



Slutrapport för DRICKS
programperioderna
2018-2020 och 2021

-från råvatten till tappkran



Kontaktuppgifter DRICKS:

Thomas Pettersson, Biträdande professor, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Vatten Miljö Teknik. Föreståndare.

thomas.pettersson@chalmers.se. Tel: 031-7722127.

Andreas Lindhe, Senior forskare, Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Geologi och geoteknik. Vice föreståndare.

andreas.lindhe@chalmers.se. 031-7722060.

Louise Kärrnell, koordinator, louise.karnell@chalmers.se.

Dricksvatten i fokus

Att leverera säkert dricksvatten, och i tillräcklig mängd, är en stor och viktig samhällsutmaning som kräver utbildning, hållbara teknislösningar och strukturerade riskanalyser.

De stora och medialt uppmärksammade vattenburna sjukdomsutbrotten i Sverige under 2010-2011 visade på behovet av att svenska dricksvattenproducenter kan genomföra strukturerade riskanalyser. DRICKS arbetar med att tillgängliggöra dessa verktyg samt att informera och utbilda vattenbranschen.

DRICKS utvecklar och sprider tillämpad kunskap kring dricksvattenfrågor genom att lösa aktuella och långsiktiga utmaningar. Många av forskningsområdena bidrar med kunskap om vilka anpassningar som behöver genomföras i vattenförsörjningssystemet till följd av bland annat pågående klimatförändringar. Arbetet präglas av hög vetenskaplighet och i god och nära samverkan med dricksvattenbranschen.

Verksamheten inom DRICKS olika delområden innefattar forskning och verksamhet kopplat till hela dricksvattensystemet – från råvatten till tappkran.

Under denna projektperiod, 2018-2021, har en fortsatt integrering av forskning i samverkan med branschen utvecklats.

Inom delområdet *Beslutsstöd för framtida utmaningar* arbetar vi med att utveckla ett multikriterieverktyg som ger praktiskt stöd i beslutsprocesser. Ett exempel på verktyg som utvecklats är WISER, med syfte att strukturerat utvärdera nödvändiga åtgärder i dricksvattensystemet och dess



tekniska, sociala, miljömässiga och ekonomiska effekter. Verktöget kan laddas ner från DRICKS hemsida (www.dricks.se).

I delområdet *Hållbar drift av distributionsnät för säker vattenkvalitet* har studier av den elektroniska tungan genomförts, där sensorer placeras ut i ledningsnätet för att mäta olika substanser och kunna ge tidiga varningar om fekal påverkan eller andra anomalier upptäcks i dricksvattnet. Vidare har en ny QMRA-modell tagits fram för att bedöma hälsorisker i samband med korskopplingar i distributionsnätet. Modellen

bygger på en felträdsmodell tillsammans med ett vidareutvecklat QMRA-verktyg.

Inom delområdet *Förekomst av kemiska ämnen och barriärverkan* har förekomsten av kemiska ämnen i råvatten och dricksvatten undersökts samt beredningsprocessers barriärverkan av läkemedel och PFAS.

Området *Biofilter och mikrobiologiska barriärer* har fokus på biofilter och mikrobiologiska barriärer där studier omfattande avancerad bioinformatik genomförts i projekt som berör långsamfilter, monokloramin, UV ljus, samt barriärfunktion av olika steg i vattenverk för vattenåteranvändning i fullskala.

Delområdet *Nya satsningar inom DRICKS* är datadrivna modeller för att förutsäga koncentrationerna av fekal påverkan i råvattenintag i fokus, samt förekomst av radioaktivt grundvatten och bedömningar om vi renar för mycket i dagens dricksvattenberedning.

Verksamheten i korthet

DRICKS är det ledande forskningsprogrammet för dricksvattenforskning i Sverige och samverkar inom hela dricksvattenkedjan genom gemensamma forskningssatsningar mellan bransch och universitet – från råvatten till tappkran.

