

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

DRICKS 2023



Sammanfattning

Forskningen inom DRICKS bedrivs vid medlemsuniversiteterna: Chalmers, SLU, Lunds universitet, Uppsala universitet och Linköpings universitet. Detta sker i mycket nära samarbete med branschen. Under 2023 var elva medlemsorganisationer, kommunala vattenproducenter, medlemmar i DRICKS. Även åtta företag samverkar med forskare och vattenproducenter inom DRICKS företagsgrupp.

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

- AP1 - Säker vattentillgång
- AP2 – Framtidens vattenverk
- AP3 - Hållbar distribution
- AP4 - Säker vattenkvalitet

Under 2023 har forskningen inom DRICKS bedrivits utan några pandemi-restriktioner. Möten, sammanträden, seminarier, och evenemang har kunnat genomföras fysiskt, men omställningen som gjordes till digitalt format under pandemin har fortsatt att vara ett effektivt arbetssätt varför dessa är fortsatt vanligt förekommande och där fysiska möten och träffar har minskat i omfattning jämfört med innan pandemin. Under året har forskning inom arbetspaketen genomförts enligt följande: inom AP1 har arbetat med att utveckla metoder för riskbedömning och beslutsstöd. Inom AP2 har vi undersökt förekomst av kemiska ämnen och barriärverkan i vattenverk. Inom AP3 har vi fortsatt studierna med elektronisk tunga samt analyserat dricksvattenkonsumtion kopplat till läckage. Inom AP4 ligger fokus fortsatt på att utveckla verktyg och metoder för riskbedömningar och säker vattenkvalitet.

För att nå ut med forskningsresultat till branschen och andra forskare har DRICKS anordnat olika möten och evenemang, där vi under 2023 arrangerade sju webinarier för DRICKS medlemmar, och DRICKS har deltagit i externt anordnade möten och konferenser för att sprida kunskap. Under 2023 har 40 studenter genomfört 15 examensarbeten och kandidatarbeten inom hela DRICKS verksamhetsområde – från råvatten till tappkran. Slutligen har det under året publicerats ett flertal vetenskapliga artiklar och tekniska rapporter, och de fem medlemsuniversiteterna har gett många kurser med koppling till VA-frågor där målsättningen är att få fler studenter att välja just en VA-inriktning.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	1
Innehållsförteckning	2
1. Bakgrund	4
2. Projektprogrammet DRICKS	5
2.1 DRICKS projektbeskrivning.....	5
2.2 Samverkan med branschen	6
2.3 Användning av Svenskt Vattens medel.....	7
3. Forskningsresultat.....	8
3.1 Säker vattentillgång (AP1)	8
3.2 Framtidens vattenverk (AP2).....	13
3.3 Hållbar distribution (AP3)	22
3.4 Säker vattenkvalitet (AP4)	26
4. Kommunikation och publicering (AP5).....	32
4.1 DRICKS seminarier & arrangemang	32
DRICKS-internat 2023.....	32
DRICKS workshops/seminarium.....	32
DRICKS-webbinarier	32
Ytterligare konferenser	34
Vattenforskarskolans årliga möte	34
4.2 Vetenskaplig publicering, konferenser, möten, media.....	35
4.3 DRICKS hemsida och nyhetsbrev	35
Hemsida	35
Nyhetsbrev.....	35
Facebook.....	35
Övrigt.....	36
5. Undervisning kopplad till DRICKS.....	36
5.1 VA-kurser och kursutveckling	36
Kurser vid Chalmers	36
Kurser vid SLU	37
Kurser vid Uppsala universitet	39
Kurser vid Lunds universitet.....	41
Vattenforskarskolan	43

5.2	Examensarbeten	43
6.	Referenser	44
6.1	Vetenskapliga publikationer	44
6.2	Konferensartiklar och andra konferensbidrag (muntliga såväl som posterpresentationer)	47
6.3	Doktors- och licentiatavhandlingar.....	48
6.4	Rapporter.....	49
6.5	Examensarbeten	49

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. Den första projektperioden löpte under fem år, och DRICKS har sedan dess finansierats i treårsperioder (med undantag för ettårsperioden 2021).

DRICKS övergripande målsättning är att den forskning som bedrivs i samverkan med branschen ska 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

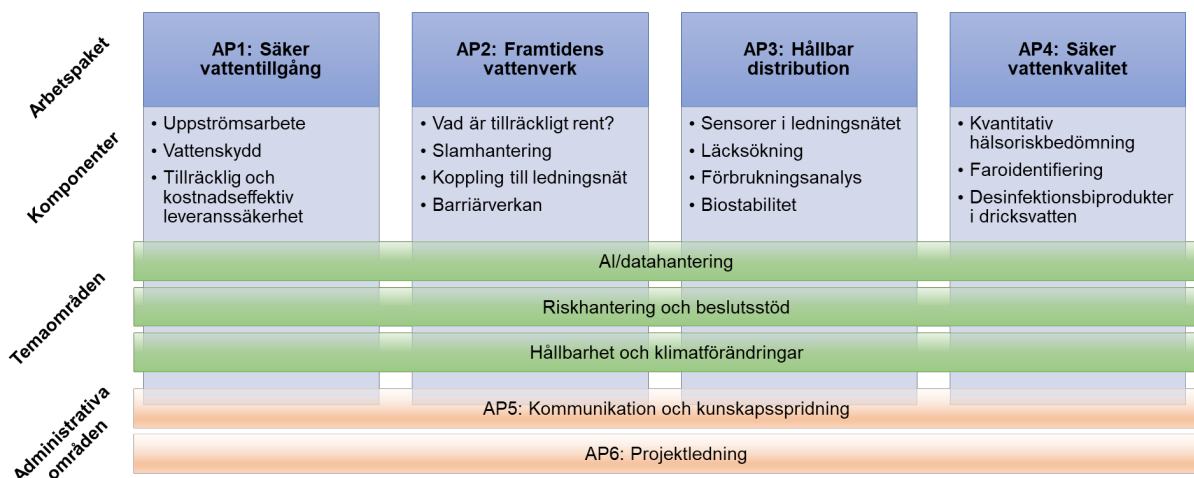
I detta avsnitt beskrivs hur DRICKS olika verksamheter binds ihop genom integrerade projektdelar, vilka finansierare som bidragit med finansiering och hur de övergripande arbetspaketen samverkar för att täcka de delområden som DRICKS i tidigare program delat in dricksvattenområdet i.

2.1 DRICKS projektbeskrivning

DRICKS arbete har under 2023 varit uppdelat och strukturerat i de delar som illustreras i figur 1. Det är inom de fyra arbetspaket 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. De tre temaområdena representerar aspekter som är betydelsefulla för samtliga arbetspaket och därför samverkar samtliga arbetspaket kring dessa frågor.

- AP1 - Säker vattentillgång
- AP2 – Framtidens vattenverk
- AP3 - Hållbar distribution
- AP4 - Säker vattenkvalitet

Utöver dessa fyra arbetspaket ingår ytterligare två arbetspaket: Kommunikation och resultatspridning (AP5) och Projektledning (AP6), vilka utgjort stommen för projektledning, administration och kommunikation av DRICKS verksamhet och aktiviteter.



Figur 1: Grafisk illustration av de arbetspaket, komponenter och temaområden som ingår i DRICKS arbete under 2023.

Föreståndare för DRICKS är Thomas Pettersson och vice föreståndare är Andreas Lindhe. Louise Kärnell är DRICKS koordinator. För varje arbetspaket finns en så kallad arbetspaketsamordnare utsedd, var 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

Inom DRICKS har vi sedan starten 2003 haft ett nära och produktivt samarbete med dricksvattenbranschen. Under 2023 hade DRICKS 11 medlemsorganisationer. Merparten av projektsamarbetena har under året genomförts i de fyra arbetspaketen, vars resultat presenteras i kapitel 3. Nedan beskrivs några exempel som visar hur samverkan sett ut mellan DRICKS forskare, medlemmar, företagsgrupp och branschen i övrigt.

SLU har tillsammans med Chalmers, Lunds universitet, Göteborgs universitet och Uppsala universitet ett samarbete med Uppsala Vatten och Avfall, Sydsvatten, Stockholm Vatten och Avfall, och Norrvatten inom det Formas-finansierade projektet SIDWater - SIDWater – Hållbara innovativa lösningar för behandling av dricksvatten för storskalig vattenförsörjning och återanvändning av processvatten (Formas 2022-02108). SIDWater-projektet kommer att undersöka fyra fallstudier med olika vattenkällor i nära samarbete med dricksvattenleverantörer, inklusive: Fyrisån för konstgjord infiltration (Uppsala Vatten), Bolmen och Vombsjön för konstgjord infiltration (Sydsvatten), Mälärvatten nära Järfälla (Norrvatten) och Mälärvatten nära Stockholm (Stockholm Vatten). Under 2023 har övervakning av den styrda akviferuppladdningen (MAR) tillsammans med Uppsala Vatten och Sydsvatten samt övervakning av råvattnet vid Mälaren påbörjats och kommer att fortsätta under 2024 för att undersöka säsongsmässiga förändringar och trender för PFAS.

Under 2022 startades projektet "MiKe – mikrobiologiska och kemiska risker i dricksvatten" av BioCell Analytica och Micans med projektmedel från Svenskt Vatten Utveckling, DRICKS samt 15 st deltagande VA-organisationer. Från DRICKS deltar Norrvatten, NOV, Göteborg KoV, VIVAB, Vätternvatten och Uppsala Vatten. Projektet består av två arbetspaket – ett som drivs av Micans med fokus på biostabilitet, assimilerbart organiskt kol och biofilmstillväxt och ett som drivs av BioCell Analytica där effektbaserad analys används för att mäta förekomst av okända kemiska föroreningar samt cocktaileffekter. Under 2023 gjordes mätningar, projektet kommer att pågå till 2024 och resultera i en SVU-rapport.

Chalmers har i samverkan med Lunds universitet, Kommunalförbundet Vatten & Miljö i Väst AB (Vivab), Trollhättan Energi, Kungälv Kommun, Göteborgs stad Kretslopp och Vatten, Nodra AB och konsultbolaget Ramboll, testat nya metoder för att mäta biostabilitet i dricksvattenprover baserat på fluorescens och syrekonsumtion vilket startade 2022. Projektet Oxidation Demand and Rate (ODaR) as a sensitive proxy of biostability in drinking water (Formas 2021-01411), med finansiering från nämnda dricksvattenproducenter och Formas, syftar till att snabbt kunna mäta AOC och återväxt potentialen hos vattenproducenten på ett billigt sätt. Medfinansiering kommer även från Lisshedsstiftelsen och J. Gust. Richerts stiftelse. Projektet fortsatte under 2023.

Under 2023 har Chalmers fortsatt ett sedan tidigare påbörjat arbetat kopplat till leveranssäkerheten i Göteborgsregionens dricksvattenförsörjning. Arbetet har genomförts tillsammans med de tretton kommunerna i regionen samt Göteborgsregionens kommunalförbund, och syftar till att ta fram praktiskt underlag för den långsiktiga planeringen och visa hur bland annat gemensamma åtgärder kan påverka leveranssäkerheten i såväl enskilda kommuner som regionen i helhet.

Tillsammans med Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad, har Chalmers under 2023 även arbetat med att utveckla en metod för att utvärdera de samhällsekonomiska effekter som uppstår då förnysetakten av dricksvattnenätet ändras. Syftet är att kunna ta hänsyn till kostnader och nyttor

för såväl va-organisationen som för samhället i stort. Resultaten ska kunna användas för att lättare illustrera förnysetaktens effekter och fungera som beslutsunderlag.

2.3 Användning av Svenskt Vattens medel

Under 2023 har Svenskt Vatten Utveckling (SVU) finansierat DRICKS med 2 481 kkr, fördelat på Chalmers 1580 kkr, SLU 285 kkr, Lunds universitet 318 kkr, Linköpings universitet 128 kkr samt Uppsala universitet 170 kkr.

En mer detaljerad ekonomisk redovisning av kostnaderna under 2023 finns i den ekonomiska bilagan (Bilaga 1), vilken endast delges finansiären Svenskt Vatten.

3. Forskningsresultat

I detta kapitel presenteras forskningsresultaten från arbetet inom DRICKS olika arbetspaket under 2023.

3.1 Säker vattentillgång (AP1)

Syftet med detta arbetspaket är att ta fram kunskap och utveckla metoder för att säkerställa tillgången på råvatten av god kvalitet samt uppnå en säker leverans av dricksvatten till konsument. Arbetet är indelat i tre komponenter och nedan beskrivs resultaten från arbetet under 2023. Samordnande för AP1 är Andreas Lindhe.

Komponent 1.1 - Uppströmsarbete

(komponentledare: Ekaterina Sokolova och Catherine Paul)

Denna komponent handlar om kartläggning av föroreningskällor och deras påverkan på vattentäkter samt identifiering av möjliga åtgärder med hjälp av övervakning och modellering.

Aktivitet 1.1.1: Analys av möjligheten för användandet av uppsläppsmodeller som verktyg för kvalitetskontroll av rå- och dricksvatten.

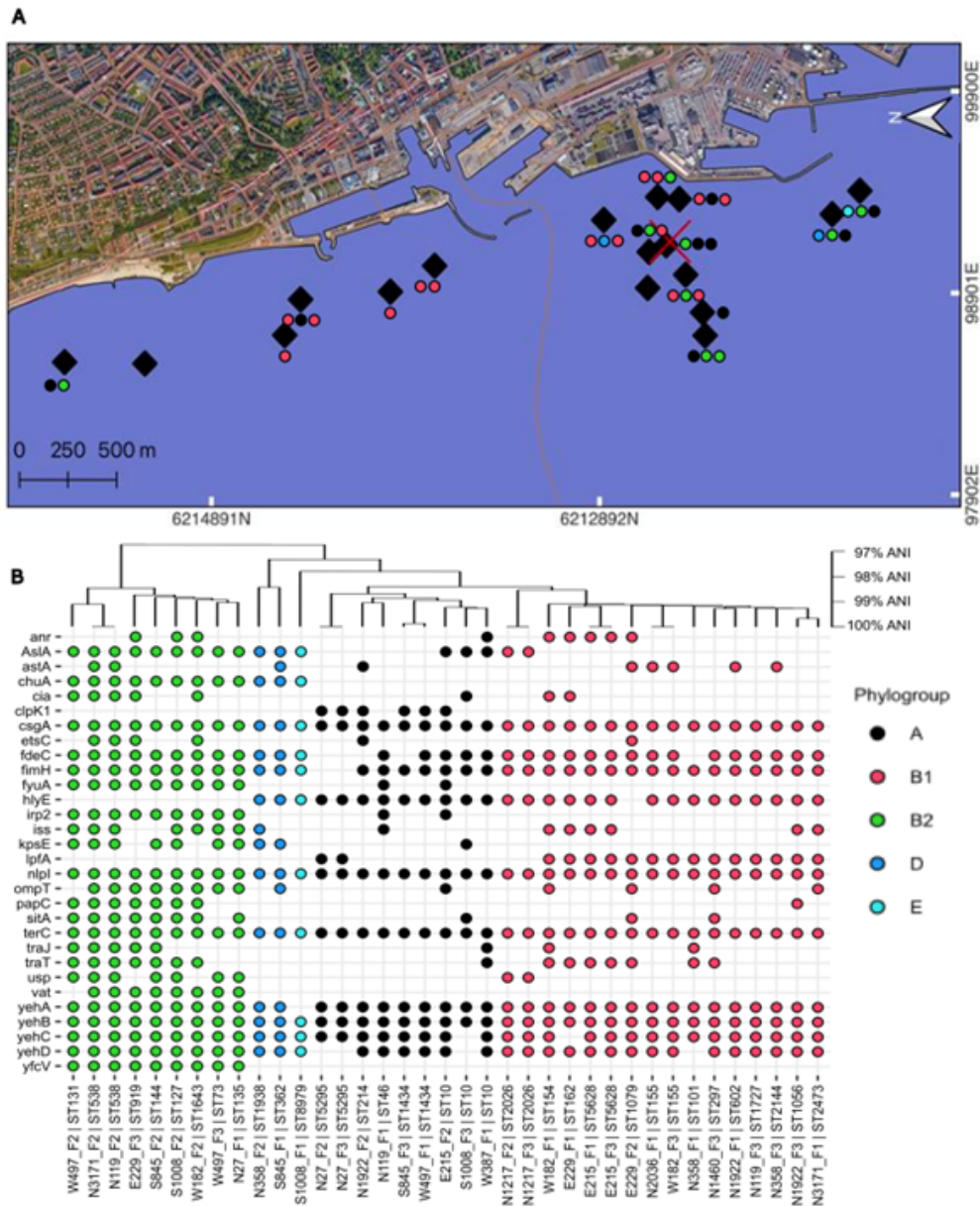
En modell för beräkning av halter av läkemedelsrester i recipienter har utvecklats. Modellen kopplar en emissionsmodell baserad på konsumtionsmängder av läkemedel till en reningsverksmodell och en hydrodynamisk modell av vattentäkten. En fallstudie för utsläpp från Uppsala till sjön Ekoln har genomförts. Arbetet kommer att beskrivas i en vetenskaplig artikel, vilken avses slutföras under andra kvartalet 2024.

