

Verksamhetsberättelse för  
Projektprogram för FoU inom dricksvattenområdet i Sverige –  
från råvatten till tappkran (DRICKS)

# DRICKS 2025



## Sammanfattning

Forskningen inom DRICKS bedrivs vid medlemsuniversiteten: Chalmers, SLU, Lunds universitet, Uppsala universitet och Linköpings universitet. Detta sker i mycket nära samarbete med branschen. Under 2025 var tolv medlemsorganisationer, kommunala vattenproducenter, medlemmar i DRICKS. Även åtta företag och forskningsinstitut samverkar med forskare och vattenproducenter inom DRICKS företagsgrupp.

Forskningen inom DRICKS som finansieras av SVU genomförs till största delen i följande fem arbetspaket, inom vilka olika projekt och fallstudier genomförs.

- AP1 – Uppströmsarbete
- AP2 – Beredning
- AP3 – Distribution och vattenkonsumtion
- AP4 – Risk och beslutsstöd
- AP5 – Karaktärisering av vattenkvalitet med avseende på oönskade komponenter

Inom AP1 fokuseras arbetet på hur avancerad modellering, kemisk och mikrobiell övervakning samt experimentella studier kan identifiera och kvantifiera risker från PFAS, mikroorganismer och andra föroreningar i råvattentäkter, samt peka ut kritiska källor och brister i dagens renings- och skyddsåtgärder. Sammantaget betonas behovet av ett mer systematiskt, riskbaserat och organisatoriskt välförankrat uppströmsarbete – i linje med dricksvattendirektivet – för att långsiktigt säkra dricksvattenkvalitet genom bättre prioritering, samverkan och beslutsunderlag.

AP2-projekten visar hur fördjupad förståelse av mikrobiella processer, organiskt materials sammansättning och vattenkemi är avgörande för att optimera beredningstekniker som GAK filter, koagulering och membran, särskilt för effektiv avskiljning av PFAS och mikroorganismer. Sammantaget understryker arbetet att robust dricksvattenskydd och ökad resurseffektivitet kräver plats och vattenspecifikt anpassade barriärer samt ett mer cirkulärt angreppssätt för hantering och nyttiggörande av restströmmar i vattenverk.

Projekten inom AP3 visar hur en mer proaktiv och datadriven förvaltning av distributionssystemet – med realtidssensorer, avancerad analys av mikrobiell vattenkvalitet och maskininlärningsbaserade modeller för läckor och ledningsbrott – kan stärka både dricksvattensäkerhet och infrastrukturplanering. Sammantaget betonas att minskade förluster och effektivare vattenanvändning kräver integrerade beslut om övervakning, förnyelse, konsumtionsmönster och vattenåteranvändning, baserade på faktiska data från hela systemet.

AP4 projekten visar hur integrerade risk och beslutsstöd, inklusive QMRA/QCRA, kemisk riskanalys och AI baserade metoder, kan ge bättre underlag för att hantera mikrobiella och kemiska hot, leveranssäkerhet och PFAS relaterade hälsorisker i dricksvattensystem. Sammantaget betonas behovet av att kombinera tekniska riskbedömningar med värdering av vattnets samhällsnytta samt klimat och kostnadsperspektiv, för att möjliggöra mer robusta, hållbara och välmotiverade investerings och åtgärdsbeslut.

AP5 projekten visar hur kombinationen av effektbaserade tester, avancerad kemisk analys, sensorer och AI baserade metoder kan ge tidig varning och fördjupad förståelse av både kemiska och mikrobiella risker i hela dricksvattenkedjan, från råvatten till distribution. Sammantaget betonas att robust och

framtidssäker vattenkvalitetsövervakning kräver integrerade, känsliga och praktiskt användbara metoder som kan identifiera nya föroreningar, tolka komplexa datamängder och stödja snabba och välgrundade åtgärdsbeslut.

Under 2025 arbetade DRICKS aktivt för att föra ut sina forskningsresultat till både branschen och forskarsamhället. Som en del av detta arrangerades fem webinarier för medlemmarna, ett externt seminarium riktat till både medlemmar och aktörer i branschen samt två workshops. Utöver de egna arrangemangen deltog DRICKS även i ett antal externa möten och konferenser för att sprida ny kunskap.

Under året genomförde 46 studenter sammanlagt 32 examens- och kandidatarbeten inom DRICKS hela verksamhetsområde – från råvattnets ursprung till den färdiga produkten vid tappkranen. Året resulterade också i flera vetenskapliga publikationer och tekniska rapporter. De fem medlemsuniversiteterna erbjöd dessutom ett brett utbud av kurser inom VA-relaterade ämnen, med ambitionen att inspirera fler studenter att välja en utbildningsväg med VA-inriktning.

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	1
Innehållsförteckning .....	3
1. Bakgrund .....	5
2. Projektprogrammet DRICKS .....	6
2.1 DRICKS projektbeskrivning .....	6
2.2 Samverkan med branschen .....	7
2.3 Användning av Svenskt Vattens medel .....	9
3. Forskningsresultat .....	10
3.1 Uppströmsarbete (AP1) .....	10
3.2 Beredning (AP2) .....	14
3.3 Distribution och vattenkonsumtion (AP3) .....	20
3.4 Risk och beslutsstöd (AP4) .....	26
3.5 Karaktärisering av vattenkvalitet med avseende på oönskade komponenter (AP5) .....	30
4. Kommunikation (AP6) .....	39
4.1 DRICKS seminarier & arrangemang .....	39
DRICKS-internat 2025 .....	39
DRICKS workshops/seminarium .....	39
DRICKS-webbinarier .....	40
4.2 Vetenskaplig publicering, konferenser, möten, media .....	42
4.3 DRICKS hemsida och nyhetsbrev .....	42
Hemsida .....	42
Nyhetsbrev .....	42
Övrigt .....	42
5. Undervisning kopplad till DRICKS .....	44
5.1 VA-kurser och kursutveckling .....	44
Kurser vid Chalmers .....	44
Kurser vid SLU .....	45
Kurser vid Uppsala universitet .....	46
Kurser vid Lunds universitet .....	49
Vattenforskarskolan .....	51
Kurser vid Linköpings universitet .....	51
5.2 Examensarbeten .....	52
6. Referenser .....	53

6.1 Vetenskapliga publikationer .....	53
6.2 Konferensartiklar och andra konferensbidrag.....	57
6.3 Doktors- och licentiatavhandlingar.....	57
6.4 Rapporter.....	58
6.5 Examensarbeten .....	58

## 1. Bakgrund

DRICKS startades i slutet av 2003 vid Chalmers, *Projektprogram för FoU inom dricksvattenområdet i Sverige – från råvatten till tappkran*, med finansiering från Svenskt Vatten. DRICKS har sedan starten finansierats i princip finansierats i treårsperioder fram till innevarande programperiod som löper på fyra år (2025–2028).

DRICKS övergripande målsättning är att bedriva forskning i samverkan med branschen för att ge ökad kunskap och praktiskt tillämpbara resultat som bidrar till en tillförlitlig och säker dricksvattenförsörjning. Arbetet sker genom att i samverkan lösa aktuella och långsiktiga utmaningar i en inspirerande miljö som präglas av hög vetenskaplighet tillsammans med branschen – från råvatten till tappkran. Svenskt Vattens satsning på DRICKS har möjliggjort ett stort antal forskningsprojekt där denna typ av arbete genomförts med finansiering från exempelvis EU, forskningsråd, myndigheter och vattenproducenter.

Dricksvattenbranschen i Sverige står fortsatt inför en rad olika utmaningar idag och i framtiden. Hanteringen av åldrande system - som antingen behöver renoveras eller byggas helt nytt, effekter av klimatförändringarna, nya kemiska föroreningar och spridningsvägar samt ändrade förutsättningar i form av vattenbehov mm. är några exempel på utmaningar. För att på ett effektivt sätt hantera utmaningarna krävs ökad kunskap kring såväl drift av befintliga system, hur dessa kan optimeras och övervakas, samt kunskap om hur nya och mer effektiva riskreducerande åtgärder kan analyseras och prioriteras.

## 2. Projektprogrammet DRICKS

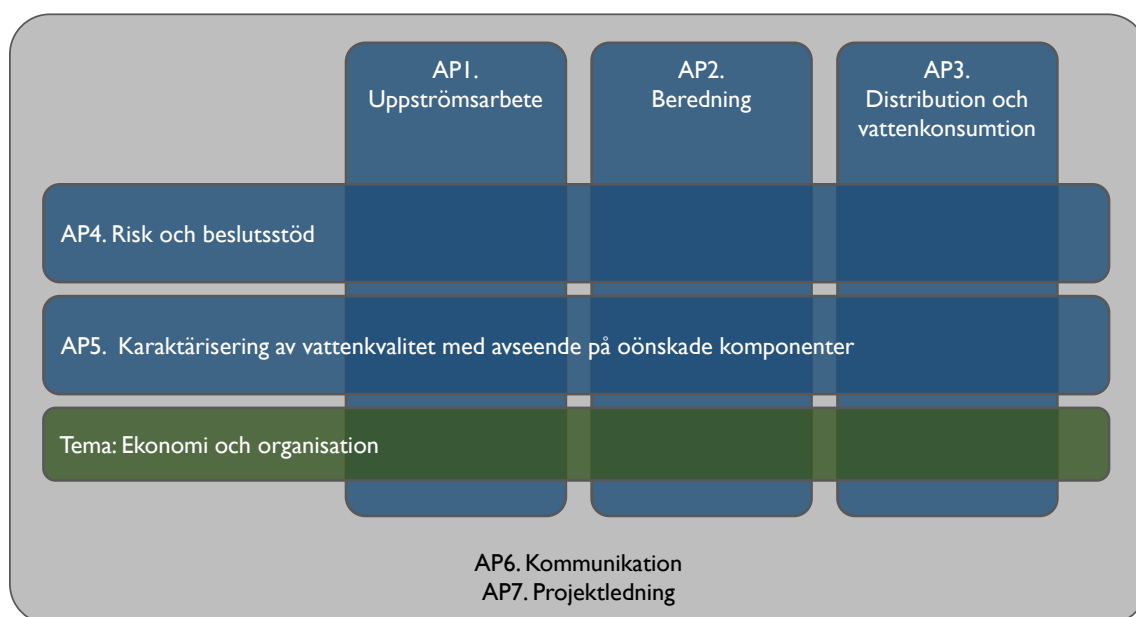
I detta avsnitt beskrivs hur DRICKS olika verksamheter binds ihop genom integrerade projektdelar, vilka finansierar som bidragit med finansiering och hur de övergripande arbetspaketen samverkar för att täcka de delområden som DRICKS i tidigare program delat in dricksvattenområdet i.

### 2.1 DRICKS projektbeskrivning

DRICKS arbete har under 2025 varit uppdelat och strukturerat i de delar som illustreras i Figur 1. Det är inom de fem arbetspaketen som listas nedan som forskningsarbetet inom olika projekt bedrivs. Varje arbetspaket är indelat i ett antal olika komponenter för att tydliggöra vilka aspekter arbetet fokuserar på. Även ett temaområde (Ekonomi och organisation) har startats upp med syfte att utforska möjligheterna till att bredda DRICKS verksamhet i syfte att även inkludera dessa aspekter.

- AP1 - Uppströmsarbete
- AP2 – Beredning
- AP3 – Distribution och vattenkonsumtion
- AP4 – Risk och beslutsstöd
- AP5 – Karaktärisering av vattenkvalitet med avseende på oönskade komponenter

Utöver dessa fem arbetspaket och temaområdet ingår ytterligare två arbetspaket: Kommunikation (AP6) och Projektledning (AP7), vilka utgjort stommen för projektledning, administration och kommunikation av DRICKS verksamhet och aktiviteter.



**Figur 1.** Grafisk illustration av de arbetspaket och temaområde som ingår i DRICKS arbete under 2025.

Föreståndare för DRICKS är Thomas Pettersson, vice föreståndare är Andreas Lindhe och Louise Kallin är DRICKS projektkoordinator. För varje arbetspaket finns en så kallad arbetspaketsamordnare utsedd, vars syfte är att administrera arbetet som genomförs i de underliggande komponenterna. För komponenterna finns det ansvariga personer utsedda som har det direkta projektansvaret för arbetet som utförs.

## 2.2 Samverkan med branschen

I Droppvis (okt-25 till sep-26) samarbetar Chalmers, RISE, Norrvatten, Norrtälje vatten och avfall samt Nudge. Projektet undersöker hur digitala nudgingmetoder kan minska hushållens vattenförbrukning genom beteendeförändringar samt analyserar förbrukningsmönster i relation till yttre faktorer. Arbetet studerar skalbara lösningar för hållbar vattenanvändning och bidrar till att effektivisera resursanvändningen.

Under 2025 deltog Norrvatten i ett flertal forsknings- och utvecklingsinitiativ tillsammans med kommuner, universitet, myndigheter och branschorganisationer. Arbetet syftade till att stärka kunskapen om grundvatten, utveckla nya metoder för vattenkvalitet och bidra till en långsiktigt robust dricksvattenförsörjning. En stor del av detta har gjorts i samarbete med de forskare som är med i DRICKS.

Ett omfattande arbete bedrevs inom ramen för Water Wise Societies, där Norrvatten deltar i två omställningslabbs som startade 2025 och som ska utveckla nya nationella arbetssätt för kemikaliehantering (Ny kempraxis) och digitala metoder för mikrobiell vattenanalys (från platta till pixel). Inom ramen för Water Wise Societies startade även projektet ”Droppvis”, som undersöker hur hushållens vattenanvändning kan minska genom så kallad nudging som handlar om att påverka beteenden hos allmänhet med små förändringar i positiv riktning. Samtliga projekt har tillkommit genom en nära dialog mellan Norrvatten (och andra dricksvattenproducenter) och forskare från DRICKS.

För Norrvatten (och SVOA) har dock arbetet med en regional leveranssäkerhetsanalys varit ett viktigt samarbetsprojekt med DRICKS. Norrvatten och SVOA har med stort stöd från Chalmers arbetat med en analys av den samlade leveransförmågan för regionen. I förlängningen ska detta kunna användas som ett stöd i Norrvattens arbete med att utvärdera effekterna av olika åtgärder kopplade till leveranssäkerhet och reservvattenförsörjning.

Mer om projektet ”Droppvis - små beteendeförändringar - stor effekt”. Projektet leds av RISE och Norrvatten ingår i projektgruppen tillsammans med Chalmers Tekniska Högskola, DRICKS, Norrtälje Vatten och Avfall och företaget Nudgd. En fallstudie kommer att genomföras i Norrtälje kommun, men uppföljning av vattenanvändningen kommer även göras även i Sigtuna och Järfälla. Förhoppningen är att projektet ska leda till ny kunskap om hur beteendepåverkan kan användas för att minska vattenanvändningen. För Norrvatten handlar det i första hand om att minska vattenanvändningen under så kallade högförbrukningsperioden.

Under 2025 så avslutades tre projekt inom Water Wise Societies som på olika sätt även involverat forskare från DRICKS:

- [Resurseffektiv vattenanvändning för en hållbar framtid](#)
- [Från analogt till digitalt i mikrobernas värld](#)
- [Ny praxis för bedömning och hantering av risker med oönskade kemiska ämnen i vatten](#)

Samarbetet inom Formas-projektet SIDWATER – hållbara lösningar för dricksvatten, lett av Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) – fortsatte under 2025 i nära samverkan med flera akademiska parter – Chalmers tekniska högskola, Lunds universitet, Göteborgs universitet och Uppsala universitet – samt

vattenorganisationerna Uppsala Vatten och Avfall AB, Sydvatten AB, Stockholm Vatten och Avfall AB och Norrvatten. Inom projektet har en hållbar behandlingskedja för dricksvattenförsörjning och återanvändning av olika vattenströmmar utvärderats, där tekniker som nanofiltrering (NF), skumfraktionering (FF), elektrokemisk destruktion, GAC, anjonbytare (AIX) samt biofilter har testats i bänk- och pilotskala.

Samarbetet mellan Chalmers och Uppsala Vatten inom Formas-projektet "en behandlingsbarhetssensor för dricksvattenrening och optimering" fortsatte under 2025. Prover från fullskaliga GAC-filter användes för att utforma en sensor som skulle kunna förutsäga genombrott av PFAS. Inom samma Formas-projekt genomfördes två kandidat- och ett masterexamensarbete i nära samarbete med Kretslopp och Vatten i Göteborgs Stad.

LTH och VIVAB började samarbeta 2015, och samarbetet har fortsatt under 2025 genom industridoktorand Caroline Schleich i AquaClim Vattenforskarskolan. Caroline har genomfört en stor provtagningskampanj för att utforska biofilmbildning i nya rör och nya vattentorn (AP3). Under 2025 har Totalförsvarets forskningsinstitut genomfört sekvenseringsanalys (16S helgenamplikon) i ett MSB-projekt. Caroline utforskar med hjälp av sekvenseringsanalysen och flödescytometri mikrobiella fenomen som hur en ny biofilm formas i ny infrastruktur och dess påverkan på dricksvattenkvaliteten. Dessutom har en publikation tagits fram som bygger på våra gemensamma studier i VIVABs ledningsnät om hur mikrober i biofilm och dricksvatten påverkas av förändringar i vattenverk kopplat till borttagning av monokloramin.

Med målet att ta fram ett användbart verktyg för visualisering av stora mängder data genererade genom flödescytometri har flödescytometridata som samlats in under de senaste åren bearbetats i samarbete med Högskolan Kristianstad.

En publikation, framtagen tillsammans med Göteborgs Universitet, Norrvatten, Nodra, LTH, Vivab, Kretslopp och Vatten samt Sydvatten, avseende variationer av virus i rå- och dricksvatten och hur olika behandlingssteg påverkar avskiljning av vissa virus har blivit publicerad.

Vivab har påbörjat ett samarbete med Chalmers avseende modellering av spridning av mikrober i ledningsnätet. Arbete baseras på den verkliga hydrauliska modellen av ledningsnätet och simulering av bakterieantalet jämförs med verkliga flödescytometriska värden.

Stockholm Vatten och Avfall, Tekniska Verken och Sydvatten har för första gången inom DRICKS samarbetat tillsammans med LTH kring frågan om hur flödescytometri bäst kan användas för övervakning av långsamfilter. Data har delats, och den största utmaningen har varit att jämföra data från olika provtagningsrutiner och instrument. Arbetet har varit nära kopplat till de utmaningar som diskuteras inom det nya omställningslabbet "Från platta till pixel", som drivs av Sweden Water Research.

Samarbetet har också varit en del av ett större projekt mellan Tekniska Verken och LTH, som omfattade en provtagningskampanj under hela 2025 med syftet att jämföra hur tak påverkar långsamfiltrens funktion. Varje månad analyserades prover från råvatten samt från in och utgående vatten i långsamfilter med respektive utan tak. Proverna analyserades med ett paket av rutinanalyser (TOC, DOC, koliformer och temperatur) samt med flödescytometri. Dessutom samlades både vatten och sandprover in för framtida DNA och RNAsekvensering.

### 2.3 Användning av Svenskt Vattens medel

Under 2025 har Svenskt Vatten Utveckling (SVU) finansierat DRICKS med 2 600 kkr, fördelat på fem universitet: Chalmers, SLU, Lunds universitet, Linköpings universitet samt Uppsala universitet.

En detaljerad ekonomisk redovisning av kostnaderna under 2025 finns i den ekonomiska bilagan (Bilaga 1), vilken enligt avtal endast delges finansiären Svenskt Vatten.

### 3. Forskningsresultat

*I detta kapitel presenteras forskningsresultaten från arbetet inom DRICKS olika arbetspaket under 2025.*

#### 3.1 Uppströmsarbete (AP1)

Detta arbetspaket fokuserar på framtagande av kunskap och utveckling av metoder för att säkerställa tillgången på råvatten av god kvalitet. Ingående komponenter handlar om kartläggning av mikrobiologiska och kemiska risker för våra vattentäkter samt hur riskerna kan bedömas och utvärderas i syfte att identifiera lämpliga skyddsåtgärder. Arbetet är indelat i tre komponenter och nedan beskrivs resultaten från arbetet under 2025. Samordnande för AP1 är Ekaterina Sokolova.

##### **Komponent 1.1 - Komponent 1.1 – Föroreningar i råvatten**

*(komponentledare: Ekaterina Sokolova och Catherine Paul)*

##### Aktivitet 1.1.1: Modellutveckling och simulering av föroreningstransport, övergödning och algbloomning i Mälaren

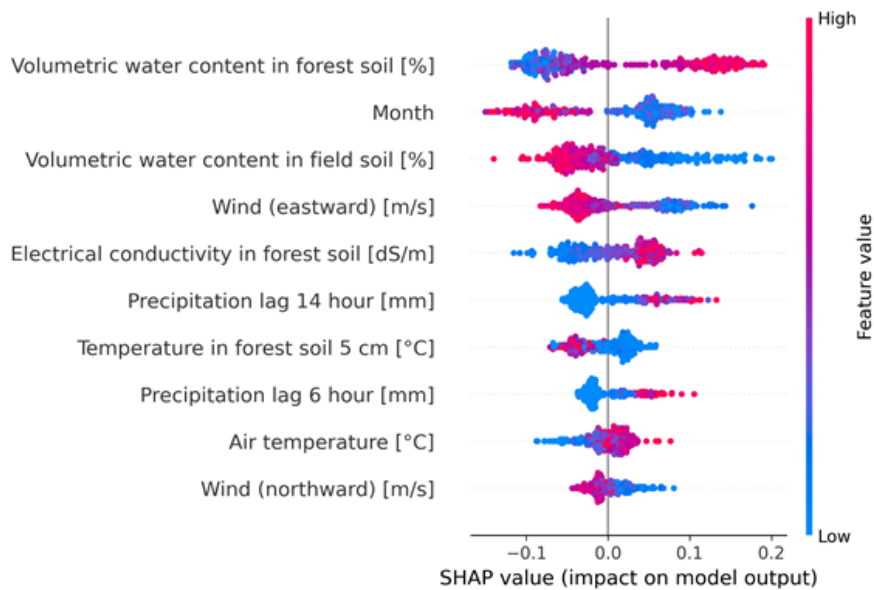
I ett examensarbete (John 2026) vid Uppsala universitet (L1.1.1.1), undersöktes fördelning och transport av summan av de fyra PFAS-föreningarna PFOA, PFNA, PFHxS och PFOS i sjön Mälaren, Sveriges tredje största sjö och en viktig dricksvattentäkt för över två miljoner människor. Med hjälp av den tredimensionella hydrodynamiska modellen PyGETM simulerades spridningen av PFAS från större tillflöden såsom Fyrisån, Örsundaån, Lövstaån, Märstaån, Öxundaån, Brobäcken och Bällstaån under perioden 2019–2024. Modellresultaten visar både rumsliga och temporala variationer i PFAS-spridningen i Mälaren. Resultaten visar att PFAS-halterna vid viktiga dricksvattenintag i sjön vid vissa tillfällen kan överskrida det svenska gränsvärdet för dricksvatten på 4 ng/L. Modellen identifierar kritiska källor till PFAS och understryker behovet av riktad källkontroll och övervakning för att skydda vattenkvaliteten. I ett annat, ännu opublicerat, examensarbete vid Uppsala universitet (L1.1.1.2) tillämpades ett kopplat tredimensionellt hydrodynamiskt–biogeokemiskt modelleringsramverk (PyGETM–Selmaprotbas) för att studera eutrofiering och algbloomsdynamik i Ekoln, en näringskänslig bassäng i Mälaren. Syftet med projektet var att utvärdera modelluppsättningen och identifiera brister och utvecklingsbehov inför framtida modellförbättringar.