- Forskning och samverkan inom DRICKS sker vid tre medlemsuniversitet: Chalmers, SLU och Lunds universitet (samt i samverkan med Linköpings universitet).
- Antalet medlemsorganisationer har ökat från 10 till 11.
- DRICKS är ett av fyra va-projektprogram som har sin basfinansiering från SVU. Dessa har tillsammans initierat en nationell vattenforskarsskola.
- DRICKS forskning har under perioden inkluderat många forskningsprojekt vid respektive lärosäte, varav många projekt har resulterat i direkt användbara resultat för dricksvattenbranschen.
- Forskarutbildningen inom DRICKS har resulterat i 11 doktorsavhandlingar och 2 licentiatuppsatser.
- Omsättningen inom DRICKS har under projektperioden totalt uppgått till drygt 65 miljoner kronor.
- Årliga internat genomförs för erfarenhetsutbyte mellan forskare och medlemsorganisationer.
- 2-3 DRICKS-seminarier anordnas varje år kring aktuella frågeställningar.
- Kommunikationsinsatser utåt har intensifierats och inkluderar en satsning på seminarier och utbildning för branschens ingenjörer.
- DRICKS forskare och medlemmar medverkar i vetenskapliga kommittéer och deltar med presentationer på nationella och internationella konferenser.
- DRICKS forskningsresultat publiceras löpande som vetenskapliga artiklar i internationella tidskrifter, SVU-rapporter, konferensbidrag med mera.





Ett långsiktigt projektprogram för dricksvattenforskning

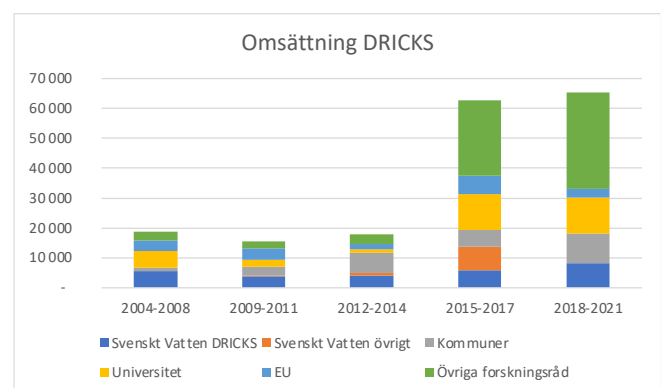
DRICKS har sedan 2003 varit ett centrum för svensk dricksvattenforskning som skapar både kontinuitet och genererar ny kunskap och nya verktyg för branschen.

Svensk dricksvattenforskning minskade betydligt i omfattning under 1990-talet och början av 2000-talet, vilket innebar att forskningsverksamheten vid landets högskolor i princip upphörde. Chalmers beslutade att göra en nystart av den framgångsrika dricksvattenforskningen och 2003 bildades DRICKS, med finansiellt stöd från Svenskt Vatten. Målet för DRICKS är att i nära samarbete med svenska dricksvattenproducenter skapa kontinuitet, generera ny kunskap och utveckla nya verktyg för branschen genom doktorandprojekt och seniorprojekt. Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och Lunds universitet deltar som medlemsuniversitet inom DRICKS sedan 2015. Även Linköpings universitet har varit involverade i DRICKS sedan 2015.

DRICKS omsättning låg på en relativt stabil nivå under de tre första projektperioderna, som spänner över åren från 2004 till 2014. Under efterföljande projektperioder, från 2015 till idag, har basfinansieringen från SVU växlat upp

betydligt genom ökade aktiviteter såsom ökat medlemsantal och flera externt finansierade forskningsprojekt. Den totala omsättningen för DRICKS ligger nu på drygt 65 000 kkr. årligen.

Figuren nedan illustrerar finansieringen av DRICKS verksamheter över tid. Samverkan med DRICKS-medlemmar och universitet, samt genom extern finansiering via olika forskningsfinansiärer och myndigheter som Livsmedelsverket, med flera.



Vi utbildar för framtidens dricksvattenbransch

I DRICKS-programmet ingår traditionella kurser och ingenjörsutbildningar vid våra universitet, men även satsningar på seminarier, workshoppar och vidareutbildningar för vatteningenjörer.

