozapin	28 %	0.005
Gabapentin	45 %	0.01	Koffein	44 %	0.01
Irbesartan	45 %	0.01	Lamotrigine	48 %	0.005
Valsartan	45 %	0.01	Levosimendan	49 %	0.01
4-Acetamidoantipyrene	42 %	0.01	Lidocaine	45 %	0.01
4-Formylaminoantipyrene (Formyl-AAP)	42 %	0.02	Loratadin	33 %	0.05
5-methylbenzotriazole	55 %	0.01	Losartan	48 %	0.005
Acetanilid	38 %	0.01	Mebendazol	49 %	0.005
Acetylsulfamethoxazole	42 %	0.005	Meropenem	47 %	0.05
Amiloride	23 %	0.005	Metaflumizone	45 %	0.01
Amiodaron	53 %	0.02	Methotrexate	39 %	0.01
Amitriptyline	45 %	0.01	Metoprolol	46 %	0.005
Amlodipin	54 %	0.2	Metronidazole	34 %	0.02
Amoxicilline	44 %	0.1	Metylprednisolon	36 %	0.01
Ampicillin	32 %	0.005	Mianserin	43 %	0.005
Atenolol	37 %	0.005	Miconazole	49 %	0.005
Atorvastatin	44 %	0.01	Mirtazapin	43 %	0.005
Azathioprine	25 %	0.005	Momentasonfu roat	34 %	0.02
Azithromycin	47 %	0.01	Naproxen	39 %	0.01

Beklometason	51 %	0.005	N-Demethylerythromycin A	51 %	0.2
Bendroflumetiazid	54 %	0.01	Nelfinavir	55 %	0.005
Benzathine benzylpenicillin G	49 %	0.5	Nitenpyram	44 %	0.01
Benzotriazole	45 %	0.04	Norfloxacin	41 %	0.05
Benzylpenicillin	45 %	0.01	O-Desmethylvenlafaxine	45 %	0.005
Bezafibrat	38 %	0.005	Ofloxacin	44 %	0.005
Bisoprolol (β-Adrenergika)	52 %	0.01	Oximetazolin	51 %	0.005
Bromokriptin	48 %	0.005	Oxitetracyklin	52 %	0.05
Budesonid	24 %	0.01	Paracetamol	47 %	0.02
Buspiron	50 %	0.005	Paroxetin	40 %	0.05
Cetirizine	45 %	0.005	Piperacillin	38 %	0.01
Ciprofloxacin	38 %	0.05	Prazikvantel	48 %	0.005
Citalopram	50 %	0.01	Primidone	41 %	0.005
Clarithromycin	49 %	0.01	Propafenone	42 %	0.005
Clenbuterol	25 %	0.005	Propifenazon	42 %	0.005
Clindamycin	45 %	0.01	Propranolol	45 %	0.005
Clofibratsyra	55 %	0.05	Pyrantel	45 %	0.01
Clotrimazole	49 %	0.005	Quetiapine	40 %	0.005
Cloxacillin	44 %	0.005	Raloxifen	28 %	0.005
Cyklofosfamid	32 %	0.005	Ramipril	33 %	0.005
Dapson	42 %	0.01	Risperidon	38 %	0.005
Desloratadin	41 %	0.005	Roxithromycin	43 %	0.005
Dexmedetomidine	49 %	0.01	Salbutamol	55 %	0.01
Diatrizoat (Amidotrizoat)	42 %	0.02	Salmeterol	37 %	0.005
Diklofenak	46 %	0.005	Sertraline and norsertaline	48 %	0.005
Doxycyklin	51 %	0.02	Simvastain	52 %	0.5
Enalapril	40 %	0.005	Sotalol (β-Adrenagika)	46 %	0.01
Enrofloxacin	43 %	0.02	Sulfadiazin	33 %	0.01
Entacapone	46 %	0.01	Sulfadimidin (Sulfamethazin)	53 %	0.01
Erytromycin	48 %	0.25	Sulfadoxin	46 %	0.01
Febantel	49 %	0.005	Sulfaguanidin	53 %	0.05
Felodipin	55 %	0.05	Sulfamerazin	45 %	0.01