##### Aktivitet 1.1.2: Mikrobiell övervakning av råvattenkvalitet med flödescytometri (kopplingar till AP5)

Under 2025 har användningen av flödescytometri för övervakning av mikrobiella förändringar i råvatten tillämpats i två olika sammanhang. En vetenskaplig publikation (Erb et al. 2025) avslutade arbetet med att tolka hur tvådimensionella data, ett så kallat "fingeravtryck" som beskriver hela det bakteriella innehållet i ett vattenprov, kan förutsäga mängden levande *E. coli* i samma prov. Jämfört med logistisk regression och supportvektormaskiner visade sig en Random Forest-algoritm vara bättre på att förutsäga förekomsten av *E. coli*. Här var det badvatten i Öresund som utgjorde studieobjektet, och i framtiden kan man undersöka om metoden även fungerar för sötvatten. En stor fördel med att arbeta med badvatten har varit möjligheten att studera vatten som är kontaminerat med *E. coli* i verkligheten, i stället för i laboratorieförsök.

Det andra sammanhanget var en analys av stora datamängder insamlade från online-flödescytometriövervakning av två olika grundvattenutvinningsbrunnar. Totalt omfattade materialet 13 951 flödescytometrimätningar, och en Isolation Forest-algoritm tillämpades för att identifiera avvikelser i den mikrobiella vattenkvaliteten. SHAP-analys (Figur 2) visade hur olika variabler (t.ex.

markfuktighet i skogsmark, datum, nederbörd) kunde förklara avvikelserna. I samarbete med Veitur (Reykjavik, Island) är analysen nu färdiga och en vetenskaplig publikation håller på att skrivas.



Figur 2: SHAP-sammanfattningsdiagram över testdata för RF-modellen för plats V5. De tio viktigaste egenskaperna är ordnade uppifrån och ned i fallande betydelse. Egenskapernas teckenmarkerade effekt anges i rött (hög) och blått (låg).

#### Aktivitet 1.1.3: Kemisk screening av tekniskt vatten som kan påverka råvattentäcker

Tre vetenskapliga publikationer har publicerats (Celma et al. 2025a, Celma et al. 2025b, Wong et al. 2025) vilket är en mer än vad som angavs i verksamhetsplanen för 2025 (L1.1.3.1 och L1.1.3.2). Publikationerna har även uppmärksammats i media, i Formas webbtidning Extrakt och i Branschtidskriften VA-guiden. Vi har kommit fram till att:

- Både in- och utgående dagvatten innehåller ett stort antal kända och inte ännu välstuderade (okända) organiska miljöföroreningar både vid basflöde och förhöjda vattenflöden. Vattenproverna uppvisade även bioaktivitet (toxicitet). Det samma gäller för smälta snöprover från urbana miljöer.
- Det traditionella sättet att utvärdera dagvattens giftighet (riktad kemisk analys) behöver kompletteras med avancerade kemiska metoder som kan identifiera nya hot och bioanalytiska metoder som kan indikera fara utifrån förekomst av den samlade poolen av kemiska ämnen i provet.
- Den nuvarande reningen av dagvatten tycks inte vara tillräcklig för att rena bort toxiska effekter och reducera förekomst av mikroföroreningar – vi fann till och med det omvända i många fall, med något förhöjt antal ämnen och förhöjs toxicitet i utgående vatten.
- Lakvatten från olika svenska deponier uppvisar variation i sammansättning av organiska miljöföroreningar och till viss del även tidsmässig variation. Industrikemikalier, PFAS och bekämpningsmedel påvisades kontinuerligt vid samtliga platser.

#### Aktivitet 1.1.4: Årstidsvariationer av PFAS i ytvatten och vatten som på konstgjord väg infiltreras i grundvatten

Data om säsongstrender för PFAS i Mälaren har utvärderats (M1.1.4.1), och en vetenskaplig publikation är under framtagande med planerad inlämning under 2026 (L1.1.4.1). Analysen av säsongstrender visar att PFAS-nivåerna i Mälaren är högre under vintermånaderna (december, januari och februari).

## **Komponent 1.2 - Komponent 1.2 Framtida vattenskydd – PFAS**

*(komponentledare: Fritjof Fagerlund och Ekaterina Sokolova)*

### *Aktivitet 1.2.1: Litteraturstudier och modellutveckling om hur nedbrytning av prekursorer kan tas med i transportmodellering av PFAS i grundvatten*

Ett examensarbete (L1.2.1.1) om modellering av prekursorer för perfluorerade alkylysyror (PFAA) i grundvatten utfördes under våren och sommaren 2025 (Calakaj, 2025). Data från en PFAS-plym i grundvattnet i anslutning till Örnköldsvik flygplats användes för att jämföra modellerad PFAS-transport med observationer från provtagningsbrunnar. Särskilt studerades området nedströms en permeabel reaktiv barriär av kolloidalt aktivt kol. Installationen av barriären i november 2023 har gjort att källan till PFAS stängts av och transporten av PFAS i plymen kan därmed effektivt studeras som en avklingning av koncentrationer i observationsbrunnar. Resultaten indikerade att transformationer av prekursorer i grundvattenzonen sker i så liten grad att dessa inte har signifikant påverkan på transporten. Istället styrs transporten av prekursorer i första hand av advektion, dispersion och sorption. Med hjälp av detaljerade TOP (Total Oxidizable Precursors) data kunde transporten av okända prekursorer som oxideras till PFAA genom TOP-behandling studeras. Resultaten visade att prekursorer till perfluorerade alkykarboxylsyror (PFCA) sorberar mer och därmed transporteras långsammare än de PFAA, inklusive bl.a. PFOS, PFHxS och PFOA, som detekteras i Örnköldsviks grundvatten. Modelleringen visade också att Freundlich isotermer generellt gav bättre överensstämmelse med observationer jämfört med linjär sorption.

### *Aktivitet 1.2.2: Modellutveckling och test av modeller för att ta hänsyn till konkurrens effekter vid PFAS sorption*

Sedan våren 2025 gör vi kolonnförsök med jord från en permeabel reaktiv barriär av kolloidalt aktivt kol och PFAS-förorenat grundvatten som pumpats upp uppströms om barriären vid Örnköldsvik flygplats. Kolinnehållet gör att transporten av PFAS går mycket långsamt särskilt för kolonnerna med högst kolhalt och de PFAS som sorberar mest. Detta gör att kolonnförsöken blir klara först under 2026. De resultat som vi hittills har fått visar dock på flera intressanta resultat. För kolonnerna med mest kol ser vi att transporten bromsas (retarderas) för samtliga PFAS, men för korta PFAA stiger den utgående koncentrationen temporärt till nästan dubbelt den ingående halten innan den stabiliseras så att ingående och utgående halt är lika höga. Detta visar att de mer mobila kortare PFAA först lagras i kolonnerna, men sedan ersätts de av mindre mobila PFAS med längre kolkedja som gör att en puls av korta PFAA kommer ut. Detta är en effekt av konkurrens om sorptionsplatser. Vi har redan konstruerat en matematisk modell för konkurrens mellan olika PFAS vid sorption och implementerat den i MODFLOW/MT3D. Nu genererar vi experimentella data från kolonnerna som kommer att kunna användas för att validera och parametrisera modellen.

### *Aktivitet 1.2.3: Modellering av PFAS transport i markens omättade zon inklusive test av modeller för PFAS retention på luft-vatten-gränssytor*

Vi har ett pågående examensarbete om modellering av PFAS-transport i markens omättade zon, men ännu inga resultat.

*Aktivitet 1.2.4: Kolonnförsök där förmågan hos naturlig jord med injekterat kolloidalt aktivt kol (KAK) att begränsa transporten av PFAS i förorenat grundvatten utvärderas*

Se Aktivitet 1.2.2.

### **Komponent 1.3 - Komponent 1.3 – Uppströmsarbete – hur?**

*(komponentledare: Andreas Lindhe)*

*Aktivitet 1.3.1: Jämförelse mellan VA-organisationers uppströmsarbete och dricksvattendirektivet/WHO-WSP*

För att starta upp och arbetet inom denna aktivitet formades under 2025 en referensgrupp (M1.3.1.1) med representanter från DRICKS medlemmar som på olika sätt arbetar med uppströmsfrågor. Referensgruppen och ytterligare deltagare bjöds in till en digital workshop (M1.3.1.2) som inleddes med en översikt över uppströmsarbete som koncept, tre exempel på hur DRICKS medlemmar arbetar med uppströmsfrågor, och därefter diskuterades bland annat vilka de största utmaningarna är och vilket forskningsbehov som finns. Resultaten sammanställdes i form av mötesnoteringar (L1.3.1.1) där bland annat följande aspekter lyftes som extra viktiga:

1. Det finns behov av scenarioanalyser, dvs. analys och modellering, som visar hur förändrad markanvändning, urbanisering, befolkningsökning, klimatrelaterade aspekter (inkl. socioekonomiska faktorer) påverkar vattenkvalitet och -kvantitet i vattentäkterna.
2. Hur organiseras uppströmsarbetet på bästa sätt för att både internt (inom va-organisationen) och externt (berörda markägare m.fl. i avrinningsområdet) uppnå ett effektivt arbete som har en positiv effekt på vattentakten?
3. För att motivera åtgärder m.m. inom uppströmsarbetet behöver de nyttor som uppstår i samhället tydliggöras, dvs. inte bara de direkta effekterna för va-organisationen utan även miljönyttor och andra relevanta aspekter. Detta är viktigt för såväl den interna kommunikationen som den externa kommunikationen med berörda markägare.
4. Behov av vägledning kring hur olika delar av uppströmsarbetet ska prioriteras. Detta är extra viktigt för mindre va-organisationer.

Under 2025 påbörjade DRICKS även ett arbete med att stötta Havs- och vattenmyndigheten och vattenmyndigheterna i hur mikrobiologisk riskbedömning av tillrinningsområde för uttagpunkt för dricksvatten kan genomföras i syfte att ge användbara resultat som stöttar vattenproducenterna i deras arbete. Arbetet är kopplat till kraven i det nya dricksvattendirektivet. Under 2025 genomförde DRICKS en workshop tillsammans med myndigheterna och tog fram grunderna för hur mikrobiologiska riskbedömningar av uttagpunkter för dricksvatten (ytvatten) kan genomföras. Arbetet fortsätter under början av 2026 i syfte att beskriva och utvärdera en metod.

*Aktivitet 1.3.2: Vattenkemiska och hydrologiska undersökningar av råvattenkvalitet med avrinningsperspektiv*

Under 2025 har aktiviteterna fokuserat på konkreta insatser inom uppströmsarbetet. Två tillrinningsområden har varit i fokus: Bolmen och Vombsjön, som båda utgör viktiga vattentäkter för södra Skåne. Vid Vombsjön har ett examensarbete (Sandell 2025) utlysts och genomförts (L1.3.2.1).

Vidare har historiska data för Vombsjön och dess tillrinnande vattendrag samlats in och digitaliserats, och resultaten har skickats in som en vetenskaplig rapport för publicering. Vid Bolmen har insamling och analys av vattenkvalitetsdata genomförts under året, och arbetet med att utveckla en databas för att göra denna miljöövervakningsdata tillgänglig för allmänheten har också fortskridit (L1.3.2.3 och L1.3.2.4). Därutöver har aktuell kunskap om naturligt organiskt material (NOM) och befintliga miljöövervakningsdata från betydande svenska vattentäkter analyserats med fokus på utveckling och trender. Detta arbete har sammanställts i en litteraturstudie via Svenskt Vatten Utveckling, vilken har skickats in för publicering (L1.3.2.2). Dessutom genomfördes i april 2025 en kurs om dricksvattenproduktion ur ett avrinningsområdesperspektiv, där flera doktorander deltog (L1.3.2.5).

### 3.2 Beredning (AP2)

För att uppnå ett säkert dricksvatten är beredningen ett viktigt steg mellan råvattentäkt (eller alternativa källor) och konsumenten. I detta arbetspaket studeras olika beredningstekniker, allt från biologiska processer till membran, och hur dessa kan optimeras med avseende på olika aspekter (komponent 2.1). Optimering kan avse såväl förenklad drift av vattenverk som detaljerade beskrivningar och förståelser av hur beredningsprocesser, molekyler och mikrober påverkar varandra och det färdiga dricksvattnets kvalitet. Även tekniker för vattenåteranvändning kommer studeras inom detta arbetspaket. Komponent 2.2 syftar specifikt till att se över beredningens möjlighet att skydda oss från både kemiska (PFAS mm.) och mikrobiella hot. Fokus i komponent 2.3 är på hur beredning kan bidra till kretsloppet i vattenverk genom nya sätt att använda restströmmar och samtidigt ta hänsyn till nya risker som behöver hanteras. Samordnande för AP2 är Catherine Paul.

#### **Komponent 2.1 – Optimering av beredning**

*(komponentledare: Kathleen Murphy och Catherine Paul)*

##### Aktivitet 2.1.1: Mikrober, mikrobiella ekologi och effektiv beredning.

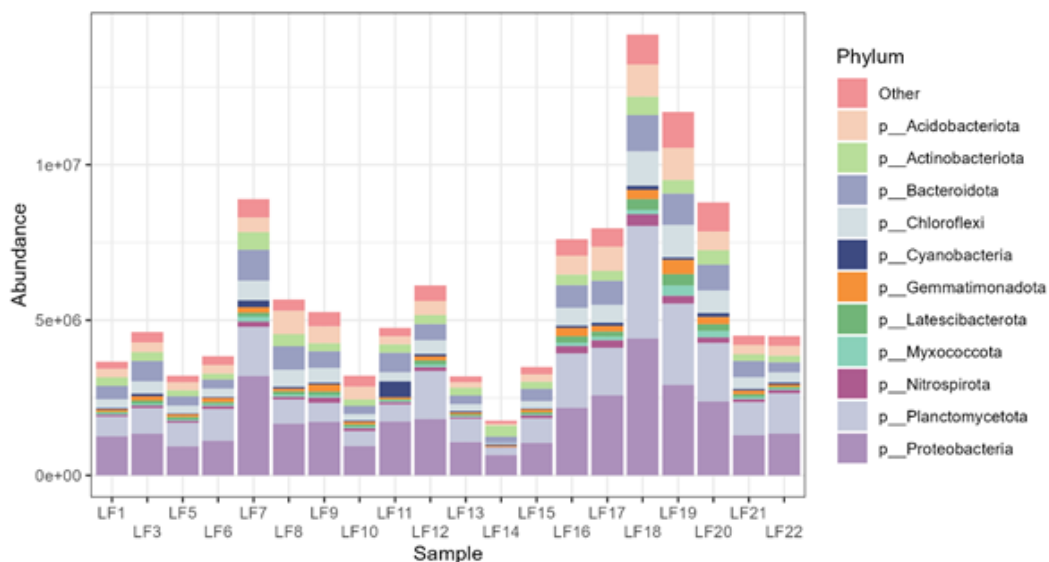
Biofilmer i nyinstallerad GAK påverkades av bakterier i det ingående vattnet i en vattenåteranvändningskontext. GAK byggdes som ett sista steg i avloppsreningsprocessen i Kivik. Under loppet av ett år utvecklades biofilmerna till ett unikt mikrobiellt samhälle bestående av nio olika taxa på ordningsnivå. Vissa av dessa taxa är kända för sin förmåga att bryta ned mikroförroeningar. Den höga syrgashalten i Kivik möjliggjorde förekomst av taxa såsom *Sphingomonadales* och *Rhizobiales* i GAK-biofilmen. Tillsammans med de höga syrgashalterna kan detta vara en av anledningarna till att mikroförroeningar kunde brytas ned.

När man överväger vad vi kan lära oss för olika dricksvattenkontexter med GAK och borttagning av kemikalier, var det intressant att notera att låga DOChalter kan stödja nedbrytningen av mikroförroeningar genom att minska konkurrensen om substrat och stimulera arter som är anpassade till miljöer med låga koldioxidhalter. Syre och kolkoncentrationer är därför användbara parametrar att beakta vid utformning av GAKfilter för nedbrytning av mikroförroeningar. Inkubationsstudier med varierande syre och kolkoncentrationer skulle kunna bekräfta samband mellan dessa parametrar, den mikrobiella sammansättningen och nedbrytningen av mikroförroeningar.

När det gäller långsamfilter är det viktigt att förstå cyanobakterier som kan etablera sig på sandytan. Under 2025 togs det fram en genetisk modell av cyanobakterier från ett sandfilter vid vattenreningsverket Ringsjöverket (Häusserman, 2025). Modellen förutspår att cyanobakterier kan konsumera socker under natten, när fotosyntes inte är möjlig, samt att de kan frisätta fermenteringsprodukter under syrebegränsade förhållanden. Dessa faktorer kan vara betydelsefulla

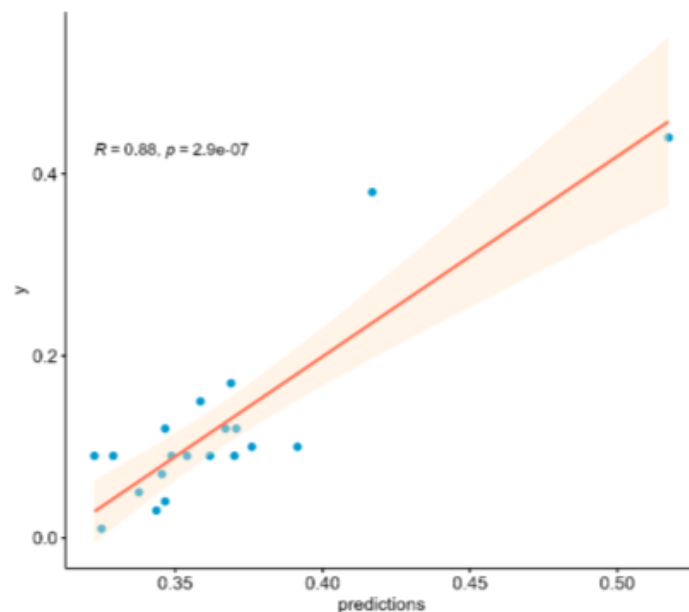
för interaktioner i sandfilter. Cyanobakterier kan konkurrera med andra bakterier om socker, konsumera kolföreningar som andra bakterier släpper ut eller bidra med fermenteringsprodukter som konsumeras av andra mikroorganismer. I sandfilter innebär detta att cyanobakterier kan delta i många interaktioner som både kan gynna reningsprocessen och bidra till algblomning. Många frågor återstår, inte minst behovet av att verifiera modellens förutsägelser, men detta projekt tar oss ett steg närmare förståelsen av cyanobakteriers roll i sandfilter för vattenrening.

Med tanke på deras position på sandytan är det inte förvånande att cyanobakterier kan påverka tryckfallet i långsamfilter. Den relativa förekomsten av olika bakterier i ytbiofilmen, den så kallade *Schmutzdecke*, har beskrivits med hjälp av 16S rRNA-gensekvensering. Det totala antalet bakterier kvantifierades med kvantitativ PCR. Genom att kombinera total bakteriell abundans med den relativa förekomsten av sekvenser i varje prov kan bakteriesamhällena i enskilda långsamfilter jämföras (Figur 3). De 20 långsamfiltern vid Ringsjöverket innehöll olika bakteriella taxa och uppvisade stor variation i totalt bakterieantal. Dessa skillnader kan förklaras av *Schmutzdeckens* ålder, beroende på tiden sedan senaste skrapning av filtren, samt hur länge filtren varit i drift.



Figur 3: Halter av olika bakteriella taxa i 20 *Schmutzdecke*-prover från långsamfilter vid Ringsjöverket. Bakteriernas fyla visas i olika färger och staplarnas höjd motsvarar det totala antalet bakterier i varje prov.

Trots den höga mikrobiella diversiteten identifierade en maskininlärningsmetod kallad *coda4microbiome* ett enda cyanobakteriellt taxon som en biomarkör för ökat tryckfall (Figur 4). Under 2025 sammanställde LTH data och påbörjade arbetet med ett utkast till en vetenskaplig artikel om bakteriesamhällena i de 20 filtren, med särskilt fokus på cyanobakteriers roll i utvecklingen av tryckfall. Cyanobakterier kan vara något att kontrollera om målet är att bromsa tillväxten av *Schmutzdecken*. En studie pågår nu där bakteriesamhällena i *Schmutzdecke* från långsamfilter med respektive utan tak jämförs (Tekniska Verken, LTH). I den nya studien vill vi undersöka om det alltid är fördelaktigt att begränsa cyanobakterier, eftersom de även bidrar till andra viktiga biologiska processer i långsamfilter, särskilt genom sin roll i kolkretsloppet.

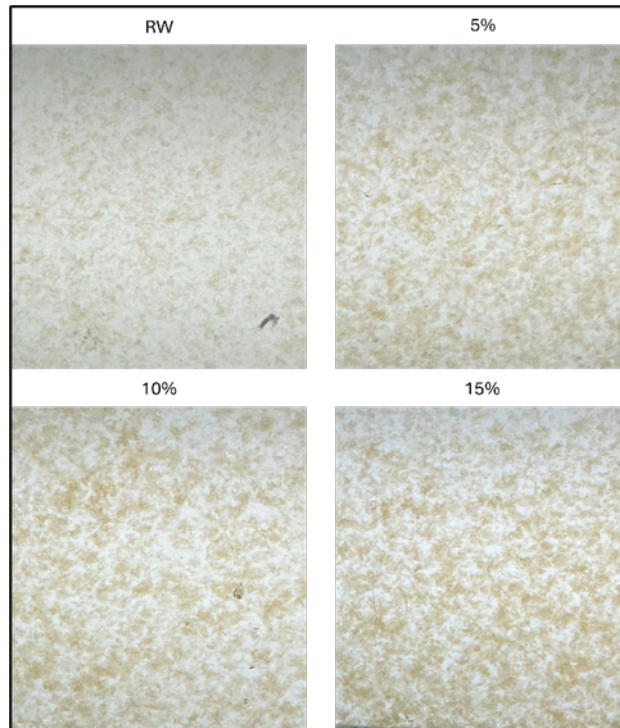


Figur 4: Mikrobiella signaturer (biomarkörer) på fylumnivå kopplade till tryckfall i långsamfilter. Spridningsdiagrammet visar sambandet mellan uppmätt tryckfall (y-axel) och modellens prediktioner (x-axel).

Svampar kan också vara delaktiga i kolkretsloppet i långsamfilter. DNA-sekvensering inriktad på svampsamhällen visade att den taxonomiska gruppen *Rozellamycota* dominerade mogna långsamfilter. Höga halter av *Rozellamycota* detekterades kort efter skrapning av ett gammalt långsamfilter, strax under ytan. I två andra långsamfilter – ett med ny sand och ett som ympats med gammal sand – detekterades inget DNA från *Rozellamycota*. Dessa resultat har rapporterats i tidigare verksamhetsberättelser, och under 2025 publicerades även en vetenskaplig artikel om detta i *Water Research*.

Aktivitet 2.1.2: Optimering av koagulantdosering baserad på den kemiska sammansättningen av löst organiskt material och effekt av recirkulationsströmmar.

Under 2025 genomfördes ett masterprojekt med syfte att undersöka effekten av att recirkulera filterspolvatten från GAC-filtreringssteget tillbaka till koagulations- och fällningsprocessen. Försöken utfördes i laboratoriet på Chalmers, där filterspolvatten blandades med det inkommande råvattnet i proportioner mellan 5 och 40 %. Proverna koagulerades därefter med aluminiumsulfat (alum). Resultaten visade att recirkulationen varken förbättrade DOC-borttagning eller ökade turbiditeten i det behandlade vattnet. Däremot innehöll filterspolvattnet en betydande mängd floc, vilket bidrog till en förbättrad floccdensitet (Figur 5). Det är dock viktigt att notera att tidigare studier pekar på att denna effekt är pH-beroende, och att stabila pH-förhållanden är avgörande för att uppnå god flockbildning och därmed bättre processprestanda.

