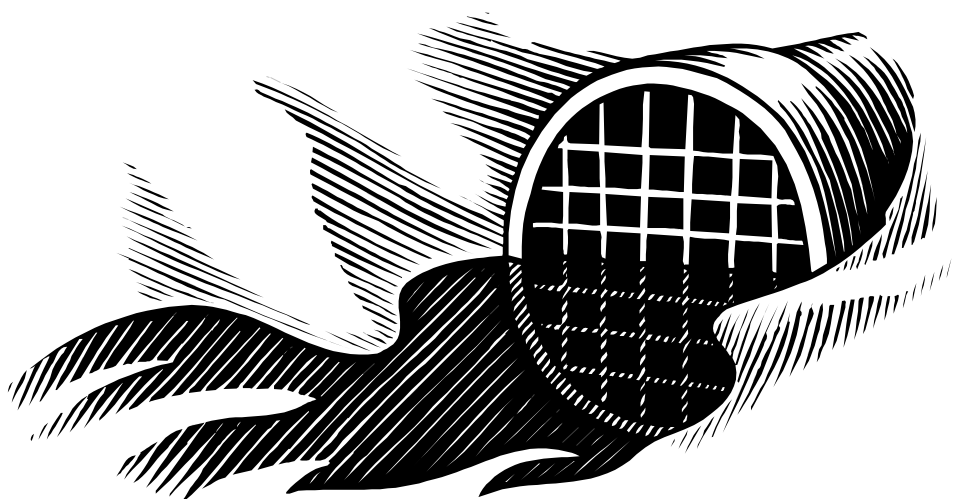


Läkemedelsrester och andra skadliga ämnen i avloppsreningsverk - koncentrationer, kvantifiering, beteende och reningsalternativ

Svensk sammanfattning av Rapport B 2226 "Pharmaceutical residues and other emerging substances in the effluent of sewage treatment plants - Review on concentrations, quantification, behaviour, and removal options"



Christian Baresel, Anna Palm Cousins, Maritha Hörsing, Mats Ek, Heléne Ejhed, Ann-Sofie Allard, Jörgen Magnér, Klara Westling, Cajsa Wahlberg, Uwe Fortkamp, Sara Söhr

Författare: Christian Baresel*, Anna Palm Cousins*, Maritha Hörsing*** Mats Ek*, Heléne Ejhed*, Ann-Sofie Allard*, Jörgen Magnér*, Klara Westling*, Cajsa Wahlberg**, Uwe Fortkamp*, Sara Söhr****

* IVL Svenska Miljöinstitutet AB

** Stockholm Vatten VA AB

*** Kungliga Tekniska Högskolan KTH

**** Sydvästra stockholmsregionens va-verksaktiebolag - SYVAB

Medel från: Havs- och vattenmyndigheten, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Kungliga Tekniska Högskolan KTH, Stockholm Vatten VA AB, SYVAB

Fotograf: Klicka och ange text

Rapportnummer: B 2226-P

Upplaga: Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2015

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60,100 31 Stockholm

Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90

www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	4
2	Inledning	4
2.1	Syfte	4
2.2	Metod och begränsningar	5
3	Aviserat reningsmål	5
4	Prioriterade föroreningar vid avloppsreningsverk	6
4.1	Läkemedelsrester	6
4.2	Ftalater och andra mjukgörare	6
4.3	Flamskyddsmedel	6
4.4	Fenoler	6
4.5	Per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS)	6
4.6	Syntetiska sötningsmedel	7
4.7	Siloxaner	7
4.8	Biocider	7
4.9	Mikroorganismer	7
4.10	Mikroskopiska skräppartiklar	7
5	Detektion och kvantifiering av läkemedelsrester och andra prioriterade substanser och deras effekter	8
6	Reningstekniker för avlägsnande av prioriterade föroreningar	9
6.1	Sekundära reningstekniker	9
6.2	Tertiära reningstekniker	9
6.3	Teknikkombinationer	9
6.4	Tekniker under utveckling	9
7	Rekommendationer	10
7.1	Halter i behandlat utgående avloppsvatten	10
7.2	Prioriterade föroreningar med särskilt behov av rening vid avloppsreningsverk	10
7.3	Detektion och kvantifiering av föroreningar och deras effekter	10
7.4	Reningstekniker	10
8	Planerade kompletterande aktiviteter i projektet	11
9	Referenser	11

