Mälarens vattenvårdsförbund rapport 2021:1
Vänerns vattenvårdsförbund rapport 121
Vätternvårdsförbundets rapport 140

FÖREKOMST AV ORGANISKA MILJÖFÖRORENINGAR I SVENSKA YTVATTEN

Kartläggning av Sveriges tre största sjöar, tillrinnande vattendrag och utlopp

Daniel Malnes, Oksana Golovko, Stephan Köhler, Lutz Ahrens

Sektionen för organisk miljökemi och ekotoxikologi och Sektionen för geokemi och hydrologi, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala 2020

Titel	Förekomst av organiska miljöföroreningar i svenska ytvatten Kartläggning av Sveriges tre största sjöar, tillrinnande vattendrag och utlopp
Författare	Daniel Malnes, Oksana Golovko, Stephan Köhler, Lutz Ahrens
Rapport	Mälarens vattenvårdsförbunds rapport 2021:1 Vänerns vattenvårdsförbunds rapport 121 Vätternvårdsförbundets rapport 140
År	2021
Webbplats	www.malaren.org www.vanern.se www.vattern.org
Kontakt	Mälaren: ingrid.hagermark@lansstyrelsen.se Vänern: sara.peilot@lansstyrelsen.se Vättern: vatternvardsforbundet@lansstyrelsen.se
ISSN	Vänerns vattenvårdsförbund: 1403-6134 Vätternvårdsförbundet: 1102-3791
Upplaga	Digital publicering
Omslagsbild	Inflöde till Vättern, foto: Daniel Malnes

Ansvaret för innehållet i denna rapport ligger helt hos författarna.
Innehållet återspeglar inte Europeiska unionens hållning.

Förord

Denna rapport är ett resultat av en provtagningskampanj genomförd under perioden juni 2019 till juli 2020.

Arbetet har utförts i samarbete med Sveriges Lantbruksuniversitet.

Arbetet har finansierats inom ramen för LIFE IP Rich Waters med stöd av EU:s LIFE-program och Havs- och vattenmyndigheten (HaV), länsstyrelserna i Västmanlands län, Jönköpings län och Västra Götaland samt de deltagande reningsverken och vattenverken i följande kommuner: Arboga, Askersund, Enköping, Grums, Gullspång, Götene, Hammarö, Hjo, Håbo, Järfälla, Jönköping, Karlsborg, Karlstad, Kristinehamn, Köping, Lidköping, Mariestad, Motala, Skaraborg, Stockholm, Strängnäs, Södertälje, Vadstena, Vänersborg, Västerås och Ödeshög.

Ett stort tack riktas till Sveriges Lantbruksuniversitet för genomförande av provtagning, analyser och rapportskrivning, samt till personalen på de deltagande vatten- och avloppsreningsvattenverken för insamlingen av vattenproverna. Tack också till Putte Olsson och Joel Segersten på SLU som samlade in vattenprov från Vänern respektive Mälaren och Medins Havs- och vattenkonsulter som samlade in vattenprov från Vättern.

Slutligen tackas Malin Forsberg och Myrthe Fokkenrood för deras insatser i laboratoriet samt Anna-Karin Dahlberg och Karin Wiberg för korrekturläsning och kommentarer på rapportutkast.

Ingrid Hägermark, *Mälarens vattenvårdsförbund*

Sara Peilot, *Vänerns vattenvårdsförbund*

Friederike Ermold, *Vätternvårdsförbund*

Innehållsförteckning

Populärvetenskaplig sammanfattning **6**

Popular Science Summary **8**

Förkortningar och ordlista **10**

1. Introduktion **11**

1.1 Motivation för studien **11**
1.2 Målet med studien **11**
1.3 Begränsningar **12**

2. Bakgrund **13**

2.1 Problembilden **13**
2.2 Faktorer som påverkar koncentrationer **13**
2.3 Organiska miljöföroreningar **14**
2.3.1 Läkemedel 14
2.3.2 Personvårdsprodukter 15
2.3.3 PFAS 16
2.3.4 Stimulanter 17
2.3.5 Parabener 18
2.3.6 Hormoner 18
2.3.7 Resterande organiska miljöföroreningar 18

3. Metod **19**

3.1 Insamling och förvaring av vattenproven **19**
3.2 Kemikalier **20**
3.3 Provberedning **20**
3.3.1 Avloppsvatten 20
3.3.2 Resterande vattenprover 20
3.3.3 Kvalitetskontroll 21
3.4 Analys av extrakten **21**

4. Vänern **22**

4.1 Resultat och diskussion för Vänern och dess vattendrag **24**
4.2 Slutsatser Vänern och dess vattendrag **38**

5. Vättern **39**

5.1 Resultat och diskussion Vättern och dess vattendrag **41**
5.2 Slutsatser Vättern och dess vattendrag **55**

6. Mälaren **57**

6.1 Resultat och diskussion Mälaren och dess vattendrag **59**
6.2 Slutsatser Mälaren och Mälarens vattendrag **75**

7. Alla sjö- och vattendragsprover **76**

7.1 Slutsatser alla sjö- och vattendragsprover **94**

8. Sammanfattning 95

9. Rekommendationer 96

Referenser 98

Appendix 107

A. Särskilt förorenade ämnen (SFÄ) i inlandsytvatten 107
B. Analyserade organiska föreningar 109
C. Koncentrationer av organiska miljöföroreningar 112
D. Uppmätta värden i sjöar och vattendrag 115
E. Koncentrationer (ng/L) i inkommande och utgående vatten på avloppsreningsverk kring Vänern 127
F. Koncentrationer (ng/L) i inkommande och utgående vatten på avloppsreningsverk kring Vättern 128
G. Koncentrationer (ng/L) i inkommande och utgående vatten på avloppsreningsverk kring Mälaren 129
H. Uppmätta halter i inkommande avloppsvatten 130
I. Uppmätta halter i utgående avloppsvatten 141

Populärvetenskaplig sammanfattning

Över 100 kemiska ämnen har analyserats i vattenverk, avloppsvattenverk och vattendrag kring och i sjöarna Vänern, Vättern och Mälaren. Ett sjuttiotal av dessa ämnen klassificeras som läkemedel.

Många av de kemiska ämnena som har analyserats är viktiga att studera av olika orsaker: läkemedel har producerats för att ge en biologisk effekt i låga koncentrationer och om de hamnar i den akvatiska miljön är det svårt att fullt ut förutsäga vilka konsekvenser det kan få; PFAS-ämnen har visat sig vara persistenta kemikalier, varav vissa har effekter på människor i låga koncentrationer; hormonstörande ämnen kan påverka vattenlevande arter.

Avloppsreningsverk har pekats ut som en viktig källa till spridning av dessa ämnen till den akvatiska miljön. I dagsläget är inte avloppsreningsverk helt utrustade för att ta bort dessa ämnen och vattnet från avloppsreningsverk riskerar att föra med sig föroreningarna ut i vattendrag och sjöar. I den här studien har vattenprover från 24 olika reningsverk analyserats och resultaten utgjorde underlag för den här rapporten tillsammans med vattenprover från sjöar och vattendrag.

I de studerade vattendragen kunde flera ämnen upptäckas i varje prov: nikotin (stimulant), 2-butoxietanol-fosfat (3:1) (industrikemikalie), koffein (stimulant), tributylacetylcitrat (industrikemikalie), desvenlafaxin (antidepressivt läkemedel), karbamazepin (antiepileptika) och DEET (pesticid). Totalt 53 olika ämnen upptäcktes i över hälften av de provtagna vattendragen. Detsamma var fallet för de studerade sjöarna, där följande ämnen upptäcktes i varje prov: koffein, tributylacetylcitrat, desvenlafaxin, karbamazepin, DEET, metoprolol, triisopropanolamin, lamotrigin, bikalutamid och PFOA. Totalt 25 olika ämnen upptäcktes i mer än hälften av proverna från sjöarna.

Vattenverk är viktiga för dricksvattenförsörjningen och råvaran till Sveriges dricksvatten kommer i många fall från våra sjöar. I den aktuella studien visas det att ett fåtal av de studerade ämnena detekteras i spårkoncentrationer i vattenverken. Koncentrationen av de enskilda ämnena varierade mellan ett hundratal mikrogram per liter i avloppsreningsverken till strax under nanogram per liter i vattenverken.

Specifika ämnen som har gränsvärden enligt vattendirektivet undersöktes också. Bland dessa upptäcktes att PFOS – ett PFAS-ämne – överskred gränsvärdet på flera platser och relativt ofta. I sjöarna upptäcktes också att ämnet 17-β-östradiol – ett hormonämne – överskred gränsvärdet på

flera platser och relativt ofta. Hormonämnet 17-α-etinylöstradiol kunde inte undersökas på grund av för höga kvantifieringsgränser.

En förståelse för hur koncentrationer av kemiska ämnen varierar över tid behövs för att nå upp till generationsmålet om en Giftfri miljö. Det är även viktigt att åskådliggöra den mängd och variation av kemiska ämnesgrupper som finns i den akvatiska miljön, något som demonstreras i graferna i denna rapport. Rapporten hjälper också till att redogöra för i vilka koncentrationer som dessa ämnen återfinns i den akvatiska miljön.

Popular Science Summary

More than 100 chemical substances have been analyzed in drinking water treatment plants, wastewater treatment plants (WWTPs), in the Swedish lakes Vänern, Vättern, and Mälaren, and in rivers surrounding the lakes. Around 70 of the investigated substances can be classified as pharmaceuticals.

Many of the investigated chemical substances are important to study because of various reasons; pharmaceuticals have been produced to have a biological effect at low doses, and if they end up in the aquatic environment it is difficult to entirely predict which effects it could have; per- and polyfluorinated alkyl substances (PFASs) have been shown to be persistent, some of which have effects at low concentrations in humans; endocrine disruptive compounds (EDCs), such as hormones, can affect water-living organisms.

WWTPs have been pointed out as an important source for the spread of the chemical substances to the environment. Presently, WWTPs are not entirely equipped to handle these substances, and the water from WWTPs flows into rivers, which often lead to lakes. 24 different WWTPs contributed with samples in this study.

In the studied rivers, numerous substances were detected in every sample: nicotine, tris(2-butoxylethyl) phosphate, caffeine, tributyl citrate acetate, desvenlafaxine, carbamazepine, and DEET. 53 different substances were detected in over half of the investigated rivers. Similarly for the lakes, where the following substances were detected in every sample: caffeine, tributyl citrate acetate, desvenlafaxine, carbamazepine, DEET, metoprolol, triisopropanolamine, lamotrigine, bicalutamide and PFOA. In total, 25 different substances were detected in more than half of the samples from the lakes.

Raw water for Swedish drinking water treatment plants (DWTPs) is mainly taken from lakes. In the present study, it was demonstrated that a few of the studied chemical substances were detected in trace concentrations in the DWTPs. The concentrations of the individual substances ranged from hundreds of micrograms per liter in the WWTPs to below nanogram per liter in the DWTPs.

The Water Framework Directive has established limit values for certain substances for assessment of water bodies' chemical status. It was discovered that PFOS – a PFAS – exceeded the limit value at several locations and relatively often. In the lakes, it was found that the substance 17-β-estradiol – a hormone – also exceeded its limit value for numerous locations and relatively often. The hormone 17-α-ethinylestradiol could not be assessed.

The knowledge about how concentrations of chemical substances vary over time is needed to reach the Swedish Government's generational goal of a pollutant-free environment. Furthermore, it is important to illustrate the amount and variation of chemical groups present in the aquatic environment, which are demonstrated in the graphs of this report. This report aids to account for which chemical groups are present at which concentrations in the environment.

Förkortningar och ordlista

Analyt	"Den substans som ska påvisas, identifieras och/eller kvantifieras" (EU Kommissionen, 2002)
Bestämning av kemikalieblank	"En fullständig analys som utelämnar provportion eller använder motsvarande mängd lösningsmedel istället" (EU Kommissionen, 2002).
HVMFS2019:25	Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering om miljökvalitetsnormer avseende ytvatten (Havs-och vattenmyndigheten, 2019).
Inre standard	"En substans som inte finns i provet och vars fysikaliska-kemiska egenskaper i så hög grad som möjligt liknar analyten som skall identifieras. Den inre standarden tillsätts varje prov och varje kalibreringsstandard" (EU Kommissionen, 2002).
Kvantitativ metod	"En analytisk metod som fastställer mängden eller massfraktionen för en substans, så att den kan uttryckas som ett numeriskt värde med lämplig enhet" (EU Kommissionen, 2002).
Precision	"Graden av överensstämmelse mellan oberoende testresultat som erhållits under fastställda (förutbestämda) betingelser. Måttet på precision uttrycks vanligen som brist på precision och beräknas som standardavvikelse av provresultatet. Lägre precision anges som en större standardavvikelse." (EU Kommissionen, 2002).
Provportion	"Den mängd material som hämtats från det prov på vilket analysen eller observationen utförs" (EU Kommissionen, 2002).
Spetsat provmaterial	"Ett prov som har anrikats med en känd mängd av den analyt som ska påvisas" (EU Kommissionen, 2002).
Standardanalyt	"En analyt vars innehåll och renhet är kända och bestyrkta och som skall användas som en referens vid analysen." (EU Kommissionen, 2002)

1.Introduktion

1.1 Motivation för studien

På 1950-talet började avloppsreningsverk att byggas för att hantera utsläpp av föroreningar och har med tiden kommit att bli alltmer sofistikerade (Larson, 2012). All utveckling till trots, har det upptäckts att en okänd men betydande del organiska miljöföroreningar passerar genom avloppsreningsverken och hamnar i den akvatiska miljön (Loos m.fl., 2013; Luo m.fl., 2014; Menger m.fl., 2021). Specifika exempel på organiska miljöföroreningar som har nått miljön via avloppsreningsverk var bland andra läkemedelsrester (Fick m.fl., 2011; Golovko m.fl., 2021; Sörengård m.fl., 2019) och PFAS (Ahrens & Bundschuh, 2014; Naturvårdsverket, 2016).

Ett stort antal nationella (Ahrens m.fl., 2016; Fick m.fl., 2011; Golovko m.fl., 2021; Rehrl m.fl., 2020; Sörengård m.fl., 2019) och internationella (Nguyen m.fl., 2017; Zandaryaa, 2017) studier har kommit fram till att organiska miljöföroreningar återfinns i ytvatten. Det finns även exempel på koncentrationer av enskilda ämnen i den akvatiska miljön som har överskridit den högsta koncentrationen vid vilken ingen effekt på ekosystemet förväntas (Fick m.fl., 2011; Luo m.fl., 2014). Samtidigt som dessa koncentrationer har uppmätts har fokus börjat skifta, från att studera enskilda ämnen till att undersöka förekomst och effekter av blandningar av ämnen samt att identifiera ämnen som driver toxicitet (Altenburger m.fl., 2015; Busch m.fl., 2016; Rudén, 2019; Ågerstrand m.fl., 2015). Detta tankesätt reflekteras i lagstiftning för bland annat bekämpningsmedel och PFAS för ytvatten (Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/39/EU vad gäller prioriterade ämnen på vattenpolitikens område, 2013; Livsmedelsverket, 2020).

Ett av Sveriges miljökvalitetsmål är en giftfri miljö (Kemikalieinspektionen, 2019). Kemikalieinspektionen (2019) kom till slutsatsen att inget av de delmål som ingår i målet Giftfri miljö kunde uppfyllas till år 2020. De pekade bland annat på behovet av att samla in och tillgängliggöra miljödata, då uppgifter om hur halter varierar över tid saknas för många ämnen (Kemikalieinspektionen, 2019).

1.2 Målet med studien

Målet med den här studien var att kartlägga variationer i tid och rum av utvalda organiska miljöföroreningar i vattenmiljön, samt att följa upp en tidigare liknande kartläggning som genomfördes av Helmfrid m. fl. (2006). I den här studien har dock antalet studerade ämnen utökats från 15 till över 100.

1.3 Begränsningar

Studien begränsade sig till att studera analyter i den vattenlösta fraktionen. Alla andra potentiella fraktioner – partiklar, sediment, biota etc. – beaktades inte och diskuteras ej i rapporten.

Studien utvärderar inte huruvida de uppmätta koncentrationerna kan ha för inverkan på vattenlevande eller amfibiska organismer.

2. Bakgrund

2.1 Problembilden

I ett stort antal nationella (Ahrens m.fl., 2016; Banzhaf m.fl., 2016; Fick m.fl., 2011; Rehrl m.fl., 2020) och internationella (Loos m.fl., 2013; Nguyen m.fl., 2017; Zandaryaa, 2017) studier har det framkommit att organiska substanser av antropogent ursprung har hittats i olika vattenmatriser.

För läkemedelsrester har de mest betydande utsläppen skett från avloppsreningsverk och nedströms tätbefolkade områdens reningsverk har koncentrationer av enskilda läkemedelsrester upptäckts i koncentrationer som kan ha effekt på fiskar (Brodin m.fl., 2013; Fick m.fl., 2011).

För PFAS-ämnen är de mest studerade punktkällorna till ytvatten: avloppsreningsverk, kommersiella och militära flygfält, utbildningsområden för brandbekämpning och potentiellt avfallsdeponier (Banzhaf m.fl., 2016).

Under hela vår livstid kommer vi människor i kontakt med en mängd olika kemiska ämnen (Bopp m.fl., 2018; Rudén, 2019). I ett betänkande till regeringen har det fastslagits att den traditionella synen att utvärdera kemikaliers effekter var och en för sig är ofullständig och att kemiska ämnen behöver utvärderas tillsammans i blandningar (Rudén, 2019). Sådana blandningar – som ibland kan ge upphov till vad som refereras som cocktaileffekter, kombinationseffekter eller samverkanseffekter – behöver utforskas mer (Rudén, 2019).

2.2 Faktorer som påverkar koncentrationer

Sverige är ett land med jämförelsevis låg befolkningstäthet (Eurostat, 2013; Statistiska Centralbyrån, 2020b). De tre sjöarna som undersöktes i den här studien – Vänern, Vättern och Mälaren – är bland de största till ytan i Europa – tredje, femte samt åttonde största (European Environment Agency, 2018). Samtliga tre sjöar används som dricksvattentäkter – som i dagsläget försörjer ca tre miljoner människor med dricksvatten – och alla tre har områden som utpekats som riksintresse för dricksvattenförsörjningen (Eklund m.fl., 2018). Låg befolkningstäthet och stor vattenvolym i recipienterna kan bidra till en lägre föroreningskoncentration än det som kan observeras i en europeisk kontext.

Läkemedel används främst bland de äldre i populationen (Socialstyrelsen, 2019). Sedan år 2000 har personer i Sverige över 65 år ökat i antal och relativt för varje år, till att år 2019 överstiga 2 miljoner människor och utgöra en femtedel av befolkningen (Statistiska Centralbyrån, 2020a). Till

år 2030 är prognosen att antalet personer över 65 år kommer att överstiga 2,4 miljoner människor och till år 2070 uppskattas antalet till över 3,1 miljoner vilket antas utgöra en fjärdedel av befolkningen (Lundkvist, 2020). Även prognosen för populationen över 80 år kommer att öka – endast under perioden 2019 till 2030 beräknas populationen öka med 50% i denna åldersgrupp (Boverket, 2020). Läkemedelsanvändningen har generellt ökat i årtionden, på grund av önskan att kunna behandla kroniska och åldersrelaterade sjukdomar men även på grund av en förändring i riktlinjerna för klinisk praxis (OECD, 2019). Med ovanstående i åtanke, tyder det på att läkemedelsanvändningen kommer att fortsätta att öka i framtiden.

Användningen av kemikalier ökar också generellt i samhället och således även spridningen till miljön (Kemikalieinspektionen, 2019).

2.3 Organiska miljöföroreningar

I den aktuella studien har ett stort fokus lagts på läkemedelsämnen. Av de totalt 114 studerade ämnena var 73 läkemedel. De resterande ämnesgrupperna som studerades var (sorterat efter flest i antal): PFAS, industrikemikalier, hormoner, personvårdsprodukter, övriga, parabener och pesticider. Uppdelningen av de studerade ämnena i de ovan definierade grupperna hittas i Tabell 19 i Appendix.

2.3.1 Läkemedel

Läkemedel som grupp är ämnen som är framställda för att påverka specifika biokemiska reaktioner vid låga koncentrationer och samtidigt minimera akut toxicitet (Ankley m.fl., 2007). Läkemedel omvandlas i kroppen till metaboliter, som i vissa fall vara ännu mer (bio)aktiva än läkemedlet självt (Kümmerer, 2009).

Tabell 1. De receptbelagda läkemedelssubstanser som användes mest av vuxna i Sverige 2019 per tusental patienter och som förekom i den aktuella studien, rangordnat efter mest föreskrivna läkemedelssubstans. Data från Socialstyrelsens Tabell 16 (2019).

Rangordning	Kvinnor	Rangordning	Män
1	Paracetamol (Smärtstillande)	1	Paracetamol (Smärtstillande)
2	Omeprazol (Protonpumpshämmare)	2	Atorvastatin (Statin)
5	Metoprolol (Beta-blockerare)	5	Omeprazol (Protonpumpshämmare)
11	Atorvastatin (Statin)	6	Metoprolol (Beta-blockerare)
14	Östradiol (Hormon)	10	Metformin (Antidiabetika)
16	Salbutamol (Beta-blockerare)	11	Simvastatin (Statin)
17	Oxikodon (Opioider & opiater)	13	Salbutamol (Beta-blockerare)
		16	Losartan (Blodtrycksmedicin)
		17	Oxikodon (Opioider & opiater)

I de fall där läkemedel påträffas i den akvatiska miljön är det sällan eller aldrig som endast ett läkemedel påträffas – ofta förekommer de i blandningar av både terapeutiska grupper och så kallad MOA (mode-of-action, sv. ung verkansmodus) (Ankley m.fl., 2007; Kümmerer, 2009).

2.3.2 Personvårdsprodukter

Personvårdsprodukter är ett samlingsnamn som bland annat inkluderar såpor, schampo, hudvårdsprodukter, solskyddsmedel, parabener och insektsavvisande medel (Calvo-Flores m.fl., 2018; Montes-Grajales m.fl., 2017). Dessa produkter har således ett vidsträckt, globalt användande, men trots detta har få studier gjorts för att undersöka förekomsten av kemiska ämnen som ingår i dessa produkter i akvatiska miljöer (Montes-Grajales m.fl., 2017).

Montes-Grajales m. fl. (2017) har rapporterat att de mest undersökta personvårdsprodukterna i vatten innefattar bland annat solskyddsmedel och insektsavvisande medel, medan bland annat konserveringsmedel är mindre studerat. Koncentrationerna varierar från ämne till ämne – i en studie av Kasprzyk-Hordern m.fl. (2009) i Storbritannien upptäcktes koncentrationer så höga som 6 084 000 ng/L (benzophenone-4) och 30 688 000 ng/L (metylparaben) i inkommande avloppsvatten (PE 30 000); 6 325 000 ng/L (benzophenone-4) i utgående avloppsvatten; och 323 000 ng/L (benzophenone-4) och 305 000 ng/L (metylparaben) 3,5 km nedströms i recipienten (tillfälligtvis avloppsvattendominerad recipient).

2.3.3 PFAS

Av de mer kända miljöföroreningarna inom gruppen PFASs har man upptäckt framförallt PFOA och PFOS i naturen (Richardson & Ternes, 2018). Nya klasser fortsätter att upptäckas och i dagsläget har mer än 3 000 specifika PFASs använts historiskt på den globala marknaden (Richardson & Ternes, 2018; Wang m.fl., 2017).

Några viktiga källor till PFAS i naturen är bland annat atmosfärisk deposition (Ahrens & Bundschuh, 2014; Naturvårdsverket, 2016), träningsplatser för brandsläckning (ofta i anslutning till flygplatser) (Ahrens m.fl., 2015; Björnsdotter m.fl., 2019; Naturvårdsverket, 2016; Woldegiorgis m.fl., 2010) och lakvatten från avfallsdeponier (Björnsdotter m.fl., 2019; Naturvårdsverket, 2016). Industriella och kommunala avloppsreningsverk har pekats ut som en viktig sekundär källa (Ahrens & Bundschuh, 2014; Naturvårdsverket, 2016).

Ett mindre urval av PFAS-ämnen – PFHxS, PFBS, PFOA, PFDA, PFNA, PFTeDA – finns på ECHA:s kandidatförteckning över SVHC-ämnen för godkännande (ECHA, 2020). Likt läkemedel har PFAS underkategorier och den intresserade läsaren hänvisas till exempelvis Buck m. fl. (2011) för information om nomenklaturen och olika transformationsprocesser.

Enligt Coggan m. fl. (2019), som studerade PFASs i 19 australienska avloppsreningsverk, påvisades förhöjda koncentrationer av PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA och PFDA i utgående vatten jämfört med inflödande vatten till reningsverken. Det finns fortfarande mycket att utreda kring PFAS i avloppsvatten; Arvaniti & Stansinakis (2015) pekar särskilt ut koncentrationer av PFC prekursorer, nedbrytningsmekanismer, bildningskinetik, förhållanden som ökar PFC prekursorers biotransformation och producerade PFCs. Samma källa hänvisar också till andra artiklar, som har fastslagit att PFOA är den huvudsakliga transformationsprodukten av 8:2 FTOH och att PFPeA och PFHxA kan bildas av prekursorerna 6:2 FTOH och 6:2 FTS i aktivslam-processen.

I en kartläggning av Livsmedelsverket (2014) angående PFAA – en av underkategorierna till PFAS – i råvatten och dricksvatten, fastslogs det att PFAA påträffas i vattenverk som försörjer ca 3,6 miljoner konsumenter. Halterna rapporterades dock som låga, <10 ng/L (Livsmedelsverket, 2014). I en annan studie av Ahrens m. fl. (2016) uppmättes koncentrationerna för 26 PFAS-ämnen i råvatten för dricksvattenproduktion (antal prover, n=172) till 8,4 ng/L och ett medianvärde på 0,6 ng/L. I samma studie hade ytvatten en medelkoncentration på 110 ng/L och median 4,1 ng/L (n=285).

Nuvarande rekommendationer från Livsmedelsverket (2020) är att undersöka ett urval av PFAS-ämnen i dricksvatten – PFAS-11: PFBS, PFHxS, PFOS, 6:2 FTS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA,

PFNA och PFDA – och att dessa bör underskrida 90 ng/L. Samtidigt planeras det nu för nya direktiv från EU om en utökad lista – PFAS20 – som inte innehåller 6:2 FTS från PFAS-11 men inkluderar (utöver PFAS-11): PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFPS (också känd som PFPeS), PFHpS, PFNS, PFDS, perfluoroundecane sulfonic acid, perfluorododecane sulfonic acid och perfluorotridecane sulfonic acid (Livsmedelsverket, 2020). För dessa 20 PFAS-ämnen har en gräns på 100 ng/L per substans föreslagits och för PFAS totalt föreslås 500 ng/L (Livsmedelsverket, 2020).

EFSA:s beräkningar (2020) har uppgett att det finns fyra PFAS som står för ca 46% av den totala PFAS-exponeringen via kost – PFOA, PFNA, PFHxS och PFOS. Det är även via kosten som den huvudsakliga PFAS-exponeringen sker för den större delen av populationen (Schrenk m.fl., 2020).

2.3.4 Stimulanter

Definierat under kategorin ”Övriga” (Tabell 19, Appendix) finns stimulanter. Av de lagliga stimulanterna i dagens samhälle, är koffein och nikotin de mest använda (Chen m.fl., 2002; Senta m.fl., 2015). De har förekommit ofta i relativt höga koncentrationer (µg/L-nivåer) i avloppsreningsverk och ämnena eller deras humanmetaboliter kan användas som biomarkörer för påverkan av just avloppsvatten (Buerge m.fl., 2003, 2008; Senta m.fl., 2015).

2.3.4.1 KOFFEIN

Koffein förekommer i en rad olika produkter men främst i kaffe, te eller koffeinhaltiga drycker (Barone & Roberts, 1996). I Sverige är exempelvis kaffe (85 mg koffein (Barone & Roberts, 1996)) den mest konsumerade drycken efter vatten, och även te (30 mg koffein (Barone & Roberts, 1996)) konsumeras i hög grad (Scander m.fl., 2018). På grund av koffeinets förhöjda konsumtion (290 mg/person/dag i Europa (Korekar m.fl., 2020)) – men även andra egenskaper så som fysikalisk-kemiska egenskaper (låg oktanol-vatten fördelningskoefficient, hög vattenlöslighet, försumbar flyktighet), välkänt antropogent ursprung och dess miljömässiga öde – betraktas koffein som ett välkänt, antropogent spårämne (Buerge m.fl., 2003; Ferreira m.fl., 2005; Korekar m.fl., 2020).

2.3.4.2 NIKOTIN

Nikotin förekommer främst i tobaksprodukter och lämnar den mänskliga kroppen i en komplex blandning av nikotin och humanmetaboliter tillsammans med urinet (Senta m.fl., 2015). Sammantaget ligger tobaksanvändandet i Sverige – cigaretter och snus – nära det europeiska genomsnittet, med användning hos ca 26% av befolkningen i åldersgruppen 17-84 år (Zetterqvist & Ramstedt, 2019).

2.3.5 Parabener

Metylparaben och propylparaben är två vanliga parabener i bland annat kosmetika och läkemedel som kontinuerligt tillförs avloppsreningsverk (Haman m.fl., 2015). Trots att avloppsreningsverk ofta tar bort parabener i hög grad finns det spårkoncentrationer i utflödet, vilket leder till en kontinuerlig tillförsel till den akvatiska miljön (Haman m.fl., 2015).

2.3.6 Hormoner

Hormoner och hormonliknande ämnen är en kategori som bedöms som *Särskilt förorenande ämnen i inlandsytvatten* och har miljökvalitetsnormer för ytvatten (Klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten, 2020) och är inkluderade i EU:s bevakningslista för specifika ämnen (EU-kommissionen, 2018). Bland dessa finns bland annat 17-alfa-etinylöstradiol och 17-beta-östradiol (EU-kommissionen, 2018), vilka har upptäckts i koncentrationer från lägre än nanogram per liter upp till tiotalet nanogram per liter i ytvatten internationellt (Barreiros m.fl., 2016) – i vissa fall alltså långt högre än de godtagbara miljökvalitetsnormerna enligt HVMFS2019:25 (0,035 respektive 0,4 nanogram per liter) (Havs-och vattenmyndigheten, 2019).

2.3.7 Resterande organiska miljöföroreningar

Utöver de ovan nämnda kategorierna finns industrikemikalier, pesticider och övriga. Inom kategorin ”Övriga” finns stimulanter, isoflavoner och sötningsmedel.

Industrikemikalier används i tillverknings- och produktionsprocesser (Murray m.fl., 2010) där rostskydd är ett exempel (Murray m.fl., 2010; Reemtsma m.fl., 2010).

Pesticider upptäcks i summahalter över 1 µg/L i sötvatten (Boström m.fl., 2015). Vissa pesticider kan vara användbara för att undersöka aktuell och historisk användning på åkermark och studera deras spridning till yt- och grundvatten (Boström m.fl., 2015).

Enligt Richardson och Ternes (2018) samt Jekel m. fl. (2015) är många sötningsmedel stabila, upptäckta i höga halter i den akvatiska miljön och vissa är erkända som möjliga antropogena spårämnen (en. anthropogenic tracers). Isoflavoner har diskuterats kunna vara hormonstörande (Laganà m.fl., 2004).

3. Metod

3.1 Insamling och förvaring av vattenproven

Vattenprover insamlades från följande objekt:

- Vattendrag, provtagna under hösten 2019 och våren 2020 – sex vattendrag för Vänern, fyra vattendrag för Vättern och 13/14 vattendrag för Mälaren. Totalt insamlades 45 prover;
- Sjöar, provtagna i fyra provtagningsomgångar – tre platser à två djup för Vänern, två platser à två djup för Vättern och åtta platser varav tre platser med två djup för Mälaren. Totalt insamlades 83 prover;

	Vänern		Vättern		Mälaren	
Datum	**Sjö**	**Vattendrag**	**Sjö**	**Vattendrag**	**Sjö**	**Vattendrag**
2019-07	6		4		10	
2019-08	6					
2019-09			4		11	
2019-10	6	5		4		13
2020-02					11	
2020-04	6	5	4	4	11	14
2020-07			4			

- Rå- och dricksvatten från vattenverk, med fyra provtagningsomgångar mellan juni 2019 och april 2020. 120 prover totalt med 19 olika vattenverk som deltagit i minst en provtagningsomgång. Fem kring Vänern, sju kring Vättern och sju kring Mälaren.
- Inkommande och utgående avloppsvatten från reningsverk, med fyra provtagningsomgångar mellan juni 2019 och april 2020. 154 prover totalt med 23 olika reningsverk som deltog minst en gång. Tio reningsverk kring Vänern, sju kring Vättern och sju kring Mälaren.

Proven från vattenverken och avloppsreningsverken samlades in under 2019-07, 2019-09, 2020-02 och 2020-04.

Vattenproven samlades huvudsakligen som stickprov, med undantag för avloppsvattenproven som huvudsakligen samlades in som 24-timmars blandprov (antingen tids- eller flödesproportionerligt). Om proverna inte kunde skickas direkt till SLU förvarades de kallt – antingen 4°C eller fryst – och mörkt fram tills transporten. På SLU förvarades proverna frysta fram tills dess att de kunde extraheras.

3.2 Kemikalier

De undersökta analyterna valdes ut genom kunskap kring deras förekomst och spridning i den akvatiska miljön samt deras produktions- och konsumtionsvolym (Golovko m.fl., 2021; Golovko, Rehrl, m.fl., 2020; Golovko, Örn, m.fl., 2020; Rehrl m.fl., 2020; Örn m.fl., 2019). Urval skedde även från en tidigare studie (Helmfrid m.fl., 2006) samt från EU:s bevakningslista (EU-kommissionen, 2018).

Referenssubstanser införskaffades från Sigma-Aldrich (Sverige). Så kallade inre standarder (isotopmärkta för kvalitetssäkring av analyserna) införskaffades från Wellington Laboratories (Kanada), Teknolab AB (Kungsbacka, Sverige), Sigma-Aldrich och Toronto Research Chemicals (Toronto, Kanada). Alla analytiska standarder som användes för analys var av hög renhetsgrad (>95%). Detaljerad information om samtliga införskaffade substanser kan hittas i Rostvall m. fl. (2018).

Ultrafiltrerat vatten framställdes av vattenfiltreringssystemet MilliQ Advantage Ultrapure Water purification system (Merk Millipore, Billercia, MA) och filtrerades genom ett 0,22 µm Millipak Express-membran samt en LC-PAK polerande enhet (Merk Millipore, Billercia, MA). Metanol, acetronitril och myrsyra av hög analytisk grad införskaffades från Sigma-Aldrich (Sverige).

3.3 Provberedning

På grund av olika karaktär på de vattenprover som samlades in användes två olika metoder för provberedning.

3.3.1 Avloppsvatten

För den två-dimensionella vätskekromatografi-metoden (LC/LC) tinades avloppsvattenprover (10 mL) upp till rumstemperatur och filtrerades genom sprutfilter (0,45 µm, regenererad cellulosa; VWR, Sverige). Inre standard tillsattes till proverna (2 ng för PFAS-ämnena och 20 ng för övriga organiska miljöföroreningar).

3.3.2 Resterande vattenprover

Ytvattenproverna bereddes genom användning av en SPE-baserad metod, för vilken information kan hittas i Sörengård m.fl. (2019).
I korthet: 500 mL av vattenproven filtrerades genom glasfiberfilter med porstorlek 0,45 µm. Provportionen fördes över till, med etanol, rengjorda PE-flaskor. Provmaterialet spetsades med inre standard efter filtrering, dock ej till matrismatchande prov, se nedan. Oasis HLB-patroner (6 cc, 200 mg) förbereddes med 6 mL metanol och 6 mL ultrafiltrerat vatten (MilliQ) innan provportionen började tillsättas för att sorbera

analyterna. Efter att provportionen tillsatts, tillsattes 6 mL ultrafiltrerat vatten (MilliQ) innan patronen tilläts torka i 20 minuter. Analyterna extraherades från patronerna med 2×4 mL metanol som droppade in i, med etanol, rengjorda polypropen-centrifugtuber (15 mL, Corning™). Extrakten torkades därefter in under ett milt gasflöde med kvävgas till 0,5 mL. De 0,5 mL fördes över till en 2 mL glasvial, och centrifugtuberna sköljdes tre gånger med metanol och även den metanolen fördes över till samma vial. Extraktionsvolymen torkades in i vialerna till exakt 0,5 mL. Vialerna förvarades sedan frysta (-16°C) och i mörker fram tills dagen för analys.

