

Kemiska föroreningar i avloppsvatten – nya innovativa analys- metoder

Effektbaserade analysmetoder är ett nytt och kraftfullt sätt att detektera miljöfarliga kemikalier. Analyserna görs i odlade celler, som gjorts känsliga för specifika effekter, till exempel hormonstörande eller DNA-skadande effekter. Metoderna mäter den totala effekten av oönskade kemikalier i vatten – såväl kända som okända ämnen, omvandlingsprodukter och metaboliter samt cocktaileffekter. I detta White Paper beskrivs hur sådana metoder kan användas som komplement till kemiska analysmetoder för att upptäcka miljöfarliga ämnen i avloppsvatten.

Kemiska föroreningar i vattenmiljön...

Tiotusentals syntetiska kemikalier används i samhället idag. Vissa av dessa har skadliga effekter på miljön och människors hälsa eller omvandlas till ämnen med skadliga effekter. Kunskapen om vilka ämnen som har sådana hälso- och miljöfarliga egenskaper är dock mycket begränsad (SOER, 2020).

Alla de kemikalier som används i samhället riskerar att förorena avloppsvattnet. Det handlar till exempel om läkemedelsrester, hushållskemikalier, industrikemikalier, kosmetika och hygienprodukter. Då det renade avloppsvattnet i många fall släpps ut i vattensystem som också används för dricksvattenproduktion, kan det innebära en risk för människors hälsa ifall sådana hälsofarliga kemikalier inte avlägsnas från vattnet under avloppsreningsprocessen.

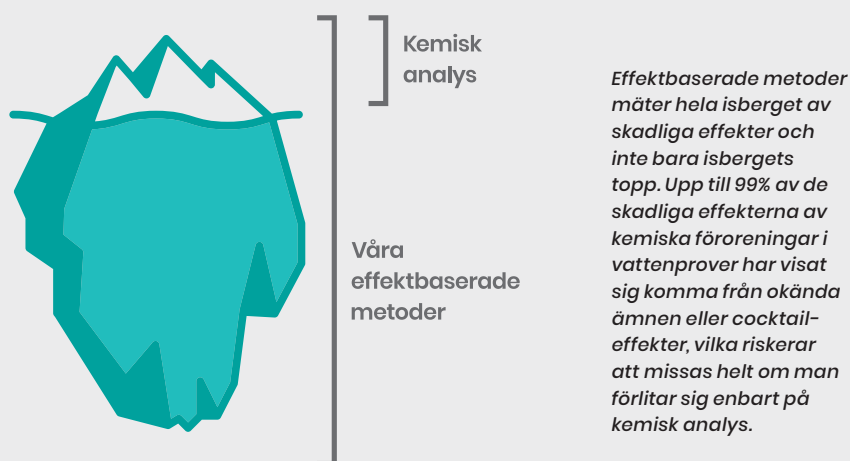
Historiskt har avloppsreningstekniker ofta fokuserat på att minska halterna av näringsämnen och patogena mikroorganismer i vattnet, men mindre uppmärksamhet har ägnats åt kemiska föroreningar. Under senare år har detta område, och särskilt frågan om läkemedelsrester, fått ökad uppmärksamhet. EU:s förslag till nytt avloppsdirektiv från oktober 2022 innebär nya och omfattande krav på rening och mätning av mikroföroreningar i avloppsvatten (COM 2022 541 final).

För att undersöka hur mycket kemiska föroreningar som finns i orenat avloppsvatten, hur effektivt de avskiljs i ett reningsverk och hur mycket som släpps ut i miljön används idag kemisk analys, och halter av vissa utvalda ämnen mäts. Den stora begränsningen med den tekniken är att den kräver att man på förhand måste bestämma vilka ämnen man vill studera och att den inte ger någon information om okända ämnen eller den skadliga effekten av hela blandningen, den så kallade cocktaileffekten.

...men vad ska vi mäta?

Ett stort antal internationella forskarrapporter har visat att de välkända och oftast analyserade kemiska föroreningarna bara står för en bråkdel av de skadliga effekter som man kan uppmäta i vattenprover. Upp till 99% av de toxiska effekterna orsakas av okända kemiska ämnen eller cocktaileffekter som kan uppstå då flera kemiska ämnen verkar tillsammans.

För att få en helhetsbild av vilka miljö- och hälsofarliga kemikalier som finns i vårt avloppsvatten, och hur effektivt de avskiljs i avloppsreningsverket, behöver vi nya analysmetoder.



En ny strategi: effektbaserade metoder

Under senare år har det inom forskningen utvecklats en ny strategi för att mäta hälsofarliga egenskaper hos kemikalier i vattenmiljön. Denna strategi baseras på att man mäter de skadliga effekterna av alla hälsofarliga- och miljöfarliga kemikalier i ett vattenprov, (Escher et al., 2014; Brack et al., 2019; Escher et al., 2021; Robitaille et al., 2022). Effekterna av hälso- och miljöfarliga kemikalier i proverna mäts med hjälp av laboratorieodlade celler, som modifierats för att kunna upptäcka specifika toxiska effekter, exempelvis hormonstörande effekter. När cellerna exponeras för ett prov som innehåller kemiska ämnen som orsakar de specifika effekter som studeras så utsöndrar cellerna ett signalprotein som är enkelt mätbart. Genom att exponera cellerna för t.ex. ett avloppsvattenprov och sedan mäta mängden utsöndrat signalprotein får man snabbt ett svar på om, och i vilken grad provet är förorenat med kemikalier som ger skadliga effekter.