1 Bakgrund

Många läkemedelsrester och andra prioriterade substanser passerar igenom dagens avloppsreningsverk (ARV) och hamnar antingen i slammet eller i recipienten, ibland i nivåer som kan påverka vattenlevande organismer. Substanser som släpps ut via avloppsreningsverk kan också anrikas i den akvatiska näringskedjan och orsaka effekter i högre organismer såsom fiskätande fåglar eller däggdjur, inklusive människor. Studier har också visat att antibiotika som hamnar i miljön kan bidra till uppkomsten av antibiotikaresistenta gener i bakterier, vilket är ett allvarligt globalt hot mot möjligheten att bota livshotande sjukdomar. Eftersom nuvarande vattenreningstekniker har utvecklats främst för att avlägsna partikulärt material samt kväve och fosfor är de oftast inte anpassade för att rena bort mikrobiellt stabila kemiska föroreningar.

Utvärderingar av effektiviteten hos olika behandlingstekniker för avlägsnande av sådana ämnen baseras vanligtvis på analyser av förekomst av ett ämne i inkommande och utgående vatten från reningsverket. Det finns dock problem med detta tillvägagångssätt eftersom vissa ämnen metaboliseras till potentiellt mer skadliga substanser, som då inte automatiskt fångas i analysen. Dessutom kan vissa ämnen spontant bildas i reningsverken, vilket kan resultera i högre nivåer i utgående än i inkommande vatten. Ett ytterligare problem är att de utgående koncentrationerna ibland kan vara lägre än detektionsgränserna, men trots det ändå vara högre än eller nära etablerade risknivåer.

2 Inledning

Eftersom vissa läkemedelsrester och andra substanser passerar dagens reningsverk och når recipienten är det nödvändigt att befintlig och ny kunskap sammanlänkas, med syftet att bidra till genomförande och vidareutveckling av en mer effektiv avloppsrening. Förutom de substanser som det fokuseras på i dagsläget så finns det nya och mindre kända ämnen där analysmetoder för kvantifiering samt tillräckliga data för en bedömning ur miljösynpunkt samt kunskap om vilka nedbrytningsprodukter som kan bildas vid olika reningstekniker, saknas eller är otillräckliga. Problemen som kan orsakas av dessa ämnens förekomst i avloppsvatten har inte debatterats på allvar förrän på senare tid och de är mestadels fortfarande oreglerade. Detta ger ett stort utrymme för osäkerhet och misstag samt vilseledande bedömningar, enbart på grund av bristen på information, samförstånd och reglering. Flertalet initiativ har tagits under de senaste åren, både i Sverige och internationellt, och det finns nu en stor vilja hos många aktörer att minska förekomsten av läkemedelsrester och andra substanser i avloppsvattnet.

Kunskapsnivån har under de senaste åren ökat kraftigt och det finns ett behov av att länka denna med tidigare befintlig kunskap. Detta innefattar vilka ämnen som bör prioriteras vid övervakning, hur de kvantifieras samt vilka tekniska möjligheter som finns för att begränsa utsläpp av sådana ämnen. Denna rapport inom projektet "*Systemförslag för rening av läkemedelsrester och andra prioriterade svårnedbrytbara ämnen*", tar ett helhetsgrepp kring samtliga dessa frågor. Rapporten är skriven av IVL Svenska Miljöinstitutet, Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) och de två avloppsreningsverksaktörerna SYVAB Himmerfjärdsverket och Stockholm Vatten AB, med ekonomiskt stöd från Havs- och vattenmyndigheten genom anslag 1:12 Åtgärder för havs- och vattenmiljö.

2.1 Syfte

Syftet med denna översyn är att ge en gedigen kunskapsbas samt rekommendationer om prioriterade ämnen, metoder för detektering och kvantifiering, behandlingstekniker och utvecklingsbehov, samt att belysa befintliga kunskapsluckor inom området. Rapporten ska fungera som informationsmaterial till

avloppsreningsverk, dess tillståndsgivande myndighet samt övriga intressenter. Rapporten kommer även ligga till grund för vidare arbete inom projektet vid utvärdering av nya reningstekniker för att rena bort läkemedelsrester och andra prioriterade substanser ur avloppsvatten.