Samma dag som analysen tillsattes 0,5 mL ultrafiltrerat vatten till varje vial.

3.3.3 Kvalitetskontroll

I syfte att kontrollera och validera kvaliteten av de kemiska analyserna förbereddes följande:

1. Blankprov, bestående av ultrafiltrerat vatten av MilliQ-kvalitet, beredd på samma sätt som vattenproven;
2. Ett slumpmässigt utvalt replikatprov förbereddes var 20:e prov;
3. Spetsat provmaterial (*en.* fortified) och ett matrismatchande (en. matrix matching standard) prov bereddes för varje matris (här: ingående avloppsvatten, utgående avloppsvatten, vattendrag tillhörande varje enskild sjö, varje sjö och dricksvatten). Referenssubstanser tillsattes till båda proverna: för standardtillsatsen efter filtreringen och för det matrismatchande provet – tillsammans med inre standard – precis innan analys.

3.4 Analys av extrakten

Vattenproverna analyserades med en DIONEX UltiMate 3000 högupplöst vätskekromatograf (UPLC) (Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) kopplad till en trippelkvadrupol masspektrometer (MS/MS) (TSQ QUANTIVA, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA). Detaljerad information om instrumentkonfiguration finns beskrivet i andra källor (Golovko, Örn, m.fl., 2020; Rehrl m.fl., 2020; Sörengård m.fl., 2019). Mjukvaran Xcalibur (Thermo Fisher Scientific, San Jose, CA, USA) användes för optimeringen av den instrumentella metoden och körningen av proverna. Den erhållna datan utvärderades med mjukvaran TraceFinder 4,1 (Thermo Fisher).

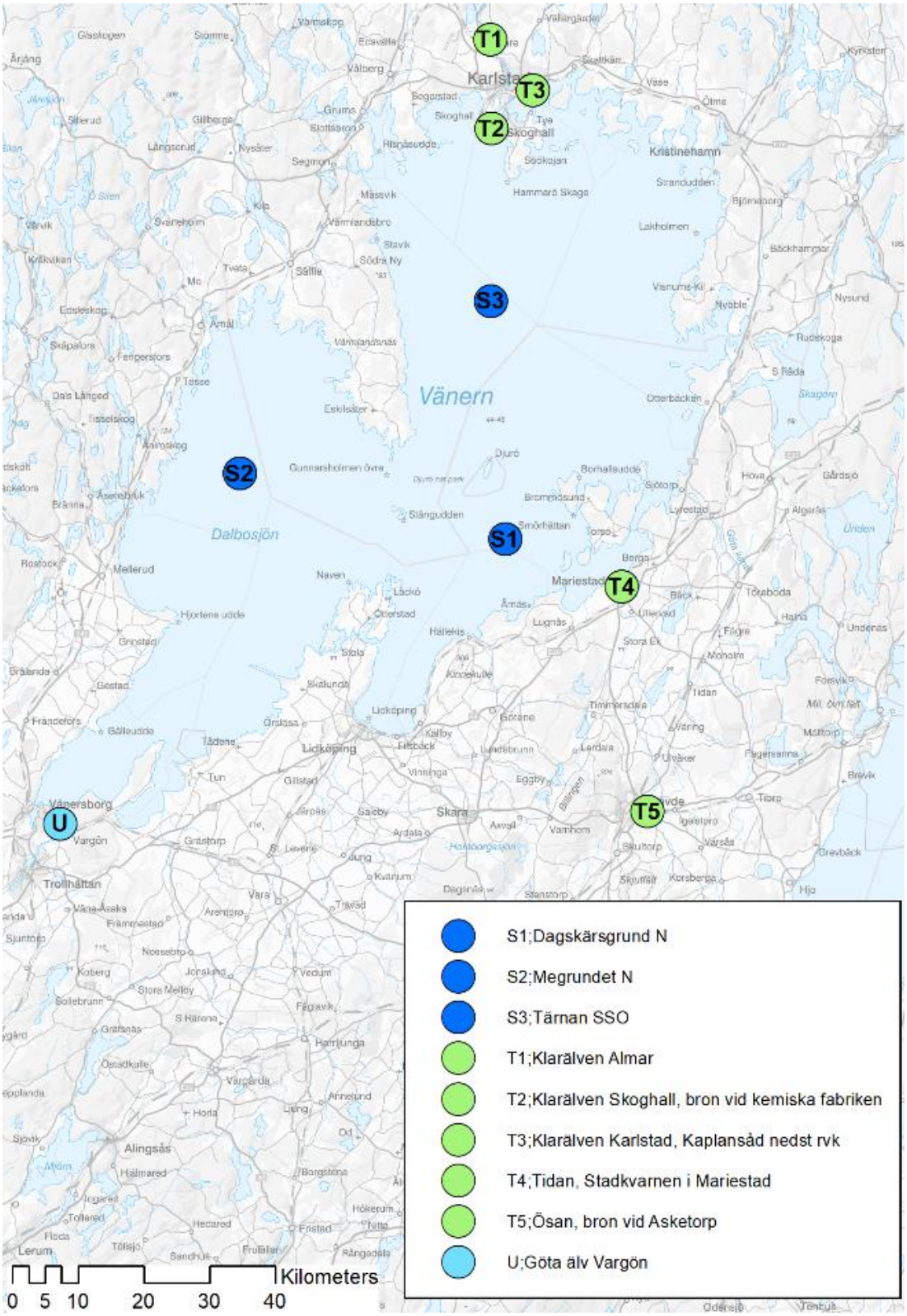
4. Vänern

Vänern är till ytan Europas tredje och världens 33:e största sjö (European Environment Agency, 2018; Larson, 2012) och medelvolymen är 153 km3 (SMHI, 2020c). I dagsläget försörjer Vänern, tillsammans med utflödet Göta älv, ca 800 000 personer med dricksvatten (Eklund m.fl., 2018).

Tabell 2. Anledning till urval av vattendrag vid Vänern

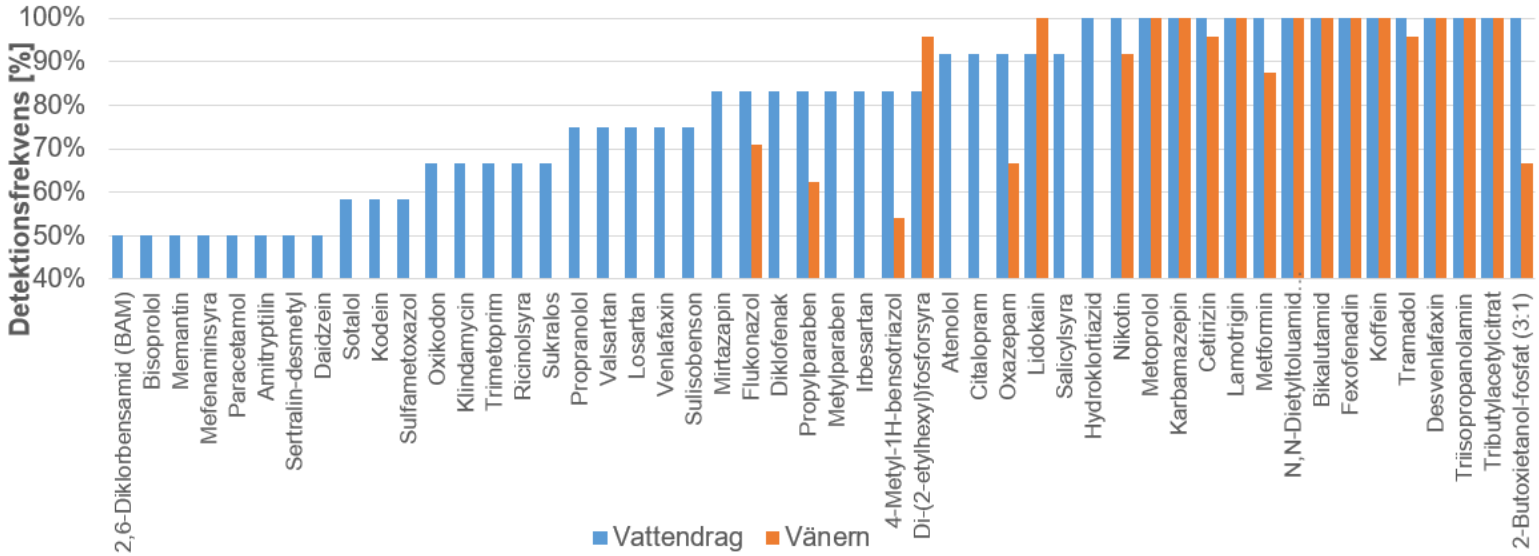
Provtagningsplats	Anledning för provtagning	Medelflöde [m^3/s]
Klarälven Almar		160
Klarälven Skoghall, bron vid kemiska fabriken	Recipient av avloppsvatten	23
Klarälven Karlstad, Kaplansåd nedströms reningsverk	Recipient av avloppsvatten	160
Tidan, Stadkvarnen i Mariestad		20
Osan, bron vid Asketorp	Recipient av avloppsvatten innehållande Skaraborg sjukhus avloppsvatten	3,5
Göta älv Vargön ‡	Utlopp Vänern	520

Provtagningsplatsernas geografiska läge i Vänern och dess kringliggande vattendrag presenteras i Figur 1.



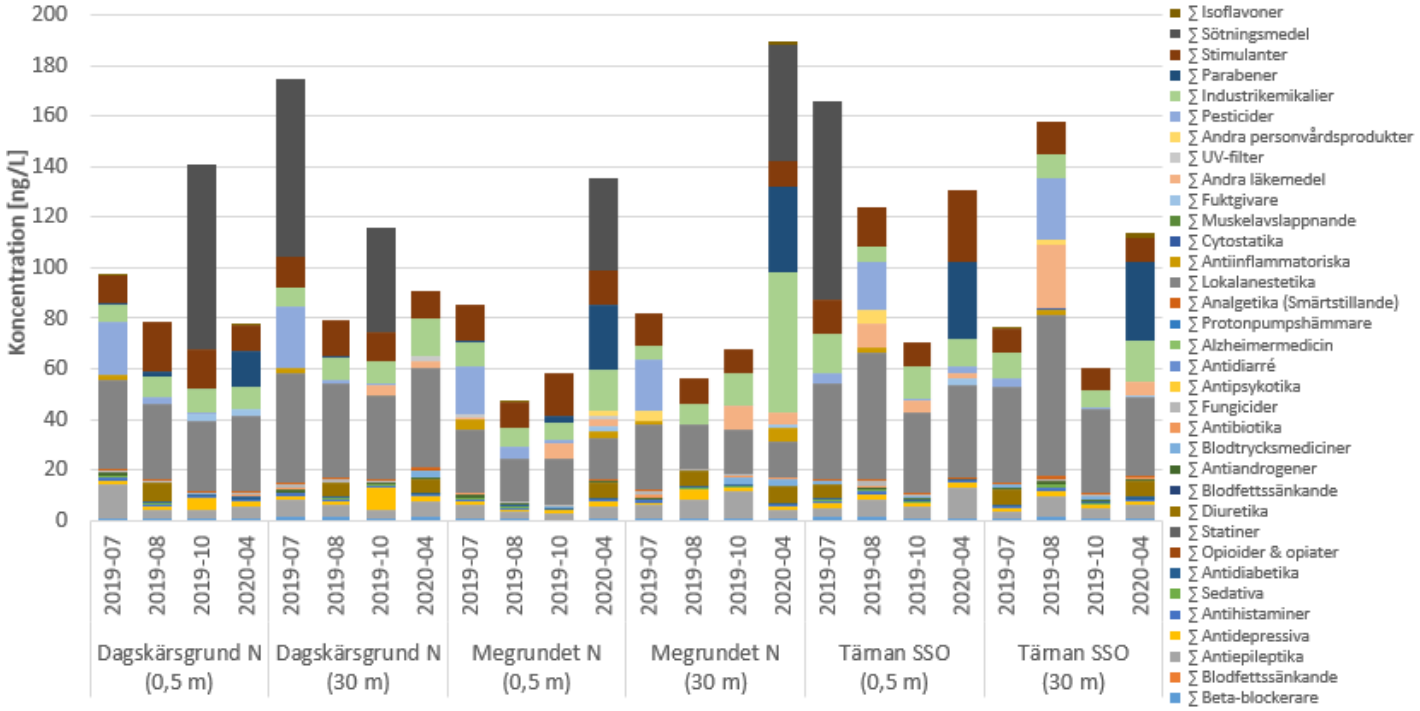
Figur 1. Provtagningsplatser för sjö- och vattendragsprover för Vänern. Antal prover för vattendrag: 12, antal prover för sjölokaler: 24. Provtagning mellan juli 2019 och april 2020.

4.1 Resultat och diskussion för Vänern och dess vattendrag



Figur 2. Detektionsfrekvens för organiska miljöföroreningar i Vänerns sjö- och vattendragsprov. Endast analyter med detektionsfrekvens ≥50% är inkluderade. Antal sjöprover: 24, antal vattendragsprover: 12.

Figur 2 presenterar resultaten från Vänern och dess vattendrag. Fler analyter med detektionsfrekvens ≥50% återfanns i vattendragen än från sjön (Vänern) – 50 respektive 21 analyter – och generellt var detektionsfrekvensen för vattendragsproven högre än sjöproven, med undantag för di-(2-etylhexyl)fosforsyra och lidokain. Sammantaget (Vänern + vattendragen) förekom följande nio analyter i alla prover – metoprolol, karbamazepin, lamotrigin, DEET, bikalutamid, fexofenadin, koffein, desvenlafaxin, triisopropanolamin och tributylacetylcitrat.



Figur 3. Kumulativ koncentration av alla studerade analyter, exklusive PFAS-ämnen, i Vänerns sjöprover. Analyterna klassificeras enligt terapeutisk grupp (för läkemedel) eller annan klassificering. Provtagningsdjup på respektive plats anges inom parentes.

I Figur 3 visas årsvariationen av organiska miljöföroreningar för provtagningsplatserna i Vänernområdet. Överlapp i profilen av ämnen kunde urskiljas mellan yt- och djupproven för de flesta av proverna. Inga ämnesgrupper kunde tydligt påvisas ha en djupfördelning, där ämnesgruppen förekom i särskilt högre koncentrationer på ett djup än på ett annat.

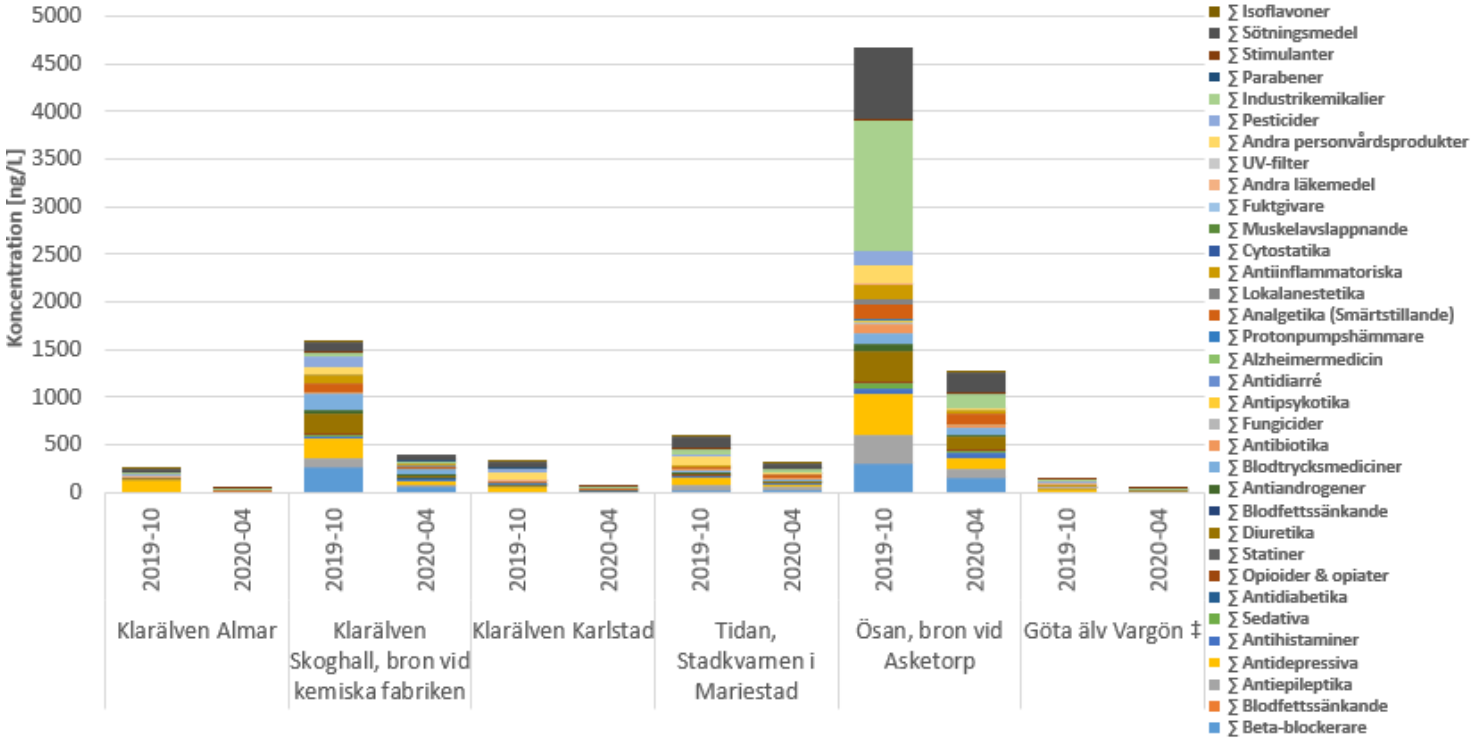
Klasser som utgjorde en betydande del av de kumulativa koncentrationerna var lokal-anestetika (d.v.s. lidokain), stimulanter (d.v.s. koffein och nikotin), antiepileptika (mestadels karbamazepin och lamotrigin), industrikemikalier (mestadels tributylacetylcitrat) och sötningsmedel (d.v.s. sukralos). Andra läkemedel och diuretika utgjorde en mindre del än de ovan nämnda grupperna, men utgjorde även de en betydande del av den kumulativa koncentrationen i de fall där de kunde kvantifierats.

Temporala variationer kunde observeras för pesticider, då koncentrationerna var högre under hög- och sensommartiderna för alla provtagningspunkter jämfört med resten av året. För parabener kunde högre koncentrationer urskiljas under våren. Andra temporala skillnader var svåra att urskilja.

Tabell 3. Analyter, deras kvantifieringsgräns (LOQ) och deras detektionsfrekvens i vattenverk kring Vänern.

Analyt	LOQ [ng/L]	Råvatten	Dricksvatten
Losartan	0,25	31%	50%
Oxazepam	0,045	50%	50%
Flukonazol	0,13	63%	69%
Mefenaminsyra	0,086	69%	63%
Metoprolol	0,053	75%	56%
Fexofenadin	0,015	75%	44%
Tramadol	0,11	75%	25%
Lamotrigin	0,17	81%	100%
Metformin	0,019	81%	75%
Cetirizin	0,045	88%	38%
Bikalutamid	0,021	88%	63%
Karbamazepin	0,011	100%	88%
Desvenlafaxin	0,24	100%	88%
Lidokain	0,035	100%	81%

Likt sjövattnet, påträffades substanserna lidokain, karbamazepin och lamotrigin i vattenverkens råvatten. Även om de utgjorde en relativt liten del av de kumulativa koncentrationerna i Vänern, detekterades bland annat antidepressiva (desvenlafaxin, metabolit av venlafaxin), antihistaminer (cetirizin och fexofenadin) och antiandrogener (bikalutamid) relativt ofta.



Figur 4. Kumulativ koncentration av alla studerade analyter, exklusive PFAS-ämnen, i Vänerns vattendragsprover. Analyterna klassificeras enligt terapeutisk grupp (för läkemedel) eller annan klassificering. ‡ Utlopp.

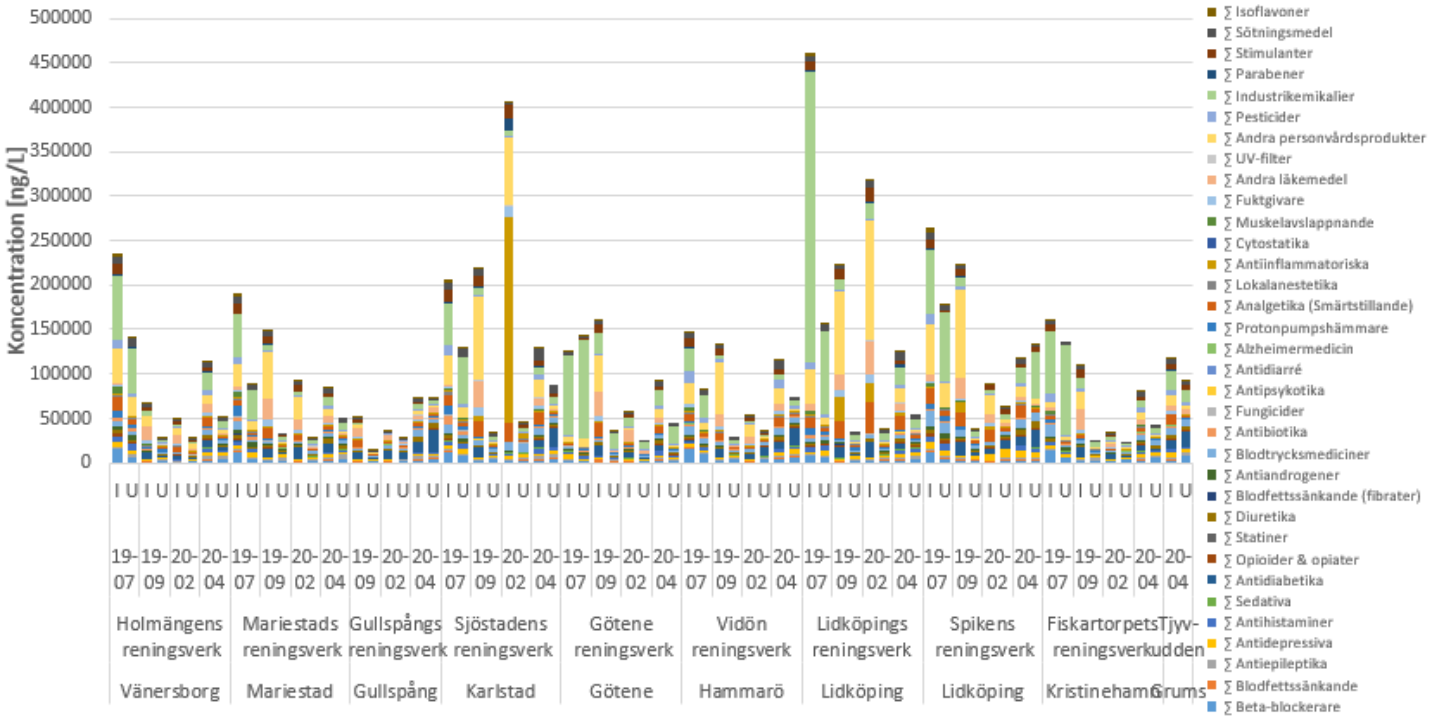
Från Figur 4 kan utläsas en generell trend av att den kumulativa koncentrationen av analyterna var högre vid höstprovtagningen än vid vårprovtagningen.

När de kumulativa koncentrationerna i Figur 3 med Figur 4 jämförs kan det observeras att koncentrationerna ofta var högre i vattendragsproven än i sjöproven. Högre koncentrationer i recipienter var i allmänhet normalfallet, (jämför exempelvis Tabell 20 och Tabell 22 i Appendix). Genom att studera de uppmätta halterna av de mest frekvent upptäckta analyterna i utgående avloppsvatten (se Tabell 25 i Appendix), kan det urskiljas att dessa analyter var vanligt förekommande och att de ej renades bort i avloppsreningsverken.

De klasser som utgjorde en betydande del av vattendragens kumulativa koncentration bestod av antidepressiva, smärtstillande, antiepileptika samt sötningsmedel. Koncentrationsprofilerna för provplatserna Ösan, Klarälven Skoghall och Tidan förefaller vara liknande mellan provtillfällena, medan de var mer varierande för de resterande provtagningsplatserna. Generellt var koncentrationen av klasserna antidepressiva och andra personvårdsprodukter högre för höstprovtagningen än för vårprovtagningen, vilket skulle kunna tyda på ett förändrat användande mellan de provtagna säsongerna.

Högst kumulativ koncentration observerades för recipienten för Skaraborg sjukhus (Ösan), följt av Klarälven Skoghall (recipient avloppsreningsverk), Tidan och Klarälven Karlstad (recipient för ett större reningsverk, 97 000 PE).

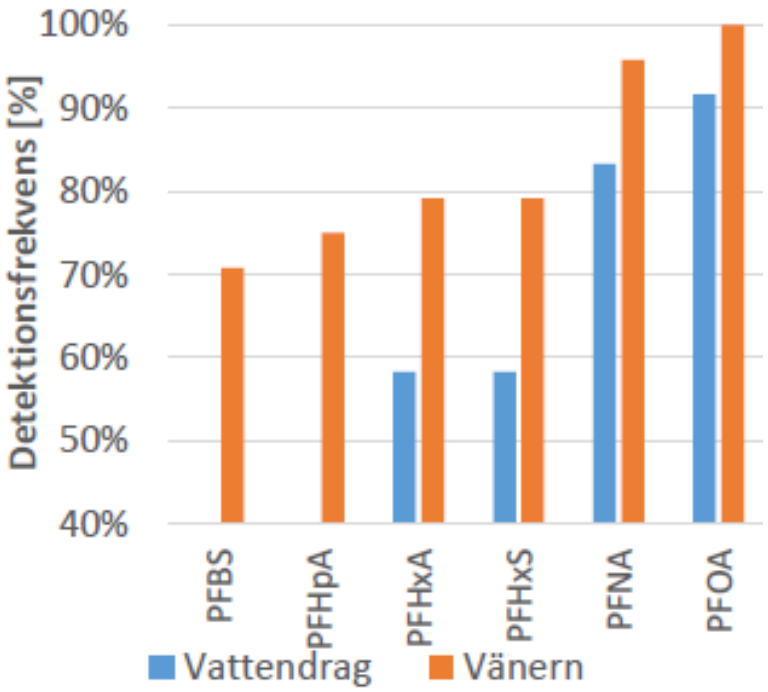
Utöver de nio analyter som upptäcktes i alla prover – metoprolol (betablockerare), karbamazepin (antiepileptika), lamotrigin (antiepileptika), DEET (pesticid), bikalutamid (antiandrogen), fexofenadin (antihistamin), koffein (stimulant), desvenlafaxin (antidepressiv), triisopropanolamin (industrikemikalie) och tributylacetylcitrat (industrikemikalie) – upptäcktes även hydroklortiazid (diuretika), nikotin (stimulant), cetirizin (antihistamin), metformin (antidiabetika), tramadol (smärtstillande) och 2-butoxietanol-fosfat (3:1) (industrikemikalie) i alla prover från vattendragen.



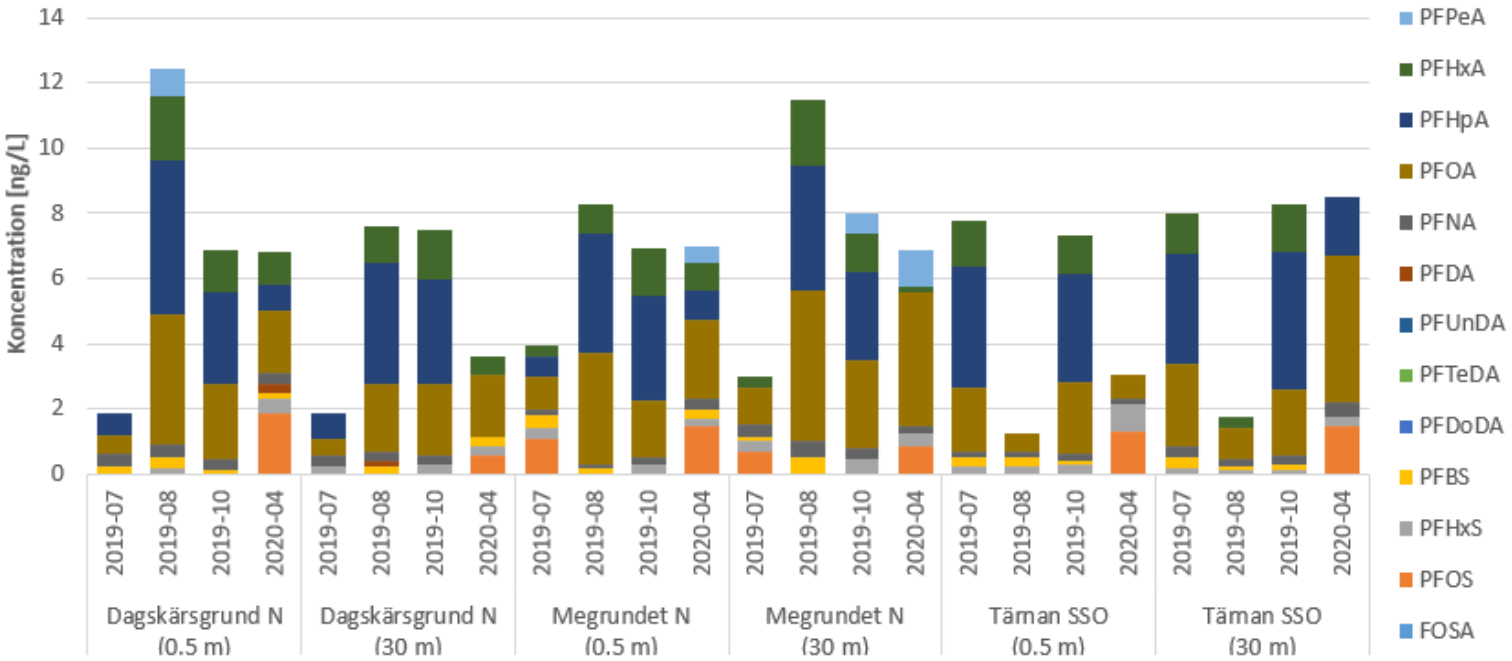
Figur 5. Kumulativa koncentrationer av studerade analyter, exklusive PFAS-ämnen, i avloppsreningsverk kring Vänern. Analyter kategoriserade efter terapeutisk grupp (för läkemedel) och i andra typer av ämnen. Datum enligt ÅÅ-MM. I: Inkommande, U: utgående.

En mängd olika klasser av organiska miljöföroreningar förekom i både inkommande och utgående avloppsvatten (Figur 5). Höga koncentrationer i inkommande avloppsvatten uppmättes bland annat för industrikemikalier, andra personvårdsprodukter, antiinflammatoriska samt analgetika (smärtstillande). Ämnesgrupper som fanns i utgående avloppsvatten innefattade bland annat industrikemikalier, beta-blockerare, antidiabetika och analgetika. Ämnesgrupper som reningsverken i hög grad renade bort från den vattenlösta fraktionen var bland annat personvårdsprodukter, andra läkemedel och antiinflammatoriska ämnen. Medelhalten av de studerade mikroföreningarna i det utgående avloppsvattnet var ca 65 µg/L och medianhalten var ca 45 µg/L.

I Figur 6 visas detektions-frekvensen (≥50%) för PFAS-ämnen i Vänerns sjö- och vattendragsprover. Detektionsfrekvensen var generellt högre för sjöproverna än för vattendragsproverna.

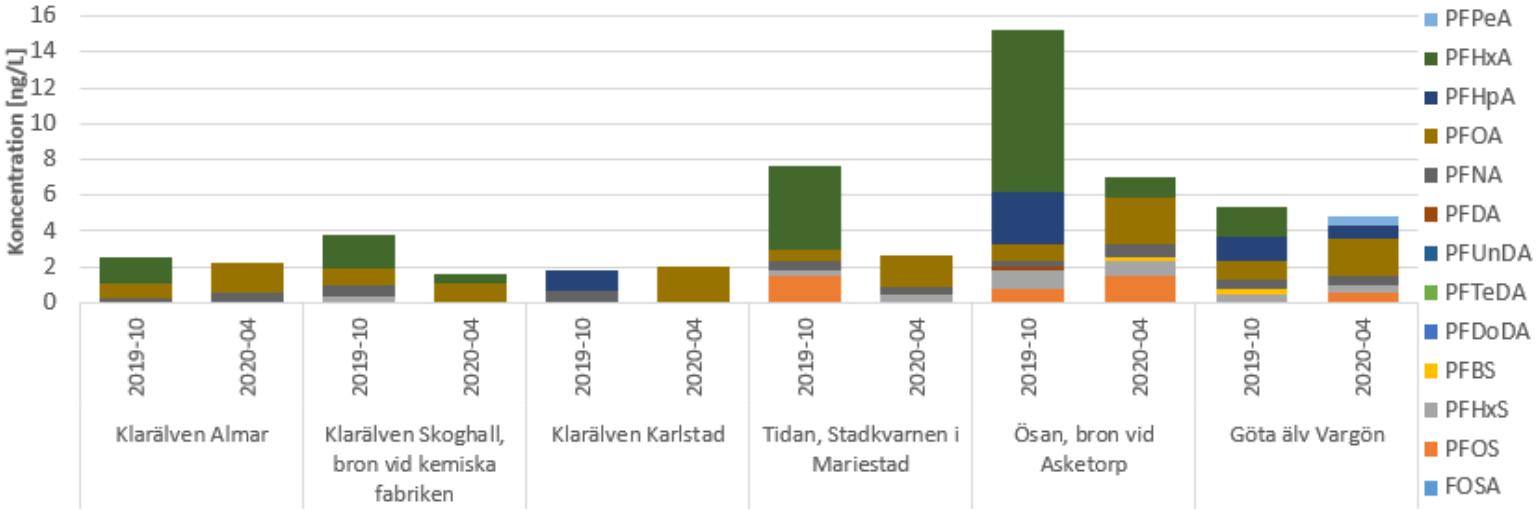


Figur 6. Detektionsfrekvens för PFAS i Vänern och tillhörande vattendrag (endast analyter med detektionsfrekvens ≥50%). Antal sjöprover: 24, antal vattendragsprover: 12.



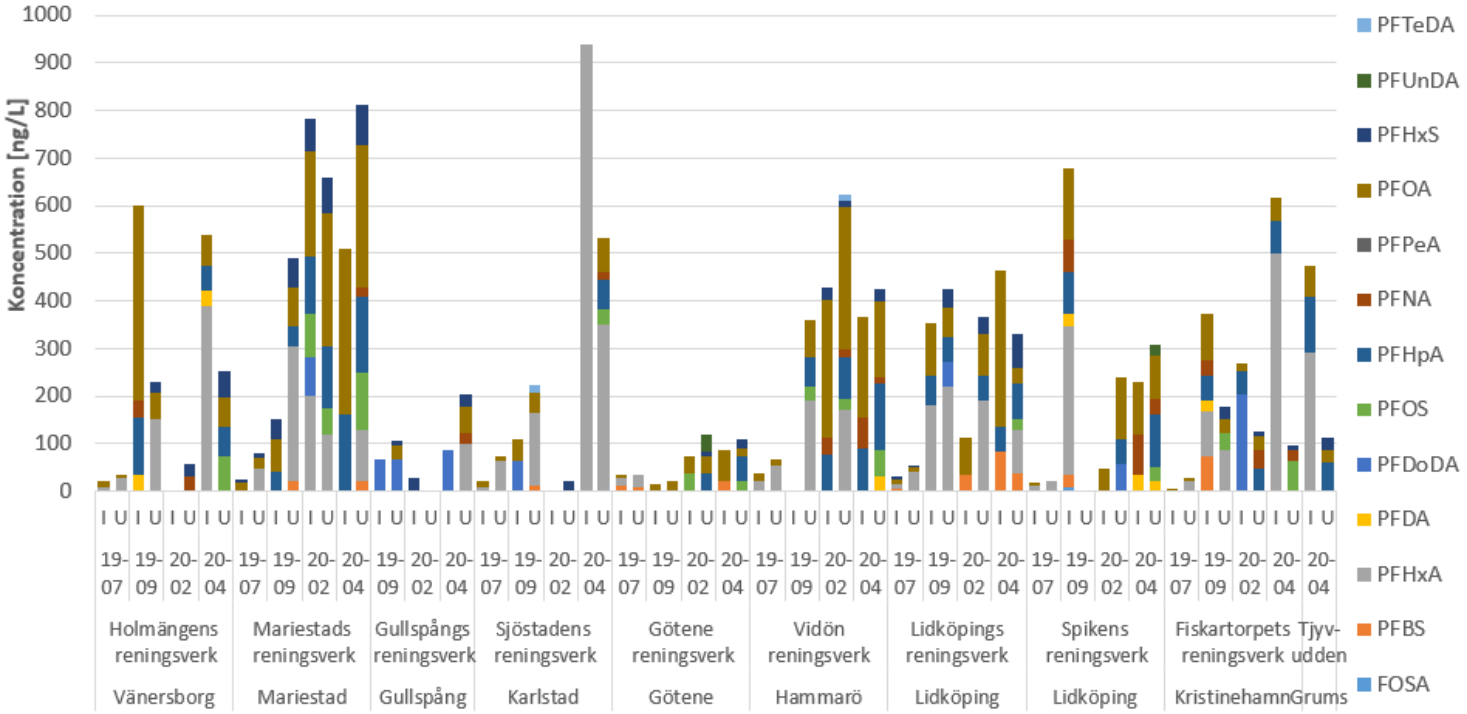
Figur 7. Kumulativ koncentration av PFAS-ämnen i Vänerns sjöprover. Provtagningsdjup på respektive plats anges inom parentes.