Med dessa metoder kan man mäta effekterna av blandningen av föroreningar i dricksvatten, den så kallade cocktaileffekten. Detta är viktigt eftersom upp till 99 % av vattenföroreningarnas skadliga effekter kommer från okända ämnen som vi idag inte analyserar.

EU föreslår krav på effektbaserad metodik i vattendirektivet.

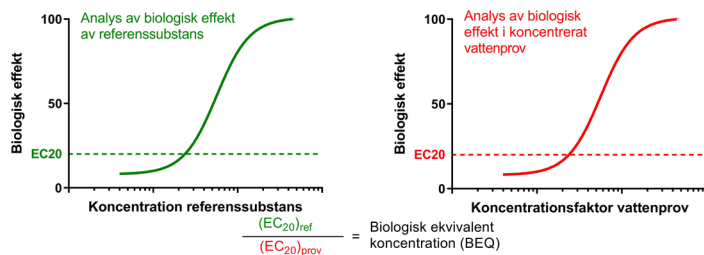
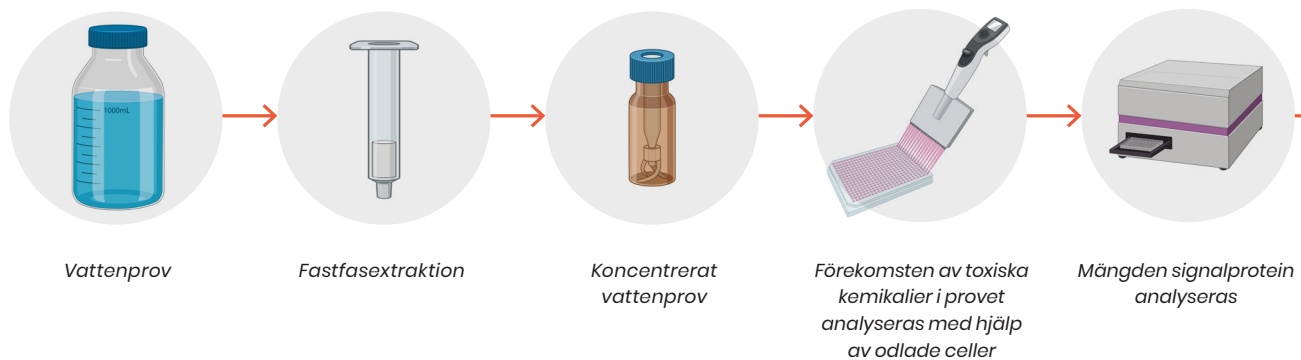
EU-kommissionen presenterade i oktober 2022 ett förslag om ändring av vattendirektiven (COM 2022 540 final). I förslaget ingår obligatorisk övervakning av östrogena effekter i ytvatten med effektbaserade metoder, liksom framtagande av riktlinjer för effektbaserad metodik vid övervakning av blandningar av föroreningar. Samtidigt presenterades ett förslag till nytt avloppsdirektiv med krav

på avancerad rening i alla avloppsreningsverk i storlek över 100 000 personekvivalenter och mindre avloppsreningsverk där recipienten används som dricksvattentäkt eller är känslig på grund av låg utspädning. Dessutom föreslås kraftigt utökad övervakning av mikroföroreningar i utgående avloppsvatten och krav på minst 80 % renings-effektivitet (COM 2022 541 final).

Fram till slutet av 2023 har Naturvårdsverket gett bidrag till avloppsreningsverk för investeringar för läkemedelsrening. Naturvårdsverket rekommenderar användning av effektbaserade metoder för mätning av östrogen aktivitet och mutagenicitet (DNA-skada) vid testning av anläggningar för läkemedelsrening i avloppsvatten. De effektbaserade metoderna för att mäta östrogen aktivitet i vatten har mycket hög känslighet, vilket är nödvändigt för att kunna detektera östrogener i de koncentrationer som kan orsaka skadliga effekter i miljön. De effektbaserade metoderna som BioCell Analytica erbjuder har en detektionsgräns omkring 0,01-0,05 ng östradiolekvivalenter/L. För kemisk analys är detektionsgränsen för östradiol omkring 100 gånger högre.