Fenazon	34 %	0.005	Sulfamethizol	53 %	0.01
Fenbendazole	33 %	0.005	Sulfamethozazol	49 %	0.01
Fexofenadin	45 %	0.01	Sulfathiazol	40 %	0.01
Flubendazol	47 %	0.005	Tamoxifen	49 %	0.005
Fluoxetin	26 %	0.01	Terbutalin	43 %	0.01
Flutamide	39 %	0.005	Tetraconazole	45 %	0.01
Fluvastatin	47 %	0.01	Tetracyklin	46 %	0.01
Fluvoxamin	48 %	0.005	Toremifene	49 %	0.005
Furosemid	48 %	0.05	Tramadol	51 %	0.005
Gemfibrozil	49 %	0.01	Triclocarban	30 %	0.04
Glibenklamid	42 %	0.01	Trimetoprim	45 %	0.001
Hydroklortiazid	44 %	0.05	Tylosin	46 %	0.02
Hydrokortison	44 %	0.01	Warfarin	40 %	0.005
Ibuprofen	44 %	0.05	Venlafaxine	49 %	0.005
Ifosfamid	36 %	0.02	Verapamil	36 %	0.005
Iopamidol	48 %	0.02	Xylometazolin	43 %	0.001

Bilaga C

Provnr	17-alfa-etinylöstradiol	17-beta-östradiol	alfa-östradiol	Bisfenol A	Östriol	Östron	Enhet	Kommentar
1-Luleå-A	<0,005	<0,005	<0,005	0,21	<0,12	<0,042	µg/L	
2-Luleå-B	<0,005	<0,005	<0,005	0,18	0,064	0,064	µg/L	Data finns bland resultat från Eurofins stora farmapakket
3-Luleå-C	<0,005	<0,007	<0,005	0,065	<0,037	<0,028	µg/L	
4-Luleå-C	<0,01	<0,005	<0,007	0,073	<0,058	<0,012	µg/L	
5-Luleå-D	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,015	<0,012	µg/L	
6-Luleå-C	<0,01	<0,005	<0,005	0,14	0,14	0,053	µg/L	Data finns bland resultat från Eurofins stora farmapakket
7-Luleå-C	<0,007	<0,005	<0,005	0,11	<0,048	0,017	µg/L	
8-Luleå-C	<0,005	<0,005	<0,005	0,096	<0,054	<0,019	µg/L	
9-Luleå-D	<0,001	<0,005	<0,005	0,1	0,1	0,02	µg/L	Data finns bland resultat från Eurofins stora farmapakket
10-Luleå-C	<0,005	<0,005	<0,005	0,13	0,064	<0,015	µg/L	
11-Luleå-C	<0,005	<0,005	<0,005	0,15	<0,13	<0,07	µg/L	
12-Luleå-D	<0,005	<0,011	<0,012	0,084	<0,047	<0,008	µg/L	
13-Luleå-C	<0,005	<0,005	<0,008	0,11	<0,078	<0,019	µg/L	
14-Luleå-D	<0,005	<0,005	<0,005	0,093	<0,17	<0,026	µg/L	
15-Luleå-C	<0,019	<0,024	<0,014	0,12	<0,061	<0,039	µg/L	
16-Luleå-D	<0,007	<0,009	<0,005	0,12	<0,047	<0,037	µg/L	
17-Luleå-C	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	µg/L	
18-Luleå-D	<0,005	<0,005	<0,005	0,1	<0,005	0,005	µg/L	
21-Luleå-C	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	µg/L	
22-Luleå-D	<0,005	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	µg/L	
21-Luleå-slam	<0,015	<0,087	<0,013	1,3	<0,099	<0,025	µg/L	