2.2 Metod och begränsningar

Denna översyn har genomförts som en litteraturstudie där befintlig kunskap har sammanställts genom litteraturgenomgångar samt sökningar i nationella och internationella databaser. I sammanställningen har såväl akademisk forskning och "grå litteratur" beaktats, samt erfarenhet från nationella och internationella forskningsprojekt. De rekommendationer som ges i rapporten grundar sig i författarnas uppfattning och erfarenhet, vilken i möjligaste mån förankrats genom referenser till tidigare studier och/eller vetenskaplig litteratur.

3 Aviserat reningsmål

För att minska förekomsten av föreningar med negativ inverkan på vattenmiljön finns ett antal svenska lagar och förordningar samt internationella överenskommelser med detta syfte. Särskilt fokus bör läggas på att minska förekomsten av de föreningar som nämns i nedanstående listor:

- Förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd, avdelning 5 i appendix
- Förordning (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön, implementering av EUs vattendirektiv (WFD 2000/60/EEG)
- Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2013:19, ändrad genom HVMFS 2015:4), bilaga 2 och bilaga 5 avseende särskilda förorenande ämnen och bilaga 6 gränsvärden för kemist ytvattenstatus
- Europaparlamentets och rådets direktiv (2013/39/EU) vad gäller prioriterade ämnen på vattenpolitikens område
- Förordning (EG) nr 850/2004 om långlivade organiska föroreningar - POP-förordningen
- HELCOM Baltic Sea Action Plan, 11 substanser listade där särskild hänsyn bör tas
- Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1907/2006 om registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier (REACH). REACH-direktivet har tagits fram för att utöka skyddet för både människa och miljö från risker som kan orsakas av kemikalier. Direktivet innehåller regler för över 10000 föreningar.
- Artikel 59(10) i REACH-direktivet nämnt ovan. ECHAs kandidatlista innehållande föreningar där extra hänsyn bör tas, då de kan orsaka allvarliga, långvariga effekter på ekosystemet (<http://echa.europa.eu/web/guest/candidate-list-table>).

Det bör noteras att förekomst av läkemedelsrester och andra svårnedbrytbara organiska substanser ej finns reglerat i några lagar i Sverige. Även inom området för återanvändning av renat avloppsvatten, saknas standarder och lagstiftning. Troligtvis kommer det inom en snar framtid att tillkomma regleringar inom båda dessa områden.

Vid utsläpp av behandlat avloppsvatten till recipient är målet att inte försämra recipientens vattenkvalitet eller på något sätt skada liv i recipienten. Att inte släppa ut några föroreningar överhuvudtaget är inte realistiskt. Effektiviteten hos ett avloppsreningsverk anges ofta som en procentuell reduktion av ämnen från in- till utflöde, men när det gäller möjliga toxiska effekter i vattnet är det den totala koncentrationen av ämnen i vattnet som är avgörande. Olika metoder för att avgöra förekomst och effekter av prioriterade substanser i behandlat avloppsvatten presenteras i avsnitt 5 nedan. Generellt gäller att

försiktighetsprincipen bör tillämpas och endast minimala utsläpp tillåtas i de fall kvantifiering av halter och/eller tester av effekter inte kan utföras.

4 Prioriterade föroreningar vid avloppsreningsverk

4.1 Läkemedelsrester

Läkemedelsrester når reningsverken framför allt i form av metaboliter som bildas i människokroppen och utsöndras via urin och avföring. En nyligen utförd svensk studie visar att ca 25 % av läkemedelsresterna renas bort i reningsverken, och att ytterligare ca 25 % reduceras men inte renas bort helt. Övriga 50 % bedöms inte kunna renas bort utan kompletterande eller förbättrade reningstekniker. Till skillnad från många andra organiska ämnen är användningen av läkemedelssubstanser relativt konstant över tid, vilket också speglar den speciella karaktär som utsläpp av läkemedel har, och som försvårar uppströmsarbete, eftersom det i stor utsträckning handlar om en medveten tillförsel. Det handlar om antibakteriella, antiinflammatoriska och antidepressiva medel, neuroleptika, hypnotiska och lugnande medel, bedövningsmedel, hjärtmediciner, könshormoner, blodförtunningspreparat samt cytostatika. Inom samtliga dessa grupper finns ämnen som påvisats i utgående avloppsvatten. Särskilt bekymmersamt är läget för antibiotika, vars förekomst i miljön kan kopplas till ökad antibiotikaresistens. Hormonstörande effekter till följd av bland annat utsläpp av hormonpreparat har även påvisats.

