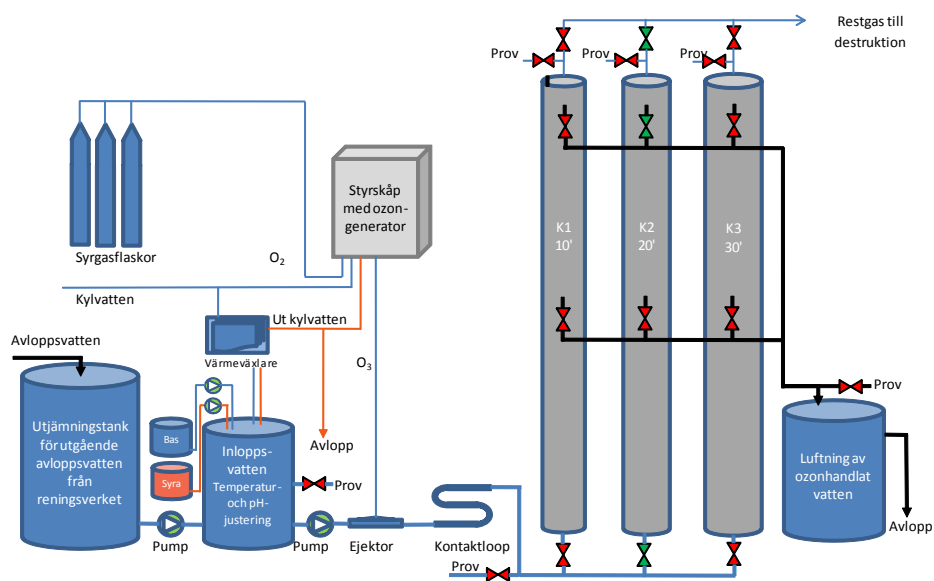




B 153 Läkemedel - förekomst i vattenmiljön, förebyggande åtgärder och möjliga reningsmetoder

Slutrapport för projekt inom Miljömiljarden, Stockholms stad



Avtalsbilaga 4

Slutrapport för projekt inom Miljömiljarden, Stockholm stad

Diarienummer för ursprunglig ansökan: Dnr 454-2702/2005

Projektets nummer och namn: B 153 Läkemedel - förekomst i vattenmiljön, förebyggande åtgärder och möjliga reningsmetoder

Datum för slutrapporten: 2010-04-30

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
I Inledning	4
1.1 Beskrivning och syfte.....	4
1.2 Bakgrund och utgångsläge	4
2 Mål och resultat.....	6
2.1 Projekt mål och deras uppfyllelse.....	6
2.2 Projektets resultat i relation till målen i Stockholms miljöprogram.....	7
2.3 Projektets pådrivande roll	8
2.4 Tekniska lösningar	8
2.5 Attityd- och beteendeförändringar	8
2.6 Ej uppnådda mål.....	8
3 Projektekonomi.....	9
3.1 Bidrag och kostnader	9
3.2 Besparingspotential.....	9
3.3 Löpande kostnader	9
4 Arbetssätt.....	10
4.1 Projektorganisation	10
4.2 Samarbete mellan aktörer	10
4.3 Kvalitetssäkring.....	11
4.4 Kunskapspridning.....	11
5 Erfarenheter	15
5.1 Samlade erfarenheter och slutsatser	15
5.2 Framgångsfaktorer	16
5.3 Förvaltning av det genomförda projektet	16
5.4 Projektdokumentation och styrning	16
5.5 Följdåtgärder	16
5.6 Projektets replikerbarhet	16
6 Kontaktuppgifter	18
7 Bilagor.....	19
Bilaga I – Sammanfattat omdöme	20

Sammanfattning

Stockholm Vatten har under drygt fyra år genomfört projektet Läkemedel - förekomst i vattenmiljön, förebyggande åtgärder och möjliga reningsmetoder. Syftet har varit att undersöka möjligheterna att minska onödig tillförsel till vattenmiljön av svårnedbrytbara, bioackumulerbara och giftiga läkemedel för att skydda de akvatiska ekosystemen och säkerställa en bra råvattenkvalitet. En kartläggning har gjorts av åtgärder vid källan för att förhindra onödig tillförsel av läkemedel till avloppet. Stor vikt har lagts på urval av läkemedel, utveckling av kemisk analysmetodik samt kvalitetssäkring av analyserna. Läkemedel har analyserats i råvatten, dricksvatten, inkommande och utgående avloppsvatten, i recipienten i en gradient ut i Stockholms skärgård samt i prover av rötat slam. I ett delprojekt har undersökts om ny kompletterande reningsteknik kan rena dagens renade avloppsvatten ytterligare. Försök har gjorts med oxiderande metoder (ozonering och UV-ljus i kombination med väteperoxid) och ett antal separerande metoder (nanofilter, omvänd osmos och aktivt kol). Dessutom har några olika biologiska reningsmetoder testats. För att kontrollera att inga miljöfarliga reaktionsprodukter uppstår vid oxidation av avloppsvatten, har vatten behandlade med några av teknikerna undersökts med ekotoxikologiska tester.

Resultaten visar att det finns möjligheter att förhindra tillförsel av läkemedel till avloppet men de är tämligen begränsade. Kvalitetssäkringen visade att analysmetodiken fungerade för vårt ändamål. Av 96 analyserade läkemedel kunde 78 mätas upp i inkommande avloppsvatten. Dagens avloppsrening fungerar inte tillfredsställande när det gäller att rena bort läkemedel. Många går rakt igenom helt opåverkade och kunde mätas upp långt ute i skärgården även om halterna var låga. Några hamnar helt eller delvis i slammet. Men det finns också läkemedel som reduceras till nästan 100 %, bl a de vanligaste huvudvärkstabletterna. I dricksvatten kunde ett tiotal läkemedel detekteras, de allra flesta i nivån under ett nanogram per liter (dvs en miljarddel gram per liter). Flera av de kompletterande reningssätten visade sig fungera bra och kunde reducera halterna med över 95 % ytterligare i renat avloppsvatten. En sammanvägd bedömning av testerna på vattenlevande organismer visade att aktivt kol eller ozonering med låg dos är de bästa teknikerna ur ett ekotoxikologiskt perspektiv.