Återfinns delvis vid analyser med analyspaket i Bilaga B

Bilaga D

ng/L	Före förfilter	Efter förfilter	2 m3/hr			3 m3/hr				4 m3/hr			
			Efter ozon, 0,5 bar	Efter ozon, 1,5 bar	Efter GAC, 1,5 bar	Efter ozon, 1 bar	Efter ozon, 1 bar	Efter ozon, 1 bar	Efter GAC, 1 bar	Efter ozon, 0,5 bar	Efter ozon, 1,5 bar	Efter GAC, 1,5 bar	
LOQ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Alfuzosin	4	323	143	129	128	37	49	128	52	49	287	148	38
Alprazolam	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Amiodarone	50	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Amylriptyline	10	41	97	<LOQ	92	21	61	40	60	<LOQ	58	53	42
Atenolol	15	4517	2327	1702	6754	1456	3396	3323	3819	1895	7040	4202	1396
Atorvastatin	10	642	1381	172	<LOQ	88	17	<LOQ	10	<LOQ	330	122	281
Atracturium	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Azelastine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Biperiden	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Bisoprolol	3	841	490	783	832	266	425	504	484	212	1218	393	202
Bromocriptine	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Budesonide	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Buprenorphine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Bupropion	3	216	132	177	215	45	116	89	94	55	259	55	36
Carbamazepin	7,5	443	467	263	215	157	340	249	241	142	260	421	144
Chlorpromazine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Chlorprothixene	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cilazapril	1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ciprofloxacin	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Citalopram	15	745	334	525	1133	200	359	444	324	259	878	346	115
Clarithromycin	3	110	281	84	96	89	48	106	100	133	111	90	33
Clemastine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clindamycin	3	395	257	219	235	151	188	171	284	158	491	217	112
Clomipramine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clonazepam	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clotrimazol	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Codeine	0,5	1255	1141	959	791	188	758	696	526	292	627	738	284
Cyproheptadine	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Desloratadin	15	<LOQ	111	30	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	51	43	70	<LOQ
Diclofenac	10	2873	2840	2049	1007	1932	2261	820	2170	564	1039	2318	894
Dicycloverine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Dihydroergotamine	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Diltiazem	1,5	51	24	15	42	7	22	10	25	29	69	42	4
Diphenhydramine	4	24	15	35	34	<LOQ	20	9	13	11	86	17	5
Donepezil	7,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Duloxetine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Eprosartan	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fenofibrate	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fexofenadine	10	583	1143	302	557	525	477	829	616	818	648	796	352
Finasteride	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Flecainide	1,5	65	114	87	68	34	69	69	62	42	67	41	32
Fluconazole	7,5	364	568	413	489	329	500	673	425	258	458	482	251
Flunitrazepam	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fluoxetine	7,5	47	131	99	18	12	<LOQ	33	13	15	20	53	<LOQ
Flupentixol	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fluphenazine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Gli苯clamide	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Glimepiride	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Haloperidol	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Hydroxyzine	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Irbesartan	3	370	561	243	453	491	304	471	405	549	451	349	270
Ketoconazole	45	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
LevomEPROMAZINE	50	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Loperamide	2	4	5	5	<LOQ	6	5	3	8	4	6	3	3
Maprotiline	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Meclozine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Memantine	3	221	120	170	233	68	93	116	187	55	242	105	46
Metoprolol	15	4935	2946	6319	3764	1537	3785	4320	3802	1656	4728	3929	1211
Mianserin	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Miconazole	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Mirtazapine	10	375	361	225	190	94	315	471	333	138	197	299	131
Naloxone	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Nefazodone	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Norfloracin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ofloxacin	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Orphenadrine	3	16	60	26	22	29	28	18	32	5	34	37	4
Oxazepam	5	373	374	572	325	179	303	361	403	237	387	261	130
Paracetamol	10	27442	12606	2097	<LOQ	827	2774	<LOQ	5768	1762	9639	11599	2335
Paroxetine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Perphenazine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Pizotifen	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Promethazine	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ranitidine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Repaglinide	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Risperidone	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Rosuvastatin	20	2968	1043	1597	4381	1779	1582	3063	1967	2214	6259	1916	1673
Roxithromycin	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Sertraline	10	30	147	82	84	38	62	108	115	45	157	28	<LOQ
Sotalol	15	395	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	601	<LOQ	<LOQ
Sulfamethoxazol	15	3923	1896	801	<LOQ	615	1072	1382	1511	522	2250	1323	523
Tamoxifen	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Telmisartan	1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Terbutaline	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Tramadol	15	1083	1853	1190	920	580	1665	1928	1985	1273	2264	1842	906
Trihexyphenidyl	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Trimethoprim	3	144	163	164	171	68	115	155	86	75	138	153	38
Venlafaxine	20	2136	748	1020	1658	617	1043	1115	438	604	1887	702	455
Verapamil	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Zolpidem	3	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Azithromycin	40	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Dipyridamol	3	1107	229	62	<LOQ	104	<LOQ	63	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Erythromycin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Felodipine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Caffeine	50	189159	94105	102166	156570	8329	75760	87674	86121	27879	222449	83784	20491
Propranolol	50	464	261	198	<LOQ	<LOQ	<LOQ	217	166	<LOQ	487	239	<LOQ
Ceterizine	5	820	774	731	566	453							