I DRICKS-programmet ingår förutom traditionell utbildning vid våra medlemsuniversitet även satsningar på seminarier, workshoppar och vidareutbildning av vatteningenjörer. Genom samverkan underlättar vi branschens nyrekrytering och förutsättning att klara av framtidens rekryteringsbehov. Dessutom kan vi lättare utveckla och sprida tillämpbar kunskap kring aktuella dricksvattenfrågor och på så sätt bidra till långsiktiga lösningar.



Vattenforsarskolan, som har skapat en plattform för forskarutbildning av hög internationell klass inom vatten- och avloppssektorn, initierades föregående verksamhetsperiod genom ett samarbete mellan forskningsklustren VA-teknik Södra, DRICKS, VA-kluster Mälardalen och Dag & Nät.

Syftet med forskarskolan är att stödja samhällsbyggande, att utveckla samarbete och skapa mötesplatser som uppmuntrar doktorander att interagera både socialt och vetenskapligt. Forskarskolan erbjuder ett brett utbud av vattenkurser, som även har relevans och är öppna, för branschpersonal.

Ett mentorprogram ingår i Vattenforsarskolan där erfarna mentorer vägleder forskarskolans doktorander för att stödja dem i sin karriär nu och i framtiden.

Årliga seminarier ges med ett specifikt tema för att både generera och sprida kunskap mellan forskning och vattenbranschföreträdare.

Forskning i samverkan med samhälle och näringsliv

Samverkan mellan forskare, dricksvattenbranschen, myndigheter och övriga aktörer är ett måste för att förstå och hitta lösningar på dagens och framtida utmaningar.

Inom DRICKS träffas representanter från VA-organisationer och forskare regelbundet för att utbyta erfarenheter och diskutera utmaningar och projektidéer. Samverkan med branschen är viktig för att förstå vilka forskningsbehov som finns samt sprida resultat och kunskap från genomförda projekt.

Utvecklingen av beslutsstöds-verktyget WISER har skett utifrån de behov branschen har och verktyget har använts i tillämpningar tillsammans med bland annat de 13 kommunerna i Göteborgsregionens kommunalförbund, Sydsvatten och Norrvatten.

Tillsammans med Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp (NSVA) har vattenförbruknings-data analyserats i syfte att upptäcka läckor. Metodiken som tillämpats är baserad på AI och

arbetet har genomförts i samverkan med forskare från Tyskland (TZW i Dresden).

I samverkan med en sydsvensk kommun har en hydraulisk modell kombinerats med QMRA för att analysera och bättre förstå ett inträffat vattenburet sjukdomsutbrott.

I projektet genomljusning har optiska sensorer använts för att optimera driften av vattenverk. Arbetet har genomförts tillsammans med bland annat DRICKS-medlemmarna Kretslopp och Vatten, Uppsala Vatten, Norrvatten och Vivab AB.

Under 2021 formerades en företagsgrupp för att knyta näringslivsrepresentanter till DRICKS, från t.ex. konsultbolag, analysföretag och leverantörer. Företagsgruppen startas upp 2022 som en del av den nya programperioden.

Under 2020 placerades fem sensorsystem baserade den "elektronisk tungan" ut i Tekniska verkens distributionssystem. Målet är att möjliggöra Realtids-övervakning av vattenkvaliteten i hela distributionsnätet.

Datadrivna metoder för att förutsäga den mikrobiologiska råvattenkvaliteten har tillämpats och utvärderats i ett projekt tillsammans Kretslopp och vatten, Göteborgs stad.

Med hjälp av pilotförsöket på Norrvattens vattenverk Görvälverket har långtidseffekter av granulerat aktivt kol och ozonering studerats.

Flera forskare har även varit inbjudna som talare vid olika typer av seminarier, workshops och konferenser som har anknytning till DRICKS.





Kommunikation

Kunskap för att öka förståelsen för hur viktig tillgång och säker vattenproduktion är i ett hållbart samhälle.

Forskare och det omgivande samhället talar inte alltid samma språk. Vi har därför försökt att bygga broar mellan vetenskap och samhälle genom att ta fram populärvetenskapliga beskrivningar av den kunskap och teknologi som finns.