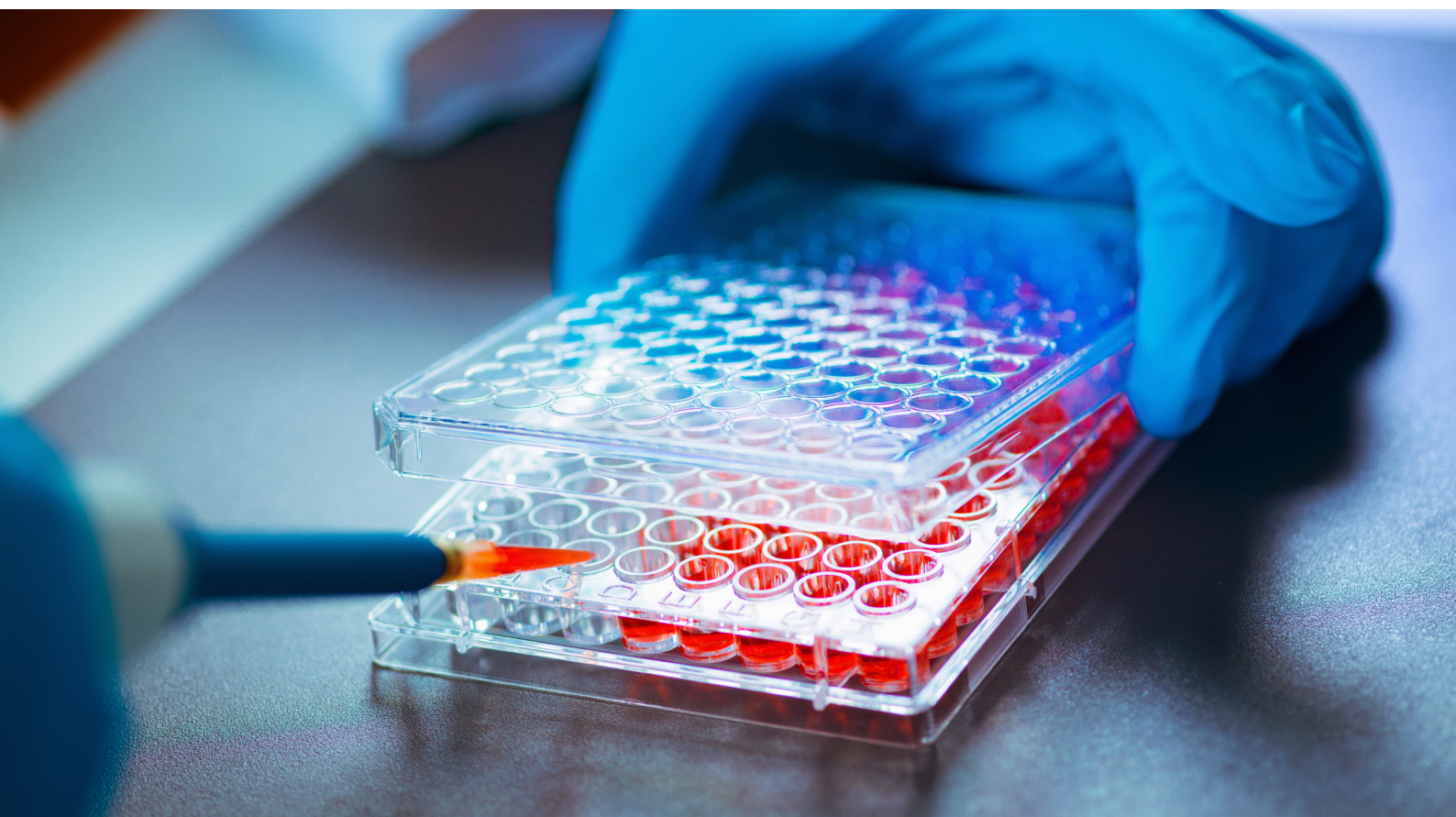
Effektbaserade metoder är väl etablerade i internationella studier för kartläggning och bedömning av vattenkvalitet i ytvatten, avloppsvatten och dricksvatten. Flest studier har gjorts på avloppsvatten, där kemiska föroreningar finns i högst halter, toxiska effekter är frekvent förekommande och det är viktigt att utvärdera reningseffektiviteten. Vi har tidigare beskrivit hur dessa metoder används för att analysera kemiska föroreningar i dricksvatten (White Paper BioCell Analytica, mars 2022) och i sjöar och vattendrag (White Paper BioCell Analytica, mars 2023).

Så här går det till:



Resultat sammanställs och analyseras

Figur 1. Vattenprovet koncentreras med fastfasextraktion och analyseras sedan med hjälp av odlade celler, för att mäta förekomsten av kemikalier som kan orsaka olika typer av toxiska effekter. Genom att samtidigt analysera spädningsserier av provet och en referenssubstans kan provets biologisk ekvivalenta koncentration (BEQ) beräknas. Skapad med Biorender.com



ODLADE CELLER FÖR ATT UPPTÄCKA MILJÖ- OCH HÄLSOFARLIGA FÖRORENINGAR

Vanligen används reporter-gen-tester. Cellerna är genetiskt modifierade med en reporter-gen (till exempel luciferas), som regleras av ett DNA-fragment, känsligt för just den biologiska aktivitet man vill mäta, till exempel aktivering av hormonreceptorer (östrogena och androgena). När cellerna exponeras för ett prov med kemiska ämnen som aktiverar receptorerna, så aktiveras reporter-genen och cellerna utsöndrar ett signalprotein (till exempel luciferin). Ju högre koncentration och toxisk potens av ämnen som aktiverar receptorerna som ett prov innehåller, desto högre blir signalen. Vid testerna används en spädningsserie av referenssubstanser (specifika för varje test) för att jämföra de uppmätta effekterna i provet med effekterna av ett känt ämne som har denna effekt. Med hjälp av resultaten kan aktiviteten i provet då uttryckas som en biologisk ekvivalent koncentration (BEQ) av referenssubstanten (ISO 23196, 2022). Om ett vattenprov har ett BEQ-värde om 10 pg/L betyder det alltså att den biologiska aktiviteten i provet motsvarar den aktivitet som 10 pg/L av referenssubstanten skulle orsaka. BEQ-värdet beräknas för att kunna jämföra aktiviteten mellan prover och mellan studier (Figur 1).

DNA-skadande effekter kan mätas i celler genom att detektera bildade mikrokärnor. Med hjälp av flödescytometri kan ett stort antal mikrokärnor räknas, vilket ger en hög känslighet.