Aktivitet 1.1.2: Utvärdering av förekomst av organiska mikroföroreningar som slinker igenom dagvattendamm (Tibbledammen) och förorenar råvattentäkt (Mälaren).

Tids- och flödesintegrerade prover togs i en dagvattendamm (Tibbledammen, Upplands Bro) samt i recipienten (dricksvattentäkten Mälaren) vid bas- och högflöde för att kunna utvärdera effekterna av hydrologiska händelser på förekomst av organiska miljöföroreningar. Proverna analyserades kvalitativt med högupplösande masspektrometri genom så kallad *suspect screening* och en lista över potentiellt förekommande, men ej väl studerade, organiska miljöföroreningar. Ett 60-tal organiska ämnen, främst fordonsrelaterade kemikalier, läkemedel och personliga hygienprodukter (PCP), detekterades i in- och utgående vatten och en viss andel återfanns även i råvattnet. En poster som beskrev arbetet presenterades på Svenskt Vattens Klusterkonferens 2024.

Aktivitet 1.1.3: Källspårning av fekal förorening i råvattnet med DNA-sekvensering och online-mätningar.

Under 2023 har två vetenskapliga artiklar skrivits baserat på resultaten från denna aktivitet. En av artiklarna beskriver hur DNA-sekvensering kan användas för att identifiera källorna till bakterierna i sedimentprov. Arbetet har genomförts i samarbete med VASYD, NSVA och Helsingborg stad, och syftat till att i kartlägga om det i sedimentet utanför Helsingborgs kust förekommer bakterier som har sitt ursprung från avloppsreningsverket eller bräddningar uppströms från ledningsnätet. Resultaten visar att det förekommer DNA-sekvenser från bakterier från båda källorna tillsammans med naturligt förekommande bakterier. Även levande *E. coli* identifierades, vilket visar att de kan överleva i sedimentet (figur 2).



Figur 2: Fördelning av *E. coli* phylogrupper och virulensgener isolerade från sediment i Helsingborg. A: Karta över provtagningsplatser i Helsingborg. Punkternas färg visar phylogrupp. Svart romb visar provtagningsplats. Det stora, röda X:et visar avloppsutsläppspunkten. B: Relationer mellan olika isolerade *E. coli*. (Frank et al. 2024)

Under 2023 har studien utökats med fler sedimentprov. DNA-sekvensering har gjorts för totalt 61 olika sedimentprov, tagna under 3 olika år längs en sträcka på 3,5 km längs Helsingborgs kust, och jämförts med koncentrationen av *E. coli* samt DNA-sekvenser från så kallade "avlopps bakterier". De kompletterande proverna har gett mer information och resultaten visar att det bör finnas fler källor till levande *E. coli* än bara avloppsutsläppet.

Trots att alla källor till *E. coli* inte är kända i Helsingborg, går det att undersöka om det finns några risker kopplade till dem. Detta gjordes genom odling av *E. coli* isolerade från sediment och efterföljande karakterisering med avseende på biofilmsproduktion, resistens mot olika typer av antibiotika, salttolerans, samt helgenomsekvensering för att grupperade bakterierna i phylogrupper

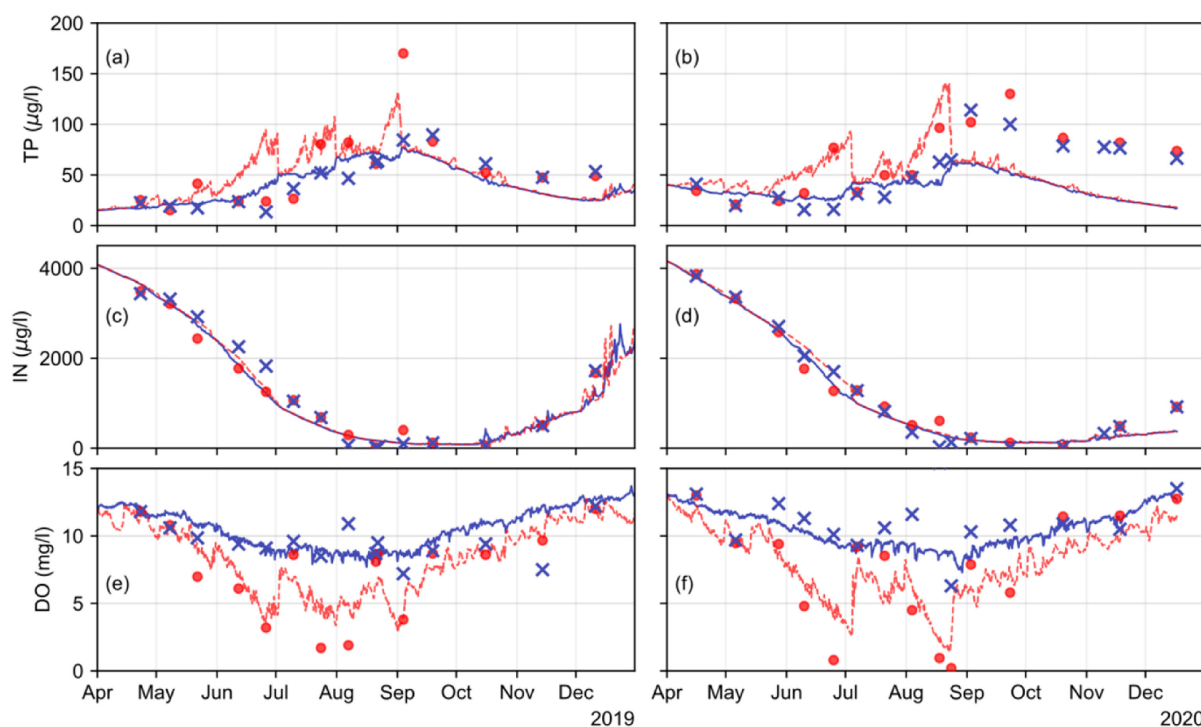
(figur 2). De E. coli som förekom närmast avloppsutsläppspunkten hade många gener för virulensfaktorer, och det var stor skillnaden mellan olika E. coli när det gäller biofilmstillväxt. Trots att många genom hade gener kopplade till antibiotikaresistens kunde bara antibiotikaresistens påvisas i ett fall.

För att snabbt kunna upptäcka fekal förorening är det viktigt med snabba analysmetoder. Ett vatten med fekal förorening innehåller inte bara E. coli, och med flödescytometri är det möjligt att identifiera samtliga bakterier. För att vidareutveckla arbetet med flödescytometri har manuella och online-mätningar av E. coli samt flödescytometri (fingeravtryck) genomförts för samma vattenprov. Med hjälp av insamlade data och maskininlärning (Random Forest) utvecklas en metod för att kunna förutspå E. coli baserat på det fingeravtryck som flödescytometri ger. Projektet och preliminära resultat presenterades vid den Nationella Konferensen Avlopp och Miljö (NAM) 2023 i Borås. Ett manuskript på en vetenskaplig artikel har också skrivits. Nästa steg är att tillämpa samma datahanteringsstrategi med online-data för såväl bakterier (Coliminder, Bactosense) som väder, vattenströmmar, med mera. Data har samlats in under somrarna 2022 och 2023, även under sommaren 2024 kommer data att samlas in.

Aktivitet 1.1.4: Transport av föroreningar inom avrinningsområdet och vattentäkten studeras med processbaserad vattenkvalitetsmodellering och databaserad modellering.

Algblomningar, som är skadliga för människors hälsa och miljön, blir allt vanligare i sötvattenkällor. I vår nyligen publicerade studie (Elhabashy et al. 2023) använde vi en 3D hydrodynamisk och vattenkvalitetsmodell för att simulera övergödningen av sjön Vomb (figur 3), en råvattentäkt i Sverige, under nuvarande och framtida förhållanden. Resultaten avslöjade att extern kvävebelastning och intern fosforbelastning hade betydande inverkan på näringsämneshalterna i Vomb. En korrelation mellan klorofyll-a-nivåer (en proxy för cyanobakterier) och totalfosfor observerades också. Prognoser för 2050, med hänsyn till förändringar i lufttemperatur och nederbörd, indikerade en avsevärd ökning av cyanobakteriers biomassa, oavsett förändringar i extern näringsbelastning. Modellen kan hjälpa vattenförvaltare att identifiera viktiga näringskällor och utfirån detta planera lämpliga åtgärdsstrategier.

När det gäller datadriven modellering för att försöka förutsäga råvattenkvalitet vid vattenintaget har vi fortsatt arbeta med att förutsäga den mikrobiologiska vattenkvaliteten i Göta älv. Vi testade ett flertal klassificeringsmetoder vilka visade sig vara mindre effektiva än våra tidigare publicerade regressionsmetoder av olika komplexitet.



Figur 3: Simuleringar (linjer) och mätningar (punkter) av a-b totalfosfor (TP), c-d oorganiskt kväve (IN), och e-f upplöst syre (DO) vid sjöytan (blå) och botten (röd) i sjön Vomb under kalibreringsåret 2019 (vänster) och valideringsåret 2020 (höger). Reproducerad från Elhabashy et al. (2023).

Komponent 1.2 - Vattenskydd

(komponentledare: Andreas Lindhe)

Denna komponent är fokuserad på aspekter kopplade till riskbedömningar i arbetet med vattenskyddsområden och hur samhällsekonomiska analyser kan genomföras i syfte att visa på för- och nackdelar med vattenskyddsåtgärder.

Aktivitet 1.2.1: Påverkansfaktorer, tjänster och risker kopplade till vattentäkter.

För att vidareutveckla hur vi idag analyserar risker kopplade till vattentäkter har det inom DRICKS utvecklats en lista över så kallade vattensystemtjänster. Dessa tjänster utgörs av ekosystemtjänster och andra tjänster som vattenresurser tillhandahåller och nyttjas av oss människor. I ett examensarbete har den befintliga listan över vattensystemtjänster tillämpats i utländska fallstudier (Kalinganahalli Suresh, 2023) i syfte att se om det finns aspekter och tjänster som idag saknas. Resultaten visar att listan är tämligen heltäckande, men har kunnat kompletteras med ytterligare exempel.

Under året har även ett examensarbete genomförts (Zamzami, 2023) för att utvärdera möjligheterna att använda en så kallad Analytical Element Model (AEM) i arbetet med att avgränsa vattenskyddsområden för grundvattentäkter. Modellen är enklare och kräver typiskt mindre data jämfört med en numerisk grundvattenmodell, men kan ge mer information jämfört med då uppehållstider beräknas utan modellering. En viktig fråga i arbetet var ur osäkerheter kan hanteras. Av denna anledning skapades en modell och ett angreppssätt för att kunna simulera och ta hänsyn till osäkerheter i modellparametrarna. Resultaten från arbetet används nu för att skriva en vetenskaplig artikel som kommer att slutföras under 2024.

Aktivitet 1.2.2: Värdet av att skydda våra vattentäkter.

Tidigare under programperioden har en så kallad värderingsstudie genomförts i syfte att kartlägga vad svenska dricksvattenkonsumenter är villiga att betala för att undvika olika typer av störningar i dricksvattenförsörjningen. Studien har genomförts i form av en webbaserad enkät där människor med kommunalt vatten bland annat har fått uppskatta hur mycket deras hushåll skulle vara villiga att betala för att undvika (i) ett totalt avbrott i dricksvattenförsörjningen, (ii) situationer då vattnet måste kokas för att kunna användas som livsmedel, samt (iii) situationer då det råder vattenbrist och bevattningsförbud och liknande restriktioner införs. Baserat på resultaten har vi kunnat beräkna människors betalningsvilja för att undvika de olika typerna av störning under olika lång tid. Resultaten kommer under 2024 användas i en fallstudie för att visa hur de konkret kan användas för att värdera nyttan av riskreducerande åtgärder i dricksvattensystemen. Denna typ av data har tidigare saknats för Sverige. I samband med betalningsviljestudien kartlades även människors kunskap om och attityd till dricksvattenförsörjningen. Resultaten visar till exempel att 60 % av svenskarna inte har kännedom om vilken vattentäkt deras dricksvatten kommer ifrån och endast 20 % av småhusägarna och 3 % av de som bor i flerbostadshus har kännedom om va-taxan i deras kommun. Resultaten visar också i vilken utsträckning privatpersoner vidtagit åtgärder för att spara vatten eller ha tillgång till vatten om det uppstår problem med vattenförsörjningen. Dessa resultat och många fler aspekter kommer att publiceras i en SVU-rapport under 2024.

Komponent 1.3 - Tillräcklig och kostnadseffektiv leveranssäkerhet

(komponentledare: Andreas Lindhe och Olof Bergstedt)

Denna komponent fokuserar på kartläggning av kravnivåer och tillämpning av metoder för bedömning av leveranssäkerhet. Med leveranssäkerhet menas förmågan att leverera dricksvatten i tillräcklig mängd och utan avbrott.

Aktivitet 1.3.1: Identifiering av krav eller mål gällande leveranssäkerhet.

Det finns lagkrav och etablerade metoder i va-branschen för hur man ska arbeta med dricksvattenkvalitet. När det gäller tillgången till vatten och specifikt leveranssäkerhet saknas det dock tydliga krav i lagstiftningen. Lagen om allmänna vattentjänster (2006:412) innehåller till exempel inte några krav gällande leveranssäkerhet. För att kunna utvärdera leveranssäkerheten i ett dricksvattensystem behöver vi dock fråga oss hur ofta är det acceptabelt att en dricksvattenkonsument blir utan vatten i kranen och under hur lång tid. Att det aldrig skulle uppstå avbrott i dricksvattenleveransen får anses orimligt. En hundra procentig leveranssäkerhet skulle kräva mycket stora resurser, vilket troligen bedöms som orimligt i de flesta fall. För att lyfta frågan och kunna ge vägledning till branschen har vi samtalat med ett flertal va-huvudmän om hur de arbetar med leveranssäkerhet och huruvida de har några krav eller mål definierade i sina organisationer. För att få en mer heltäckande bild har ett utkast på en enkät utarbetats och denna kommer under 2024 skickas ut till va-huvudmän i Sverige.

Aktivitet 1.3.2: Metodik för leveranssäkerhetsanalys och beslutsstöd.

För att vidareutveckla den metodik som tidigare utvecklats inom DRICKS för leveranssäkerhetsanalys av dricksvattensystem, har ytterligare fallstudier genomförts under 2023. Chalmers har arbetat tillsammans med de tretton kommunerna i Göteborgsregionen i syfte att genomföra leveranssäkerhetsanalyser och visa hur resultaten kan bidra till den långsiktiga planeringen. Arbetet har bland annat fokuserat på hur beroenden och samarbeten mellan kommuner kan analyseras för

att vis på dess effekter (positiv eller negativ) på leveranssäkerheten lokalt (dvs. i en kommun) och regionalt. Exempel på beroenden och samarbeten som analyserats är överföring av vatten mellan kommuner vid behov eller för att kunna täcka det normala dricksvattenbehovet. Erfarenheterna från arbetet och vägledning kring hur metodiken för leveranssäkerhet kan tillämpas har sammanfattats i en SVU-rapport som kommer att publiceras under 2024.

Under 2023 har Chalmers även arbetat tillsammans med Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad, med att utveckla en metod för att utvärdera de samhällsekonomiska effekter som uppstår då förnyelsetakten av dricksvattnenätet ändras. Syftet är att kunna ta hänsyn till kostnader och nyttor för såväl va-organisationen som för samhället i stort. I metoden tas hänsyn till bland annat kostnaden och klimatpåverkan av förnyelsearbete och lagning av läckor, men även leveranssäkerheten och dess effekter på privatpersoner och verksamhetsutövare. Arbetet fortsätter under 2024 och ytterligare samhällseffekter analyseras och utvärderas. Syftet är att resultaten ska kunna ge en bättre bild över hur förnyelsetakten, inklusive den rörbrottsfrekvens och det läckage som uppstår, påverkar samhället och att detta ska kunna användas som underlag för att avgöra vad som är en rimlig förnyelsetakt.

3.2 Framtidens vattenverk (AP2)

Arbetet som bedrivits inom AP2 under 2023 beskrivs nedan för de ingående komponenterna. Detta AP handlar om vad som behövs i framtidens vattenverk för att leverera ett hälsosamt och kvalitetssäkrat dricksvatten genom att utveckla hållbar, flexibel och behovsstyrd processdesign med hänsyn till påverkan av klimatförändringar. Vattenåteranvändning inkluderas med relevans till processdesign samt hur vattenkvalitén och säkerheten påverkas när olika typer av vatten behövs. Samordnande för AP2 är Catherine Paul.

Komponent 2.1 – Vad är tillräckligt rent?