Vi belyser hur vattenforskningen i Sverige kan bidra till kunskap kopplad till FN:s globala hållbarhetsmål och ökad medvetenhet om vattnets roll som resurs och livsmedel. Vi arrangerar publika seminarier för att presentera vetenskapligt material på ett lättillgängligt sätt och sprida information om den forskning kring dricksvatten som pågår för att öka förståelsen för hur viktig tillgång och säker vattenproduktion är i ett hållbart samhälle.

Vi arrangerar ämnesspecifika seminarier för att lyfta forskningsfrågor tillsammans med representanter från vattenbranschen. Vi lyfter behovet av en kunskapsbas för Sveriges framtida vattenförsörjning och vill locka unga att välja att studera och sikta mot en karriär inom VA-sektorn.

Exempel på genomförda aktiviteter:

- Introducering av DRICKS Nyhetsbrev i april 2018
- Deltagande i Almedalsveckan 2019 – Hur hotat är vårt dricksvatten?
- En QMRA-utbildning arrangerades 2020 för att testa det utbildningsmaterial som tagits fram
- Flera tidningsartiklar publicerade angående krav på ökad beredskap med anledning av konsekvenserna från skyfallet i Gävle 2021



Slutsatser och lärdomar

2018-2021

DRICKS samverkan med medlemmar från de kommunala vattenproducenterna har fördjupats under perioden, och flera nya, spännande och dynamiska samarbeten mellan forskare, medlemmar och vattenbransch med hög grad av integration och innovation.

Under perioden har flera viktiga ämnesområden och problemställningar belysts, såsom biostabilitet, beredningsteknikers effektivitet och kemiska risker, där flera workshops har hållits för att belysa och definiera de framtida utmaningar branschen står inför. Till dessa mer praktiskt tillämpade workshops har experter både inom DRICKS och utifrån tillsammans med utvecklings- och driftpersonal från våra medlemmar bjudits in.

DRICKS-programmets forskningsprojekt har indelats i arbetspaket, såsom beslutsstöd för framtida utmaningar, hållbart distributionsnät, kemiska ämnen och barriärverkan, biofilter och mikrobiologiska barriärer samt nya satsningar. Flera viktiga resultat och tillämpbara verktyg och modeller för dricksvattenbranschen har utvecklats och tillgängliggjorts under projektperioden.

Flera gemensamma ansökningar och beviljade projekt samt ett ökat samarbete mellan redan pågående projekt inom DRICKS har skapat ett mervärde för såväl forskare som deltagande VA-organisationer. Det har även skapat möjlighet för ett än mer integrerat och samordnat upplägg på nästa projektperiod.

Inom riskbedömningar, vid Chalmers, har QMRA-verktyget uppdaterats, där de senaste forsknings-resultaten har implementerats samt att verktyget har översatts till svenska för att bli mer tillgängligt för dricksvatten-branschen.

Vid Linköpings universitet har den elektroniska tungan utvecklats vilket är en sensor som kan mäta olika substanser i dricksvattnet och kan ge tidiga varningar om fekal påverkan eller andra anomalier upptäcks i dricksvattnet. Denna sensor testas i ledningsnätet i Linköping

där undersökningarna påvisat stor tillämpbarhet av dessa sensorer för hela dricksvattenbranschen.

Vid SLU har fokus främst varit på nya kemiska ämnen som innebär stora utmaningar för våra vattenproducenter. Arbetet omfattar både att påvisa förekomsten av kemiska ämnen i råvatten och dricksvatten samt att uppskatta berednings-processers barriärverkan av dessa, där främst läkemedel och ämnen ur PFAS-gruppen har undersökts.

Vid Lunds universitet har fokus varit på att studera biofilter och mikrobiologiska barriärer för långsamfilter och olika desinfektionsprocesser. Vidare har studier av barriärfunktion i fullskala genomförts för olika processteg i vattenverk med vattenåteranvändning.