Bilaga E

Provnummer	Provpunkt		Ankomsttag	Provetts märkning	Ämne Ämnes-ID Enhet	TOC mg/l	DOC mg/l	Kemisk syreförbrukning, COD-Cr 65570000531843 mg/l
	Provtagnit	Djup						
177-2022-03240845	Läkemedel 1899-12-31 Luleå		2022-03-24	1 - Luleå - prov1-A		13	11	
177-2022-03240846	Läkemedel Luleå		2022-03-24	1 - Luleå - prov2-B		11	10	35
177-2022-03240847	Läkemedel Luleå		2022-03-24	3-Luleå-f2t0,5-C		11	9,4	30
177-2022-03240848	Läkemedel Luleå		2022-03-24	4-Luleå-f2t1,5-C		11	9,7	27
177-2022-03240849	Läkemedel Luleå		2022-03-24	5-Luleå-f2t1,5-D		9,5	8,2	
177-2022-03240850	Läkemedel Luleå		2022-03-24	6-Luleå-f3t1-C		11	12	35
177-2022-03240851	Läkemedel Luleå		2022-03-24	7-Luleå-f3t1-C		10	11	30
177-2022-03240852	Läkemedel Luleå		2022-03-24	8-Luleå-f3t1-C		11	11	35
177-2022-03240853	Läkemedel Luleå		2022-03-24	9-Luleå-f3t1-D		9,1	8,8	29
177-2022-03240854	Läkemedel Luleå		2022-03-24	10-Luleå-f4t0,5-C		11	9,9	33
177-2022-03240855	Läkemedel Luleå		2022-03-24	11-Luleå-f4t1,5-C		12	11	31
177-2022-03240856	Läkemedel Luleå		2022-03-24	12-Luleå-f4t1,5-D		12	10	31
177-2022-03240857	Läkemedel Luleå		2022-03-24	13-Luleå-f10t0,5-C		11	12	36
177-2022-03240858	Läkemedel Luleå		2022-03-24	14-Luleå-f10t0,5-D		12	11	30