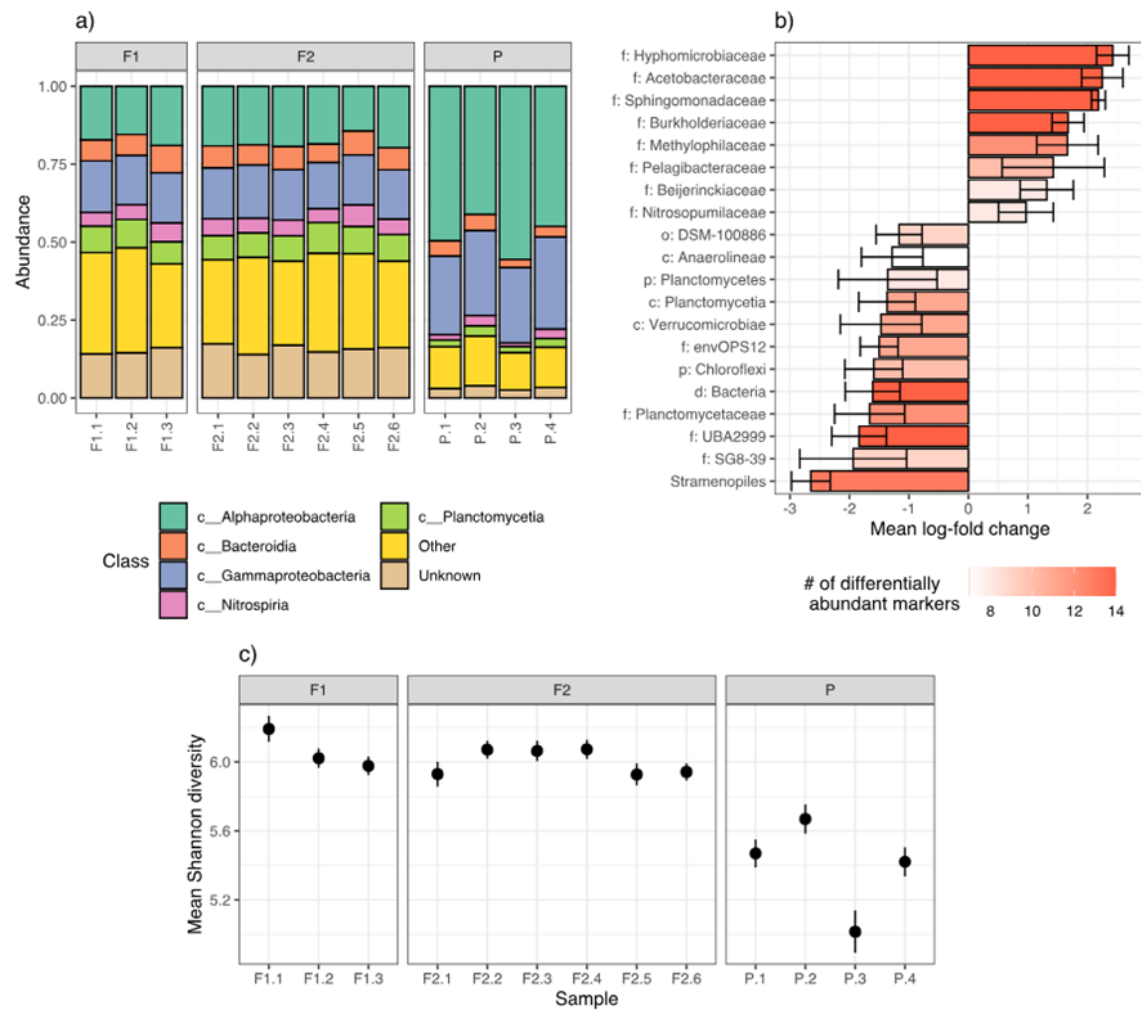
(komponentledare: Catherine Paul och Kathleen Murphy)

Denna komponent syftar till att kemiskt, mikrobiellt och funktionellt karaktärisera olika typer av beredningsprocesser och förstå hur uppströmseffekter inklusive klimatförändringar påverkar vattenreningen från ett cell- och molekylperspektiv.

Aktivitet 2.1.1: DNA-sekvensering och bioinformatikanalys av vatten och biofilmprover från ett pilotskalelångsamfiltersystem med ozonberedning på ingående vatten.

Lunds universitet har i samarbete med Trollhättan Energi AB undersökt ozonerings inverkan på biofilmsmikroorganismer i ett pilotskaligt långsamfilter. Under 2023 har arbetet presenterats vid konferenser och DRICKS evenemang och en vetenskaplig artikel har skrivits. Sekvensering utfördes av National Genomics Infrastructure, Stockholm. Bioinformatisk analys gjordes inom National Academic Infrastructure for Supercomputing in Sweden (NAISS) projekten SNIC 2021/22-660, SNIC 2021/23-596 och NAISS 2022-23-583 på UPPMAX, Uppsala. Med hjälp av metagenomisk sekvensering kunde vi jämföra det mikrobiella samhället i det pilotskaliga filtret med de mikrobiella samhällena i fullskaliga filter, som behandlar samma vatten men utan ozonering (figur 4a). Resultaten visar att ozonering av ingående vatten ger ett mikrobiellt samhälle med lägre diversitet i långsamfiltret (figur 4c), som i större utsträckning domineras av Alphaproteobacteria och Gammaproteobacteria (specifikt familjerna Hyphomicrobiaceae, Acetobacteraceae, Sphingomonadaceae och Burkholderiaceae) (figur 4b). Förändringen tros drivas av möjligheten för dessa mikroorganismer att tillgodogöra sig organiskt

material innehållande 1-2 kolatomer, vilka genereras i ozoneringsprocessen. De angivna mikroorganismerna besitter gener som kan utgöra konkurrensfördelar när ingående vatten ozoneras.



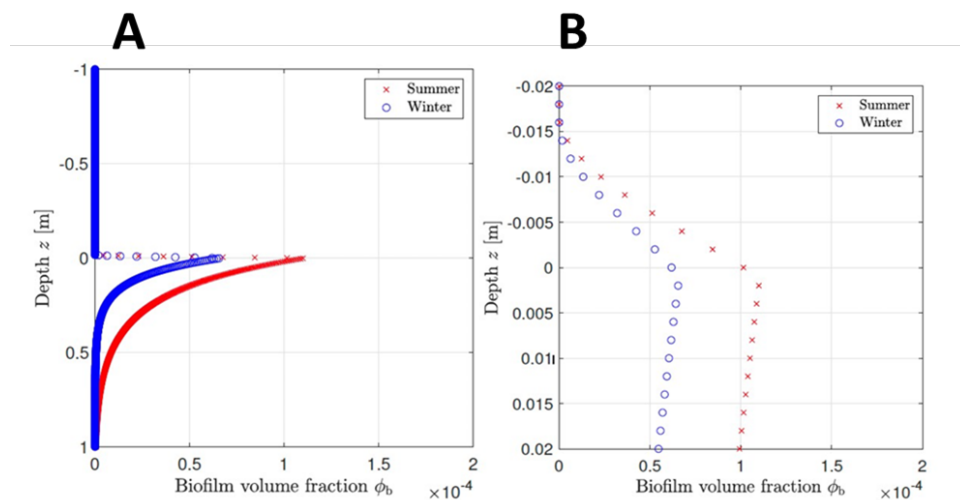
Figur 4: a) Jämförelse av det mikrobiella samhället med exponering till, och icke exponerade till, ozonbehandlade vatten. **b)** Specifik taxa av bakterier ökar med exponering till ozonering av ingående vatten. **c)** Ozonering av ingående vatten påverkade diversitet i långsamfiltrets mikrobiella samhälle.

Aktivitet 2.1.2: Att med främst DNA-sekvensering och annan information beskriva olika långsamfilter i Götaland och Svealand.

Från början var idén att ta nytta av DNA samlat under aktivitet 2.4.5 och utforska delen av DNA som beskriver de bakteriella samhällena i olika vattenverk. Forskare från Lunds universitet träffade forskare i Göteborg för att diskutera metoder av DNA provtagning och hantering. Bedömning var att DNA-delen relaterade till bakterier inte längre var kvar i proverna p.g.a. ett filtreringssteg i protokollet med fokus på virus DNA-extraktion. Det gick inte att ersätta med andra urvalskampanjer runt om i Götaland och Svealand eftersom vi, för att undvika risker för en framgångsrik doktorands arbete, tidigarelade andra studier (Aktivitet 2.1.3) för att de skulle ske i doktorandens avhandling. Nu är FORMAS stöd till doktorandarbetet avslutat och vi söker finansiering för att kunna stötta det kontinuerliga arbetet med långsamfilter inklusive flera provvagningsmoment i långsamfilter utanför Ringsjöverket, Sydsvatten AB, Skåne.

Aktivitet 2.1.3: Bygga en matematisk modell om biofilmutveckling i långsamfilter med parameter relaterade till klimatförändringar, t.e.x temperaturen.

Lunds universitet har med stöd från Sydsvatten AB skapat en matematisk modell för fysiska, mikrobiella och kemiska processer i långsamfilter. Två vetenskapliga artiklar har skrivits under 2023 ihop med DRICKS parter (T. Rosenqvist, C. Paul, S. Chan), och tillsammans med matematiker med kopplingar till VA-Mälardalen hos LU (J. Manriques, S. Deihl). Modellen har stor flexibilitet med avseende på vilka fysiska, kemiska och mikrobiella parametrar som inkluderas och kan därför användas för att studera biofilmutveckling under varierande scenarion. Exempelvis kan scenarion med ökade temperaturer och solstrålning, representativt för ett långsamfilter som tas i drift på sommaren respektive vintern, studeras (figur 5).



Figur 5: Biofilmtillväxt över 7 dagar i ett sommar- och vinterscenario. A: Modellen visar att biofilmtillväxt ökar i hela filtret under sommaren jämfört med vintern, men att biofilmen bara är en liten bit högre under sommaren (B).

Andra scenarion inkluderar täckta/icke-täckta långsamfilter, långsamfiltrens respons på ökat organiskt material vid bristfällig fällning och långsamfilters respons vid skumning. Modellen innehåller för närvarande en enkel mikrobiell modell där organiskt material produceras av fotosyntetiserande organismer och konsumeras av heterotrofa organismer. Den mikrobiella/kemiska modellen kan göras mer avancerad vid behov. Modellen utgör grunden för vidare studier, där den kan kalibreras mot fullskaliga långsamfilter och därigenom ge realistiska förutsägelser gällande hur långsamfilter kommer fungera i ett förändrat klimat.

Aktivitet 2.1.4: Beskriva säsongsvariation av mikrobiella samhällen i vatten producerade av långsamfilter.

Mikrobiella samhällen och mängder i ingående och utgående vatten från 18 långsamfilter i Sydsvattens Ringsjöverket bedrevs med flödescytometri över en tidsperiod om 23 veckor. Tydlig säsongsvariation visade sig i både totalantalet bakterier och DNA mängder i olika bakterier och varje långsamfilter var unikt. Denna studie ska följas upp med DNA sekvensering av de 18 filter som under 2024 var en del av ett pågående examensarbete hos LTH, Lund.

Aktivitet 2.1.5: Analysera mikrobiell och kemisk sammansättning i ingående och utgående vatten och GAK biofilm från en vattenåteranvändningsprocess (rensgaller, fettavskiljning och sandfång, följt av

kemisk fällning och skivfilter, membranbioreaktor (MBR) med två parallella ultrafilter, och två parallella granulerat aktivt kol (GAK) filter) tillsammans med analys av mikroföroreningar och konventionella vattenkvalitetsparametrar.

Denna aktivitet har levererats i samarbete med VA-teknik Södra och en vetenskaplig artikel är publicerad. Delar av analys har också beskrivits i en SVU rapport från 2022.

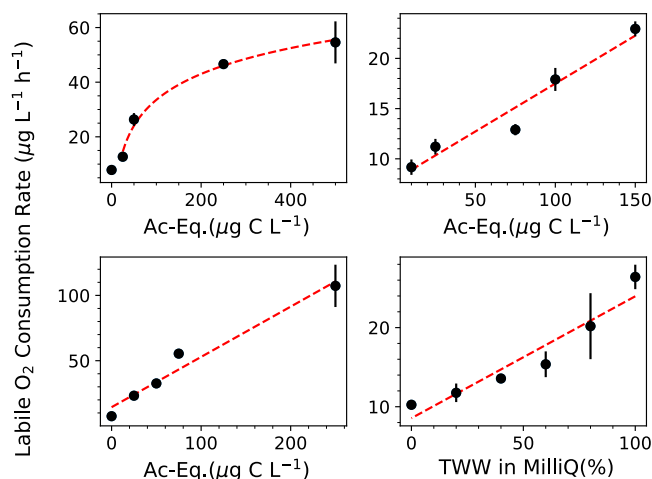
Aktivitet 2.1.6: Utveckla en ny sensorbaserad metod för att mäta mikrobiell återväxtpotential med hjälp av syreförbrukningsprofiler och jämföra med mätningar av fluorescerande NOM och assimilerbart organiskt kol (AOC).

Denna aktivitet har levererats. Resultaten beskrivs av Aina McEvoy i hennes licentiatavhandling med titeln "Sensorbaserade metoder för en förbättrad förståelse av biologisk vattenrening" och presenterades under det offentliga försvaret av den avhandlingen den 29 februari 2024. En artikel granskas av en vetenskaplig tidning sedan december 2023.

Två nya metoder utvecklades i denna forskning, labil syrekonsumtionshastighet samt Projektion på PARAFAC. Metoderna presenteras mer utförligt nedan.

Labil syrekonsumtionshastighet (LOCr)

För denna metod pastöriserades, inokulerades och sedan inkuberades vattenprovet. Under inkubationen mättes syrekonsumtionen över tid i vattenprovet. Från mätningarna erhöles en profil av syrekonsumtionen som funktion av tid, regionen av profilen vi fokuserade på var den initiala maximala syrekonsumtionen. Denna maximala syrekonsumtion korrelerade vi till den mikrobiella metaboliska aktiviteten och därmed även till tillgängligheten av biologiskt nedbrytbart kol. För att utforska sambandet mellan syrekonsumtionshastighet och mängden lättillgängligt kol användes spädningsserier. Spädningsserierna bestod antingen av natriumacetat, en lättillgänglig kolkälla, eller sekundärt renat avloppsvatten, vilket representerar en mer komplex matris av organiskt material (figur 6).

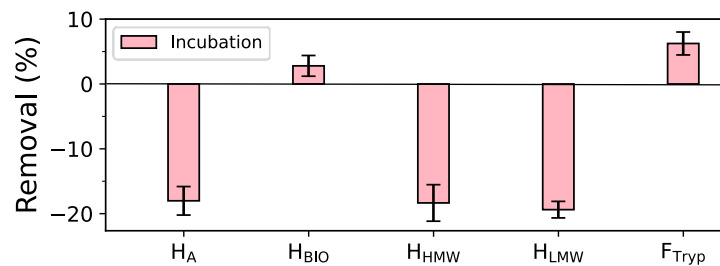


Figur 6: Korrelationer mellan labila syrekonsumtionshastigheter och lättillgänglig näring. Syrekonsumtionshastighet vs natriumacetatkoncentrationer utan tillsatser av natrium och fosfor (A, B). Syrekonsumtionshastighet vs natriumacetatkoncentrationer med tillsatser av ett överskott av natrium och fosfor, med avseende på 1:10:100 av Kol:Natrium:Fosfor. Slutligen undersöktes effekten som följde av spädning av sekundärt renat avloppsvatten på syrekonsumtionshastigheten. Felfälten påvisar standardfel för medelvärdet.

Projektion på PARAFAC (PoP)

För denna metod användes en existerande Parallell Factor Analysis (PARAFAC) modell Moona et al. 2021 och applicerades på nya Excitations and Emission Matriser (EEMs) från fluorescensmätningar. Från detta kunde vi bedöma proportionen av fluorescerande organiskt material som är biologiskt nedbrytbart samt hur dessa komponenter påverkas av biologisk nedbrytning. Fluorescensmätningar utfördes på inokulerade vattenprover innan och efter inkubation. Baserat på resultaten kunde vi

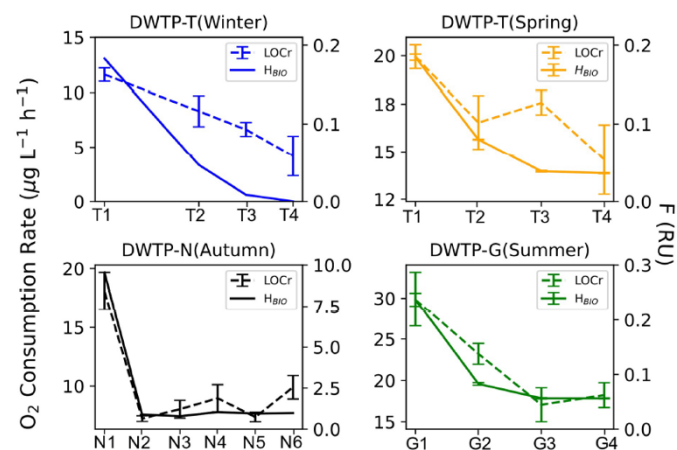
konfirmera att två fluorescens-komponenter H_{BIO} och F_{TRYP} försvinner som följd av biologisk nedbrytning (figur 7).



Figur 7: Avskiljning i procent för samtliga fluorescenskomponenter H_A , H_{BIO} , H_{HMW} , H_{LMW} , F_{TRYP} som följd av biologisk nerbrytning av inokulerade och inkuberade vattenprov från Göta Älv. Felfälten påvisar standardfel för medelvärdet.