Åren i korthet

2018

År 2018 var antalet DRICKS-medlemmar 11 st. Flera fallstudier påbörjades. Projektet "Mikrobiell ekosystemteknik för säker och högkvalitativt dricksvatten" med finansiering från VR och Sweden Water Research, genererade i nära samverkan med Kvarnagårdens vattenverk (VIVAB) och Ringsjöverket (Sydvatten), praktisk erfarenhet av hur man med rationell FCM-analys kan övervaka och optimera dricksvattenproduktionen på vattenverk med olika reningsprocesser och råvattenkvaliteter. Förutom den förfinade FCM-analysen tog projektet fram ny kunskap om biofilmer i långsamfilter och distributionssystem med hjälp av bl.a. taxonomisk sekvenseringsanalys. Projektet presenterades och försvarades i samband med Sandy Chans disputation den 26 oktober 2018.

Tillsammans med Norrvatten och SLU studerade Lunds universitet beredningsprocesser (kemiska och biologiska) med bl.a. FCM-analys. Målet var övervakning och beredningsoptimering av bl.a. snabbfilter och GAC. UV är en vanlig och effektiv mikrobiologisk säkerhetsbarriär som undersöks brett i DRICKS. Bildandet av UV-exponerade småmolekyler studerades i samverkan med NTNU med

målet att undersöka mikrobiell återväxt samt identifiera fluorescensbaserade indikatorer. Under 2018 påbörjades också en UV-studie på Görvälnverket med mål att identifiera vilka mikroorganismer som avdödas med UV samt påvisa återväxtpotentialen hos UV-resistenta mikroorganismer. Projektet genomfördes som ett samverkansprojekt mellan FOI, Livsmedelsverket, Lunds universitet, Norrvatten och Sweden Water Research. Därtill var syftet med projektet att studera hur flödet av mikrobiella virulens- och resistensgener påverkas av



olika UV-doser.

Projekt i samarbete mellan Chalmers, SLU och Lackarebäcks vattenverk undersökte reduktion av organiskt material och lösta organiska miljöföroreningar, och med Mariebergs vattenverk för att undersöka effekt av utbyte av aktiverat kol på NOM-halter. I Lund skedde samverkan mellan Norrvatten, Sweden Water Research (Sydvatten, NSVA och VA SYD) och VIVAB

avseende biofilmsstudier i vattenverk (biofilter) och ledningssystem, och med Stockholm Vatten, Norrvatten, Tekniska Verken, Sydvatten avseende mikrobiell analys med DNA-baserad flödescytometri (FC).

En workshop kring biostabilitet arrangerades i Stockholm i september. Här diskuterades begreppet biostabilitet som ofta används för dricksvatten.

Flera forskare var även inbjudna som talare vid olika typer av seminarier, workshops och konferenser som har anknytning till DRICKS.

2019

Under 2019 tillkom ytterligare en ny medlem till DRICKS när Vätternvatten AB anslöt, och nu samverkade 12 kommunala vattenproducenter inom DRICKS. Under året fortsatte utvecklingen av projekt och fallstudier,

dels inom ramen för de arbetspaket som utgör stommen för verksamheten inom DRICKS, dels genom en tydligare koppling mellan arbetspaketen och de projekt som finns i gränslandet mellan arbetspaketen. Samarbetet mellan forskare, doktorander och medlemmar intensifierades, och det gemensamma DRICKS-internatet i början på året gav många möjligheter att träffas, diskutera idéer och ge feedback kring den planerade

verksamheten för DRICKS under 2019.

Det arrangerades flera workshops och seminarier i samverkan med våra medlemsorganisationer kring intressanta frågeställningar och olika tematiska områden. Många av forskarna deltog i olika forum och gjorde inlägg i samhällsdebatten kring dricksvattenfrågor.

Under 2019 påbörjade SLU en av de mest omfattande provtagningar av läkemedel i tillrinningsområden av Vätern, Vättern och Mälaren hittills, där syftet var att studera källfördelning av läkemedel, bakgrundshalter, borttagning i avlopps- och dricksvattenverk samt vilka naturliga reningsprocesser som förekommer. Ett viktigt resultat av arbetet med kemiska risker var ett bidrag till en policy brief från *Water JPI Knowledge Hub on Contaminants of Emerging Concern*, där forskare från SLU var medförfattare.