Bilaga F

Provmarkning: ng/L	LOQ	Fas 2 P1 -C	Fas 2 P1 -D	Fas 2 P2 -C	Fas 2 P2 -D	Fas 2 P3 -C	Fas 2 P3 -D	Fas 2 P4 -A	Fas 2 P4 -B	Fas 2 P4 -C	Fas 2 P4 -D	Slamavvattning
Alfuzosin	4	137	18	145	147	<LOQ	<LOQ	39	24	<LOQ	<LOQ	72
Alprazolam	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Amiodarone	50	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Amytriptiline	10	57	57	<LOQ	67	<LOQ	<LOQ	21	52	<LOQ	12	73
Atenolol	15	4442	3294	2735	2830	447	259	1148	508	621	657	1253
Atorvastatin	10	503	480	881	1043	<LOQ	<LOQ	620	611	<LOQ	<LOQ	457
Atracurium	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Azelastine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Biperiden	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Bisoprolol	3	549	376	489	468	52	45	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	320
Bromocriptine	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Budesonide	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Buprenorphine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Bupropion	3	188	47	115	81	39	46	56	73	47	49	<LOQ
Carbamazepin	7,5	274	297	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	277	260	20	<LOQ	1436
Chlorpromazine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Chlorprothixene	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cilazapril	1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ciprofloxacin	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Citalopram	15	327	399	336	364	<LOQ	<LOQ	275	264	47	81	276
Clarithromycine	3	146	79	48	75	<LOQ	<LOQ	31	30	<LOQ	13	6
Clemastine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clindamycine	3	207	250	292	192	<LOQ	<LOQ	67	70	<LOQ	11	141
Clomipramine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clonazepam	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clotrimazol	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Codeine	0,5	924	565	723	503	<LOQ	<LOQ	644	421	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cyproheptadine	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Desloratidin	15	<LOQ	46	<LOQ	57	<LOQ	<LOQ	<LOQ	28	19	<LOQ	25
Diclofenac	10	2242	538	2518	1485	<LOQ	<LOQ	674	536	<LOQ	<LOQ	986
Dicycloverine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Dihydroergotamine	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Diltiazem	1,5	16	33	15	19	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	10
Diphenhydramine	4	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Donepezil	7,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Duloxetine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Eprosartan	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fenofibrate	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fexofenadine	10	547	815	971	1046	187	72	1058	1040	330	559	904
Finasteride	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Flecainide	1,5	64	31	43	34	3	5	9	18	11	9	131
Fluconazole	7,5	470	338	405	334	94	110	191	126	181	123	539
Flunitrazepam	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fluoxetine	7,5	51	74	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	24	25	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Flupentixol	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fluphenazine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Glibenclamide	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Glimepiride	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Haloperidol	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Hydroxyzine	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	8	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Irbesartan	3	461	461	577	514	88	54	76	84	54	83	657
Ketoconazole	45	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Levomopromazine	50	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Loperamide	2	<LOQ	<LOQ	6	9	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3	<LOQ	<LOQ	3
Maprotiline	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Meclozine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Memantine	3	146	61	93	103	19	32	33	28	38	33	244
Metoprolol	15	4865	2545	2785	2535	454	525	1332	1423	1372	774	5758
Mianserin	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Miconazole	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Mirtazapine	10	301	191	286	230	<LOQ	<LOQ	249	196	<LOQ	<LOQ	190
Naloxone	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Nefazodone	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Norfloroxacin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ofloroxacin	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Orphenadrine	3	47	13	31	27	<LOQ	<LOQ	4	6	<LOQ	<LOQ	21
Oxazepam	5	380	299	250	259	111	42	254	228	91	107	204
Paracetamol	10	16031	8455	21422	11032	<LOQ	<LOQ	5995	1616	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Paroxetine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	23	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Perphenazine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Pizotifen	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Promethazine	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	92	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ranitidine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	167	176	339	189	<LOQ
Repaglinide	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Risperidone	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Rosuvastatin	20	2141	2051	1890	2894	50	<LOQ	466	448	29	172	1014
Roxithromycine	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Sertraline	10	79	49	74	73	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	78
Sotalol	15	<LOQ	300	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	620
Sulfamethoxazol	15	<LOQ	1680	1582	1771	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Tamoxifen	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Telmisartan	1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Terbutaline	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Tramadol	15	2390	1653	936	816	42	27	375	403	184	172	952
Trihexphenidyl	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Trimethoprim	3	94	77	236	435	<LOQ	<LOQ	158	124	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Venlafaxine	20	898	626	699	774	<LOQ	<LOQ	615	792	665	266	<LOQ
Verapamil	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Zolpidem	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	32
Azithromycine	40	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Dipyridamol	3	234	169	474	271	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	485
Erythromycine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Felodipine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Caffeine	50	90936	57363	81181	36724	11756	4615	57297	38833	27261	18205	<LOQ
Propranolol	50	<LOQ	<LOQ	71	73	<LOQ	<LOQ	167	<LOQ	<LOQ	<LOQ	439
Ceterizine	5	765	623	295	322	<LOQ	<LOQ	557	402	43	34	864
Losartan	5	2041	1831	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1451	1151	<LOQ	31	5299
Metronidazole	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	324	290	539	128	<LOQ