Ytterligare rening av avloppsvatten kräver ökad energi- och resursförbrukning. En beräkning av kostnaderna visar att VA-taxan skulle behöva höjas med 10-40 % om ozonering eller filtrering med aktivt kol skulle införas. Energi- och resursåtgången bör vägas mot den nytta som ytterligare rening skulle innebära, innan ett beslut tas om åtgärder. En viktig fråga är därför vilken risk läkemedel utgör i vattenmiljön. Här saknas i dag mycket kunskap. Ett stort forskningsprogram, MistraPharma, pågår för närvarande som förhoppningsvis kommer att generera mer sådan kunskap. Då kommer det att finnas ett bättre underlag för beslut.

2010-05-03

Datum



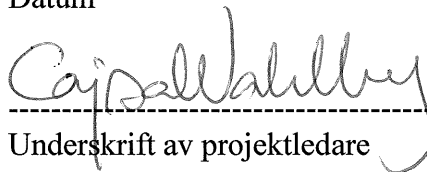
Underskrift av ansvarig chef

Bengt Göran Hellström

Namnförtydligande

2010-05-03

Datum



Underskrift av projektledare

Cajsa Wahlberg

Namnförtydligande

I Inledning

I.1 Beskrivning och syfte

Projektet har pågått från hösten 2005 till april 2010. Projektets övergripande syfte har varit att utsläppen till vattenmiljön av svårnedbrytbara, bioackumulerbara och giftiga läkemedel ska minska för att skydda de akvatiska ekosystemen och säkerställa en bra råvattenkvalitet.

Projektet skulle i första hand handla om aktiva substanser i läkemedel eftersom det fanns ett annat miljömiljardsprojekt, Nya gifter-nya verktyg, där andra typer av miljöstörande ämnen togs upp och där Stockholm Vatten också deltog. Projektet avgränsades också senare mot det stora forskningsprogrammet MistraPharma som bl a har som syfte att undersöka om, och i så fall vilka, läkemedel som utgör en risk för den akvatiska miljön.

De olika aktiviteter som ingått i projektet är:

- Litteraturstudie och diskussioner med referensgrupp för val av läkemedelssubstanser.
- En genomgång av hur vi kan begränsa onödig tillförsel av läkemedel till avloppet.
- En genomgång av analysmetodikerna tillsammans med det laboratorium som valdes ut för att göra de flesta analyserna inom projektet samt kvalitetssäkring av analyserna genom en interkalibrering
- En kartläggning av läkemedelshalterna i inkommande och utgående avloppsvatten i dagens reningsverk.
- Undersökningar av dagens reningsprocesser - vilka läkemedel bryts ned, vilka adsorberas till partiklar och hamnar i slam.
- En specialundersökning för att se om man kunde hitta metaboliter och konjugat i avloppsvattnet samt av östrogena ämnen.
- Analys av läkemedel i råvatten och dricksvatten, samt i ytvatten från Mälaren och i recipienten, i en gradient ut i skärgården.
- Litteraturstudie för att besluta om vilka nya reningstekniker som skulle testas.
- Test av nya kompletterande reningstekniker
- Statistisk bearbetning av samtliga analysresultaten från utvärderingen av de nya reningsteknikerna
- Tester på vattenlevande organismer av vatten renat med de kompletterande teknikerna samt en sammanvägd bedömning av dessa tester
- En ekonomisk bedömning av kostnaderna för att införa nya reningssteg i reningsverken.
- Projektet har slutredovisats på två större seminarier anordnade av projektgruppen, i en tryckt slutrapport samt en rad delrapporter.

I.2 Bakgrund och utgångsläge

Läkemedelsrester i renat avloppsvatten och i dricksvatten hade under början av 2000-talet diskuterats allt livligare. Flera EU-projekt tog upp ämnet och här i Sverige presenterade Läkemedelsverket år 2004 sin utredning ”Miljöpåverkan från läkemedel samt kosmetiska och hygieniska produkter”. Slutsatserna var bl a att information om miljöeffekter saknas för många aktiva substanser och att mer forskning behövs.

Det finns ca 1200 olika aktiva substanser i de läkemedel som används i Sverige och försäljningsvolymen har ökat med 95 % sedan 1980. Läkemedel kan delvis sorteras bort vid källan genom att överblivna läkemedel tas om hand och destrueras, men den största delen förbrukas och hamnar i avloppsvattnet via urin och fekalier, antingen som aktiva substanser eller som metaboliter. Den allra största delen av de förskrivna läkemedlen konsumeras inom öppenvården. I de undersökningar av förekomst och effekter i miljön som genomförts fram till 2005 var det framför allt äldre läkemedel, antibiotika och östrogener som testats medan kunskapen om många nyare preparat som används i stora volymer i det närmaste var obefintlig. Analysmetoder saknades för många av de mest intressanta läkemedlen.

Att läkemedelrester förekommer i både inkommande och utgående avloppsvatten och även i recipienten hade dock visats i flera undersökningar. I ett av de ovan nämnda EU-projekten deltog GRYAB i Göteborg (Nicklas Paxéus), med analys av avloppsvatten från olika reningsverk i Europa. I Ryaverkets utgående avloppsvatten kunde 14 aktiva substanser detekteras i mätbara halter av totalt 26 undersökta. I undersökningar som utförts av Stockholms läns landsting i samarbete med Stockholm Vatten, Käppalaförbundet och Norrvatten återfanns 27 av 40 analyserade substanser i avloppsvatten, både i inkommande och i utgående samt 12 respektive 15 av 40 analyserade i två olika recipientprover. Även prover av råvatten och dricksvatten hade analyserats varvid 4-6 ämnen detekterades av totalt 38 undersökta.