4.2 Ftalater och andra mjukgörare

Ftalater används som mjukgörare i olika polymera material. Det huvudsakliga användningsområdet är som mjukgörare i PVC-plast. I Europa produceras årligen cirka en miljon ton ftalater. På grund av påvisade negativa hälsoeffekter från ftalater, såsom cancerogena effekter och minskad spermaproduktion hos män, har användningen minskat dramatiskt från början på 2010-talet och framåt, och ersatts med andra mjukgörare, t.ex. diisononylcyklohexan-dikarboxylat (DINCH).

4.3 Flamskyddsmedel

Gruppen "flamskyddsmedel" omfattar ett stort antal olika typer av kemikalier med olika fysikaliska och kemiska egenskaper. Många flamskyddsmedel är persistenta, bioackumulerande och hormonstörande och flera av dem är listade i POP-förordningen som nämns i kapitel 3 ovan. Vissa bromerade och klorerade flamskyddsmedel håller sedan början på 2000-talet på att fasa ut medan fosforbaserade fortfarande används i hög grad samtidigt som nya bromerade och klorerade flamskyddsmedel, med förmodat bättre miljöegenskaper introduceras. På grund av många av föreningarnas persistens och deras närvaro i produkter med lång livstid kommer även de utfasade substanserna finnas kvar i kretsloppet under en lång tid framöver, även om nivåerna långsamt kommer att minska.

4.4 Fenoler

Fenoler används huvudsakligen som tillsats i målarfärg, textilproduktion och babyprodukter såsom barnmatsburkar och nappflaskor. Från toppen kring 2006 har dess användning minskat drastiskt, särskilt användningen av nonylfenoler och bisfenol-A, vilket också noterats vid svenska reningsverk. Oktylfenoler används fortfarande i hög grad, i huvudsak vid produktion av målarfärg. Många fenoler är hormonstörande vilket har noterats i fisk fångad i anslutning till svenska reningsverk.

4.5 Per- och polyfluorerade alkylobstanser (PFAS)

PFAS är den gemensamma termen för en stor grupp substanser som funnits i kommersiellt bruk sedan 1950-talet. De är extremt stabila föreningar, och har unika tekniska egenskaper, varför de har använts i stor utsträckning i tekniska produkter, exempelvis impregneringsprodukter, ytbehandlingsprodukter,

insektsmedel och brandsläckningsskum. De substanser som väckt störst intresse hos allmänheten är perfluoroktansulfonat (PFOS) och perfluoroktansyra (PFOA). Detta på grund av deras extrema persistens, den omfattande förekomsten i miljön på grund till följd av stor historisk användning samt de toxiska egenskaperna. På grund av den tidigare stora användningen och den höga persistensen kommer ämnena att förekomma i avloppsvatten i lång tid framöver, även om just PFOS nu håller på att fasas ut.

4.6 Syntetiska sötningsmedel

Syntetiska sötningsmedel ersätter idag socker i många drycker och matprodukter över hela världen. Nuvarande koncentrationer i avloppsvatten ligger långt under säkerhetsnivån för dricksvatten och ekotoxikologiska tester av sukralos har inte visat några risker för vattenlevande organismer. Det finns dock vissa studier som visar på beteendestörningar på kräddjur. Vi har inte hittat några studier som undersökt toxicitet från andra sötningsmedel än sukralos. Vissa sötningsmedel är persistenta och passerar reningsverken helt oförändrade medan andra transformeras i reningsprocessen. Användningen av sötningsmedel kommer troligtvis att fortsätta framöver.

4.7 Siloxaner

Siloxaner används främst i produkter såsom bensin, bilvax och olika tvättprodukter. I Sverige har användandet av siloxaner ökat gradvis sedan början av 2000-talet. Då de används i hög grad i många olika applikationer samt har hög persistens och flyktighet, har deras potentiella påverkan på miljön börjat uppmärksammas på senare tid. Det finns inga tecken på en minskad användning av siloxaner, dock bör noteras att de koncentrationer som hittats i avloppsvatten hittills är låga.

4.8 Biocider

Biocider är bekämpningsmedel som används inom jordbruket men även i andra sammanhang. På grund av dess inneboende egenskaper, kan biocider innebära en risk för människor, djur och miljön. Generellt är koncentrationerna av biocider i svenska avloppsvatten låga.