Bilaga G

Ämne	Ämnes-ID	Provets märkning Enheter	2-Luleå-prov1-B	6-Luleå-f3t1-C	9-Luleå-f3t1-D
Levonorgestrel	65570000878598	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Noretisteron	65570000878588	µg/l	<0,20	<0,20	<0,020
Fluconazole	65570001196261	µg/l	0,25	0,21	0,16
Gabapentin	65570001411915	µg/l	5,5	5,3	4,6
Irbesartan	65570001287736	µg/l	0,24	0,21	0,17
Valsartan	65570001287738	µg/l	1,1	0,86	0,92
17-beta-östradiol	65570000864877	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
4-Acetamidoantipyrene	65570000922036	µg/l	<0,10	<0,10	0,011
4-Formylaminoantipyrene (Formyl-AAP)	65570000922074	µg/l	<0,20	<0,20	<0,020
5-methylbenzotriazole	65570000922037	µg/l	2,2	2,1	0,21
Acetanilid	65570000922038	µg/l	0,17	0,12	<0,030
Acetylsulfamethoxazole	65570000922013	µg/l	0,31	0,25	0,18
Amiloride	65570000921982	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Amiodaron	65570000922075	µg/l	<0,20	<0,20	<0,050
Amitriptyline	65570001287735	µg/l	<0,10	<0,10	0,01
Amlodipin	65570000922100	µg/l	<2,0	<2,0	<0,20
Amoxiciline	65570000922099	µg/l	<1,0	<1,0	<0,20
Ampicillin	65570000921983	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Atenolol	65570000921984	µg/l	0,26	0,28	0,062
Atorvastatin	65570000922039	µg/l	0,75	<0,10	0,09
Azathioprine	65570000921985	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Azithromycin	65570000922040	µg/l	<0,10	<0,10	0,049
Beklometason	65570000921986	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Bendroflumetiazid	65570000922041	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Benzathine benzylpenicillin G	65570000922103	µg/l	<5,0	<5,0	<0,50
Benzotriazole	65570000922086	µg/l	1,8	1,7	0,14
Benzylpenicillin	65570001287739	µg/l	<1,0	<1,0	<0,10
Bezafibrat	65570000921987	µg/l	0,44	0,44	0,35
Bisoprolol (β-Adrenergika)	65570000922042	µg/l	0,11	<0,10	0,07
Bromokriptin	65570000921988	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Budesonid	65570000922043	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Buspiron	65570000921989	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Cetirizine	65570000922028	µg/l	0,72	0,64	0,5
Ciprofloxacin	65570000922097	µg/l	<0,50	<0,50	<0,050
Citalopram	65570000922063	µg/l	0,12	<0,10	0,056
Clarithromycin	65570000922053	µg/l	<0,10	<0,10	0,025
Clenbuterol	65570000922004	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Clindamycin	65570001287740	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
Clofibratsyra	65570000922092	µg/l	<0,50	<0,50	<0,050
Clotrimazole	65570001196262	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Cloxacillin	65570000922005	µg/l	<0,050	<0,050	<0,010
Cyklofosamid	65570000922029	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Dapson	65570000922044	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Desloratadin	65570000921990	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Dexmedetomidine	65570001196266	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Diatrizaot (Amidotrizaot)	65570000922076	µg/l	4,3	3,6	3,3
Diklofenak	65570000921991	µg/l	0,35	0,42	0,23
Doxycyklin	65570000922077	µg/l	<0,20	<0,20	<0,10
Enalapril	65570000922045	µg/l	0,2	0,2	0,16
Enrofloxacin	65570000922078	µg/l	<0,20	<0,20	<0,020
Entacapone	65570000922046	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Erytromycin	65570000922102	µg/l	<2,5	<2,5	<0,25
Ethinyl-Estradiol	65570000864876	µg/l	<0,010	<0,010	<0,001
Febantel	65570000921992	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Felodipin	65570000922088	µg/l	<0,50	<0,50	<0,050
Fenazon	65570000921993	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Fenbendazole	65570000921994	µg/l	<0,050	<0,050	<0,010
Fexofenadin	65570001287741	µg/l	0,34	0,34	0,3
Flubendazol	65570000921995	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Fluoxetin	65570000922047	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Flutamide	65570000921996	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Fluvastatin	65570000922048	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
Fluvoxamin	65570000921997	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Furosemid	65570000922089	µg/l	1,4	<0,50	0,31
Gemfibrozil	65570000922049	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Glibenklamid	65570000922050	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Hydrokortiazid	65570000922090	µg/l	0,9	1,1	0,25
Hydrokortison	65570000922051	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Ibuprofen	65570000922091	µg/l	7,5	8,7	5,1
Ifosfamid	65570000922079	µg/l	<0,20	<0,20	<0,020
Iopamidol	65570000922080	µg/l	<0,20	<0,20	<0,020
Iopromide	65570000922081	µg/l	<0,20	<0,20	<0,050