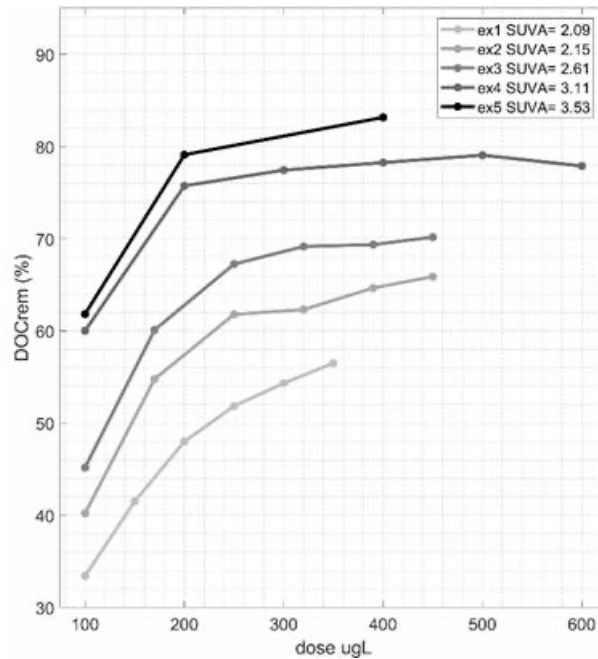


*Figur 5: Jämförelse av flockdensitet och flockstorlek i koagulerade prover som innehöll olika andelar filterspolvatten (SFBW). Procenttalen anger andelen filterspolvatten i råvattnet.*

Under en period på över ett år samlades råvattenprover in från olika vattenkällor i västra Sverige, vilka representerade vatten med varierande sammansättning av organiskt material. Dessa prover blandades därefter med varandra i olika proportioner för att syntetisera nya vattentyper med skilda egenskaper. De framställda vattnen utsattes för koagulering i syfte att studera hur det organiska materialets sammansättning påverkar koagulationsprestanda, med fokus på borttagning av löst organiskt kol (DOC).

SUVA användes som indikator på DOM-sammansättning och koagulerbarhet. Resultaten visade att även små skillnader i SUVA gav upphov till operativt betydande skillnader i DOC-borttagning. Exempelvis krävde prover med relativt låg SUVA mer än fem gånger högre koagulantdoser för att uppnå 60 % DOC-reduktion (Figur 6).

Därefter utvidgades försöken till råvattenprover från flera platser längs Ätran älv för att undersöka samma samband i naturliga vatten utan manipulation. Resultaten från dessa prover var i linje med de som erhöles från de syntetiskt blandade vattnen.

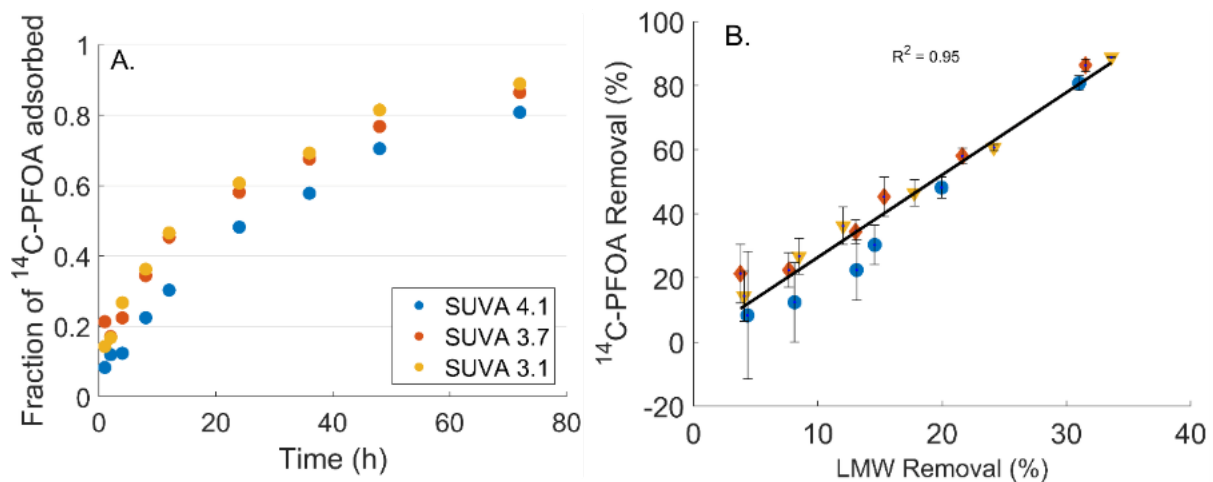


Figur 6: Effekt av DOM-sammansättning (kvantifierad med SUVA) på DOC-avskiljning vid olika doser för fem koagulationsförsök (ex1–5).

Ett masterprojekt kopplat till delmoment M2.1.2.1 presenterades av Giacomo Mannini, vid DRICKS interna AP-webbinarium den 3 juni. Ett utkast till en artikel som omfattar delmoment M2.1.2. 2 skrevs av doktoranden Ali Esmaeeli.

Aktivitet 2.1.3: Hur påverkar sammansättningen av löst organiskt material avlägsnande av PFAS i GAK-filter?

Genom olika batchförsök undersöktes hur sammansättningen av löst organiskt material påverkar PFAS avskiljningen. Arbetet genomförs inom ett doktorandprojekt som gemensamt övervakas av forskare vid Chalmers, avdelningen för vattenmiljöteknik och Lunds universitet, avdelningen för kemiteknik. De batchförsöken undersökte hur genombrottskurvan av PFOA påverkas av sammansättningen av löst organiskt material. Avskiljningen av <sup>14</sup>C-märkt PFOA med nytt GAK (CABOT, Norit 400 M-2358) studerades vid varierande sammansättning av organiskt material. Under varje batchförsök hölls DOC konstant, medan SUVA varierades mellan testvattnen. Batchförsöken visade att avskiljningen för <sup>14</sup>C-märkt PFOA försämrades med ökande aromaticitet (högre SUVA), Figur 7A. Avskiljningen för <sup>14</sup>C-märkt PFOA jämfördes även med den lågmolekylära fraktionen av löst organiskt material (LMW), karakteriserat med fluorescensmätningar, och visade en god korrelation (Figur 7B). Dessa resultat stödjer den fortsatta undersökningen om huruvida övervakningen av den lågmolekylära fraktionen av löst organiskt material skulle kunna implementeras som en indikator på när GAK börjar åldras och risken för genombrott av PFAS ökar. Ytterligare experiment planeras under 2026.



Figur 7: (A) Genombrottskurvor för <sup>14</sup>C-märkt PFOA över 72 timmar. (B) Korrelationen mellan avskiljningen av <sup>14</sup>C-märkt PFOA och LMW DOM i batchförsök.

## Komponent 2.2 - Barriärverkan

(komponentledare: Lutz Ahrens och Catherine Paul)

*Aktivitet 2.2.1: Utveckla alternativa behandlingsmetoder för att behandla förorenat processvatten för att avlägsna PFAS för säkert vattenutsläpp eller återanvändning*

Avskiljning av PFAS jämfördes systematiskt med fyra olika behandlingstekniker: nanofiltreringsmembran (NF), anjonbyte (AIX), pulveriserat aktivt kol (PAC) samt koagulering med järnsalter (FeCl<sub>3</sub>). Nanofiltrering visade den högsta totala avskiljningsgraden, särskilt för större PFAS-molekyler, medan mindre föreningar var svårare att avlägsna. Anjonbyte och aktivt kol var måttligt effektiva, där prestandan berodde på PFAS-ämnenas kemiska struktur och, för aktivt kol, på den använda dosen. Koagulering med järnsalter var den minst effektiva metoden. Viktigt är att vi fann att vattentypen hade stor påverkan på avskiljningseffektiviteten. Särskilt halten av löst organiskt kol (naturligt organiskt material i vattnet) och dess kemiska egenskaper var nära kopplade till hur väl PFAS avlägsnades. Detta visar att behandlingsstrategier måste anpassas inte bara till föroreningarna utan även till den specifika vattenkemin, som kan variera mellan olika vatten och över säsonger. Sammantaget visar resultaten att det inte finns någon universallösning för PFAS-avskiljning och att en noggrann avvägning mellan vattenkemi och behandlingsteknik är avgörande för att säkerställa säkert dricksvatten. Pilotskaleförsök har genomförts för att undersöka avskiljning av PFAS med hjälp av nanofiltrering (NF), omvänd osmos (RO) samt en kombinerad behandlingsmetod med NF och RO. Det experimentella arbetet har slutförts och utvärdering av data pågår för närvarande.

## Komponent 2.3 - Cirkulär vattenberedning

(komponentledare: Ann Johansen och Jesper Knutsson)

Under 2025 har arbetet inom komponent 2.3 fokuserat på miljöaspekter kring hantering och nyttiggörande av restströmmar från dricksvattenproduktion. Komponenten har haft ett starkt fokus på nätverksaktiviteter med DRICKS medlemsorganisationer och diskussioner kring möjligheter och utmaningar med att nyttiggöra restströmmar.

Samverkan inom Water Wise Societies (WWS) har fortgått under året. Projektet "Resurseffektiv vattenanvändning för en hållbar framtid", som drivits av RISE i samarbete med bland annat

Chalmers/DRICKS, slutrapporterades under 2025. Slutrapporten sammanställer resultat från aktörssamverkan, omvärldsanalys och framsynsstudier och presenterar projektidéer för framtida arbete med resurseffektiv vattenanvändning. Arbetet har legat till grund för formulering av nya examensarbetsprojekt med inriktning på industriell vattenhantering och cirkulära vattenflöden.

Tre examensarbeten om industriell återanvändning av vatten slutfördes under året. Två av dessa genomfördes vid Volvo Cars i Torslanda, där vattenanvändningen kartlades och strategier för vattenreduktion utvärderades. Resultaten visade att återvinning av processvatten till avjoniseringsprocesser kan minska vattenuttaget med upp till 20 %, och att kombinerade åtgärder kan sänka den totala vattenanvändningen med 22 %. Det tredje examensarbetet undersökte återanvändning av industriellt avloppsvatten inom halvledarindustrin genom membranfiltrering, med återvinningsgrader på 54–56 %. Ytterligare ett examensarbete med fokus på att utveckla en metodik för att identifiera och utvärdera möjligheter till industriell vattenåteranvändning utlystes under hösten.

En workshop med referensgrupp genomfördes den 14 oktober på Chalmerska Huset i Göteborg, där ett trettiotal deltagare från VA-bolag, kommuner, myndigheter och forskningsorganisationer samlades. Workshopen identifierade stora möjligheter till resursutvinning ur restströmmar, exempelvis återvinning av metaller och mättat aktivt kol (GAC), men även betydande hinder såsom otydliga regler, ansvarsfrågor och avsaknad av kvalitetskriterier. Fyra centrala behov identifierades: (1) nationell kartläggning av restströmmar, (2) gemensamma riktlinjer och branschstandard, (3) fler pilotförsök för teknik och återvinning, och (4) tydligare policy och ansvarsfördelning.

SVU-rapporten "Hantering av vattenverkslam och dess reningsverksaspekter" (SVU 23–103) publicerades under året, vilken inkluderar det skattningsverktyg som tagits fram för val mellan lokal hantering av vattenverkslam på vattenverk respektive avloppsreningsverk. Ansökan om finansiering för ett större forskningsprojekt har inte slutförts under 2025, men diskussioner med dricksvattenproducenter har förts och arbetet fortsätter under 2026.

### 3.3 Distribution och vattenkonsumtion (AP3)

I detta arbetspaket har arbetet under 2025 fokuserat på att ta fram en strateg framåt som fokuserar på en mer proaktiv hållning, det vill säga att både öka övervakning av systemet och förnya detsamma. I komponenterna/projekten som beskrivs nedan har vi arbetat med sensorer för att varna för kvalitetsförändringar och läckor, ta fram ett ramverk för ledningsförnyelse baserat på läckagedata, samt aktivt studera vattenkvalitet i hela systemet, total vattenförbrukning och vattenåteranvändningspotential. Samordnande för AP3 är Thomas Pettersson och Mats Eriksson.

#### **Komponent 3.1 - Sensorer för realtidsmätning av vattenkvalitet på ledningsnätet**

*(komponentledare: Mats Eriksson och Kathleen Murphy)*

Under 2025 har ett forskningssamarbete inletts för att utveckla ny teknik för snabbare detektion av låga halter av exempelvis *E. coli* i dricksvatten. Målet är att komma ner på enstaka *E. coli* per 100 ml dricksvatten och att mätningen ska kunna utföras på storleksordningen 2 timmar. Arbetet har skett i samarbete mellan avdelningarna Sensor- och aktuatorsystem, Biologi och Molekylär medicin och virologi på Linköpings universitet, som bidrar med expertis kring biosensorteknik, mikrobiologi respektive flödescytometri.

Större delen av arbetet skedde i form av två examensarbeten där två examensarbetare från programmet Kemisk biologi utvecklade metodik för att kultivera *E. coli*-prover och att preparera prover med olika halter av *E. coli*. Vidare utvecklades ett protokoll för att preparera proverna för flödescytometri. Examensarbetena visade på möjligheten att förkoncentrera en relativt stor volym vatten, samt att detektera mycket låga halter av *E. Coli* med flödescytometri. Arbetet finns dokumenterat i två examensarbetsrapporter (A. Bengtsson och O. Löfvendah).

Utöver detektion med flödescytometri testade en forskare att utföra detektionen med ljusabsorption. Tanken var här att utnyttja förmågan hos *E. coli* att reducera kopparjoner (mikrobiell kopparhomeostas) från  $\text{Cu}^{2+}$  till  $\text{Cu}^+$ . Detta  $\text{Cu}^+$  kan därefter utnyttjas för att bilda ett komplex (kelatbildning) som absorberar ljus i kring 562 nm. Studien visade att båda stegen fungerar, men om metoden ska kunna användas för att relativt snabbt mäta *E. coli* blir detektionsgränsen alldeles för hög. Slutsatsen var därför att prioritera flödescytometern som detektor.

Arbetet ledde till att en forskningsansökan skickades in till Formas. Där planeras för att vidareutveckla metoden så att en effektivare förkoncentrering kan åstadkommas för att kunna göra selektiv insamling av exempelvis *E. coli* och för att använda flödescytometri för detektionen.

Under 2025 blev LTH och Chalmers/DRICKS Projektpart, och LiU "Övrig aktör" i den beviljade Water Wise Societies-ansökan "Från platta till pixel – snabbare beslut för säker och hållbar vattenanvändning" som ska titta på nya metoder som möjliggör realtidsanalys och skapar förutsättningar för säkert dricksvatten och cirkulär vattenhantering.

När det gäller aktiviteterna kring elektroniska tungan fick det arbetet prioriteras ner pga. avsaknad av examensarbetare och fokus på arbetet ovan. Under hösten rekryterades dock flera examensarbetare som under våren 2026 ska arbeta med Aktivitet 3.1.2: Avloppspåverkan i dricksvatten - realtidsalgoritmer för e-tungan.

### **Komponent 3.2 - Modell för ledningsförnyelse baserat på läckagedata och felhändelser.**

*(komponentledare: Thomas Pettersson, Olof Bergstedt och Erik Kristiansson)*

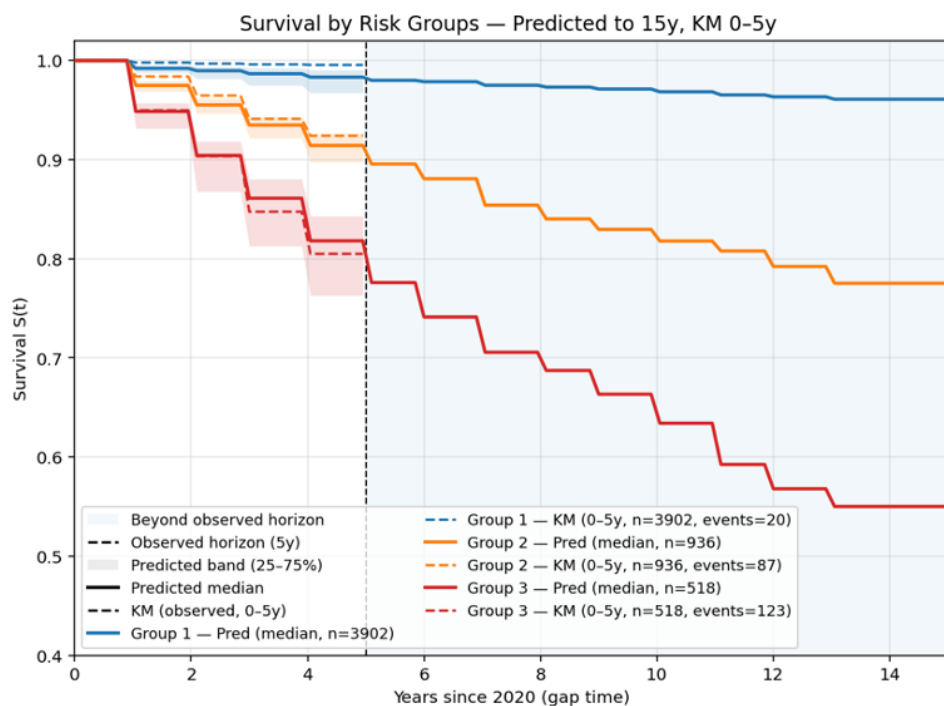
Förutsägelse av ledningsbrott som stöd för förnyelsebeslut i dricksvattensystem

Detta forskningsprojekt, som ingår i ett doktorandprojekt, fokuserar på att utveckla datadrivna modeller för att förutsäga rörbrott i dricksvattensystem, med målet att stödja proaktivt underhåll och förnyelse av distributionsnätet. Arbetet kombinerar maskininlärning med beslutsstödsmetoder för att möjliggöra en mer effektiv förvaltning av infrastrukturen. Projektet ingår som ett av fem delprojekt inom forskarskolan AquaClim.

Det huvudsakliga bidraget i forskningen är utveckling av en datadriven modell för att förutsäga framtida rörbrott. I stället för att enbart klassificera ledningar som "går sönder" eller "inte går sönder" använder vi inom projektet en Random Survival Forest (RSF)-modell som uppskattar sannolikheten när en ledning kommer att falla. Detta ger en mer realistisk och praktiskt användbar prognos av framtida fel, vilket i sin tur underlättar planeringen och beslutsfattandet kring vilka ledningar som primärt behöver bytas ut.

Modellen använder vanligt förekommande data från vattenledningsnäten, såsom ledningarnas ålder, diameter, längd, ledningsmaterial, omgivande jordart och historiska ledningsbrott. Modellen har

utvecklats och testats med verkliga dataset i samarbete med vattentjänstbolag i Göteborg, Uppsala och Skåne. Genom att lära av historiska ledningsbrott identifierar modellen grupper av ledningar med högre sannolikhet för fel under de kommande åren, vilket stödjer mer proaktiv planering, se Figur 8.



Figur 8: Sannolikheter för fel i olika grupper av ledningar kommande år.



Figur 9: Kombination av förutsägelser med konsekvensanalyser och de förutsagda sannolikheterna för att uppskatta den övergripande risken för negativa hälsoeffekter.

Inom projektet har vi tidigare även fokuserat på att kombinera förutsägelser med konsekvensanalyser för att omsätta resultaten i praktiska åtgärder. Utöver att förutsäga ledningsbrott utvecklades konsekvensmodeller för att bedöma de potentiella effekterna av rörbrott. Dessa resultat kombinerades med de förutsagda sannolikheterna för att uppskatta den övergripande risken. De

framtagna riskvärdena används sedan för att gruppera rör i olika risknivåer och visualisera dem i form av riskkartor, se Figur 9, vilket hjälper vattenverksamheter att prioritera underhåll, inspektioner och förnyelse. En klar styrka är i forskningens praktiska tillämpbarhet, då metoderna är utformade för att fungera med befintliga data hos vattentjänstbolag och därmed kunna implementeras direkt.

Denna del av projektet kommer att försvaras vid en licentiatpresentation (29 maj 2026). Efter licentiatexamen kommer forskningen att riktas mot läckagerelaterade utmaningar i dricksvattensystemet, vilket tar sin utgångspunkt i det ovan beskrivna modellerna som utvecklats, för förutsägelse av ledningsbrott och beslutsstödsramverk. Fokus kommer att ligga på att förbättra hur läckor upptäcks och lokaliseras i verkliga nät, genom att använda tryck- och flödessensordata för att identifiera avvikande systembeteende och avgöra var läckor kan uppstå. Detta innebär att olika datadrivna metoder kommer att utforskas och jämföras, inklusive maskininlärning och grafbaserade metoder, för att förbättra läckagedetektering och lokalisering av läckor i distributionsnätet.

### **Komponent 3.3 - Total vattenförbrukning**

*(komponentledare: Jesper Knutsson och Josefine Klingberg)*

Arbetet inom komponent 3.3 har under 2025 fokuserat på hur samhällets totala vattenanvändning kan effektiviseras, med studier av både vattenbesparande åtgärder i hushåll och möjligheter att använda alternativa vattenkvaliteter för ändamål som inte kräver dricksvatten.

Inom ramen för Water Wise Societies slutrapporterades projektet "Resurseffektiv vattenanvändning för en hållbar framtid" (M3.3.1.1), lett av RISE i samarbete med bland annat Kommunalförbundet Norrvatten, Kretslopp och Vatten Göteborg, Stockholm Vatten och Avfall samt Chalmers/DRICKS. Projektet identifierade viktiga aktörer, trender och aktiviteter för resurseffektiv vattenanvändning, och resulterade i flera konkreta projektidéer för fortsatt arbete, bland annat kring kommunikationsinsatser, pilotstudier för resursrättvis vattenanvändning, differentierad VA-taxa och enkla val för vatteneffektivitet.

Med grund i WWS-arbetet lämnades en ansökan till Vinnova in för projektet "Göteborg visar vägar till hållbar vattenanvändning" (dnr 2025-03154), ett omställningslabb inom Water Wise Societies med en total projektkostnad på ca 19,7 MSEK och löptid 2025-2028. Projektansökan beviljades och projektet syftar till att etablera en testbädd i Göteborg för att adressera tre centrala utmaningar: minskat läckage, minskad förbrukning i flerbostadshus och minskad dricksvattenanvändning i verksamheter (L3.3.1.5). Ytterligare en ansökan lämnades in och beviljades, det Formas-finansierade innovationsprojektet "Droppvis – Små beteendeförändringar, stor effekt". Projektet syftar till att utveckla lokalt anpassade interventionsmetoder för att minska hushållens vattenförbrukning genom beteendeknuffar.

Två vetenskapliga artiklar publicerades. Den första presenterar ett ramverk för utvärdering av hållbara vattenförsörjningssystem i byggnader genom analys av nio olika vattenströmmar, inklusive regnvatten, gråvatten och dagvatten (L3.3.1.1). Den andra artikeln visar att regnvattenbaserad evaporativ kylning i kombination med toalettpolning kan täcka 90 % av kylvattenbehovet och minska toalettvattneförbrukningen med 8-28 % i svenska byggnader (L3.3.1.2).

Ett examensarbete, "Why Water Consumption Is Declining in Gothenburg: Factors and Future Strategies" (belönades med utmärkelse för bästa examensarbete av Svenskt Vatten 2026), slutfördes

och visar att vattenförbrukningen i Göteborg minskat från 178 till cirka 130 liter per person och dag mellan 2006 och 2023 (L3.3.1.3). De viktigaste drivkrafterna identifierades som effektivare vitvaror och armaturer samt ökad medvetenhet, och studien föreslår ytterligare åtgärder såsom volymbaserad vattentaxa och återcirkuleringsteknik.

Det Formas-finansierade projektet Drop It ("Effektiv vattenanvändning i hushåll") där en av fallstudierna genomförs vid HSB Living Lab på Chalmers, med kopplingar till DRICKS, har levererat betydande resultat under året. Totalt analyserades över 205 000 vattenhändelser från 80 tappställen. Resultaten visar att sensorblandare och ångmunstycken ger de största besparingarna (median -28 % respektive -16 % per användningstillfälle), medan duschmonitorer minskar förbrukningen med cirka 9 %. Enkätresultat från boende visar att produkterna ökat medvetenheten om vattenförbrukning. Utöver Drop It-projektet genomfördes ett kandidatarbete där effekten av vattneffektiva produkter på energi- och vattenförbrukning samt användarupplevelse utvärderades i HSB Living Lab. Det planerade seminariet med inriktning vattenförbrukning i hushåll (L3.3.1.4) sköts fram till 2026.