Från Figur 7 kan utläsas att den kumulativa koncentrationen av PFAS-ämnena i Vänern huvudsakligen utgjordes av PFOA, PFHpA, PFHxA och PFOS. PFAS-ämnena PFNA, PFHxS och PFBS – som från Figur 6 kan ses ha en hög detektionsfrekvens – utgjorde endast små delar av den kumulativa koncentrationen.



Figur 8. Kumulativa koncentrationer för PFAS-ämnen i de provtagna vattendragen tillhörande Vänern.

Från Figur 8 kan utläsas att tre av de fyra mest frekvent detekterade PFAS-ämnena – PFOA, PFHxA och PFNA – ofta utgjorde huvuddelen av den totala koncentrationen av de kvantifierade analyterna. Andra PFAS-ämnen som inte detekterades i samma utsträckning som de andra, men som vid vissa lokaler utgjorde en betydande andel, var PFHpA (Klarälven Karlstad 2019-10, Ösan 2019-10 och Göta älv 2019-10 och 2020-04) och PFOS (Tidan 2019-10, Ösan 2019-10 och 2020-04 och Göta älv 2020-04). Generellt hade alla provtagningsplatser högre koncentration av PFHxA under hösten.



Figur 9. Kumulativa koncentrationer av PFAS-ämnen i avloppsreningsverk kring Vänern. Datum enligt ÅÅ-MM. I: inkommande avloppsvatten, U: utgående avloppsvatten.

För många av reningsverken utgjordes den kumulativa koncentrationen av de studerade PFAS-ämnena huvudsakligen av PFOA, PFHxA, PFHpA. I många fall kunde förhöjda halter av vissa PFAS-ämnen – exempelvis PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA och PFDA – observeras i utgående avloppsvatten jämfört med ingående avloppsvatten. Detta är i linje med tidigare studier av Coggan m. fl. (2019) som rapporterat förhöjda halter av PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA och PFDA i utgående jämfört med inkommande avloppsvatten i australiensiska avloppsreningsverk.

4.2 Slutsatser Vänern och dess vattendrag

Ämnesgrupper som fanns i utgående avloppsvatten innefattar bland annat industrikemikalier, beta-blockerare, antidiabetika och analgetika.

De klasser som utgjorde en betydande del av vattendragens kumulativa koncentration bestod av antidepressiva, smärtstillande, antiepileptika samt sötningsmedel. De högsta kumulativa koncentrationerna, exklusive PFAS-ämnen, kunde generellt hittas i områden med punktkällor, d.v.s. recipienter för avloppsvatten.

Klasser som utgjorde en betydande del av de kumulativa koncentrationerna i Vänern var lokalanestetika, stimulanter, antiepileptika, industrikemikalier och sötningsmedel. Andra läkemedel och diuretika utgjorde en betydande del av den kumulativa koncentrationen i de fall där de kunde kvantifierats.
De mest påträffade analyterna i vattendrag och sjöprovplatserna i Vänern har ett utbrett användande och förekommer i höga halter från utgående avloppsvatten. Metoprolol (beta-blockerare), karbamazepin (antiepileptika), lamotrigin (antiepileptika), DEET (pesticid), bikalutamid (antiandrogen), fexofenadin (antihistamin), koffein (stimulant), desvenlafaxin (antidepressiv), triisopropanolamin (industrikemikalie) och tributylacetylcitrat (industrikemikalie) var de ämnen som detekterades i alla sjö- och vattendragsprover.

Utöver de ovan nämnda ämnena upptäcktes även följande ämnen till 100% i alla vattendrag: hydroklortiazid (diuretika), nikotin (stimulant), cetirizin (antihistamin), metformin (antidiabetika), tramadol (smärtstillande) och 2-butoxietanol-fosfat (3:1) (industrikemikalie). I Vänern upptäcktes, förutom de ovan nämnda, även lidokain (lokalanestetika) i alla prov.

De kumulativa koncentrationerna av PFAS-ämnen i vattendrag och sjöar låg förhållandevis lågt, <20 ng/L, vid alla provtagningstillfällen och provtagningsplatser. Avloppsreningsverken visade på en ökning i koncentration av PFAS-ämnena PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA och PFDA i utgående avloppsvatten jämfört med inkommande avloppsvatten.

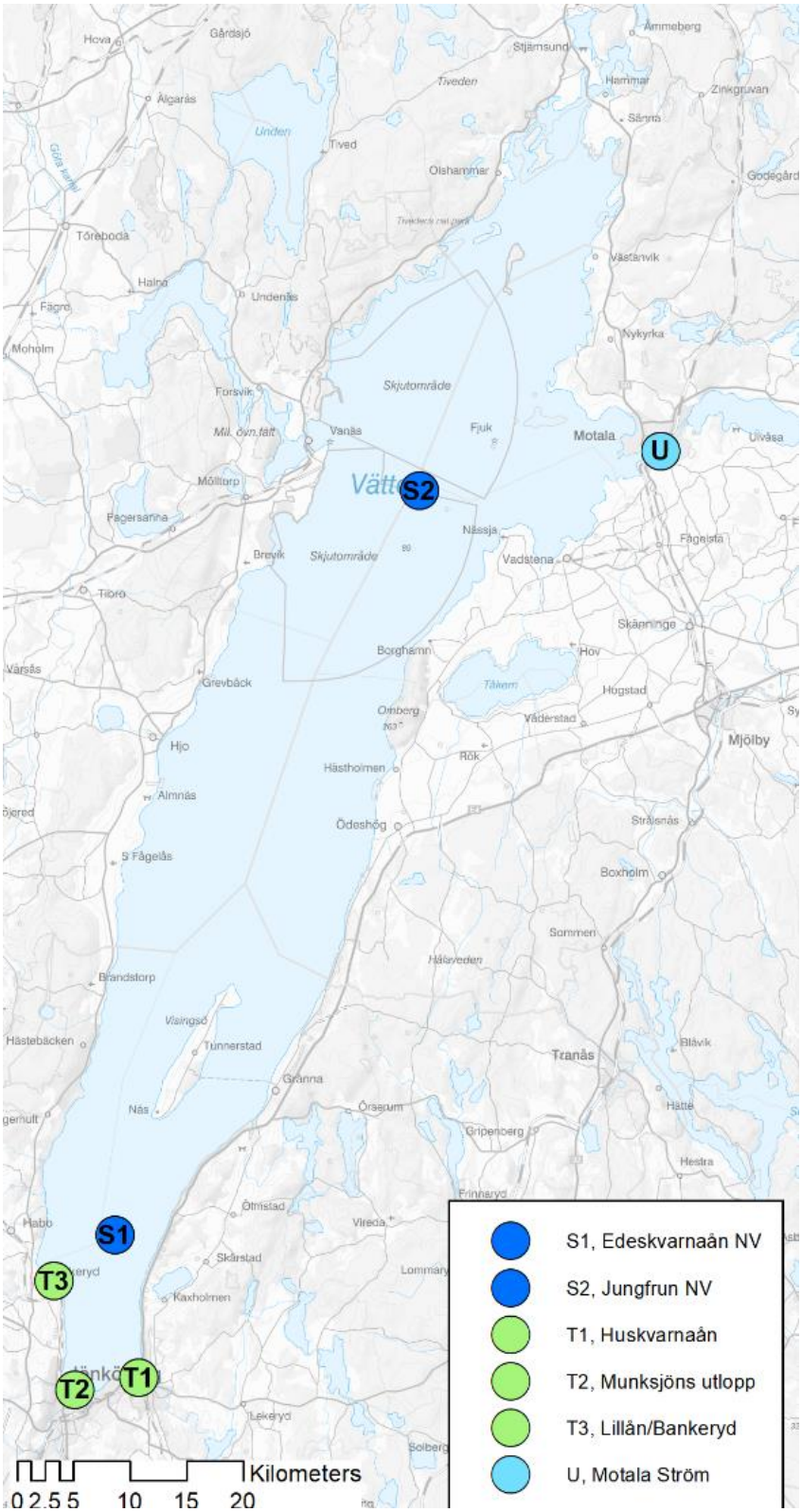
5. Vättern

Vättern har en medelvolym om 73,5 km3 (SMHI, 2020a) och är till ytan Europas 11:e största sjö och den 78:e största sjön i världen (Larson, 2012). Dagens dricksvattenförsörjning från Vättern ger 280 000 människor vatten – varav de flesta inte har något reservvatten – och utloppet Motala ström används som dricksvatten i bland annat Linköping och Norrköping (Eklund m.fl., 2018). Planer finns för att expandera dricksvattenförsörjningen med 200 000 människor i Örebro län, och ytterligare intresse för Vättern som vattentäkt har visats från Vätterns omkringliggande kommuner (Eklund m.fl., 2018).

Tabell 4. Anledning till urval av vattendrag för provtagning kring Vättern.

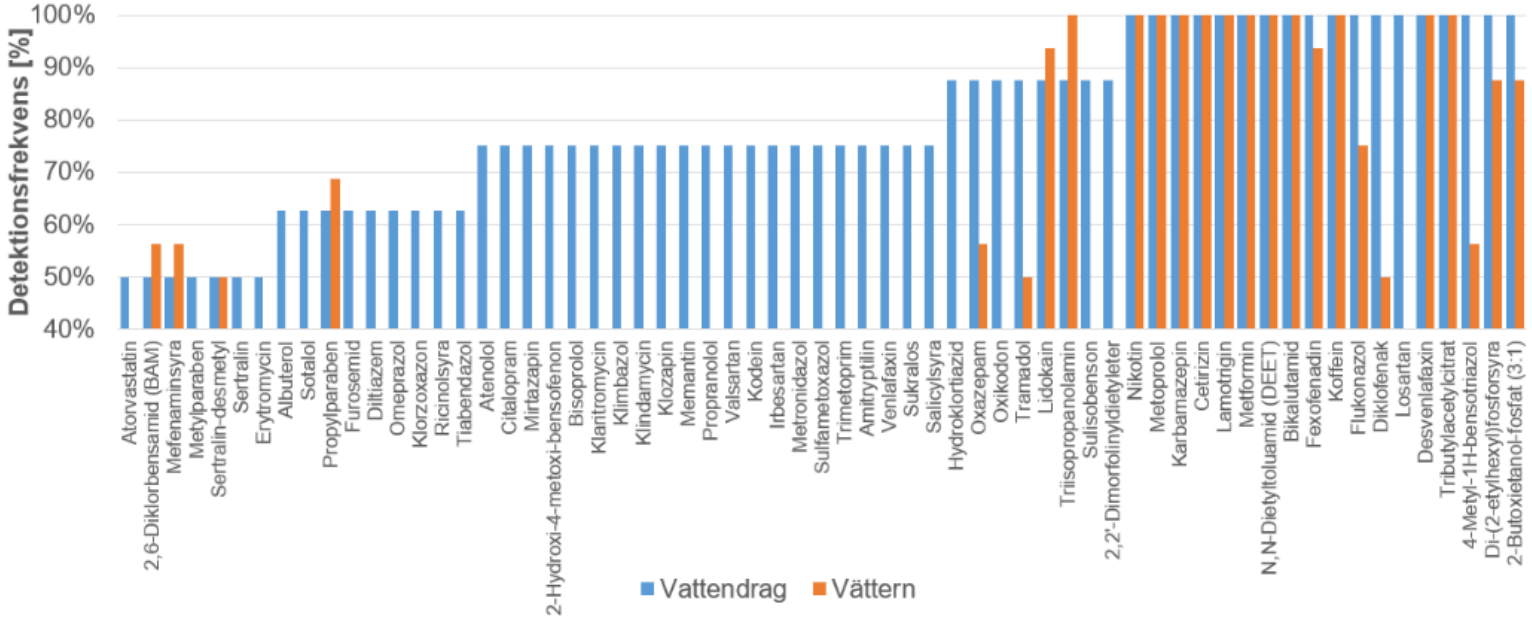
Provtagningsplats	Anledning till provtagning	Medelvattenföring [m^3/s]
Lillån Bankeryd, utlopp Vättern	Recipient av avloppsreningsverk.	0,29
Munksjöns utlopp	Recipient av: avloppsreningsverk i Jönköping, påverkad av flygplats, industri och avfallsdeponi.	4,2
Huskvarnaån Vättern	Recipient av avloppsvatten.	6,3
Motala ström ‡	Vätterns utlopp.	42

Provtagningsplatserna i Vättern och dess omkringliggande vattendrag presenteras i Figur 10 nedan.



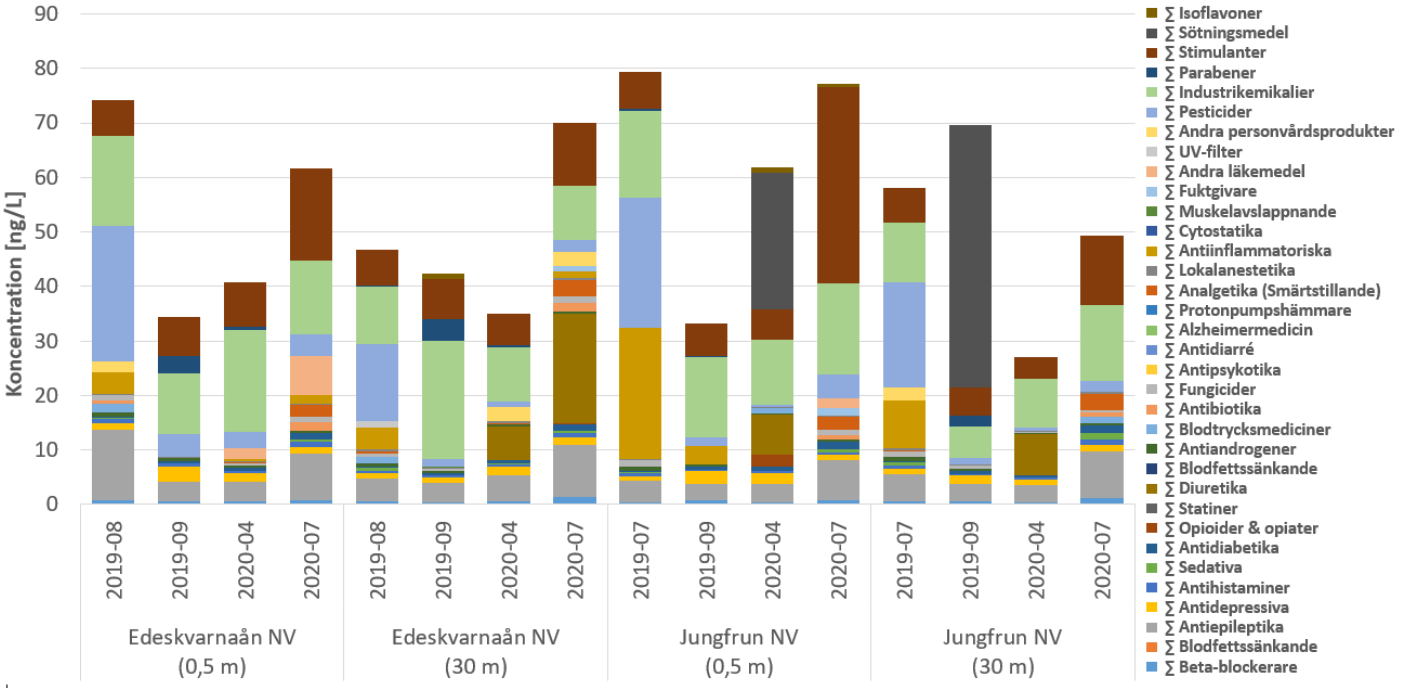
Figur 10. Provtagningsplatser för sjö- och vattendragsprover för Vättern. Antal prover för vattendrag: 8, antal prover för sjölokaler: 16. Provtagning mellan juli 2019 och juli 2020.

5.1 Resultat och diskussion Vättern och dess vattendrag



Figur 11. Detektionsfrekvens för Vätterns sjö- och vattendragsprov. Endast analyter med detektionsfrekvens ≥50%. Antal sjöprover: 16, antal vattendragsprover: 8.

Från Figur 11 kan utläsas att fler analyter med detektionsfrekvens ≥50% återfanns i vattendragsproven än i Vättern. För vattendragsproverna återfanns 63 analyter med en detektionsfrekvens ≥50%, medan det i sjöprover återfanns 25 analyter. I båda typer av prov förekom följande tio analyter i alla prover – nikotin, metoprolol, karbamazepin, cetirizin, lamotrigin, metformin, DEET, bikalutamid, koffein, desvenlafaxin och tributylacetylcitrat.



Figur 12. Kumulativa koncentrationer av organiska miljöföroreningar, förutom PFAS-ämnen, i Vätterns sjöprover, kategoriserade efter terapeutisk grupp (för läkemedel) och i andra typer av ämnen. Provtagningsdjup på respektive plats anges inom parentes.

Ett antal grupper av analyter upptäcktes oavsett årstid – bland annat beta-blockerare (metoprolol), stimulanter (nikotin och koffein), industrikemikalier (mestadels tributylacetylcitrat), antiepileptika (karbamazepin och lamotrigin) och antidepressiva (desvenlafaxin) – medan andra grupper upptäcktes i mer varierande grad – pesticider (sommar, skillnaden mellan årstider utgjordes av BAM), antiinflammatoriska (diklofenak och mefenaminsyra) och diuretika (hydroklortiazid). I de fall där de kunde kvantifieras, utgjorde sötningsmedel (sukralos) en stor del av den kumulativa koncentrationen.

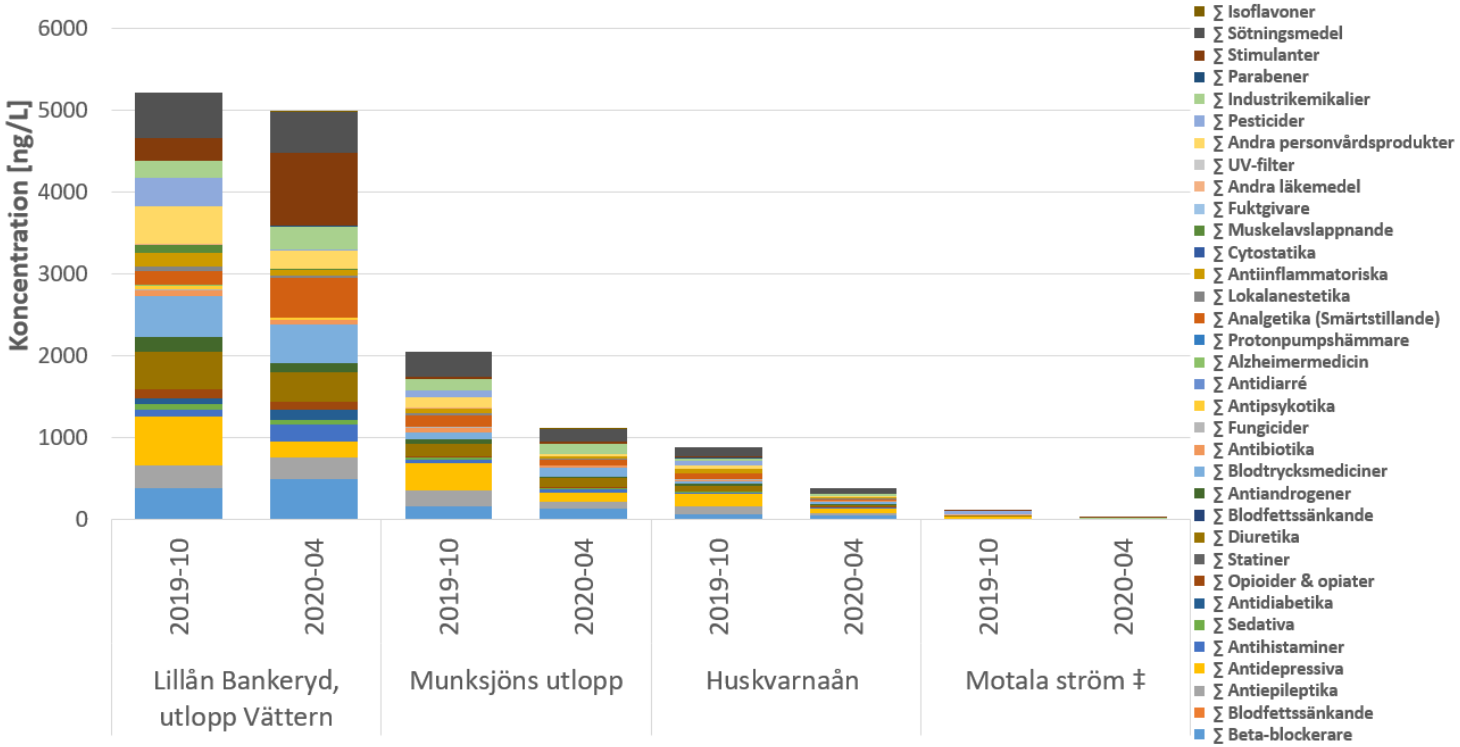
Överlapp mellan de olika djupen för koncentrationsprofilerna kunde upptäckas. Dock verkar det som om diuretika förekom i högre koncentrationer i sjöproverna som provtogs från större vattendjup medan inflammatoriska förekom i högre koncentrationer för ytproverna.

Temporala variationer kunde observeras för pesticider, då koncentrationerna var högre under hög- och sensommartiderna för alla provtagningspunkter jämfört med resten av året. För parabener kunde högre koncentrationer urskiljas under våren. Andra temporala skillnader var svåra att urskilja.

Tabell 5. Analyter, deras kvantifieringsgränser (LOQ) och deras detektionsfrekvens i vattenverk kring Vättern.

	LOQ [ng/L]	Råvatten	Dricksvatten
Flukonazol	0,13	45%	86%
Metoprolol	0,053	55%	67%
Lamotrigin	0,17	55%	100%
Kodein	0,57	55%	29%
Losartan	0,25	55%	29%
2,6-Diklorbensamid (BAM)	1,5	55%	33%
Triisopropanolamin	0,038	55%	100%
Mefenaminsyra	0,086	70%	43%
Cetirizin	0,045	75%	19%
Fexofenadin	0,015	80%	10%
Hydroklortiazid	9,3	80%	24%
Desvenlafaxin	0,24	95%	100%
Lidokain	0,035	95%	29%
Karbamazepin	0,011	100%	100%
Metformin	0,019	100%	100%
Bikalutamid	0,021	100%	100%
N,N-Dietyltoluamid (DEET)	0,029	100%	86%
Tributylacetylcitrat	0,13	100%	100%
Koffein	0,1	100%	100%

Stimulanter (koffein), antiepileptika (karbamazepin och lamotrigin), betablockerare (metoprolol), antidepressiva (desvenlafaxin), industrikemikalier (tributylacetylcitrat) upptäcktes (likt i Vätterns sjöprover) i vattenverken kring Vättern.



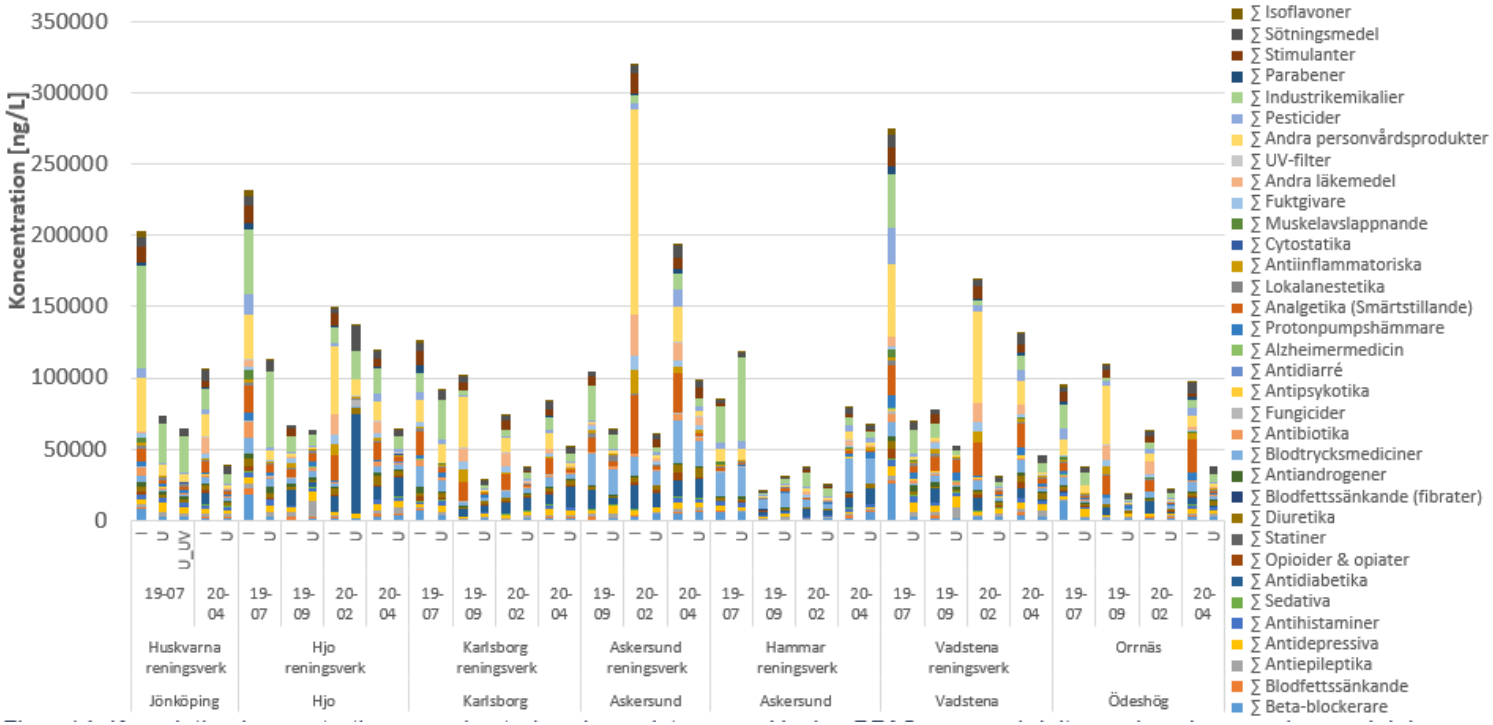
Figur 13. Kumulativa koncentrationer av andra organiska miljöföroreningar än PFAS-ämnen i provtagna vattendrag tillhörande Vättern kategoriserade efter terapeutisk grupp (för läkemedel) och i andra typer av ämnen. ‡ Utlopp.

Det faktum att vattendragen som recipienter är mer känsliga för förändringar i användnings- och utsläppsmängder av specifika ämnen, tillsammans med bilden av att koncentrationsprofilerna mellan provtagningstillfällena var relativt stabila, tyder på att användningen av de detekterade miljöföroreningarna var stabila över tid.

De grupper som utgjorde en betydande del av den kumulativa koncentrationen i Figur 13 var bland annat beta-blockerare (mestadels metoprolol, men även andra), antiepileptika (lamotrigin samt karbamazepin), diuretika (huvudsakligen hydroklortiazid men även furosemid), blodtrycksmediciner (huvudsakligen losartan, följt av valsartan, bisoprolol och irbesartan), analgetika (tramadol och paracetamol), andra personvårdsprodukter (sulisobenson), industrikemikalier (huvudsakligen 4-metyl-1H-bensotriazol och 2-butoxietanol-fosfat (3:1)) och sötningsmedel (sukralos).

Antidepressiva hade en högre koncentration under höstprovtagningen, något som möjligen kan vara bundet till säsongsbunden depression. Även pesticider verkar följa samma trend, då den huvudsakliga skillnaden mellan årstiderna utgjordes av BAM. Blodtrycksmediciner hade i vissa fall en högre koncentration vid vårprovtagningen än vid höstprovtagningen. Även antihistaminer verkade följa samma trend, något som kan indikera säsongsbunden användning då de ökade koncentrationerna sammanföll med början av allergisäsongen.

De kumulativa koncentrationerna för de olika provlokalerna var omvänt proportionella mot det medelflöde den aktuella provplatsen hade. Det är möjligt att belastningen av ämnena i antal kg per vattendrag och år kommer att ge en annan bild av de studerade vattendragen än av vad som pre-senteras i Figur 13.

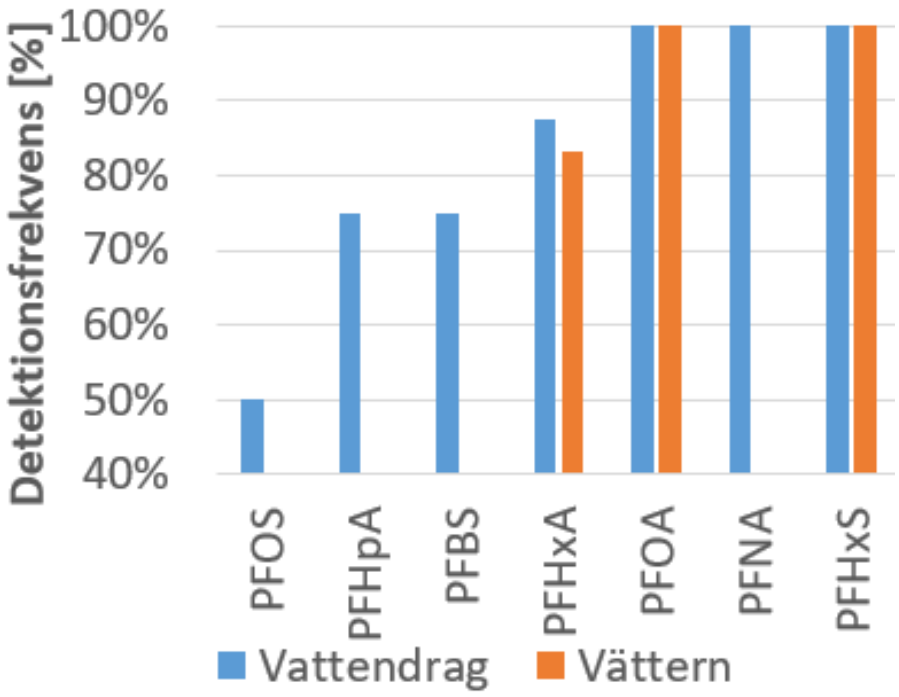


Figur 14. Kumulativa koncentrationer av de studerade analyterna, exklusive PFAS-ämnen, i deltagande avloppsreningsverk kring Vättern. Analyterna är kategoriserade efter terapeutisk klass (för läkemedel). Datum enligt ÅÅ-MM. I: inkommande avloppsvatten, U: utgående avloppsvatten. U_UV: UV-behandlat avloppsvatten.

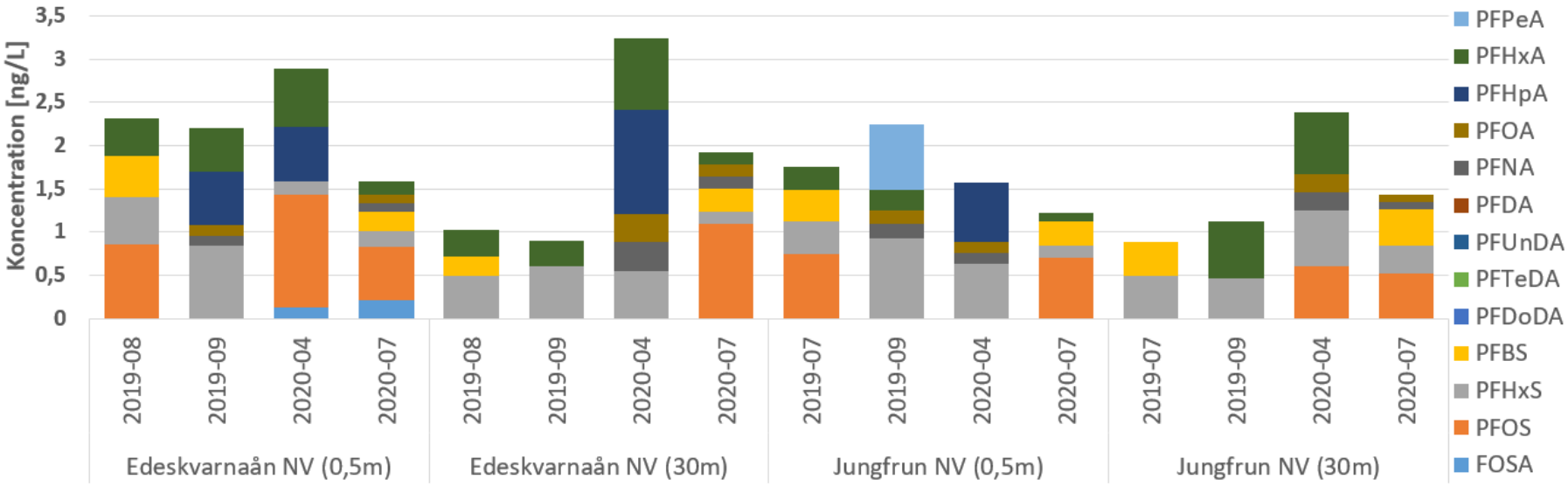
De kumulativa koncentrationerna av de studerade organiska miljöföroreningarna uppgick ofta till µg/L nivåer i både inkommande och utgående avloppsvatten (Figur 14). Både medel och mediankoncentrationen för utgående avloppsvatten var kring 60 µg/L.

Grupperna andra läkemedel, smärtstillande och andra personvårdsprodukter verkade minska i den vattenlösta fraktionen när man jämför inkommande och utgående avloppsvatten. Ämnesgrupper som upptäcktes i utgående avloppsvatten från reningsverken var bland andra industrikemikalier, antidiabetika, antidepressiva, blodtrycksmediciner och sötningsmedel.

Detektionsfrekvensen för PFAS för Vättern och Vätterns vattendrag i Figur 15 demonstrerar att PFAS-ämnen upptäcktes mer frekvent i vattendragen jämfört med sjön.

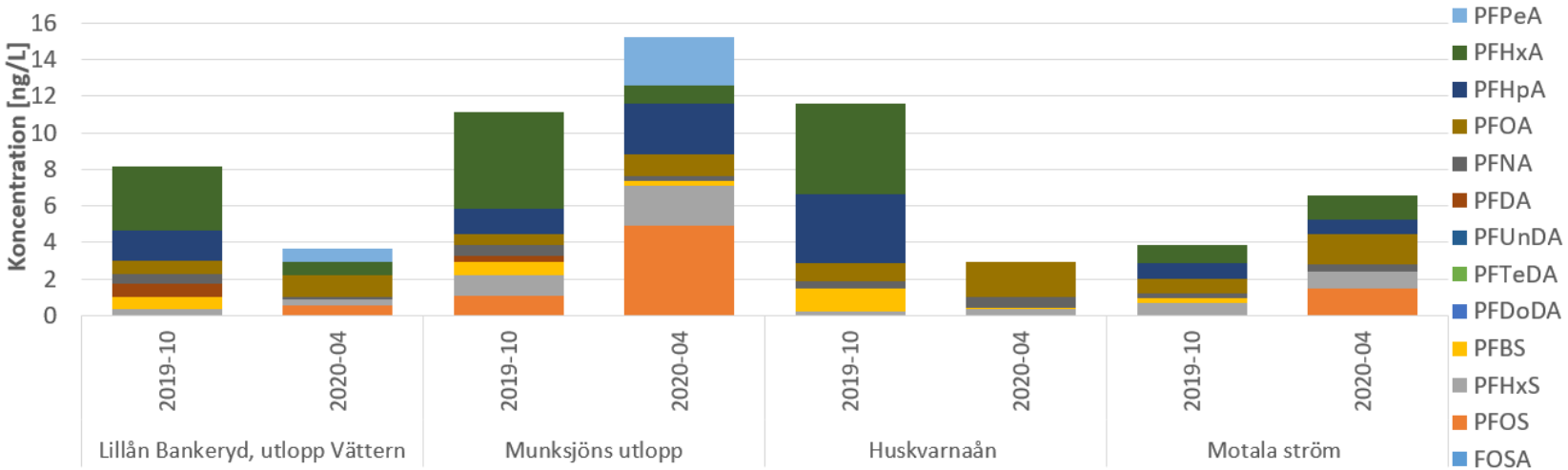


Figur 15. Detektionsfrekvens av PFAS-ämnen i Vättern och dess vattendrag. Endast analyter med detektionsfrekvens ≥50% är inkluderade. Antal sjöprover: 16, antal vattendragsprover: 8.