Venlafaxine	6557000922034	µg/l	0,28	0,24	0,14
Verapamil	6557000922035	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Warfarin	6557000922033	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Xylometazolin	6557000921980	µg/l	0,022	0,019	0,007
Sulfadoxin	6557000922067	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Sulfaguanidin	6557000922098	µg/l	<0,50	<0,50	<0,050
Sulfamerazin	6557000922068	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Sulfamethizol	6557000922069	µg/l	<0,10	<0,10	<0,020
Sulfametroxazol	6557000922070	µg/l	<0,10	<0,10	<0,020
Sulfathiazol	6557000922071	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Tamoxifen	6557000922030	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Terbutalin	6557000922072	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Testosteron	6557000864873	µg/l	<0,010	<0,010	<0,002
Tetraconazole	65570001408461	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Tetracyklin	6557000922073	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Toremifene	6557000922031	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Tramadol	6557000922032	µg/l	1,2	1,3	0,72
triclokarban	6557000922087	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0
Trimetoprim	6557000921981	µg/l	0,11	0,084	0,03
Tylosin	6557000922085	µg/l	<0,20	<0,20	<0,020
Ipratropium	6557000921998	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Irinotecan	65570001196265	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Ivermectine	6557000922052	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
Karbamazepin	6557000921999	µg/l	0,3	0,2	0,12
Karvedilol	6557000922000	µg/l	<0,050	<0,050	<0,010
Ketokonazol	6557000922002	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Ketoprofen	6557000922003	µg/l	0,71	0,76	0,49
Klozapin	6557000922006	µg/l	0,15	0,11	0,11
Koffein	6557000922054	µg/l	34	35	8,5
Lamotrigine	6557000922007	µg/l	5,9	5,7	1,8
Levosimendan	65570001196267	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Lidocaine	65570001287737	µg/l	0,23	0,22	0,11
Loratadin	6557000922008	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Losartan	6557000922009	µg/l	2,3	1,9	1,4
Mebendazol	65570001196264	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Meropenem	6557000922093	µg/l	<0,50	<0,50	<0,050
Metaflumizone	65570001408459	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0
Methotrexate	6557000922055	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Metoprolol	6557000922010	µg/l	0,98	0,94	0,36
Metronidazole	6557000922082	µg/l	<0,20	<0,20	<0,020
Metylprednisolon	6557000922057	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Mianserin	6557000922011	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Miconazole	65570001196263	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Mirtazapin	6557000922012	µg/l	0,31	0,25	0,092
Mometasonfuroat	6557000922083	µg/l	<0,20	<0,20	<0,020
Naproxen	6557000922058	µg/l	8	5,6	3,5
N-Demethylethromycin A	6557000922101	µg/l	<2,0	<2,0	<0,20
Nelfinavir	6557000922014	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Nitenpyram	6557000922059	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Norfloxacin	6557000922094	µg/l	<0,50	<0,50	<0,050
O-Desmethylvenlafaxine	65570001408460	µg/l	0,88	0,55	0,38
Ofloxacin	6557000922095	µg/l	<0,50	<0,50	<0,050
Östriol	6557000864875	µg/l	0,18	0,14	0,1
Östron	6557000864878	µg/l	0,064	0,053	0,02
Oximetazolin	6557000922015	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Oxitetracyklin	6557000922096	µg/l	<0,50	<0,50	<0,050
Paracetamol	6557000922084	µg/l	7,4	5,2	0,81
Paroxetin	6557000922016	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Piperacillin	6557000922060	µg/l	<0,25	<0,25	<0,25
Prazikvantel	6557000922017	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Primidone	6557000922018	µg/l	<0,050	<0,050	<0,010
Progesterone	6557000864874	µg/l	<0,010	<0,010	<0,002
Propafenone	6557000922019	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Propifenazon	6557000922022	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Propranolol	6557000922020	µg/l	<0,10	<0,10	0,011
Pyrantel	6557000922061	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Quetiapine	6557000922001	µg/l	<0,050	<0,050	0,022
Raloxifen	6557000922023	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Ramipril	6557000922024	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Risperidon	6557000922025	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Roxithromycin	6557000922026	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Salbutamol	6557000922062	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Salmeterol	6557000922027	µg/l	<0,050	<0,050	<0,005
Sertraline and norsesertraline	6557000922021	µg/l	0,16	0,14	0,034
Simvastatin	6557000922104	µg/l	<5,0	<5,0	<0,50
Sotalol (β-Adrenergika)	6557000922064	µg/l	<0,10	<0,10	<0,020
Sulfadiazin	6557000922065	µg/l	<0,10	<0,10	<0,010
Sulfadimidin (Sulfamethazin)	6557000922066	µg/l	<0,10	<0,10	<0,020