Genom provtagning och sekvensering av två nya och ett gammalt långsamfilter från Ringsjöverket studerades etableringen av biofilmen i långsamfilter av Lunds universitet. Resultaten visade att genom inokulation av långsamfilter med gammal sand skapades olika

förutsättningar för olika bakteriergrupper att etablera sig jämfört med ett filter som endast bestod av nyinköpt sand.



Tack vare ett explicit biofilmssystem i Varberg i kombination med innovativ applikation av FCM analys var det möjligt att påvisa den specifika biofilmdynamiken i ett fullskaligt ledningsnät för distribution av dricksvatten under en treårsperiod.

Under 2019 slutfördes bland annat rapporten "När vattentillgången brister", som tillhandahåller information och underlag för hur olika aktörer kan bidra till en bättre vattensituation i områden med vattenbrist. En fallstudie inleddes där en elektronisk tunga testades och utvärderas i ett befintligt distributionsnät. Syftet var att försöka förbättra detektionsgränser och att kunna skilja naturliga variationer från anomalier i syfte att undvika falsklarm.



I ett examensarbete undersöktes riskerna vid underhållsarbeten och hur markvatten som kan vara kontaminerade med fekala indikatorer, och därmed risk för patogener, kunde ta sig in i distributionsnätet.

Ett nytt forskningsprojekt WaterPlan (Riskbaserad prioritering av vattenskydd i hållbart samhällsbyggande) startades under 2019, med övergripande syfte att utveckla underlag och metoder för att lättare kunna utvärdera och prioritera skyddsåtgärder för våra dricksvattenresurser.

Under 2019 presenterades 2 doktorsavhandlingar inom DRICKS. Dessutom genomförde 12 studenter 7 examensarbeten och kandidatarbeten. Det publicerades flera vetenskapliga artiklar och tekniska rapporter. Många forskare, doktorander och medlemmar var aktiva på både nationella och internationella konferenser, och bidrog med såväl muntliga presentationer som posters.

2020

År 2020 var ett speciellt år som präglades av coronapandemin och mycket i samhället fick ställas om. DRICKS forskning kunde alltså fortsätta att

bedrivs i stort sett oförändrat men med något fall av förseningar i studier, medan DRICKS seminarier, utbildningar och möten styrdes om till digitalt format under året.

Under 2020 hade DRICKS tolv medlems-organisationer i form av kommunala vattenproducenter och många projekt och fallstudier ägde rum.

Inom AP 1 hade man exempelvis utvecklat verktyget WISER, vilket är ett multikriterieverktyg som ger praktiskt stöd i beslutsprocesser. Verktöget går att ladda ner ifrån DRICKS hemsida.

I AP 2 gjorde man under året bland annat studier av den elektroniska tungan för att mäta olika substanser och som därmed kan ge varningar ifall man upptäcker anomalier.

Inom AP3 undersökte man förekomsten av kemiska ämnen och barriärverkan. Exempelvis undersökte man avskiljningsförmågan av läkemedel och PFAS.

I AP4 låg fokus på biofilter och mikrobiologiska barriärer och under året publicerades studier bland annat kring biologiska processer i distributionssystemets biofilm, och vilka mikroorganismer, partiklar, näringsämnen mm som återfanns där.

Under 2020 arrangerade DRICKS en workshop kring kemiska risker, ett seminarium kring biofilmens påverkan på vattenkvalitet och en utbildning i QMRA.

DRICKS deltog även i möten och konferenser för att sprida kunskap. Under året skedde det mesta genom digitala presentationer.



Forskningsresultaten gick även att ta del av i forskningsartiklar och genom olika rapporter, och en del forskningsresultat uppmärksammades i media. Till exempel gjorde Sveriges Radio ett reportage om gifter i Mälaren efter att en forskningsrapport från SLU släppts, och Aftonbladet intervjuade DRICKS

föreståndare kring risker för dricksvattenbrist kopplat till pandemin.