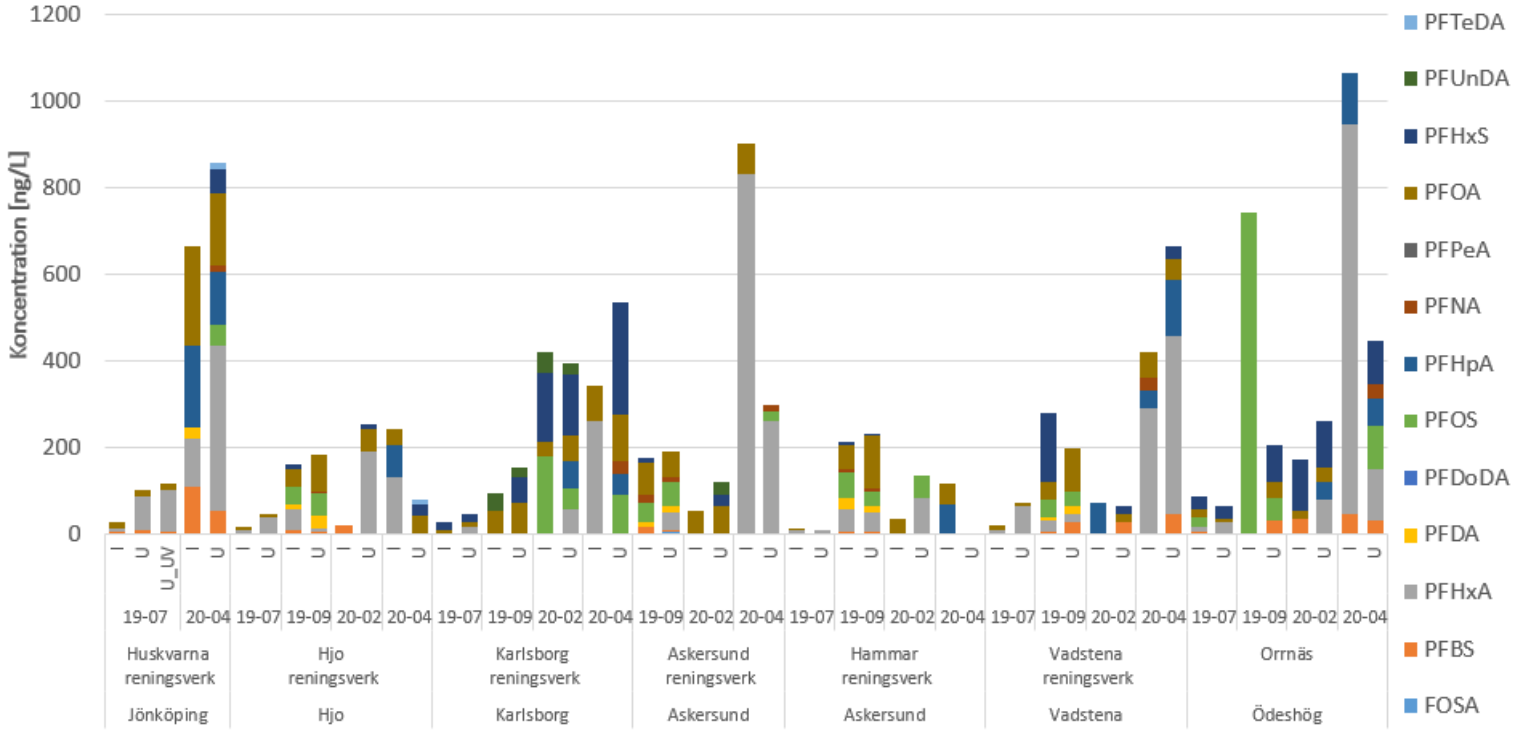
Figur 16. Kumulativa koncentrationer av PFAS-ämnen i Vätterns sjöprovplatser. Provtagnings-djup på respektive plats anges inom parentes.

Av de mest frekvent detekterade PFAS-ämnena bidrog PFHxS mer till den kumulativa koncentrationen än PFOA i sjöproverna (Figur 15, Figur 16). Även PFHxA – den tredje mest frekvent detekterade – utgjorde en större andel av den totala koncentrationen. I de fall där de förekom, utgjorde PFOS, PFBS och PFHpA en stor andel av de kumulativa koncentrationerna. Högst kumulativa koncentrationer uppmättes i tre fall av fyra under vårprovtagningen. Den totala halten av PFAS-ämnen var de lägsta för sjövattenprover i den aktuella studien. Inga klara slutsatser kunde dras angående djupfördelningen, annat än att ämnesprofilen inte överlappade helt mellan yt- och djupproven.



Figur 17. Koncentration av PFAS-ämnen i vattendrag som mynnar i Vättern.

Från Figur 17 kan utläsas att tre av fyra provtagna vattendrag hade en högre koncentration av PFOS under våren jämfört med hösten. Även PFOA hade en högre koncentration under våren, och för Lillån och Munksjöns utlopp upptäcktes även PFPeA endast under våren. På hösten dominerade PFHxA och PFBS. Generellt var koncentrationen högre för PFOA än för PFOS. För Munksjöns utlopp varierade kvoten för PFOS och PFOA mellan 2 och 4, något som kan indikera att provplatsen förorenats med PFOS (Ahrens m.fl., 2015).



Figur 18. Kumulativa PFAS-koncentrationer i avloppsreningsverk kring Vättern. Datum enligt ÅÅ-MM. I: inkommande avloppsvatten, U: utgående avloppsvatten. U_UV: UV-behandlat avlopps-vatten.

Från Figur 18 kan det observeras att PFOA, PFHpA, PFHxA och PFOS var de PFAS-ämnen som ofta utgjorde en betydande del av den kumulativa koncentrationen för avloppsreningsverken kring Vättern. Även PFBS och PFHxS detekterades för vissa avloppsreningsverk. PFHxA, PFOA och PFHpA detekterades i vissa fall i högre koncentrationer i utgående avloppsvatten jämfört med inkommande avloppsvatten. Detta verkar vara i linje med observationer gjorda av Coggan m. fl. (2019), som rapporterat förhöjda halter av PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA och PFDA i utgående avloppsvatten jämfört med inkommande avloppsvatten i australiensiska avloppsreningsverk.

5.2 Slutsatser Vättern och dess vattendrag

Ämnesgrupper som fanns i utgående avloppsvatten innefattar bland annat industrikemikalier, antidiabetika, antidepressiva, blodtrycksmediciner och sötningsmedel.

De klasser som utgjorde en betydande del av vattendragens kumulativa koncentration bestod av beta-blockerare, antiepileptika, antidepressiva, diuretika, blodtrycksmediciner, analgetika, andra personvårdsprodukter, industrikemikalier och sötningsmedel.

Tre av de fyra studerade vattendragen var recipienter för avloppsvatten. Förhållandet mellan medelvattenföring och uppmätta kumulativa koncentrationer var omvänt proportionella.

Klasser som utgjorde en betydande del av de kumulativa koncentrationerna i Vättern var beta-blockerare, stimulanter, industrikemikalier, antiepileptika och antidepressiva.

De mest frekvent påträffade analyterna i vattendrag och sjöprovplatserna i Vättern förekom i höga halter från utgående avloppsvatten.
Nikotin (stimulant), metoprolol (beta-blockerare), karbamazepin (antiepileptika), cetirizin (antihistamin), lamotrigin (antiepileptika), metformin (antidiabetika), DEET (pesticid), bikalutamid (antiandrogen), koffein (stimulant), desvenlafaxin (antidepressiv) och tributylacetylcitrat (industrikemikalie) detekterades i alla sjö- och vattendragsprov.

Utöver de ovan nämnda ämnena identifierades även följande ämnen i alla prover från samtliga vattendrag: flukonazol (insektsmedel), diklofenak (antiinflammatorisk), losartan (blodtrycksmedicin), 4-metyl-1H-bensotriazol (industrikemikalie), di-(2-etylhexyl)fosforsyra (industrikemikalie) och 2-butoxietanol-fosfat (3:1) (industrikemikalie).

I Vättern upptäcktes, förutom de ovan nämnda, även triisopropanolamin (industrikemikalie) i alla prov.

Vätterns provtagna sjö- och vattendragsplatser hade de lägsta koncentrationerna av PFAS av de undersökta provplatserna. Munksjöns utlopp var påverkat av en aktiv PFOS-förorening. PFAS-ämnena PFOA, PFHpA, PFHxA och PFOS utgjorde betydande del av den kumulativa koncentrationen i avloppsreningsverken kring Vättern. PFHxA, PFOA och PFHpA hade i vissa fall högre koncentrationer i utgående avloppsvatten jämfört med inkommande avloppsvatten.

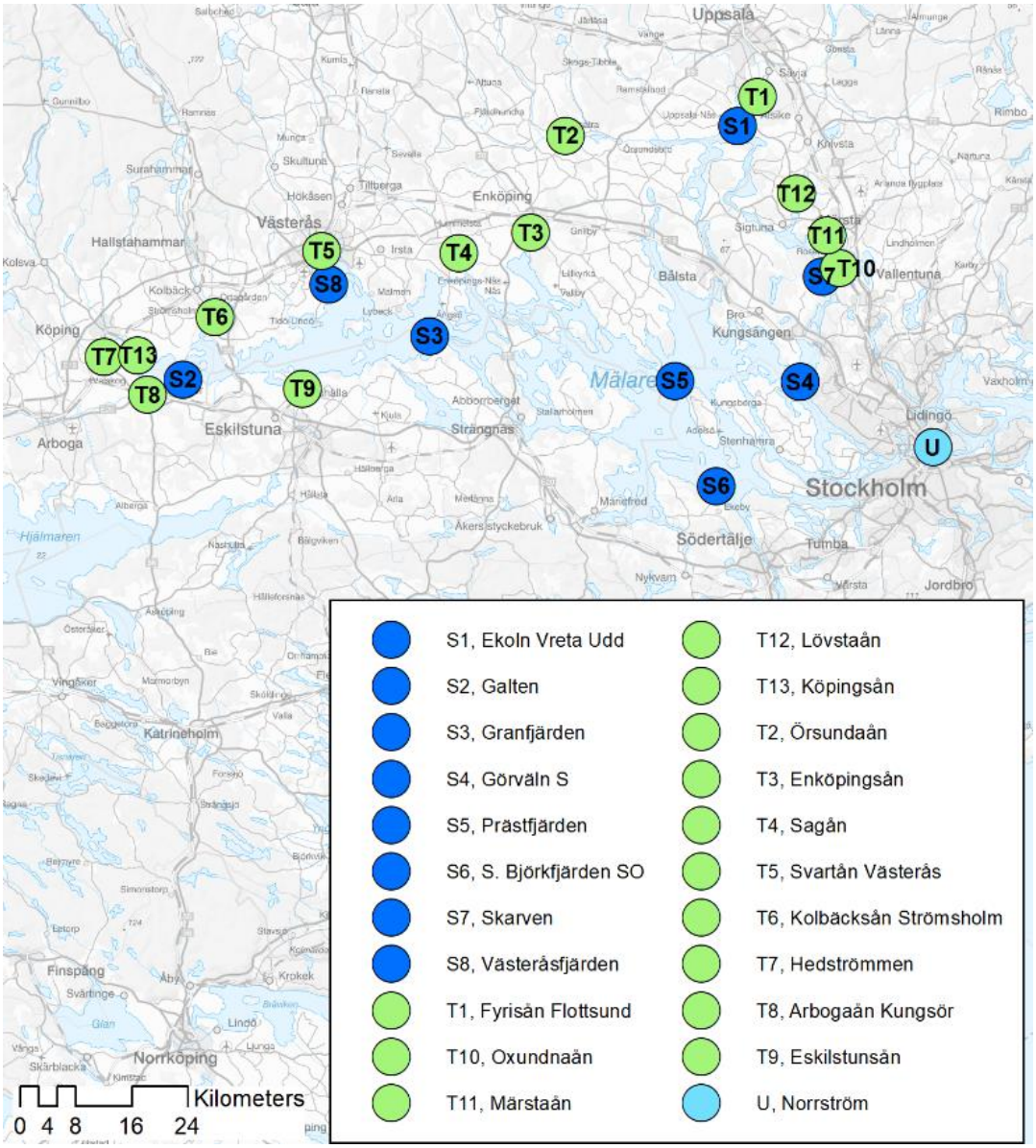
6. Mälaren

Mälaren är Sveriges tredje största sjö till ytan och har medelvolymen 14,3 km3 (SMHI, 2020b). Sveriges tredje största sjö förser idag ca två miljoner personer med dricksvatten (Eklund m.fl., 2018). Mälaren har nyligen genomgått en studie för att undersöka variationer i tid och rum för organiska miljöföroreningar, som visade att ett fyrtiotal av det dryga sjuttiotal undersökta miljöföroreningarna upptäcktes minst en gång (Rehrl m.fl., 2020).

Tabell 6. Anledning till urval av vattendrag för provtagning kring Mälaren, samt vattendragens kod i Figur 19.

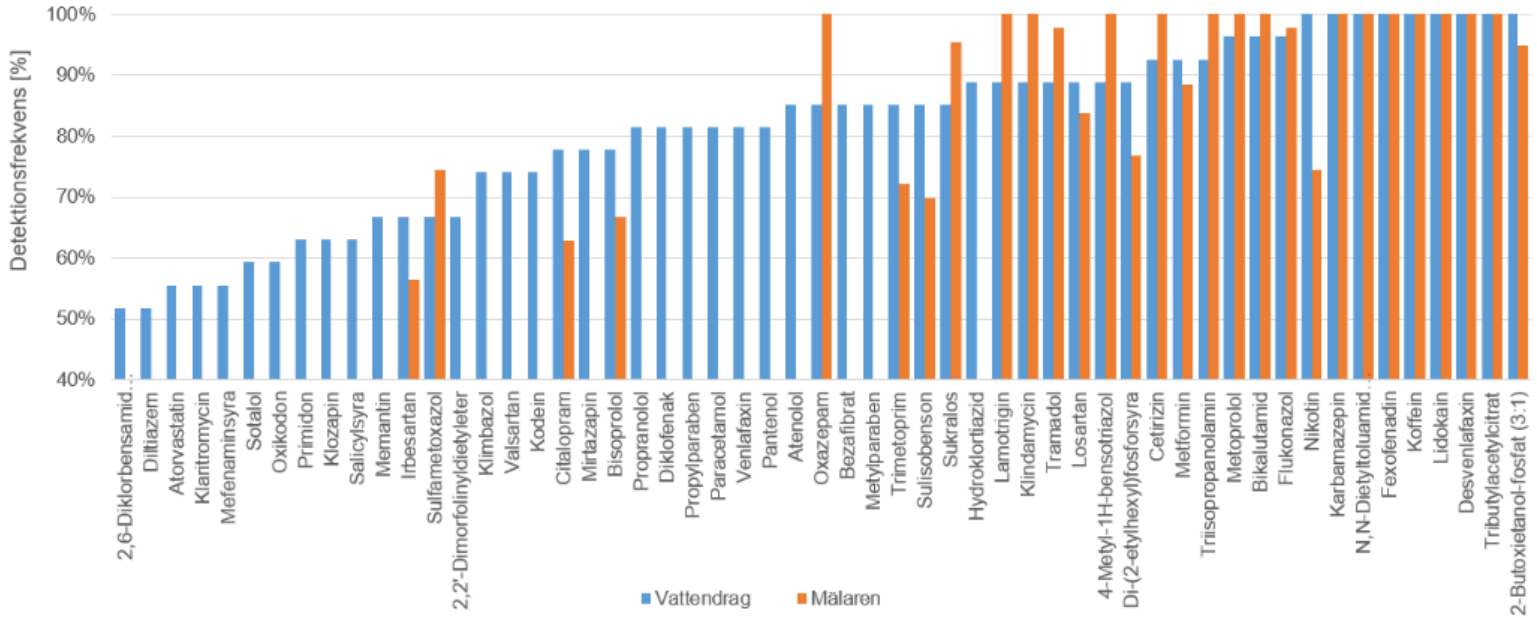
Provtagningsplats	Anledning till provtagning	Medelvattenföring [m^3/s]
Fyrisån Flottsund	Recipient, avloppsreningsverk (172 000 PE och 8 000 PE).	14
Örsundaån	Ytavrinning från jordbruk, manga enskilda avlopp, recipient av många små avloppsreningsverk.	3,5
Enköpingsån	Möjligtvis recipient av avloppsreningsverk.	0,89
Sagån	Ytavrinning från jordbruk, manga enskilda avlopp.	7,2
Svartån Västerås, Turbinbron	Ytavrinning från jordbruk, recipient av mindre avloppsreningsverk (3 400 PE).	6,3
Kolbäcksån Strömsholm	Välkänt problem med miljöföroreningar. Recipient av två avloppsreningsverk (14 000 PE and 7 500 PE).	29
Köpingsån	Förorenad, nedströms reningsverk (20 500 PE).	2,7
Hedströmmen	Renaste inloppet till Mälaren. Referens.	12
Arbogaån Kungsör	Recipient av avloppsreningsverk (10 500 PE).	44
Eskilstunaån	Recipient av avloppsreningsverk (105 000 PE).	25
Norrström (utlopp)		160
Oxundaån	Möjligtvis det mest förorenade inloppet till Mälaren.	1,6
Märstaån utlopp	Möjligtvis påverkad av Arlanda flygplats.	0,47
Lövstaån	Recipient av avloppsvatten och nära råvattenintag för vattenverk.	0,69

Provtagningsplatsernas geografiska läge i Mälaren samt de omkringliggande vattendragen presenteras i Figur 19 nedan.



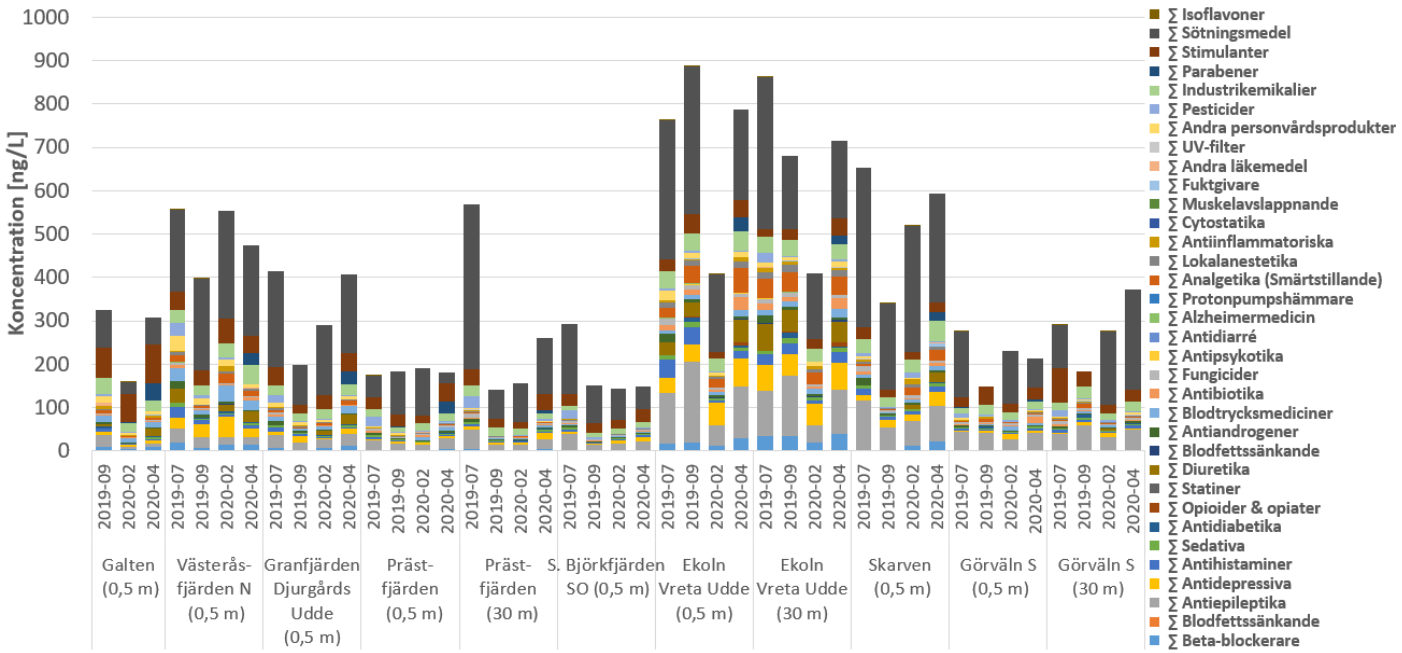
Figur 19. Provplatser för sjö- och vattendragsprover för Mälaren. Prover för vattendrag: 27, prover för sjölokaler: 43. Provtagning mellan juli 2019 och april 2020.

6.1 Resultat och diskussion Mälaren och dess vattendrag



Figur 20. Detektionsfrekvens för Mälarens sjö- och vattendragsprov. Endast analyter med detektionsfrekvens ≥50%. Antal sjöprover: 43, antal vattendragsprover: 27.

Ur Figur 20 kan utläsas att fler analyter med detektionsfrekvens ≥50% påträffades i vattendragen jämfört med sjöproverna, 55 och 29 analyter respektive. I detta urval, där analyter påträffats i båda typer av prov, varierade det vilken analyt som förekom mest frekvent – vattendragen hade nio analyter med högre detektionsfrekvens medan sjöproverna hade elva analyter. I båda typer av prov förekom följande sju ämnen i alla prover – karbamazepin, DEET, fexofenadin, koffein, lidokain, desvenlafaxin och tributylacetylcitrat.



Figur 21. Kumulativa koncentrationer för sjöprov från Mälaren, exklusive PFAS-ämnen. Koncentrationerna är indelade i terapeutisk klass (för läkemedelsämnen). Provtagningsdjup på respektive plats anges inom parentes.

Provtagningsplatserna som låg i närheten av större bebyggelse – Ekoln Vreta Udde (Uppsala), Skarven (Sigtuna och Märsta), Västeråsfjärden (Västerås) – hade högre koncentrationer av läkemedelsgrupperna beta-blockerare (mestadels metoprolol), antidepressiva (mestadels desvenlafaxin men även venlafaxin), analgetika (tramadol) och diuretika (hydroklortiazid) än de resterande provplatserna. Även ämnesgrupper så som antibiotika (mestadels klindamycin och sulfametoxazol) utgjorde en större del av den kumulativa koncentrationen jämfört med andra provplatser.

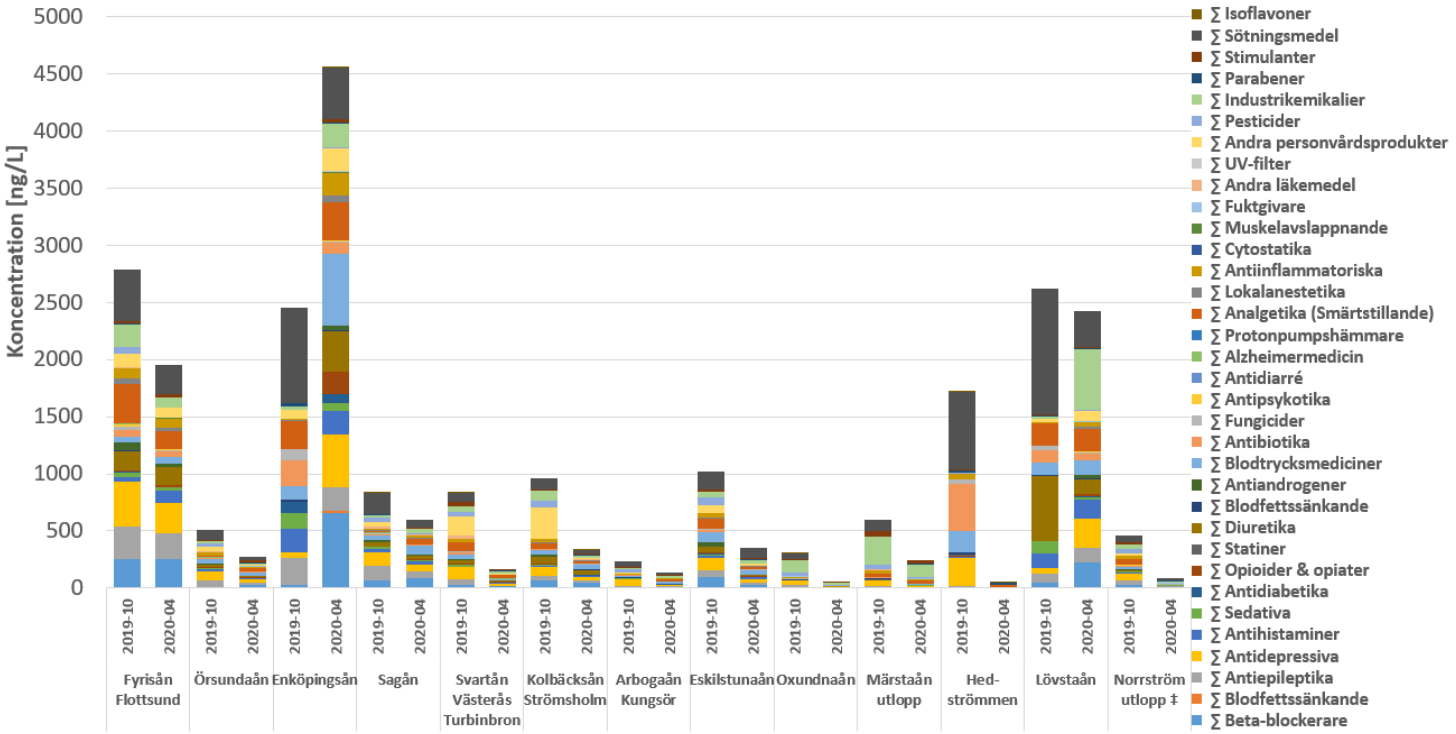
De grupper av ämnen som även påträffades långt från större bebyggelse var bland andra antiepileptika (huvudsakligen karbamazepin och lamotrigin, men även tidvis primidon), industrikemikalier (huvudsakligen 4-metyl-1H-bensotriazol och tributylacetylcitrat), stimulanter (koffein) och sötningsmedel (sukralos). Parabener påträffades endast i prover från provtagningen under våren, 2020-04.

Det generella mönstret mellan provtagningstillfällena verkade vara relativt stabilt, något som kan indikera att de studerade ämnena används regelbundet.

Tabell 7. Detektionsfrekvens och kvantifieringsgräns (LOQ) för studerade analyter i vattenverk kring Mälaren.

Analyt	LOQ [ng/L]	Råvatten	Dricksvatten
Losartan	0,25	50%	26%
2-Hydroxi-4-metoxi-bensofenon	1,7	50%	35%
2,6-Diklorbensamid (BAM)	1,5	50%	43%
Trimetoprim	0,033	55%	9%
Propylparaben	0,069	55%	43%
Sulisobenson	1,1	60%	22%
Nikotin	0,14	60%	52%
Mefenaminsyra	0,086	65%	43%
Di-(2-etylhexyl)fosforsyra	0,07	65%	52%
Metformin	0,019	75%	61%
Tramadol	0,11	75%	52%
2-Butoxietanol-fosfat (3:1)	0,13	75%	43%
Metoprolol	0,053	80%	65%
Cetirizin	0,045	80%	70%
Fexofenadin	0,015	80%	65%
Oxazepam	0,045	80%	78%
Bikalutamid	0,021	80%	74%
Klindamycin	0,028	80%	0%
Lidokain	0,035	80%	65%
4-Metyl-1H-bensotriazol	0,46	85%	70%
N,N-Dietyltoluamid (DEET)	0,029	95%	96%
Triisopropanolamin	0,038	95%	91%
Sukralos	17	95%	96%
Karbamazepin	0,011	100%	100%
Lamotrigin	0,17	100%	100%
Desvenlafaxin	0,24	100%	100%
Flukonazol	0,13	100%	100%
Tributylacetylcitrat	0,13	100%	100%
Koffein	0,1	100%	100%

De ämnesgrupper och ämnen som vanligtvis förekom i höga koncentrationer i Mälarens sjövatten – antiepileptika (karbamazepin och lamotrigin), industrikemikalier (tributylacetylcitrat och 4-metyl-1H-bensotriazol) stimulanter (koffein) och sötningsmedel (sukralos) – påträffades även ofta i råvattnet till vattenverken (Tabell 7). Ytterligare två ämnen i andra ämneskategorier – desvenlafaxin (antidepressiva) och flukonazol (fungicid) – påträffades i alla råvatten. Det kan även observeras att ämnesgrupper som var associerade med mer tätbefolkade områden – klindamycin (antibiotika), metoprolol (beta-blockerare) och analgetika (tramadol) – förekom frekvent i koncentrationer över kvantifieringsgränsen. Därtill finns flertalet andra ämnen tillhörande en mängd olika ämnesgrupper – bland annat pesticider (DEET och BAM), industrikemikalier (triisopropanolamin och 2-butoxietanol-fosfat (3:1)) och antihistaminer (cetirizin och fexofenadin) – som även de detekterades ofta.



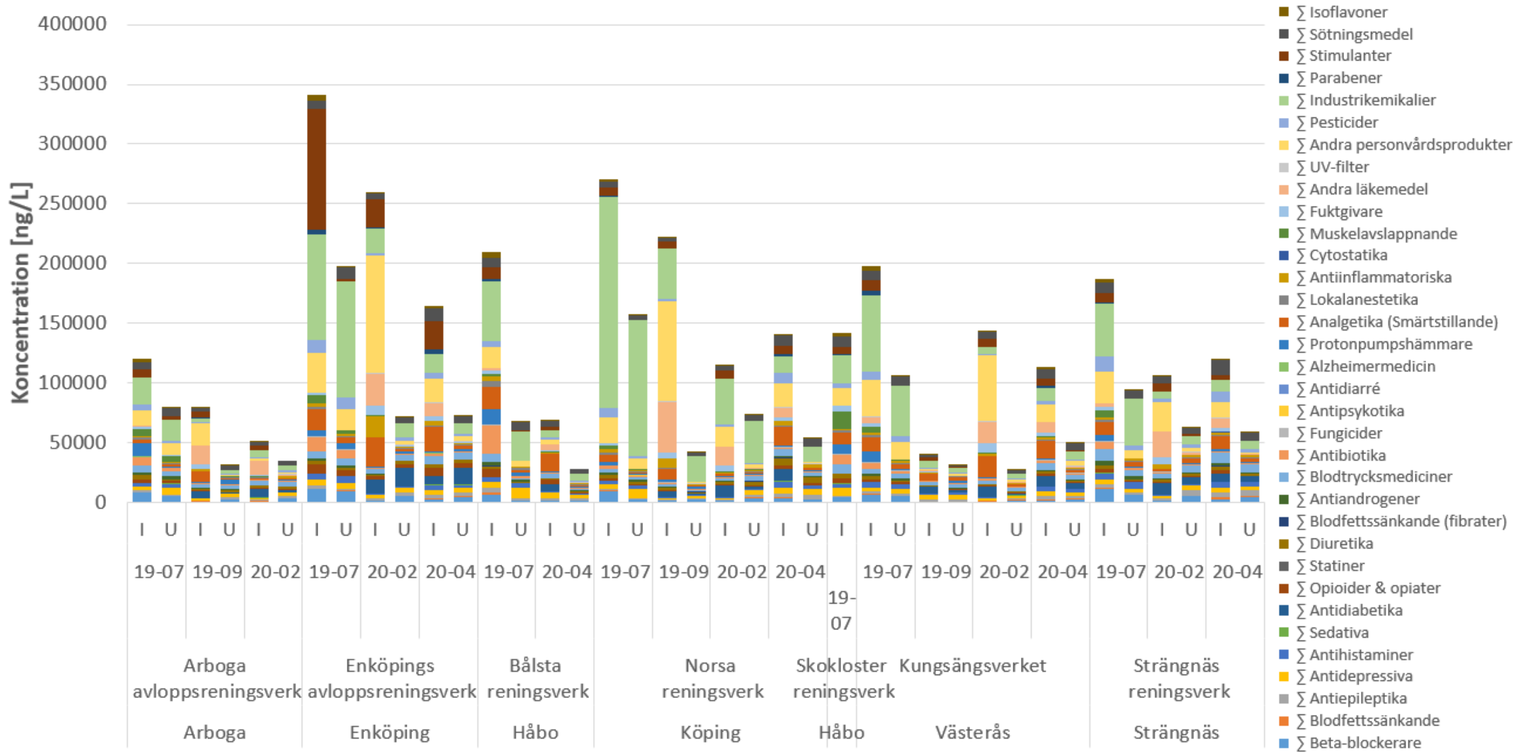
Figur 22. Kumulativa koncentrationer av organiska miljöföroreningar i vattendrag tillhörande Mälaren, kategoriserade efter terapeutisk grupp (för läkemedel) och i andra typer av ämnen.
‡ Utlopp.

De grupper som utgjorde en betydande del av den kumulativa koncentrationen i Mälarens vattendrag i Figur 22 var bland andra beta-blockerare (mestadels metoprolol, men även andra), antiepileptika (lamotrigin, karbamazepin och primidon), antidepressiva (desvenlafaxin och venlafaxin), diuretika (huvudsakligen hydroklortiazid men även furosemid), antihistaminer (mestadels fexofenadin), analgetika (tramadol och paracetamol), industrikemikalier (huvudsakligen 4-metyl-1H-bensotriazol, 2-butoxietanol-fosfat (3:1) och tributylacetylcitrat) och sötningsmedel (sukralos). Det förekom även andra grupper, som för enskilda platser utgjorde en betydande del av koncentrationsprofilen: blodtrycksmediciner (huvudsakligen losartan), andra personvårdsprodukter (mestadels sulisobenson) och antibiotika (sulfametoxazol, trimetoprim och klindamycin).

Generella trender för de provtagna vattendragen som helhet var svåra att uttyda. För vissa platser föreföll det sig att koncentrationen av antidepressiva kan ha haft en högre koncentration under hösten. För antihistaminer tycktes det vara högre koncentrationer under våren, med Fyrisån, Enköpingsån och Lövstaån som exempel. Ökningen i koncentration kan sammanfalla med en ökad användning på grund av början av allergisäsongen.

Den generella trenden för provplatserna var högre koncentrationer under hösten.

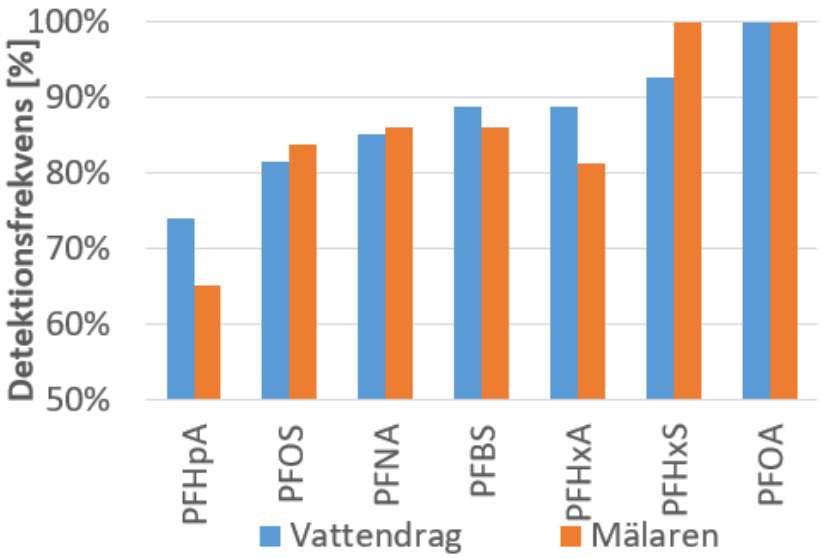
Provtagningsplatsen för Enköpingsån låg nära utloppet för reningsverket, vilket kan vara anledningen till de observerade högre koncentrationerna vid denna provlokal. De flesta provtagningsplatser – undantaget Hedströmmen och eventuellt Norrström – föreföll ha liknande koncentrationsprofiler mellan provtagningstillfällena.