Cellernas överlevnad kan studeras som ett allmänt mått på toxicitet, orsakad av till exempel skador på cellmembran och andra cellstrukturer. Ett test för mätning av akut toxicitet i fiskceller har nyligen utarbetats och finns som en OECD guideline (OECD Test guideline No. 249 Fish cell line acute toxicity: The RTgill-W1 cell line assay, 2021) och en ISO-standard (ISO 21115, 2019). Jämförande in vivo-studier har visat att celltestet väl kan förutsäga akut toxicitet i fisk.

Den stora fördelen med dessa metoder är att de mäter effekter av alla hälso- och miljöfarliga kemikalier i ett prov som har den studerade effekten, istället för att mäta halten av ett fåtal kemikalier. Detta är viktigt eftersom upp till 99% av de toxiska effekterna av kemikalier i vattenprov orsakas av okända kemikalier eller cocktaileffekter.

VILKA TYPER AV EFFEKTER KAN MÄTAS OCH VILKA ÄMNEN KAN ORSAKA OLIKA EFFEKTER?

Akut toxicitet i fiskceller: I OECD-testet och ISO-standarden för akut toxicitet används gälceller från regnbåge. Tre olika parametrar mäts: metabolisk aktivitet, cellmembranintegritet, och integritet av lysosommembran. Effekten i celltestet har visat god överensstämmelse med letala effektkoncentrationer i fisk, med undantag för neurotoxiska ämnen som verkar via specifika jonkanaler eller receptorer i hjärnan. Positiv kontroll i testet är 3,4-dikloroanilin.

Effekter på könshormon-receptorer. Ämnen kan aktivera eller blockera östrogen- och androgenreceptorn. Östrogener och androgener påverkar reproduktion och könsutveckling. Ökad feminisering och intersex har setts i fisk efter exponering för östrogener. Exempel på kemiska föroreningar i vatten som påverkar könshormonreceptorer är naturliga könshormoner, p-piller, läkemedel som används vid bröst- och prostatacancer, liksom växtbaserade isoflavoner (så kallade fytoöstrogener) och vissa plastkemikalier.

AhR-aktivitet (arylhydrokarbon-receptorn). Vid aktivering av Ah-receptorn induceras metaboliserande CYP-enzym, vilket kan leda till aktivering av vissa ämnen till mer toxiska metaboliter eller till mer vattenlösliga metaboliter som utsöndras. Ah-receptorn har många andra fysiologiska funktioner, såsom vid utveckling av olika organsystem och vid reglering av inflammatoriska reaktioner. Många toxiska ämnen aktiverar Ah-receptorn, till exempel halogenerade organiska miljöföroreningar, polycykliska aromatiska kolväten (PAH:er), vissa pesticider och läkemedel, och naturligt förekommande ämnen som indoler och stilbener. AhR har kallats en "miljösensor".

Oxidativ stress. Oxidativ stress beror på att reaktiva syreradikaler bildats i överskott. Det är en vanlig mekanism bakom olika typer av toxiska effekter, t.ex. inflammatoriska reaktioner och cancer. Många toxiska ämnen, t.ex. organiska miljögifter, pesticider och naturliga ämnen, kan orsaka oxidativ stress. Oxidativ stress induceras även av desinfektionsbiprodukter, som kan bildas vid vattenrening. Nrf2 (nuclear transcription factor erythroid 2-related factor 2) är en markör för oxidativ stress, som vi mäter i våra metoder.

Genotoxisk aktivitet. Genotoxicitet eller DNA-skadande effekt är en allvarlig effekt, som kräver omfattande testning och utredning vid registrering av till exempel bekämpningsmedel, livsmedelstillsatser och aromämnen. DNA-skada i kroppsceller kan leda till cancer och andra sjukdomar och till reproduktionsstörningar om det drabbar köns-celler. Bildande av mikrokärnor är en markör för genotoxicitet, som vi mäter i våra tester.

”ALTHOUGH MORE THAN 500 CHEMICALS WERE ANALYZED, THE DETECTED CHEMICALS EXPLAINED TYPICALLY LESS THAN 10% OF THE MEASURED BIOLOGICAL EFFECT...”

– Neale et al, Water Res X, 2020

Tre exempel på effektbaserade studier av avloppsvatten – jämförelse med kemisk analys

1. I en forskningsstudie av Neale och medarbetare (Neale et al., 2017) användes effektbaserade metoder för att analysera toxiciteten i vattenprover från vattendrag där renat avloppsvatten släpps ut. Parallellt så analyserades halterna av 400 kända miljögifter. När forskarna jämförde den totala toxiciteten i proverna med den toxicitet som man kunde förvänta sig av de detekterade ämnena, visade det sig att enbart 0,2-1,6% av de observerade toxiska effekterna kunde förklaras av dessa 400 ämnen. I storleksordningen 99% av toxiciteten orsakades alltså av okända kemikalier eller cocktaileffekter.

2. I en liknande studie av König och medarbetare (König et al., 2017) jämfördes toxiciteten i prover från ett vattendrag samtidigt som halterna av 276 kända miljöföroreningar bestämdes med kemisk analys. Även här såg man att en mycket liten andel av viktiga toxiska effekter som observerades i vattenproverna kunde förklaras av de detekterade föroreningarna. Exempelvis för oxidativ stress, kunde bara enstaka procent av den observerade toxiciteten förklaras av de analyserade 276 föroreningarna. I en annan

studie har Escher och medförfattare (Escher et al., 2013) visat att enbart 0,1% av den observerade toxiciteten i form av oxidativ stress kunde förklaras av de 269 kemikalier som haltbestämdes i den studien.