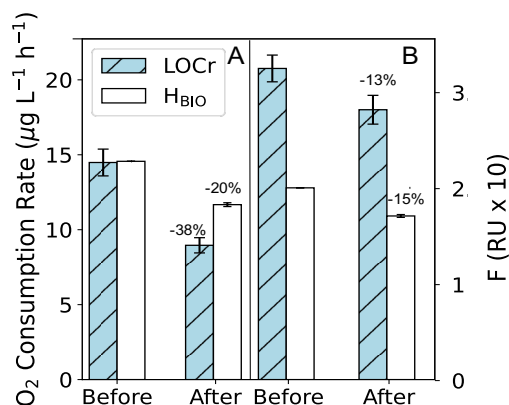
Aktivitet 2.1.7: Bedöma sensorresultat för mikrobiell återväxtpotential från olika vattenverk och behandlingssteg.

Resultat från projektion på PARAFAC (PoP) samt labil syrekonsumtionshastighet (LOCr) från provtagningskampanjer vid fyra olika vattenverk visas i figur 8. Här mättes sekventiella reningssteg. Linkande trender i labila kolmängder påverkas för både PoP och LOCr.



Figur 8: Labil syreförbrukningshastighet (LOCr) och fluorescens-komponent H_{BIO} uppmätt efter sekventiellt reningssteg i dricksvattenreningsverk: Trollhättan Energi, Nodra AB, och Lackarebäck.

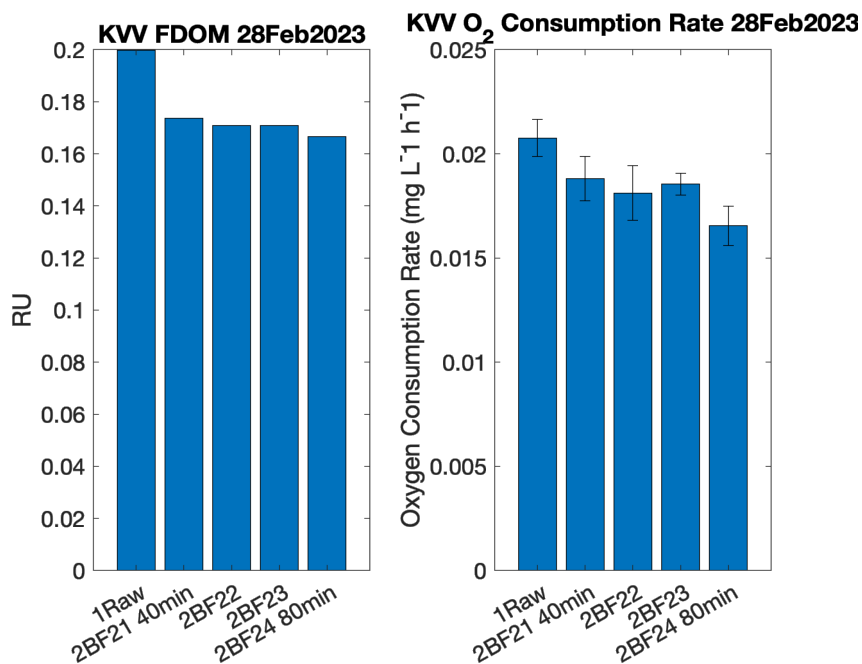
När vi specifikt undersökte reningen med biofilter/sandfilter såg vi att både PoP och LOCr påvisade en avskiljning av det labila organiska kolet. Vi observerade även att det skedde en större avskiljning av det labila organiska kolet under juni jämfört med februari (figur 9). Dessa observationer skulle kunna förklaras med den ökade biologiska aktiviteten vid höga temperaturer jämfört med lägre temperaturer.



Figur 9: Skillnader i labil syreförbrukningshastighet (LOCr) och fluorescens-komponent H_{BIO} som följd av biofiltration vid Kungälvsvattenverk. Provtagningen utfördes i juni 2022 med vattentemperatur 17 °C (A), samt februari 2023 med vattentemperatur 2 °C (B). Felfälten påvisar standardfel för medelvärdet.

Aktivitet 2.1.8: Undersöka effekten av ökad hydraulisk belastning på avlägsnandet av labilt naturligt organiskt material i ett fullskaligt reningsverk.

Denna aktivitet har levererats. En fullskalig studie utfördes på Kungälvsvattenverk (februari - mars 2023) och resultaten presenterades på Kungälvsvattenverk den 3e april 2023. Resultaten visade att en ökad flödes hastighet i filtren reducerade avskiljningsförmågan av lättillgängligt organiskt kol i det snabba sandfiltret (figur 10).



Figur 10: Skillnader i Labil syreförbrukningshastighet (LOCr) och fluorescens-komponent H_{BIO} som följd av biofiltration med olika empty bed contact time (EBCT) vid Kungälvsvattenverk. Felfälten påvisar standardfel för medelvärdet.

Komponent 2.2 - Slamhantering

(komponentledare: Lena Blom)

Aktivitet 2.2.1: Omvärldsbevakning och behovsanalys. Samverka och ta del av kunskap tillsammans med nätverket för vattenverksslam/mull och Svenskt Vatten för att utreda behoven.

Ett SVU-projekt (23-103) med ledning från Ann Johansen (RISE) om hantering av vattenverksslam har kommit i gång. Det löper fram till april 2026 och projektet ska, genom fallstudier hos fullskalig dricksvatten reningsverk (Nodra, Mälarenergis) utforska inblandning med och utan vattenverksslam. Syftet är att ge stöd till beslut om vattenverksslam från ett hållbarhetsperspektiv. Det ska fokusera på hur inblandning av vattenverksslam påverkar driften av reningsverk.

(<https://www.svenskvatten.se/forskning/sa-jobbar-vi-med-forskning-svu/pagaende-svu-projekt2/hantering-av-vattenverksslam-och-dess-reningsverksaspekter/>). Ett examensarbete i medicinsk bioteknologi vid KTH har gjorts tillsammans med Norrvatten; "Future Sludge Management from a sustainability perspective" av Ebba Simensen. Nätverksträffarna har fortsatt och tre av VA-organisationerna i nätverket (Sydvatten, SVOA och Norrvatten) har fördjupat en dialog med Allied Waters (ML). I november gjordes en studieresa till Allied Waters med syftet att hitta arbetssätt för att kunna produktifiera och nyttiggöra restströmmar från dricksvattenproduktion. Dialogen med Allied Waters har resulterat i att en "feasibility study" ska genomföras under 2024.

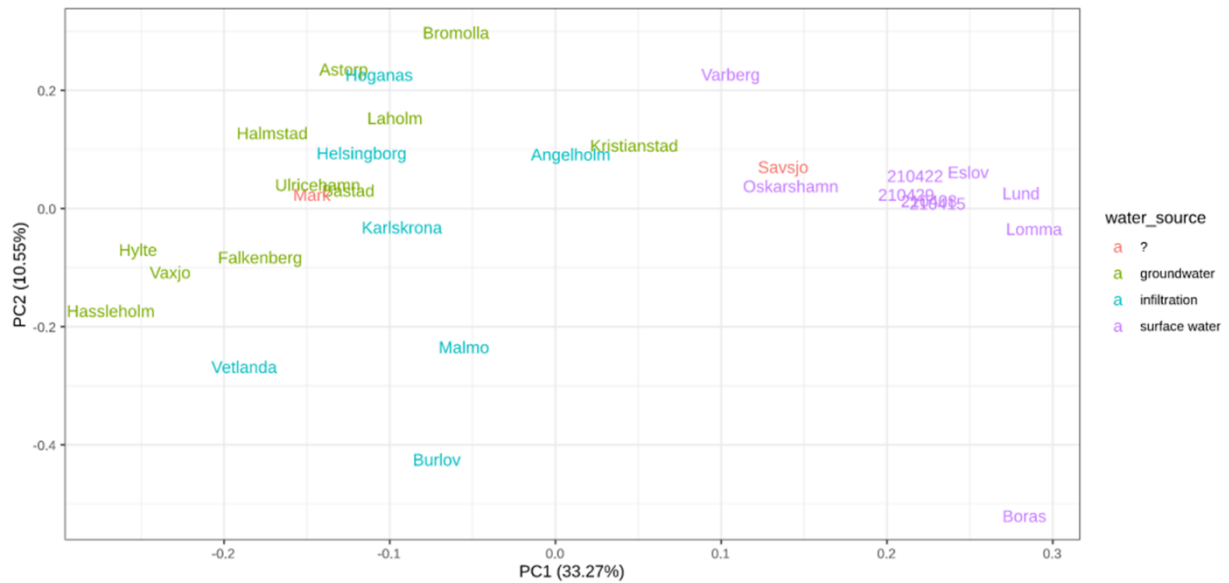
Komponent 2.3 - Koppling till ledningsnät

Aktivitet 2.3.1: Metagenomisk och flödescytometrisk analys av den mikrobiella vattenfloran i två byggnader belägna på olika avstånd från vattenverket.

Ett samarbete med några vattenmikrobiologer hos EAWAG (Schweiz) har initierats. Vi har inte fått någon uppdatering och misstänker att det eventuellt inte går framåt. Den här aktiviteten väntar på utökad kapacitet i personal eller nya finansiering.

Aktivitet 2.3.2: Metagenomisk och flödescytometrisk analys av den mikrobiella vattenfloran från olika distributionsnät i södra Sverige.

DNA sekvensering som gav metagenomiska beskrivningar av den mikrobiella vattenfloran från 30 olika vattenprov från ledningsnätet visade olika mikrobiella omsättningar beroende på vattnets ursprung. Den mikrobiella vattenfloran från vattnet som hade gått genom konstgjord infiltration var mer lik de från grundvatten än de från ytvatten (figur 11). Fastställande av olika kommuner som provtagningsplats var Svenskt Vattens kranvattentävling (2020) och det var intressant att se att den mikrobiella vattenfloran från vinnaren 2020 (Höganäs) var precis bredvid den vinnande kommunen från en tidigare kranvattentävling (Bromölla, 2015) (så de innehåller nästan samma mikrober).



Figur 11: Principal komponent analys som visar jämförelse av mikrobiell vattenflora från olika kommunledningsnät. Infärgning visar vattnets ursprung.

Komponent 2.4 - Barriärverkan

Aktivitet 2.4.1: Vattenprovtagning av in-och utgående vatten från Managed Aquifer Recharge (MAR) system i Uppsala (Uppsala Vatten) och Vomb (Sydvatten) under en period på 12 månader. Syftet är att undersöka rörligheten och retentionen av PFAS i MAR-systemen.

Provtagningen av MAR-systemet (Managed Aquifer Recharge) i Uppsala (Uppsala Vatten) och Vomb (Sydvatten) kommer att fortsätta fram till sommaren 2024 för att undersöka säsongsmässiga förändringar och retention av föroreningar i MAR-systemet. Analysen inkluderar PFAS och DOC samt isotoper för bättre förståelse av transportprocesserna.

Aktivitet 2.4.2: Undersöka hur NOM kvalitet och kvantitet i dricksvatten påverkas av ozon- och aktivt kol- (GAK-) behandling, med hjälp av data från avslutat pilotskaleförsök på Görvälnverket.

Resultaten beskrivs i kapitel 1 av Malin Ullbergs doktorandavhandling "Exploring the role of granular activated carbon in drinking water production".

Aktivitet 2.4.3: Reduktionsmätningar av potentiella patogener (vanliga och opportunistiska) baserade på DNA sekvensering till art nivå av ingående och utgående vatten från olika steg i en vattenåteranvändningsprocess.

En påbörjan av analys gick under 2023 som ett 10 veckor långt studentprojekt. Den utforskade vattenåteranvändningsprocessen är en fullskalig MBR innan GAC filtrering som körs hos Österlen VA, och är ett samarbete med VA-teknik Södra och forskare hos LTH VA-teknik (Kemiteknik). Odlingsbaserad analys visade en minskning av levande E. coli efter MBR och en selektiv reduktion efter GAC beroende på säsong (Takman et al 2023). Det indikerade att koncentrationer av andra patogener också kunde vara påverkade av processen. DNA sekvensering av full längds 16S rRNA-gener ger mer information och tillåter mer specifik identifikation till art nivå och det var typen av sekvensering i den här studien. Preliminär analys visade ingen stor ökning av *Shigella*, *Streptococcus*, *Salmonella*, *Enterococcus*, *Legionella*, *Campylobacteria*, *Pseudomonas*, and *Mycobacteria* efter GAC-

filter och vid några datum var det en minskning av DNA sekvenser relaterade till *Legionella* och *Shigella* efter GAC.

Aktivitet 2.4.4 *Undersöka med hjälp av maskininlärning kopplingar och/eller korrelationer mellan online flödescytometri och online E. coli och enterococci (Coliminder).*

Online flödescytometri och online E. coli och enterococci (Coliminder) data samlades in under 2023 och kombinerades med data från 2022. En till insamling är planerad till sommaren 2024 innan arbetet med maskininlärning. Data och slutsatser från insamlingen av data under sommaren 2022 presenterades under Nationella avlopps- och miljökonferensen (NAM, Borås).

Aktivitet 2.4.5: *DNA sekvenseringen för att undersöka metagenomiska haltbestämningar av adenovirus, enterovirus och rotavirus och andra virus som ska jämföras mellan ingående och utgående vatten från olika vattenverk.*

Under perioden av ett år har inkommande och utgående vatten samlats in från 6 olika vattenverk i Sverige. Dessa prover har extraherats och analyserats med metagenomik och next-generation sequencing (NGS). Dessa data håller nu på att sammanställas. Data analyseras med avseende på det antal olika virusfamiljer som detekteras i inkommande och utgående vatten, samt storlek på de olika virus som detekterats och om de virus som hittats bedöms kunna föröka sig under vattenreningsprocessen eller inte. De vanligast förekommande virusen i vattenverken är bakteriofager (Tabell 1).

Aktivitet 2.4.6: *Utveckla ny metod för att kvantifiera fluorescerande organiska mikroföroreningar (OMP) i dricksvatten och avloppsvatten.*

Traditionella metoder för att kvantifiera spårläkemedel i vatten är mycket dyra, vilket leder till begränsade data, särskilt i utvecklingsländer, och gör laboratorieexperiment svåra att finansiera. Därför var målet med detta forskningsprojekt att utveckla och utvärdera billiga screeningmetoder för att kvantifiera läkemedel med hjälp av spektroskopi. Av 20 screenade läkemedel kunde tre (ciprofloxacin, naproxen och zolpidem) kvantifieras i det låga µg/L-intervallet när de tillsattes ensamma eller i kombination med naturligt vatten och avloppsvatten med den nya metoden. Dessa tre läkemedel skulle kunna användas som modeller för andra föreningar i billiga pilottester, vilket gör det möjligt för forskare att billigt screena olika behandlingsalternativ. En offentlig artikel ("Direct Measurement of Organic Micropollutants in Water and Wastewater Using Fluorescence Spectroscopy") publicerades november 2023 i ACS ES&T Water, och enligt tidskriftens statistik har den varit den mest lästa artikeln i journalen sedan det släpptes.

Tabell 1: En räkning av virusarter och de mest vanliga virus upptäckterna i rå och dricksvatten.

	Lovö- verket	Görväln- verket	Borgvatten- verket	Kvarna- gården	Vomb- verket	Ringsjöverket
Number of virus species present in both raw and drinking water	19	15	16	19	25	4
Enterobacter phage	x	x		x	x	x
Mycobacterium phage	x	x		x	x	x
Pseudomonas phage	x	x		x	x	x
Streptococcus phage	x		x	x	x	
Erwinia phage	x		x	x	x	
Klebsiella phage	x	x		x	x	
Ralstonia phage	x			x	x	x
Salmonella phage	x	x		x	x	
Acinetobacter phage		x		x	x	
Arthrobacter phage	x			x	x	
Dinoroseobacter phage	x		x		x	

3.3 Hållbar distribution (AP3)

Detta arbetspaket syftar till att öka kunskapen kring utmaningar i ledningsnätet såsom åldrande och otäta ledningar skapar både kvalitets- och kvantitetsproblem med såväl risker för inträngande förorenat markvatten vid låga tryck, som stort läckage av dricksvatten. I komponenterna nedan beskrivs forskningsarbete som genomförts med sensorer som tidig varning för kvalitetsförändringar, och hur läckor kan upptäckas och åtgärdas genom analyser av förbrukningsdata, samt studier av hur återväxtpotential, biofilmbildning och biostabilitet i ledningsnätet kan övervakas. Samordnande för AP3 är Thomas Pettersson.

Komponent 3.1 - Ledningsnät (sensorer)

(komponentledare: Mats Eriksson)

I denna komponent studeras möjligheten att övervaka vattenkvaliteten i ett helt distributionsnät för dricksvatten med ett nätverk av sensorer. Arbetet sker i samarbete mellan Linköpings universitet, Chalmers och Tekniska verken i Linköping AB (publ). Målsättningen är att kunna detektera relevanta förändringar hos vattenkvaliteten och vi fokuserar på avloppsdetektion som en markör av förekomst av patogena mikroorganismer. För att åstadkomma detta har vi placerat ut sensorer i form av "elektroniska tungor" i 5 mätpunkter i Linköpings kommun som utgör ett litet testnätverk. Sensorerna mäter kontinuerligt var 10:e sekund, dvs. vi får resultat som är mycket nära realtid. I en av mätpunkterna kan doseringar med olika ämnen göras för att studera sensorns respons.