Under året genomfördes 16 examensarbeten inom DRICKS. De tre medlemsuniversiteten gav många kurser med koppling till vattenfrågor och målsättningen var att DRICKS skulle bidra till att fler studenter fick upp ögonen för VA branschen.

DRICKS var även med och drev Vattenforsarskolan, vars kurser är öppna för både doktorander och yrkesverksamma.

2021

För DRICKS innebar år 2021 en ettårig programperiod, då Svenskt Vatten beslutat att synkronisera programperiodernas startår för alla fyra svenska va-kluster. Det första arbetet som genomfördes inom DRICKS under 2021 var att påbörja ansökningsprocessen för nästkommande treåriga programperiod 2022-2024, vilket påbörjades vid DRICKS-internatet 13-14 januari 2021. På grund av Corona-pandemin fick DRICKS-internatet 2021 genomföras digitalt under två halvdagar, där samtliga forskare och 11 medlemsorganisationer deltog.

Ett nytt arbetspaket, AP2021 kom till för nya satsningar inom DRICKS under 2021. Merparten av projektsamarbetena genomfördes under året i de fem arbetspaketen, där flera fallstudier påbörjades vilka flertalet kom att avslutas under 2022. Utöver dessa tillkom ytterligare två arbetspaket: Kommunikation och resultatspridning (AP5) och Projektledning (AP6).

Under 2021 utforskade Lunds universitet tillsammans med Sydvatten mikrobiella ekosystem i långsamfilter. Doktorandprojektet med finansiering från Formas fortsatte (tillsammans med Sydvatten, SVOA, Tekniska Verken, Jönköping, Nodra och Trollhättan). Det påbörjades en stor fallstudie inom DRICKS tillsammans med Trollhättan med syfte att utforska påverkan av ozon på mikrobiella ekosystem i en

pilotskala långsamfilter med djup detaljerade metagenomik DNA sekvensering. Projektet leddes av Lunds universitet.

Under året samarbetade forskare från Chalmers tillsammans med Kretslopp och Vatten Göteborgs stad kring att utveckla data-baserade modeller för att förutsäga den mikrobiella vattenkvaliteten vid råvattenintaget. En stor provtagningskampanj skedde i ett projekt som leddes av Göteborg Universitet med stöd genom DRICKS och Lunds universitet. Här kördes samarbeten med 6 producenter (Sydvatten, Nodra, Norrvatten, VIVAB, Kretslopp och Vatten Göteborgs stad och SVOA) för att beskriva hur UV-doseringen och andra beredningssteg kan påverka logreduktion av virus i lab- och fullskala.