3. Neale och medarbetare (Neale et al., 2020) använde effektbaserade metoder för att undersöka reningseffektiviteten i tio australiensiska avloppsreningsverk och analyserade samtidigt halterna av mer än femhundra kända miljöföroreningar, inklusive läkemedelsrester. Det var stora skillnader i reningseffektivitet mellan olika reningstekniker och ozonering var en av de reningstekniker som hade högst effektivitet i denna studie. Författarna rapporterade också att de mer än femhundra kemikalier som analyserades med kemisk analys enbart kunde förklara enstaka procent av den observerade toxiciteten för de flesta typer av biologiska effekter.

Dessa studier visar sammantaget att det inte räcker med att analysera halterna av enskilda ämnen, om än hundratals sådana, för att få en helhetsbild av de hälso- och miljöfarliga kemiska föroreningarna i ett prov.

Resultat från effektbaserade studier i avloppsvatten

Kartläggning av vattenkvalitet med effektbaserade metoder har blivit allt vanligare och används nu alltmer internationellt för att mäta effekter av miljöfarliga ämnen i avloppsvatten, studera reningseffektivitet i avloppsverk samt för att bedöma påverkan på recipienter. I en svensk studie i fem avloppsreningsverk visades en hög rening av östrogena effekter, medan andra typer av effekter, t. ex. AhR avskildes i lägre utsträckning (Lundqvist et al., 2019). Finckh et al., (2022) mätte hormonstörande effekter i in- och utgående vatten från 56 avloppsreningsverk i 15 europeiska länder. De analyserade

också 56 steroider och fenoler. Störst bidrag till den östrogena effekten kom från 17 β -östradiol och i mindre grad från två andra naturliga östrogener (östron och östriol), etinylöstradiol (från p-piller) och bisfenol A. Ozon och aktivt kol reducerade som regel bioaktiviteterna i hög grad. Flera andra studier har också visat på varierande men hög reduktion av hormonstörande effekter efter ozonering av avloppsvatten med viss ytterligare reduktion av efterföljande behandling med nytt granulerat aktivt kol (Dopp et al., 2021; Kienle et al., 2022; Wolf et al., 2022)

Ny svensk studie på avloppsvatten

Nyligen har Sweco (Holm och Önnby, 2022) genomfört en omfattande studie där de har utvärderat effektbaserade metoder som ett verktyg för att bedöma reningseffektiviteten i sex stora och medelstora avloppsreningsverk och miljöriskerna i inlands- och kustrecipienter. Vid två av avloppsreningsverken togs ett prov och vid fyra togs 2 eller 3 prover vid olika tillfällen. I studien ingick även tre pilotanläggningar med avancerad rening. Flera parametrar ingick i utvärderingen: effekter på östrogena (ER) och androgena (AR) receptorer, oxidativ stress (Nrf2) och AhR-aktivitet (Figur 2). Genotoxisk aktivitet studerades också med mikrokärntest (Figur 3). Syftet med studien var att undersöka hur effektbaserade tester i celler kan komplettera kemisk analys vid utvärdering av reningseffektivitet och ytvattenpåverkan från mikroföroreningar.

Resultat från studien på avloppsreningsverk (Holm och Önnby, 2022) har sammanfattningsvis visat (Figur 2 och 3).

- De tre effekterna i figur 2 (ER, AhR och Nrf2) sågs i alla ingående och utgående vatten, vilket gör det möjligt att beräkna reningseffektivitet. Reningssgraden i de studerade verken är generellt hög – i de flesta fall över 80 eller till och med 90%.
- Effektiviteten i avancerad rening/läkemedelsrening visade att både ozon och GAK kan ytterligare rena avloppseffluenterna i hög grad, vilket ledde till aktiviteter i de flesta fall under eller nära LOD.
- Trots hög reningssgrad var exempelvis ER-akti-