Den elektroniska tungan har valts efter jämförande tester, i tidigare projekt, med andra sensorer, både kommersiella och forskningsbaserade. Tekniken bygger på pulsad voltammetri (en elektrokemisk metod), dvs. mätning av ström vid pålagda spänningspulser där strömmen beror på vilka ämnen som finns i vattnet. Från den uppmätta strömresponsen utvärderar vi olika särdrag som har bra känslighet, selektivitet och stabilitet för den aktuella föroreningen.

Under 2023 genomfördes ett examensarbete med syfte att designa och producera en prototyp som automatisk rengör sensorytan för att bli av med den biofilm som gradvis byggs upp. För att ta fram prototypen användes en produktutvecklingsprocess enligt "product design and development" av Ulrich, Eppinger och Yang, samt "systematisk konceptutveckling" av Leidholm. Fyra olika koncept togs fram och ett av dem vidareutvecklades med hjälp av CAD och ett tillverkningsunderlag togs fram. Prototypdelarna tillverkades av PLA (Polyaktid) och en prototyp färdigställdes.

Två examensarbetare har rekryterats för att under 2024 vidareutveckla de algoritmer som togs fram i ett examensarbete 2022, med syftet att ta fram realtidsalgoritmer i stället för dagens efterbehandling av data, att förbättra detektionsgränsen med bibehållen selektivitet och ge en analog utsignal i stället för dagens två-nivå-detektion (ja/nej).

Komponent 3.2 - Kartläggning och utveckling av läcksöknings-metoder för minskat läckage

(komponentledare: Thomas Pettersson och Olof Bergstedt)

Två kandidatarbeten har under 2023 genomförts där olika läcksökningsmetoder samt lämpliga åtgärder för att minska läckaget i två olika distributionsnät studerats.

Den första studien undersökte situationen i Tjörns kommun som idag har stora problem med stort dricksvattenläckage (ca 50%). Data och information samlades in för att utvärdera situationen. En beräkning av nattförbrukningen, för att bedöma potentiella läckage, genomfördes. Utvärdering av förbättringsmöjligheter för att minska dricksvattenläckaget visade att aktivt arbeta med läcksökning, med bättre anpassade val av undersökningsmetoder, samt en ökad förnyelsetakt av distributionsnätet är nödvändigt.

I den andra studien jämfördes två helt olika läcksökningsmetoder för att lokalisera dricksvattenläckage i Göteborgsområdet: en befintlig metod, akustisk läcksökning med hjälp av en korrelator, samt en helt ny metod, läcksökning med hund (Figur 12). Dessa två metoder har jämförts med avseende på olika aspekter som precision, kostnad samt styrkor och svagheter. Jämförelsen visar att både läcksökningshund och den akustiska metoden med korrelator har mycket god

precision. Hur metoderna ställer sig mot varandra sett till kostnadsaspekter behöver mer grundläggande undersökning för att kunna dra mer pålitliga slutsatser. Det framkom också att läcksökningshunden har stora fördelar när det kommer till plastledningar och bullriga miljöer då den akustiska metoden är svår att använda vid dessa förutsättningar. För att kunna jämföra status på dagens dricksvattennät i Göteborg har nyckeltalet *Infrastructure Leakage Index*, ILI, beräknats till ca 9 i Göteborg (Figur 13) vilket betyder att ledningsnätets status måste förbättras markant då resultatet i dagsläget inte är tillfredsställande.



Figur 12: Läcksökning där hundföraren med läcksökningshund är ute på läcksökningsuppdrag. Hunden markerar var läckan är belägen.

Beräkning ILI		Enhet
Verkligt utläckage	20	m ³ /km, dygn
Genomsnittligt tryck i systemet	45	mvp
Ledningslängd huvudledning	1 800	km
Antal servisleddningar	49 000	st
Genomsnittlig servislängd	15	m
CARL	734,7	l/servis, dygn
UARL	82,6	l/servis, dygn
ILI	8,9	

ILI	>3,5	3–3,5	2,5–3	2–2,5	1,5–2	<1,5
	Inte acceptabelt	Dåligt	Inte så bra	OK	Bra	Utmärkt

Figur 13: Beräknat ILI-värde för Göteborg, samt kategorisering av ILI enligt Malm et al. (2019)

Komponent 3.3 - Vattenförbrukningsanalys – Hitta avvikelser för att upptäcka läckor i ledningsnätet

(komponentledare: Thomas Pettersson och Martin Wagner SLU/TZW)

I denna komponent har inget forskningsarbete genomförts under 2023 men planering av fortsatta dataanalyser av förbrukningsdata i avgränsade förbrukningsområden i distributionsnät i Göteborg och NSVA har genomförts, där målet är att kunna använda dessa konsumtionsdata för att på sikt kunna förutse ledningsbrott i aktuella förbrukningsområden. Arbetet kommer genomföras under 2024.

Komponent 3.4 - Biostabilitet

(komponentledare: Catherine Paul och Kathleen Murphy)

Aktivitet 3.4.1: Använda metagenomisk DNA sekvensering för att utforska kopplingar mellan det mikrobiella innehållet och lukt- och smakbeskrivningar av kranvatten från Halland, Skåne och Blekinge.

Idén här var att använda den dataanalys-metod som beskrivits i Aktivitet 2.3.2 och koppla denna till data baserat på bedömningar från panelen i Svenskt Vattens kranvattenstävling 2020. Tyvärr var beskrivningarna för svåra att tolka för att användas i statistikanalyser. Vi har däremot utforskat en kvalitativ metod som gjorde att vi kunde tillåta oss att dra några generella slutsatser. Ett intressant resultat var att de två kommuner som vann de två tidigare Kranvattenstävlingar i stället placerade sig mycket längre ner i denna mikrobiella profilering av vattenfloran.

Aktivitet 3.4.2: På ett mikrobiologiskt sätt beskriva biofilm och vatten i ett vattentorn med olika manuella och online verktyg.

Ett manuskript förbereddes under 2023 utifrån analys som beskriver biofilm och vatten från ett torn i Norrvattens ledningsnät, och som var en del i en licentiatavhandling från Michael Danielson under 2022. Ett vattentorn i ett annat ledningsnätsystem har också utforskats med flödescytometri och DNA sekvensering. Samma bakterier upptäcktes i Norrvattentornet, *Polaromonas*, när koncentrationen av odlingsbara bakterier ökade (HPC) i båda system.

Aktivitet 3.4.3: Beskriva användbarhet av online flödescytometri mätningar för att övervaka vattenkvalitet i ledningsnät.

Ett samarbete mellan Norrvatten, Sydsvatten, ViVAB och forskare från LTH och Högskolan i Kristianstad har över året arbetat med att ta fram olika strategier för att visualisera stora mängder av flödescytometridata. En vetenskaplig artikel förbereds om den specifika fallstudie från Vivabs ledningsnät där flödescytometri användes för att följa upp mikrobiella förändringar efter att monokloramin togs bort.

Aktivitet 3.4.4: Undersöka förändringar i fluorescensmätningar i samband med elektronisk tunga mätningar i ett ledningsnät.

Denna verksamhet har skjutits upp till 2024 på grund av personalbrist på det samverkande vattenverket.

3.4 Säker vattenkvalitet (AP4)

Syftet med detta arbetspaket är att bygga upp verktyg och kunskap kring kvantitativa mikrobiologiska respektive kemiska riskbedömningar (QMRA och QCRA) samt att identifiera, karakterisera och ta fram metoder för olika typer av kemiska hälsorisker i dricksvatten. Samordnande för AP4 är Karin Wiberg.

Komponent 4.1 - Kvantitativ hälsoriskbedömning

(komponentledare: Thomas Pettersson och Andreas Lindhe)

Denna komponent avser QMRA-verktygets (kvantitativ mikrobiell hälsoriskbedömning) olika delar och hur de tillhandahålls samt vidareutvecklas. Komponenten avser även arbetet med att utveckla ett motsvarande verktyg för kemiska hälsorisker (QCRA).

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). Under året har löpande tekniskt underhåll genomförts för att online-versionerna av modellerna ska fungera.

Aktivitet 4.1.2: Uppdatering av QMRA-verktyget (vid behov) baserat på resultat från nya studier och synpunkter från användare.

QMRA-verktyget tillämpas i såväl forskningsprojekt och undervisning som av vattenproducenter och konsulter. I dessa arbeten identifieras ibland möjliga förbättringar som kan göras av verktyget och kompletteringar som kan behövas för att belysa nya frågeställningar m.m. Det genomförs också forsknings- och utvecklingsprojekt som ger ytterligare underlag för den indata och de antaganden som används i modellen. Under året har information samlats in om såväl möjlig vidareutveckling av verktyget och nya forskningsresultat som kan användas som indata i modellen. Under kommande år kommer vi att arbeta vidare med detta och se vilka uppdateringar som är rimliga och bör genomföras.

Aktivitet 4.1.3: Framtagande av prototyp och utvärdering av förutsättningarna för ett QCRA-verktyg.

Under 2023 har QCRA-projektet fokuserats på att i grunden diskutera projektets inriktning, dess samarbetsformer mellan forskare vid Chalmers, SLU och Livsmedelsverket, samt den slutliga målbilden för QCRA-modellen och ett tillämpat verktyg. Den del som varit mest utmanande i arbetet tidigare år har varit att ta fram data kring humantoxicitet för olika mikroföroreningar, vilket har lett till att vi under året beslutat att gå vidare med är en ny AI-baserad metod som kan räkna fram toxiciteten med hjälp av föroreningens molekylstruktur, vilken utvecklats av Erik Kristiansson och Mikael Gustavsson vid Chalmers. Metoden har utvecklats och förfinats genom att analysera stora mängder information från tidigare genomförda laborietest. Planen är att under 2024 koppla ihop denna AI-baserade toxicitets-metod med det QCRA-ramverk som redan utvecklats genom flera examensarbeten vid Chalmers under 2021 och 2022.

Aktivitet 4.1.4: Utforska prediktionsmodeller baserade på artificiell intelligens och kemisk fingerprinting för att uppskatta gränsvärden för kemikalier där toxikologiska data är bristfällig eller saknas helt.

Ett vetenskapligt manuskript som beskriver hur kunskapsluckor kring kemikalier påverkar riskbedömning har publicerats (Gustavsson et al 2023). Ett vetenskapligt manuskript som beskriver vår AI-metodik färdigställdes, skickades in och accepterades (Gustavsson et al 2024). En allmänt

tillgänglig webbsida där AI-prediktioner kan genomföras lanserades (<https://trident.serve.scilifelab.se/>). AI-metodik utvidgades till att även omfatta humantoxikologi med möjlighet att förutsäga om ett kemiskt ämne är cancerframkallande och/eller reproduktionsstörande. Ett examensarbete som beskriver den utvidgade AI-metodiken presenterades. Vi arbetar nu med att skriva ytterligare ett manuskript kring den utvidgade metodiken. Diskussioner med Livsmedelsverket kring användandet av AI för riskbedömning av kemikalier i dricksvatten har inletts.

Komponent 4.2 - Faroidentifiering

(komponentledare: Lutz Ahrens och Anders Glynn)

Denna komponent fokuserar på kemiska hälsorisker. Den har tre aktiviteter som var och en kopplar till ett forskningsprojekt: 4.2.1 Risktermometern: Riskrankning av kemikalier i dricksvatten, 4.2.2 DANTE: Effekt driven analys som ett verktyg för en giftfri miljö - identifiering av blandningseffekter och toxiska ämnen i vatten och 4.2.3 Kombinationseffekter av toxiska kemikalier och grundämnen bland barn/ungdomar – en integration av epidemiologisk metodik och biotestning (CETCHAA).

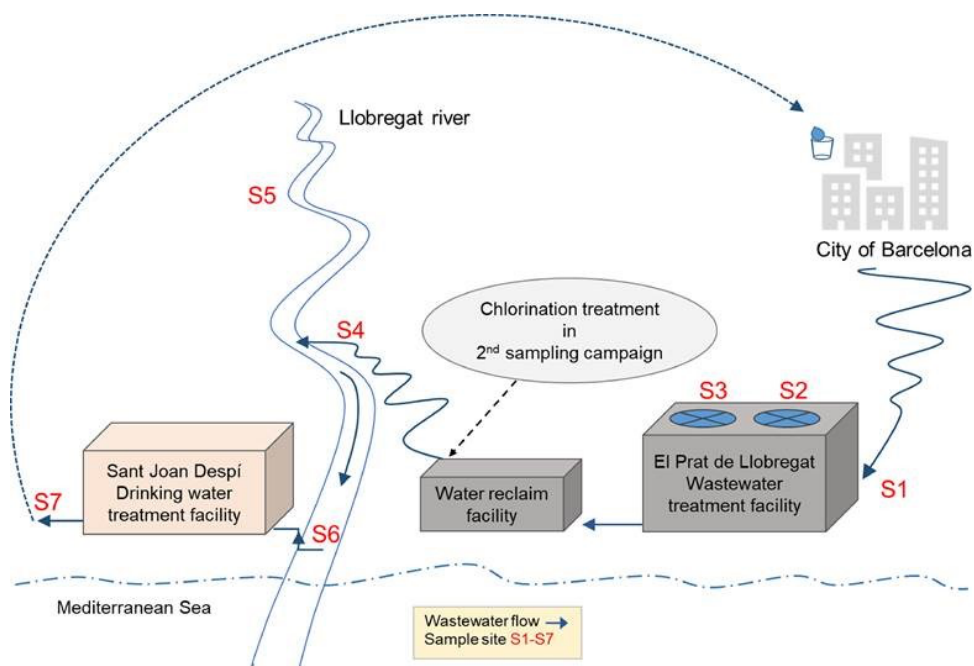
Aktivitet 4.2.1: Riskrankning av oönskade ämnen i dricksvatten.

Syftet är att undersöka tillämpbarhet av ett verktyg för ranking av kemiska hälsorisker (Risktermometern) som ett prioriteringsverktyg för åtgärder mot oönskade kemiska ämnen (OKÄ) i dricksvatten (DV). Verktöget har tidigare utvecklats och tillämpats av Livsmedelsverket för riskbedömning av kemiska ämnen i livsmedel. Specifika mål med nuvarande projekt är att testa verktöget med data från tre olika vattenverk: Gränby (Uppsala), Bäcklösa (Uppsala) och Görväln (Norrvatten), och svara på frågorna: Hur väl tillgodoser verktöget DV-producenternas behov? Och vad behöver utvecklas för att bättre passa vattenproducenternas behov? En haltdatabas över 273 OKÄ i utgående DV analyserade de senaste 5-10 åren har sammanställts. Ämnena omfattar både oorganiska och organiska substanser. Därtill har vetenskapligt högkvalitativa hälsobaserade referensintag (HBRI) för OKÄ med detekterbara halter samlats in och sammanställts i en databas tillsammans med deras kritiska hälsoeffekter. I sista steget av projektet ska beräknade intag av OKÄ från dricksvatten kopplas ihop med HBRI i verktöget Risktermometern för en rankning av ämnena ur ett hälsoriskperspektiv. De preliminära resultaten visar att 112, av de 273 OKÄ som analyserats, uppvisade halter över detektionsgränsen för de analysmetoder som använts. Av dessa detekterade substanser hade 51 publicerade HBRI från internationella myndigheter/organisationer som genomför riskbedömningar av hög kvalitet, och som ligger till grund för lagstiftning inom livsmedels/dricksvattenområdet. Bland annat den Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet (EFSA), Europeiska läkemedelsmyndigheten (EMA), Världshälsoorganisationen (WHO), och Naturvårdsverket i USA (US EPA). Projektet beräknas vara klart efter sommaren 2024.

Aktivitet 4.2.2: Effektbaserad testning.

Målet med denna komponent är att etablera en teknik för effekt driven analys (EDA) av kemiska hälsorisker i dricksvatten. Hittills har de kemiska respektive effektbaserade metoderna utvecklats var för sig, medan den integrerade delen dröjer. Under 2023 har ett intensivt arbete pågått för att integrera de kemiska och de effektbaserade analysmetoderna, samt möjliggöra analys av fraktionerade prover. Under året har de första proverna analyserats med denna integrerade analysmetodik. Ytterligare metodutveckling återstår dock. Under 2023 disputerade en doktorand inom effektbaserad testning, Maria Yu, med en doktorsavhandling inriktad på effektbaserad analys

och dricksvattensäkerhet (Leverabel 4.2.2a). Avhandlingen innehåller flera delarbeten och visar på olika sätt som effektbaserade metoder kan användas för att förbättra dricksvattensäkerheten; kontroll av råvattenkvalitet, utvärdera reningseffektivitet i fullskaleprocessen, utvärdera hur effektivt oönskade biologiska effekter avlägsnas med hjälp av nya reningstekniker (utvärdering av pilotanläggningar), utvärdering av hur effektivt bioaktiva kemiska ämnen avlägsnas vid konstgjord infiltration samt kontroll av dricksvattenkvaliteten ute på distributionsnätet. I avhandlingen finns också en artikel om toxicitet av naturligt förekommande ämnen med dricksvattenrelevans (Leverabel 4.2.2b). Denna artikel har sedermera (under 2024) accepterats för publicering i en internationell vetenskaplig tidskrift. Under 2023 publicerades också en vetenskaplig artikel i *Water Research* (Frieberg et al, 2023) där effektbaserade metoder användes för att undersöka vattenkvaliteten i ett system där renat avloppsvatten återanvänds för dricksvattenproduktion. Figur 14 nedan visar provpunkterna i denna studie.