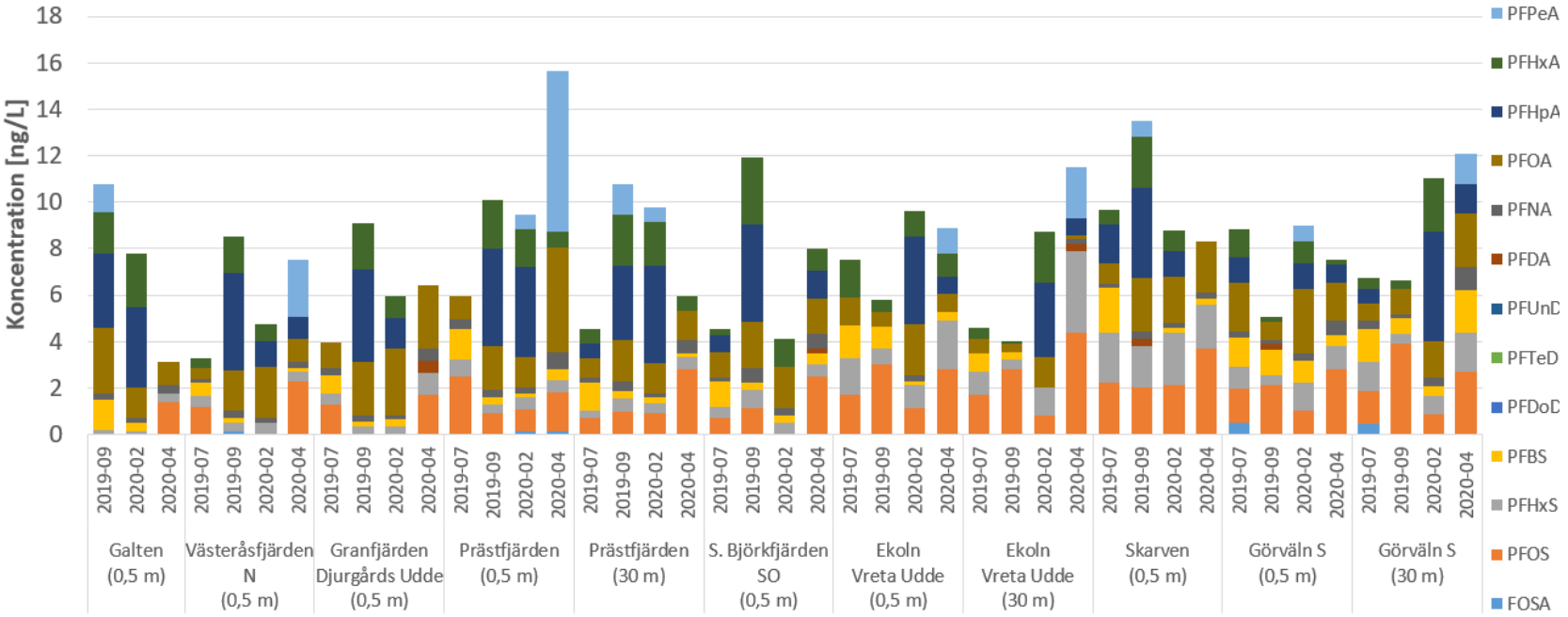
Figur 23. Kumulativa koncentrationer av analyserade analyter, exklusive PFAS-ämnen, i de deltagande avloppsreningsverken kring Mälaren. Datum enligt ÅÅ-MM. I: inkommande avloppsvatten, U: utgående avloppsvatten.

De kumulativa koncentrationerna av de studerade ämnena för inkommande och utgående avloppsvatten varierade mellan 27 µg/L och 340 µg/L för de olika lokalerna (Figur 23). Medel- och mediankoncentrationen för utgående avloppsvatten var 70 respektive 63 µg/L. Koncentrationerna av grupperna andra läkemedel, smärtstillande och andra personvårdsprodukter verkade minska i den vattenlösta fraktionen mellan inkommande och utgående avloppsvatten. Ämnesgrupper som upptäcktes i utgående avloppsvatten var bland andra industrikemikalier, antidiabetika, antidepressiva och sötningsmedel.

Detektionsfrekvensen för PFAS-ämnen föreföll vara lika mellan vattendragen och Mälaren, demonstrerat i Figur 24. Ett fåtal PFAS-ämnen hade en högre detektionsfrekvens i Mälaren jämfört med vattendragen – PFOS, PFNA och PFHxS.

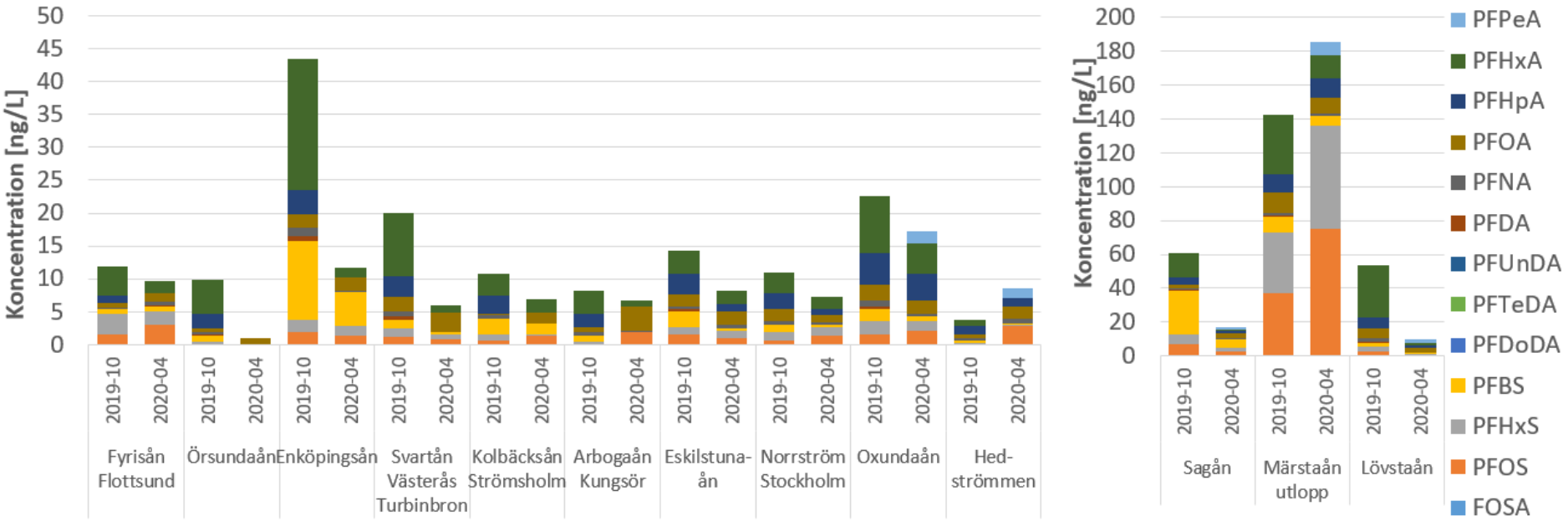


Figur 24. Detektionsfrekvens av PFAS-ämnen i Mälaren och dess vattendrag. Endast analyter med detektionsfrekvens ≥50% är inkluderade i figuren. Antal sjöprover: 43, antal vattendragsprover: 27



Figur 25. Kumulativ koncentration av PFAS-ämnen i de provtagna sjöproverna från Mälaren.
Provtagningsdjup på respektive plats anges inom parentes.

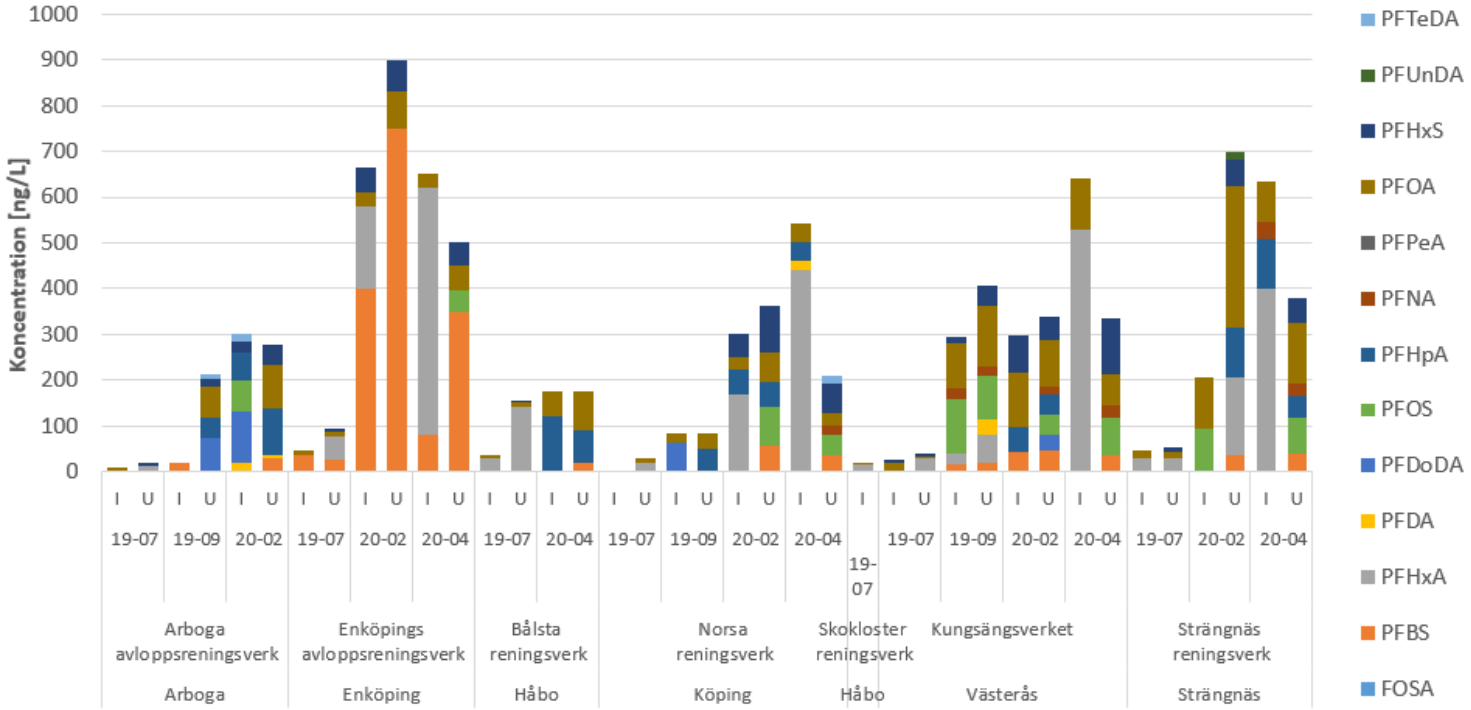
Från de detekterade PFAS-ämnena kan det observeras att de mer frekvent förekommande PFAS ämnena är de som utgjorde en stor del av den kumulativa koncentrationer av de studerade PFAS-ämnena (Figur 24 och Figur 25). PFOA, PFHxS, PFBS, PFOS och PFHxA utgjorde generellt sett en stor del av de kumulativa koncentrationerna. Vid olika provtagningslokaler och -tider utgjorde även PFHpA en betydande del av den totala koncentrationen.



Figur 26. Kumulativ koncentration av PFAS-ämnen i de provtagna vattendragen tillhörande Mälaren.

För många av proverna var ∑13PFAS <20 ng/L, med en generell trend med högre koncentrationer under hösten, med undantag för Hedströmmen och Märstaån utlopp (Figur 26). PFHxA hade generellt högre koncentration under höstprovtagningen.

Provtagningslokalerna med stora variationer mellan höst- och vårprovtagningen – Enköpingsån; Svartån Västerås, Turbinbron; Sagån, Lövstaån – uppvisade stora skillnader i koncentration av främst PFBS och/eller PFHxA mellan provtagningstillfällena. Märstaåns utlopp hade den högsta kumulativa koncentrationen av PFAS och koncentrationerna var i samma storleksordning som i tidigare studier, se bland annat Ahrens (2015) och Woldegiorgis (2010). Märstaåns utlopp var förorenat med PFOS, då koncentrationen för PFOA generellt sett överskred koncentrationen för PFOS, men i detta fall var förhållandet det omvända (Ahrens m.fl., 2015).



Figur 27. Kumulativa PFAS-koncentrationer i avloppsreningsverk kring Mälaren. Datum enligt ÅÅ-MM. I: inkommande avloppsvatten, U: utgående avloppsvatten.

Från Figur 27 kan det observeras att PFAS-ämnena PFHxA, PFBS, PFOS, PFOA och i vissa fall PFDoDA samt PFHxS utgjorde den största delen av de kumulativa koncentrationerna.

I vissa reningsverks utgående vatten uppmättes högre koncentrationer av PFAS-ämnena PFHxA, PFHpA, PFNA och PFOA. Detta är i linje med observationer gjorda av Coggan m. fl. (2019), som rapporterat förhöjda halter av PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA och PFDA i utgående avloppsvatten jämfört med inkommande avloppsvatten i australiensiska avloppsreningsverk.

6.2 Slutsatser Mälaren och Mälarens vattendrag

Grupperna andra läkemedel, smärtstillande och andra personvårdsprodukter minskade i den vattenlösta fraktionen när koncentrationerna mellan inkommande och utgående avloppsvatten jämfördes.

Ämnesgrupper som upptäcktes i utgående avloppsvatten var bland andra industrikemikalier, antidiabetika, antidepressiva och sötningsmedel.
De grupper som utgjorde en betydande del av den kumulativa koncentrationen i vattendragen var bland andra beta-blockerare, antiepileptika, antidepressiva, diuretika, antihistaminer, analgetika, industrikemikalier och sötningsmedel.
I Mälaren förekom antiepileptika, industrikemikalier, stimulanter och sötningsmedel ofta i sjöproverna. För provplatser nära större bebyggelse påträffades även beta-blockerare, antidepressiva, analgetika och diuretika i hög grad.
Karbamazepin (antiepileptika), DEET (pesticid), fexofenadin (antihistamin), koffein (stimulant), lidokain (lokalanestetika), desvenlafaxin (antidepressiv) och tributylacetylcitrat (industrikemikalie) påträffades i alla sjö- och vattendragsprov.

I alla vattendrag påträffades, utöver de ovan nämnda, även nikotin (stimulant) och 2-butoxietanol-fosfat (3:1).

I alla sjölokaler påträffades, utöver de ovanstående, även oxazepam (sedativ), lamotrigin (antiepileptika), klindamycin (antibiotika), 4-metyl-1H-bensotriazol (industrikemikalie), cetirizin (antihistamin), triisopropanolamin (industrikemikalie), metoprolol (beta-blockerare) och bikalutamid (antiandrogen).

∑13PFAS var generellt högre i vattendragen under hösten jämfört med våren. PFHxA och PFBS uppvisade en betydande skillnad mellan de två årstiderna. Märstaåns utlopp var förorenat med PFOS, då koncentrationen för PFOA generellt sett överskred koncentrationen för PFOS, men i detta fall var förhållandet det omvända. PFAS-ämnena PFHxA, PFBS, PFOS, PFOA utgjorde ofta den största delen av den kumulativa koncentrationen för avloppsreningsverken kring Mälaren. PFHxA, PFHpA, PFNA och PFOA förekom i vissa fall i högre koncentrationer i utgående avloppsvatten jämfört med det inkommande avloppsvattnet.

7. Alla sjö- och vattendragsprover

Många av de analyter som påträffades ofta i sjö- och vattendragsproverna överlappade mellan de olika regionala områdena. Tabell 8 visar ett urval av de överlappande analyterna, undantaget PFAS-ämnen, i sjöarna. Kategorier för varje analyt kan hittas i Tabell 19, Appendix.

Tabell 8. Detektionsfrekvens för alla studerade sjöprovtagningsplatser (medel %) jämfört med detektionsfrekvensen för sjöprover från Vänern, Vättern respektive Mälaren. Detektionsfrekvens visas endast för substanser med ≥50% detektion i någon sjö. Antal prover för varje sjö: Vänern (24), Vättern (16) och Mälaren (43)

Analyt	Medel	Vänern	Vättern	Mälaren
Sertralin-desmetyl	28%	25%	50%	33%
Irbesartan	30%	0%	0%	56%
Bisoprolol	36%	0%	0%	67%
Trimetoprim	42%	17%	6%	72%
Sulisobenson	47%	21%	25%	70%
Sulfametoxazol	49%	29%	31%	74%
Citalopram	50%	42%	31%	63%
Klindamycin	54%	4%	0%	100%
Propylparaben	55%	63%	44%	44%
Losartan	59%	38%	25%	84%
Sukralos	63%	25%	13%	95%
4-Metyl-1H-bensotriazol	76%	54%	56%	100%
Oxazepam	80%	67%	56%	100%
Nikotin	83%	92%	100%	74%
Di-(2-etylhexyl)fosforsyra	83%	96%	88%	77%
Flukonazol	84%	71%	75%	98%
2-Butoxietanol-fosfat (3:1)	84%	67%	88%	95%
Tramadol	87%	96%	50%	98%
Metformin	89%	88%	100%	88%
Cetirizin	99%	96%	100%	100%
Fexofenadin	99%	100%	94%	100%
Lidokain	99%	100%	94%	100%

Analyt	Medel	Vänern	Vättern	Mälaren
Metoprolol	100%	100%	100%	100%
Karbamazepin	100%	100%	100%	100%
Lamotrigin	100%	100%	100%	100%
N,N-Dietyltoluamid (DEET)	100%	100%	100%	100%
Bikalutamid	100%	100%	100%	100%
Koffein	100%	100%	100%	100%
Desvenlafaxin	100%	100%	100%	100%
Triisopropanolamin	100%	100%	100%	100%
Tributylacetylcitrat	100%	100%	100%	100%

31 analyter hade en detektionsfrekvens ≥50% i någon av sjöarna, varav 25 analyter hade en detektionsfrekvens ≥50% sett över alla sjöprover. Dessa 31 analyter tillhör inte någon specifik underkategori till de organiska miljöföroreningarna, utan representerar olika underkategorier.

Tabell 9. Detektionsfrekvens (%) för de mest frekventa analyterna för alla studerade vattendrag samt för vattendrag tillhörande Vänern, Vättern respektive Mälaren. Detektionsfrekvens visas endast för substanser med ≥50% detektion för alla vattendrag tillhörande en sjö. Antal prover för varje sjö: Vänern (12), Vättern (8), och Mälaren (27).

Analyt	Alla	Vänern	Vättern	Mälaren
Sertralin	26%	25%	50%	19%
Daidzein	32%	50%	25%	26%
Tiabendazol	38%	42%	63%	30%
2-Hydroxi-4-metoxi-bensofenon	38%	33%	75%	30%
Erytromycin	40%	33%	50%	41%
Furosemid	40%	33%	63%	37%
Sertralin-desmetyl	43%	50%	50%	37%
Klorzoxazon	43%	33%	63%	41%
Omeprazol	43%	42%	63%	37%
Metronidazol	43%	17%	75%	44%
Albuterol	45%	33%	63%	44%
Primidon	49%	25%	38%	63%
Ricinolsyra	49%	67%	63%	37%

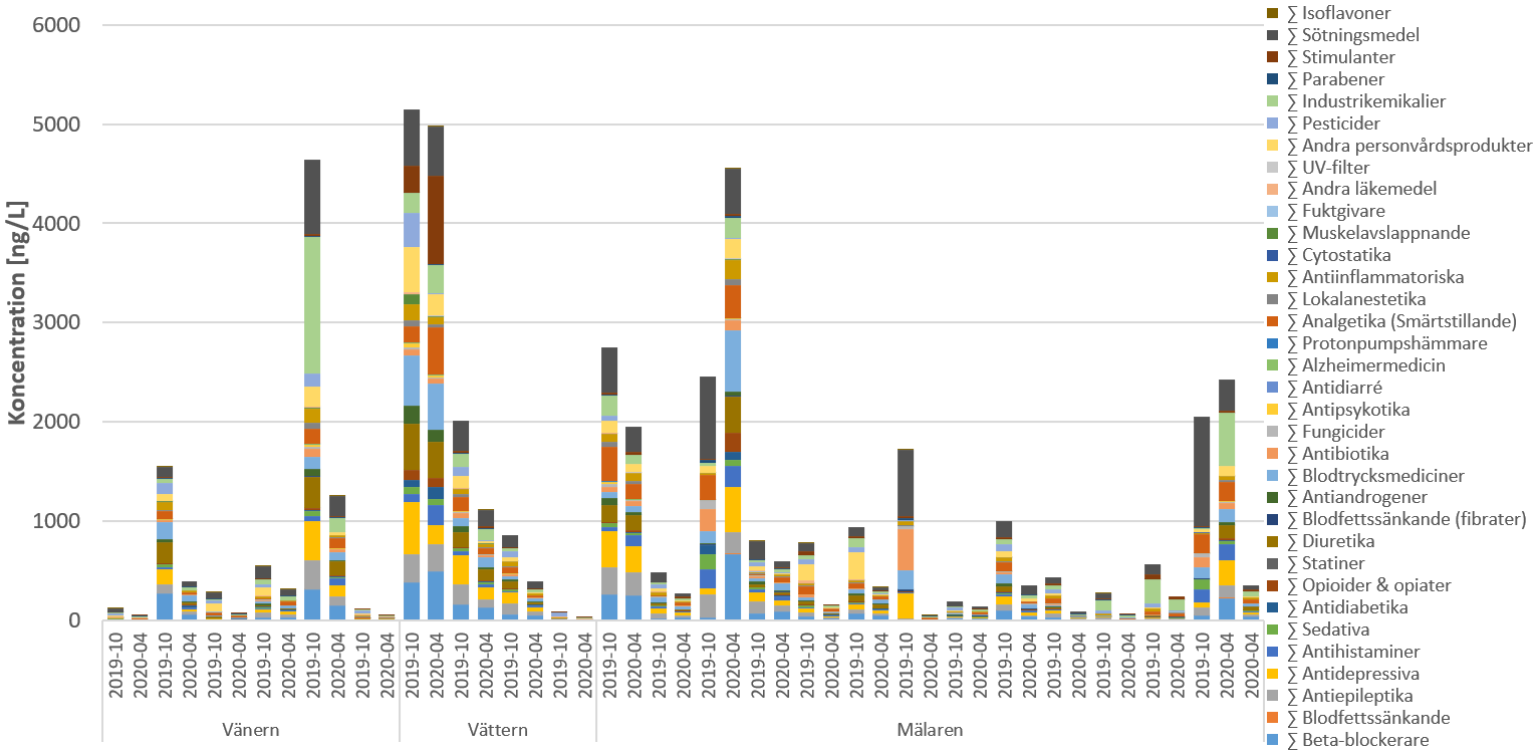
Analyt	Alla	Vänern	Vättern	Mälaren
Amitryptilin	49%	50%	75%	41%
Atorvastatin	51%	42%	50%	56%
2,6-Diklorbensamid (BAM)	51%	50%	50%	52%
Mefenaminsyra	53%	50%	50%	56%
Klaritromycin	55%	42%	75%	56%
Klozapin	57%	33%	75%	63%
Sotalol	60%	58%	63%	59%
Bezafibrat	60%	33%	13%	85%
Pantenol	60%	25%	38%	81%
2,2'-Dimorfolinyldietyleter	62%	33%	88%	67%
Memantin	64%	50%	75%	67%
Oxikodon	66%	67%	88%	59%
Klimbazol	66%	42%	75%	74%
Paracetamol	66%	50%	38%	81%
Sulfametoxazol	66%	58%	75%	67%
Bisoprolol	70%	50%	75%	78%
Kodein	70%	58%	75%	74%
Irbesartan	72%	83%	75%	67%
Salicylsyra	72%	92%	75%	63%
Valsartan	74%	75%	75%	74%
Mirtazapin	79%	83%	75%	78%
Propranolol	79%	75%	75%	81%
Propylparaben	79%	83%	63%	81%
Metylparaben	79%	83%	50%	85%
Trimetoprim	79%	67%	75%	85%
Venlafaxin	79%	75%	75%	81%
Sukralos	79%	67%	75%	85%
Citalopram	81%	92%	75%	78%
Klindamycin	81%	67%	75%	89%
Sulisobenson	83%	75%	88%	85%
Atenolol	85%	92%	75%	85%

Analyt	Alla	Vänern	Vättern	Mälaren
Diklofenak	85%	83%	100%	81%
Oxazepam	87%	92%	88%	85%
Losartan	87%	75%	100%	89%
4-Metyl-1H-bensotriazol	89%	83%	100%	89%
Di-(2-etylhexyl)fosforsyra	89%	83%	100%	89%
Hydroklortiazid	91%	100%	88%	89%
Tramadol	91%	100%	88%	89%
Lamotrigin	94%	100%	100%	89%
Flukonazol	94%	83%	100%	96%
Triisopropanolamin	94%	100%	88%	93%
Cetirizin	96%	100%	100%	93%
Metformin	96%	100%	100%	93%
Lidokain	96%	92%	88%	100%
Metoprolol	98%	100%	100%	96%
Bikalutamid	98%	100%	100%	96%
Nikotin	100%	100%	100%	100%
Karbamazepin	100%	100%	100%	100%
N,N-Dietyltoluamid (DEET)	100%	100%	100%	100%
Fexofenadin	100%	100%	100%	100%
Koffein	100%	100%	100%	100%
Desvenlafaxin	100%	100%	100%	100%
Tributylacetylcitrat	100%	100%	100%	100%
2-Butoxietanol-fosfat (3:1)	100%	100%	100%	100%

67 specifika analyter hade en detektionsfrekvens ≥50% för en specifik sjös vattendrag, varav 53 analyter hade en detektionsfrekvens ≥50% sett över alla insamlade vattendragsprover (n = 47).

Koffein, tributylacetylcitrat, desvenlafaxin, karbamazepin och DEET detekterades i alla sjö- och vattendragsprov. Detta tyder på utbrett användande av dessa substanser, samt att de är persistenta. Detektionsfrekvensen för de analyter som upptäcktes till 100% i något av vattendragen, men hade en lägre detektionsfrekvens i sjöarna, kan ändå misstänkas vara persistenta i miljön. De lägre koncentrationerna i sjöarna kan bero på utspädning vilket resulterar i lägre detektionsfrekvens.

Den kumulativa koncentrationen av de studerade analyterna var högst i Mälaren. Detta var förväntat eftersom Mälaren har lägst vattenvolym av de tre studerade sjöarna men har samtidigt högst populationsdensitet (och således avloppsreningsverk med många anslutningar).



Figur 28. Jämförelse mellan kumulativ koncentration för alla provtagna vattendrag. Analyterna är kategoriserade efter terapeutisk grupp (för läkemedel) och i andra typer av ämnen.

De kumulativa koncentrationerna som uppmättes för alla vattendrag i studien presenteras i Figur 28. Den kumulativa koncentrationen av de studerade organiska miljöföroreningarna varierade mellan 24 ng/L och >5 µg/L, med ett medianvärde på 430 ng/L och ett medelvärde på 1 µg/L. Alla sjöar hade omkringliggande vattendrag med höga kumulativa koncentrationer.

Vattendragen med de högre koncentrationerna hade liknande koncentrationsprofiler – de mer betydande klasserna av organiska miljöföroreningar i dessa vattendrag utgjordes av beta-blockerare, antiepileptika, antidepressiva, diuretika, blodtrycksmediciner, antibiotika, analgetika (smärtstillande), andra personvårdsprodukter, industrikemikalier och sötningsmedel. Nedan listas ämnen som utgjorde en betydande del av respektive klass, med medianvärde och maxvärde i parentes:

Metoprolol (22 och 400 ng/L), lamotrigin (19 och 230 ng/L), venlafaxin och desvenlafaxin (23 och 260 ng/L samt 11 och 150 ng/L), furosemid och hydroklortiazid (28 och 160 ng/L samt 15 och 400 ng/L), losartan (27 och 460 ng/L), sulfametoxazol och kloramfenikol (5,6 och 50 ng/L samt 2,3 och 260 ng/L), paracetamol (27 och 340 ng/L), sulisobenson (27 och 420 ng/L), 4-metyl-1H-bensotriazol och 2-butoxietanol-fosfat (3:1) (14,5 och 750 ng/L samt 4,1 och 570 ng/L) och sukralos (100 och 1100 ng/L).

I Tabell 10 jämförs detektionsfrekvensen för de studerade analyterna i bakgrundlokaler och känt eller misstänkt påverkade lokaler. Opåverkade lokaler har definierats som utlopp från sjöarna (Göta älv, Motala ström och Norrström för Vänern, Vättern och Mälaren respektive), uppströms avloppsreningsverk (Klarälven Almar för Vänern) eller erkänt rent inlopp (Hedströmmen för Mälaren) enligt Tabell 2, Tabell 4 och Tabell 6.

Tabell 10. Detektionsfrekvens (%) för påverkade vattendrag jämfört med vattendrag klassade (i denna studie) som bakgrundslokaler per sjö. Endast analyter med detektionsfrekvens ≥25% över bakgrund i någon av sjöarna inkluderades. Utvalda bakgrundsvattendrag för Vänern: Klarälven Almar och Göta älv; Vättern: Motala ström; Mälaren: Hedströmmen (dock ej 2019-10) och Norrström.

	Vänern		Vättern		Mälaren	
	Opåverkade	Påverkade	Opåverkade	Påverkade	Opåverkade	Påverkade
Antal prover (*n*)	4	8	2	6	3	23
Ämne						
Kloramfenikol	50%	13%	0%	33%	33%	35%
PFPeA	25%	0%	0%	33%	33%	22%
Ifosfamid	50%	38%	0%	33%	33%	39%

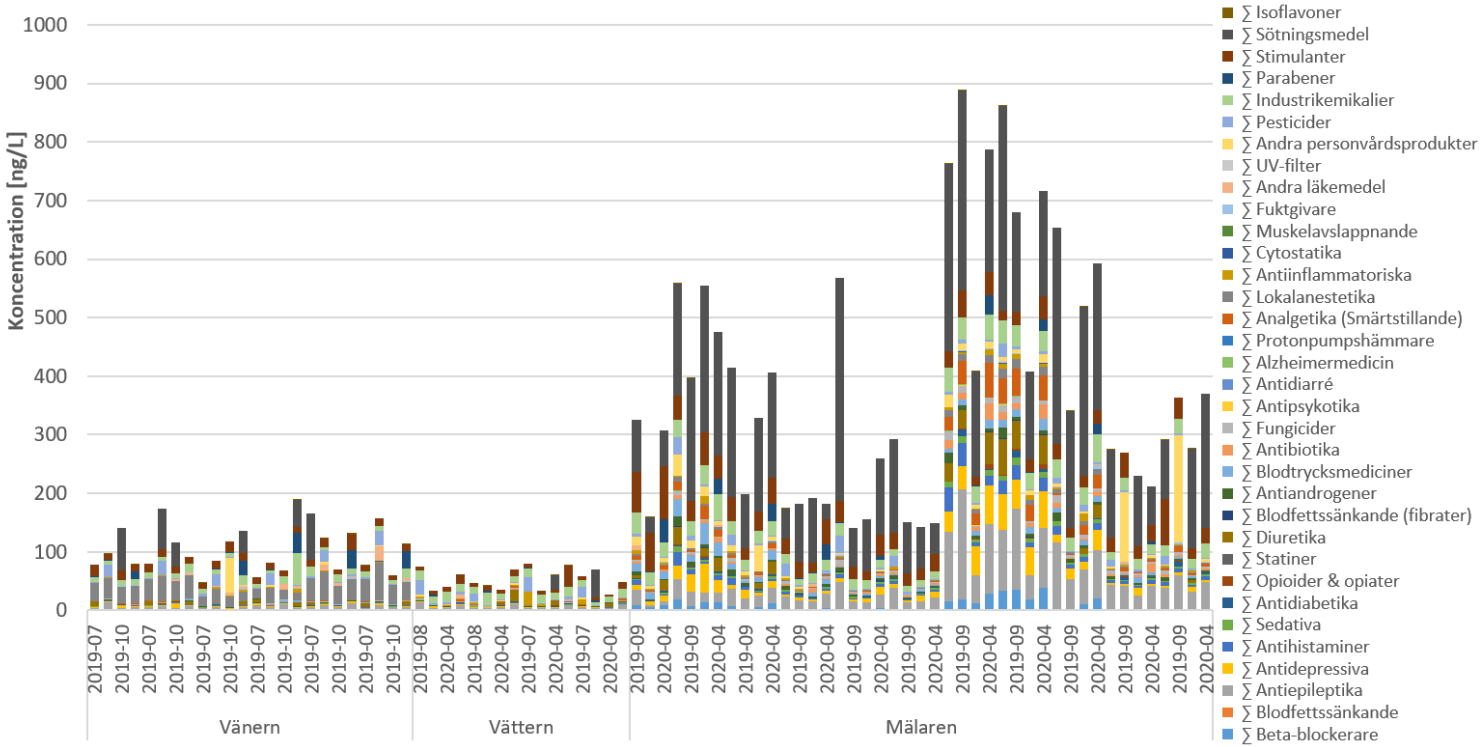
	Vänern		Vättern		Mälaren	
	Opåver-kade	Påver-kade	Opåver-kade	Påver-kade	Opåver-kade	Påver-kade
Antal prover (*n*)	4	8	2	6	3	23
Ämne						
Hydroklortiazid	100%	100%	50%	100%	100%	91%
Tramadol	100%	100%	50%	100%	100%	91%
Lamotrigin	100%	100%	100%	100%	67%	96%
Triisopropanolamin	100%	100%	50%	100%	100%	96%
Daidzein	25%	63%	0%	33%	33%	22%
PFBS	25%	13%	50%	83%	100%	87%
Albuterol	0%	50%	0%	83%	0%	52%
Laurilsulfat	0%	38%	0%	17%	0%	9%
4-Metyl-1H-bensotriazol	50%	100%	100%	100%	100%	91%
Di-(2-etylhexyl)fosfor-syra	50%	100%	100%	100%	100%	91%
PFHxA	50%	63%	100%	83%	67%	91%
Paroxetin	0%	13%	0%	0%	0%	26%
Flukonazol	75%	88%	100%	100%	67%	100%
2-Hydroxi-4-metoxi-bensofenon	0%	50%	50%	83%	33%	30%
Loperamid	0%	25%	0%	50%	0%	13%
Lidokain	75%	100%	50%	100%	100%	100%
Azitromycin	0%	13%	0%	33%	0%	26%
Oxazepam	75%	100%	50%	100%	67%	87%
Diazepam	0%	13%	0%	50%	0%	26%
Paracetamol	25%	63%	0%	50%	100%	83%
Propylparaben	50%	100%	50%	67%	67%	87%
Sertralin	0%	38%	0%	67%	0%	22%
Tiabendazol	0%	63%	0%	83%	33%	30%
Ramipril	0%	50%	0%	50%	0%	26%
PFDA	0%	13%	0%	33%	0%	43%
Sulisobenson	50%	88%	50%	100%	67%	91%
Metronidazol	0%	25%	0%	100%	33%	43%

	Vänern		Vättern		Mälaren	
	Opåver-kade	Påver-kade	Opåver-kade	Påver-kade	Opåver-kade	Påver-kade
Antal prover (*n*)	4	8	2	6	3	23
Ämne						
Atenolol	75%	100%	0%	100%	67%	91%
Diklofenak	50%	100%	100%	100%	33%	91%
Losartan	25%	100%	100%	100%	67%	91%
Trimetoprim	50%	75%	0%	100%	67%	87%
Oxikodon	50%	75%	50%	100%	0%	70%
Klozapin	25%	38%	0%	100%	33%	70%
Pantenol	0%	38%	0%	50%	67%	83%
Diltiazem	0%	50%	0%	83%	33%	52%
Amitryptilin	0%	75%	0%	100%	33%	39%
Citalopram	75%	100%	0%	100%	33%	87%
Erytromycin	0%	50%	0%	67%	0%	43%
Irbesartan	50%	100%	0%	100%	33%	74%
2,2'-Dimorfolinyldietyle-ter	0%	50%	50%	100%	33%	74%
Furosemid	0%	50%	0%	83%	0%	43%
Omeprazol	0%	63%	0%	83%	0%	39%
Klaritromycin	0%	63%	0%	100%	33%	57%
Klorzoxazon	0%	50%	0%	83%	0%	48%
Venlafaxin	50%	88%	0%	100%	33%	87%
Sukralos	25%	88%	0%	100%	67%	87%
Sulfametoxazol	0%	88%	0%	100%	67%	70%
Mirtazapin	50%	100%	0%	100%	33%	87%
Kodein	25%	75%	0%	100%	33%	78%
Sotalol	25%	75%	0%	83%	0%	65%
Bezafibrat	0%	50%	0%	17%	33%	91%
Atorvastatin	0%	63%	0%	67%	0%	61%
Memantin	0%	75%	0%	100%	33%	70%
Valsartan	25%	100%	0%	100%	33%	83%

	Vänern		Vättern		Mälaren	
	Opåver-kade	Påver-kade	Opåver-kade	Påver-kade	Opåver-kade	Påver-kade
Antal prover (*n*)	4	8	2	6	3	23
Ämne						
Klimbazol	0%	63%	0%	100%	33%	78%
Propranolol	25%	100%	0%	100%	33%	87%
Klindamycin	0%	100%	0%	100%	67%	91%
Bisoprolol	0%	75%	0%	100%	33%	87%

Eftersom inte alla vattendrag valdes ut på samma grund – se Tabell 2, Tabell 4 och Tabell 6 – kan det förklara observerade skillnader mellan de olika sjöarnas vattendrag och deras detektionsfrekvens över bakgrunden. I Vättern studerades specifikt recipienter av avloppsvatten, utöver utloppet vid Motala ström, medan Mälarens vattendrag förmodligen var påverkade av även andra föroreningskällor så som ytavrinning från jordbruk samt enskilda avlopp. Det kan eventuellt förklara den spridning som observeras i Tabell 10.