4.9 Mikroorganismer

Patogener är vanliga i svenska avloppsvatten och inkluderar bakterier, parasiter och virus från mänsklig avföring. Patogener innebär en risk för sjukdomsspridning, där risken för spridning av antibiotikaresistenta bakterier är av särskild betydelse.

4.10 Mikroskopiska skräppartiklar

Förekomst av mikroskopiska skräppartiklar i vattenmiljön har på senare tid uppmärksamrats, både inom forskning och i media. Källan till dessa partiklars förekomst i vattenmiljön är ej helt klarlagd men avloppsreningsverk antas vara en av källorna. Exempel på mikroskopiska skräppartiklar är mikroplaster som härstammar från tvätt- och rengöringsprodukter samt syntetiska eller icke-syntetiska fibrer som härstammar från textilier. Mikroskopiska skräppartiklar kan sväljas av djur, och där orsaka olika typer av problem eller så kan de frigöra substanser som exempelvis kan vara hormonstörande, toxiska eller cancerogena. Än så länge är dock kunskapsläget gällande effekter relativt magert. Mot bakgrund av produktionstrender och konsumtionsmönster kommer mängden av mikroskopiska skräppartiklar troligtvis att öka i framtiden.

5 Detektion och kvantifiering av läkemedelsrester och andra prioriterade substanser och deras effekter

För att kunna generera tillförlitliga data i syfte att avgöra om en viss behandlingsmetod är effektiv eller inte är det av yttersta vikt att upprätthålla hög kvalitet vid samtliga moment i provhanteringen. Detta innefattar alla steg från planering av provtagning till dess faktiska utförande, såväl som vid transport, provförvaring, provupparbetning, kemisk analys samt kvalitetssäkring och rapportering. Vid **provtagning** är det särskilt viktigt att ta hänsyn till egenskaperna hos den/de ämnen man avser analysera då det påverkar dels vilka matriser som är särskilt relevanta (luft, slam och eller vatten) och dels ställer särskilda krav på provhantering och upparbetnings- samt analysmetoder. Vid val av provpunkter är det viktigt att fundera över det övergripande syftet med provtagningen, är man ute efter en heltäckande massbalans eller att bedöma reningseffektivitet krävs provtagning vid såväl ingående som utgående vatten samt vid olika delströmmar. Bäst representativitet erhålls vid flödesproportionell provtagning, vilket innebär att stickprov tas med jämna mellanrum i automatiserade provtagningssystem där provmängden är anpassad till vattenflödet och blandas i en större behållare vilken töms t.ex. en gång per dygn. Utöver provtagningsfrekvens är det även viktigt med rätt sorts provbehandling och förvaring, för att undvika att ämnen bryts ner, omvandlas eller kontamineras under förvaring.

Vid den **kemiska analysen** är kromatografiska metoder vanligast för bestämning av koncentrationer av kemikalier i utgående vatten men även andra metoder kan vara relevanta, vilka beskrivs ingående i huvudrapporten. Vid val av metod bör man även säkerställa att kvantifieringsgränsen (LOQ) är tillräckligt låg jämfört med eventuella gränsvärden och kvalitetsnormer för ytvatten. Olika metoder för att stabilisera och rena upp provet används för att ta bort partikulärt material och annat som kan störa analysen eller förstöra instrumenten. Metodblanker är också viktiga för att säkerställa att ämnena inte bryts ner i analysprocessen.

Under hela processen är det viktigt att alla detaljer kring provbehandling, blankkorrigeringar, analysmetoder och kvalitetskontroll är tydligt dokumenterade.

Ekotoxikologiska tester kan användas som ett komplement till kemiska analyser för att bestämma vid vilka nivåer ett ämne kan förväntas uppvisa en effekt, eller snarare den högsta halt vid vilka inga effekter förväntas (PNEC), eller då man misstänker förekomst av okända eller icke mätbara substanser i ett utgående vatten. Utformningen av testerna måste anpassas till situationen och syftet med testet och bör därför utarbetas i nära samarbete med laboratoriet.