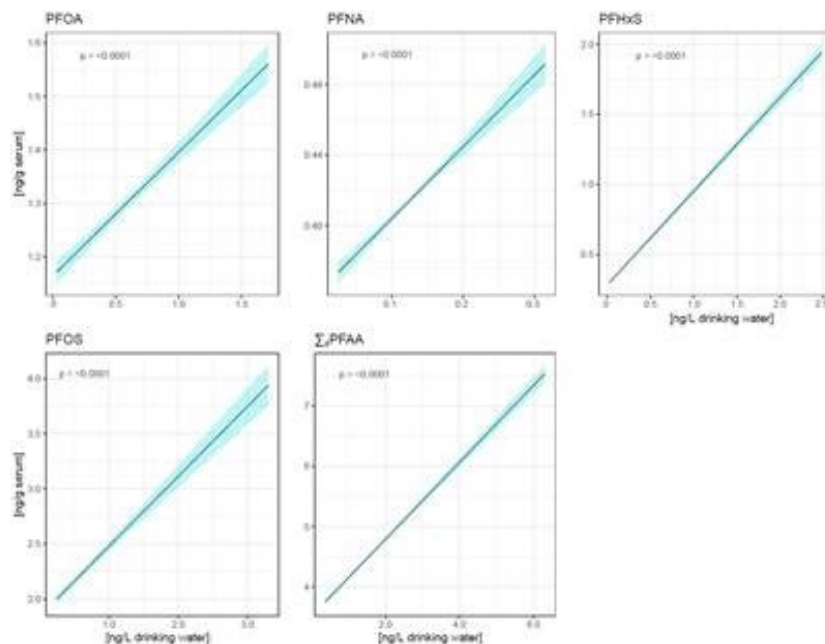


Figur 14: Illustration av en fallstudie från Barcelona där effektbaserade tester används för att studera vattenkvaliteten i ett system med hög grad av återanvändning av renat avloppsvatten för dricksvattenproduktion (Frieberg et al, 2023).

Aktivitet 4.2.3: Bidrar bakgrundshalter av PFAS i dricksvatten till PFAS-exponeringen bland svenska ungdomar (CETCHAA)?

Syftet med projektet har varit att undersöka om PFAS i dricksvatten har varit en viktig exponeringskälla för 790 ungdomar som deltog i en riksomfattande matvaneundersökning genomförd av Livsmedelsverket (Riksmaten ungdom 2016-17). Fyra PFAS (PFOA, PFNA, PFHxS och PFOS; Σ PFAS4) analyserades i blodserum från ungdomarna och i vatten från vattenverken som levererade dricksvatten till ungdomarnas skolor och hem. Medianhalterna av PFNA och PFHxS i dricksvattnet var <1 ng/L och av PFOA och PFOS 1-2 ng/L. Resultaten visade ett starkt samband mellan deltagarnas halter av Σ PFAS4 i serum och i deras dricksvatten (figur 15). 34 % av deltagarna som fick dricksvatten med Σ PFAS4-halter över det kommande nationella gränsvärdet för Σ PFAS4 (4 ng/L) i DV hade serumhalter av Σ PFAS4 som ligger över den serumhalt som EFSA uppskattat vara hälsomässigt säker. Motsvarande andel bland de som hade halter under gränsvärdet för DV var 11 %.

Detta pekar mot att det nationella gränsvärdet ligger på en nivå som kommer att skydda en stor del av svenska ungdomar mot för höga Σ PFAS4-exponeringar.



Figur 15: Samband mellan uppmätt halt av PFAS i serum och dricksvatten bland 790 ungdomar från matvaneundersökningen Riksmaten ungdom 2016-17. Regressionslinje från univariat viktad regressionsanalys och 95 % konfidensintervall (blått band).

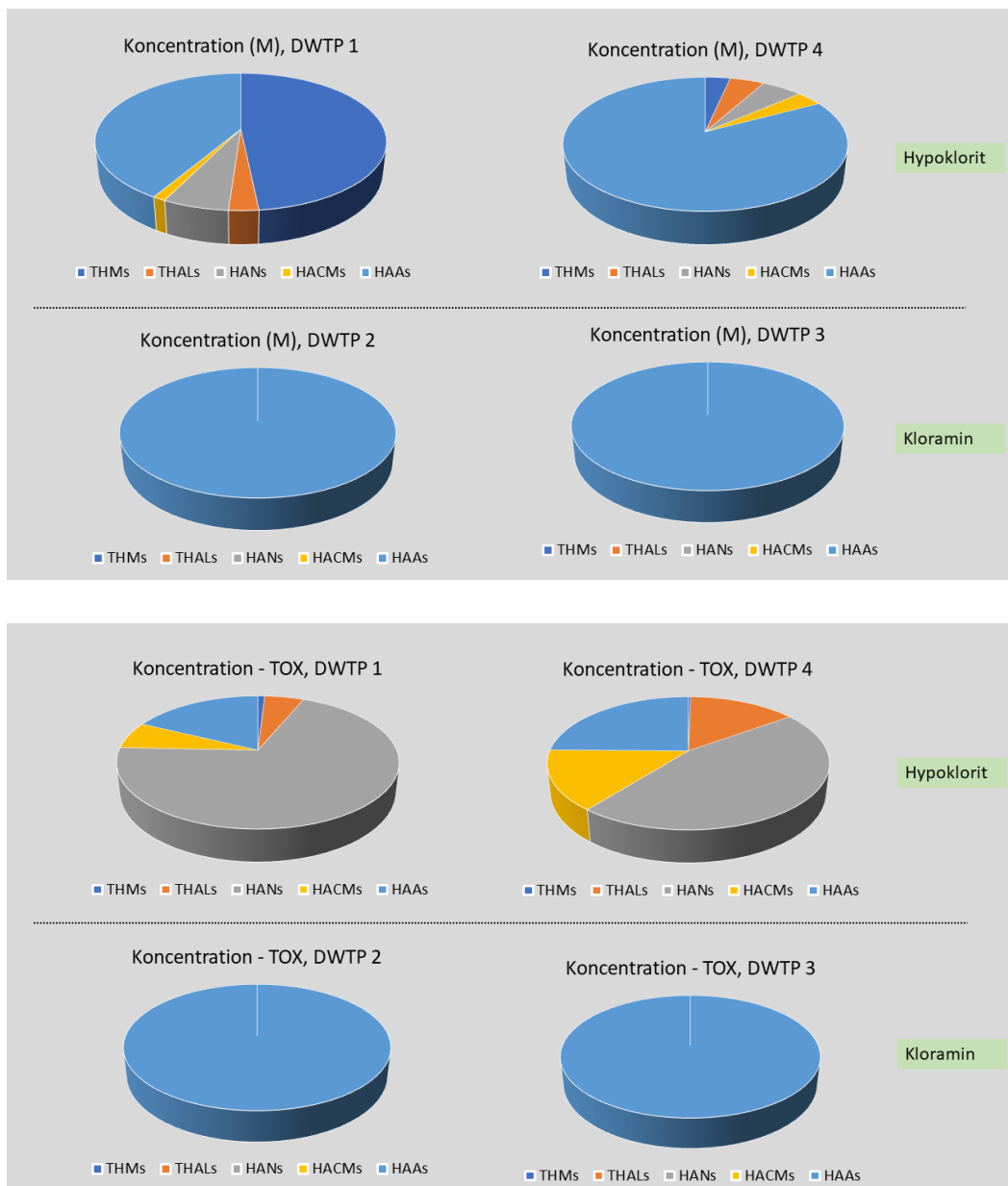
Komponent 4.3 - Desinfektionsbiprodukter i dricksvatten

(komponentledare: Kathleen Murphy och Anna Andersson)

Denna komponent har fokus på kväveinnehållande, toxiskt relevanta desinfektionsbiprodukter, s.k. N-DBP, som kan bildas vid användning av både hypoklorit och monokloramin. Detta är en del av arbetet med att kartlägga potentiellt negativa hälsoeffekter som är associerade med användning av desinfektionsmedel. Då bildning av DBPs är starkt kopplade till det organiska materialet i vattnet som utgör prekursorer, fokuseras arbetet även kring fluorescens och att undersöka hur den tekniken för att karakterisera det organiska materialet kan användas för att prediktera DBP bildning.

Aktivitet 4.3.1: Kartläggning av N-DBP:s i Sverige.

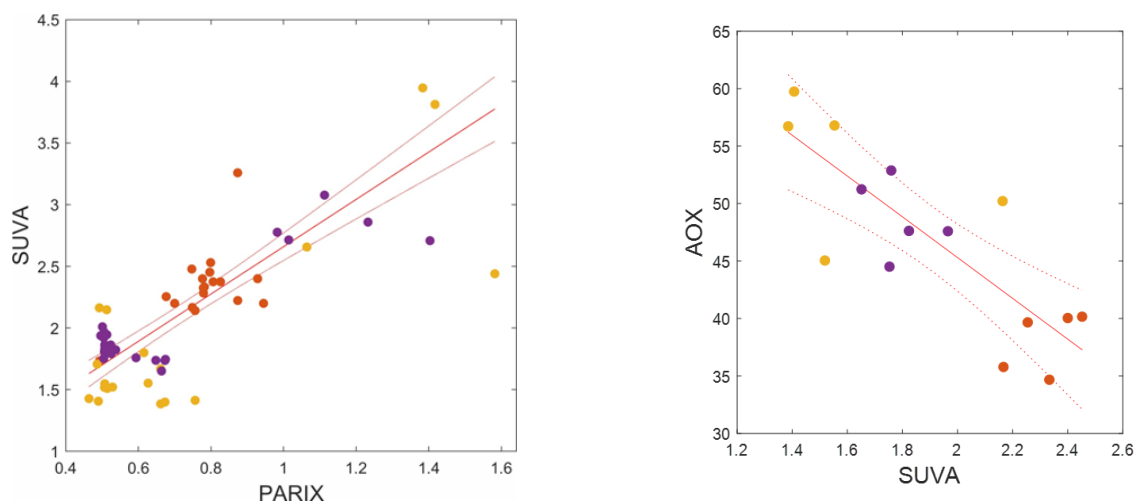
Kunskap kring några kända flyktiga C-DBPs och N-DBPs (6 vattenverk: Berggården, Borg, Råberga, Görvälnverket, Bulltofta, Gränby) användes för att beräkna hur olika DBPs bidrar till den totala toxiciteten från dessa kända DBPs. Resultaten visade att toxiciteten förklarades till stor del (60-76%) av N-DBPs för de vattenverk som använder hypoklorit trots att de förekommer i låga koncentrationer. Brominnehållande DBPs kunde också bidra mer till toxiciteten (för både hypoklorit och monokloramin) jämfört med klorinnehållande DBPs, och jod innehållande DBPs kunde förklara en stor del av toxiciteten när man använt monokloramin. Dessa resultat presenterades och diskuterades vid DRICKS internat. Under hösten 2023 genomfördes provtagning och extraktioner vid 3 vattenverk (Berggården, Borg, Råberga) för att analysera okända ej flyktiga N-DBPs genom att använda nya metoder för att separera dem från vattnet.



Figur 16: Cirkeldiagrammen visar vilka grupper av DBPs som bidrar mest till DBP koncentrationer (övre bild) respektive DBP toxicitet (undre bild), där koncentrationer och individuella skillnader i DBP:ers toxicitet har vägts samman. Jämförelsen bygger på uppmätta DBP halter i fyra svenska vattenverk (Råberga, Görvålverket, Bulltofta, Gränby varav två använder hypoklorit och två använder monokloramin. THMs = Trihalometaner, HAAs = Haloättiksyror, HANs = Haloacetonitriler, HACMs = Haloacetamider, THALs = Trihaloacetaldehyder.

Aktivitet 4.3.2: Spårning av DBP:s med hjälp av fluorescens.

Syftet är att svara på frågan: Är det möjligt att förutsäga hur många DBPs som kommer att bildas baserat på NOM-reaktivitet mätt med fluorescens? Under 2023 analyserades en existerande dataset med prov från 4 vattenverk för att söka samband mellan fluorescens hos det organiska materialet och bildandet av adsorberbara organiska halogener (AOX), som är ett totalmått på DBP bildning. Analysen visade att AOX kunde förutsägas av SUVA och att AOX inte alltid korrelerade med halten av kända DBPs, såsom trihalometaner (THM). Analysen visade även att fluorescens kunde förutsäga SUVA, vilket kan möjliggöra ett enklare sätt att övervaka SUVA. Under hösten 2023 genomfördes nya provtagningar vid 3 vattenverk (Berggården, Borg, Råberga) där dubbelprov har mätts för fluorescens och N-DBPs för att undersöka om samma relationen finns.



Figur 17: Spårning av AOX desinfektionsbiprodukter med SUVA och fluorescens (PARIX) i fyra vattenverk.

4. Kommunikation och publicering (AP5)

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 2023 arrangerades ett DRICKS-internat, ett halvdagswebbinarium och sju DRICKS-webbinarier samt en workshop.

DRICKS-internat 2023

Dag 1 startade med ett välkomnande till Göteborg av ordförande och viceordförande samt en genomgång av internatets program. Därefter serverades det lunch i hotellets restaurang och efter det inleddes internatet med presentationer och diskussioner av pågående forskningsprojekt inom arbetspaket 1 och 2. Föredragande var arbetspaketsamordnare och komponentledare samt forskare och vattenproducenter inom de olika arbetspaketen.

På eftermiddagen kom Agneta Eklund från Trafikverket och Gabriella Rydgren från Kretslopp och Vatten och berättade om det stora infrastrukturprojektet Västlänken och dess utmaningar för VA i Göteborg. David Sundell från Totalförsvarets forskningsinstitut FOI, gjorde ett stopp via internatet och pratade om ökad förmåga för hotbedömning och hantering av sabotage mot dricksvattenkedjan genom simulering och verifikation. Dagen avslutades med presentationer från tre av DRICKS vattenproducenter, Kretslopp och Vatten, Norrvatten och Västvatten, där de beskrev stora projekt inom respektive organisation och utmaningarna kring dessa. Middag intogs även den på hotellet.

Dag 2 var det företagsgruppens tur att presentera sitt arbete kring nya lösningar i vattenverksprocessen, ledningsnät och råvattentäkter. Därefter tog arbetspaket 3 och 4 vid och fortsatte med presentationer och diskussioner av pågående forskningsprojekt. Avslutningsvis sammanfattades internatets två dagar med gruppdiskussioner kring framtida forskningsbehov, med fokus på kommande DRICKS-ansökan för 2025-2028.

DRICKS workshops/seminarium

Workshop i klimatanpassning

Den 27 mars bjöds DRICKS forskare in till en workshop i klimatanpassning, ledd av Lena Blom. I Sverige pågår arbete med att förbereda våra VA anläggningar och anpassningar för ett förändrat klimat. Vad är viktigast utifrån klimatanpassning för att hantera framtidens dricksvattenförsörjning och vad är forskningsbehoven? Denna workshop gav möjlighet att ge uttryck för dessa behov - Vad måste vi ta höjd för? Vilka frågor är relevanta för just VA och vattenförsörjning? Hur kan vi medverka till att hitta nya sätt där vi kan öka samarbete och kunskapsdelning i Sverige samt identifiera forskningsbehov. Cirka 15 personer deltog i workshoppen.

DRICKS-webbinarier

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

DRICKS-webbinarium (2023-02-01)

Den första februari bjöds alla medlemmar och forskare in till ett webinarium där vi under en förmiddag gavs en överblick över de aktiviteter som ingår i verksamhetsplanen för 2023. Vi presenterade även resultaten från tre fallstudier samt introducerade några nyligen beviljade projekt.

Avslutningsvis presenterades och diskuterades utmaningar kopplade till det nya dricksvattendirektivet genom en workshop. AP-samordnare Andreas Lindhe, Catherine Paul, Karin Wiberg och Thomas Pettersson presenterade först DRICKS Verksamhetsplan 2023. Följt av Ekaterina Sokolova, Aina McEvoy och Kate Murphy samt Michael Odhiambo och Thomas Pettersson som presenterade tre avslutade fallstudier.

Nya beviljade projekt presenterades av Catherine Paul, Kate Murphy och Johan Lundqvist. Avslutande workshop inleddes med en inledande presentation av Mats Engdahl. Ämma Pettersson och David Heldt tar vid i en gemensam presentation där de lyfter de viktigaste förändringarna kopplat till forskningen och beskriver utmaningarna kring det nya dricksvattendirektivet. Totalt 55 personer deltar.