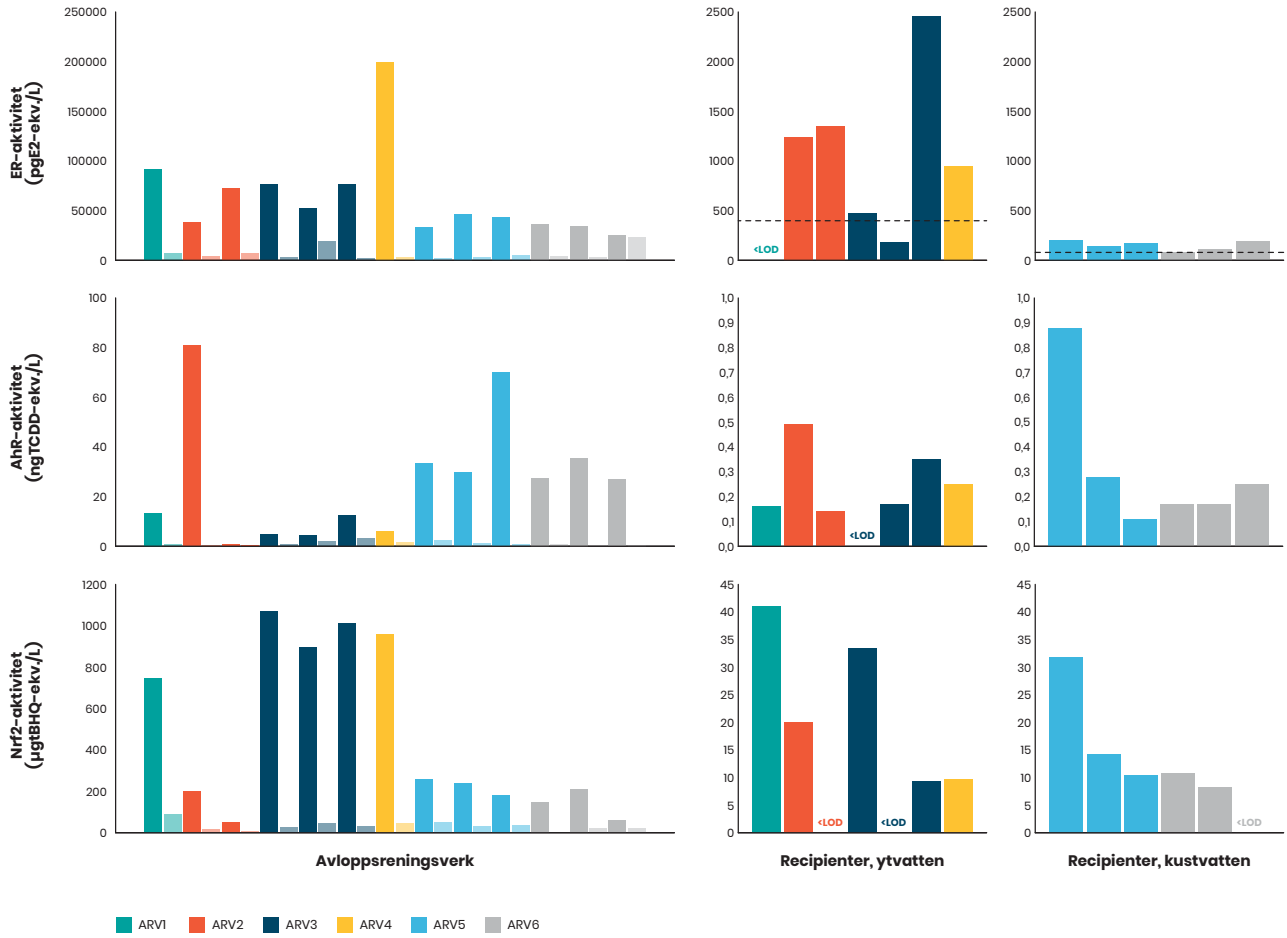
viteten i utgående vatten fortfarande hög från flera av de studerade reningsverken.

- Den östrogena aktiviteten i recipienter till avloppsreningsverken, uttryckt som pg östradiolekvivalenter per liter vatten (pg E2-ekv./L) jämfördes med bedömningsgrunderna för 17 β -östradiol, som är 400 pg/L för inlandsytvatten och 80 pg/L för kustnära vatten (medelvärde på årsnivå) (HaV, 2019). Resultaten visade över-skridande av bedömningsgrunderna för 5 av 7 prover från inlandsvatten och för alla 6 proverna från kustvatten (Figur 2). För östrogen aktivitet har även föreslagits ett ekotoxikologiskt effektbaserat "trigger value" (EBT) på 400 pg E2eq/L (Kunz et al. 2015; Simon et al. 2022).
- Endast upp till 3 % av de östrogena effekterna kunde förklaras av de kemiska analyserna av östrogener, även i inkommande avloppsvatten. Varken 17 β -östradiol eller etinylöstradiol (från p-piller) kunde detekteras i något av proverna (LOD=0.1 ng/L), medan östron och bisfenol A hade detekterbara halter. Resultaten visar alltså att en stor del (mer än 97%) av de mest östrogena ämnena inte hade kunnat upptäckas med konventionella kemiska metoder, eftersom de inte är tillräckligt känsliga.
- Det finns inga tydliga korrelationer mellan de olika parametrarna som mättes. Detta visar att det är olika föroreningar som detekteras i de olika testerna och att de olika testerna tillsammans ger en mer heltäckande bild av föroreningarna.
- De toxiska effekterna kan variera stort mellan olika provtagningstillfällen.

- Genotoxisk aktivitet fanns i alla inkommande prover till avloppsreningsverken, och de flesta renade utgående från avloppsverket var genotoxiska, medan flertalet nedströms recipient-prover var icke-genotoxiska (Figur 3).
- En hög bioaktivitet i utgående vatten kan vara ett resultat av både hög inkommande aktivitet eller låg reningseffektivitet – det är därför viktigt att ta prover på både inkommande och utgående vatten för att få en tydligare bild av orsaken och de åtgärder som kan behövas.

- Många aktiviteter uppmäts frekvent i ytvatten och för att kunna säkerställa en påverkan från renat avloppsvatten är det viktigt att ta prover både uppströms och nedströms en utsläppspunkt.

I Sweco-rapporten konstateras att effektbaserade metoder är ett värdefullt och känsligt verktyg för att undersöka 1) förekomsten av miljöfarliga ämnen i vatten 2) reningseffektivitet i befintliga konventionella reningsprocesser och 3) reningseffektivitet av nya tekniker i pilotanläggningar.