Tillsammans med ITM har Stockholm Vatten tidigare undersökt östrogena effekter av utgående avloppsvatten och slam, liksom innehållet av östrogena ämnen i utsorterad urin som är avsedd för spridning på åkermark. Utgående avloppsvatten från Bromma reningsverk hade en tydlig östrogen påverkan på fisken som testades. Slam från bl a Stockholm innehåller relativt höga halter av vissa bredspektrumantibiotika (s k fluorokinoloner) enligt undersökningar vid Umeå Universitet.

Stockholm Vatten har tillsammans med andra kommunala reningsverk ett ansvar att öka kunskapen om hur läkemedelsrester kan brytas ned och avlägsnas i reningsverkens processer och att utreda om det på sikt behöver införas nya reningstekniker. För vår produktion av dricksvatten åt Stockholmsmarna måste vi också säkerställa Mälarens råvattenkvalitet och behöver således fakta om förekomst av läkemedelsrester.

2 Mål och resultat

2.1 Projekt mål och deras uppfyllelse

Målen för projektet var från början ökad kunskap om:

1. Hur vi kan begränsa tillförseln av läkemedel till avloppsvattnet
2. Vilka och hur stora mängder läkemedelsrester som kommer in till våra reningsverk respektive släpps ut i recipienten
3. Vilka och hur mycket av olika läkemedel som hamnar i slammet
4. Hur de aktiva substanserna/metaboliterna beter sig i olika reningsprocesser (bionedbrytning, oxidation, adsorption etc.)
5. I vilka typer av reningsprocesser läkemedel kan avlägsnas ur avloppsvatten på ett långsiktigt hållbart sätt
6. Vilka läkemedel eller metaboliter som kan detekteras i vår råvattentäkt och i dricksvattnet och i vilka koncentrationer
7. Nedbrytbarhet och effekter av läkemedel i den akvatiska miljön

Senare har en viss revidering av målen gjorts. Bl a togs mål nr 7 bort eftersom det stora forskningsprogrammet MistraPharma startades, där ett av syftena just var att studera vilka effekter läkemedel har på vattenmiljön. I stället satsade vårt projekt på att studera effekter på vattenlevande organismer från exponering av avloppsvatten renat med olika kompletterande reningstekniker. Dessutom behövde analysernas tillförlitlighet utredas. Därför genomfördes en interkalibrering där analysresultaten från olika laboratorier jämfördes.

Nya mål blev alltså:

8. Ekotoxikologiska effekter av avancerad reningsteknik
9. Kvalitetssäkring av analysresultaten

I vilken utsträckning målen är uppnådda beskrivs i projektets tryckta huvudslutrapport "Läkemedelsrester i Stockholms vattenmiljö. Förekomst, förebyggande åtgärder och rening av avloppsvatten", som lämnas som bilaga till denna slutrapport. I en rad delrapporter som kan laddas ned från Stockholm Vattens hemsida finns stora delar av projektet beskrivna mer i detalj.

Kort kan sägas följande för de olika delmålen:

Delmål 1. En kartläggning av åtgärder möjliga att vidta för olika aktörer som landstinget, staden, enskilda läkare, Stockholm Vatten, privatpersoner etc, finns sammanfattade i huvudrapporten, kapitel 2. En mer utförlig beskrivning finns i delrapporten "Åtgärder vid Källan. Hantering av läkemedel inom Stockholm Vattens upptagningsområde" –

lägesbeskrivning och förslag till åtgärder. Stockholm Vatten rapport nr 8-2009. Författare: Bernt Wistrand.

Delmål 2, 3 och 6 är framför allt beskrivna i projektets huvudslutrapport, kapitel 5. I kapitel 2 beskrivs också hur urvalet gjordes av lämpliga läkemedel att undersöka inom projektet. En specialanalys med lägre detektionsgräns av östrogena ämnen finns redovisad i delrapporten "Förekomst av läkemedel och deras metaboliter, samt östrogener, östrogenlika ämnen och triclosan i avloppsvatten som behandlats med moderna reningstekniker". Stockholm Vatten rapport nr 9-2009. Författare: Tomas Alsberg, Margaretha Adolfsson-Erici, Martin Lavén och Yong Yu.

Delmål 4 finns delvis beskrivet i huvudrapporten och delvis i den sk teknikrapporten som är en mer utförlig beskrivning av nuvarande och kompletterande reningsprocesser, se nedan. I rapporten av Alsberg m fl, se ovan, har en rad metaboliter mätts upp i olika delar av reningsprocessen.

Delmål 5 finns sammanfattat i huvudrapporten, men tas framför allt upp i teknikrapporten, "Reningsmetoder för läkemedel i kommunalt avloppsvatten". Stockholm Vatten rapport nr 10 SV337. Författare: Berndt Björleinius. Denna rapport är inte helt färdigställd i skrivande stund, men beräknas klar i juni.

Det nya delmålet 8 beskrivs förutom i kapitel 6 i huvudrapporten, framför allt i delrapporten "Sammanvägd ekotoxikologisk bedömning av studier utförda vid Sjöstadsverket och Henriksdals reningsverk under 2007 och 2008." Stockholm Vatten rapport nr 10 SV75. Författare: Magnus Breitholtz och Joakim Larsson. Till denna rapport finns ett antal bilagor som redovisar resultaten av de olika studierna som gjorts inom delprojektet.

Det nya delmålet 9 finns rapporterat i kapitel 4 i slutrapporten samt i delrapporten "Analys av läkemedelsrester i dricks- och avloppsvatten. En provningsjämförelse". Stockholm Vatten rapport nr 10 SV74. Författare: Nicklas Paxéus.