### **Komponent 3.4 - Vattenkvalitet i distributionssystemet**

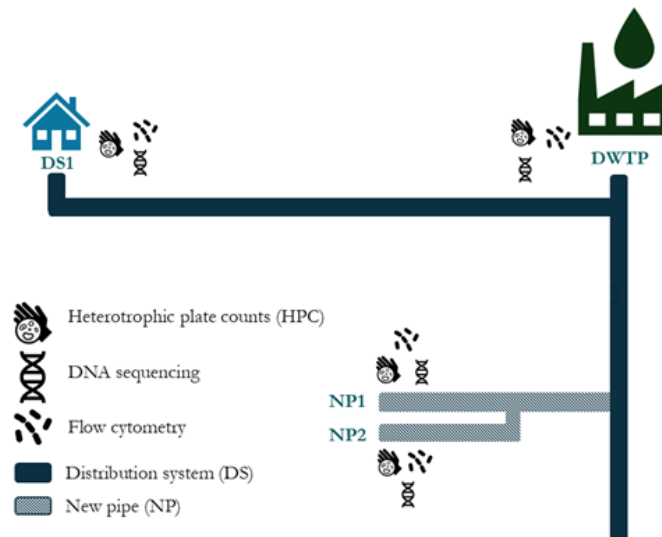
*(komponentledare: Catherine Paul och Anna Andersson)*

*Aktivitet 3.4.1: Att förstå hur mikrober förändras med distribution, i vatten och i biofilmen.*

En vetenskaplig artikel om hur biostabiliteten förändras när MCA tas bort från ett distributionssystem har utökats och förfinats med ytterligare statistiska analyser av trender i både det totala antalet bakterier och fördelningen mellan bakterietyper (HNA och LNA) i vattnet. Vi inväntar nu besked, då artikeln för närvarande är under granskning i IWA-tidskriften *Water Supply*.

Vi har erhållit helgenomsekvenser av 16S rRNA-genen samt andra beskrivande data från flödescytometrimätningar från ett stort antal prover i en omfattande studie som undersöker utvecklingen av bakterier i både biofilm och vatten i nya rör och ett nytt vattentorn. Tyvärr visade analysen av DNA-sekvenserna på kontaminering i form av helt främmande DNA-sekvenser, som nu misstänks ha uppstått vid DNA-extraktionen från en kontaminerad kommersiell produkt. Dricksvattenprover, särskilt från system som tillförs ultrafiltrerat vatten med mycket få celler, är extra känsliga för kontaminering. Det tog lång tid att utreda problemet och till slut krävdes nya DNA-extraktioner och ny sekvensering. Som en följd har flera leveranser inom dessa aktiviteter (med påverkan även på Aktivitet 5.2.2) blivit försenade.

I studien av nya PE-rör (Figur 10) hade prover redan samlats in veckovis under ett års tid från två nystallierade vattenledningar i ViVaBs distributionssystem, som en del av ett industrilicentiatprojekt av Caroline Schleich. Mikrobiomerna i de två parallella vattenledningarna visade sig vara inbördes utbytbara och utvecklades nästan identiskt över tid. Ett tydligt tidsberoende observerades, vilket var den huvudsakliga faktorn som påverkade den mikrobiella sammansättningen i rören. Flera bakteriesläkten som föreföll vara viktiga för utvecklingen av ny biofilm identifierades, såsom *Aquabacterium* och *Pseudomonas*. En minskande population av *Patulibacter* påträffades också, vilka sannolikt härstammade från den omgivande jorden vid installationen. En population av plastnedbrytande *Roseateles*-bakterier identifierades även, vilka potentiellt kan konsumera utläckta partiklar från polyetenrören. Efter 120 dagar påträffades dessutom en stor grupp rovdjursbakterier, *Bdellovibrio*, vars population verkar öka kraftigt tre till fyra månader efter att mikrobiomet förändras. Detta samband har även observerats i tidigare studier när MCA har tagits bort i samma system. Ytterligare detaljer finns tillgängliga i en examensrapport (Klotz, 2025).

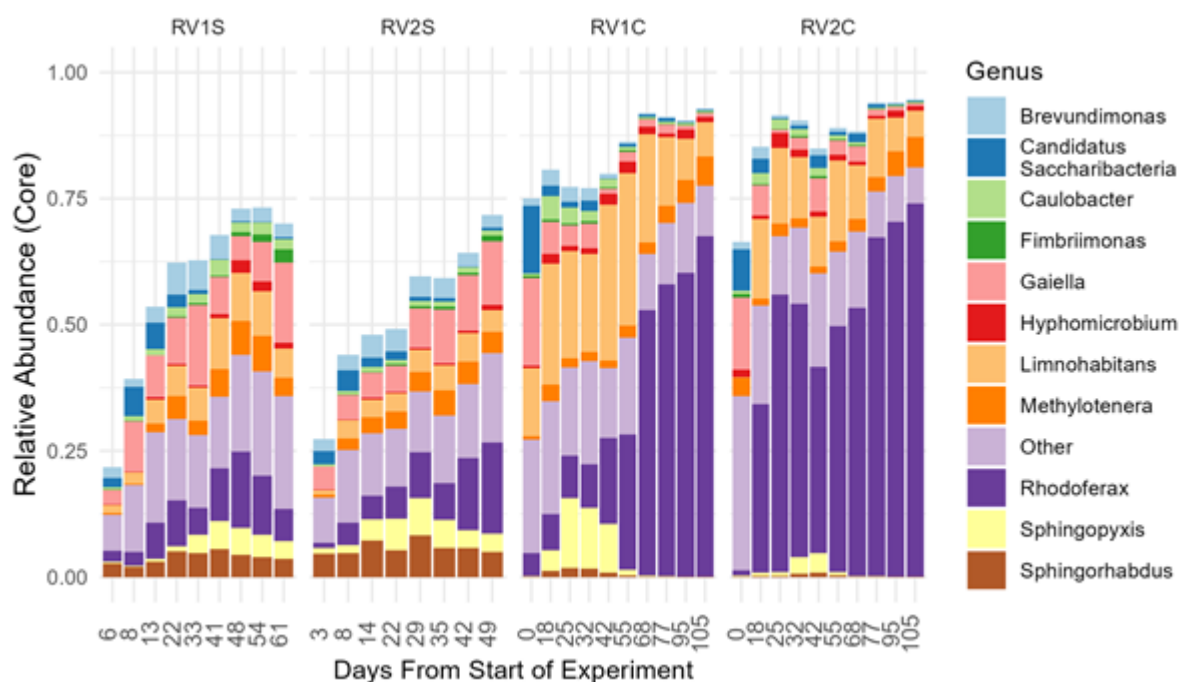


Figur 10: Illustration av olika typer av prover och analys inom dricksvattendistributionssystemet. Vattnet är ultrafiltrerat och exponerat av UV-ljus i vattenverk. De två nya PE rören har byggts för att koppla nya vattentorn (inte visade i diagrammet) till det befintliga distributionssystemet.

När det gäller vattentorn genomfördes två olika fullskaleförsök under 2025. Ett nytt vattentorn i ViVaBs distributionssystem består av två separata reservoarer. I början av året, innan tornet togs i drift, lämnades vatten stillastående i tornet under tre månader. Den första perioden bestod av stillastående vatten, följt av ett andra försök där allt vatten tömdes ut, väggarna rengjordes med varmt vatten och klorlösning, och tornet fylldes på igen. Därefter togs vattentornet i drift. Prover togs under båda perioderna för flödescytometri, odlingsbara bakterier och DNA-sekvensering.

Analys av DNA-sekvenseringsdata visade att det bakteriella samhälle som utvecklades var nästan identiskt i båda delarna av tornet under perioden med stillastående vatten, och att det skiljde sig från de bakterier som utvecklades i rör. Det som var särskilt intressant var att när tornet togs i drift förändrades bakteriesamhället i vattnet och var varken detsamma som under den stillastående perioden eller detsamma som i rören. Att både rören och de båda reservoarerna var internt mycket lika pekade på att material och miljöförhållanden styrde vilka typer av bakterier som utvecklades i vattnet.

I början av både den stillastående perioden och driftfasen observerades en ökning av det bakteriella släktet *Sphingopyxis*, som försvann efter dag 50 (i både det första och andra försöket), följt av en ökning av släktet *Rhodofera* (Figur 11). Ur ett mikrobiellt perspektiv var det intressant att inga större förändringar i bakteriesamhället observerades efter att tornets väggar rengjordes. Olika bakterier fortsatte att utvecklas, och efter cirka 150 dagar gjordes en helt oväntad observation: bakteriepopulationen bestod till nästan 75 % av släktet *Rhodofera*. Det är ännu oklart om det är fördelaktigt eller problematiskt att vattnet i tornet till största delen domineras av endast fyra bakteriesläkten, men den låga diversiteten var överraskande. *Rhodofera* är besläktat med *Polarmonas*, ett bakteriesläkte som också har påträffats i vattentorn, och eftersom de har en heterotrof livsstil kan de bidra till HPCvärden.



Figur 11: Förändringar i det mikrobiella samhället i vattentornet över 150 dagar. Prover märkta RV1S och RV2S visar bakterier från de två olika reservoarerna i tornet under perioden med stillastående vatten. RV1C och RV2C visar bakterier från de två reservoarerna när vattentornet började fyllas och togs i drift. Rengöring av tornet genomfördes mellan provtagningen under den stillastående perioden och driftperioden. Figuren visar hur stor andel av populationen som utgjordes av olika bakteriesläkten; till exempel visas Rhodoferrax som mörklila staplar.

#### Aktivitet 3.4.2: Patogener och biofilm i distributionssystemet

Under 2025 har vi börjat avrunda MSB projektet "Ökad förmåga för hotbedömning och hantering av sabotage mot dricksvattenkedjan genom simulering och verifikation". En avslutande workshop hölls i december 2025 och en skriftlig intern slutrapport förbereds med leverans beräknad tidigt 2026.

#### Aktivitet 3.4.3:

AOX data från de fyra vattenverken har sammanställts och skickats in till journalen Water, Air & Soil Pollution. Resultaten visar att AOX generellt minskar i distributionsnätet fram till konsument och att betydande AOX bildas både för verk som använder hypoklorit och kloramin. Då AOX detekterades i vattnet även före desinfektion föreslås  $\Delta$ AOX, dvs AOX mätt i utgående vatten minus AOX mätt i vatten före desinfektion, som mått på just desinfektionsbiprodukter.

### 3.4 Risk och beslutsstöd (AP4)

För att sköta driften men även strategiskt utveckla dricksvattenförsörjningen finns det behov av riskbedömningar och beslutsstöd kopplat till såväl vattenkvalitetsfrågor som vattentillgång och dricksvattensystemens tillförlitlighet. Syftet med detta arbetspaket är att utveckla nya metoder och verktyg för risk- och beslutsstöd, samt vidareutveckla de befintliga. Fokus är på mikrobiella och kemiska risker, leveranssäkerhet samt att ta fram nödvändigt underlag för att beslut ska kunna fattas med hänsyn till exempelvis vattnets värde och investeringars klimatpåverkan. Genom att integrera olika discipliner och kompetenser vill vi bidra till en mer hållbar, säker och kostnadseffektiv

vattenförsörjning som kan hantera olika störningar och förändringar. Samordnande för AP4 är Andreas Lindhe.

#### **Komponent 4.1 - Kvantitativ mikrobiologisk riskbedömning (QMRA)**

*(komponentledare: Thomas Pettersson)*

##### Aktivitet 4.1.1: Tillhandahållande och support av befintligt QMRA-verktyg via DRICKS hemsida.

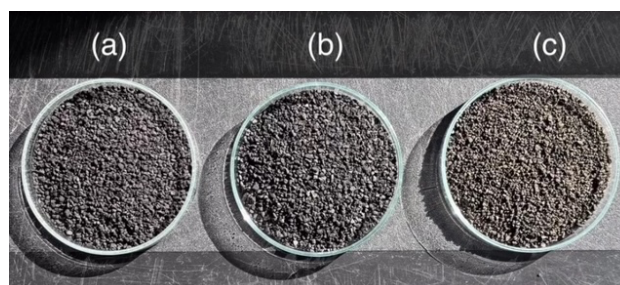
De olika varianterna av QMRA-verktyget, samt tillhörande stödmaterial och kompletterande verktyg, tillhandahålls alla via dricks hemsida ([www.dricks.se](http://www.dricks.se)). Under 2025 har löpande tekniskt underhåll genomförts av den plattform som online-versionerna av modellerna använder. Under 2025 har även arbetet med att utveckla en ny hemsida för DRICKS kommit att slutföras och en del av hemsidan fokuserar på att tillhandahålla QMRA-verktygen som DRICKS tillhandahåller.

##### Aktivitet 4.1.2: Vidareutveckling av QMRA-verktyget

Arbetet med att vidareutveckla QMRA-verktyget har planerats under 2025 men kommer att genomföras under 2026. Däremot så har mer fokus lagts på att utveckla ett QCRA-verktyg för att ge vattenproducenterna ett liknande verktyg (som QMRA) för att bedöma de hälsomässiga riskerna för kemiska ämnen i dricksvattnet. Ett QCRA-verktyg behöver kunna bedöma avskiljningseffektiviteten av olika kemiska och toxiska kemikalier för olika dricksvattenprocesser för att kunna användas till att göra en hälsoriskbedömning. Under 2025 så inleddes ett ettårigt (60 hp) examensarbete som syftar till att undersöka avskiljningseffektiviteten i vattenverk för olika per- och polyfluoralkylsubstanter (PFAS).

PFAS är svårnedbrytbara kemikalier som sprids globalt via industri, avloppsvatten och PFAS-innehållande produkter, och de kan ansamlas i dricksvatten där de utgör en hälsorisk. Långkedjiga PFAS har börjat regleras, men kortkedjiga ersättare är fortfarande problematiska och ännu svårare att avlägsna. Traditionella reningsmetoder fungerar dåligt, medan aktivt kol är mer effektivt men påverkas starkt av både PFAS-typ och kolmaterialets egenskaper. Sammantaget finns ett stort behov av förbättrade reningstekniker för att möta skärpta gränsvärden och ökande PFAS-föreningar.

Syftet med projekt är att undersöka avskiljningseffektiviteten och adsorptionskapaciteten hos aktivt kol för att avlägsna PFAS från dricksvatten samt att utvärdera hur olika PFAS-substanter beter sig under adsorption. Studien jämför särskilt prestandan hos olika typer av granulärt aktivt kol (GAC), inklusive nytt, åldrat och termiskt reaktiverat GAC, vilket visas i Figur 12. Arbetet undersöker även konkurrerande adsorption mellan äldre PFAS och nyare ersättningsföreningar för att bättre förstå potentiella reningssutmaningar i DWTPs.



Figur 12: GAC analyseras i adsorption experiment. (a) Oanvänd GAC, (b) Regenerad GAC, (c) Gammal GAC.

För att besvara dessa frågor genomförs laboratoriebaserade batch-adsorptionsexperiment med utvalda PFAS-ämnen som representerar långkedjiga, kortkedjiga och ultrakortkedjiga strukturer. Dessa inkluderar PFOS, PFOA, PFBA, PFPrA och trifluorättiksyra (TFA). I experimenten blandas prover av aktivt kol med ultrarent vatten innehållande kända PFAS-koncentrationer, och blandningarna omblandas under en bestämd period. Prover tas vid flera tidpunkter för att fånga både snabb adsorptionskinetik och jämviktsförhållanden. PFAS-koncentrationerna i proverna analyseras med vätskekromatografi–masspektrometri (LC–MS). Experimenten möjliggör jämförelser mellan olika förhållanden hos aktivt kol och PFAS-ämnen vad gäller adsorptions hastighet, avskiljningseffektivitet och total adsorptionskapacitet. Iso-term- och kinetikmodeller, såsom Langmuir- och pseudo 1:a ordningens modeller testas och väljas ut baserat på hur väl de passar de experimentella data för att beskriva adsorptionsbeteendet. Resultaten kommer att ge insikt i konkurrerande adsorption mellan PFAS-föreningar och hur aktivt kols prestanda varierar beroende på dess skick och typ."

## **Komponent 4.2 - Nya metoder för kemisk riskanalys**

*(komponentledare: Erik Kristiansson och Carolina Vogts)*

### Aktivitet 4.2.1: Prediktion av människors PFAS-exponering från dricksvatten och mat genom användning av toxikokinetiska modeller baserade på litteraturdata

Det är till stor del okänt om låga nivåer av PFAS i kommunalt dricksvatten påverkar människors hälsa. Därför genomförde vi nationella registerbaserade studier i Sverige för att undersöka sambandet mellan PFAS-halter i dricksvatten och hälsoutfall hos mödrar och foster (Säve-Söderbergh et al. 2025a, 2025b). En toxikokinetisk modell användes för att uppskatta maternell och prenatal exponering baserat på uppmätta halter i dricksvatten (bl.a. L4.2.1.1). I ett urval av 109 031 förstföderskor var summan av fyra PFAS (4-PFAS) i dricksvatten positivt associerad med en ökad risk för graviditetsdiabetes. Enskilda nivåer av PFOS, PFHxS och PFNA var också associerade med maternell hypertoni. Analys av 256 659 nyfödda visade samband mellan fetal exponering för 4-PFAS och missbildningar i nervsystemet samt kromosomavvikelser. Studierna ökar medvetenheten om att även låga nivåer av PFAS kan bidra till negativa hälsoeffekter hos mödrar och foster, även om de bakomliggande toxikologiska mekanismerna fortfarande är oklara.

Vi testade också ett riskbedömningsverktyg, "Risktermometern", för att prioritera och rangordna uppmätta kemikalier i tre dricksvattenanläggningar baserat på potentiella. I Risktermometern beräknas en kvot mellan det hälsobaserade referensvärdet (HBRV) för säkert intag av de enskilda kemikalier som detekterats i dricksvatten och det beräknade intaget av dessa ämnen hos konsumenter. HBRV-värdena för de enskilda kemikalierna justerades dessutom utifrån hur allvarliga de kritiska effekterna bakom referensvärdena bedöms vara. Riskrangordning kunde endast genomföras för 50 av de 192 analyserade ämnena, eftersom exponeringskoncentrationerna för många ämnen låg under kvantifieringsgränsen eller eftersom hälsobaserade riktvärden saknades. Pilotprojektet visade att Risktermometern kan stödja beslutsfattande vid övervakning och riskhantering av föroreningar i dricksvatten.

### Aktivitet 4.2.2: Utveckling och utvärdering av AI-baserade metoder för identifiering av giftiga kemikalier

Vi arbetar med att utveckla AI-baserade metoder för att identifiera giftiga kemikalier. Vi är i slutskedet med att färdigställa TRIDENT-2, en vidareutveckling av vår tidigare metod TRIDENT-1, som idag finns i en intern testversion (M4.2.2.1). Precis som den tidigare versionen kan TRIDENT-2 uppskatta giftigheten hos kemikalier utifrån deras kemiska struktur. Detta möjliggör riskbedömning för det stora antalet kemikalier som idag saknar empiriskt fastställda gränsvärden. TRIDENT-2 bygger på djupinlärning och använder sig av en arkitektur liknande den i stora språkmodeller, fast anpassad till kemikalier (så kallade 'transformers'). En stor nyhet med TRIDENT-2 jämfört med TRIDENT-1 är möjligheten att göra bedömningen för olika organismer och exponeringsscenarioer. Vi har byggt TRIDENT-2 från mer än en halv miljon tidigare exponeringsförsök gjorda på allt från encelliga organismer till gnagare och till och med människor. Detta ökar både metodens träffsäkerhet och gör det möjligt för bedömningar i exponeringsscenarioer som är mer relevanta för människor. Vi har redan använt TRIDENT-2 för att förutsäga giftigheten hos kemikalier som ingår i Livsmedelsverkets risktermometer. Dessa kemikalier saknas idag helt experimentella giftighetsdata (M4.2.2.2). Ett vetenskapligt manuskript kring TRIDENT-2 kommer att färdigställas under året (L4.2.2.2).

Under det gångna året har två examensarbeten presenterats och examinerats, ett som undersöker osäkerheten i AI-baserad identifiering av giftiga kemikalier, och ett, mer tekniskt, som utforskar hur AI-modeller lär sig kemiska strukturer (L4.2.2.1). Vi har ytterligare två pågående examensarbeten, ett som fokuserar på automatisk AI-baserad extraktion av data kring kemikalietoxicitet från vetenskaplig litteratur, och ett som utvärderar grafbaserade AI-modeller som ett alternativ till vår nuvarande metodik. Båda dessa examensarbeten kommer presvåras i juni 2026.

Till sist kan vi tillägga att vi har säkrat ytterligare finansiering för det här projektet från Formas och Vetenskapsrådet.

### **Komponent 4.3 - Vattnets värde i samhället**

*(komponentledare: Andreas Lindhe)*

#### *Aktivitet 4.3.1: Kartläggning av lämpliga värderingsmetoder för (delar av) de nyttor grundvattentäkter ger upphov till i samhället*

Ett projekt har genomförts i syfte att visa hur en riskbaserad kostnads-nyttoanalys kan genomföras för olika skyddsåtgärder för en grundvattentäkt. Åtgärderna som studerats är olika restriktioner avseende jordbruksmark inom ett vattenskyddsområde. Syftet har varit att visa hur problemet behöver struktureras för att beakta effekter som uppstår på samtliga ekosystemtjänster samt vad som krävs och hur dessa effekter (positiva och negativa) kan värderas ekonomiskt. Ett flödesschema som ger vägledning kring hur olika effekter kan värderas kommer att presenteras som ett av resultaten från detta arbete.

Ett utkast till en vetenskaplig publikation finns framtaget (M4.3.1.1 och L4.3.1.1), men kommer slutföras under 2026 som en del av Nadine Gärtners doktorsarbete. Nadine har arbetat med vattenskyddsfrågor ur olika hänseenden och disputerar under första halvåret 2026.

Ett resultat av DRICKS tidigare projekt och forskning kopplat till värderingsfrågor resulterade under 2025 i en ny SVU-publikation (Lindhe & Söderqvist 2025). I rapporten presenteras bland annat svenska hushålls betalningsvilja för att undvika störningar i dricksvattenförsörjningen.

*Aktivitet 4.3.1: Kartläggning av direkta och indirekta effekter hos konsumenter vid störningar i dricksvattenförsörjningen*

Som en vidareutveckling av arbetet med att ekonomiskt värdera störningar i dricksvattenförsörjningen, syftar denna aktivitet till att i mer detalj kartlägga hur hushållen påverkas vid störningar i dricksvattenförsörjningen. Målet är att påbörja arbetet genom ett eller flera examensarbeten. Under 2025 lyckades dock inga studenter rekryteras till detta arbete som därför senareläggs.

**Komponent 4.4 - Leveranssäkerhet och åtgärder**

*(komponentledare: Andreas Lindhe och Olof Bergstedt)*

*Aktivitet 4.4.1: Fallstudier i Göteborgs- och Stockholmsregionen med fokus på vidareutveckling av tillämpningar på regional nivå*

DRICKS arbete med leveranssäkerhetsanalys och utvärdering av åtgärder har under 2025 fokuserat på fallstudierna i Göteborgs- och Stockholmsregionen. Preliminära resultat (M4.4.1.1) har tagits fram och presenterats för involverade organisationer i de två fallstudieområdena (L4.4.1.1). Arbetet fortsätter under 2026 med såväl fallstudierna som erfarenhetsåterföring och publicering (L4.4.1.2).