Bilaga H

Provnnummer	Provtagningsdå	Provtagningsdå Provpunkt	Ankomstdag	Provets märkning	Djup	Ämne	TOC	DOC	COD-Cr
177-2022-03301629	2022-03-28	Läkemedel Luleå	2022-03-30	15-Luleå-C	31	Ämnes-ID	3120000115220	3120000113451	65570000531843
177-2022-03301630					11		mg/l	mg/l	mg/l
177-2022-04272235	2022-04-25	Läkemedel Luleå	2022-03-30	16-Luleå-D	28		10	10	28
177-2022-04272237	2022-04-25	Läkemedel Luleå	2022-04-27	17-Luleå-C	26		9,8	9,3	26
177-2022-05251641	1899-12-30	Läkemedel Luleå	2022-04-27	18-Luleå-D	24		9,6	8,5	24
177-2022-05251642			2022-05-25	21-Luleå-C	24		11	10	24
			2022-05-25	22-Luleå-D	23		11	9,8	23

Bilaga I

Tidpunkt	Flöde (m ³ /hr)	Matarpump (kW)	In, estimat (ng/L)*	Ut, mätbart (ng/L)	Läkemedel renat (g/h)	Ineffekt total (kW)	Verkningsgrad (kWh/g)	Verkningsgrad (mg/kWh)	Specifik energi (kWh/m ³)	Verkningsgrad (g/kWh)
Mar, fas 1	2.00	1.00	62977	14882	0.09619	3.20	33.27	30.059	1.60	0.03
Mar, fas 1	3.00	1.55	62977	16257	0.14016	3.75	26.76	37.376	1.25	0.04
Mar, fas 1	4.00	1.75	62977	13979	0.19599	3.95	20.15	49.618	0.99	0.05
Mar, fas 2	10.00	4.34	62977	28820	0.34157	7.34	21.49	46.535	0.73	0.05
Mar, fas 2	10.00	4.34	62977	30881	0.32095	7.34	22.87	43.727	0.73	0.04
Apr, fas 2	9.00	3.70	17478	1217	0.14635	6.70	45.78	21.844	0.74	0.02
Maj, fas 2	9.00	3.70	17478	3503	0.12578	6.70	53.27	18.772	0.74	0.02

62977 = läkemedelshalt före sandfilter fas 1*

17478 = läkemedelshalt före sandfilter sluttest fas 2*