2.2 Projektets resultat i relation till målen i Stockholms miljöprogram

Mål 4 i Stockholm Stads miljöprogram, Ekologisk planering och skötsel, säger bl a att föroreningar till yt- och grundvatten ska minska och i mål 2, Säkra varor, anges att kunskaper om farliga ämnens effekter på människa och miljö ska öka. Mål 5, Miljöeffektiv avfallshantering, har delmålet 5.4, Näringen i avloppsslammet ska tas tillvara bättre, vilket kräver att tillförseln av miljöstörande ämnen måste minska.

Resultaten från projektet visar att reningsverken idag släpper ut läkemedelsrester i vattenmiljön med det renade avloppsvattnet men också att det är möjligt att minska utsläppen genom att bygga ut reningsverken med kompletterande reningsmetodik. Om läkemedelsrester utgör en risk för den akvatiska miljön har inte undersökts, men forskningsprogrammet MistraPharma gör för närvarande sådana undersökningar. Projektet har också visat att läkemedelsrester förekommer i slam men att ett mindre antal läkemedel av de undersökta fördelas till slammet med mer än 50 % av den inkommande mängden. (De nya reningsmetoderna har ingen effekt på slammets kvalitet).

2.3 Projektets pådrivande roll

Projektet har blivit mycket uppmärksammat i hela landet och även utomlands. Medlemmar i projektgruppen har varit inbjudna till många externa seminarier och konferenser om läkemedel. Projektet har bidragit till ökad kunskap om läkemedel i vattenmiljön och en ökad förståelse för att läkemedel i avloppsvatten kan utgöra ett problem. Projektet har också visat att det är möjligt att rena bort läkemedelsrester med olika kompletterande reningstekniker och på så sätt står VA-branschen rustad om krav på ytterligare rening av avloppsvatten skulle komma i framtiden.

2.4 Tekniska lösningar

Projektet har i hög grad bidragit till att testa ny reningsteknik som t ex ozonering, behandling med UV-ljus i kombination med väteperoxid, filtrering genom aktivt kol samt en rad biologiska behandlingsmetoder. Försöksanläggningar har byggts upp i pilotskala dels i Hammarby Sjöstadsverket och senare i Henriksdals reningsverk. Dessutom har befintlig utrustning på Hammarby Sjöstadsverket anpassats och använts, såsom membranbioreaktor och olika membranfiltreringstekniker, för att undersöka reningseffektiviteten avseende läkemedel. De olika teknikerna har utvärderats med hjälp av kemiska analyser av läkemedelsrester och ekotoxikologiska tester. Kombinationer av reningstekniker har testats för att hitta en teknisk lösning som ger största möjliga avskiljning av läkemedelsrester.

Projektet har delvis bidragit till utvecklingen av testmetoder för akvatisk toxicitet.

2.5 Attityd- och beteendeförändringar

Delrapporten "Åtgärder vid Källan. Hantering av läkemedel inom Stockholm Vattens upptagningsområde" har skickats ut till omsorgschefer i stadsdelsförvaltningarna samt till landstinget. Förhoppningsvis har den bidragit till att läkemedelsrester nu hanteras på ett för miljön säkert sätt, men detta är inget vi har haft möjlighet att kontrollera inom projektet.

2.6 Ej uppnådda mål

Delmål 7 har som tidigare nämnts utgått.

Ett tiotal av de i projektet utvalda läkemedlen kunde aldrig analyseras av olika skäl, t ex saknades standardsubstanser för flera av dem (delmål 6). När det gäller analys av metaboliter av läkemedel (delmål 4), har sådana bara kunnat analyseras från ett fåtal läkemedel. Ett tiotal av de i projektet utvalda läkemedlen kunde aldrig analyseras.

3 Projektekonomi

3.1 Bidrag och kostnader

Tabell A

Beviljat bidrag i kr (avser Miljömiljarden)	Utnyttjat bidrag i kr (avser Miljömiljarden)	Total kostnad i kr (inkl. annan finansiering)
14750000	14750000	18580000

Kommentarer till tabellen:

Stockholm Vattens motfinansiering har bestått av 3830000 kr, i form av drift av Hammarby Sjöstadsverket under 1,5 år (3,5 MKr) samt lönekostnader m m under 2010 som inte täcktes av bidraget från Miljömiljarden.

Tabell B

Post	Utnyttjat bidrag i kr (avser Miljömiljarden)						
	04	2005	2006	2007	2008	2009	2010
3BBB/Ersättning för analyskostnader m m						-129200	-3000
46BB/Entreprenader		23 713	204 635	670 139	410 674	43 768	
65BB/Konsulter/analyser		200 339	501 590	941 595	3 177 939	3 812 869	50000
94BB/Projektmedverkan		207 711	790 206	1 185 525	1 193 458	1 036 484	144 867
59BB Information						72 360	217 327
Summa		431 763	1 496 431	2 794 259	4 782 072	4 836 281	409 194

3.2 Besparingspotential

Ingen ekonomisk besparingspotential finns.

3.3 Löpande kostnader

Inga löpande kostnader i dagsläget. Om investeringar för kompletterande reningsmetodik görs i våra reningsverk ökar kostnaderna för VA med 10-40 %, se beräkningar i projektrapporten, avsnitt 6.8. I Stockholms fall bedöms VA-kostnaden öka med motsvarande 150 SEK per person och år om den billigaste och effektivaste metoden, ozonering, införs.

4 Arbetsätt

4.1 Projektorganisation

Styrgruppen har bestått av Lars-Gunnar Reinius och Bengt Göran Hellström, Stockholm Vatten, Peter Hugmark, Käppalaförbundet samt Daniel Hellström, Svenskt Vatten. Tidigare ingick Anders Finnson, Svenskt Vatten och Gunilla Eitrem, då från Miljömiljardskansliet.