**Komponent 4.5 - Investeringar och klimatpåverkan**

*(komponentledare: Lars Rosén och Viktor Bergion)*

*Aktivitet 4.5.1: Beskriva användningen och tillgängligheten av klimatberäkningsverktyg som en del i beslutsunderlag för investeringar i VA*

Denna komponent och aktivitet utgör till stora delar ett nytt arbetsområde inom DRICKS. I tidigare projekt har klimatpåverkan beaktats och inkluderats i olika typer av analyser, men inte varit huvudfokus. För att starta upp arbetet initierades ett examensarbete där en student rekryterades under 2025 och arbetet påbörjades i januari 2026. Examensarbetet har titeln *Evaluation of Recirculation of Residual Streams at Lackarebäck Water Treatment Plant* och genomförs i samarbete med omställningslabbet *Göteborg visar vägen till hållbar vattenanvändning* (finansierat genom Water Wise Societies). Definierade milstenar (M4.5.1.1–3) och leverabel (L4.5.1.1) kommer således att uppfyllas och levereras som del av dokumentationen från examensarbetet.

### 3.5 Karaktärisering av vattenkvalitet med avseende på oönskade komponenter (AP5)

Vatten innehåller oönskade komponenter, som patogener och hälsofarliga kemiska ämnen. Vid dricksvattenproduktion och distribution kan oönskade ämnen även tillkomma under beredningsprocessen och i distributionsnätet. Vi behöver därför känna till vattnets kvalitet i alla led, från källa till kran, och ha metoder som ger oss den information vi behöver. Metoderna ska därutöver vara kostnadseffektiva, precisa och robusta. I det här arbetspaketet fokuserar vi på att utveckla och tillämpa relevanta metoder för vattenkaraktärisering inom dricksvattenproduktion och distribution. Det omfattar mikrobiologiska metoder för övervakning av bakterier, cellbaserade effektmetoder för bedömning av toxicitet, spektroskopiska sensorer för att bedöma förändringar i den kemiska vattenkvaliteten och optimera driftsprocesser, samt avancerade kemiska metoder för identifikation av oönskade kemiska ämnen. Arbetspaketsamordnande för AP5 är Karin Wiberg och Kate Murphy.

## **Komponent 5.1 – Effektbaserade metoder som tidiga varningssystem för kemiska hälsorisker**

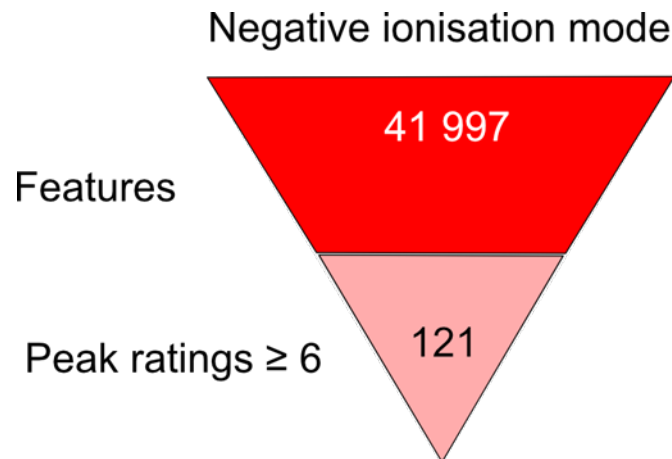
*Komponentledare: Johan Lundqvist och Lutz Ahrens*

Arbetet i komponenten syftar till att stödja implementeringen av effektbaserade metoder som tidiga varningssystem för kemiska hälsorisker. Ett beslutsstödsystem är på väg att utvecklas för att tydliggöra hur resultaten från effektbaserade analyser kan användas och styra val av åtgärder. Vidare genomförs arbete enligt metodiken effekt driven analys (EDA), där kemisk och toxikologisk analys integreras i syfte att identifiera nya hälsofarliga kemiska föroreningar i dricksvatten. Utvecklingsarbete kommer även bedrivas för att utveckla en effektbaserad biosensor för kontinuerlig övervakning och snabb upptäckt av kemiska hälsorisker.

*Aktivitet 5.1.1: Utveckling, validering och tillämpning av metoder för effekt driven analys (EDA) för tidig upptäckt av oönskade kemiska ämnen.*

I Sofia Lindblads doktorsavhandling (2025) presenterades resultaten från utveckling och applikation av EDA (L5.1.1.1 och 5.1.1.2). Metoden använder en uppsättning cellbaserade biotester som kan upptäcka kemikalier som påverkar hormonreceptorer (östrogen, androgen) och andra biologiska effekter (AhR, Nrf2). Metoden utvecklades och testades först på rent vatten och på prover från ett avloppsreningsverk. När den senare tillämpades på prover från in- och utgående vatten från ett annat avloppsreningsverk (ARV) samt upp- och nedströms detta ARV som senare ansluter till Ekoln (del av Mälaren), upptäcktes aktivitet i östrogen-, AhR- och Nrf2-testerna, men inte på androgenreceptorer. Studien visar att EDA-metoden är användbar för att upptäcka biologiskt aktiva föroreningar i vatten. Resultaten kan bidra till att förbättra övervakning av påverkade miljöer och råvatten.

Den utvecklade EDA-metoden tillämpades även på flaskvatten och kranvatten för att utvärdera dess förmåga att detektera mycket låga halter av skadliga ämnen (M5.1.1.1). Fyra olika cellbaserade biotester (AhR, Nrf2, androgen och östrogen) användes. En viss aktivitet för östrogen upptäcktes, men tolkades som en artefakt från provberedningen. Övriga tester uppvisade ingen förhöjd aktivitet. Analys med hjälp av högupplösande masspektrometri (HRMS) uppvisade ca. 42 000 så kallade "features" (signaler). Efter filtrering kvarstod 121 signaler (Figur 13), men endast en substans kunde identifieras på konfidensnivå 2 och tre på nivå 3.1. De fyra preliminärt identifierade substanserna undersöktes vidare med hjälp av databaser. Denna fördjupning visade att alla fyra potentiellt kan orsaka toxiska effekter på vattenlevande organismer eller inducera effekter på hormonsystem, levermetabolism, hud, ögon och bin. Det ska dock poängteras att identifikationen av ämnena är osäker, framför allt för en av substanserna på konfidensnivå 3.1. Sammantaget visar studien att låga halter av föroreningar utgör en utmaning för EDA-metoden. Förbättrad känslighet behövs om metoden ska kunna användas för att säkerställa säkert dricksvatten. Resultaten presenterades vid ett DRICKS-webbinarium inom AP5 (december 2025).



Figur 13: Identifierade signaler i flaskvatten och kranvatten med hjälp av HRMS-analys.

Utöver det som har beskrivits ovan har vi utvecklat en ny cellmodell för att kunna detektera östrogena effekter vid ännu lägre koncentrationer än tidigare, vilket är ett första steg mot en effektbaserad biosensor för kontinuerlig övervakning och snabb upptäckt av kemiska hälsorisker. Vi har även utfört en showcase-studie där vi visade hur effektbaserade metoder kan användas som tidigt varningssystem.

### **Komponent 5.2 – Sensorer och maskininlärning för bedömning av kemisk och mikrobiell vattenkvalitet**

*Komponentledare: Kate Murphy och Catherine Paul*

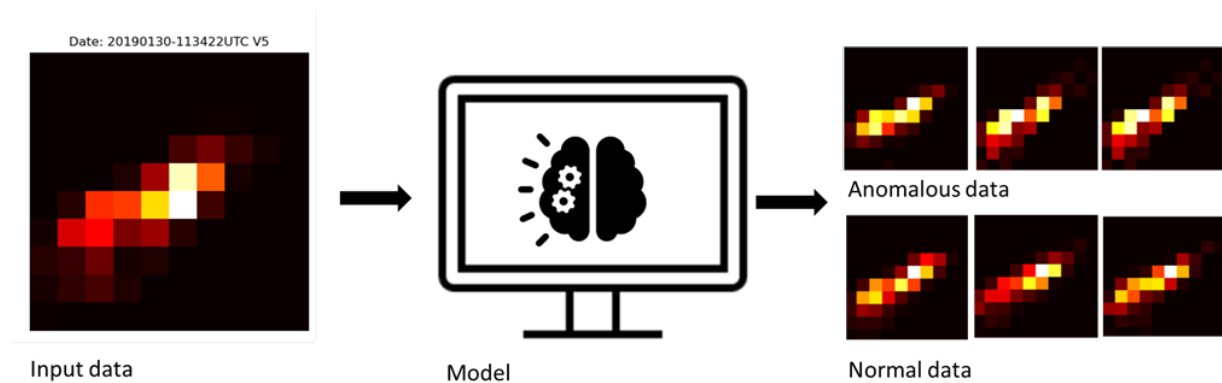
I denna komponent används AI och sensorer för bedömning av kemisk och mikrobiell vattenkvalitet. AI används för att bearbeta DNA-baserade mikrobiella analyser och andra off-line-analyser av mikrober och kemiska ämnen. Vi utforskar även hur vi bäst kan övergå från analog till digital datainsamling med intelligenta och användningsbara tolkningar kopplade till regulatoriska behov. Sensorer används för att möjliggöra vattenkvalitetsmätningar i realtid och för att undersöka hur onlinedata kan bidra till att optimera driftsprocesser vid vattenverk. Den mikrobiella delen av den här komponenten är tätt kopplad till aktiviteter inom omställningslabbet "Från platta till pixel" (Water Wise Societies).

*Aktivitet 5.2.1: AI-baserade strategier för att förstå och förutspå mikrobiell vattenkvalitet (med kopplingar till AP1, AP3).*

Totalt antal celler och hur mycket DNA som finns i varje cell (HNA/LNA) används för att tolka avvikelser i bakteriella populationer i vatten. Dessa parameter ger en indikation på den mikrobiella vattenkvaliteten. Med multiparametriska metoder, baserade på så kallade "fingeravtryck", kan dock avvikelser upptäckas som inte nödvändigtvis upptäcks med hjälp av enstaka parametrar, eftersom hela fingeravtryck innehåller mer information.

Isolation Forest, en beräkningsmässigt kostnadseffektiv, multivariat algoritm för avvikelседetektering, användes för att tolka 13 951 flödescytometriska fingeravtryck med låg upplösning som beskriver den mikrobiella vattenkvaliteten från två geografiskt åtskilda borrhål. Denna metod utvärderades sedan med hjälp av domänkunskap genom att koppla miljö- och driftsdata till tilldelade Isolation Forest-avvikelse, med ytterligare validering med hjälp av en Random Forest-klassificeringsmodell för att även kunna förutsäga avvikelser baserat på miljö- och driftsdata (Figur 14). De tilldelade avvikelserna kunde förklaras med hjälp av miljö- och driftsdata, vilket indikerar att avvikelседetektering är pålitlig. Random Forest-klassificeringsmodellen kunde förutse avvikelser på ett korrekt sätt för ca. 90 % av de

identifierade avvikelserna. Vi har därmed konstaterat att avancerade datahanteringsmetoder, såsom enkel oövervakad maskininlärning med multivariata flödescytometridata, kan effektivt identifiera avvikelser och geografiska egenskaper som på olika sätt påverkar den mikrobiella vattenkvaliteten i borrhål. I det här fallet var det tex. markfuktighet i skogen som visade sig att påverka vattnet i borrhål och bidra till onormal mikrobiell vattenkvalitet.



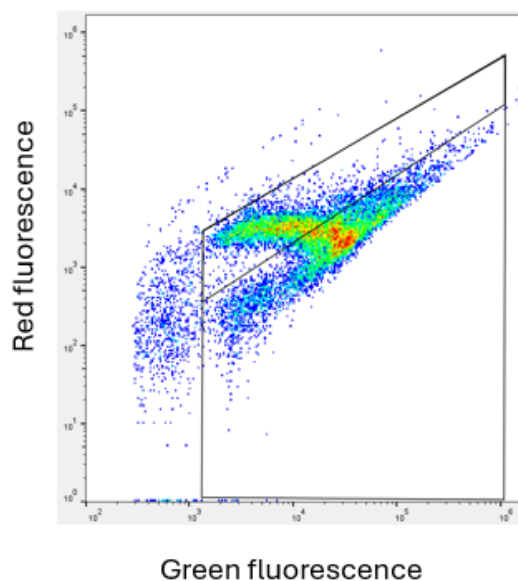
Figur 14: Isolation Forest bestämmer om lågupplösta fingeravtryck är normal eller inte jämfört med alla andra data i studien. Med den här metod är det också möjligt att se om det är totala antalet bakterier, en förändring i strukturen av mikrobiella samhällen i vattnet, eller båda som bidrar till avvikelserna.

En vetenskaplig artikel (Erb et al., 2025) har publicerats som visar att man kan förutspå resultaten i detektion av odlingsbaserade *E. coli* genom analys av fingeravtryck från flödescytometri, miljöparametrar (tex. vindriktning) eller en kombination av båda parametrarna. Random Forest kunde förutspå resultat med en noggrannhet på 80 % från en utgångsnivå på 55 % när optimerade parametrar användes jämfört med logistikregression och supportvektor maskiner.

*Aktivitet 5.2.2: Utveckla nya kunskapsinsikter från en kombination av DNA-sekvenser och flödescytometridata (med kopplingar till AP3).*

Tyvärr visade analysen av DNA-sekvenserna på kontaminering i form av helt främmande DNA-sekvenser. Dessa har med stor sannolikhet uppstått i samband med DNA-extraktion från en kommersiell produkt. Det tog lång tid att utreda problemet och till slut krävdes ny DNA-extraktion och ny sekvensering. Det är därför leveranser inom denna aktivitet (med påverkan även på Aktivitet 3.4.1) har blivit försenade.

Ett mål inom denna aktivitet, som har kommit en bit på väg, är att hitta en förklaring till den så kallade "boomerangen" (Figur 15) – en ny del av ett flödescytometriskt fingeravtryck som vi inte hade observerat tidigare. Vår hypotes var att detta kunde vara en signal som indikerar stillastående vatten i rör eller vattentorn. Försöken att korrelera denna del av fingeravtrycket med DNA-sekvenseringsdata lyckades dock inte, och slutsatsen är därför att fenomenet sannolikt beror på förändringar hos bakterierna i vattnet. Det kan till exempel handla om förändringar i cellernas egenskaper eller i mängden DNA per cell utan att bakteriernas identitet förändras, men vi fortsätter att söka en förklaring.



Figur 15: Ett så kallat "fingeravtryck" från en flödescytometrisk mätning av ett vattenprov där varje prick representerar en bakterie. Vanligtvis ser vi prickar bara i det stora avskilda området, men i några vattenprov har vi börjat se ett nytt moln, som vi kallar en "boomerang", med mindre absorbans i grön fluorescens, men samma absorbans i den röda.

Aktivitet 5.2.3: Studier av tidigare, nuvarande och den framtida kemiska sammansättningen av Göteborgs stads råvatten.

Inom den här aktiviteten har två kandidatarbeten genomförts vid Chalmers: en om orsaker till ökade stängningar av Göteborgs råvattenintag (Albashir et al., 2025) och en om råvattenkvalitet med fokus på missfärgning, bakterier, samt fosfor- och kvävenivåer, där den senare använde sig av råvattenkvalitetsdata för Lärjeholm i Göta älv samt för Delsjöområdet (Stora och Lilla Delsjön samt vattenverket i Lackarebäck) (Eklund et al., 2025).

Två databaser skapades med råvattenkvalitetsdata som erhöles från Kretslopp och Vatten. Datamaterialet omfattade mätvärden från perioden 2001–2024 Lärjeholm i Göta älv, och Delsjöområdet samt vattenverket i Lackarebäck (M5.2.3.1).

För Lärjeholm inkluderade datasetet metaller, bakterier, TOC, färgtal, och konduktivitet. I Delsjöområdet fanns råvattenprover från både Stora och Lilla Delsjön samt från vattenverket i Lackarebäck. I Lilla Delsjön genomfördes provtagning på flera djup: 0,5, 1, 5, 10 och 15 meter. I detta dataset fanns analyser för järn, kalcium, magnesium, kalium, mangan, kisel, natrium, aluminium, *E. coli*, koliforma bakterier och TOC. Vid Lackarebäck och Stora Delsjön fanns dessutom data för arsenik, bly, kobolt, koppar, krom, molybden, nickel och zink. För Lackarebäck rapporterades även mätningar av barium, bor, selen, silver, uran och färgtal, medan Stora Delsjön inkluderade analyser av vanadin,

Samtliga förenklingar och antaganden som beskrivs nedan genomfördes för att säkerställa en konsekvent och hanterbar databasstruktur, samt för att möjliggöra jämförbara analyser mellan olika provtagningsplatser (M5.2.3.2).

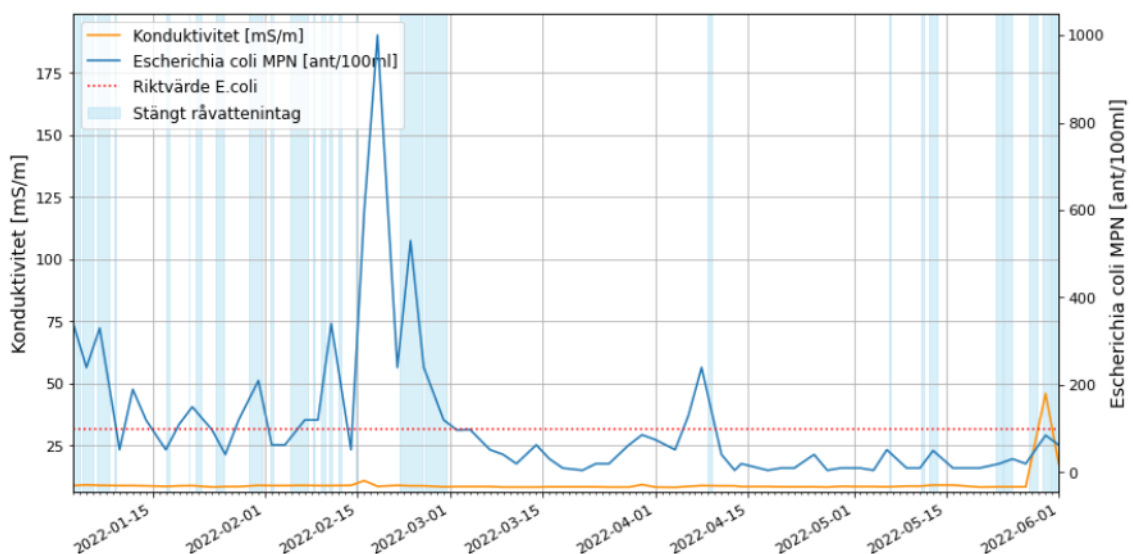
Lärjeholm:

- Granskning av saknade eller problematiska värden: Databearbetningen inleddes med en översyn av saknade värden och värden av tveksam kvalitet. Saknade värden lämnades oförändrade och inkluderades som tomma datapunkter.
- Hantering av värden vid detektionsgränsen: Särskild uppmärksamhet gavs åt mätvärden som låg vid eller under detektionsgränsen. Värden rapporterade som mindre än detektionsgränsen ersattes med hälften av detektionsgränsvärdet. Värden rapporterade som större än detektionsgränsen ersattes med detektionsgränsvärdet.

#### Delsjön:

- Hantering av odefinierade gränsvärden: För parametrar som *E. coli* och koliforma bakterier rapporterades ofta endast gränsvärden i stället för exakta mätvärden. Dessa definierades och standardiserades på liknande sätt som vid Lärjeholm för att möjliggöra jämförbarhet.
- Exkludering av konstanta dataset: Parametrar vars mätvärden visade mycket liten eller ingen variation över tid bedömdes inte tillföra relevant information till analysen och exkluderades därför.
- Exkludering av extremvärden: Enstaka tydligt avvikande mätvärden identifierades som extremvärden och exkluderades när dessa bedömdes sakna fysisk rimlighet eller misstänktes bero på mätfel.
- Exkludering av små dataset: För vissa parametrar fanns endast ett fåtal provtagningar per djup i Lilla Delsjön under korta tidsperioder. Dessa dataset var för begränsade för robust analys och uteslöts därför från projektet.

Lärjeholm – Orsaker bakom intagsstängningar: Studien undersökte varför och när Lärjeholm stängde intaget genom att analysera råvattenkvalitet och data om väder (temperatur, nederbörd) från 2001–2025. Huvudfokus var saltvatteninträngning, bakterier som *E. coli* och väderfaktorer. Analys visade att stängningar av råvattenintaget ofta skedde vid höga *E. coli*-nivåer eller höga konduktivitetsvärden, vilket indikerade fekal påverkan eller saltvatteninträngning (Figur 16). Analysen visade att 85 % av intagsstängningarna berodde på bakteriell kontaminering eller saltvatteninträngning, medan 15 % var oklara enligt tillgängliga data.



Figur 16: Konduktivitet och *E. coli* vid Lärjeholm från januari till juni 2022 samt råvattenintagsstängningar.

Delsjön – Analys med principalkomponent analys (PCA): En PCA utfördes på 20 olika parametrar. Syftet med analysen var att identifiera korrelationer och övergripande trender i datasetet.

PC1 visade tydliga säsongrelaterade samband mellan färgtal, kväve, koliforma bakterier och flera metaller. En svagare korrelation än förväntat observerades mellan färgtal och TOC. Detta kunde bero på att TOC-halterna generellt inte varierade lika mycket under året och påverkades av andra faktorer än de som styr färgtal, såsom förändringar i DOM-kvalitet eller hydrologiska variationer.

PC2 visade samband mellan fosfor, barium, natrium, magnesium och kalium. Dessa mönster bedömdes främst bero på variationer i föroreningar och utsläpp som påverkade råvattnet i området.

PC3 indikerade ytterligare kopplingar mellan fosfor, kväve och nickel. Dessa samband antydde att Stora Delsjön kan ha varit på väg mot ett mer kvävebegränsat system, vilket var relevant för bedömning av ekologiska förändringar och framtida råvattenkvalitet.

Ingen tydlig korrelation identifierades mellan *E. coli* och koliforma bakterier. Detta indikerade att de två parametrarna hade olika källor och påverkades av olika processer. Höga koncentrationer av *E. coli* härrörde sannolikt från punktkällor, särskilt avloppspåverkan, och påverkades starkt av bräddningar från kombinerade avloppssystem. Koliforma bakterier, däremot, verkade till stor del komma från diffusa källor i avrinningsområdet, vilket förklarade deras mer uttalade säsongsvariation jämfört med *E. coli*.

De två kandidatprojekten (Albashir et al., 2025 och Eklund et al., 2025) presenterades vid DRICKS interna AP5-webbinarium (december 2025), och båda har publicerats som kandidatuppsatser i Chalmers bibliotek.

### **Komponent 5.3 – Desinfektionsbiprodukter – vilka driver toxiciteten?**

*Komponentledare: Anna Andersson och Elin Lavonen*

Användning av desinfektionsmedel inom dricksvattenproduktion är viktig som mikrobiell barriär (ofta hypoklorit) och för att kontrollera tillväxt i ledningsnätet (ofta monokloramin). En oönskad effekt från dessa klorbaserade kemikalier är att potentiellt toxiska desinfektionsbiprodukter (DBP) kan bildas tillsammans med naturligt organiskt material (NOM) vid behandlingen. Det rör sig om hundratals olika ämnen, varav vissa är högst relevanta ur hälsosynpunkt.

Inom denna komponent studeras bildning av desinfektionsbiprodukter vid klorering och kloraminering av prover med olika innehåll av NOM. Effektbaserade analyser används för att undersöka två olika typer av toxiska effekter som tidigare kopplats till DBPs: oxidativ stress och genotoxicitet. Målet är att identifiera vilken typ av NOM som bidrar till bildning av de mest toxiska biprodukterna. Denna kunskap ger vattenverken möjlighet att anpassa sin process för att rena bort relevanta NOM-fraktioner före dosering av klor eller kloramin. Klorerade och kloraminerade prover kommer även att fraktioneras i syfte att identifiera kemiska egenskaper för de mest toxiska biprodukterna. Arbetet utförs i samarbete mellan Linköpings Universitet och Aalto-universitetet i Finland.