En del analyter hade högre detektionsfrekvens för de opåverkade än i de påverkade vattendragen. Vissa av dessa – 4-metyl-1H-bensotriazol, triisopropanolamin, di-(2-etylhexyl)fosforsyra – kan observeras ha hög detektionsfrekvens överlag i studien enligt Tabell 9.



Figur 29. Jämförelse mellan de olika sjöprovplatsernas kumulativa koncentrationer. Analyter indelade i terapeutisk grupp (för läkemedel) och i andra typer av ämnen.

I Figur 29 jämförs de kumulativa koncentrationerna för varje provlokal som ingick i studien, indelade per sjö. De kumulativa koncentrationerna varierade mellan 27 ng/L och ca 900 ng/L, och median- och medelhalten var 160 och 240 ng/L respektive. Högst halter hade Mälaren, vars resultat har diskuterats mer ingående i avsnitt 6.1 Resultat och diskussion Mälaren och dess vattendrag. Lägst halter hade Vättern.

De särskilt förorenande ämnena för ytvatten – ciprofloxacin, diklofenak, 17-α-etinylöstradiol, PFAS11, PFOS och 17-β-östradiol – samt ämnenas miljökvalitetsnormer presenteras i Tabell 11 (sjöar) och Tabell 12 (vattendrag).

Tabell 11. Jämförelse mellan bedömningsgrunder för särskilt förorenande ämnen i inlandsytvatten samt koncentrationer (ng/L) för varje sjös provplats. Vid flera djup för samma provplats anges medelkoncentrationen. Tabellen är delvis adapterad och modifierad från HVMFS 2019:25.

		Ämne					
		Ciprofloxacin	**Diklofenak**	**17-α-etinylöstradiol**	**PFAS11(1)**	**PFOS**	**17-β-östradiol**
God status, årsmedelvärde [ng/L]			100	0,035	90	0,65	0,4
Maximal tillåten koncentration [ng/L]		100					
Vänern							
Dagskärsgrund N	2019-07	<10	<1,3	<8,6	10	<0,48	**2,9**
	2019-08	<10	<1,3	<8,6	1,9	<0,48	**2,4**
	2019-10	<10	<1,3	<8,6	7,2	<0,48	<2,2
	2020-04	<10	<1,3	<8,6	5,2	**1,2**	<2,2
Megrundet N	2019-07	<10	<1,3	<8,6	9,9	<0,48	**2,3**
	2019-08	<10	2,3	<8,6	3,5	**0,90**	**2,9**
	2019-10	<10	<1,3	<8,6	7,5	<0,48	<2,2
	2020-04	<10	4,2	<8,6	6,9	**1,2**	<2,2
Tärnan SSO	2019-07	<10	<1,3	<8,6	7,9	<0,48	**3,8**
	2019-08	<10	<1,3	<8,6	1,5	<0,48	**2,8**
	2019-10	<10	<1,3	<8,6	7,8	<0,48	<2,2
	2020-04	<10	<1,3	<8,6	5,8	**1,4**	<2,2
Vättern							
Edeskvarnaån NV	2019-08	<10	<1,3	<8,6	2,6	**0,86**	**2,4**
	2019-09	<10	<1,3	<8,6	2,3	<0,48	**2,8**
	2020-04	<10	<1,3	<8,6	3,9	**1,3**	<2,2
	2020-07	<380	<1,3	<8,6	1,8	**0,86**	<2,2
Jungfrun NV	2019-07	<10	15	<8,6	1,7	<0,48	**3**
	2019-09	<10	3,4	<8,6	2,2	<0,48	**2**

		Ämne					
		Ci-profloxa-cin	**Diklo-fenak**	**17-α-eti-nylöstradiol**	**PFAS11([1])**	**PFOS**	**17-β-östra-diol**
God status, års-medelvärde [ng/L]			**100**	**0,035**	**90**	**0,65**	**0,4**
Maximal tillåten koncentration [ng/L]		**100**					
Jungfrun NV	2020-04	<10	<1,3	<8,6	2,9	**0,67**	<2,2
	2020-07	<380	<1,3	<8,6	1,8	0,61	<2,2
Mälaren							
Ekoln Vreta Udd	2019-07	<10	6,8	<8,6	6,0	**1,7**	**2,9**
	2019-09	<380	3	<8,6	4,9	**2,9**	<2,2
	2020-02	<10	5,4	<8,6	9,2	**0,96**	<2,2
	2020-04	<10	7,9	<8,6	10	**3,6**	<2,2
Galten							
	2019-09	<10	7,1	<8,6	11	<0,48	**3,9**
	2020-02	<10	2	<8,6	7,8	<0,48	<2,2
	2020-04	<10	3,4	<8,6	3,1	**1,4**	<2,2
Granfjärden Djurgårds udde	2019-07	<10	<1,3	<8,6	3,9	**1,3**	**2,5**
	2019-09	<10	<1,3	<8,6	9,1	<0,48	**3,1**
	2020-02	<10	<1,3	<8,6	6,0	<0,48	<2,2
	2020-04	<10	<1,3	<8,6	6,4	**1,7**	<2,2
Görväln S	2019-07	<10	<1,3	<8,6	7,3	**1,5**	**2,6**
	2019-09	<380	1,8	<8,6	5,9	**3,0**	<2,2
	2020-02	<10	2,1	<8,6	10	**0,93**	<2,2
	2020-04	<10	2	<8,6	9,8	**2,8**	<2,2
Prästfjärden	2019-07	<10	<1,3	<8,6	5,2	**1,6**	**2,9**
	2019-09	<10	<1,3	<8,6	10	**0,93**	**2,9**
	2020-02	<10	<1,3	<8,6	9,6	**0,93**	<2,2
	2020-04	<10	<1,3	<8,6	11	**2,3**	<2,2
S. Björkfjärden SO	2019-07	<10	<1,3	<8,6	4,5	**0,71**	**2,5**
	2019-09	<10	<1,3	<8,6	12	**1,1**	**2,5**
	2020-02	<10	<1,3	<8,6	4,1	<0,48	<2,2
	2020-04	<10	<1,3	<8,6	8,0	**2,5**	<2,2
Skarven	2019-07	<10	<1,3	<8,6	9,7	**2,2**	**2,8**
	2019-09	<10	<1,3	<8,6	13	**2**	<2,2
	2020-02	<10	12	<8,6	8,8	**2,1**	<2,2
	2020-04	<10	<1,3	<8,6	8,3	**3,7**	<2,2
Västeråsfjädern	2019-07	<10	<1,3	<8,6	3,3	**1,2**	**2,9**
	2019-09	<10	<1,3	<8,6	8,4	<0,48	**3**
	2020-02	<10	12	<8,6	4,7	<0,48	<2,2
	2020-04	<10	<1,3	<8,6	7,5	**2,3**	<2,2

([1]) PFAS11 utgjordes av PFOS, PFBS, PFHxS, 6:2 FTS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA. Gränsvärdet får ej överskridas i prover som representerar råvattenintag.
Notera att PFAS-ämnet 6:2 FTS inte ingick i den aktuella studien och att PFBA inte kunde kvantifieras.

Ciprofloxacins kvantifieringsgräns låg klart under miljökvalitetsnormens 100 ng/L, och koncentrationerna i sjöprovslokalerna kan i det studerade fallet antas vara mer än en tiopotens lägre än miljökvalitetsnormen. Koncentrationerna för diklofenak var ungefär en tiopotens lägre än miljökvalitetsnormen. Detsamma var fallet för Σ11PFAS.

Koncentrationerna för både PFOS samt 17-β-östradiol överskred miljökvalitetsnormerna vid flertalet tillfällen och platser. För PFOS låg kvantifieringsgränsen strax under miljökvalitetsnormen. För 17-β-östradiol låg kvantifieringsgränsen över miljökvalitetsnormen, dock förekom koncentrationer över kvantifieringsgränsen regelbundet för många av provtagningsplatserna (Tabell 11). Känsligare metoder (som når lägre kvantifieringsgränser) krävs för att bättre utvärdera situationen i sjöarna. Detsamma gäller för 17-α-etinylöstradiol, där utmaningen består i att nå de kvantifieringsgränser som behövs för att kunna utvärdera hur miljökvalitetsnormerna efterföljs i sjöarna.

Tabell 12. Jämförelse mellan bedömningsgrunder för särskilt förorenande ämnen i inlandsytvatten och uppmätta koncentrationer (ng/L). Tabell delvis adapterad och modifierad från HVMFS2019:25.

		Ämne					
		Ciprofloxacin	**Diklofenak**	**17-α-etinylöstradiol**	**PFAS11([1])**	**PFOS**	**17-β-östradiol**
God status, årsmedelvärde [ng/L]			**100**	**0,035**	**90**	**0,65**	**0,4**
Maximal tillåten koncentration [ng/L]		**100**					
Vänern							
Klarälven Almar	2019-10	<10	5,7	<8,6	2,5	<0,3	<2,2
	2020-04	<10	<0,93	<8,6	2,3	<0,3	<2,2
Klarälven Skoghall	2019-10	<10	74	<8,6	3,8	<0,3	<2,2
	2020-04	<10	19	<8,6	1,6	<0,3	<2,2
Klarälven Karlstad	2019-10	<10	6,4	<8,6	1,8	<0,3	<2,2
	2020-04	<10	2,2	<8,6	2	<0,3	<2,2
Tidan	2019-10	<10	8,7	<8,6	7,6	**1,5**	<2,2
	2020-04	<10	4,1	<8,6	2,7	<0,3	<2,2
Ösan	2019-10	<10	**140**	<8,6	15	**0,82**	<2,2
	2020-04	<10	23	<8,6	7,0	**1,5**	<2,2
Göta älv Vargön	2019-10	<10	4,7	<8,6	5,3	<0,3	<2,2
	2020-04	<10	<0,93	<8,6	4,8	0,61	**2,3**
Vättern							
Lillån Bankeryd	2019-10	<10	**160**	<8,6	8,2	<0,3	<2,2
	2020-04	<10	71	<8,6	3,7	0,57	<2,2
Munksjöns utlopp	2019-10	<10	53	<8,6	11	**1,1**	<2,2
	2020-04	<10	28	<8,6	15	**4,9**	<2,2
Huskvarnaån	2019-10	<10	50	<8,6	12	<0,3	<2,2
	2020-04	<10	16	<8,6	2,9	<0,3	<2,2
Motala ström	2019-10	<10	2,4	<8,6	3,9	<0,3	<2,2
	2020-04	<10	1,1	<8,6	6,6	**1,5**	<2,2
Mälaren							
Fyrisån Flottsund	2019-10	<10	78	<8,6	12	**1,6**	<2,2
	2020-04	<10	80	<8,6	9,7	**3,1**	<2,2
Örsundaån	2019-10	<10	19	<8,6	9,8	<0,3	<2,2
	2020-04	<10	10	<8,6	0,97	<0,3	<2,2
Enköpingsån	2019-10	<10	1,4	<8,6	43	**1,7**	<2,2
	2020-04	<10	**200**	<8,6	12	**1,4**	<2,2

		Ämne					
		Ci-profloxa-cin	Diklofenak	17-α-etinylöstradiol	PFAS11(1)	PFOS	17-β-östra-diol
God status, års-medelvärde [ng/L]			**100**	**0,035**	**90**	**0,65**	**0,4**
Maximal tillåten koncentration [ng/L]		**100**					
Sagån	2019-10	<10	6,2	<8,6	61	**7**	**2,5**
	2020-04	<10	24	<8,6	17	**2,9**	<2,2
Svartån Västerås	2019-10	<10	20	<8,6	20	**1,2**	<2,2
	2020-04	<10	1,3	<8,6	6,0	**0,87**	<2,2
Kolbäcksån	2019-10	<10	24	<8,6	11	0,54	<2,2
	2020-04	<10	7,1	<8,6	7,0	**1,3**	<2,2
Hedströmmen	2019-10	<10	<0,93	<8,6	3,8	<0,3	<2,2
	2020-04	<10	<0,93	<8,6	8,6	**2,9**	<2,2
Arbogaån Kungsör	2019-10	<10	6,7	<8,6	8,1	<0,3	**2,7**
	2020-04	<10	5	<8,6	6,7	**1,9**	<2,2
Eskilstunaån	2019-10	<10	30	<8,6	14	**1,5**	<2,2
	2020-04	<10	<0,93	<8,6	8,2	**0,99**	<2,2
Norrström utlopp	2019-10	<10	22	<8,6	11	0,55	<2,2
	2020-04	<10	<0,93	<8,6	7,3	**1,3**	<2,2
Oxundaån	2019-10	<10	7,4	<8,6	23	**1,6**	<2,2
	2020-04	<10	<0,93	<8,6	17	**2,1**	<2,2
Märstaån utlopp	2019-10	<10	19	<8,6	**140**	**37**	<2,2
	2020-04	<10	2,8	<8,6	**190**	**75**	<2,2
Lövstaån	2019-10	<10	1,9		54	**3**	
	2020-04	<10	43	<8,6	9,7	**0,68**	<2,2
Köpingsån	2020-04	<10	14	<8,6	3,8	<0,3	<2,2

(1) PFAS11 utgjordes av PFOS, PFBS, PFHxS, 6:2 FTS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA. Gränsvärdet får ej överskridas i prover som representerar råvattenintag.
Notera att PFAS-ämnet 6:2 FTS inte ingick i den aktuella studien och att PFBA inte kunde kvantifieras

För ciprofloxacin låg kvantifieringsgränsen klart under den maximalt tillåtna koncentrationen för miljökvalitetsnormens bedömningsgrund. Inget av de studerade fallen hade överskridande koncentrationer för miljökvalitetsnormen.

För diklofenak hade alla sjöars mest påverkade vattendrag – Ösan (Vänern), Lillån Bankeryd (Vättern) och Enköpingsån (Mälaren) – koncentrationer i storleksordningen kring miljökvalitetsnormen. Vattendragen visade i många fall upp en variation mellan provtagningstillfällena för diklofenak, något som kan ha påverkats av den valda provtagningsmetoden (stickprov).

17-α-etinylöstradiol hade en för hög kvantifieringsgräns för att kunna bli utvärderad enligt vattendragens status i förhållande till HVMFS bedömningsgrunder.

För PFAS11 (exklusive 6:2 FTS och PFBA) överskred Mälarens mest kontaminerade vattendrag (Märstaån utlopp) det tillåtna årsmedelvärdet. För Vänern och Vättern låg den kumulativa koncentrationen ca en tiopotens lägre än miljökvalitetsnormen.

PFOS var den miljökvalitetsnorm som överskreds flest gånger av de undersökta ämnena, 26 överträdelser av 47 möjliga (55%). De högsta koncentrationerna för PFOS uppmättes för provplats Märstaåns utlopp, med koncentrationer över 50 gånger miljökvalitetsnormen vid båda provtagningstillfällena. De andra vattendragens överskridande varierade mellan 1 och 11 gånger miljökvalitetsnormen, med ett medelvärde på 3 gånger så höga koncentrationer som miljökvalitetsnormen.

Trots en relativt hög kvantifieringsgräns jämfört med miljökvalitetsnormen kunde 17-β-östradiol kvantifieras i tre fall (6 %), i två vattendrag tillhörande Mälaren och i ett vattendrag tillhörande Vänern. I de fall där 17-β-östradiol kunde kvantifieras var halterna dock strax över kvantifieringsgränsen. Lägre kvantifieringsgränser krävs för att kunna dra slutsatser om vattendragens eventuella påverkan av ämnet.

Det ska poängteras att provtagningen för vattendragen gjordes med stickprov och att provplatserna endast provtogs två gånger under studiens gång. Detta ger bara en begränsad bild av verkligheten, och mer frekventa provtagningar behövs för att dra säkra slutsatser angående vattendragens status i förhållande till miljökvalitetsnormerna.

Tabell 13. Detektionsfrekvens (%) för PFAS-ämnena för alla sjöprover samt för prover från Vänern, Vättern respektive Mälaren. Detektionsfrekvens visas endast för ämnen med ≥50% frekvens i någon sjö. Antal prover för varje sjö: Vänern (24), Vättern (16) och Mälaren (43)

Analyt	Alla	Vänern	Vättern	Mälaren
PFOS	60%	33%	33%	84%
PFHpA	63%	75%	33%	65%
PFBS	74%	71%	33%	86%
PFHxA	81%	79%	83%	81%
PFNA	81%	96%	42%	86%
PFHxS	94%	79%	100%	100%
PFOA	100%	100%	100%	100%

En överrepresentation (≥ 15 procentenheter över medel) för detektionsfrekvensen av de studerade PFAS-ämnena observerades för följande sjöar:

- Vänern: PFNA
- Vättern: -
- Mälaren: PFOS

Tabell 14. Detektionsfrekvens (%) för PFAS-ämnen för alla vattendragsprover samt för prover från vattendrag tillhörande Vänern, Vättern respektive Mälaren. Detektionsfrekvens visas endast för ämnen med ≥50% frekvens i något av vattendragen. Antal prover för varje sjö: Vänern (12), Vättern (8) och Mälaren (27).

Analyt	Alla	Vänern	Vättern	Mälaren
PFOS	64%	33%	50%	81%
PFHpA	64%	33%	75%	74%
PFBS	68%	17%	75%	89%
PFHxA	81%	58%	88%	89%
PFHxS	85%	58%	100%	93%
PFNA	87%	83%	100%	85%
PFOA	98%	92%	100%	100%

En överrepresentation (≥ 15 procentenheter över medel) för detektionsfrekvensen av de studerade PFAS-ämnena observerades för vattendrag tillhörande följande sjöar, jämfört med de andra:

- Vänern: -
- Vättern: PFHxS
- Mälaren: PFOS och PFBS

7.1 Slutsatser alla sjö- och vattendragsprover

Sju analyter upptäcktes i alla vattendragsprover: nikotin, 2-butoxietanolfosfat (3:1), koffein, tributylacetylcitrat, desvenlafaxin, karbamazepin och DEET. Nio analyter upptäcktes i alla sjöprover: koffein, tributylacetylcitrat, desvenlafaxin, karbamazepin, DEET, metoprolol, triisopropanolamin, lamotrigin och bikalutamid. Fem analyter upptäcktes i alla sjö- och vattendragsprover: koffein, tributylacetylcitrat, desvenlafaxin, karbamazepin och DEET. Användningen av dessa substanser är således utbredd och substanserna är persistenta i den akvatiska miljön. PFOS överskrider ofta miljökvalitetsnormen för många av de studerade ytvattnen. Även 17-α-etinylöstradiol och 17-β-östradiol upptäcktes i halter som överskrider miljökvalitetsnormer, men bättre kvantifieringsgränser behövs för en mer rättvisande utvärdering.

8. Sammanfattning

Den här studien bidrar med information om miljömässigt relevanta koncentrationer av organiska miljöföroreningar i svenska ytvatten och avloppsreningsverk. De studerade organiska miljöföroreningarna har delats in i terapeutiska grupper (för läkemedel) eller andra relevanta grupper, för att underlätta förståelsen för den blandning av antropogena kemikalier som återfinns i svenska ytvatten.

Resultaten visar vilka organiska miljöföreningar som var vanligt förekommande i de studerade svenska vattendragen – nikotin (stimulant), 2-butoxietanol-fosfat (3:1) (industrikemikalie), koffein (stimulant), tributylacetylcitrat (industrikemikalie), desvenlafaxin (antidepressiv), karbamazepin (antiepileptika) och DEET (pesticid) – och vilka som var frekventa i de tre största svenska sjöarna – koffein (stimulant), tributylacetylcitrat (industrikemikalie), desvenlafaxin (antidepressiv), karbamazepin (antiepileptika), DEET (pesticid), metoprolol (beta-blockerare), triisopropanolamin (industrikemikalie), lamotrigin (antiepileptika) och bikalutamid (antiandrogen). De flesta av de mest frekventa analyterna är sedan tidigare kända som persistenta miljöföroreningar i den svenska miljön.

Bland de särskilt förorenande ämnena detekterades ciprofloxacin genomgående i halter under miljökvalitetsnormen (sjöar och vattendrag) medan 17-β-östradiol upptäcktes i halter över miljökvalitetsnormen i flertalet av sjöproverna. Diklofenak överskred miljökvalitetsnormen i enstaka fall, medan PFAS-ämnen upptäcktes i höga halter vid enstaka provplatser. Kvantifieringsgränsen för 17-α-etinylöstradiol var för hög för att möjliggöra en rättvis utvärdering enligt miljökvalitetsnormen.

En jämförelse mellan sjöarna visar att de kumulativa koncentrationerna av analyterna i Mälarens vatten var mellan 2-8 gånger så höga som i Vänern, och att Vättern har lägst kumulativa koncentrationer av analyterna av alla tre sjöarna. Mellan de kumulativa koncentrationerna i de tillrinnande vattendragen till de olika sjöarna kunde inget tydligt mönster utläsas, utan de varierade i ungefär samma storleksordning. De kumulativa koncentrationerna i inkommande och utgående vatten från avloppsreningsverken kring de tre sjöarna varierade också i ungefär samma storleksordning.

9. Rekommendationer

Uppföljningsmätningar, med tätare provtagningsintervall, bör övervägas för ämnen bedömda som särskilt förorenande ämnen (SFÄ) listade med ”Ja” i Tabell 15.

Tabell 15. Särskilt förorenande ämnen vars beräknade medelvärden kan misstänkas överskrida rekommenderade årsmedelvärden.

		Vänern	Vättern	Mälaren
Diklofenak	Vattendrag	Ja	Ja	Ja
	Sjöar	Nej	Nej	Nej
17-α-etinylöstradiol	Vattendrag	-	-	-
	Sjöar	-	-	-
PFAS11	Vattendrag	Nej	Nej	Ja
	Sjöar	Nej	Nej	Nej
PFOS	Vattendrag	Ja	Ja	Ja
	Sjöar	Ja	Ja	Ja
17-β-östradiol	Vattendrag	Ja	-	Ja
	Sjöar	Ja	Ja	Ja

Uppmaningen till uppföljningsmätningar baseras på överskridna halter av miljökvalitetsnormen beräknade årsmedelvärden från varje sjös, eller vattendrag tillhörande sjö, mest kontaminerade plats samt storleksordningen på det beräknade årsmedelvärdet. Medelvärdena i denna studie baseras på halter uppmätta i stickprov från fyra (sjölokaler) eller två (vattendrag) mättillfällen per provtagningsplats, vilket inte kan bedömas som tillräckliga resultat för att basera ett årsmedelvärde på.

Med åtta PFAS-ämnen på REACH-listan över kandidater för kategorin ”substances of very high concern (SVHC)” kan framtidens miljökvalitetsnormer komma att omfatta ännu fler ämnen som har analyserats i denna studie. De aktuella PFAS-ämnena är: PFBS, PFDA, PFDoDA, PFHxS, PFNA, PFOA, PFTeDA och PFUnDA.

Bedömning av uppmätta koncentrationer i denna studie behöver utvärderas med avseende på eventuella toxikologiska effekter.

Denna studie begränsades till att studera den vattenlösta fraktionen av analyterna och kan därför inte säga något om ämnenas koncentrationer i andra miljömatriser. Det rekommenderas därför att studera andra matriser, för att få en mer heltäckande bild. Exempel på andra matriser att studera är:

- Biota, för att studera eventuell bioackumulering och biomagnifiering av specifika analyter listade i den här studien;
- Suspenderade partiklar i vattnet, för att studera vilka analyter som adsorberas och transporteras med partiklar vattnet, men som inte tillhör och upptäcks i den vattenlösta fraktionen;

- Sediment, för att studera föroreningsprofiler och fördelning av analyter mellan olika matriser samt eventuella miljörisker vid muddringsarbeten och för bottenlevande organismer;
- Grundvatten, för att studera diffusa källors påverkan på den totala koncentrationen av analyter.

Referenser

Ahrens, L., & Bundschuh, M. (2014). Fate and effects of poly- and perfluoroalkyl substances in the aquatic environment: A review. Environmental Toxicology and Chemistry, 33(9), 1921–1929. https://doi.org/10.1002/etc.2663

Ahrens, L., Hedlund, J., Dürig, W., Tröger, R., & Wiberg, K. (2016). Screening of PFASs in groundwater and surface water (Report 2016:2; Nummer 2016:2). Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö. https://pub.epsilon.slu.se/13236/

Ahrens, L., Norström, K., Viktor, T., Cousins, A. P., & Josefsson, S. (2015). Stockholm Arlanda Airport as a source of per- and polyfluoroalkyl substances to water, sediment and fish. Chemosphere, 129, 33–38. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.03.136

Altenburger, R., Ait-Aissa, S., Antczak, P., Backhaus, T., Barceló, D., Seiler, T.-B., Brion, F., Busch, W., Chipman, K., de Alda, M. L., de Aragão Umbuzeiro, G., Escher, B. I., Falciani, F., Faust, M., Focks, A., Hilscherova, K., Hollender, J., Hollert, H., Jäger, F., … Brack, W. (2015). Future water quality monitoring—Adapting tools to deal with mixtures of pollutants in water resource management. Science of The Total Environment, 512–513, 540–551. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.057

Ankley, G. T., Brooks, B. W., Huggett, D. B., & Sumpter, and J. P. (2007). Repeating History: Pharmaceuticals in the Environment. Environmental Science & Technology, 41(24), 8211–8217. https://doi.org/10.1021/es072658j

Arvaniti, O., & Stasinakis, A. (2015). Review on the occurrence, fate and removal of perfluorinated compounds during wastewater treatment. Science of The Total Environment, 81–92. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.023

Banzhaf, S., Filipovic, M., Lewis, J., Sparrenbom, C. J., & Barthel, R. (2016). A review of contamination of surface-, ground-, and drinking water in Sweden by perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs). Ambio, 46, 12. https://doi.org/10.1007/s13280-016-0848-8

Baresel, C., Cousins, A. P., Hörsing, M., Ek, M., Ejhed, H., Allard, A.-S., Magnér, J., Westling, K., Wahlberg, C., Fortkamp, U., & Söhr, S. (2015). Pharmaceutical residues and other emerging substances in the effluent of sewage treatment plants. IVL Swedish Environmental Reseach Institute, B 2226, 118.

Barone, J. J., & Roberts, H. R. (1996). Caffeine consumption. Food and Chemical Toxicology, 34(1), 119–129. https://doi.org/10.1016/0278-6915(95)00093-3

Barreiros, L., Queiroz, J. F., Magalhães, L. M., Silva, A. M. T., & Segundo, M. A. (2016). Analysis of 17-β-estradiol and 17-α-ethinylestradiol in biological and environmental matrices—A review. Microchemical Journal, 126, 243–262. https://doi.org/10.1016/j.microc.2015.12.003

Björnsdotter, M. K., Yeung, L. W. Y., Kärrman, A., & Jogsten, I. E. (2019). Ultra-Short-Chain Perfluoroalkyl Acids Including Trifluoromethane Sulfonic Acid in Water Connected to Known and Suspected Point Sources in Sweden. Environmental Science & Technology, 53(19), 11093–11101. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b02211

Bopp, S. K., Barouki, R., Brack, W., Dalla Costa, S., Dorne, J.-L. C. M., Drakvik, P. E., Faust, M., Karjalainen, T. K., Kephalopoulos, S., van Klaveren, J., Kolossa-Gehring, M., Kortenkamp, A., Lebret, E., Lettieri, T., Nørager, S., Rüegg, J., Tarazona, J. V., Trier, X., van de Water, B., … Bergman, Å. (2018). Current EU research activities on combined exposure to multiple chemicals. Environment International, 180, 19. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.037

Boström, G., Lindström, B., Gönczi, M., & Kreuger, J. (2015). Nationell screening av bekämpningsmedel i yt- och grundvatten 2015 (CKB rapport 2016:1; Nationell miljöövervakning, s. 132). Kompetenscentrum för kemiska bekämpningsmedel, Sveriges lantbruksuniversitet. https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/SLU-Centrum-for-kemiska-bekampningsmedel-i-miljon/publikationer/rapporter-fran-ckb/

Boverket. (2020, februari 12). Allt fler 80+ i befolkningen. Boverket. https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/olika-grupper/aldre/

Brodin, T., Fick, J., Jonsson, M., & Klaminder, J. (2013). Dilute concentrations of a psychiatric drug alter behavior of fish from natural populations. Science (New York, N.Y.), 339(6121), 814–815. https://doi.org/10.1126/science.1226850

Buck, R. C., Franklin, J., Berger, U., Conder, J. M., Cousins, I. T., de Voogt, P., Jensen, A. A., Kannan, K., Mabury, S. A., & van Leeuwen, S. P. (2011). Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. Integrated Environmental Assessment and Management, 7(4), 513–541. https://doi.org/10.1002/ieam.258

Buerge, I. J., Kahle, M., Buser, H.-R., Müller, M. D., & Poiger, T. (2008). Nicotine Derivatives in Wastewater and Surface Waters: Application as

Chemical Markers for Domestic Wastewater. Environmental Science & Technology, 42(17), 6354–6360. https://doi.org/10.1021/es800455q

Buerge, I. J., Poiger, T., Müller, M. D., & Buser, H.-R. (2003). Caffeine, an Anthropogenic Marker for Wastewater Contamination of Surface Waters. Environmental Science & Technology, 37(4), 691–700. https://doi.org/10.1021/es020125z

Busch, W., Schmidt, S., Kühne, R., Schulze, T., Krauss, M., & Altenburger, R. (2016). Micropollutants in European rivers: A mode of action survey to support the development of effect-based tools for water monitoring. Environmental Toxicology and Chemistry, 35(8), 1887–1899. https://doi.org/10.1002/etc.3460

Calvo-Flores, F. G., Isac-Garcia, J., & Dobado, J. A. (2018). Emerging Pollutants: Origin, Structure, and Properties. John Wiley & Sons, Incorporated. https://doi.org/10.1002/9783527691203.ch9

Chen, Z., Pavelic, P., Dillon, P., & Naidu, R. (2002). Determination of caffeine as a tracer of sewage effluent in natural waters by on-line solid-phase extraction and liquid chromatography with diode-array detection. Water Research, 36(19), 4830–4838. https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00221-X

Coggan, T. L., Moodie, D., Kolobaric, A., Szabo, D., Shimeta, J., Crosbie, N. D., Lee, E., Fernandes, M., & Clarke, B. O. (2019). An investigation into per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in nineteen Australian wastewater treatment plants (WWTPs). Heliyon, 5(8), e02316. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02316

ECHA. (2020, april 27). Candidate List of substances of very high concern for Authorisation—ECHA. Candidate List of Substances of Very High Concern for Authorisation. https://echa.europa.eu/candidate-list-table?p_p_id=disslists_WAR_disslistsportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=2&p_p_col_count=3&_disslists_WAR_disslistsportlet_keywords=&_disslists_WAR_disslistsportlet_orderByCol=name&_disslists_WAR_disslistsportlet_substance_identifier_field_key=&_disslists_WAR_disslistsportlet_advancedSearch=false&_disslists_WAR_disslistsportlet_delta=50&_disslists_WAR_disslistsportlet_deltaParamValue=50&_disslists_WAR_disslistsportlet_andOperator=true&_disslists_WAR_disslistsportlet_haz_detailed_concern=&_disslists_WAR_disslistsportlet_orderByType=desc&_disslists_WAR_disslistsportlet_dte_inclusionFrom=&_disslists_WAR_disslistsportlet_dte_inclusionTo=&_disslists_WAR_disslistsportlet_doSearch=&_disslists_WAR_disslistsportlet_resetCur=false&_disslists_WAR_disslistsportlet_cur=1

Eklund, A., Stensen, K., Ghasem, A., & Jacobsson, K. (2018). Sveriges stora sjöar idag och i framtiden: Klimatets påverkan på Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren. Kunskapssammanställning februari 2018 (KLIMATOLOGI Nr 49; s. 140). SMHI. https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.130362!/klimatologi_49.pdf

EU Kommissionen (Red.). (2002). 2002/657/EG: Kommissionens beslut av den 12 augusti 2002 om genomförande av rådets direktiv 96/23/EG avseende analysmetoder och tolkning av resultat. Publications Office of the EU. https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ed928116-a955-4a84-b10a-cf7a82bad858/language-sv

EU-kommissionen. (2018). KOMMISSIONENS GENOMFÖRANDEBESLUT (EU) 2018/840 av den 5 juni 2018 om upprättande av en bevakningslista över ämnen för unionsomfattande övervakning inom vattenpolitikens område i enlighet med Europaparlamentet och rådets direktiv 2008/105/EG samt om upphävande av kommissionens genomförandebeslut (EU) 2015/495. Europeiska unionens officiella tidning. http://data.europa.eu/eli/dec_impl/2018/840/oj

Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/39/EU av den 12 augusti 2013 om ändring av direktiven 2000/60/EG och 2008/105/EG vad gäller prioriterade ämnen på vattenpolitikens område, Pub. L. No. 32013L0039, L 226 17 (2013). http://data.europa.eu/eli/dir/2013/39/oj/eng

European Environment Agency. (2018, november 7). Large European lakes and reservoirs—European Environment Agency [Page]. Large European Lakes and Reservoirs. https://www.eea.europa.eu/archived/archived-content-water-topic/lakes/large-european-lakes-and-reservoirs

Eurostat. (2013, september 20). Befolkningsstatistik på regional nivå. Archive:Befolkningsstatistik på regional nivå. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Befolkningsstatistik_p%C3%A5_regional_niv%C3%A5&oldid=152487#Uppgifternas_tillg.C3.A4nglighet_och_k.C3.A4llor

Ferreira, A. P., Lourdes, C. de, & Cunha, N. da. (2005). Anthropic pollution in aquatic environment: Development of a caffeine indicator. International Journal of Environmental Health Research, 15(4), 303–311. https://doi.org/10.1080/09603120500155898

Fick, J., Lindberg, R. H., Kaj, L., & Brorström-Lundén, E. (2011). Results from the Swedish National Screening Programme 2010: Subreport 3. Pharmaceuticals (Nr B2014). IVL Svenska miljöinstitutet. https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b542e/1443183072893/B2014.pdf

Golovko, O., Rehrl, A.-L., Köhler, S., & Ahrens, L. (2020). Organic micropollutants in water and sediment from Lake Mälaren, Sweden. Chemosphere, 258, 127293. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127293

Golovko, O., Örn, S., Lundqvist, J., & Ahrens, L. (2020). Assessing the cumulative pressure of micropollutants in Swedish wastewater effluents and recipient water systems using integrated toxicological and chemical methods. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-8452

Golovko, O., Örn, S., Sörengård, M., Frieberg, K., Nassazzi, W., Lai, F. Y., & Ahrens, L. (2021). Occurrence and removal of chemicals of emerging concern in wastewater treatment plants and their impact on receiving water systems. Science of The Total Environment, 754, 142122. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142122

Haman, C., Dauchy, X., Rosin, C., & Munoz, J.-F. (2015). Occurrence, fate and behavior of parabens in aquatic environments: A review. Water Research, 68, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.09.030

Havs-och vattenmyndigheten. (2019). Havs-och vattenmyndighetens föreskrifterom klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten. Havs-och vattenmyndigheten. https://www.havochvatten.se/download/18.4705beb516f0bcf57ce1c145/1576576601249/HVMFS%202019-25-ev.pdf

Havs- och vattenmyndighetens föreskrifterom klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten;, 25 HVMFS 88 (2020). https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/foreskrifter/register-vattenforvaltning/klassificering-och-miljokvalitetsnormer-avseende-ytvatten-hvmfs-201925.html

Helmfrid, I., Jönsson, P., Ståhlbom, B., & Flodin, U. (2006). Läkemedel i miljön: Läkemedelsflöden i Östergötlands och Jönköpings län samt stora sjöarna Vättern, Vänern och Mälaren. (2006:1; s. 83). Yrkes- och miljömedicinskt centrum.