Arbetsgruppen har bestått av Cajsa Wahlberg, projektledare, Berndt Björlenius bitr projektledare, båda Stockholm Vatten, samt Nicklas Paxéus från GRYAAB (Ryaverket, Göteborg). De första åren deltog också Bernt Wistrand, Stockholm Vatten, i projektgruppen. Andreas Carlsson var anställd inom projektet under 19 månader för att arbeta med testning av reningsmetodik. Lena Flyborg från Lunds tekniska högskola har inom sitt doktorandarbete arbetat med membrantekniker inom projektet. Åsa Andersson och Klas Öster, Stockholm Vatten, har också deltagit under kortare tidsperioder för att hjälpa till med exponeringsstudier. Ytterligare ett antal personer inom Stockholm Vatten har varit involverade i mindre grad.

En referensgrupp bidrog tidigt i projektet med hjälp med urval av läkemedel. Den bestod av Åke Wennmalm, Stockholms läns landsting, Bo Gunnarsson, Apoteket, Anna-Karin Johansson, Läkemedelsverket samt Joakim Larsson, Göteborgs universitet.

Projektledare och biträdande projektledare har arbetat omkring 35 % respektive 40 % med detta projekt under nästan fem år. Bernt Wistrand lade ner 10 % under två år. Andreas Carlsson arbetade 100 % under 19 månader. Nicklas Paxéus har inte redovisat tid, han har haft ett arvode på 150 000 kr/år under fyra år vilket också inkluderat resor och uppehälle. Styrgruppen har haft omkring sex möten per år. Inklusivt förberedelsetid blir det ca 25 timmar, dvs ca 1,5 % arbetstid per person och år. Allt arbete utom det mesta av det som utförts under 2010 har finansierats av Miljömiljarden.

De olika konsulternas och entreprenörernas nedlagda arbetstid är svår att uppskatta, men det rör sig om flera tusen timmar.

4.2 Samarbete mellan aktörer

GRYAAB (Ryaverket i Göteborg) har varit samarbetspart i och med att Nicklas Paxéus ingått i projektgruppen. Ett samarbetsavtal ingicks tidigt med Eurofins (tidigare AnalyCen) för analys av läkemedel. Det innefattade också utveckling av analysmetoder och möjligheter till diskussion om resultaten. ITM (Institutionen för tillämpad miljövetenskap) vid Stockholms Universitet har fått flera uppdrag från projektet, men har också kunnat bidra med kunskap från andra projekt. Bl a har en enhet inom ITM fått forskningspengar från Formas för att studera läkemedel i avloppsvatten och effekter på miljön. En annan ITM-enhet ingår i MistraPharma-programmet som studerar effekter av läkemedel i vattenmiljön. Därutöver har Sahlgrenska Akademin vid Göteborgs universitet deltagit med effektstudier på regnbåge och Statens lantbruksuniversitet i Uppsala har studerat östrogena effekter på sebrafisk.

IVL Svenska Miljöinstitutet fick i uppdrag att göra en litteraturstudie av nya reningsmetoder och har hjälpt till med att sätta upp sådana i Hammarby Sjöstadsverket. Goodpoint (tidigare Kemi&Miljö) har bistått vid urval av läkemedel och beräkningar av försålda mängder inom Stockholm Vattens reningsverks upptagningsområde. Flera teknikleverantörer har bidragit

med kunskap och diskussioner för att utvärdera resultaten. Dessutom har projektet haft ytterligare hjälp med slutsatser av den i 4.1 nämnda referensgruppen.

4.3 Kvalitetssäkring

Urval av läkemedel och den använda metodiken för kemisk analys kvalitetssäkrades i ett särskilt delprojekt redovisat i delrapporten Analys av läkemedel i dricks- och avloppsvatten. En riskanalys för projektet gjordes i ett tidigt skede.

Alla delprojekt som lagts ut på forskargrupper eller entreprenörer har godkänts av styrgruppen och Stockholm Vattens avdelning för upphandling och inköp. Samarbetsavtal har godkänts av VD.

Alla delrapporter från de olika forskargrupperna har noggrant gått igenom av projekt- och styrgrupp som bidragit med synpunkter innan styrgruppen slutgiltigt kunnat godkänna dem.

Dokumentation från projektet finns på ett gemensamt bibliotek i Stockholm Vattens datanätverk som kan nås av alla på Stockholm Vatten. Där finns resultaten från alla analyser också samlade. Alla delrapporter och projektets slutrapport är tillgängliga som pdf-filer på Stockholm Vattens externa hemsida.

4.4 Kunskapsspridning

Projektet har anordnat två externa konferenser för att sprida slutresultatet, en på VA-mässan i september 2009, med drygt 60 deltagare och en egen fullbokad slutkonferens med 175 deltagare i december 2009. Projektet presenterades också på ett frukostmöte anordnat av Miljömiljarden, samt vid ett internt seminarium på Stockholm Vatten. Projektgruppen har också medverkat i sammanlagt ett tiotal vetenskapliga konferenser och blivit inbjudna att hålla presentationer på en rad olika seminarier, bl a i Stockholms läns och andra landsting. Socialdepartementet, Miljödepartementet och Läkemedelsverket har på egen begäran träffat projektgruppen för att få veta mer om vad VA-branschen gör om läkemedel.

Projektet har blivit omnämnt i massmedia vid ett flertal tillfällen. Tidskriften Cirkulation, en branschtidning för VA, hade en stor artikel 2007 och två mindre i nätversionen 2009. Ny Teknik skrev om projektet på ett dubbeluppslag i juni och på en halvsida i december 2009. Tidskriften Svenskt Vatten, utgiven av branschorganisationen Svenskt Vatten har också skrivit om projektet flera gånger. Tidningen Läkemedelsvärlden och Läkartidningen har haft en varsin stor artikel om projektet. Projektgruppen har blivit intervjuad i Vetenskapsradion 2007, TV 4 Stockholm, 2008, Radioprogrammet Kossornas Planet, 2009 samt P4 Radio Stockholms nyheter, 2009.