6 Reningstekniker för avlägsnande av prioriterade föroreningar

Ett stort antal reningstekniker har utvärderats i den föreliggande kunskapssammanställningen, inklusive uppströmsarbete samt sekundära och tertiära vattenreningstekniker. Den viktigaste åtgärden för att minska inkommande mängder är genom uppströmsarbete, eftersom man då kan åtgärda de primära källorna, och därmed minska behovet av resurskrävande reningsmetoder nedströms. Uppströmsarbetet är därmed värdefullt, men har sina naturliga begränsningar, särskilt när det gäller läkemedel, men också då användningen är så pass spridd att det är svårt att lokalisera de verkliga källorna. Exempel på uppströmsarbete kan t.ex. vara kampanjer för att påverka vad folk håller ut i avloppet och reglering via lagar men det kan även vara tekniska åtgärder såsom urinseparering eller separering mellan svartvatten och gråvatten. Slamhantering är också en viktig aspekt, då många fettlösliga ämnen fördelas till slam. Före modifieringar i reningsprocesserna, krävs platsspecifika tester för att kartlägga de lokala förutsättningarna på det enskilda reningsverket.

6.1 Sekundära reningstekniker

De flesta sekundära reningstekniker bygger på en kombination av biologiska och kemiska metoder och syftar främst till att rena bort COD, kväve och fosfor. Generellt sett är uppehållstiden i det biologiska steget relativt kort (ca 1 dygn) och för en del lätt- till medelsvårt nedbrytbara ämnen skulle ett förlängt biologiskt steg kunna vara effektivt. Det gäller t.ex. vissa läkemedel, och eventuellt ämnen såsom siloxaner, ftalater, fenoler och vissa flamskyddsmedel, medan det däremot skulle ha försumbar eller ingen påverkan på traditionella flamskyddsmedel, fluorerade substanser och många läkemedel. En än mer lovande metod är separation med membranbioreaktorer, då dessa både förlänger uppehållstiden samt utökar kapaciteten och därmed minskar behovet av bräddning samtidigt som de kraftigt reducerar mängden suspenderat material i utgående vatten. Nackdelarna är att de är dyra att installera, samtidigt som de kräver frekvent kemisk rengöring av membran och kontinuerlig luftning vilket kan ge högre kemikalie- och energiförbrukning. Vattenlösliga ämnen kan heller inte helt avskiljas i en MBR så kompletterande reningssteg är sannolikt nödvändiga.

6.2 Tertiära reningstekniker

Tertiära reningstekniker utgörs främst av olika efterpoleringssteg såsom filtrering med t.ex. aktivt kol, men även olika oxidationstekniker varav en lovande teknik som börjat testas i större skala är avancerad oxidation med ozon. Alla lösningar måste bedömas utifrån ett kostnads- samt miljöpåverkansperspektiv, i synnerhet de tertiära reningsteknikerna. Helst ska de kompletta behandlingsprocesserna inklusive både primär-, sekundär- och tertiär rening bedömas och jämföras med nya reningstekniska lösningar, eventuellt genom tillämpning av förenklad livscykelanalys (LCA) och livscykelkostnadsanalys (LCC), för att underlätta identifieringen av de viktigaste parametrarna i systemet och förbättringsmöjligheter.

6.3 Tekniskombinationer

Kombinationer av olika reningstekniker, både sekundär och tertiär, kan utgöra det mest resurseffektiva sätt att rena bort läkemedelsrester och andra prioriterade substanser och samtidigt garantera att inga negativa effekter (t.ex. toxiska) från reningen uppstår.

6.4 Tekniker under utveckling

Nya tekniker och tekniker under utveckling som t.ex. tillverkning av aktivt kol från reningsverkens eget slam, magnetiskt aktivt kol för enklare separation, modifierad aktivt kol för en ökad reningseffektivitet samt andra tekniker har potential att bidra till miljömässigt och ekonomiskt mer hållbara reningssystem i framtiden.

7 Rekommendationer

7.1 Halter i behandlat utgående avloppsvatten

- Miljökvalitetsnormer (AA-EQS och MAC-EQS) eller PNEC-värden bör tillämpas i kombination med recipientens utspädningsfaktor för att bedöma risken för effekter på det akvatiska ekosystemet.
- Försumbara utsläpp bör eftersträvas för mycket långlivade, bioackumulerande och/eller reproduktionsstörande ämnen.
- I de fall okända substanser förväntas förekomma kan kompletterande toxicitetstester (s.k. ”whole effluent toxicity” tests) på utgående avloppsvatten genomföras.