Jekel, M., Dott, W., Bergmann, A., Dünnbier, U., Gnirß, R., Haist-Gulde, B., Hamscher, G., Letzel, M., Licha, T., Lyko, S., Miehe, U., Sacher, F., Scheurer, M., Schmidt, C. K., Reemtsma, T., & Ruhl, A. S. (2015). Selection of organic process and source indicator substances for the anthropogenically influenced water cycle. Chemosphere, 125, 155–167. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.12.025

Kasprzyk-Hordern, B., Dinsdale, R. M., & Guwy, A. J. (2009). The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the

quality of receiving waters. Water Research, 43(2), 363–380. https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.10.047

Kemikalieinspektionen. (2019). Fördjupad utvärdering av Giftfri miljö 2019: Analys och bedömning av miljökvalitetsmålet Giftfri miljö (Nr 2/19; s. 80). Kemikalieinspektionen. https://www.kemi.se/publikationer/rapporter/2019/rapport-2-19-fordjupad-utvardering-av-giftfri-miljo-2019

Korekar, G., Kumar, A., & Ugale, C. (2020). Occurrence, fate, persistence and remediation of caffeine: A review. Environmental Science and Pollution Research, 27(28), 34715–34733. https://doi.org/10.1007/s11356-019-06998-8

Kümmerer, K. (2009). The presence of pharmaceuticals in the environment due to human use – present knowledge and future challenges. Journal of Environmental Management, 90(8), 2354–2366. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.023

Laganà, A., Bacaloni, A., De Leva, I., Faberi, A., Fago, G., & Marino, A. (2004). Analytical methodologies for determining the occurrence of endocrine disrupting chemicals in sewage treatment plants and natural waters. Analytica Chimica Acta, 501(1), 79–88. https://doi.org/10.1016/j.aca.2003.09.020

Larson, M. (2012). Sweden's Great Lakes. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4410-6_269

Livsmedelsverket. (2014). PFAA i råvatten och dricksvatten—Resultat av en kartläggning, september 2014 (Dricksvatten - oönskade ämnen).

Livsmedelsverket. (2020, juni 4). Riskhantering—PFAS i dricksvatten och fisk. Riskhantering - PFAS i dricksvatten och fisk. https://www.livsmedelsverket.se/produktion-handel--kontroll/dricksvattenproduktion/riskhantering-pfaa-i-dricksvatten?AspxAutoDetectCookieSupport=1#%C3%85tg%C3%A4rdsgr%C3%A4nser

Loos, R., Carvalho, R., António, D. C., Comero, S., Locoro, G., Tavazzi, S., Paracchini, B., Ghiani, M., Lettieri, T., Blaha, L., Jarosova, B., Voorspoels, S., Servaes, K., Haglund, P., Fick, J., Lindberg, R. H., Schwesig, D., & Gawlik, B. M. (2013). EU-wide monitoring survey on emerging polar organic contaminants in wastewater treatment plant effluents. Water Research, 47(17), 6475–6487. https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.08.024

Lundkvist, L. (2020). Sveriges framtida befolkning 2020–2070. The future population of Sweden 2020–2070. 70.

Luo, Y., Guo, W., Ngo, H. H., Nghiem, L. D., Hai, F. I., Zhang, J., Liang, S., & Wang, X. C. (2014). A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. Science of The Total Environment, 473–474, 619–641. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.065

Menger, F., Ahrens, L., Wiberg, K., & Gago-Ferrero, P. (2021). Suspect screening based on market data of polar halogenated micropollutants in river water affected by wastewater. Journal of Hazardous Materials, 401, 123377. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123377

Montes-Grajales, D., Fennix-Agudelo, M., & Miranda-Castro, W. (2017, april 8). Occurrence of personal care products as emerging chemicals of concern in water resources: A review. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.286

Murray, K. E., Thomas, S. M., & Bodour, A. A. (2010). Prioritizing research for trace pollutants and emerging contaminants in the freshwater environment. Environmental Pollution, 158(12), 3462–3471. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.08.009

Naturvårdsverket. (2016). Högfluorerade ämnen (PFAS) och bekämpningsmedel En sammantagen bild av förekomsten i miljön Redovisning av ett regeringsuppdrag. (Nr 6709; s. 172). Naturvårdsverket.

Nguyen, M. A., Wiberg, K., Ribeli, E., Josefsson, S., Futter, M., Gustavsson, J., & Ahrens, L. (2017). Spatial distribution and source tracing of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in surface water in Northern Europe. Environmental Pollution, 220, 1438–1446. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.089

OECD. (2019). Pharmaceutical consumption. Health at a Glance 2019: OECD Indicators. https://doi.org/10.1787/43146d4b-en

Reemtsma, T., Miehe, U., Duennbier, U., & Jekel, M. (2010). Polar pollutants in municipal wastewater and the water cycle: Occurrence and removal of benzotriazoles. Water Research, 44(2), 596–604. https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.07.016

Rehrl, A.-L., Golovko, O., Ahrens, L., & Köhler, S. (2020). Spatial and seasonal trends of organic micropollutants in Sweden's most important drinking water reservoir. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126168

Richardson, S. D., & Ternes, T. A. (2018). Water Analysis: Emerging Contaminants and Current Issues. Analytical Chemistry, 90(1), 398–428. https://doi.org/10.1021/acs.analchem.7b04577

Rostvall, A., Zhang, W., Dürig, W., Renman, G., Wiberg, K., Ahrens, L., & Gago-Ferrero, P. (2018). Removal of pharmaceuticals, perfluoroalkyl substances and other micropollutants from wastewater using lignite, Xylit, sand, granular activated carbon (GAC) and GAC+Polonite® in column tests – Role of physicochemical properties. Water Research, 137, 97–106. https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.008

Rudén, C. (2019). Framtidens kemikaliekontroll: Hantering av kombinationseffekter och gruppvis bedömning av ämnen (Betänkande SOU 2019:45; s. 254). https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2019/11/sou-201945/

Scander, H., Monteagudo, C., Nilsen, B., Tellström, R., & Yngve, A. (2018). Beverage consumption patterns and energy contribution from beverages per meal type: Results from a national dietary survey in Sweden. Public Health Nutrition, 21(18), 3318–3327. https://doi.org/10.1017/S1368980018002537

Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J. K., Mazo, J. del, Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., Hoogenboom, L. (Ron), Leblanc, J.-C., Nebbia, C. S., Nielsen, E., Ntzani, E., Petersen, A., Sand, S., Vleminckx, C., Wallace, H., Barregård, L., Ceccatelli, S., Cravedi, J.-P., … Schwerdtle, T. (2020). Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. EFSA Journal, 18(9), e06223. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223

Senta, I., Gracia-Lor, E., Borsotti, A., Zuccato, E., & Castiglioni, S. (2015). Wastewater analysis to monitor use of caffeine and nicotine and evaluation of their metabolites as biomarkers for population size assessment. Water Research, 74, 23–33. https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.002

SMHI. (2020a, mars 25). Fakta om Vättern | SMHI. https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/fakta-om-vattern-1.4730

SMHI. (2020b, april 1). Fakta om Mälaren | SMHI. https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/fakta-om-malaren-1.5089

SMHI. (2020c, april 2). Fakta om Vänern | SMHI. https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/fakta-om-vanern-1.4732

Socialstyrelsen. (2019, augusti 23). Statistik om läkemedel. Statistik om läkemedel 2019. https://www.socialstyrelsen.se/statistik-och-data/statistik/statistikamnen/lakemedel/

Statistiska Centralbyrån. (2020a, februari 20). Befolkningsstatistik i sammandrag 1960–2019. Befolkningsstatistik i sammandrag 1960–2019. http://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningens-sammansattning/befolkningsstatistik/pong/tabell-och-diagram/helarsstatistik--riket/befolkningsstatistik-i-sammandrag/

Statistiska Centralbyrån. (2020b, juli 3). Befolkningstäthet i Sverige. Befolkningstäthet i Sverige. http://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/befolkningstathet-i-sverige/

Sörengård, M., Campos-Pereira, H., Ullberg, M., Lai, F. Y., Golovko, O., & Ahrens, L. (2019). Mass loads, source apportionment, and risk estimation of organic micropollutants from hospital and municipal wastewater in recipient catchments. Chemosphere, 234, 931–941. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.041

Wang, Z., DeWitt, J. C., Higgins, C. P., & Cousins, I. T. (2017). A Never-Ending Story of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs)? Environmental Science & Technology, 51(5), 2508–2518. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04806

Woldegiorgis, A., Norström, K., & Viktor, T. (2010). Årsrapport för projektet RE-PATH. Mätningar av PFAS i lokaler i och omkring Stockholm Arlanda Airport och Göteborg Landvetter Airport (Nr B1899; s. 96). IVL Svenska Miljöinstitutet.

Zandaryaa, S. (2017). Pharmaceuticals in the aquatic environment of the Baltic Sea region: A status report (Baltic Sea Environment Proceedings Nr 149; s. 121). UNESCO. https://helcom.fi/media/publications/BSEP149.pdf

Zetterqvist, M., & Ramstedt, M. (2019). Tobaksvanor i Sverige 2003-2018 (Nr 183; s. 47). Centralförbundet för alkohol- och narkotikaupplysning, CAN. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:can-2019-6

Ågerstrand, M., Berg, C., Björlenius, B., Breitholtz, M., Brunström, B., Fick, J., Gunnarsson, L., Larsson, D. G. J., Sumpter, J. P., Tysklind, M., & Rudén, C. (2015). Improving Environmental Risk Assessment of Human Pharmaceuticals. Environmental Science & Technology, 49(9), 5336–5345. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00302

Örn, S., Fernström, L.-L., Golovko, O., Ahrens, L., Hansson, I., & Frosth, S. (2019). Screening of faecal bacteria and antibiotic resistance in urban wastewater and recipient river surface water. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-8254

Appendix

A. Särskilt förorenade ämnen (SFÄ) i inlandsytvatten

Tabell 16 Bedömningsgrunder för särskilda förorenande ämnen i inlandsytvatten enligt HVMFS 2019:25. Koncentrationer i µg/L. Urval av ämnen som förekom i den aktuella studien.

Ämne	CAS[1]	Årsmedelvärde	Maximal tillåten koncentration
Ciprofloxacin	85721-33-1		0,1
Diklofenak	15307-86-5	0,1	
17-α-etinylöstradiol	57-63-6	0,000035	
PFAS11[2]	[3]	0,09	
17-β-östradiol	50-28-2	0,0004	

[1]CAS: Chemical Abstracts Service. Kemiskt identifieringsnummer.

[2] Värdet för PFAS11 avser de dricksvattenförekomster som har identifierats i enlighet med 3 kap. 2 § förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön. Värdet får inte överskridas i vattenförekomsten i den punkt som är representativ för råvattenintag (HVMFS 2018:17).

[3] Summan av följande kongener: Perfluoroktansulfonsyra (PFOS) 1763-23-1; Perfluorbutansulfonat (PFBS) 375-73-5; Perfluorhexansulfonat (PFHxS) 355-46-4; Fluortelomersulfonat (6:2 FTS) 27619-97-2; Perfluorbutanoat (PFBA) 375-22-4; Perfluorpentanoat (PFPeA) 2706-90-3; Perfluorhexanoat (PFHxA) 307-24-4; Perfluorheptanoat (PFHpA) 375-85-9; Perfluoroktanoat (PFOA) 335-67-1; Perfluornonanoat (PFNA) 375-95-1; Perfluordekanoat (PFDA) 335-76-2 (HVMFS 2018:17).

Tabell 17. Utdrag av, för studien, relevanta miljökvalitetsnormer för prioriterade ämnen och vissa andra föroreningar (Europaparlamentets och rådets direktiv 2013/39/EU vad gäller prioriterade ämnen på vattenpolitikens område, 2013)

Nr	Ämnets namn	CAS-nummer	AA-MKN ([1]) Inlandsytvatten ([2])	MAC-MKN ([3]) Inlandsytvatten ([2])
(35)	Perfluoroktan- sulfonsyra och dess derivat (PFOS)	1763-23-1	$6{,}5 \times 10^{-4}$	36

AA: årsmedelvärde

MAC: maximal tillåten koncentration

Enhet: [µg/L]

([1]) Denna parameter är miljökvalitetsnormen uttryckt som ett medelvärde på årsnivå (AA-MKN). Om inget annat anges gäller den för den totala koncentrationen av alla isomerer.

([2]) Inlandsytvatten omfattar floder och sjöar och därmed sammanhängande konstgjorda eller kraftigt modifierade vattenförekomster.

([3]) Denna parameter är miljökvalitetsnormen uttryckt som maximal tillåten koncentration (MAC-MKN). Där MAC-MKN anges som 'ej tillämpligt' anses värdena på AA-MKN utgjordea skydd mot kortvariga föroreningstoppar vid kontinuerliga utsläpp eftersom de är avsevärt lägre än de värden som tagits fram utifrån akut toxicitet.

Tabell 18 Kommissionens genomförandebeslut (EU) 2018/840: bevakningslista över ämnen för unionsomfattande övervakning inom vattenpolitikens område i enlighet med Europaparlamentet och rådets direktiv 2008/105/EG. Analyter relevanta för den aktuella studien.

Namn på ämne/grupp av ämnen	CAS-nummer ([1])	EU-nummer ([2])	Indikativ analysmetod ([3]) ([4])	Högsta godtagbara detektionsgräns för metoden (ng/l)
17-α-etinylöstradiol (EE2)	57-63-6	200-342-2	SPE, LC-MS-MS (storvolym)	0,035
17-β-östradiol (E2), östron (E1)	50-28-2 53-16-7	200-023-8	SPE, LC-MS-MS	0,4
Makrolidantitiotika ([5])			SPE, LC-MS-MS	19
Amoxicillin	26787-78-0	248-003-8	SPE, LC-MS-MS	78
Ciprofloxacin	85721-33-1	617-751-0	SPE, LC-MS-MS	89

([1]) Chemical Abstacts Service
([2]) Nummer enligt Europeiska unionen – ej tillgängligt för alla ämnen
([3]) För att säkerställa jämförbara resultat från olika medlemsstater ska alla ämnen övervakas i hela vattenprover
([4]) Extraktionsmetoder:
SPE – fastfasextraktion (Solid-Phase Extraction)
Analysmetoder:
LC-MS-MS – vätskekromatografi-(tandem)-trippel-kvadrupol-masspektrometri
([5]) Erytromycin (CAS-nummer 114-07-8, EU-nummer 204-040-1), klaritromycin (CAS-nummer 81103-11-9), azitromycin (CAS-nummer 83905-01-5, EU-nummer 617-500-5)

B. Analyserade organiska föreningar

Tabell 19 Analyserade organiska miljöföreningar, indelade efter ämnesklass och kategori.

Ämne	Ämnesklass	Kategori
2,2'-Dimorfolinyldietyleter	Industrikemikalie	
4-Metylbensylidenkamfer	Personvårdsprodukt	
4-Kloro-2-isopropyl-5-metylfenol	Industrikemikalie	
4-Klor-3-metylfenol	Industrikemikalie	
Aceklofenak	Läkemedel	Icke-steroid antiinflammatorisk
Paracetamol	Läkemedel	Smärtstillande
Albuterol (salbutamol)	Läkemedel	β-blockerare
Amitriptylin	Läkemedel	Antidepressiv
Amoxicillin *	Läkemedel	Antibiotika
Atenolol	Läkemedel	β-blockerare
Atorvastatin	Läkemedel	Statin
Azitromycin *	Läkemedel	Antibiotika
BAM (2,6-diklorbensamid)	Pesticid	Metabolit av diklobenil
Bezafibrat	Läkemedel	Blodfettssänkande
Bikalutamid	Läkemedel	Antiandrogen
Bisoprolol	Läkemedel	β -blockerare
Koffein	Stimulant	
Karazolol	Läkemedel	β-blockerare
Karbamazepin	Läkemedel	Antiepileptika
Cetirizin	Läkemedel	Antihistamin
Kloramfenikol	Läkemedel	Antibiotika
Klorzoxazon	Läkemedel	Muskelavslappnande
Ciprofloxacin *,**	Läkemedel	Antibiotika
Citalopram	Läkemdel	Antidepressiv
Klaritromycin *	Läkemedel	Antibiotika
Klimbazol	Läkemedel	Fungicid
Klindamycin	Läkemedel	Antibiotika
Klozapin	Läkemedel	Antipsykotika
Kodein	Läkemedel	Opioider & opiater
Daidzein	Isoflavon	
DEET (N,N-dietyltoluamid)	Pesticid	Insektsmedel
Desvenlafaxin	Läkemedel	Antidepressiv
Di-(2-etylhexyl)fosforsyra	Industrikemikalie	
Diazepam	Läkemedel	Sedativ/lugnande
Diklofenak *,**	Läkemedel	Icke-steroid antiinflammatorisk
Diltiazem	Läkemedel	Blodtrycksmedicin
Erytromycin *	Läkemedel	Antibiotika
Etylparaben	Paraben	Fungicid
Fexofenadin	Läkemedel	Antihistamin
Flukonazol	Läkemedel	Fungicid
Fluoxetin	Läkemedel	Antidepressiv
FOSA (perfluoroktansulfonamid)	PFAS	

Ämne	Ämnesklass	Kategori
Furosemid	Läkemedel	Diuretika
Gemfibrozil	Läkemedel	Statin
Hydroklortiazid	Läkemedel	Diuretika
Ibuprofen	Läkemedel	Icke-steroid antiinflammatorisk
Ifosfamid	Läkemedel	Cytostatika
Irbesartan	Läkemedel	Blodtrycksmedicin
Lamotrigin	Läkemedel	Antiepileptika
Lidokain	Läkemedel	Lokalanestetika
Loperamid	Läkemedel	Antidiarré
Losartan	Läkemedel	Blodtrycksmedicin
Meklofenamsyra	Läkemedel	Icke-steroid antiinflammatorisk
Mefenaminsyra	Läkemedel	Icke-steroid antiinflammatorisk
Memantin	Läkemedel	Alzheimermedicin
Metformin	Läkemedel	Antidiabetika
Metylparaben	Paraben	Fungicid
Metoprolol	Läkemedel	β -blockerare
Metronidazol	Läkemedel	Antibiotika
Mirtazapin	Läkemedel	Antidepressiv
Nikotin	Stimulant	
Sertralin-desmetyl	Läkemedel	Antidepressiv
Omeprazol	Läkemedel	Protonpumpshämmare
Oxazepam	Läkemedel	Sedativ/lugnande
2-hydroxi-4-metoxi-bensofenon	Personvårdsprodukt	UV-filter
Oxikodon	Läkemedel	Opioider & opiater
Pantenol	Läkemedel	Fuktgivare
Paroxetin	Läkemedel	Antidepressiv
PFBA (perfluorbutansyra)	PFAS	
PFBS (perfluorbutansulfonsyra)	PFAS	
PFDA (perfluordekansyra)	PFAS	
PFDoDA (perfluordodekansyra)	PFAS	
PFHpA (perfluorheptansyra)	PFAS	
PFHxA (perfluorhexansyra)	PFAS	
PFHxS (perfluorhexansulfonsyra)	PFAS	
PFNA (perfluornonansyra)	PFAS	
PFOA (perfluoroktansyra)	PFAS	
PFOS (perfluoroktansulfonsyra)	PFAS	
PFPeA (perfluorpentansyra)	PFAS	
PFTeDA (perfluortetradekansyra)	PFAS	
PFUnDA (perfluorundekansyra)	PFAS	
Primidon	Läkemedel	Antiepileptika
Propanolol	Läkemedel	β -blockerare
Propylparaben	Paraben	Fungicid
Pyrimetamin	Läkemedel	Andra läkemedel
Ramipril	Läkemedel	Blodtrycksmedicin
Ranitidin	Läkemedel	Protonpumpshämmare
Ricinolsyra	Läkemedel	Andra läkemedel
Roxitromycin	Läkemedel	Antibiotika

Ämne	Ämnesklass	Kategori
Salicylsyra	Läkemedel	Icke-steroid antiinflammatorisk
Sertralin	Läkemedel	Antidepressiv
Simvastatin	Läkemedel	Statin
Sotalol	Läkemedel	β-blockerare
Sukralos	Sötningsmedel	
Sulfametoxazol	Läkemedel	Antibiotika
Sulisobenson	Personvårdsprodukt	
Tamoxifen	Läkemedel	Cytostatika
Terbutalin	Läkemedel	Andra läkemedel
Tiabendazol	Läkemedel	Andra läkemedel
4-metyl-1H-bensotriazol (*en.* tolyltriazole)	Industrikemikalie	
Tramadol	Läkemedel	Smärtstillande
Tributylacetylcitrat	Industrikemikalie	
Triisopropanolamin	Industrikemikalie	
Trimetoprim	Läkemedel	Antibiotika
2-butoxietanol-fosfat (3:1)	Industrikemikalie	
Valproinsyra	Läkemedel	Antiepileptika
Valsartan	Läkemedel	Blodtrycksmedicin
Venlafaxin	Läkemedel	Antidepressiv
17-α-etinylöstradiol (EE2) *,**	Hormon	
17-β-östradiol *,**	Hormon	
Östron (E1) *	Hormon	
Östradiol	Hormon	
Etinylöstradiol *	Hormon	

* Watchlist EU (vattendirektivet)

** SFA - särskilt förorenande ämnen (nationella listan, vattendirektivet)

C. Koncentrationer av organiska miljöföroreningar

Tabell 20. Koncentrationer (ng/L) av organiska miljöföroreningar i svenska ytvatten uppmätta i andra studier.

	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
2,2'-Dimorfolinyldietyleter	
4-Metylbensylidenkamfer	
4-Kloro-2-isopropyl-5-metylfenol	
4-Klor-3-metylfenol	
Aceklofenak	
Paracetamol	
Albuterol (salbutamol)	
Amitriptylin	
Amoxicillin *	
Atenolol	-390
Atorvastatin	<50
Azitromycin *	-27
BAM (2,6-diklorbensamid)	
Bezafibrat	
Bikalutamid	
Bisoprolol	-150
Koffein	
Karazolol	
Karbamazepin	4,9-760
Cetirizin	
Kloramfenikol	
Klorzoxazon	
Ciprofloxacin *,**	-380
Citalopram	6,6-210
Klaritromycin *	-1100
Klimbazol	
Klindamycin	-140
Klozapin	
Kodein	-340
Daidzein	
DEET (N,N-dietyltoluamid)	
Desvenlafaxin	
Di-(2-etylhexyl) fosforsyra	
Diazepam	
Diklofenak *,**	-880
Diltiazem	-20
Erytromycin *	-65
Etylparaben	

	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
Fexofenadin	-150
Flukonazol	1,8-290
Fluoxetin	-32
FOSA (perfluoroktansulfonamid)	0,032-0,46;**0,038**[2]
Furosemid	
Gemfibrozil	
Hydroklortiazid	
Ibuprofen	-180
Ifosfamid	
Irbesartan	2,2-430
Lamotrigin	
Laurilsulfate	
Lidokain	
Loperamid	0,58-3,6
Losartan	
Meklofenamsyra	
Mefenaminsyra	
Memantin	-15
Metformin	<100
Metylparaben	
Metoprolol	-950
Metronidazol	
Mirtazapin	-210
Nikotin	
Sertralin-desmetyl	
Omeprazol	
Oxazepam	580
2-hydroxi-4-metoxi-bensofenon	
Oxikodon	
Pantenol	
Paroxetin	
PFBA (perfluorbutansyra)	0,47-3,7;**1,7**[2]
PFBS (perfluorbutansulfonsyra)	0,030-19;**2,5**[2]
PFDA (perfluordekansyra)	0,024-4,4;**0,048**[2]
PFDoDA (perfluordodekansyra)	0,016-0,82; <0,19[2]
PFHpA (perfluorheptansyra)	0,36-1,7;**1,6**[2]
PFHxA (perfluorhexansyra)	0,51-4,2;**11**[2]
PFHxS (perfluorhexansulfonsyra)	0,051-18;**34**[2]
PFNA (perfluornonansyra)	0,090-5,8;**0,24**[2]
PFOA (perfluoroktansyra)	0,21-4,2;**4,4**[2]
PFOS (perfluoroktansulfonsyra)	0,040-6,9;**19**[2]
PFPeA (perfluorpentansyra)	**3,3**[2]
PFTeDA (perfluortetradekansyra)	0,093-1,5;<0,05[2]
PFUnDA (perfluorundekansyra)	0,018-1,8;<0,16[2]
Primidon	
Propanolol	

	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
Propylparaben	
Pyrimetamin	
Ramipril	
Ranitidin	-110
Ricinolsyra	
Roxitromycin	-1100
Salicylsyra	
Sertralin	-28
Simvastatin	
Sotalol	
Sukralos	
Sulfametoxazol	-620
Sulisobenson	
Tamoxifen	-13
Terbutalin	
Tiabendazol	
4-metyl-1H-bensotriazol (en. tolyltriazole)	
Tramadol	-1800
Tributylacetylcitrat	
Triisopropanolamin	
Trimetoprim	6,8-210
2-butoxietanol-fosfat (3:1)	
Valproinsyra	
Valsartan	
Venlafaxin	6-440
17-α-etinylöstradiol (EE2) *,**	
17-β-östradiol *,**	
Östron (E1)	
Östradiol *	<10
Etinylöstradiol *	<10

[2] (Ahrens m.fl., 2016)

D. Uppmätta värden i sjöar och vattendrag

Tabell 21 Kvantifieringsgräns (LOQ), minimumvärden uppmätta över LOQ, medel- och medianvärden, samt maxvärden för analyter uppmätta i sjöarna Vänern, Vättern och Mälaren, samt deras inlopp och utlopp (vattendrag). Alla koncentrationer anges i [ng/L]. NA: Inkluderad i analysen, men återvinningen av standardanalyterna i proverna bedömdes som icke-tillfredsställande. Antal prov för sjöar: 84. Antal prov för vattendrag: 27. * Watchlist EU (vattendirektivet), ** SFA - särskilt förorenande ämnen (nationella listan, vattendirektivet).

	Sjöar					Vattendrag				
	LOQ	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**	**LOQ**	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**
Albuterol (Salbutamol)	0,03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,018	1,0	3,9	1,9	8,8
Atenolol	0,2	0,40	1,6	1,3	4	0,19	0,30	18	7,1	120
Sotalol	0,12	0,55	0,93	0,74	2	0,11	0,18	15	5,0	110
Hydroklortiazid (HCTZ)	4,3	5,1	17	7,4	61	0,86	1,40	51	15	400
Nikotin	0,12	0,52	2,1	1,1	41	0,078	0,41	7,2	3,6	36
Metoprolol	0,05	0,21	4,1	1,2	32	0,047	0,22	59	22	400
Atorvastatin (Lipitor)	0,032	0,12	0,16	0,16	0,19	0,023	0,11	1,9	0,6	12
Karbamazepin	0,011	0,81	5,4	3,2	22	0,0072	0,25	17	5,0	91
Cetirizin	0,051	0,10	1,6	0,76	9,3	0,033	0,12	9,3	2,9	63
Citalopram	0,023	0,10	0,65	0,23	4,2	0,012	0,17	9,0	1,8	45
Mirtazapin	0,014	0,13	1,0	0,56	3,2	0,014	0,11	5,2	1,5	30
Oxazepam	0,048	0,16	2,7	2	10	0,031	0,13	14	5,9	67
Paroxetin	0,16	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,077	0,11	27	0,4	210
Lamotrigin	0,18	0,98	16	6,6	100	0,11	0,56	46	19	230
Metformin	0,021	0,12	1,1	0,71	4,2	0,016	0,45	11	2,6	120
Valproinsyra	3,8	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2,8	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
2-hydroxi-4-metoxi-bensofenon	0,72	1,1	1,7	1,5	2,9	0,2	0,30	0,9	0,7	2,6

	Sjöar					Vattendrag				
	LOQ	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**	**LOQ**	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**
Oxikodon	0,067	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,046	0,10	2,7	0,8	16
Primidon	4,5	5,4	10	9,5	21	1,7	2,4	23	8,5	230
Simvastatin	1,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1,2	1,7	5,1	2,1	11
DEET	0,03	0,26	1,9	1,6	6,5	0,018	0,10	2,7	1,2	32
BAM (2,6-diklorbensamid)	1,7	2,1	13	15	26	1,5	3,9	52	32	310
Bezafibrat	0,64	0,73	1,5	1,4	2,9	0,44	0,51	3,7	1,9	18
Bikalutamid	0,023	0,27	3,2	2	19	0,016	0,16	19	5,6	190
Bisoprolol	0,073	0,10	0,61	0,52	2,1	0,059	0,44	6,5	3,4	37
Klaritromycin *	0,12	0,20	0,68	0,67	1,2	0,09	0,12	14	1,3	130
Klimbazol	0,084	0,19	0,30	0,29	0,41	0,051	0,10	3,4	0,4	65
Klindamycin	0,028	0,10	0,65	0,41	3,3	0,018	0,11	3,1	1,6	17
Klozapin	0,095	0,15	0,36	0,32	0,67	0,072	0,23	5,2	1,7	44
Diazepam	0,13	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,087	0,12	22	0,3	140
Fexofenadin	0,015	0,11	3,0	1,1	32	0,015	0,11	26	7,8	200

	Sjöar					Vattendrag				
	LOQ	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**	**LOQ**	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**
Loperamid	0,066	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,044	0,11	0,4	0,3	0,7
Memantin	0,4	0,52	1,0	0,8	2,2	0,24	0,33	2,2	1,5	8,4
Propranolol	0,17	0,20	0,79	0,6	1,6	0,15	0,18	6,8	1,6	41
Koffein	0,1	2,9	21	16	91	0,1	0,31	29	4,3	880
Ranitidin	5,6	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	6,4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Kloramfenikol	0,77	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,49	1,1	20,3	2,3	260
Tramadol	0,13	0,30	6,1	1,1	59	0,073	0,19	41	14	290
Valsartan	0,97	1,7	2,7	2,5	4,1	0,56	0,62	12	5,4	78
Kodein	0,56	0,70	2,9	1,5	8,6	0,25	0,58	16	3,5	180
Flukonazol	0,15	0,20	2,9	1,7	15	0,085	0,23	6,6	2,7	37
Lidokain	0,035	0,14	12	3,8	64	0,019	0,15	11	3,9	67
Diklofenak **	1,3	2,0	6,3	5,6	23	0,93	1,10	32	18	200
Aceklofenak	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Mefenaminsyra	0,092	0,11	1,54	1,9	3,9	0,054	0,27	3,2	2,2	13

	Sjöar					Vattendrag				
	LOQ	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**	**LOQ**	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**
Meklofenamsyra	1,3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,89	31	31	31	31
Ibuprofen	8,25	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3,12	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Etylparaben	11	16	22	20	29	9,6	17	17	17	17
Propylparaben	0,081	0,12	2,6	0,3	19	0,057	0,34	1,6	1,5	5,7
Metylparaben	0,42	1,3	8,7	5	22	0,43	0,50	5,3	5,2	19
Furosemid	17	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	8,7	10	47	28	160
Gemfibrozil	18	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Diltiazem	0,041	0,10	0,11	0,1	0,11	0,028	0,09	5,7	0,6	40
Tamoxifen	0,22	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,13	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Irbesartan	0,13	0,25	0,85	0,76	2,1	0,089	0,50	7,5	2,9	60
Losartan	0,31	0,49	6,9	5,2	29	0,14	0,31	61	27	460
Omeprazol	0,11	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,084	0,12	0,5	0,4	2,1
Paracetamol	5,4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3,1	3,6	54	27	340
Metronidazol	0,49	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,32	0,44	4,2	2,0	16

	Sjöar					Vattendrag				
	LOQ	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**	**LOQ**	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**
Sulfametoxazol	0,2	0,37	3,0	2,1	12	0,13	0,54	8,7	5,6	50
Trimetoprim	0,041	0,11	0,55	0,3	2,8	0,033	0,14	8,2	1,9	120
Amitriptylin	0,71	1,2	1,5	1,6	1,6	0,54	0,69	7,7	3,9	54
Sertralin-desmetyl	20	37	50	48	77	20	23	43	38	130
Sertralin	1,1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,88	1,1	4,8	4,0	20
Venlafaxin	2,5	3	16	9,4	43	1,6	2,2	58	23	260
Desvenlafaxin	0,32	0,89	5,3	3,4	20	0,22	0,39	25	11	150
Erytromycin *	0,81	1,0	3,5	2,3	12	0,13	0,27	2,9	1,4	20
Amoxicillin *	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	14	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Azitromycin *	0,9	1,3	2,18	1,9	3,6	0,12	0,20	1,9	0,8	8,3
Ciprofloxacin *	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Roxitromycin	0,51	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,09	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Triisopropanolamin	0,042	0,12	0,97	0,7	5,3	0,034	0,16	6,3	2,1	42
Tributylacetylcitrat	0,13	0,79	9,0	7,6	53	0,079	1,1	6,3	5,4	29

	Sjöar					Vattendrag				
	LOQ	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**	**LOQ**	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**
Terbutalin	0,038	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,021	0,10	0,2	0,2	0,4
Pyrimetamin	0,029	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,017	0,11	0,2	0,1	0,2
Sulisobenson	1,2	1,9	9,1	5,1	59	0,49	1,0	53	27	420
2,2'-dimorfolinyldietyleter	0,21	0,30	0,85	0,58	2,8	0,16	0,27	3,2	2,1	11
4-metyl-1H-bensotriazol (*en.* tolyltriazole)	0,48	1,1	7,6	7,3	20	0,45	0,58	52	15	750
Ifosfamid	0,18	0,37	0,74	0,57	1,4	0,14	0,24	0,7	0,4	2,9
Laurilsulfate	8,3	20	175	125	450	5,6	40	100	65	240
Klorzoxazon	0,17	0,22	0,22	0,22	0,22	0,26	0,39	7,3	1,1	100
Pantenol	0,47	0,99	2,3	2,2	6,6	0,31	0,42	1,3	0,9	6,1
Ricinolsyra	1,1	2,0	6,0	4,3	25	0,73	1,0	7,4	6,0	24
Sukralos	17	25	145	125	380	0,29	21	225	100	1100
Salicylsyra	0,45	0,60	1,0	0,7	1,9	0,29	0,40	1,8	1,4	7,3
Tiabendazol	0,069	0,10	0,44	0,2	1,8	0,042	0,10	0,3	0,3	0,6

	Sjöar					Vattendrag				
	LOQ	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**	**LOQ**	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**
4-Klor-3-metylfenol	4,8	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2,2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ramipril	0,01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,01	0,10	0,5	0,3	3,5
Daidzein	0,16	0,30	0,99	1	2,2	0,13	0,85	5,0	4,4	16
Karazolol	0,12	0,21	0,70	0,61	1,1	0,11	0,43	1,6	1,3	3,4
Di-(2-etylhexyl)fosforsyra	0,062	0,10	0,44	0,35	1,8	0,028	0,15	2,9	0,8	24
4-Kloro-2-isopropyl-5-metylfenol	14	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	9,6	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
2-butoxietanol-fosfat (3:1)	0,13	0,15	2,4	0,83	13	0,072	0,20	34	4,1	570
4-Metylbensylidenkamfer	0,9	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,85	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fluoxetin	30	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	16	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
17-α-etinylöstradiol (EE2)	8,6	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	8,6	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
17-β-östradiol	2,2	2,3	2,8	2,8	3,9	2,2	2,3	2,5	2,5	2,7
Östron (E1)	1,1	1,3	1,6	1,4	2,7	1,1	1,2	4,8	1,7	21
Östradiol	2,3	2,6	3,0	2,8	4	2,3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

	Sjöar					Vattendrag				
	LOQ	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**	**LOQ**	**MIN**	**MEDEL**	**MEDIAN**	**MAX**
Etinylöstradiol	8,6	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	8,6	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

Tabell 22. Koncentrationer (ng/L) av analyter i avloppsvattenpåverkade recipienter uppmätta i andra studier. Avrundade medelvärden är markerade med fet stil.