Projektets slutrapport blev klar som en formgiven och tryckt rapport i april 2010. Den heter "Läkemedelsrester i Stockholms vattenmiljö. Förekomst, förebyggande åtgärder och rening av avloppsvatten". Stockholm Vatten AB, ISBN 978-91-633-6642-0. Författare: Cajsa Wahlberg, Berndt Björleinius, Nicklas Paxéus.

Fyra delrapporter, som finns som pdf-filer, är också klara:

"Åtgärder vid Källan. Hantering av läkemedel inom Stockholm Vattens upptagningsområde – lägesbeskrivning och förslag till åtgärder." Stockholm Vatten rapport nr 8-2009. Författare: Bernt Wistrand.

"Förekomst av läkemedel och deras metaboliter, samt östrogener, östrogenlika ämnen och triclosan i avloppsvatten som behandlats med moderna reningstekniker." Stockholm Vatten rapport nr 9-2009. Författare: Tomas Alsberg, Margaretha Adolfsson-Erici, Martin Lavén och Yong Yu.

"Analys av läkemedelsrester i dricks- och avloppsvatten. En provningsjämförelse." Stockholm Vatten rapport nr 10 SV74, 2010. Författare: Nicklas Paxéus.

"Sammanvägd ekotoxikologisk bedömning av studier utförda vid Sjöstadverket och Henriksdals reningsverk under 2007 och 2008." Stockholm Vatten rapport nr 10 SV75. Författare: Magnus Breitholtz och Joakim Larsson. Till denna rapport finns ett antal bilagor som i sig delvis utgör fristående rapporter:

Bilaga 1. Utvärdering av reproduktionsförmågan och könsutvecklingen hos sebrafisk (*Danio rerio*) exponerad för olika avloppsvatten från Sjöstadverket. SLU, Uppsala, 2008-05-29. Författare: Leif Norrgren och Stefan Örn

Bilaga 2. Ekotoxikologisk testning av avloppsvatten och läkemedelssubstanser med bakterie, alg, kräftdjur och fiskembryo. ITM, Stockholms universitet 2008-09-10. Författare: Elin Lundström, Karin Ek, Britta Eklund, Maria Hermansson, Margareta Linde och Magnus Breitholtz

Bilaga 3. Studier av könsutveckling och reproduktionsförmåga hos sebrafisk (*Danio rerio*) efter exponering för behandlat avloppsvatten från Henriksdals reningsverk. SLU, Uppsala 2009-03-17. Författare: Stefan Örn och Leif Norrgren

Bilaga 4. Ekotoxikologisk testning av avloppsvatten med kräftdjuret *Nitocra spinipes* med avseende på utveckling, reproduktion och populationstillväxt. ITM, Stockholms universitet 2009-04-28. Författare: Elin Lundström, Markus Brinkmann, Karin Ek, Ulrika Dahl och Magnus Breitholtz

Bilaga 5. Tillväxthämning av rödalgen *Ceramium tenuicorne* vid växt i olika avloppsvatten från Henriksdals reningsverk. ITM, Stockholms universitet 2009-05-11. Författare: Magnus Breitholtz och Margareta Linde

Bilaga 6. Fortsatta fiskförsök 2008 för att utvärdera reningsmetoder som avlägsnar läkemedelsrester. Sahlgrenska Akademin vid Göteborgs Universitet 2009-05-24. Författare: Joakim Larsson, Linda Samuelsson, Carolin Rutgersson, Erik Kristiansson, Lina Gunnarsson, Bart Adriaenssens och Jörgen Johnsson

Ytterligare en delrapport till projektet blir färdig i juni: "Reningsmetoder för läkemedel i kommunalt avloppsvatten. Stockholm Vatten rapport nr 10SV337." Författare: Berndt Björlenius.

Slutrapporten och alla delrapporter inklusive bilagor går att ladda ned som pdf-filer från www.stockholmvatten.se/lakemedel.

Förutom rapporter på svenska har projektet utmynnat i ett antal vetenskapliga publikationer. I nedanstående artiklar eller postrar har projektgruppen direkt medverkat. De forskargrupper

deltagit i projektet har också publicerat egna artiklar m m som baseras på material från projektet men som inte tas upp här. Antalet publikationer med koppling till projektet kommer att öka ytterligare, bl a kommer 3-4 artiklar att skrivas av projektgruppen.

Björleinius B. & Wahlberg C. Avloppsreningsverket – hur fungerar det? Kapitel i Läkemedel och miljö. Apoteket AB. ISBN 91-85574-54-6. 2005 (finns även i engelsk översättning)

Björleinius B., Wahlberg C., Paxéus N., Karlsson P. Removal of Human Pharmaceuticals from Municipal Waste Waters: A Comparison of Conventional Wastewater Treatment (N/P Removal) with Aerobic Membrane Bioreactor. Poster på Micropol & Ecohazard, Frankfurt, Tyskland, 2007

Wahlberg, C., Björleinius, B., Wistrand, B., Paxéus, P. Pharmaceuticals – presence and effects in the aquatic environment, preventive measures and possible treatment methods. Poster på Micropol & Ecohazard, Frankfurt, Tyskland, 2007

Wahlberg, C., Björleinius, B. Pharmaceuticals - The Stockholm project. Presence and effects in the aquatic environment, preventive measures and possible treatment methods. Muntlig presentation. Proceedings från 10th Nordic/NORDIWA Wastewater Conference, Hamar, Norge. 2007

Naturvårdsverket. Avloppsreningsverkens förmåga att ta hand om läkemedelsrester och andra farliga ämnen. Rapport 5794. 2008.

Adolfsson-Erici M., Gunnarsson L., Alsberg T., Förlin L., Björleinius B., Wahlberg C. and Larsson J. Levels and effects of estrogenic substances in municipal wastewaters subjected to modern treatment technologies. Poster på SETAC 2008, Warsawa. 2008.

Gunnarsson L. Adolfsson-Erici M., Björleinius B., Rutgersson C., Förlin L., Larsson, D.G.J. Comparison of six different sewage treatment processes- reduction of estrogenic substances and effects on gene expression in exposed male fish. Science of the Total Environment, 407, 5235-5242. 2009.