FIGUR 2. Resultat från effektbaserade mätningar av östrogena (ER), AhR, och Nrf2 (oxidativ stress) aktiviteter i inkommande (mörk färg), utgående (ljus färg) vatten från sex avloppsreningsverk (ARV 1-6), samt i vatten från recipienter (ytvatten och kustvatten) från de sex avloppsreningsverken. Resultat visas från 1-3 provtagningstillfällen per ARV. Den streckade linjen för ER-aktivitet visar bedömningsgrunderna för 17β-östradiol för inlandsytvatten (400 pg/L) respektive kustnära vatten (80 pg/L). (Modifierad från Holm och Önnby, 2022).

	Inkommande ARV	Utgående ARV	Utgående våtmark	Uppströms recipient	Nedströms recipient
ARV1					
ARV2					
ARV2					
ARV3					
ARV3					
ARV3					
ARV4					
ARV5					
ARV5					
ARV5					
ARV6					
ARV6					
ARV6					

FIGUR 3. Analys av genotoxicitet, mätt med mikrokärntest, i prover från sex avloppsreningsverk (ARV): inkommande, utgående och recipient uppströms och nedströms. Rött visar positiva resultat (genotoxicitet), grönt negativa, och grått visar provpunkter som inte testats. Delade celler visar resultat från dubbelprover. (Modifierad från Holm och Önnby, 2022).

Stora investeringsbehov – ny teknik och läkemedelsrester

EU:s nya direktiv på vattenområdet ställer krav på avancerad rening, omfattande kontroll av mikro-föroreningar, riskbaserade strategier, och effektbaserade metoder för att mäta bland annat östrogena effekter. Redan tidigare stod VA-branschen och avloppsreningverken inför stora investeringsbehov som t.ex. ny- och utbyggnad av reningsverk, investeringar i rörnätet och införandet av nya reningstekniker för att avlägsna kemiska föroreningar. Stora satsningar görs för att minska förekomsten av miljöskadliga läkemedel i vatten (Svenskt Vatten, 2020).

Nya tekniker och material måste testas så att de klarar av att avskilja skadliga kemikalier från vattnet och inte heller introducerar några nya föroreningar. Detta för att undvika kostsamma felinvesteringar. Idag baseras sådana utvärderingar framför allt på kemiska analyser av ett begränsat antal ämnen. Detta är ett problem eftersom det finns stora kunskapsbrister om vilka enskilda kemikalier och i synnerhet blandningar som är hälsofarliga. Med effektbaserade metoder som komplement kan man få en samlad bild av hur effektivt en ny beredningsteknik avlägsnar såväl kända som tidigare okända hälsofarliga ämnen ur vattnet. Det finns flera exempel från forskningen där man visat hur effektbaserade metoder kan användas för att utvärdera nya vattenreningstekniker.

En genomgång av publicerade studier som använt effektbaserade metoder för att utvärdera avloppsrening (Völker et al., 2019) visar bland annat att:

- Både ozon och aktivt kol effektivt minskar specifika och många specifika toxiska effekter
- Ozonbehandling kan ge upphov till toxiska omvandlingsprodukter, som vanligen minskar vid efterbehandling
- Östrogena effekter visserligen minskar efter ozon eller aktivt kol, men att återstående halter ändå är på nivåer som kan ge miljöeffekter
- Det är brist på data om blockerande effekter på hormonreceptorer, trots att många läkemedel verkar enligt en sådan mekanism
- Slutsatserna är att ett väl sammansatt batteri av effektbaserade metoder behövs för att utvärdera reningseffektivitet och som underlag för beslut om införande av nya metoder efter pilotprojekt.

Sammanfattning

Effektbaserade metoder, där odlade celler används för att upptäcka toxiska föroreningar i avloppsvatten, visar den totala effekten av såväl kända som okända ämnen, omvandlingsprodukter, metaboliter och cocktaileffekter. Metoderna har en hög känslighet och är ett utmärkt komplement till kemisk analys för att undersöka förekomsten av toxiska föroreningar i vatten och för att utvärdera nya reningstekniker, exempelvis för läkemedelsrening och för att spåra utsläppskällor.

Kontakta oss gärna för att diskutera hur metoderna kan användas i er verksamhet.

Exempel på hur effektbaserade metoder kan användas

- Analysera förekomst av miljö- och hälsofarliga ämnen i inkommande och utgående avloppsvatten
- Utvärdera reningseffektivitet i avloppsreningsverket eller för enskilda reningssteg
- Bedöma föroreningsgrad i enskilda inkommande avloppsströmmar
- Bedöma påverkan i recipienten
- Följa variationer i förekomst av föroreningar och reningseffektivitet över tid

A photograph of three people standing on a wooden pier or dock. On the left is a woman with grey hair and glasses, wearing a dark jacket over a patterned top. In the center is a woman with short, light-colored hair, wearing a dark blazer over a light blue patterned shirt. On the right is a man with short brown hair and glasses, wearing a dark blazer over a blue button-down shirt. They are all smiling at the camera. The background shows a body of water and some buildings under a bright sky.

Agneta
Oskarsson

Elin
Lavonen

Johan
Lundqvist

Författare

Detta White Paper har skrivits av Agneta Oskarsson, Johan Lundqvist och Elin Lavonen. Agneta Oskarsson är professor emerita i livsmedels-
toxikologi vid Sveriges lantbruksuniversitet och Johan Lundqvist är
docent i molekylär toxikologi vid samma universitet. De har lång er-
farenhet av att utveckla och använda biologiska testmetoder för att
upptäcka kemiska föroreningar i vatten. Tillsammans har de startat
BioCell Analytica. Elin Lavonen är fil.dr i miljöanalys och är på deltid
Professor of Practice i Clean Water Technologies på Aalto universitet
i Finland. Sedan 2021 arbetar hon som vattenspecialist på BioCell
Analytica.