	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
2,2'-Dimorfolinyldietyleter	
4-Metylbensylidenkamfer	
4-Kloro-2-isopropyl-5-metylfenol	
4-Klor-3-metylfenol	
Aceklofenak	
Paracetamol	**55**[1]
Albuterol (salbutamol)	**5**[2]
Amitriptylin	**<5**[1];**18**[2]
Amoxicillin *	**35**[2]
Atenolol	**170**[1];**80**[2]
Atorvastatin	**<50**[1];**30**[2]
Azitromycin *	**<5**[1];**11**[2]
BAM (2,6-diklorbensamid)	**22**[2]
Bezafibrat	**14**[2]
Bikalutamid	**60**[2]
Bisoprolol	**40**[1];**30**[2]
Koffein	**450**[2]
Karazolol	**<1,1**[2]
Karbamazepin	**280**[1];**100**[2]
Cetirizin	**60**[2]
Kloramfenikol	**<6,1**[2]
Klorzoxazon	**3,4**[2]
Ciprofloxacin *,**	**65**[1]
Citalopram	**80**[1];**40**[2]
Klaritromycin *	**80**[1];**15**[2]
Klimbazol	**12**[2]
Klindamycin	**45**[1];**24**[2]
Klozapin	14[2]
Kodein	**90**[1];**50**[2]
Daidzein	**4,7**[2]
DEET (N,N-dietyltoluamid)	**55**[2]
Desvenlafaxin	
Di-(2-etylhexyl)fosforsyra	
Diazepam	**<5**[2]
Diklofenak *,**	**230**[1];**130**[2]
Diltiazem	**8**[1];**4,7**[2]
Erytromycin *	**<50**[1]
Etylparaben	**<0,057**[2]
Fexofenadin	**50**[1];**150**[2]
Flukonazol	**75**[1];**30**[2]
Fluoxetin	**<5**[1];**3**[2]
FOSA (perfluoroktansulfonamid)	

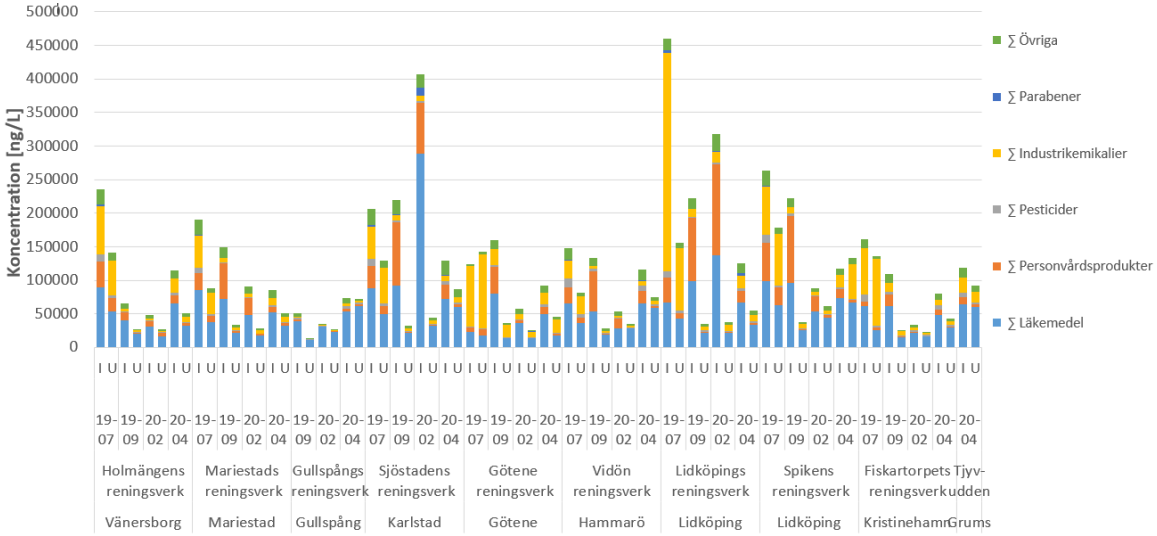
	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
Furosemid	**180**[2]
Gemfibrozil	**25**[2]
Hydroklortiazid	**240**[2]
Ibuprofen	**90**[1]
Ifosfamid	**14**[2]
Irbesartan	**110**[1];**40**[2]
Lamotrigin	**240**[2]
Laurilsulfate	
Lidokain	**90**[2]
Loperamid	**2,0**[1];**2,3**[2]
Losartan	**230**[2]
Meklofenamsyra	
Mefenaminsyra	**2,2**[2]
Memantin	**4,9**[1];**12**[2]
Metformin	**<100**[1];**3 400**[2]
Metylparaben	**<0,17**[2]
Metoprolol	**450**[1];**200**[2]
Metronidazol	**15**[2]
Mirtazapin	**90**[1];**50**[2]
Nikotin	**25**[2]
Sertralin-desmetyl	**75**[2]
Omeprazol	
Oxazepam	**180**[1];**80**[2]
2-hydroxi-4-metoxi-bensofenon	
Oxikodon	**13**[2]
Pantenol	**190**[2]
Paroxetin	**<10**[1];**<1,2**[2]
PFBA (perfluorbutansyra)	
PFBS (perfluorbutansulfonsyra)	
PFDA (perfluordekansyra)	**<0,4**[2]
PFDoDA (perfluordodekansyra)	**<17**[2]
PFHpA (perfluorheptansyra)	**2,6**[2]
PFHxA (perfluorhexansyra)	**7,1**[2]
PFHxS (perfluorhexansulfonsyra)	**<5,4**[2]
PFNA (perfluornonansyra)	**2,0**[2]
PFOA (perfluoroktansyra)	**<3,6**[2]
PFOS (perfluoroktansulfonsyra)	**<6,4**[2]
PFPeA (perfluorpentansyra)	
PFTeDA (Perfluortetradekansyra)	
PFUnDA (perfluorundekansyra)	**2,9**[2]
Primidon	**8**[2]
Propanolol	**20**[2]
Propylparaben	**<0,077**[2]
Pyrimetamin	
Ramipril	**3,4**[2]
Ranitidin	**30**[1];**540**[2]

	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
Ricinolsyra	
Roxitromycin	**<50**[1];**4,4**[2]
Salicylsyra	**20**[2]
Sertralin	**<10**[1];**7,7**[2]
Simvastatin	**40**[2]
Sotalol	**20**[2]
Sukralos	
Sulfametoxazol	**80**[1];**17**[2]
Sulisobenson	**350**[2]
Tamoxifen	**<5**[1]
Terbutalin	**2,6**[2]
Tiabendazol	**4,1**[2]
4-metyl-1H-bensotriazol (*en.* tolyltriazole)	
Tramadol	**560**[1];**270**[2]
Tributylacetylcitrat	**75**[2]
Triisopropanolamin	
Trimetoprim	**90**[1]
2-butoxietanol-fosfat (3:1)	
Valproinsyra	
Valsartan	**90**[2]
Venlafaxin	**130**[1];**140**[2]
17-α-etinylöstradiol (EE2) *,**	
17-β-östradiol *,**	
Östron (E1)	
Östradiol *	<10[1]
Etinylöstradiol *	<10[1]

[1] Värden från Fick m. fl. (2011)

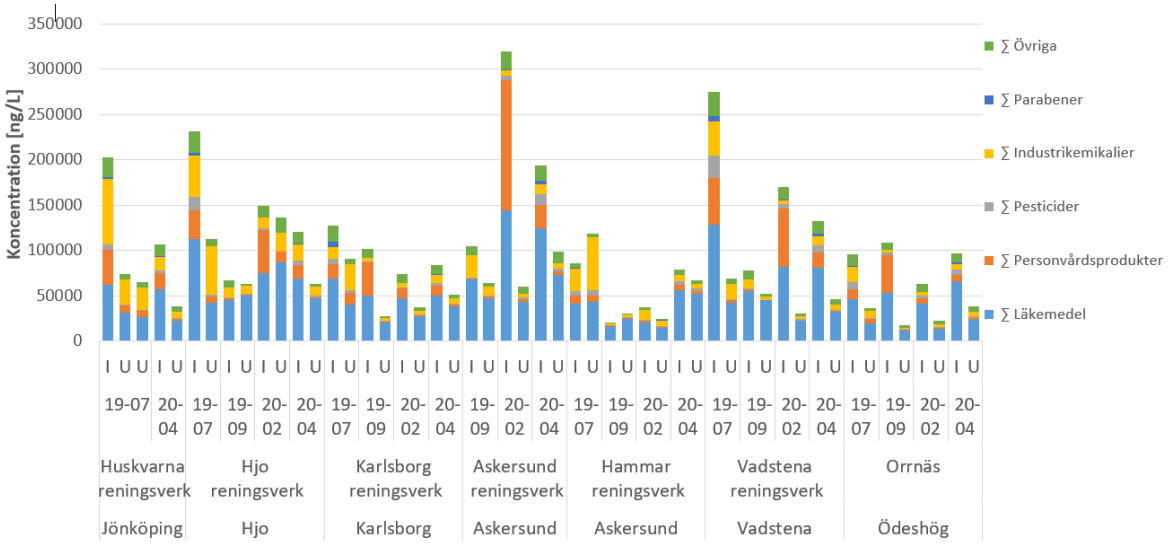
[2]Värden från Golovko m.fl. (2021)

E. Koncentrationer (ng/L) i inkommande och utgående vatten på avloppsrenings-verk kring Vänern



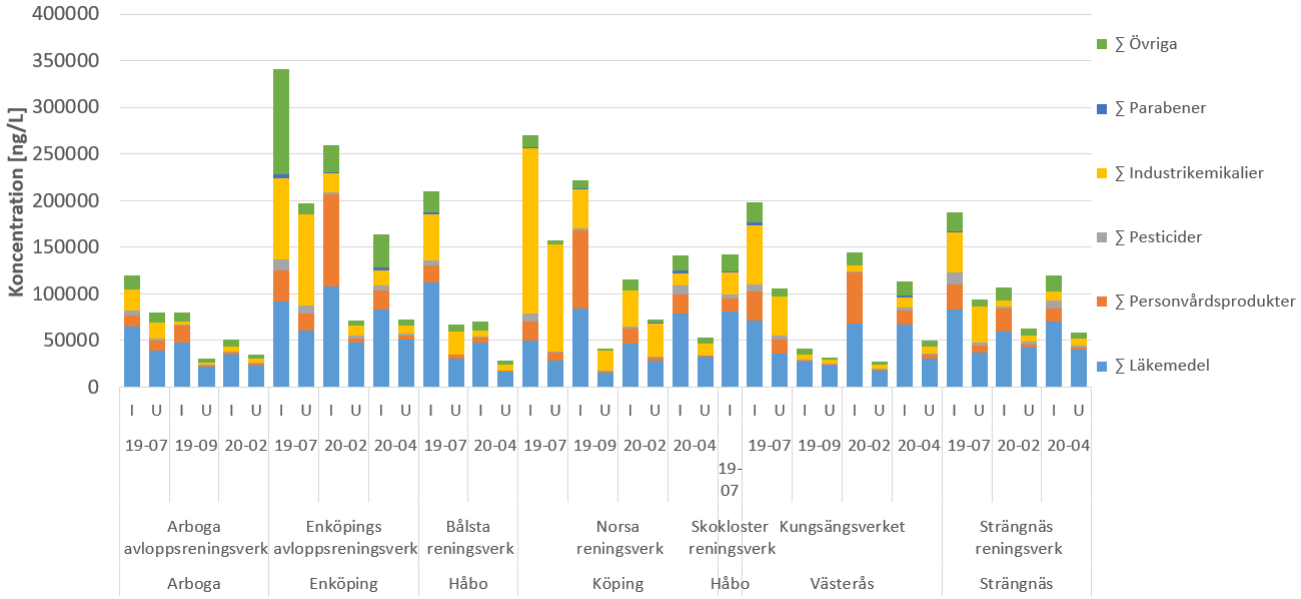
Figur 30. Kumulativa koncentrationer av de studerade organiska miljöföroreningarna, exklusive PFAS-ämnen, i deltagande avloppsreningsverk kring Vänern, med generella klassificeringar. Generaliserad bild av Figur 5. Datum enligt ÅÅ-MM. I: Inkommande, U: Utgående.

F. Koncentrationer (ng/L) i inkommande och utgående vatten på avloppsrenings-verk kring Vättern



Figur 31. Kumulativa koncentrationer av de studerade organiska miljöföroreningarna, exklusive PFAS-ämnen, i deltagande avloppsreningsverk kring Vättern, med generella klassificeringar. Generaliserad bild av Figur 14. Datum enligt ÅÅ-MM. I: Inkommande, U: Utgående

G. Koncentrationer (ng/L) i inkommande och utgående vatten på avloppsrenings-verk kring Mälaren



Figur 32. Kumulativa koncentrationer av de studerade organiska miljöföroreningarna, exklusive PFAS-ämnen, i deltagande avloppsreningsverk kring Mälaren, med generella klassificeringar. Generaliserad bild av Figur 23. Datum enligt ÅÅ-MM. I: Inkommande, U: Utgående

H. Uppmätta halter i inkommande avloppsvatten

Tabell 23 Uppmätta halter av analyter i inkommande avloppsvatten till deltagande (avlopps)reningsverk i studien. Kvantifieringsgräns (LOQ), värden i percentiler 10%, 25%, 50% (median), 75% och 90%, samt min- (över kvantifieringsgränsen), medel- och maxvärden. Alla koncentrationer anges i ng/L. NA: Inkluderad i analysen, men återvinningen av standardanalyterna i kvalitetskontrollen bedömdes som icke-tillfredsställande. Antal inkommande avloppsvattenprover: 76.

	Inkommande avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Albuterol (Salbutamol)	0,3	1,1	2,4	3,1	6,1	10	15	27	42
Atenolol	1,3	320	420	700	1100	3300	3800	10 000	24 000
Sotalol	0,19	15	23	31	55	160	170	420	1200
Hydroklortiazid (HCTZ)	0,5	100	220	290	440	690	820	1500	3100
Nikotin	1,6	6	660	1300	1800	4200	3700	6900	97 000
Metoprolol	0,18	110	160	250	420	510	720	1000	1200
Atorvastatin (Lipitor)	2,1	32	320	460	910	960	1300	1800	3900
Karbamazepin	1,1	72	210	380	540	610	780	1100	2300
Cetirizin	0,23	100	140	190	370	400	550	680	1100
Citalopram	1,1	130	260	340	500	550	700	1000	1300
Mirtazapin	0,38	43	200	300	450	580	770	1150	2400
Oxazepam	0,53	63	210	250	380	450	600	830	1300
Paroxetin	2,5	5,9	6,7	8,3	13	16	21	27	41
Lamotrigin	1,1	190	250	370	720	860	1200	1700	2900

	Inkommande avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Metformin	0,65	7,9	110	290	6800	6100	9000	11 000	17 000
Valproinsyra	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
2-hydroxi-4-metoxi-bensofenon	11	12	49	93	150	190	280	380	630
Oxikodon	8,7	18	32	42	66	94	130	180	490
Primidon	44	130	180	240	380	470	580	810	1400
Simvastatin	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
DEET	1,6	5,3	52	95	170	520	690	1400	4000
BAM (2,6-diklorbensamid)	96	800	1300	1900	3400	4500	5800	8800	24 000
Bezafibrat	4,5	15	40	77	140	180	210	350	860
Bikalutamid	0,75	77	310	530	1000	1400	1900	3000	5300
Bisoprolol	1,4	27	100	220	310	380	550	720	970
Klaritromycin	0,52	1,5	3,5	6,6	37	120	160	250	1300
Klimbazol	0,44	4,0	11	15	38	46	64	89	190
Klindamycin	0,72	1,6	15	29	51	76	78	130	600

	Inkommande avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Klozapin	0,094	2,1	6,1	28	75	140	140	290	1400
Diazepam	1,2	1,2	1,4	1,7	2,9	4,4	4,4	6,5	42
Fexofenadin	1,4	13	170	320	1800	1900	3100	4200	6000
Loperamid	8,5	9,3	10	13	15	18	23	29	35
Memantin	2,5	5,4	25	43	89	97	140	180	420
Propranolol	1,1	16	58	77	130	150	200	250	690
Koffein	0,25	2,5	1800	2900	3700	4200	5000	6800	16 000
Ranitidin	27	140	360	680	1600	2700	3100	8000	13 000
Kloramfenikol	5,5	9,1	14	18	26	62	36	46	670
Tramadol	1,3	400	690	1200	1900	2500	3400	5000	7400
Valsartan	12	55	180	450	1100	2500	2400	6400	18 000
Kodein	8,9	200	420	710	1400	1800	2300	3700	7700
Flukonazol	2,5	24	42	85	180	300	410	670	2300
Lidokain	1,9	92	180	320	630	930	1200	2300	4400

	Inkommande avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Diklofenak	5,7	410	620	720	970	1100	1300	1600	3600
Aceklofenak	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Mefenaminsyra	2,6	2,7	10	14	20	23	26	36	110
Meklofenamsyra	34	45	52	56	66	70	85	94	110
Ibuprofen	33	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Etylparaben	13	14	40	100	260	620	820	1700	2900
Propylparaben	4,7	5,2	31	71	290	820	890	2500	5500
Metylparaben	18	21	43	98	130	380	190	340	8400
Furosemid	7,5	170	840	1200	1600	2000	2700	3600	5800
Gemfibrozil	2,1	2,9	11	26	87	240	330	600	1800
Diltiazem	0,3	0,3	4,3	9,0	21	32	38	78	180
Tamoxifen	1,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Irbesartan	2,5	52	110	200	340	690	630	1400	8400
Losartan	0,61	360	1200	1700	2500	2800	3500	4850	8500

	Inkommande avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Omeprazol	4,4	22	31	45	75	78	100	130	250
Paracetamol	3,2	5,5	1220	4200	8100	9400	12 000	17 800	40 000
Metronidazol	8,7	10	18	39	65	89	110	160	530
Sulfametoxazol	18	29	84	140	280	1400	680	4300	21 000
Trimetoprim	2,4	19	83	180	300	380	480	710	1800
Amitriptylin	3,2	36	82	130	200	250	300	450	990
Sertralin-desmetyl	46	55	92	150	250	280	310	380	2800
Sertralin	16	17	54	90	150	180	210	290	1900
Venlafaxin	9,8	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Desvenlafaxin	1,2	230	480	800	1200	1600	2000	3200	5800
Erytromycin	6,2	6,2	16	30	110	220	230	470	1900
Amoxicillin	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Azitromycin	26	27	41	61	110	180	200	420	1200
Ciprofloxacin	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

	Inkommande avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Roxitromycin	35	51	71	100	150	150	200	230	250
Triisopropanolamin	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tributylacetylcitrat	23	27	51	78	180	200	280	380	710
Terbutalin	1200	1200	1200	1500	1800	2100	2500	3400	3700
Pyrimetamin	9,5	10	10	10	10	10	10	10	10
Sulisobenson	4,3	560	1600	2600	4150	5400	6300	12 000	26 000
2,2'-dimorfolinyldietyleter	6,8	7,8	25	61	100	150	200	320	520
4-metyl-1H-bensotriazol (*en.* tolyltriazole)	190	760	2700	4300	7900	21 000	19 000	39 000	310 000
Ifosfamid	12	12	17	21	24	32	37	62	66
Laurilsulfate	250	480	2500	7200	14 000	25 000	29 000	73 000	140 000
Klorzoxazon	11	14	66	140	250	1400	1100	5300	14 000
Pantenol	14	680	1500	2000	2800	3700	4800	7100	12 000
Ricinolsyra	120	160	2600	5000	8400	11 000	14 000	24 000	42 000

	Inkommande avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Sukralos	16	990	2500	3600	5300	5600	7500	8600	13 000
Salicylsyra	55	65	200	290	740	6300	2300	7800	230 000
Tiabendazol	1,8	2,2	3,8	5,5	9,0	21	16	27	520
4-Klor-3-metylfenol	79	120	190	250	430	440	560	690	1100
Ramipril	0,48	1,8	4,2	7,4	16	47	47	180	280
Daidzein	11	46	260	420	810	1300	1600	4000	5100
Karazolol	10	12	14	14	16	24	29	44	57
Di-(2-etylhexyl) fosforsyra	15	30	110	170	330	1400	980	5200	9 900
4-Kloro-2-isopropyl-5-metylfenol	77	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
2-butoxietanol-fosfat (3:1)	8,2	64	380	630	1300	3900	3800	11 000	35 000
4-Metylbensylidenkamfer	39	140	190	260	400	410	550	630	820
Fluoxetin	7,4	7,4	8,3	11	18	29	42	59	170

Tabell 24. Koncentrationer av organiska miljöföroreningar (ng/L) i inkommande avloppsvatten uppmätta i andra studier. Avrundade medelvärden markerade med fet stil.

	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
2,2′-Dimorfolinyldietyleter	
4-Metylbensylidenkamfer	
4-Kloro-2-isopropyl-5-metylfenol	
4-Klor-3-metylfenol	
Aceklofenak	
Paracetamol	**176 200**[1]
Albuterol (salbutamol)	
Amitriptylin	**15**[1]
Amoxicillin *	
Atenolol	**1000**[1]
Atorvastatin	**280**[1]
Azitromycin *	**14**[1]
BAM (2,6-diklorbensamid)	
Bezafibrat	
Bikalutamid	
Bisoprolol	**200**[1]
Koffein	
Karazolol	
Karbamazepin	**890**[1]
Cetirizin	
Kloramfenikol	
Klorzoxazon	
Ciprofloxacin *,**	**90**[1]
Citalopram	**370**[1]
Klaritromycin *	**260**[1]
Klimbazol	
Klindamycin	**100**[1]
Klozapin	
Kodein	**1240**[1]
Daidzein	
DEET (N,N-dietyltoluamid)	
Desvenlafaxin	
Di-(2-etylhexyl)fosforsyra	
Diazepam	
Diklofenak *,**	**1690**[1]
Diltiazem	**80**[1]
Erytromycin *	**460**[1]
Etylparaben	
Fexofenadin	**290**[1]
Flukonazol	**680**[1]
Fluoxetin	**50**[1]
FOSA (perfluoroktansulfonamid)	

	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
Furosemid	
Gemfibrozil	
Hydroklortiazid	
Ibuprofen	**970**[1]
Ifosfamid	
Irbesartan	**770**[1]
Lamotrigin	
Laurilsulfate	
Lidokain	
Loperamid	**6,23**[1]
Losartan	
Meklofenamsyra	
Mefenaminsyra	
Memantin	**28**[1]
Metformin	**730**[1]
Metylparaben	
Metoprolol	**2600**[1]
Metronidazol	
Mirtazapin	**230**[1]
Nikotin	
Sertralin-desmetyl	
Omeprazol	
Oxazepam	**500**[1]
2-hydroxi-4-metoxi-bensofenon	
Oxikodon	
Pantenol	
Paroxetin	**40**[1]
PFBA (perfluorbutansyra)	
PFBS (perfluorbutansulfonsyra)	
PFDA (perfluordekansyra)	
PFDoDA (perfluordodekansyra)	
PFHpA (perfluorheptansyra)	
PFHxA (perfluorhexansyra)	
PFHxS (perfluorhexansulfonsyra)	
PFNA (perfluornonansyra)	
PFOA (perfluoroktansyra)	
PFOS (perfluoroktansulfonsyra)	
PFPeA (perfluorpentansyra)	
PFTeDA (perfluortetradekansyra)	
PFUnDA (perfluorundekansyra)	
Primidon	
Propanolol	
Propylparaben	
Pyrimetamin	
Ramipril	
Ranitidin	**240**[1]

	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
Ricinolsyra	
Roxitromycin	**400**[1]
Salicylsyra	
Sertralin	**75**[1]
Simvastatin	
Sotalol	
Sukralos	
Sulfametoxazol	**500**[1]
Sulisobenson	
Tamoxifen	**210**[1]
Terbutalin	
Tiabendazol	
4-metyl-1H-bensotriazol (*en.* tolyltriazole)	
Tramadol	**2000**[1]
Tributylacetylcitrat	
Triisopropanolamin	
Trimetoprim	**415**[1]
2-butoxietanol-fosfat (3:1)	
Valproinsyra	
Valsartan	
Venlafaxin	**620**[1]
17-α-etinylöstradiol (EE2) *,**	
17-β-östradiol *,**	
Östron (E1)	
Östradiol *	<10[1]
Etinylöstradiol *	<10[1]

[1] Värden från Fick m. fl. (2011)

I. Uppmätta halter i utgående avloppsvatten

Tabell 25 Uppmätta halter av analyter i utgående avloppsvatten till deltagande (avlopps)reningsverk i studien. Kvantifieringsgräns (LOQ), värden i percentiler 10%, 25%, 50% (median), 75% och 90%, samt min- (över kvantifieringsgränsen), medel- och maxvärden. Alla koncentrationer anges i ng/L. NA: Inkluderad i analysen, men återvinningen av standardanalyterna i kvalitetskontrollen bedömdes som icke-tillfredsställande. Antal inkommande avloppsvattenprover: 76.

	Utgående avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Albuterol (Salbutamol)	0,42	2,3	4,7	7,1	11	11	15	18	28
Atenolol	2,2	72	880	1100	1800	2300	3100	4800	8300
Sotalol	0,27	14	27	65	120	160	220	330	500
Hydroklortiazid (HCTZ)	0,86	200	460	600	790	830	1000	1300	1700
Nikotin	4,0	8,9	13	19	34	210	110	390	3300
Metoprolol	0,28	290	500	690	850	950	1300	1450	1700
Atorvastatin (Lipitor)	1,6	3,3	19	41	120	250	290	630	1800
Karbamazepin	0,82	2,5	290	420	580	650	810	1100	1600
Cetirizin	0,16	36	170	230	340	400	550	650	930
Citalopram	0,78	130	270	420	590	640	830	1000	1700
Mirtazapin	0,27	28	200	270	420	460	610	760	1200
Oxazepam	0,36	50	160	270	380	380	480	610	1100
Paroxetin	1,9	4,6	5,6	7,0	8,3	12	15	21	46
Lamotrigin	0,71	340	450	710	1100	1400	1800	2600	4100
Metformin	0,68	1,3	11	140	580	4700	4700	14 000	69 000
Valproinsyra	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
2-hydroxi-4-metoxi-bensofenon	8,1	10	14	22	32	43	53	74	220
Oxikodon	5,9	8,0	36	52	81	86	110	150	220

	Utgående avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Primidon	32	58	110	180	270	290	350	540	730
Simvastatin	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
DEET	0,95	1,3	20	65	130	350	230	920	3800
BAM (2,6-diklorbensamid)	49	370	700	860	1300	1600	2200	2800	5300
Bezafibrat	4,2	6,3	13	23	53	92	130	180	640
Bikalutamid	0,48	1,5	300	430	830	1300	1800	2800	5500
Bisoprolol	0,85	41	83	170	330	380	540	770	1400
Klaritromycin	0,31	0,5	3,2	12	70	110	140	230	640
Klimbazol	0,25	1,6	4,9	10	17	24	32	52	78
Klindamycin	0,42	3,3	34	73	120	150	210	270	610
Klozapin	0,063	2,1	4,8	14	37	71	90	150	790
Diazepam	0,66	0,7	0,87	1,4	2,0	2,6	2,8	5,0	11
Fexofenadin	0,87	9,2	140	290	1400	1670	2725	3800	7300
Loperamid	5,4	5,6	6,2	7,1	8,8	13	15	24	54

	Utgående avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Memantin	1,4	12	29	54	88	100	130	180	350
Propranolol	0,68	14	46	78	130	150	180	260	710
Koffein	0,39	1,1	2	5	30	500	180	1900	6300
Ranitidin	21	65	270	460	980	1400	1800	3500	5500
Kloramfenikol	3,2	4,3	5,0	6,1	11	17	23	34	62
Tramadol	0,66	11	720	1200	1800	2200	2800	3800	5800
Valsartan	6,6	10	83	160	390	1200	1200	2500	16 000
Kodein	4,6	21	130	230	450	720	930	1400	4300
Flukonazol	1,3	3,1	25	72	150	240	250	340	5200
Lidokain	0,99	130	230	370	560	710	870	1600	2800
Diklofenak	6,0	380	520	700	1100	1100	1400	1600	2400
Aceklofenak	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Mefenaminsyra	2,6	3,4	10	13	19	20	23	32	60
Meklofenamsyra	36	52	52	52	52	52	52	52	52

	Utgående avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Ibuprofen	33	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Etylparaben	7,3	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
Propylparaben	3,4	3,4	4,0	6,9	12	17	23	36	52
Metylparaben	12	12	16	24	51	64	79	120	340
Furosemid	7,9	190	420	700	1100	1400	1800	2800	5800
Gemfibrozil	1,8	1,8	5,6	14	31	140	130	280	1500
Diltiazem	0,23	0,3	3,9	6,6	13	21	27	47	100
Tamoxifen	1,2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Irbesartan	1,5	40	110	200	360	570	540	1100	4800
Losartan	0,37	47	380	840	1600	1700	2400	3200	5100
Omeprazol	2,5	10	14	24	40	65	69	86	750
Paracetamol	3,6	4,4	6,3	14	19	140	110	270	2300
Metronidazol	6,1	6,1	24	32	53	68	84	110	340
Sulfametoxazol	11	18	32	51	87	320	230	960	5000

	Utgående avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Trimetoprim	1,2	10	61	160	270	270	360	470	890
Amitriptylin	2,2	28	66	120	200	240	330	410	790
Sertralin-desmetyl	33	74	150	170	240	280	310	380	1800
Sertralin	12	22	57	83	130	170	210	290	1600
Venlafaxin	7,0	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Desvenlafaxin	0,81	240	480	950	1400	2000	2600	4700	8400
Erytromycin	3,1	3,9	10	30	120	180	210	340	1600
Amoxicillin	NA	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Azitromycin	18	21	28	42	95	140	200	290	400
Ciprofloxacin	NA	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Roxitromycin	20	37	38	39	70	81	77	140	180
Triisopropanolamin	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Tributylacetylcitrat	9,4	11	13	21	48	81	72	120	1300
Terbutalin	630	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

	Utgående avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Pyrimetamin	5,4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Sulisobenson	3,1	290	550	810	1500	3700	4500	9100	26 000
2,2'-dimorfolinyldietyleter	3,6	4,0	10	26	54	120	150	350	680
4-metyl-1H-bensotriazol (*en.* tolyltriazole)	130	440	2200	3800	6300	18 000	21 000	50 000	110 000
Ifosfamid	6,7	9,0	12	15	19	19	19	28	43
Laurilsulfate	300	320	330	420	640	1000	1100	1900	4900
Klorzoxazon	5,4	6,3	14	28	63	280	210	550	5400
Pantenol	15	15	21	40	100	260	260	660	2500
Ricinolsyra	140	190	260	330	680	1200	1300	2600	6400
Sukralos	10	530	1600	2900	3900	4600	5900	7300	17 000
Salicylsyra	80	94	110	140	180	400	220	310	4800
Tiabendazol	0,93	1,4	3,4	4,6	6,4	14	14	22	280
4-Klor-3-metylfenol	49	250	250	250	250	250	250	250	250

	Utgående avloppsvatten								
	LOQ	**MIN**	**10%**	**25%**	**MEDIAN**	**MEDEL**	**75%**	**90%**	**MAX**
Ramipril	0,27	0,5	2,4	5,2	10	42	28	150	280
Daidzein	6,5	9,3	15	24	38	71	64	160	710
Karazolol	6,00	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Di-(2-etylhexyl)fosforsyra	11	11	16	28	84	340	210	1100	4500
4-Kloro-2-isopropyl-5-metylfenol	49	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
2-butoxietanol-fosfat (3:1)	4,1	10	95	250	580	1900	1400	3200	36 000
4-Metylbensylidenkamfer	23	78	180	210	310	330	430	540	660
Fluoxetin	4,7	4,8	5,3	6,6	15	19	26	40	73

Tabell 26. Koncentrationer av organiska miljöföroreningar (ng/L) i utgående avloppsvatten uppmätta i andra studier. Avrundade medelvärden markerade med fet stil.

	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
2,2′-Dimorfolinyldietyleter	
4-Metylbensylidenkamfer	
4-Kloro-2-isopropyl-5-metylfenol	
4-Klor-3-metylfenol	
Aceklofenak	
Paracetamol	**180**[2]
Albuterol (salbutamol)	
Amitriptylin	**9,4**[1]
Amoxicillin *	
Atenolol	**460**[1]
Atorvastatin	**45**[1]
Azitromycin *	**12**[1]
BAM (2,6-diklorbensamid)	
Bezafibrat	**200**[1]
Bikalutamid	
Bisoprolol	**100**[1]
Koffein	
Karazolol	
Karbamazepin	**390**[1]
Cetirizin	
Kloramfenikol	
Klorzoxazon	
Ciprofloxacin *,**	**18**[1]
Citalopram	**280**[1]
Klaritromycin *	**110**[1]
Klimbazol	
Klindamycin	**140**[1]
Klozapin	
Kodein	**360**[1]
Daidzein	
DEET (N,N-dietyltoluamid)	
Desvenlafaxin	
Di-(2-etylhexyl)fosforsyra	
Diazepam	
Diklofenak *,**	**1 100**[2]
Diltiazem	**40**[1]
Erytromycin *	**180**[1]
Etylparaben	
Fexofenadin	**170**[2]
Flukonazol	**400**[2]
Fluoxetin	**29**[1]
FOSA (perfluoroktansulfonamid)	0,06 – 1,8[1];<0,11[3]

	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
Furosemid	
Gemfibrozil	**17**[1]
Hydroklortiazid	
Ibuprofen	**245**[2]
Ifosfamid	
Irbesartan	**450**[2]
Lamotrigin	
Laurilsulfate	
Lidokain	
Loperamid	**8,5**[2]
Losartan	
Meklofenamsyra	
Mefenaminsyra	
Memantin	**24**[1]
Metformin	**330**[2]
Metylparaben	
Metoprolol	**1 600**[1]
Metronidazol	
Mirtazapin	**180**[1]
Nikotin	
Sertralin-desmetyl	
Omeprazol	
Oxazepam	**440**[1]
2-hydroxi-4-metoxi-bensofenon	
Oxikodon	
Pantenol	
Paroxetin	**10**[1]
PFBA (perfluorbutansyra)	0,87 – 21[1];**1,09**[3]
PFBS (perfluorbutansulfonsyra)	0,5 – 21[1];<0,22[3]
PFDA (perfluordekansyra)	0,22 – 7,1[1];<0,19
PFDoDA (perfluordodekansyra)	0,15 – 4,2[1];<0,19[3]
PFHpA (perfluorheptansyra)	1 – 17[1];<0,05[3]
PFHxA (perfluorhexansyra)	0,55 – 22[1];**1,09**[3]
PFHxS (perfluorhexansulfonsyra)	0,58 – 10[1];<0,15[3]
PFNA (perfluornonansyra)	0,24 – 7,6[1];<0,08[3]
PFOA (perfluoroktansyra)	**2,5**[1];**3,6**[3]
PFOS (perfluoroktansulfonsyra)	0,78 – 79[1];**1,2**[3]
PFPeA (perfluorpentansyra)	2,4 – 14[1];<0,03[3]
PFTeDA (perfluortetradekansyra)	<0,05[3]
PFUnDA (perfluorundekansyra)	0,17 – 1,7[1];<0,16[3]
Primidon	
Propanolol	**90**[1]
Propylparaben	
Pyrimetamin	
Ramipril	
Ranitidin	**240**[2]

	Koncentrationer [ng/L]
Ämne	**Sverige**
Ricinolsyra	
Roxitromycin	**130**[1]
Salicylsyra	
Sertralin	**14**[1]
Simvastatin	
Sotalol	
Sukralos	1700 – 11 000[1]
Sulfametoxazol	**130**[2]
Sulisobenson	
Tamoxifen	**50**[2]
Terbutalin	
Tiabendazol	
4-metyl-1H-bensotriazol (*en*. tolyltriazole)	
Tramadol	**1 700**[1]
Tributylacetylcitrat	
Triisopropanolamin	
Trimetoprim	**230**[2]
2-butoxietanol-fosfat (3:1)	240 – 16 000[1]
Valproinsyra	
Valsartan	
Venlafaxin	**420**[1]
17-α-etinylöstradiol (EE2) *,**	**5**[1]
17-β-östradiol *,**	**5**[1]
Östron (E1)	
Östradiol *	**<10**[2]
Etinylöstradiol *	**<10**[2]

[1] Värden från Baresel m.fl. (2015)

[2] Värden från Fick m. fl. (2011)

[3] Värden från Ahrens m. fl. (2016)