Lundström E., Björleinius B., Dahl U., Eklund B., Wahlberg C., Breitholtz M. Ecotoxicological evaluation of additional sewage treatments techniques. Proceedings från NZ Land Treatment Collective Conference, Nya Zeeland, 2009

Flyborg L., Björleinius B., Persson, K.M. Can Advanced Treated Municipal Wastewater be Reused after Ozonation and Nanofiltration? Poster på 6th IWA Leading Edge Conference on Water & Wastewater Technologies 2009, Singapore. 2009

Wahlberg C., Björleinius B., Paxéus N. Fluxes of pharmaceuticals in the water cycle of Stockholm – a case study. Muntlig presentation. Proceedings från Xenowac 2009, International Conference on Xenobiotics in the Urban Water Cycle, Cypern, 11-13 mars 2009.

Alsberg T., Adolfsson-Erici M., Lavén M., Björleinius B., Wahlberg C., Magnér J., Yu Y. Occurrence of some common pharmaceuticals and their metabolites in sewage water treated by modern technologies. Poster på SETAC 2009, Göteborg. 2009

Samuelsson L., Björleinius B., Wahlberg C., Paxéus N., Förlin L., Larsson J.

NMR-based metabolomics in fish as a tool for evaluating advanced sewage treatment technologies. Poster på SETAC 2009, Göteborg. 2009

Lundström E., Brinkmann M., Dahl U., Ek K., Björlenius B., Wahlberg C., Breitholtz M. Copepod population modeling as a tool for evaluating additional sewage water treatment techniques. Poster på SETAC 2009, Göteborg. 2009

Björlenius B., Wahlberg C. och Paxeus N. Loads, removal and mass balances of pharmaceuticals in municipal wastewater treatment plants in Sweden. Poster på Micropol & Ecohazard, San Fransisco, USA, 2009.

Björlenius B., Wahlberg C., and Paxeus N. Removal of pharmaceuticals from municipal wastewaters: a comparison of treatment technologies. Muntlig presentation på Micropol & Ecohazard, San Fransisco, USA, 2009.

Minten J., Adolfsson-Erici M., Björlenius B., Alsberg T., Eriksson Wiklund A-C., Ek C., Wahlberg C. Sucralose- removal in sewage treatment and recipient concentrations. Poster på ICCE, Stockholm, 2009.

Adolfsson-Erici M., Alsberg T., Magnér J., Samuelsson L., Wahlberg C., Björlenius B., Förlin L., and Larsson D. G. J. Bioavailability of pharmaceutical residues in fish exposed to a sewage effluent. Poster på ICCE, Stockholm, 2009.

Björlenius B., Wahlberg C. och Carlsson A. En jämförelse av olika reningsmetoder för avskiljning av läkemedelsrester – Resultat från Stockholm Vattens projekt. Muntlig presentation. Proceedings från NordIWA, Odense, ISBN: 87-90455-93-2. 2009.

Minten J., Adolfsson-Erici M., Björlenius B., Alsberg T. Iterative approaches for the analysis of sucralose in sewage treatment plant effluents and recipient waters with electrospray LC/MS. Inskickat manus. 2010

Samuelsson Linda M., Björlenius Berndt, Förlin Lars, Larsson D. G. Joakim. Reproducible ¹H NMR-based metabolomic responses in fish exposed to different sewage effluents in two separate studies. Inskickat manus. 2010

5 Erfarenheter

5.1 Samlade erfarenheter och slutsatser

Det har varit ett mycket spännande projekt att jobba i. Särskilt eftersom det rönt så mycket intresse utifrån och lett till så mycket positiv feedback. Intresset har också varit stort inom bolaget. Projektets bemanning var lite för lågt dimensionerad vilket ledde till väldigt mycket arbete för projektgruppen. Alternativt kan man säga att tidplanen var lite för optimistisk eller ambitionen för hög. Det kvarstår ännu en del vetenskaplig dokumentation som får göras utanför projektiden.

Projektgrupp och styrgrupp har arbetat bra tillsammans och haft trevligt under tiden. Projektet har också fått erforderlig hjälp från övriga medarbetare på Stockholm Vatten både när det gäller praktiska teknikaliteter och att dra slutsatser av erhållna resultat.

Det anlitate analyslaboratoriet har inte (ännu) levererat den vetenskapliga publikation om analysmetodiken som varit utlovad vilket ställer till det för övriga artiklar som ska skrivas då metodiken måste beskrivas ordentligt. Det finns dock fortfarande ett litet hopp om att den ska komma.

De slutsatser som dragits i projektet redovisas i projektets huvudrapport. De sammanfattas här:

- Dagens reningsverk är inte byggda för att rena bort läkemedel. Svårnedbrytbara och vattenlösliga läkemedel följer med det renade avloppsvattnet ut i recipienten men koncentrationerna är låga
- Vissa läkemedel kan detekteras i slam
- Dagens halter ger inte upphov till några kända negativa miljöeffekter i fält i Sverige – men kunskapen är begränsad
- Genom uppströmsarbete kan vi hålla nere tillförseln av läkemedel till reningsverken – till viss del
- Projektet har visat att kompletterande reningsmetoder kan avlägsna läkemedel ur avloppsvatten. De har troligen också effekt på andra substanser som kan finnas i avloppsvatten, men det har inte testats inom projektet
- Ozon i låg dos eller aktivt kol är de mest lovande teknikerna sett ur ett helhetsperspektiv
- Man får dock se upp med negativa effekter i vattenmiljön från bl a oxiderande metodik
- De nya teknikerna, på det sätt de har testats i projektet, har ingen effekt på slammets kvalitet
- Införande av extra rening i stor skala måste vägas mot ökad energi- och kemikalieåtgång
- För hela Sverige skulle totalkostnaden uppgå till mellan 1,2 och 5,7 miljarder kronor per år (150-750 kr p/år). Detta är en ökning med mellan 10 och 40 % på vattentaxan

5.2 Framgångsfaktorer

Det stora yttre kontaktnätet har varit mycket värdefullt för att bestämma vilka aktiviteter som skulle genomföras inom projektet. Samverkan med myndigheter etc, som Stockholms läns landsting, Läkemedelsverket, Apoteket, Naturvårdsverket, VA-verk, analyslaboratorier m fl, har gjort att många känt till projektet och följt resultaten. På det vetenskapliga planet har kontakten med olika forskargrupper varit mycket inspirerande och lett till många intressanta resultat.