Aktivitet 5.3.1: *En systematisk studie där toxiciteten från DBP som bildas vid klorering och kloraminering jämförs genom att göra tillsatser av dessa desinfektionsmedel till replikat av samma vatten. Vattnet tas från tre olika vattenverk i Finland med olika råvatten och reningssteg. Provet tas vid den punkt där desinfektionsmedel tillsätts i processen för att undersöka den faktiska bildningspotentialen för DBP. Vattenprovet fraktioneras för att separera DBP med olika kemiska*

*egenskaper. Genom att jämföra toxiciteten mellan fraktioner hoppas vi kunna identifiera grupper av DBP som bidrar extra mycket till toxiciteten.*

En systematisk studie, där toxiciteten från desinfektionsbiprodukter (DBP) som bildas vid klorering och kloraminering jämförs, har genomförts genom att göra tillsatser av klor och kloramin till vatten från tre olika vattenverk i Finland. Proven har extraherats och fraktionerats i fyra fraktioner baserat på polaritet och laddning. Fraktionerna har analyserats för oxidativ stress och gentoxicitet (biotester). En del av toxicitetsresultaten har sammanfattats i en rapport (L5.3.1.1; Djukanovic & Laurell 2025). Analyserna visade bland annat intressanta mönster kring skillnad i DBP toxicitet mellan prover som klorerats med hög respektive normal dos, där en normal dos i vissa fall bidrog till högre toxisk effekt än hög dos. Dessa mönster kommer undersökas vidare genom att studera ovannämnda data erhållna med kemiska analysmetoder. Extrakten har även analyserats med ultra-högupplöst masspektrometri (FT-ICR MS). Därutöver har en rad andra analysmetoder såsom AOX, DOC och absorbans använts på vattenproverna före extraktionen. Resultaten ska nu sammanställas, utvärderas och sammanfattas.

#### **Komponent 5.4 – Avancerad kemisk analysteknik**

*Komponentledare: Karin Wiberg och Lutz Ahrens*

Persistenta organiska miljögifter och naturligt bildade toxiner förekommer vid spårhalter i vatten, men kan orsaka hälsoeffekter redan vid mycket låga exponeringsnivåer. Kemisk analysteknik för oönskade kemiska ämnen i vatten är under ständig utveckling för att möta behovet av kvantitativa data till riskbedömning och tidiga varningssignaler för hälsofarliga ämnen i rå- och dricksvatten (kvalitativa data). Efter provupparbetning utförs analyserna med hjälp av vätskekromatografi (LC) kopplad till masspektrometri (MS). Det finns tre olika grundtyper av detektionsmetoder: riktad (target) analys, suspect screening (SS) och non-target screening (NTS), varav de två senare utförs med hjälp av högupplösande masspektrometri (HRMS). I den här komponenten fokuserar vi på att utveckla HRMS-metoder för identifikation av oönskade kemiska ämnen och deras nedbrytningsprodukter i källområden och råvatten och att öka den praktiska nyttan och användbarheten av HRMS-data. Vi utvecklar också metoder för mycket polära ämnen som normalt sett slinker igenom vid provupparbetningen, så kallade PM (persistenta och mobila ämnen). Det övergripande målet med denna komponent kopplar starkt till Omställningslabbet Ny kempraxis 2.0 och komponent 4.2.

*Aktivitet 5.4.1: Förbättra nyttan med avancerad masspektrometri för vattensektorn, regulatoriska myndigheter och samhället i övrigt.*

En workshop om metoder för screening av kemikalier med hjälp av högupplöst masspektrometri (HRMS) har genomförts. Syftet var att förbättra dialogen mellan intressenter och utförare mot ett mer optimalt utfall av studierna. Totalt deltog 32 personer, varav 17 forskare och 15 från intressentorganisationer, företag och myndigheter. Efter inledande föredrag diskuterades frågeställningar gruppvis och i helgrupp. Sammantaget identifierade workshoppen fyra viktiga steg där nära och kontinuerlig kommunikation är avgörande för att säkerställa att beställda projekt lyckas (Figur 17). Resultaten av diskussionerna har sammanfattats i en rapport (M5.4.1.1, L5.4.1.1) som kommer att publiceras som en SLU-rapport under 2026 (Celma et al., Report 2025:14). Rapporten innehåller också ett förslag till ett beslutsträd för screeningstudier och en sammanfattning av forskarsamhällets arbete med att vägleda och förklara screeningstudier av icke-målsökande kemikalier.



Figur 17: Identifierade huvudsteg där tydlig kommunikation bör etableras under beställda icke-målsökande och misstänkta screeningprojekt.

*Aktivitet 5.4.2: Utveckla HRMS-metoder för identifiering av oönskade kemiska ämnen och deras nedbrytningsprodukter i källområden och råvatten. Användning av hotspots för föroreningar (dagvatten och lakvatten från deponier), för tidig identifiering av nya miljöföroreningar.*

Per- och polyfluoralkylsubstanser (PFAS) är extremt persistenta kemikalier som kan ansamlas i vatten och utgöra potentiella risker för både människors hälsa och miljön. Även om destruktiva reningstekniker syftar till att bryta ned PFAS kan ofullständig nedbrytning leda till bildning av nya omvandlingsprodukter. Vi har genomfört en studie där vi utvärderade vi elektrokemisk oxidation som en metod för att destruera PFAS och andra halogenerade föreningar i förorenat vatten. Med hjälp av avancerade analystekniker (suspect- och non-target-screening) identifierades 21 ämnesgrupper av PFAS och 53 enskilda PFAS, inklusive två tidigare okända ämnesgrupper. Efter behandlingen påvisades nya PFAS-relaterade ämnen samt flera klorerade och bromerade ämnen, varav några bekräftades som omvandlingsprodukter. Resultaten visar att elektrokemisk oxidation har stor potential för PFAS-avskiljning, men att noggrann övervakning är nödvändig för att upptäcka och hantera oavsiktligt bildade biprodukter.

*Aktivitet 5.4.3: Utveckling av analysmetoder för miljöföroreningar som är mycket svårnedbrytbara och mycket rörliga (så kallade PM-ämnen), dvs oönskade kemiska ämnen som tenderar att påträffas i dricksvatten.*

Persistenta, mobila och giftiga ämnen (PMT) samt mycket persistenta och mycket mobila ämnen (vPvM) är ett växande miljöproblem eftersom de lätt sprids till vatten inklusive dricksvattentäkter. Att upptäcka dessa högmobila kemikalier är utmanande, eftersom standardanalyser kan missa vissa föroreningar. Vi har genomfört en studie där vi utvecklade vi en omfattande metod som kombinerar två kompletterande vätskekromatografimetoder, avancerad provberedning och maskininlärningsverktyg för att förbättra identifieringen och minska risken för falska observationer. Genom att tillämpa metoden på ytvatten och avloppsvatten i Uppsala-regionen identifierade vi 84 ämnen. Viktigt är att många föreningar endast upptäcktes med en av de två kromatografiska metoderna, vilket understryker vikten av att kombinera tekniker för att undvika analytiska blinda fläckar. Sammantaget visar resultaten att vår metodik är robust och kan användas till att övervaka mobila föroreningar och stödja insatser för att skydda vattenresurser.

## 4. Kommunikation (AP6)

*I detta kapitel beskrivs hur resultaten från forskning och samverkan inom DRICKS har spridits ut till den svenska dricksvattenbranschen men också till övriga forskarvärlden och allmänheten.*

### 4.1 DRICKS seminarier & arrangemang

Under 2025 arrangerades ett DRICKS-internat, två workshops, ett öppet digitalt seminarium och fem interna DRICKS-webbinarier.

#### DRICKS-internat 2025

Den 29–30 januari samlades DRICKS medlemmar i Norrköping för två inspirerande och framåtblickande dagar med fullt fokus på den nya programperioden 2025–2028 och de mål, möjligheter och aktiviteter som ska forma DRICKS arbete de kommande åren. Programmet bjöd på en dynamisk blandning av diskussioner och presentationer. Från DRICKS ledningsgrupp gavs en tydlig bild av riktningen framåt, kompletterat av värdefulla externa perspektiv. Magnus Arnell från Water Wise Societies bidrog med insikter kring pågående initiativ, och Svenskt Vattens vd Pär Dalhielm presenterade EurEaus arbete och dess betydelse i ett europeiskt sammanhang. Den andra dagen avrundades med en mycket uppskattad stadsvandring i Norrköping, längs Motala Ström fick deltagarna följa stadens historiska utveckling genom engagerade guiders berättelser. Under dagarna tog vi också tillfället i akt att tacka av några medlemmar som avslutade sitt engagemang i DRICKS.

Internatet samlade totalt 50 deltagare och genomfördes av ett starkt engagemang och en tydlig vilja att tillsammans driva utvecklingen framåt.

#### DRICKS workshops/seminarium

##### Workshop 2025-10-14

*Workshop om restströmmar:* En workshop om restströmmar från vattenverk genomfördes på Chalmersska huset i Göteborg. Totalt deltog 30 personer. Dagen samlade vattenproducenter och forskare för att diskutera både praktiska och strategiska utmaningar kopplade till restströmmar, såsom utsläppskrav till recipient, interncirkulation, möjligheter till resursutnyttjande, miljöpåverkan och framtida forskningsbehov. Workshopen leddes av Jesper Knutsson (Chalmers tekniska högskola) och Ann Johansen (RISE Research Institutes of Sweden). Syftet var att dela erfarenheter, identifiera gemensamma utmaningar och möjligheter samt generera idéer till projekt, examensarbeten och nya verktyg. En viktig del var också att stärka samverkan mellan aktörer för att främja hållbara lösningar framåt.

##### Workshop 2025-10-30

*Workshop om uppströmsarbete:* Inom komponent 1.3 "Uppströmsarbete – Hur?" genomfördes en digital workshop den 30 oktober 2025. Workshopen riktade sig till medlemmar inom DRICKS och

syftade till att gemensamt diskutera utmaningar i uppströmsarbetet samt hur dessa kan hanteras inom ramen för det fortsatta arbetet.

Som introduktion presenterades aktuella förutsättningar och nuläge, bland annat kopplat till Dricksvattendirektivet, och hur dessa relaterar till uppströmsarbete i Sverige. Därefter delade flera DRICKS-medlemmar med sig av sina erfarenheter och arbetssätt. En stor del av workshopen ägnades åt gemensamma diskussioner om identifierade utmaningar och hur DRICKS på bästa sätt kan bidra med kunskap, metoder och samverkan framåt. Workshopen leddes av Viktor Bergion och Andreas Lindhe från Chalmers tekniska högskola. Arbetet inom komponenten planeras att framöver breddas till att även involvera fler vattenproducenter, myndigheter och andra relevanta aktörer.

#### Seminarium 2024-10-22

*Webbinarium om examensarbeten inom DRICKS:* Ett öppet webinarium genomfördes där förslag på examensarbeten presenterades för studenter vid universitet som ingår i DRICKS. Syftet var att synliggöra och inspirera till nya examensarbeten samt att skapa kontakt mellan studenter och organisationer inom nätverket. Webbinariet hölls på engelska. DRICKS-medlemmar bjöds in att i förväg skicka in förslag på examensarbeten (en bild per idé), vilka därefter presenterades under webinariet. Efter genomförandet gjordes samtliga förslag tillgängliga för studenterna för vidare kontakt och dialog. Det fanns även möjlighet att låta någon annan än idégivaren presentera förslaget vid tillfället. Forskare inom DRICKS uppmuntrades att sprida inbjudan till studenter vid sina respektive lärosäten. Initiativet är en del av DRICKS arbete med att stärka samverkan mellan akademi och praktik samt att främja kunskapsutveckling inom dricksvattenområdet.

#### DRICKS-webbinarier

DRICKS arrangerar regelbundet webinarier där pågående forskning presenteras, dessa är tillgängliga för alla DRICKS medlemmar.

#### DRICKS-webbinarium 2025-06-03

*AP2, Beredning* - Den senaste forskningen inom återanvändning av vatten, recirkulationsströmmar och cyanobakterier i schmutzdecken presenterades. Syftet var att ge deltagarna möjlighet att ta del av nya resultat samt föra dialog med nytexaminerade studenter om deras erfarenheter och slutsatser. Programmet inleddes av Catherine Paul från Lunds universitet. Därefter presenterade Jesper Knutsson från Chalmers sitt examensarbete om industriell återanvändning av vatten. Giacomo Mannini redogjorde för sitt arbete om recirkulationsströmmar, och avslutningsvis presenterade Agnes Häussermann ny kunskap om cyanobakteriers egenskaper och deras påverkan på funktionen hos långsamfilter. Totalt 29 personer deltog i webinariet.

#### DRICKS-webbinarium 2025-10-21

*Arbetspaket 1 – Uppströmsarbete:* Ett webinarium med fokus på arbetspaket 1, som syftar till att ta fram kunskap och utveckla metoder för att säkerställa tillgången på råvatten av god kvalitet. Arbetet omfattar kartläggning av mikrobiologiska och kemiska risker för vattentäcker samt metoder för att

bedöma och utvärdera risker i syfte att identifiera effektiva skyddsåtgärder. Programmet inleddes med en översikt av arbetspaketet av Ekaterina Sokolova från Uppsala universitet. Därefter presenterade Catherine Paul från Lunds universitet forskning om mikrobiell övervakning av grundvatten på Island med hjälp av online flödescytometri. Jorrit Mesman redogjorde för modellering av PFAS i Mälaren, och avslutningsvis presenterade Fritjof Fagerlund verktyg och metoder för att hantera PFAS-spridning och stärka skyddet av vattentäkter. Totalt 31 personer deltog i webinariet.

#### DRICKS-webbinarium 2025-11-18

*Arbetspaket 3 – Distribution och vattenkonsumtion:* Den 18 november genomfördes ett webinarium med fokus på arbetspaket 3 (AP3), som behandlar utmaningar kopplade till åldrande och läckande distributionsledningar. Arbetet syftar till att stärka ett mer proaktivt förhållningssätt genom ökad övervakning, strategisk ledningsförnyelse och förbättrad förståelse för vattenkvalitet och vattenanvändning i hela distributionssystemet. Webinariet inleddes av Thomas Pettersson med en introduktion till AP3. Mats Eriksson från Linköpings universitet presenterade nya metoder för snabbare detektion av E. coli i dricksvatten. Uchit Sangroula (Chalmers) redogjorde för modellering av ledningsbrott med hjälp av survival analysis, och Jesper Knutsson (Chalmers) belyste orsaker till minskad vattenförbrukning i Göteborg. Avslutningsvis presenterade Catherine Paul från Lunds tekniska högskola studier om hur mikrobiell vattenkvalitet påverkas när nya ledningar och vattentorn kopplas in i distributionssystemet, följt av gemensam diskussion och avslutning. Totalt 39 personer deltog i webinariet.

#### DRICKS-webbinarium 2025-12-05

*Arbetspaket 4 – Risk och beslutsstöd:* Ett webinarium med fokus på arbetspaket 4 (AP4), som syftar till att utveckla och vidareutveckla metoder och verktyg för risk- och beslutsstöd inom dricksvattenområdet. Arbetet omfattar mikrobiella och kemiska risker, leveranssäkerhet samt beslutsunderlag som beaktar exempelvis vattnets värde och investeringars klimatpåverkan. Webinariet hade särskilt fokus på komponent 4.2, som rör nya metoder för analys av kemiska risker. Programmet inleddes med en introduktion till AP4 av Andreas Lindhe. Därefter presenterade Carolina Vogs från Sveriges lantbruksuniversitet ett bidrag om PFAS i dricksvatten och dess betydelse för den totala exponeringen. Avslutningsvis presenterade Styrbjörn Käll och Erik Kristiansson (Chalmers) nya angreppssätt för att prediktera kemisk toxicitet med hjälp av artificiell intelligens, följt av gemensam diskussion. Totalt 32 personer deltog vid det digitala webinariet.

#### DRICKS-webbinarium 2025-12-16

*Arbetspaket 5 – Karakterisering av vattenkvalitet:* Den 16 december genomfördes ett webinarium med fokus på AP5, som behandlar karakterisering av vattenkvalitet med avseende på oönskade komponenter. Arbetet omfattar utveckling och tillämpning av moderna metoder för att säkerställa kontroll av vattenkvaliteten – från källa till kran – inklusive mikrobiologisk övervakning, effektbaserade toxicitetstester, spektroskopiska analyser och avancerad kemisk identifiering. Webinariet inleddes av Karin Wiberg från Sveriges lantbruksuniversitet. Lutz Ahrens (SLU) presenterade hur kombinationen av effektbaserad och kemisk analys kan användas för att identifiera

potentiellt hälsofarliga ämnen i vatten. Ali Esmaeeli från (Chalmers) redogjorde för studier av vattenkvalitet i Göta älv, från historiska data till onlineövervakning. Vidare presenterade Elin Lavonen (Aalto University) resultat om toxiska effekter från desinfektionsbiprodukter, och Alberto Celma (SLU) belyste dagvattendammars funktion som kemiska filter för organiska mikroföreningar. Webbinariet avslutades med gemensam frågestund och diskussion. Totalt deltog 30 personer i webbinariet.

#### 4.2 Vetenskaplig publicering, konferenser, möten, media

Under 2025 har forskningsresultat inom DRICKS spridits genom vetenskapliga artiklar i ansedda peer review-granskade tidskrifter samt genom tekniska rapporter. Resultaten har även presenterats muntligt, i posterutställningar och som posterbidrag. Både DRICKS-forskare och representanter från medlemskommuner och vattenverk har varit engagerade i en rad nationella och internationella konferenser, webinarier och workshops under året. I kapitel 6 redovisas DRICKS samtliga publiceringar under 2025.

#### 4.3 DRICKS hemsida och nyhetsbrev

DRICKS främsta kanaler för information om verksamheten samt populärvetenskaplig kommunikationen utgörs av vårt nyhetsbrev och hemsidan [dricks.se](http://dricks.se). En naturlig följd av att fem olika lärosäten och många organisationer samlas under DRICKS-namnet är att en stor del av kommunikationen om själva verksamheten dock har en hemvist i respektive lärosätes och medlemsorganisations kanaler.

##### Hemsida

Webbplatsen [www.dricks.se](http://www.dricks.se) fungerar som en central informationsplattform för DRICKS och dess verksamhet. Här samlas nyheter om forskning och utbildning samt information om kommande aktiviteter inom vårt nätverk. Syftet med webbplatsen är att ge en överskådlig presentation av DRICKS, fungera som ett kontinuerligt skyltfönster för våra intressenter och samtidigt knyta samman de fem medverkande lärosätena. Innehållet är i huvudsak statiskt, med undantag för nyhets- och kalenderfunktionerna. Webbplatsen erbjuder även tillgång till olika modeller och verktyg, såsom QMRA-modeller för mikrobiologisk riskbedömning och beslutsstödsverktyget WISER.

Under 2025 påbörjades arbetet med att skapa en egen fristående DRICKS-hemsida, vilket kommer att verkställas tidigt 2026. Arbetet med webbplatsen och dess innehåll ska pågå kontinuerligt, både vad gäller strukturutveckling och publicering av material.

##### Nyhetsbrev

Nyhetsbrevet är en central kanal för att förmedla forskningsresultat och aktuell information till medlemmar och andra intressenter. Syftet är att sprida ny kunskap, belysa både pågående och kommande projekt, informera om aktiviteter samt stärka engagemang och samarbeten. Det ger dessutom en inblick i nya metoder och arbetssätt inom området.

Antalet prenumeranter – huvudsakligen verksamma inom dricksvattenproduktion – fortsätter att öka. Den växande målgruppen bidrar till att förstärka nyhetsbrevets roll som en viktig plattform för att sprida forskningsrön och informera om nya tekniker, modeller och innovationer.

##### Övrigt

Andra former av populärvetenskaplig kommunikation inom DRICKS inkluderar medverkan i medier genom intervjuer, deltagande i paneldiskussioner samt olika typer av framträdanden vid branschforum

och populärvetenskapliga evenemang. DRICKS bidrar också i projekt som syftar till att ta fram populärvetenskapligt material om dricksvatten.

## 5. Undervisning kopplad till DRICKS

I detta kapitel beskrivs de insatser som gjorts inom grundutbildningen, utveckling av kurser och examensarbeten, för att verka för att fler studenter inriktar sig mot dricksvatten i sin utbildning, samt insatserna inom ramen för Vattenforskaraskolan, som drivs i samverkan med de övriga tre SVU-finansierade vattenklustren.

### 5.1 VA-kurser och kursutveckling

Vid DRICKS lärosäten finns kurser som har direkt koppling till DRICKS och de olika tematiska områden som programmet täcker.

#### Kurser vid Chalmers

Undervisning på Chalmers inom VA-teknik bedrivs både på kandidat- och civilingenjör-/master-nivå i nära samverkan mellan forskning och praktik. Vi utbildar både högskoleingenjörer och civilingenjörer inom Samhällsbyggnadsteknik. På kandidatnivå och högskoleingenjörsprogrammet introduceras studenterna till VA-teknik i kursen *Tätorters funktioner och utformning* och får sedan en fördjupning i kursen *Vattenresurser och hydraulik* och en tillämpning i kursen *Hållbar urban utveckling och samhällsplanering*. Den VA-intresserade högskoleingenjören profilerar sig under sitt sista år genom att läsa kurserna *Vattenteknik och miljö*, *Projekteringsmetodik*, *Hållbar utveckling för Samhällsbyggnad och Hydrologi och dagvatten*. Högskoleingenjören avslutar utbildningen genom ett exjobb inom ämnesområdet. Den VA-intresserade civilingenjören läser profilkurserna *Vattenteknik och miljö*, *Hydrogeologi och geoteknik*, *Infrastruktur*, samt *Hydrologi och dagvatten* samt genomför ett Kandidatarbete vilket ger en bas för vidare studier inom vattenområdet.

Masterprogrammet *Infrastructure and Environmental Engineering* ger vattenrelaterade kurser inom infrastruktur och urbana system, vattensystem och modellering, hållbar behandling av urbana vatten, dricksvattenteknik, och avancerad avloppsreningsteknik. Kurserna kopplar samman dricksvatten och va-teknik med riskbedömning och beslutsstöd. Kandidat- och examensarbeten bedrivs i samarbete med VA-sektorn. En nyhet är att studenter som läser programmet *Globala system* kommer från hösten 2023 att kunna välja masterprogrammet *Infrastructure and Environmental Engineering*.

Kurserna som beskrivs nedan ingår framför allt i Masterprogrammet *Infrastructure and Environmental Engineering*, men även några grundkurser med tydliga inslag av va-teknik redovisas.

#### *Dricksvattenteknik (BOM075)*

Dricksvattenteknik är en kurs där hela systemet behandlas, vilken delas in i delmomenten; råvatten, beredning, distribution och hälsoriskbedömning. Studenterna utbildas i att använda det svenska QMRA-verktyget, samt MBA-modellen, för att bedöma de hälsomässiga riskerna för konsumenter som försörjs av vattenverk med varierande uppsättningar beredningsprocesser. Inom distributionsystemet så genomför studenterna en dimensionering av ett ledningsnät i ett nytt bostadsområde med hjälp av EPANET-modellen. Kursen som är valfri läses årligen ca 30–40 studenter (både svenska och internationella). Kursen har fått mycket bra kritik av studenterna samt från flera konsultföretag i Göteborg, som anställt nytutexaminerade civilingenjörer med dricksvatten som VA-teknisk huvudinriktning.

#### *Riskbedömning och beslutsstöd (BOM125)*

Denna kurs är fokuserad på hur riskbedömningar och specifika beslutsanalyser såsom kostnadsnyttoanalys och multikriterieanalys kan användas som beslutsstöd i syfte att minska existerande risker till en acceptabel nivå. Under kursen lär sig studenterna tekniker för att jämföra åtgärdsalternativ och utvärdera resultaten. För att praktisera de teoretiska kunskaperna får studenterna genomföra ett projektarbete kopplat till ett dricksvattensystem med konstgjord grundvatteninfiltration. I storleksordningen 40–50 studenter läser kursen varje år (svenska och internationella). Kursen har fått mycket goda omdömen.