DRICKS-webbinarium (2023-04-04)

Den 4e april var det dags för det första av fyra planerade webinarier där DRICKS ger en avrapportering av respektive arbetspaket inför höstens internat. Syftet är att ge en helhetsbild inom de respektive arbetspaketen och komponenterna genom att fråga vad som har gjorts hittills under 2023 och vad planerna är framåt, som ska sammanfattas i en Verksamhetsplan för 2024. Under webinariet presenterades resultat, pågående arbete och kommande aktiviteter. Första arbetspaket att presenteras var AP3, Hållbar distribution. Föredragande var Mats Eriksson, LiU, Thomas Pettersson, Chalmers och Catherine Paul, LU. Cirka 34 personer deltog i mötet via Zoom.

DRICKS-webbinarium (2023-05-09)

Under mötet presenterades resultat, pågående arbete och kommande aktiviteter inom arbetspaket 2, Framtidens vattenverk. Det långsiktiga målet med arbetspaketet är att stärka forskning och utveckling av hållbara, flexibla och behovsstyrda vattenverk som i samklang med distributionssystemet levererar ett hälsosamt och kvalitetssäkrat dricksvatten. Catherine Paul, Tage Rosenqvist, Lutz Ahrens och Kate Murphy höll olika presentationer och webinariet avslutades med frågestund. Cirka 30 personer deltog digitalt.

DRICKS-webbinarium (2023-05-11)

DRICKS bjöd in till ett webinarium om Mistra TerraClean där Mats Sandberg, kemiingenjör och teknisk doktor i Polymerteknologi, var föredragande. Mistra TerraClean utvecklar smarta material för rening av luft och vatten och utgör ett konsortium med industriella deltagare, forskningsinstitut och universitet. Kärnverksamheten, utveckling av material, är matchad med feedback i form av uppskattningar och analyser av teknoekonomisk bärighet och uppskattningar av miljövtryck och livscykelanalyser. Forskningen är inriktad mot sex case studies, tungmetaller, PFAS, mikroorganismer och fouling, läkemedel, luft- och gasrening, och mikroplaster. Totalt 13 personer deltog i webinariet.

DRICKS-webbinarium (2023-05-16)

DRICKS företagsgrupp bjöd in till ett webinarium där de presenterade exempel på projekt där modellering används för att lösa hydrauliska problem. Talare var Bengt Zagerholm från Sweco, Jacob Jørgensen från Envidan och Johan Spännare från DHI. Som flest deltog 33 personer.

DRICKS-webbinarium (2023-06-08)

I juni hölls det tredje AP-webbinariet, denna gång presenterades resultat, pågående arbete och

kommande aktiviteter inom arbetspaket 1, Säker vattentillgång. Detta arbetspaket fokuserar på framtagande av kunskap och utveckling av metoder för att säkerställa tillgången på råvatten av god kvalitet samt att uppnå en säker leverans av dricksvatten till konsument. AP-samordnare Andreas Lindhe presenterade tillsammans med Mikael Gustavsson, Karin Wiberg, Catherine Paul och Ekaterina Sokolova.

Cirka 26 personer deltog digitalt via Zoom.

DRICKS-webbinarium (2023-08-29)

Sist ut av AP-presentationerna var arbetspaket 4, Säker vattenkvalitet. AP-ansvarige Karin Wiberg inledde mötet, och sedan tog Andreas Lindhe, Thomas Pettersson, Johan Lundqvist, Erik Kristiansson, Kate Murphy, Sofia Lindblad samt Anna Andersson över och presenterade arbetspaketets tre huvudkomponenter. En frågestund och diskussion avrundade webinariet vid vilket cirka 25 personer deltog.

DRICKS-webbinarium (2023-10-25)

Vid årets sista DRICKS-webbinarium fick vi lära oss mer om det EU-finansierade programmet REWAISE, som initierades 2019 inom ramen för Horisont 2020. REWAISE syftar till att utveckla och implementera innovativa vattenlösningar.

Catherine Paul inledde och sedan presenterade Frank Lipnizki och Tobias Hey vid Lunds universitet ett membrankoncept tillsammans med resultat från den pilotskala som genomfördes på Spexardammen i Lund, och det pågående arbetet med att etablera det första riktiga systemet i ett kollektivhus i Segepark i Malmö.

Som mest deltog 23 personer i det digitala mötet.

Ytterligare konferenser

Resultat från forskningen inom DRICKS har även presenterats vid nationella och internationella konferenser, exempelvis:

- Nationella Konferensen Avlopp & Miljö i Borås, 8-9 februari
- Vattenstämman i Umeå, 22-24 maj
- Federation of European Microbiological Societies i Hamburg, Tyskland, 9-13 juli
- NORDIWA i Göteborg, 5-7 september
- IAH Worldwide Groundwater Congress of the International Association of Hydrogeologists, Kapstaden, 18-22 september
- IWA Microbial Ecology and Water Engineering conference i Brisbane, Australien, 10-14 oktober
- Nationella dricksvattenkonferensen i Gävle, 11-12 oktober

Vattenforskar skolans årliga möte

DRICKS är en av parterna i Vattenforskar skolan och stod i år som värd för Vattenforskar skolans årliga möte i Göteborg. Cirka 80 (2023) doktorander ingår i Vattenforskar skolan vilka bjöds in till två fullmatade dagar. Den första dagen höll vi till uppe på Chalmers och programmet bjöd på aktiviteter för nätverkande, inspirationsföreläsningar, vattenforskning och kommunikationsövningar. Vi hade också en lyckad tävling där doktoranderna uppmanades att göra en kort videopresentation av sitt doktorandprojekt. Dag två träffades vi alla nere vid Lilla Bommen och tog båten M/S S:t Erik ut i den

södra delen av Göteborgs skärgård. Ombord bjöds vi på sommarbuffé och en spännande föreläsning om tekniskt vatten. Pris för bästa video delades ut innan vi åter ankom kaj och sa hej då till varandra.

4.2 Vetenskaplig publicering, konferenser, möten, media

Under 2023 har forskningsresultat inom DRICKS publicerats i vetenskapliga artiklar i välrenommerade referee-granskade tidskrifter samt i ett antal tekniska rapporter, men även i form av muntliga presentationer, posterpresentationer och som posterbidrag. Både forskare verksamma inom DRICKS samt representanter från medlemskommuner och vattenverk har aktivt deltagit i flera olika nationella och internationella konferenser, webinarier och workshops under 2023. I kapitel 6 redovisas DRICKS samtliga publiceringar under 2023.

4.3 DRICKS hemsida och nyhetsbrev

DRICKS främsta kanaler för information om verksamheten samt populärvetenskaplig kommunikationen utgörs av vårt nyhetsbrev och hemsidan 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

DRICKS-webben på www.dricks.se är vår plattform för information om organisationen och verksamheten, och landningsplats för nyheter om forskning och utbildning samt information om kommande aktiviteter i vår regi. Hemsidan syftar till att beskriva DRICKS genom att presentera en översiktlig bild av verksamheten och utgör vårt kontinuerliga skyltfönster mot våra intressenter samtidigt som den binder samman de fem lärosätena. Innehållet på hemsidan är av mer statisk karaktär, undantaget nyhets- och kalenderfunktionen. Via hemsidan tillgängliggörs också modeller och verktyg, exempelvis QMRA-modeller för mikrobiologisk riskbedömning och beslutsstödsverktyget WSIER.

Arbetet med hemsidan och dess innehåll är ett pågående arbete, både i fråga om utveckling av strukturen och om publicering av innehåll. I dagsläget är DRICKS-webben knuten till Chalmers centrala hemsida. Ett arbete med att skapa en ny hemsida för DRICKS som inte är knuten till Chalmers system har initierats och förhoppningsvis är den nya hemsidan igång 2024. Syftet med detta är att få större frihetsgrader i hur innehållet utformas.

Nyhetsbrev

Nyhetsbrevet är vår kanal för att föra ut forskningsresultat och information av nyare karaktär och utgör en direktkanal till medlemmar och intressenter. Nyhetsbrevet syftar till att presentera både resultat och nya projekt, bjuda in till aktiviteter, skapa intresse för verksamheten och visa på samverkansmöjligheter såväl som att lyfta ny metodik och arbetssätt. DRICKS nyhetsbrev har en maklig men stadig ökning i antalet prenumeranter inom dricksvattenproduktion, vilket ökar värdet och relevansen som kanal för att föra ut resultat samt information om nya tekniker, modeller m.m.

Facebook

Facebook-sidan DRICKS-W syftar till att utgöra kontaktyta och plattform för nätverksbyggande mellan följarna som utgörs av studenter, forskare/lärosäten och medlemmar som representerar branschen. Målet med DRICKS-W är att skapa ömsesidigt värde för studenter och verksamheter: att bidra till ansökningar som leder till rekryteringar inom exjobbförslag, praktikplatser, jobb och

doktorandtjänster. Kommunikationsmålen är att följarna ska uppleva innehållet som relevant och intressant, samt att driva trafik till sidan för möjliga exjobb på dricks.chalmers.se.

Övrigt

Andra exempel på populärvetenskaplig kommunikation inom DRICKS omfattar medverkan i intervjuer i media, deltagande i paneler och framträdanden vid olika typer av forum och populärvetenskapliga arrangemang och medverkan i projekt för att skapa 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 distributionssystemet så genomför studenterna en dimensionering av ett ledningsnätet 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 nyutexaminerade 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, t.ex. 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

ansvaret för fördjupningsblocket Uthålliga vatten- och avloppssystem (läsår 4 och 5) samt för följande dricksvattenrelevanta kurser:

Vattenresurstechnik, 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. Kursen syftar också till 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.

Distribution and treatment of drinking water, 5 hp (1TV447)

Kursen ges av Uppsala universitet i samarbete med SLU och samläses av civilingenjörer för miljö- och vattenteknik, hydrologer och det nya mastersprogrammet i vattenteknik. Kursens förmedlar grundläggande kunskap om råvattenkällor, dricksvattenkemi och metoder för dricksvattenberedning. I undervisningen ingår även flödesscheman för kommunala vattenverk, genomgång av vattenkemiska parametrar relevanta för Livsmedelverkets anvisningar, utformning av vattenledningsnät samt hydraulisk dimensionering av vattenledningsnät och avloppsledningsnät. Under projektarbetet diskuteras för- och nackdelar med barriärverkan samt miljöeffekter, allt baserat på nio olika realistiska förslag på Görvålns framtida vattenverk.

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.se. 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, t.ex. 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.

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, se beskrivning av kursen under avsnitt Kurser vid SLU.

Kommunal och industriell avloppsvattenrening, 5 hp (1TV451)

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 (t.ex. 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)

Digital implementering av PID-regulatorn där hänsyn tas till praktiska aspekter såsom integratoruppvridning, stötfri övergång mellan manuell och automatisk drift, börvärdesviktning, val av samplingshastighet, och approximering av derivatadeln för att minska brus känsligheten. 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.

Digitalt vatten för hållbara städer, 5 hp (1HY850) År 2023 startades den nya kursen i ett hybridformat – kursen ges på distans med en intensiv vecka med fysisk närvaro på campus. Kursen ger kunskap om vattenresursförvaltning i hållbara städer. Introduktion till utmaningar och hållbara anpassningsåtgärder för dricksvattenförsörjning och avloppsvatten samt dagvattenhantering, med fokus på rening, distribution och uppsamlingssystem.

[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 ekosystemtekniker 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 i Vattenforskaraskolan med >80 doktorandstudenter från samtliga Svenskt vattens VA-kluster. Catherine Paul (Lunds universitet) från DRICKS är studierektor och Thomas Petterson ingår i forskarskolans styrgrupp. Nya aktiviteter under 2023 var att komma igång med det nya projektet inom Vattenforskaraskolan, AquaClim, en stor satsning från FORMAS under agendan för Hållbart samhällsbyggande.

I AquaClim ingår lön till fem doktorander och deras lag av handledare och även stöd till nätverksaktivitet, kurser och koordinering. Det finns två doktorandprojekt kopplade direkt till DRICKS och rekrytering pågår under 2023. Varje doktorand har en huvudhandledare i akademien och stöttande handledare från vattenindustrin/producenter och andra discipliner. Inom DRICKS är Sydvatten, ViVAB, Uppsala Vatten och Göteborg Kretslopp och Vatten industriparters.

Under 2023 har vi haft en blandning av kurser finansierade av det utgående SVU-projektet och det nya AquaClim-projektet. Många doktorander och några deltagare från VA-industrin har varit på kurserna. De kurser som genomfördes under 2023 för både doktorander och andra var:

- Applications of Machine Learning in Water Contexts (Lund, DRICKS)
- Microplastics (Uppsala, VA kluster Mälardalen)
- Data Analysis in Python and R (Luleå, Dag&Nät)
- Drinking Water (Göteborg och Lund, DRICKS)

5.2 Examensarbeten

Under 2023 har 40 studenter genomfört 15 examensarbeten och kandidatarbeten inom DRICKS olika delområden – från råvatten till tappkran. Här följer titlarna och författarna på de olika arbetena. Fullständig listning av examensarbetena återfinns i kapitlet 6.5.

- Delineating Drinking Water Protection Areas Using Analytic Element Models (AEMs) (Master of Science thesis). Zamzami M.
- Modelling the Impact of Climate and Socio-Economic Changes on Nutrient Dynamics in the Catchment of Lake Vomb (Master of Science thesis). Zhou Y.
- Prototypframtagning av en rengöringsmetod för en sensor i dricksvattenledning. Linköpings universitet. Makso S., Lahdo A.
- Riskbedömning av föroreningskällor kring Backa grundvattentäkt (Bachelor of Science thesis). Abdiaziz Ahmed Y., Eddin Khoshfah D., Elmi S., Rydsmo S.
- Site suitability evaluation for Managed Aquifer Recharge (MAR) in Sweden (Master of Science thesis). Johansson L., Storm C-F.
- Suspect screening of organic micropollutants in stormwater (Master of Science thesis). Eriksson V.
- Using Ecosystem Services in Source Water Protection – Two case studies in India (Master of Science thesis). Kalinganahalli Suresh S.
- Utsläppsminskning per extra investerad krona: En kostnadsnyttoanalys för en VA-ledning på Hisingen med hjälp av en klimatkalkyl (Bachelor of Science thesis). Brick L., Eknor L., Kronbladh T., Larsson M., Möller T., & Nguyen P.
- On the interconnectivity of urban water system models Possibilities, limitations, and feasibilities. (Master of Science thesis). Jaurena M.
- Thermal Energy from Drinking Water for District Heating: A case study on the potential of the drinkingwater distribution network as a sustainable energy source for district heating in Göteborg. (Master of Science thesis). Esmeijer P.
- Quantitative Microbial Risk Assessment and Microbial Barrier Analysis for a standard water treatment plant in Ghana-With the Tano river as raw water source. (Master of Science thesis). Zagerholm S.
- Optimization of Galtneset Reverse Osmosis plant - Optimization of the RO process for a reduced permeate flow and testing the performance using computational program WAVE. (Master of Science thesis). Kakoti S.
- Dricksvattenläckage: Jämförelse av läcksökningsmetoder. (Bachelor of Science thesis). Andersson T., Blad E., Bülow E., Forslund S., Larsson Schedin A., Ohlsson Hansson B.
- Tjörn kommuns dricksvattenläckage och hur det kan minimeras. (Bachelor of Science thesis). Alfredsson V., Hansson E., Karlsson E., Ljungblad F., Morin E., Torell Paulsson J.
- Kartläggning och analys av dricksvattenförbrukning-En kvalitativ och kvantitativ studie på HSB Living Lab. (Bachelor of Science thesis). Bergroth K., Green Blomroos E., Holmström O., Ingesson T., Vernersson L., Wallner C.

6. Referenser

I detta kapitel redovisas alla publikationer som producerats inom DRICKS under 2023 – från vetenskapliga artiklar, forskningsrapporter och doktorsavhandlingar till populärvetenskapliga artiklar.

6.1 Vetenskapliga publikationer

Caracciolo R., Escher B.I., Lai F.Y., Nguyen T.A., Lee T.M.T, Schlichting R., Tröger R., Némery J., Wiberg K., Nguyene P.D., Baduel C. Impact of a megacity on the water quality of a tropical estuary assessed by a combination of chemical analysis and in-vitro bioassays, *Science of the Total Environment*, 877:162525, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162525>

Cascone C., Murphy K.R., Markensten H., Kern J.S., Schleich C., Keucken A., Köhler, S.J. Abspectroscopy, a Python toolbox for absorbance-based sensor data in water quality monitoring. Environmental Science: Water Research & Technology, 8, 836-848.2022 (open-source GitHub Python toolbox.

[10.1039/D1EW00416F](https://doi.org/10.1039/D1EW00416F)

Coria J., Kristiansson E., Gustavsson M. Economic interests cloud hazard reductions in the European regulation of substances of very high concern. Nature Communications,6686, 2022.