Lästips

- Bioanalytical Tools in Water Quality Assessment, bok av Beate Escher, Peta Neale och Frederic Leusch. IWA Publishing, 2021. Finns tillgänglig online: <https://iwaponline.com/ebooks/book/832/Bioanalytical-Tools-in-Water-Quality-Assessment>

Referenser

- Brack, W., Ait Aissa, S., Backhaus, T., et al., 2019. Effect-based methods are key. The European Collaborative Project SOLUTIONS recommends integrating effect-based methods for diagnosis and monitoring of water quality. *Environ. Sci. Eur.*, 31:10.
- COM (2022)540 final. Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy, Directive 2006/118/EC on the protection of groundwater against standards and deterioration and Directive 2008/105/EC on environmental quality standards in the field of water policy.
- COM (2022)541 final. Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council concerning urban wastewater treatment.
- Dopp, E., Pannekens, H., Gottschlich, A., Schertzing, G., et al., 2021. Effect-based evaluation of ozone treatment for removal of micropollutants and their transformation products in waste water. *J. Toxicol., Environ. Health, Part A*, 84, 418–439.
- Escher, B.I., Allinson, M., Altenburger, R., et al., 2014. Benchmarking organic micropollutants in wastewater, recycled water and drinking water with in vitro bioassays. *Environ. Sci. Technol.*, 48, 1940–1956.
- Finckh, A., Buchinger, S., Escher, B.I., et al., 2022. Endocrine disrupting chemicals entering European rivers: Occurrence and adverse mixture effects in treated wastewater. *Environ. Int.* 170, 107608.
- Holm, G och Önnby, L. Effektbaserade analyser för att utvärdera reningseffektivitet och miljörisker i avloppsvatten. Lärdomar från sex avloppsreningsverk med konventionell respektive avancerad rening. Sweco, 2022-11-07.
- HVMFS 2019:25. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten.
- ISO 21115, 2019. Water quality – Determination of acute toxicity of water samples to a fish gill cell line (RTgill-W1).
- ISO 23196, 2022. Water quality – Calculation of biological equivalence (BEQ) concentrations.
- Kienle, C., Werner, I., Fischer, S., et al., 2022. Evaluation of a full-scale wastewater treatment plant with ozonation and different post-treatments using a broad range of in vitro and in vivo bioassays. *Water Res.*, 212, 119084.
- Kunz, P.Y., Kienle, C., Carere, M., et al., 2015. In vitro bioassays to screen for endocrine active pharmaceuticals in surface and waste waters. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 106, 107–115.
- König, M., Escher, B.I., Neale, P.A., Krauss, M., et al., 2017. Impact of untreated wastewater on a major European river evaluated with a combination of in vitro bioassays and chemical analysis. *Environ. Pollut.*, 220, 1220–1230.
- Lundqvist, J., Mandava, G., Lungu-Mitea, S., Lai, F.Y., et al., 2019. In vitro bioanalytical evaluation of removal efficiency for bioactive chemicals in Swedish wastewater treatment plants. *Sci.Rep.*, 9:7166.
- Neale, P. A., Munz, N.A., Ait-Aissa, S., Altenburger, R., et al., 2017. Integrating chemical analysis and bioanalysis to evaluate the contribution of wastewater effluent on the micropollutant burden in small streams. *Sci. Tot. Environ.* 576, 785–795.
- Neale, P.A., O'Brien, J.W., Glauch, L., König, M., et al., 2020. Wastewater treatment efficacy evaluated with in vitro bioassays. *Water Research X*, 9, 100072.
- OECD Test guideline No. 249 Fish cell line acute toxicity: The RTgill-W1 cell line assay, 2021.

- Robitaille, J., Denslow, N.D., Escher, B.I., et al., 2022. Towards regulation of Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs) in water resources using bioassays – A guide to developing a testing strategy. *Environ. Res.* 205, 112483.
- Simon, E., Duffek, A., Stahl, C., et al., 2022. Biological effect and chemical monitoring of Watch List substances in European surface waters; Steroidal estrogens and diclofenac – Effect-based methods for monitoring frameworks. *Environ. Int.* 159, 107033.
- SOER, 2020, The European environment – state and outlook 2020. Knowledge for transition to a sustainable Europe. Chapter 10. Chemical Pollution, sid 230–251, European Environment Agency, 2019.
- Svenskt Vatten, 2020. ReningsVÄRK. Läkemedelsrester I vår gemensamma vattenmiljö. M149. Meddelande, November 2020.
- Völker, J., Stapf, M., Miehe, U. and Wagner, M., 2019. Systematic review of toxicity removal by advanced wastewater treatment technologies via ozonation and activated carbon. *Environ. Sci. Technol.*, 53, 7215–7233.
- White Paper 2022, Kemiska föroreningar i dricksvatten – nya innovativa analysmetoder. BioCell Analytica, mars, 2022. www.biocellanalytica.se
- White Paper 2023, Kemiska föroreningar i sjöar och vattendrag – miljöövervakning med effektbaserade metoder. BioCell Analytica, mars, 2023. www.biocellanalytica.se



BioCell
ANALYTICA

biocellanalytica.se

kontakt@biocellanalytica.se