#### *Hydrogeologi (ACE080)*

Kursen ger studenterna en detaljerad förståelse för hydrogeologi vid nyttjande och skydd av grundvattenresurser inom grundvattenförsörjning och infrastruktur. Fokus är på metoder och analysverktyg för grundvattenhydraulik (akviferanalys), utformning av anläggningar för grundvattenuttag och infiltration samt skydd av grundvattenresurser.

#### *Vattensystem och modellering (ACE085)*

Digitalisering lyfts av branschen som ett viktigt inslag i utbildningen. Syftet med kursen är att ge studenterna en förståelse för problemlösning och modellering inom området vattenhantering. Kursen är inriktad på vattenkvalitetsmodellering och i storleksordningen 20 studenter läser kursen varje år.

#### *Hydrologi och dagvatten (ACE185)*

Kursens övergripande syfte är att studenten ska förvärva fördjupad förståelse om den hydrologiska cykeln i natur- och stadsmiljö och hur denna påverkas av ett förändrat klimat. Studenten ska kunna tillämpa sina förvärvade kunskaper för att beräkna och modellera vattenflöden samt relatera förändringar i hydrologiska processer, tex. nederbörd och vattenflöden, till effekter på miljö och samhälle. I storleksordningen 50 studenter läser kursen varje år.

Nedan listas kort kurser som ges på grundutbildningsnivå, men som har ett tydligt inslag av va-teknik eller aspekter av central betydelse för vattenförsörjningen:

- Teknisk samhällsplanering (BOM575), ca 120 studenter
- Vattenresurser och hydraulik (BOM270), ca 120 studenter
- Vattenteknik och miljö (BOM345), ca 40 studenter
- Teknisk geologi (BOM200), >200 studenter

#### Kurser vid SLU

SLU delar ansvaret för civilingenjörsprogrammet Miljö- och vattenteknik med Uppsala universitet (<https://www.teknat.uu.se/utbildning/student/program-och-kurser/miljo-vattenteknik/>). SLU har ett informellt ansvar för fördjupningsblocket Uthålliga vatten- och avloppssystem (läsår 4 och 5) samt för följande dricksvattenrelevanta kurser:

#### *Vattenresursteknik, 5 hp (MV0190 SLU)*

Kursens mål är att ge kunskaper om hur en vattenbyggnadsanläggning dimensioneras utifrån hydrologiska och platsgivna förutsättningar.

#### *Projekt vattenresurser, 10 hp (MV0189 SLU)*

Kursens mål är att ge kunskaper om vattenresurserna ur såväl geovetenskapligt som samhällligt perspektiv och att ge studenten erfarenhet av att analysera behovet av ett vattenanläggningsprojekt, att utforma projektet, samt att analysera dess påverkan på produktion, säkerhet och miljö.

#### *Livscykelanalys för miljö- och vattenteknik, 5 hp (TN0313)*

Kursens syfte är att ge kunskaper och färdigheter i att kvantifiera användningen av naturresurser och dess miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv. Kursens syfte är också att tillämpa och utveckla systemtänkande, problemformulering, kritisk granskning, rapportskrivande och muntlig presentation.

#### *Val av VA-system, 10 hp (TE0021 SLU)*

Kursens syfte är att ge god helhetssyn och analysförmåga av samhällets vatten- och avloppssystem och därigenom en god grund för en framtida verksamhet som ingenjör inom området. Kursen utgör en sammanhållande del i terminsblocket "Uthålliga vatten- och avloppssystem" och går under hela terminen. I kursen ingår ett större projektarbete.

Vattenverk som är intresserade av att ge uppdragsarbeten (projektarbeten, kandidatarbeten- eller examensarbeten) för studenter som läser civilingenjörsprogrammen miljö- och vattenteknik samt energisystem kan göra detta via hemsidan studentkraft.uu. Mest relevanta är arbeten inom miljö- och vattenteknik:

Examensarbete:

<https://studentkraft.uu.se/kurser/examensarbete-i-miljo-och-vattenteknik/>

Kandidatarbete:

<https://studentkraft.uu.se/kurser/sjalvstandigt-arbete-i-miljo-och-vattenteknikkandidatarbete/>

Andra relevanta kurser: SLU ansvarar även för en rad miljövetenskapliga program och kurser och där antropogen påverkan och hantering av vattenresurser ingår, tex. EnvEuro-programmet, som är ett samarbete mellan fyra europeiska universitet inom nätverket Euroleague for Life Sciences (ELLS) och där SLU har ansvaret för specialiseringen Vattenresurser. I övrigt ges enstaka kurser inom Energisystemens miljöpåverkan (5 hp, grundnivå), Introduktionskurs – biologi och miljövetenskap (7,5 hp grundnivå), Miljöanalys (7,5 hp grundnivå), Miljöanalys (15 hp, avancerad nivå), Modellering för uthållig vattenförvaltning (7,5 hp avancerad nivå), Multivariata metoder för ekologer (4,5 hp forskarutbildningsnivå), Miljökemi (5 hp, forskarutbildningsnivå).

#### Kurser vid Uppsala universitet

Som beskrivs under avsnittet kurser på SLU, samarbetar Uppsala universitet och SLU för att utbilda civilingenjörer inom det femåriga programmet Miljö- och vattenteknik. De flesta kurser inom programmet har en tydlig anknytning till vattenfrågor, läs mer om programmet här:

<https://www.uu.se/utbildning/utbildningar/selma/program/?pKod=TMV2Y>

Uppsala universitet har också ett tvåårigt mastersprogram inom vattenteknik – Master of Science in Water Engineering. Det programmet ges på engelska och söks främst av internationella studenter, läs mer om programmet här: <https://www.uu.se/en/admissions/master/selma/program/?pKod=TVA2M>

Flera kurser inom programmet handlar om vattenrelaterade utmaningar, nedan beskrivs flera av dessa.

*Introduktion till vattenteknik, 15 hp (1HY200)*

Kursen ger en gemensam bas till alla studenter på programmet och behandlar grundläggande hydrologi, vattenresursförvaltning, de viktigaste begreppen inom fluidmekanik, introduktion till hydrokemi samt introduktion till digitalisering i vattensektorn. Studenter utvecklas inom rapportskrivning, presentationsmetoder, grupparbete och projektledning. Kursen behandlar även lika villkor och diskriminering samt etiska aspekter för yrkesutövning.

*Vattenkraft och reglerkraft, 5 hp (1TE056)*

Historik och vattenkraftverkens utformning. Damm, utskov och vattenvägar. Meteorologi, hydrologi och tillrinning. Reglering och dynamik. Miljö/natur och lagar. Undervattenkraft, pumpkraft, produktionsplanering. Hydromekanik, tillämpad flödesmekanik. Turbin och sugrör. Hydrauliska transienter.

*Hydrologiska processer, 10 hp (1HY039)*

Mikrometeorologisk teori, energi- och vattenflöden mellan jordytan och atmosfären. Energibalans, avdunstning och nederbörd. Hydrologiska processer i olika klimatzoner. Matematisk beskrivning av grundläggande processer: nederbörd, avdunstning, snösmältning, avrinning, markvattendynamik och grundvattenbildning. Vattenföring, avrinningsbildning och flodvågsspridning. Markvatten och grundvatten. Akviferer, marksättning, grundvattenresursanalys och vanliga ekvationer för grundvattenflöde. Uppskattning av transmissivitet och magasinering med hjälp av Theis- och Jacobmetoder.

*Grundvatten- och ytvattenmodellering, 10 hp (1HY041)*

Allmänna teorier kring matematisk modellering av hydrologiska system. Integrering av grundläggande processer i hydrologisk modellering i matematiska modeller. Kalibrering, parameteroptimering, validering av avrinnings- och grundvattenmodeller och deras osäkerhet. Reservoarteori. Tillämpning av nederbördsavrinningsmodeller. Principer för föroreningstransport i grundvatten. Modellering av icke reaktiv- och reaktiv föroreningstransport i grundvatten. Parameteruppskattning och geostatistiska/stokastiska metoder för grundvattenmodellering. Tillämpningar med modelleringspaket.

*Dricksvattenberedning och ledningsnät, 5 hp (1TV447)*

Kursen samläses med civilingenjörsprogrammet i Miljö- och vattenteknik. Råvattenkällor dvs. vattendrag, sjöar, reservoarer, grundvatten, som kan exploateras för vattenproduktion för dricksvattenanvändning. Grundläggande dricksvattenkemi. Introduktion till vanliga metoder för dricksvattenberedning för de olika källorna: sand- och membranfiltrering, koagulering/flockning, sedimentation, avhärdning, jonbyte, adsorption på aktivt kol, olika desinfektionsmetoder. Flödesscheman för ett antal olika kommunala vattenverk. Vattenkemiska parametrar som är relevanta för Livsmedelverkets anvisningar för dricksvattenkvalitet. Ekonomiska aspekter och resursutnyttjande i vattenberedning. Utformning av vattenledningsnät. Hydraulisk dimensionering av vattenledningsnät och avloppsledningsnät (dimensionerande vattenflöden).

*Kommunal och industriell avloppsvattenrening, 5 hp (1TV451)*

Kursen samläses med civilingenjörsprogrammet i Miljö- och vattenteknik. Historiskt perspektiv på

VA-utveckling. Innehållet, flöden och egenskaper av olika avloppsvatten samt potential för resursåtervinning. Genomgång av olika reningsmetoder; mekaniska, biologiska och kemiska processer. Modellering och analys av bioreaktorer. Aktivslamprocessen. Sedimentering. Mikrobiologiska processer inklusive biologisk kväve- och fosforrening, anaeroba processer och anammoxprocessen. Dimensionering och driftoptimering av olika processlösningar med avseende på hållbarhet. Översikt av metoder för industriell avloppsvattenrening. Studiebesök vid ett kommunalt reningsverk.

#### *Vatten och samhälle, 5 hp (1HY043)*

Vattenförvaltningshistoria, från hydrauliska verk till integrerad vattenresursförvaltning (IWRM). Förändring av hydrologiska regimer som orsakas av förändringar i markanvändning och urbanisering. Policy och verksamheter (tex. kanaler, dammar och reservoarer) som genomförs av samhällen för att hantera tillgången och efterfrågan på vatten. Samhällelig respons på hydrologiska förändringar, vattenförvaltning och påverkan av hydrologiska extremer. Kulturens, teknikens, ekonomins och klimatens roll i att forma det dynamiska samspelet mellan hydrologi och samhälle. Tvärvetenskapliga ramar som behandlar samspelet och återkopplingar mellan vatten- och mänskliga system, från socialekologiska system till sociohydrologi.

#### *Processreglering, 5 hp (1RT002)*

Kursen samläses med civilingenjörsprogrammet i Miljö- och vattenteknik. Digital implementering av PID-regulatorn där hänsyn tas till praktiska aspekter såsom integratoruppridning, stötfri övergång mellan manuell och automatisk drift, börvärdesviktning, val av samplingshastighet, och approximering av derivatadeln för att minska bruskänsligheten. Inställningsmetoder för PID-regulatorn baserat på enkla experiment och estimerade processmodeller. Utvärdering av reglerprestanda och koppling till resurseffektiv drift. Övervakning av reglerprestanda. Reglerstrategier: framkoppling, kaskadreglering och exakt linjärisering. Orientering om några andra vanligt förekommande reglerstrategier.

#### *Digitalisering inom vattensektor, 10 hp (1HY215)*

Kursen presenterar drivkrafter och anpassningsåtgärder för digitalisering i vattensektorn, som inbegriper vatten- och avloppsreningsverk, dagvattenhantering samt kopplingen mellan vatten-, livsmedel- och energisektorer. Digitalisering studeras inom ramarna för vattenkvalitetsövervakning, reglering av reningsprocesser samt driften av ledningsnät och reservoarer genom användning av realtidsövervakning, automatiserad reglering, sensorer, fjärranalys samt Internet of Things. Digitaliseringsverktygen som ingår i kursen inkluderar maskininlärning, artificiell intelligens samt statistisk och processbaserad mekanistisk modellering. Särskild vikt ges till dataöverförings- och IT-säkerhet samt etik kopplat till digitaliseringen. Kursen inkluderar projektarbete med fallstudier inom digitalisering i vattensektorn.

#### *Examensarbete inom vattenteknik, 30 hp (1HY290)*

I examensarbetet ska studenten behandla och redovisa en uppgift som ska vara relevant för masterprogrammet i vattenteknik. Uppgiften ska vara vald så att kunskaper från tidigare kurser kan tillämpas, men också breddas och fördjupas genom att studenten får söka och tillgodogöra sig ny kunskap nödvändig för att utföra arbetet. Omfångsmässigt ska uppgiften vara anpassad för att kunna lösas och redovisas inom given tidsram.

### *Yrkesanknyten praktik i vattenteknik, 5/10/15 hp (1HY281/1HY282/1HY283)*

Studenten väljer i samråd med kursens koordinator en handledare och en plats för sin praktik. Handledaren informerar studenten om projektets mål och metoder vid praktikplatsen. Studenten får möjligheter att under handledning medverka aktivt i det dagliga arbetet på praktikplatsen. Projekt och arbetsuppgifter ska ha anknytning till utbildningen i vattenteknik. Studenten deltar på möten där ämnen relevanta för praktiken diskuteras. Studenten ansvarar själv för att relevant bakgrund till praktiken erhålls.

### *Kurser vid Lunds universitet*

#### *Kusthydraulik (VVRN30)*

Introducerar och ger en grundläggande förståelse för tekniska problem och processer som förekommer i kustzonen och ger inblick i integrerad förvaltning av kustområden där kustproblem och lösningar ses som en integrerad del av samhället.

#### *Hydrologi & Akvatisk Ekologi (VVRA01)*

Syftar till att ge en helhetssyn på vattenmiljön utifrån såväl fysiska som biologiska synpunkter. Hydrologi beskriver vattencirkulationen i naturen och under människans påverkan. Akvatisk ekologi beskriver förhållandet mellan de olika komponenterna i den lokala och globala miljön.

#### *Strömningslära (VVRF10)*

Ger grundläggande strömningstekniska kunskaper som erfordras för analys och problemlösning inom några viktigare områden med vattenanknytning som en ekosystemstekniker kan komma i kontakt med.

#### *Vatten (VVRA05)*

Ger grundläggande kunskaper som erfordras för analys och problemlösning inom några viktigare områden med vattenanknytning som en väg- och vattenbyggare kan komma i kontakt med. Vidare skall studenten i viss utsträckning kunna tillämpa kunskaperna på problem inom vattenbyggnad, stadsbyggnad och vattenförsörjning.

#### *Hydromekanik (VVRN35)*

Ger en fysikalisk förståelse för fenomen och begrepp inom komplicerade vattenflöden och introducerar beräkningsmetoder för att analysera en rad viktiga hydrauliska problem. Kursen behandlar huvudsakligen strömning med fri vattenyta med betoning på kanalströmning.

#### *Strömning i naturliga vatten (VVRN40)*

Förmedlar en grundläggande förståelse för de fenomen och processer som styr strömning i naturliga ytvatten, med syfte att ge möjlighet att analysera förutsättningar och konsekvenser vad gäller mänskliga aktiviteter i naturen. I begreppet 'aktiviteter' innefattas huvudsakligen utsläpp av föroreningar men samverkan mellan olika typer av konstruktioner och vattenströmning behandlas också liksom grundläggande sedimenttransport.

#### *Integrerad Vattenresursplanering (VVRF01)*

Syftar till att förbereda studenterna att arbeta med frågor rörande integrerad

vattenresursförvaltning i ett internationellt perspektiv. Kursen har fokus på och genomförs med hjälp av praktiska exempel och projekt. Den behandlar tekniska och icke-tekniska frågor, inklusive de vanligaste vattenmiljöproblemen i både utvecklade länder och i utvecklingsländer.

#### *Avrinningsmodellering (VVRN10)*

Behandlar den del av avrinningsområdet som ligger utanför urbaniserat område med fokus på modellering av avrinningsprocesser.

#### *Sommarforsarskola i Kina (VVRF05)*

En gemensam sommarkurs vid Xiamen University, Xiamen, Kina. Kursen ges från april-september, där 4 veckor är förlagda i Kina (juni – juli). Genom ett projektarbete tillsammans med kinesiska studenter får du erfarenhet av interkulturellt samarbete i en internationell miljö. I april inleds studierna med två seminarier, där projekten och litteratur presenteras. Kursen avslutas i september med ett slutseminarium. Självstudier innan avresa ingår. Exakta datum bestäms inför kursstart.

#### *Hållbar Utveckling & Hushållning med Naturresurser (MIDA24)*

Denna kurs är ett samarbete med Mastersprogrammet LUMID. Studerar nyttjande och planering av naturresurser i utvecklingsländer från ett socio-ekologiskt perspektiv. Huvudfokus ligger på mark-, vatten- och biologiska resurser med hänsyn till klimatförändringar och variabilitet.

#### *Vatten, Samhälle & Klimatförändringar (VVRN20)*

Tillhandahåller metoder och verktyg för anpassning av vattenresurser system med avseende på klimatförändringar och klimatvariationer. Kursen kommer också att ge grundläggande förståelse för de fysikaliska processer som ligger bakom klimatförändringarna och dess effekter på den hydrologiska cykeln.

#### *Vattenrörledningssystem (VVRN25)*

Ger en omfattande teoretisk förståelse av hydrauliken bakom rörströmning och rörsystem. I kursen ingår analys, design, planering och förvaltning av rörledningar och rörsystem för vatten, avlopp, fjärrvärme och fjärrkyla

Samt kurserna:

- Direction and Coordination in Disaster Management, VRSN10
- Foundations for Risk Assessment and Management, VRSN05
- Introduction to Societal Resilience, VBRN30
- Preparedness and Planning, VBRN40
- Risk Analysis Methods, VBR180
- Risk Assessment, VBRN01
- Risk Based Land Use Planning, VBR110
- Risk Management Process, VBR171
- Applied Ecotoxicology, BIOR52
- Aquatic Ecology, BIOR82
- Limnology, BIOR17
- Marine Ecology, BIOR65
- Water Management, BIOR66

- Water and Wastewater Technology VVAF01
- Avancerad avloppsvattenhantering VVAN20
- Grundvattenmodellering och föroreningstransport VTGN05
- Grundvattenteknik VTGN10
- Finita elementmetoden – flödesberäkningar VSMN25
- Environment and sustainable development in the Middle East CMEN21
- GEON04 Global and Regional Marine Geology
- GEOA82 Berg, jord och vatten i ett miljöperspektiv
- Geologi i samhället GEOB25
- GEOP06 Hydrogeologi

## Vattenforskaraskolan

Kurser och nätverksaktiviteter fortsätter inom AquaClim Vattenforskaraskolan, som samlar över 80 doktorander från samtliga av Svenskt Vattens VA-kluster. Catherine Paul (Lunds universitet) från DRICKS är studierektor, och Thomas Pettersson ingår i forskarskolans styrgrupp.

Under 2025 fortsatte två doktorandprojekt med koppling till DRICKS inom Vattenforskaraskolan, i samarbete med Sydsvatten, ViVaB, Uppsala Vatten och Göteborg Kretslopp och Vatten som industripartners. Den ena doktoranden fokuserar på biofilm och hållbar dricksvattenberedning och distribution (C. Schleich, Lunds universitet, ViVaB, Sydsvatten). Den andra doktoranden arbetar med hållbar distribution, läckage och minskad vattenanvändning (U. Sangroula, Chalmers tekniska högskola, Göteborg Kretslopp och Vatten, Uppsala Vatten).

Under vintern 2025 samlades alla deltagare i Luleå, inklusive de fem doktorander som stöds av AquaClim-projektet, för att ta del av de olika projekten och de utmaningar som är kopplade till dem.

Under 2025 har Vattenforskaraskolan erbjudit tre kurser. Kurserna har haft deltagare både från VA-industrin och bland doktorander. De kurser som genomfördes under 2025 för båda grupperna var:

- Life Cycle Analysis (LCA) for Sustainable Water Systems (DRICKS, Chalmers)
- Resources in Wastewater (VA Mälardalen, SLU/KTH)
- Sampling and Measurements in Urban Water Systems (Dag och Nät, Luleå)

## Kurser vid Linköpings universitet

Linköpings universitet har inget dricksvatteninriktat program, men erbjuder utbildningar inom kemi, biologi och miljövetenskap som har kopplingar till bl.a. vattenanalys. Här finns exempelvis civilingenjörsprogram i kemisk biologi (6CKEB) och teknisk biologi (6CTBI), kandidat- och mastersprogram i kemi (6MKEM), samt högskoleingenjörsprogram i kemisk analysteknik (6IKEA). På TEMA Miljöförändring finns programmet Miljö, klimat och hållbar utveckling (F7KMK) och ett mastersprogram för hållbar utveckling (F7MSU). Några exempel på kurser som har bäring på analys av dricksvatten och råvatten är Analytisk miljökemi (746G22), Analytisk kemi S (NKEB03), Organisk analytisk kemi (NKEC16), Mikrobiologi (NBIA23), Miljöteknik (TKMJ24) och Miljöövervakning (746G29). Dessutom är Anna Andersson involverad i utbildningen i naturkunskap för lärare på gymnasienivå och Förskoleklass-åk 3. Gymnasielärarna får bygg ett vattenreningsystem i en petflaska och man hämtar olika råvatten och analyserar hur olika parametrar ändras före och efter vattenreningsystemet.

## 5.2 Examensarbeten

Under år 2025 har 46 studenter slutfört totalt 32 examens- och kandidatarbeten inom DRICKS olika områden, som sträcker sig från råvatten till tappkran. Nedan presenteras titlarna och författarna till dessa arbeten.

Den kompletta förteckningen över samtliga examensarbeten för 2025 finns i kapitel 6.5.

## 6. Referenser

*I detta kapitel redovisas alla publikationer som producerats inom DRICKS under 2025 – från vetenskapliga artiklar, forskningsrapporter och doktorsavhandlingar till populärvetenskapliga artiklar.*

### 6.1 Vetenskapliga publikationer

**Ahrens L., Lundgren S., McCleaf P., Köhler S.** (2025). Removal of perfluoroalkyl substances (PFAS) from different water types by techniques based on anion exchange (AIX), powdered activated carbon (PAC), iron(III) chloride and nanofiltration (NF) membrane – A systematic comparison. STOTEN, 970, 179004. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179004>

**Berggren Kleja D., Campos-Pereira H., Kikuchi-McIntosh J., Pettersson M., Golovko O., Enell A.** (2025) Evaluation of standardised (ISO) leaching tests for assessing leaching and solid–solution partitioning of perfluoroalkyl substances (PFAS) in soils. *Environments*, 12, 6, 179.