<https://rdcu.be/c8cmm>

Elhabashy A., Li J., Sokolova E. Water quality modeling of a eutrophic drinking water source: Impact of future climate on Cyanobacterial blooms. Ecological Modelling, 477, art. no. 110275. 2023.

[Water quality modeling of a eutrophic drinking water source: Impact of future climate on Cyanobacterial blooms - ScienceDirect](https://doi.org/10.1016/j.ecolmod.2023.110275)

Frank E., Ahlinder J., Jephson T., Persson KM., Lindberg E., Paul CJ. Marine sediments are identified as an environmental reservoir for Escherichia coli: comparing signature-based and novel amplicon sequencing approaches for microbial source tracking. Science of the Total Environment. 2023 October.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167865>

Friberg K., Gago-Ferrero P., Bijlsma L., Ahrens L., Wiberg K., Hernández F., Oskarsson A., Lundqvist J. Effect-based evaluation of water quality in a system of indirect reuse of wastewater for drinking water production, Water Research, 120147, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120147>

Gobelius L., Glimstedt L., Olsson J., Wiberg K., Ahrens L. Mass flow of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in a Swedish municipal wastewater network and wastewater treatment plant, Chemosphere, 336:139182, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139182>

Gustavsson M., Käll S., Svedberg P., Inda-Diaz J.S., Molander S., Coria J., Backhaus T., Kristiansson E. Transformers enable accurate prediction of acute and chronic chemical toxicity in aquatic organisms, Science Advances, 10, eadk6669, 2024.

<https://doi.org/10.1126/sciadv.adk6669>

Gustavsson M., Molander S., Backhaus T., Kristiansson E. Risk assessment of chemicals and their mixtures are hindered by scarcity and inconsistencies between different environmental exposure limits, Environmental Research, 225 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115372>

Johanson G., Gyllenhammar I., Ekstrand C., Pyko A., Xu YLi Y., Norström K., Lilja K., Lindh C., Benskin J., Georgelis A., Forsell K., Jakobsson., Glynn A., Vogs C. Quantitative relationships of perfluoroalkyl acids in drinking water associated with serum concentrations above background in adults living near contamination hotspots in Sweden, Environ Res, 219:115024, Dec. 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115024>

Klingberg J., Hiller C., Renström S., Gladh R. Effektiv minskning av vattenanvändning i hushåll, 2023.

<https://ri.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1778636>

Lundwall T., Fridén H., Rahmberg M., Åström J. Modelling av patogenflöden i Görvålverkets utbyggnad NFVP Norrvattens Framtida Vattenproduktion.

[Microsoft Word - 2023-07 Modelling av patogenflöden i Görvålverkets utbyggnad \(norrvatten.se\)](#)

Malnes D., Waara S., Figuière R., Ahrens L., Wiberg K., Köhler S.J., Golovko O. Hazard screening of contaminants of emerging concern (CECs) in Sweden's three largest lakes and their associated rivers, *Journal of Hazardous Materials*, 453:131376, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131376>

McCleaf, P., Stefansson, W., Ahrens, L. Drinking water nanofiltration with concentrate foam fractionation—A novel approach for removal of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), *Water Research*, 232, 119688, ISSN 0043-1354, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119688>

Ngubane Z., Dzwairo B., Moodley B., Stenström T.A., Sokolova E. Quantitative assessment of human health risks from chemical pollution in the uMsunduzi River, South Africa. *Environmental science and pollution research international*, 30 (55), pp. 118013 – 118024. 2023.

[Quantitative assessment of human health risks from chemical pollution in the uMsunduzi River, South Africa | Environmental Science and Pollution Research \(springer.com\)](#)

Nguyen M.A., Ahrens L., Josefsson S., Gustavsson J., Laudon H., Wiberg K. Seasonal trends and retention of polycyclic aromatic compounds (PACs) in a remote sub-Arctic catchment, *Environmental Pollution*, 121992, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121992>

Niarchos G., Georgii L., Ahrens L., Kleja D.B., Fagerlund F. A systematic study of the competitive sorption of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) on colloidal activated carbon. *Ecotoxicol Environ Saf*, 264, 115408. 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115408>

Nyström-Kandola J., Ahrens L., Glynn A., Johanson G., P Benskin J., Gyllenhammar I., Lignell S., Vogs C. Low concentrations of perfluoroalkyl acids (PFAAs) in municipal drinking water associated with serum PFAA concentrations in Swedish adolescents, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108166>

Odhiambo M., Viñas V., Sokolova E., Pettersson T. Health risks due to intrusion into the drinking water distribution network: hydraulic modelling and quantitative microbial risk assessment.

Environmental Science: Water Research and Technology, 9 (6). 2023.

<https://doi.org/10.1039/D2EW00720G>

Ohlin Saletti, A., Lindhe, A., Söderqvist, T. & Rosén, L. Cost to society from infiltration and inflow to wastewater systems. *Water Research*, 229, 119505. 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119505>

Paradina-Fernández L., Wunsch U.J., Bro R. and Murphy K.R. (in press). Direct measurement of organic micropollutants in water and wastewater using fluorescence spectroscopy. *ACS ES&T Water*.

<https://doi.org/10.1021/acsestwater.3c00323>

Rosenqvist T., Danielsson M., Schleich C., Ahlinder J., Brindefalk B., Pullerits K., Dacklin I., Salomonsson EN., Sundell D., Forsman M., Keucken A., Råström P., Paul CJ. Succession of bacterial

biofilm communities following removal of chloramine from a full-scale drinking water distribution system. *npj Clean Water*. 2023 May 17;6(1):41.

<https://rdcu.be/do2Yb>

Sekizovic I., Warman P. Ultrafiltration Pilot Plant at Görvåln WTP. Purifying Carbon Filtrate to Evaluating Operation for the Future Treatment Plant, 2023.

[Microsoft Word - 2308 Ultrafiltration Pilot Plant at Görvåln WTP \(norrvatten.se\)](#)

Smith S., Lauria M., Ahrens L., McCleaf P., Hollman P., Bjälkefur Seroka S., Hamers T., Arp H.P., Wiberg K. Electrochemical oxidation for treatment of PFAS in contaminated water and fractionated foam – A pilot-scale study, *Environmental Science & Technology: Water*, 3:1201-1211, 2023.

<https://doi.org/10.1021/acsestwater.2c00660>

Smith S.J., Keane C., Ahrens L, Wiberg K. Integrated treatment of per- and polyfluoroalkyl substances in existing wastewater treatment plants - scoping the potential of ofam partitioning, *ES&T Engineering*. 2023.

<https://doi.org/10.1021/acsestengg.3c00091>

Smith S.J., Lewis J., Wiberg K., Wall E., Ahrens L. Foam fractionation for removal of per- and polyfluoroalkyl substances: Towards closing the mass balance, *Science of the Total Environment*, 871:162050, 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162050>

Takman, M., Svahn, O., Paul, C., Cimbritz, M., Blomqvist, S., Poulsen, J.S., Nielsen, J.L. and Davidsson, Å. Assessing the potential of a membrane bioreactor and granular activated carbon process for wastewater reuse—A full-scale WWTP operated over one year in Scania, Sweden. *Science of the Total Environment*, 895, p.165185. 2023.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165185>

6.2 Konferensartiklar och andra konferensbidrag (muntliga såväl som posterpresentationer)

Ahrens L. PFAS treatment techniques – Needs for the future? Länsstyrelsen i Norrbotten. September 7, 2023.

Ahrens L., Kothawala D., Lipnizki F., Hey T., Lundqvist J., Peters G., Svanström M. Wanner P., Mumberg T., McCleaf P. Sustainable innovative drinking water treatment solutions for PFAS for large-scale water supply and reuse. *DIOXIN*, Maastricht, The Netherlands, September 10-14, 2023.

Bonnet B., Sharpe M., Ross I., Ahrens L. Decontamination of PFAS contaminated fire suppression system pipes – Treatment verification with time-of-flight elastic recoil detection analysis (ToF-ERD). *DIOXIN*, Maastricht, The Netherlands, September 10-14, 2023.

Celma A., Ahrens L., Covaci A., Belova L., Hernández F.H., Lai F.Y., Menger, F., Sancho Llopis J.V.V., Schymanski E. Van Nuijs A., Wiberg K., Bijlsma L. Advancing towards the use of ion mobility separation coupled to high resolution mass spectrometry for the analysis of organic micropollutants in aquatic samples. *SETAC Europe 33rd annual meeting*, Dublin, Ireland, April 30 - May 4, 2023.

Erb I., Suarez C. Frank E. Bengtsson-Palme J, Lindberg E, Paul CJ. Kan vi övervaka utsläpp av antibiotikaresistenta bakterier? Nationell avloppsvatten och miljökonferens. 8-9 februari, Borås.

Erb I, Gador N, Lindberg E, Paul CJ. Online mätning av E.coli för bättre badvattenkvalitet. Nationell avloppsvatten och miljökonferens. 8-9 februari, Borås.

Erb I., Suarez C. Frank E. Bengtsson-Palme J, Lindberg E, Paul CJ. Comparative genomics and phenotypic characterisation of antibiotic resistance in *Escherichia coli* isolated from marine sediments. Federation of European Microbiological Societies General Meeting. 9-13 juli, Hamburg, Germany.

Glynn A., Benskin J., Lignell S., Gyllenhammar I. 12 years of intraindividual trends of perfluoroalkyl acids (PFAAs) among women of child-bearing age. ISES Annual Meeting, Chicago, USA, August 27-31

Lindhe, A., Rosén, L. Assessment of Water Supply Security and Sustainability of Managed Aquifer Recharge in Botswana. The 50th IAH Worldwide Groundwater Congress of the International Association of Hydrogeologists, Cape Town, South Africa, September 18-22.

Khan U.A., Wiberg K., Stålsby Lundborg C., von Brömssen C., Ahrens L., Sonesten L., Lai F.Y. Critical Review and Meta-Analysis of Hazardous Pollutants in Treated Wastewater for Environmental Policy of Water Reuse in Sweden. *SETAC Europe 33rd annual meeting*, Dublin, Ireland, April 30 - May 4, 2023, 15-19, 2023.

Paul CJ. Engineering biofilms - understanding the links between human activities and microbial pathogens and communities. Invited speaker. 3-4 oktober. Newcastle University, Newcastle, England.

Paul CJ. Förståelse av koblingene mellom menneskelige aktiviteter og mikrobielle patogener og samfunn. Invited speaker. NorskVann Fagtreff "Biostabilitet i ledningsnett og tolkning av mikrobiologiske analyser" 15-16 oktober, Oslo, Norway.

Paul CJ. Engineering the Swedish drinking water microbiome. Invited speaker. Environment, Microbiome and Health. 8 juni. Puffendorf Institute, Lund.

Rosenqvist, T. Hilding J, Paul CJ. What can metagenome-assembled genomes tell us about carbon transformation in slow sand filters? 10th IWA Specialist Conference in Microbial Ecology and Water Engineering. 10-14 september, Brisbane, Australia.

Rosenqvist, T. Hilding J, Paul CJ. Metagenome-assembled genomes and carbon transformation in slow sand filters. Federation of European Microbiological Societies General Meeting. 9-13 juli, Hamburg, Germany

Skirfors O., Berggren Kleja D., Enell A., de Buen H., del Val L., Ahrens L. Soil water partitioning and kinetics of PFAS in aquifers to be remediated using pump and treat technology. DIOXIN, Maastricht, The Netherlands, September 10-14, 2023.

Smith S.J., Ahrens L., Wiberg K. Integrated treatment of PFAS in existing water treatment plants. *SETAC Europe 33rd annual meeting*, Dublin, Ireland, April 30 - May 4, 2023, 15-19, 2023.

Smith S.J., Lewis J., Ahrens L., Wiberg K. Foam fractionation for removal of PFAS from contaminated water. *SETAC Europe 33rd annual meeting*, Dublin, Ireland, April 30 - May 4, 2023, 15-19, 2023.

6.3 Doktors- och licentiatavhandlingar

Yu M. Towards improved drinking water safety: the use of in vitro bioassays to optimize treatment processes and assess chemical hazards. Doctoral Thesis No. 2023:70, Faculty of Veterinary Medicine

and Animal Science, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). 2023.

[yu-m-20230921.pdf \(slu.se\)](#)

6.4 Rapporter

Lindhe, A. Utvärdering av statsstödet för en säkrad tillgång till dricksvatten och en bättre vattenhushållning – Enkätstudie av genomförda projekt 2019–2022. Chalmers University of Technology. 2023.

Nyström-Kandola J., Johanson G., Vogs C., Hallberg I., Ekstrand C., Glynn A. Delrapport 1. Överföring av perfluoralkylsyror från foder och dricksvatten till livsmedelsproducerande djur, och till livsmedel från dessa djur. Rapport till Naturvårdsverkets regeringsuppdrag Kunskap of PFAS i Livsmedel och Miljö. 2023.

6.5 Examensarbeten

Abdiaz Ahmed, Y., Eddin Khoshfah, D., Elmi, S. & Rydsmo, S. (2023). Riskbedömning av föroreningskällor kring Backa grundvattentäkt. Bachelor's Thesis. Chalmers University of Technology. <https://odr.chalmers.se/items/ef526c74-6c61-4f4c-86e1-f35759e23461>

Alfredsson V., Hansson E., Karlsson E., Ljungblad F., Morin E., Torell Paulsson J. (2023). Tjörn kommuns dricksvattenläckage och hur det kan minimeras. Kandidatarbete. Chalmers tekniska högskola. <https://odr.chalmers.se/items/91961387-958e-4d9d-b223-afbe12c53e38>

Andersson T., Blad E., Bülow E., Forslund S., Larsson Schedin A., och Ohlsson Hansson B. (2023). Dricksvattenläckage: Jämförelse av läcksökningsmetoder. Kandidatarbete. Chalmers tekniska högskola. <https://odr.chalmers.se/items/5e76bd55-855c-4d77-b4f8-f00cd230d37c>

Bergroth K., Green Blomroos E., Holmström O., Ingesson T., Vernersson L., Wallner C. (2023). Kartläggning och analys av dricksvattenförbrukning En kvalitativ och kvantitativ studie på HSB Living Lab. Kandidatarbete. Chalmers tekniska högskola. <https://odr.chalmers.se/items/1d7b60cb-fcb4-4199-a731-871bdf024c2b>

Brick L., Eknor L., Kronbladh T., Larsson M., Möller T., & Nguyen P. (2023). Utsläppsminskning per extra investerad krona: En kostnadsnyttoanalys för en VA-ledning på Hisingen med hjälp av en klimatkalkyl (Bachelor of Science thesis). Uppsala universitet. Retrieved from <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-503436>

Eriksson V. (2023) Suspect screening of organic micropollutants in stormwater (Master of Science thesis). Uppsala universitet. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-506292>

Esmeijer P. (2023). Thermal Energy from Drinking Water for District Heating: A case study on the potential of the drinkingwater distribution network as a sustainable energy source for district heating in Göteborg. Master of Science thesis. Chalmers University of Technology. <https://odr.chalmers.se/items/6cac7fe8-115a-4bd0-b398-bf45dfe0e08a>

Jaurena M. (2023). On the interconnectivity of urban water system models Possibilities, limitations, and feasibilities. Master of Science thesis. Chalmers University of Technology. <https://odr.chalmers.se/items/cca29222-c24a-4984-8990-0341248e89a3>

Johansson, L. & Storm, C.-F. (2023). Site suitability evaluation for Managed Aquifer Recharge (MAR) in Sweden. Master's Thesis. Chalmers University of Technology.

<https://odr.chalmers.se/items/be1a254d-2e57-4b2d-9e3e-3196e3030097>

Kalinganahalli Suresh, S. (2023). Using Ecosystem Services in Source Water Protection – Two case studies in India. Master's Thesis. Chalmers University of Technology.

<https://odr.chalmers.se/server/api/core/bitstreams/7cfb617f-67ce-4778-ae54-5d28732b3fe8/content>

Kakoti S. (2023). Optimization of Galtneset Reverse Osmosis plant - Optimization of the RO process for a reduced permeate flow and testing the performance using computational program WAVE. Master of Science thesis. Chalmers University of Technology.

<https://odr.chalmers.se/items/a2a3dfd7-9c23-4a1e-9685-1c790597cf95>

Makso S., Lahdo A. (2023) Prototypframtagning av en rengöringsmetod för en sensor i dricksvattenledning. Linköpings universitet.

Zagerholm S. (2023). Quantitative Microbial Risk Assessment and Microbial Barrier Analysis for a standard water treatment plant in Ghana-With the Tano river as raw water source. Master of Science thesis. Chalmers University of Technology. <https://odr.chalmers.se/items/fa71c7bd-2fad-41d6-8afe-46ba0be97652>

Zamzami, M. (2023). Delineating Drinking Water Protection Areas Using Analytic Element Models (AEMs). Master's Thesis. Chalmers University of Technology.

<https://odr.chalmers.se/server/api/core/bitstreams/5ccac588-f8ee-4c31-990b-ab3551d74155/content>

Zhou Y. (2023). Modelling the Impact of Climate and Socio-Economic Changes on Nutrient Dynamics in the Catchment of Lake Vomb (Master of Science thesis). Uppsala universitet. Retrieved from

<https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-506261>