7.2 Prioriterade föroreningar med särskilt behov av rening vid avloppsreningsverk

- Läkemedel
 - Antibakteriella och antiinflammatoriska substanser (t.ex. ciprofloxacin, norfloxacin, trimetoprim, diklofenak, ibuprofen, paracetamol)
 - Antidepressiva och antipsykotiska medel (t.ex. citalopram, oxazepam)
 - Könshormoner och hormonpåverkan (t.ex. 17 α -etynylöstradiol, 17 β -östradiol, östron, finasterid, levonorgestrel and progesteron)
 - Stimulantia (t.ex. carbamazepin)
 - Antihypertensiva medel (t.ex. atenolol, bisoprolol, metoprolol, propranolol)
- Ftalatestrar och alternativa mjukgörare (t.ex. DEHP, DINCH och DPHP)
- Flamskyddsmedel (särskilt organiska fosforföreningar samt vissa klorerade FRs t.ex. HCBCH-DCANh samt SCCPs)
- Fenoler (inklusive alkylfenoler, 4-nonylfenol, BPA och triklosan)
- Per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS, t.ex. PFOS, PFBS och PFOA)
- Patogener såsom bakterier och virus och särskilt antibiotika resistent bakterier

7.3 Detektion och kvantifiering av föroreningar och deras effekter

- Laboratorieinstruktioner och provtagningsprotokoll måste följas noggrant, för att undvika kontamination och oönskad omvandling av de ämnen som skall analyseras.
- Säkerställ att kvantifieringsgränsen (LOQ) för metoden är tillräckligt låg jämfört med eventuella gränsvärden och kvalitetsnormer för ytvatten, och att alla detaljer kring provbehandling, blankkorrigeringar, analysmetoder och kvalitetskontroll är tydligt dokumenterade
- Utformningen av ekotoxicitetstester måste anpassas till situationen och bör utarbetas i samarbete med laboratoriet.

7.4 Reningstekniker

- Uppströmsarbete bör ha högsta prioritet för att minska halter av prioriterade substanser i avloppsvatten.
- Mer avancerade sekundära reningstekniker, såsom MBR-processen, kan öka reduktionen av prioriterade substanser i avloppsvattnet, men ytterligare kompletterande rening med t.ex. aktivt kol och/eller ozonering är nödvändigt.
- Val av teknik för reduktion av prioriterade substanser i avloppsvatten bör hanteras inom ett systemperspektiv, så att den mest hållbara lösningen väljs, både med avseende på miljöpåverkan och kostnader.
- Nya tekniker och tekniker under utveckling som kan leda till en resurseffektivare rening bör beaktas vid planering av reningssystem.

8 Planerade kompletterande aktiviteter i projektet

Fortsatt arbete inom det pågående projektet "Systemförslag för rening av läkemedelsrester och andra prioriterade svårnedbrytbara ämnen" kommer att fokusera på flera av de, i denna rapport, diskuterade öppna frågor, för att komplettera befintlig kunskapsnivå. De aktiviteter som skall genomföras kommer att baseras på de givna rekommendationerna och omfattar bland annat följande:

- Utveckling av analysmetoder samt detektionsgränser om dessa saknas eller behöver förbättras
- Uppdatering av reningseffektivitet vid avloppsreningsverk genom synkroniserade mätkampanjer
- Kompletterande och nya tester av olika reningstekniker för att optimera, verifiera och besvara öppna frågor av de mest relevanta reningsalternativen
- Kompletterande kartläggning av ekotoxicitet efter behandling med oxidation
- Sammanställning av olika systemalternativ för avlägsnande av läkemedelsrester och andra ämnen i avloppsreningsverk
- Miljökonsekvensbeskrivning och kostnadsberäkningar kommer att genomföras för de mest relevanta systemalternativen
- Framtagning av generell implementeringsdokumentation av de valda systemalternativen för olika storlekar av reningsverk

9 Referenser

Läsaren hänvisas till den kompletta rapporten *Pharmaceutical residues and other emerging substances in the effluent of sewage treatment plants - Review on concentrations, quantification, behaviour, and removal options* som inkluderar en omfattande referenslista.

IVL Svenska
Miljöinstitutet



syvab 

STOCKHOLM
Vatten 

Havs
och Vatten
myndigheten

 Svenskt Vatten

IVL Svenska
Miljöinstitutet

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm
Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90
www.ivl.se