En annan viktig framgångsfaktor är den tämligen unika möjlighet projektet hade att testa flera olika reningstekniker parallellt. Det gjorde det lättare att jämföra metoderna med varandra och dra mer korrekta slutsatser om de olika metoderna.

5.3 Förvaltning av det genomförda projektet

Stockholm Vatten har nu förvärvat god kunskap om hur läkemedelsrester kan avskiljas ur avloppsvatten och har därmed en mycket god beredskap om krav på läkemedelsavskiljning i reningsverk införs.

5.4 Projektdokumentation och styrning

Dokumentation från projektet finns på ett gemensamt bibliotek i Stockholm Vattens datanätverk som kan nås av alla på Stockholm Vatten. Alla delrapporter och projektets slutrapport är tillgängliga som pdf-filer på Stockholm Vattens externa hemsida. Se vidare punkt 4.3 och 4.4 i denna slutrapport.

5.5 Följdåtgärder

Den följdåtgärd som i första hand kan komma är en utbyggnad av reningsverkens processer om krav ställs från myndighetshåll på ytterligare rening av avloppsvatten. En slutsats från projektet är dock att man bör avvakta mer kunskap om och i så fall vilka negativa effekter läkemedel kan ha i den akvatiska miljön innan beslut tas om åtgärder. Sådan kunskapsuppbyggnad pågår för närvarande, bl a i det stora projektet MistraPharma med bidrag från forskningsstiftelsen MISTRA. Det är inte heller helt givet att det är på reningsverken som läkemedel ska renas bort. Det finns vissa läkemedel som främst används på sjukhus, även om det är ett fåtal, och om det skulle visa sig att just dessa är negativa för miljön, skulle man kunna tänka sig att rena avloppsvatten från sjukhusavdelningar som använder sådana läkemedel separat, alternativt ordna med någon form av urinsortering eller på annat sätt behandla läkemedelsresterna lokalt.

5.6 Projektets replikerbarhet

Det finns ingen anledning att upprepa detta projekt, däremot kan man fortsätta där detta projekt slutade. Det finns mycket kvar att göra. Till exempel behöver de mest lovande nya reningsteknikerna testas i större skala. Andra fabrikat av nanofilter och UV-utrustningar än de som använts i vårt projekt bör testas. Frågan om regenerering av aktivt kol är viktig att titta på. Studier av nebrytningsprodukter vid reningen är centrala att gå vidare med. Dessutom skulle det vara mycket intressant att se hur dessa reningstekniker fungerar på andra miljöskadliga ämnen som kan finnas i avloppsvattnet. Innehåll i avloppsvatten och slam av illegala droger och olika doping- och hälsokostpreparat har heller inte studerats inom projektet och kan vara värdefullt att studera.

Man skulle också behöva titta närmare på vad som kan göras uppströms reningsverken genom ytterligare åtgärder vid källan. Avloppsvatten från sjukhus har i allmänhet högre halter av läkemedel än vanligt spillvatten. Det gäller särskilt vissa ämnen som i större utsträckning används på sjukhus, t ex cancermediciner, röntgenkontrastmedel eller viss antibiotika. Om det i framtiden visar sig att dessa läkemedel är miljöfarliga och inte bör hamna i avloppsvattnet skulle en lokal reningsanläggning kunna ta hand om detta avlopp. En annan möjlighet är att samla upp urin från patienter som behöver de miljöfarliga medicinerna och behandla denna separat. Sådana tekniker behöver i så fall testas. Påverkan på jordbruksmark, både på gröda och marklevande organismer, av läkemedel från slamgödsling skulle behöva studeras. Likaså möjligheten att rena slam från läkemedelsrester och andra miljöfarliga ämnen bör undersökas vidare .

6 Kontaktuppgifter

Cajsa Wahlberg
Stockholm Vatten VA AB
106 36 Stockholm

Tel 08 522 124 35
cajsa.wahlberg@stockholmvatten.se

Projektets hemsida är: www.stockholmvatten.se/lakemedel

7 Bilagor

Huvudrapporten från projektet: "Läkemedelsrester i Stockholms vattenmiljö. Förekomst, förebyggande åtgärder och rening av avloppsvatten". Stockholm Vatten AB, ISBN 978-91-633-6642-0. Författare: Cajsa Wahlberg, Berndt Björleinius, Nicklas Paxéus.

Övriga rapporter från projektet kan laddas ned från www.stockholmvatten.se/lakemedel.

Bilaga I – Sammanfattat omdöme

Nr	Påstående	Instämmer				
		Inte alls	I viss mån	Ganska mycket	Helt	Vet ej
1	De uppnådda resultaten överensstämmer med de tidigare angivna målen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>
2	Det genomförda projektet medför en positiv påverkan på miljön.	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Projektet bidrar till utvecklingen av ny teknik (t ex genom användningen av sådan teknik).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>
4	Projektet har lett till attityd- och/eller beteendeförändringar.	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Projektet medför minskade kostnader (för drift och underhåll, t. ex. i form av energikostnader).	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Samarbetet med andra aktörer inom och utom staden har fungerat väl.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>
7	Projektresultaten kommer till användning inom förvaltningen/bolaget, eller inom andra förvaltningar/bolag.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Projektet är så bra att det bör upprepas (inte nödvändigtvis i samma förvaltning/bolag).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X