**Bergion V., Sokolova E., Samuelsson A., Östberg E., Bondelind M.** (2025) Modelling the combined impacts of climate change and socio-economic development on waterborne pathogen transport. *Water Research* 283. 123802 <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123802>

**Boogaerts T., Covaci A., Oberacher H., Flores Quintana H., Lai F. Y., Ahrens L., Assoumani A., Béen F., & Christensen J. H.** (2025). Nontarget and Suspect Screening of Fluorinated Ionic Liquids and PFAS in European Wastewaters Using Supercritical Fluid Chromatography. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5c06876>

**Bonnet B., Sharpe M., Seisenbaeva G., Yeung L., Ross I., Ahrens L.** (2025) Decontamination and surface analysis of PFAS-contaminated fire suppression system pipes: effects of cleaning agents and temperature. *Environmental Science & Technology*, 59:2222-2232. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c09474>

**Calakaj B.** (2025) (konfidentiell). Modelling the Transport of PFAS Precursors in a Saturated Porous Medium downstream of a Colloidal Activated Carbon Barrier. Master of science thesis in Environmental and Land Engineering, Politecnico di Torino, Italien. <https://webthesis.biblio.polito.it/37110/>

**Celma A., Mandava G., Wiberg K., Lundqvist J.** (2025) Effect-based assessment of run-off water streams in stormwater manufactured barriers, *ACS ES&T Water*, 2025. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.5c00256>

**Celma A., Eriksson V., Golovko O., Wiberg K.** (2025). Wide-scope screening of micropollutants in stormwater ponds within Swedish urban catchments, *Environment International*, 202:109691. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109691>

**Celma A., Skrobonja A., Khokarale S.G. Mikkola J.-P., Sørmo E., Cornelissen G., Wiberg K., Ahrens L.** (2025) Using biochar in static and dynamic flow systems to remediate per- and polyfluoroalkyl substances from contaminated stormwater runoff. *Remediation*. <https://doi.org/10.1002/rem.70041>

**Chernysh Y., Stejskalová L., Soldán P., Yin Lai F., Akbar Khan U., Stålsby Lundborg C., Giambérini L., Minguez L., M. Concepción Monte., Blanco A., Skydanenko M., Roubík H.** (2025) Risk assessment as a tool to improve water resource management. *Water Resources Management*, 39:47–63. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-024-03982-x>

**Colonnello Montero A., Mandava G., Lundqvist J.** (2026). Effect-based assessment of the quality and potential presence of hazardous chemical pollutants in drinking and potable water in Mexico City. *ACS EST Water*, 6, 1, 306–316. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.5c01058>

**Colonnello Montero A., Mandava G., Oskarsson A., Lundqvist J.** (2025). Development of a highly sensitive reporter gene cell line for detecting estrogenic activity (the ER Isjaki assay). *Environment International*, 202, 109635. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109635>

**Craig A., Norouzi M., Löffler P., Yin Lai F., Mtibaà R., Breyer E., Baltar F., W. K. Moodie L., A. Hawkes J.** (2025) Investigating the Stability of Individual Carboxylate-Rich Alicyclic Molecules Under Simulated Environmental Irradiation and Microbial Incubation Conditions, *Environmental Science & Technology*. 59:17571, 2025 <https://doi.org/10.1021/acs.est.5c01958>

**Diehl S., Manriquez J., Paul C.J., Rosenqvist T.,** (2025). A convection-diffusion-reaction system with discontinuous flux modelling biofilm growth in slow sand filters. *Applied Mathematical Modelling*, 137, p.115675. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2024.115675>

**Erb Isabel K., Gador N., Jinbäck M., Lindberg E., J. Paul C.** (2025) A data-driven early warning system for *Escherichia coli* in water based on microbial community analysis using flow cytometry 2D histograms. *Water Research X*, 100404. <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2025.100404>

**Fakioglu M., Golovko O., Baresel C., Ahrens L., Ozturk, I.** (2024) Combination of Ozonation with GAC, AIX and Biochar Post-treatment for Removal of Pharmaceuticals and Transformation Products from Municipal WWTP Effluent. *Environmental Science: Water Research and Technology*, 10, 3249. <https://doi.org/10.1039/d4ew00702f>

**Gustavsson M., Sokolova., Molander S., Prajapati P., Kjellin J., Karlsson A., Wiberg K., Kristiansson E.** (2025) Development and validation of a new method for predicting spatial and temporal concentration dynamics of active pharmaceutical ingredients in a lake receiving wastewater effluents *Water Research*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135425011625>

**Khan U.A., Löffler P., Spilsbury F., Wiberg K., Stålsby Lundborg C., Lai F.Y.** (2024) Towards sustainable water reuse: A critical review and meta-analysis of emerging chemical contaminants with risk-based evaluation, health hazard prediction and prioritization for assessment of effluent water quality, *Journal of Hazardous Material*, 480:136175. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.136175>

**Liljeström O., Rosenqvist D., B. Kleja D., Enell A., Ahrens L.** (2025) Pilot scale treatment of PFAS-contaminated groundwater in a subsurface flow constructed wetland – evaluating multiple plant species, *Environmental Pollution* <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.127199>

**Löffler P., Henschel H., Ugolini V., Flores Quintana H., Wiberg K., Lai, F.Y.** (2025) Exploring the role of photolysis in the aquatic fate of antimicrobial transformation products: Implications for one health, ACS ES&T Water, 2024. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.5c00327>

**Löffler P., L. Schymanski E., Henschel H., Yin Lai F.** (2025) In Silico Frontiers Shaping the Next Generation of Transformation Product Prediction and Toxicological Assessment, Environmental Science & Technology, 2025 <https://doi.org/10.1021/acs.est.5c06790>

**Löffler P., Rehnstam S., Ahrens L., Yin Lai F., Celma A.** (2025) Long-Term System Suitability Evaluation for Mass Accuracy in the Analysis of Small Molecules by High-Resolution Mass Spectrometry, Journal of the American Society for Mass Spectrometry, 2025. <https://doi.org/10.1021/jasms.5c00128>

**Majedul Islam M.M., Bondelind M., Bergion V., Sokolova E.** (2025) Changing climate and socio-economic conditions as part of quantitative microbial risk assessment of surface drinking water sources: A review. <https://doi.org/10.2166/wh.2025.486>

**McEvoy A., Paul C., Modin O., Saeid Mohammadi A., McKelvey T., Murphy K.** (2025) New Rapid Methods for Assessing the Production and Removal of Labile Organic Carbon in Water Treatment Using Fluorescence and Oxygen Measurements ACS ES&T Water 2025 5 (4), 1990-2001. DOI: [10.1021/acsestwater.5c00153](https://doi.org/10.1021/acsestwater.5c00153)

**Mottaghipisheh J., Gautam R., Ahrens L.** Combined RP-HILIC for suspect screening of persistent, mobile, and toxic substances in surface water: A case study. Scientific Reports (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-29664-1>

**Murphy K. R.** (2025). "Prediction of Dissolved Organic Carbon Concentrations in Inland Waters Using Optical Proxies of Aromaticity." Environmental Science & Technology **59**(31): 16430-16442.

**Niarchos G., Ahrens L., Berggren Kleja D., Liebenehm Axmann A M., Fagerlund F.** (2025) Impact of dissolved organic carbon on per- and polyfluoroalkyl mobility in activated carbon-amended soils. Environmental Pollution, 384:126928, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.126928>

**Niarchos G., Alygizakis N., Carere M., Dulio V., Engwall M., Hyötyläinen T., Kallenborn R., Karakitsios S., Karakoltzidis A., Kärrman A., Lamoree M., Larsson M., Lundqvist J., Mancini L., Mottaghipisheh J., Rostkowski P., Sarigiannis D., Vorkamp K., Ahrens L.** (2024) Pioneering an effect-based early warning system for hazardous chemicals in the environment. TrAC Trends in Analytical Chemistry 180, 117901. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2024.117901>

**Pilotto F., Golovko O., Hultberg H.** (2025) Water quality and pesticide contamination in agricultural streams: assessing white-rot fungi and biochar treatments as remediation strategies. Journal of Environmental Management, Volume 394, 2025, 127282, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127282>

**Rosenqvist T., Chan S., Paul C.J.** (2025) Uncharacterized members of the phylum *Rozellomycota* dominate the fungal community of a full-scale slow sand filter for drinking water production. *Water Research* 279 (2025): 123447. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123447>

**Sokolova E., Prajapati P., Ekman F., Maharjan N., Lindqvist S., Kjellin J., Karlsson A., Bondelind M., Ahrens L., Köhler S.** (2025) Modelling PFAS transport in Lake Ekoln: Implications for drinking water safety in the Stockholm region. *Environmental Pollution*, 367, 125581. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125581>

**Speksnijder B., Celma A., Tyka M., Simha P., Golovko O.** (2025) Biochar potential for long-term pharmaceutical remediation in flow-through tertiary wastewater systems. *Journal of Environmental Management*, 394:127389, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.127389>

**Säve-Söderbergh M., Gyllenhammar I., Schillemans T., Lindfeldt E., Vogs C., Donat-Vargas C., Helte E., Ankarberg E., Glynn A., Ahrens L., Åkesson A.** (2025a) Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in drinking water, gestational diabetes mellitus, hypertension and preeclampsia: A nation-wide register-based study on PFAS in drinking water, *Environment International*, 198, 109415.

**Säve-Söderbergh M., Gyllenhammar I., Schillemans T., Lindfeldt E., Vogs C., Donat-Vargas C., Halldin Ankarberg E., Glynn A., Ahrens L., Helte E., Åkesson A.** (2025b) Fetal exposure to perfluoroalkyl substances (PFAS) in drinking water and congenital malformations: A nation-wide register-based study on PFAS in drinking water, *Environment International*, 198, 109381.

**Rehnstam S., Smith S.J., Ahrens L.** (2024). Suspect and non-target screening of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and other halogenated substances in electrochemically oxidized landfill leachate and groundwater. *J. Hazard. Mater.*, 480, 136316.

**Rosenqvist T., Hilding J., Suarez C., Paul C.J.,** (2025). Microbial communities in slow sand filters for drinking water treatment adapt to organic matter altered by ozonation. *Water Research*, 270, p.122843. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122843>

**Tisler S., Zweigle J., Gotil M. K., Finckh S., Brack W., Braxmaier E.-M., Meyer C., Hollender J., Kosjek T., Schymanski E. L., Larsson P., Kärrman A., Selin E., Elabbadi D., Elliss H., Kasprzyk-Hordern B., Tisler S., Kilpinen K., Devers J., Castro M., Jørgensen MB., Mandava G., Lundqvist J., Cedergreen N., Christensen JH.** (2025) Mapping emerging contaminants in Wastewater Effluents through multichromatographic platform analysis and source correlations. *Environmental Science & Technology*, 59, 11, 5766–5774. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5c01139>

**Ugolini V., Akbar Khan U., Löffler P., Spilsbury F., Yin Lai F.** (2025) Insight into on-site sewage facilities as an overlooked contributor to antimicrobial resistance: Environmental impacts and existing mitigation strategies, *Journal of Environmental Management*, 391:126528, 2025 <https://doi.org/10.1016/j.greeac.2024.100143>

**Wang Y., Castro M., Tisler S.; Jørgensen MB., Kilpinen K., Devers J., Luckute A., Lundqvist J., Christensen J., Cedergreen N.** (2025) The hidden toxicity of solid phase extraction blanks in water analysis. *Environmental Toxicology and Chemistry*. <https://doi.org/10.1093/etjnl/vgaf127>

**Wong T.Y., Celma A., Storm N., Hultberg M., Golovko O.** (2025) Qualitative analysis on contaminants of emerging concern in Swedish landfill leachates: a snapshot of occurrence and spatio-temporal variability, *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109834>

## 6.2 Konferensartiklar och andra konferensbidrag

*Här listas förutom konferenspresentation även muntliga och poster-presentationer.*

**Celma A., Eriksson V., Golovko O., Wiberg K.** (2025). Chemical pollution in stormwater ponds. Suspect screening of organic micropollutants in impacted reservoirs in a Swedish context, *SETAC Europe 35th Annual Meeting, 11-15 May 2025. Vienna, Austria*. Poster.

**Celma A., Skrobonja A., Ahrens L., Wiberg K.** (2025). Biochar as a green remediation approach for per- and polyfluoroalkyl Substances in contaminated stormwater. *SETAC Europe 35th Annual Meeting, 11-15 May 2025. Vienna, Austria*.

**Lindhe A.** 2025. Kunskap, attityder och värdering av dricksvatten. Nationell dricksvattenkonferens, 5-6 november 2026, Umeå.

**Paul C.J.** Changes in microbial water quality during contact with new PE (polyethylene) pipes. Seminarium - Nätverk Material i kontakt med dricksvatten. June 2025

**Pettersson T. J. R.** (2025). Swedish Experiences from Training Courses/Tools for Water Safety Plan. IWA Water and Development Congress & Exhibition, Bangkok, 8-12 Dec 2025.

**Pettersson T. J. R.** (2025). Training Sessions on Health Risk Assessment of Reclaimed Drinking Water Supply for Water Professionals. IWA 14th International Conference on Water Reclamation & Reuse, Cape Town, South Africa, 16-19 March 2025.

**Rosenqvist T. and Paul C.J.** The microbiology of building new slow sand filters in Sweden. "Slow Sand Filter Futures Workshop" EBNet and the Water Biofilms Working group, Royal Society of Chemistry, London, UK. January 2025

**Schleich C, Gador N., Björksund-Tuominen M, Paul C. J.** 2025. Impact of monochloramine removal on biostability in a drinking water distribution system. *WaterMicro June 2025, Netherlands*. Panel debate.

**Sokolova E., Bergion V., Bondelind M.** (2025). Future microbial water quality: modeling the effects of climate and socioeconomic changes on a drinking water source. *WaterMicro, 22nd Health Related Water Microbiology Conference 15-20 Jun 2025, Amersfoort, The Netherlands*.

## 6.3 Doktors- och licentiatavhandlingar

**Björn Bonnet, SLU** - Development of innovative treatment techniques for infrastructure contaminated with per- and polyfluoroalkyl substances, 11 april, 2025.  
<https://publications.slu.se/?file=publ/show&id=132962&lang=se>

**Paul Löffler, SLU** - Impact of antimicrobial transformation products on aquatic Environments (preliminary title), 21 nov, 2025. [loffler-p-20251014.pdf](#)

**Sofia Lindblad, SLU** - Effect-directed analysis and suspect screening to identify potential toxic drivers in water, Oct 30, 2025. [lindblad-s-20250924.pdf](#)

**Tage Rosenqvist, Lund Universitet** - Harnessing the microbiomes of water treatment and distribution for cleaner water, Feb 7, 2025 <https://lup.lub.lu.se/record/4d2254c2-a278-46a8-b99e-70245cf6ada2>

**Valentina Ugolini, SLU** - Antimicrobial resistance in on-site sewage facilities: Environmental impact on receiving waters and mitigation strategies, 10 juni 2025.  
<https://pub.epsilon.slu.se/37162/1/ugolini-v-20250516.pdf>

## 6.4 Rapporter

**Celma A., Rehnstam S., Löffler P., Wiberg K., Lilja K., Ek Henning H., Gustafsson J., Wendt-Rasch L.** (2026). Bridging the gap between regulatory agencies and academic research for non-target screening studies in a Swedish context. Report 2025:14, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Department of Aquatic Sciences and Assessment.

**Djukanovic S., Laurell P.** (2025). Bedömning av toxiciteten hos biprodukter från desinfektion med effektbaserade metoder. Finlands Vattenverksförening r.f., Vattenverksföreningens duplikatserie nr 104, ISBN 978-952-7545-31-7. <https://vesilaitosyhdistys.futural.fi/surveys/registry/986>

**Lindhe A., Söderqvist T.** (2025). Kunskap, attityder och värdering av dricksvatten. Resultat från en nationell studie av hushåll med kommunalt dricksvatten. Svenskt Vatten, SVU 2025-6.

**Sandell V.** 2025. Buried but Not Gone – Internal Phosphorus Loading in Lake Vomb. Master's thesis. Lund University, Centre for Environmental and Climate Science (CEC). Available at: <https://lup.lub.lu.se/student-papers/record/9201003>.

## 6.5 Examensarbeten

**Albashir F., Andersson L., Lundberg H., Nordlund M., Ronquist S., Wall J.** (2025) Ökade stängningar av Göteborgs råvattenintag – En analys av saltvatteninträngning, bakteriehalter och väderdata (2001–2025). Kandidatarbete, Chalmers tekniska högskola. URL: <http://hdl.handle.net/20.500.12380/309927>

**Astervik, K.** (2025). Utvärdering av en fluorescensbaserad sensor för detektion av oljespill i Mälarens råvatten (Dissertation, Master's thesis). Uppsala universitet. Hämtad från <https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1975977/FULLTEXT01.pdf>

**Bashiry D.** (2025). Investigation of the impact of artificial infiltration on the movement of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in a portion of the Uppsala Esker. (Dissertation, Master's thesis). Uppsala universitet. Tidsfördröjd publicering (1 års embargo).

**Bengtsson A.** (2025). Quantification and detection of *E. coli* in drinking water using membrane filtering and flow cytometry (Dissertation, Master's thesis). Linköpings universitet.

**Berggren O., Huang J.** (2025). Gränsdragning mellan förnyelse och underhåll av dricksvattenledningar. Examensarbete högskoleingenjörprogrammet Samhällsbyggnadsteknik. Chalmers Tekniska Högskola. Hämtad från <https://odr.chalmers.se/bitstreams/29dc5a8a-9409-4072-a940-573240e00949/download>

**Blad E., Rydsmo E.** (2025). Including Climate Change Resilience in Multi-Criteria Decision Analysis of Potential Drinking Water Sources Method Development for Early-Stage Water Supply Planning. Master's Thesis. Chalmers University of Technology.

**Brych J.** (2005) Unveiling antibiotic phototransformation products in surface water: Structural elucidation, (Eco)toxicological risks, and resistance-related implication (Dissertation, Master's thesis). Uppsala universitet. Hämtad från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1969698/FULLTEXT01.pdf>

**Dahlin E.** (2025). Grundvattenpumpning som saneringsåtgärd för PFAS – en modellstudie vid Sundsvall-Timrå Airport. MSc Examensarbete i miljö- och vattenteknik, Uppsala universitet. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-551876>

**Dürebrandt G.** (2025) Evaluation of the removal efficiency of per- and polyfluoroalkyl substances in membrane and foam fractionation-processed water using electrochemical oxidation. (Dissertation, Master's thesis). Uppsala universitet. Hämtad från <https://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1989527&dswid=2629>

**Eklund D., Fredriksson L., Gustafsson M., Lindeberg F., Norén P., Otterström E.** (2025) Analys av råvattenkvaliteten i Stora Delsjön och Lackarebäck – En statistisk analys av råvattenkvaliteten med fokus på missfärgning, bakterier, samt fosfor och kvävenivåer. Kandidatarbete, Chalmers tekniska högskola. URL: <http://hdl.handle.net/20.500.12380/309893>

**Eriksson, E., Jabeskog A., Jonsson M., Lundgren A., Schwartze E., Widlund K.** (2025). The impact of water efficient products on energy and water consumption and user experience - A qualitative and quantitative study of HSB Living Lab. Kandidatarbete, Chalmers tekniska högskola. Hämtad från <https://odr.chalmers.se/bitstreams/9cf13512-3be4-47d8-8c5d-82b71ea1cb03/download>

**Faiz S.** (2025). Advancing Pediatric PBTK Modelling for PFAS: Towards Refined Exposure Limits to Protect Children's Health. (Dissertation, Master's thesis). Sveriges lantbruksuniversitet.

**Gavrilov P., Lanqvist I.** (2025). Sustainable Water Use at Volvo Cars Torslanda - An Assessment of Water Use and Potential Reduction Strategies at Volvo Cars Operations in Gothenburg. Master's

Thesis. Chalmers University of Technology. Hämtad från <https://odr.chalmers.se/bitstreams/538e78ab-d395-49e9-9eff-cbe2d892c773/download>

**Hagström M.** (2025). PFAS removal using foam fractionation and removal of hardness using pellet reactors. (Dissertation, Master's thesis). Uppsala universitet. Tidsfördröjd publicering (1 års embargo).

**Hansson E., Karlsson E.** (2025). Modelling of Combined Sewer Overflow for Future Climate Change and Urban Development in Trollhättan - A quantitative and water qualitative assessment for River Göta älv as a drinking water source. Master's Thesis. Chalmers University of Technology. Hämtad från <https://odr.chalmers.se/bitstreams/87121705-f926-4718-bc85-1f845eec3e57/download>

**Häussermann A.** (2025). Genome-scale modeling of cyanobacteria from a slow sand filter in drinking water treatment. (Dissertation, Master's thesis). Lunds universitet (<http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/9201208>)

**Jansson J.** (2025). PFAS in Fyrisån – spatial and temporal trends. (Dissertation, Bachelor's thesis). Uppsala universitet. Hämtad från [https://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-323&aq2=%5B%5B%5D%5D&c=639&af=%5B%5D&searchType=LIST\\_LATEST&sortOrder2=title\\_sort\\_asc&language=sv&pid=diva2%3A1969683&aq=%5B%5B%5D%5D&sf=all&aqe=%5B%5D&sortOrder=author\\_sort\\_asc&onlyFullText=false&noOfRows=50](https://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-323&aq2=%5B%5B%5D%5D&c=639&af=%5B%5D&searchType=LIST_LATEST&sortOrder2=title_sort_asc&language=sv&pid=diva2%3A1969683&aq=%5B%5B%5D%5D&sf=all&aqe=%5B%5D&sortOrder=author_sort_asc&onlyFullText=false&noOfRows=50)

**John A. S.** (2026). Modelling PFAS Contamination in Lake Mälaren to Assess the Impact on the Drinking Water Supply (Dissertation, Master's thesis). Uppsala universitet. Hämtad från <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:2041781/FULLTEXT01.pdf>

**Kavinga G.** (2026). Machine Learning Models for Tracking Pollutant (E. coli) Levels at the Water Intake at Lake Rådasjön. (Dissertation, Master's thesis). Uppsala universitet. Hämtad från <https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:2027911/FULLTEXT01.pdf>

**Klotz L.** (2025). Dynamics of Microbial Communities in Newly Installed PE Pipes. (Dissertation, Master's thesis). Lunds universitet (<http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/9206262>)

**Kvarnmyr E.** (2025). Per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS) i Märstaån: Kartläggning av massflöden och punktkällor. MSc Examensarbete i miljö- och vattenteknik, Uppsala universitet. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-559113>

**Lundell F.** (2025). Retention of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in natural groundwater by soil material from a permeable reactive barrier with Colloidal Activated Carbon. Avancerad nivå, A2E. Uppsala: SLU, Institutionen för mark och miljö <https://stud.epsilon.slu.se/21662/>

**Löfvendahl O.** (2025). Flow cytometric analysis of *Escherichia coli* for drinking-water quality monitoring (Dissertation, Master's thesis). Linköpings universitet.

**Neba F.** (2025) PFAS in drinking water wells, soil and plants near Ärna. (Dissertation, Bachelor's thesis). Uppsala universitet. Hämtad från <https://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1973258&dswid=-323>

**Niskakoski V.** (2025) Växtskyddsmedel med särskilt farliga egenskaper- Trender för användning, fynd och toxicitet i ytvatten. (Dissertation, Bachelor's thesis). Sveriges lantbruksuniversitet. Hämtad från <https://stud.epsilon.slu.se/21131/1/niskakoski-v-20250618.pdf>

**Pulkkanen L.** (2025). Removal of per- and polyfluoroalkyl substances by ultrafiltration assisted by complexation (Dissertation, Master's thesis). Uppsala universitet. Tidsfördröjd publicering (1 års embargo).

**Ragavi Suresh P.** (2025). Investigating The Role of Upstream Distribution Network Disruptions in Legionella Colonization of Downstream Water System. Master's Thesis. Chalmers University of Technology. Hämtad från <https://odr.chalmers.se/bitstreams/3c7c65e5-e4da-4a5a-ba26-a99c22e14673/download>

**Raju R. T.** (2025). Predicting NOM (Natural Organic Matter) concentration in a drinking water resource: Lake Mälaren (Dissertation, Master's thesis). Uppsala universitet. Hämtad från <https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1989361/FULLTEXT01.pdf>

**Stjerna R.** (2025). Reuse of Industrial Wastewater Semiconductor Industry. Master's Thesis. Chalmers University of Technology.

**Suyambulingam Raja K.** (2025). Why Water Consumption Is Declining in Gothenburg: Factors and Future Strategies Exploring the driving forces behind decline in water consumption and suggest practical solutions. Master's Thesis. Chalmers University of Technology. Hämtad från <https://odr.chalmers.se/bitstreams/9e82073c-3460-4f37-acfe-c8ef78520f04/download>

**Uebel T.** (2025). Investigation of the impact of artificial infiltration on the movement of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in a portion of the Uppsala Esker. (Dissertation, Master's thesis). Uppsala universitet. Hämtad från <https://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1984383&dswid=-4#:~:text=This%20study%20investigates%20how%20infiltration%20in%20the%20Uppsala,an%2018-week%20period%20of%20no%20infiltration%20during%202025>

**Wikström A.** (2025). Optimizing Water Tank Levels Using Genetic Algorithms. Master's Thesis. Chalmers University of Technology. Hämtad från <https://odr.chalmers.se/bitstreams/087f0e94-420c-4acc-9c45-6e470f852ca2/download>