Under året arrangerades en workshop kring biostabilitet

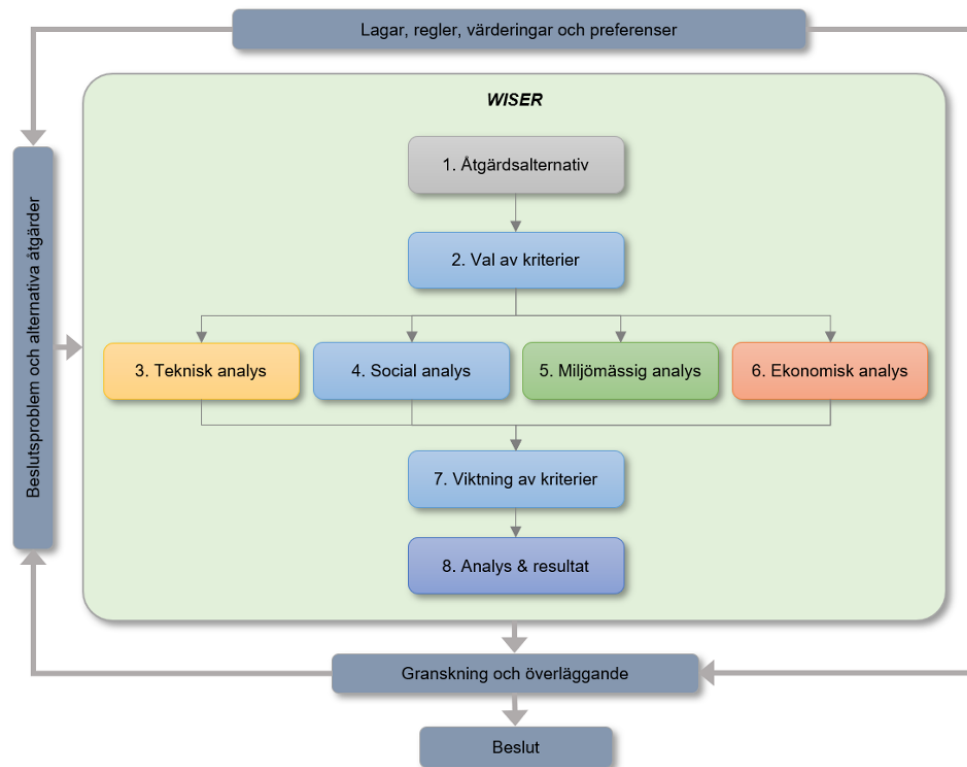
och AOC-mätningar, och två seminarier på temat beslutsstöd för framtida utmaningar, och önskade ämnen i dricksvattnet. Under året kördes även den nystartade Företagsgruppen som en pilot, för att sen bli en officiell del av DRICKS under 2022.

Det presenterades 5 doktorsavhandlingar inom DRICKS. Dessutom genomförde 16 studenter 12 examensarbeten och kandidatarbeten inom hela DRICKS verksamhetsområde – från råvatten till tappkran. Slutligen publicerades det under året flera vetenskapliga artiklar och tekniska rapporter, och de tre medlemsuniversiteten gav många kurser med koppling till vattenfrågor där målsättningen var att få fler studenter att välja VA-inriktning.



Bild från DRICKS internat i Loviken utanför Stockholm, januari 2020.

Exempel på viktiga projekt



Beslutsstödsverktyg för prioritering av åtgärder – WISER (Water Investments for Sustainability Enhancement and Reliability)

I arbetet med att hantera dagens och säkra den framtida dricksvattenförsörjningen fattas många beslut om allt från strategiska investeringar för att trygga den framtida råvattentillgång till mindre förändringar i beredning och distribution. För att ge stöd i olika beslutsproblem där åtgärdsalternativ ska utvärderas och prioriteras har ett beslutsstödsverktyg utvecklats inom DRICKS. Verktöget benämns WISER (*Water Investments for Sustainability Enhancement and Reliability*) och bygger på så kallad multikriterieanalys. Detta innebär att man i verktöget väljer ut kriterier som beskriver vilka aspekter som är avgörande när man jämför och utvärderar åtgärderna.

Åtgärderna betygsätt sedan beroende på hur väl de presterar, dvs. hur mycket bättre eller sämre blir exempelvis vattenkvaliteten, miljöbelastningen m.m. jämfört med nuläget eller ett annat referensalternativ. Resultaten kan sedan

presteras som viktade poäng som sammanfattar och visar vilket eller vilka åtgärdsalternativ som presterar bäst med avseende på olika aspekter. Syftet med verktöget är att möjliggöra en strukturerad utvärdering av åtgärders tekniska, sociala, miljömässiga och ekonomiska effekter. Detta innebär att verktöget syftar till att kunna identifiera de mest ändamålsenliga, resurseffektiva och hållbara lösningarna. Bedömningarna i WISER kan göras med eller utan osäkerheter beroende på hur detaljerat man vill göra analysen.

WISER har under utvecklingen och efteråt tillämpats i olika fallstudier och finns nu tillgängligt för nedladdning via DRICKS hemsida tillsammans med en vägledning kring hur man genomför multikriterieanalys med hjälp av verktöget.



Projektpartners: Verktöget har utvecklats inom ramen för ett antal olika projekt med många projektpartners. Se SVU-rapporten som länkas till nedan för fullständig lista över medverkande partners.

Finansiär: Formas, SVU, m.fl.

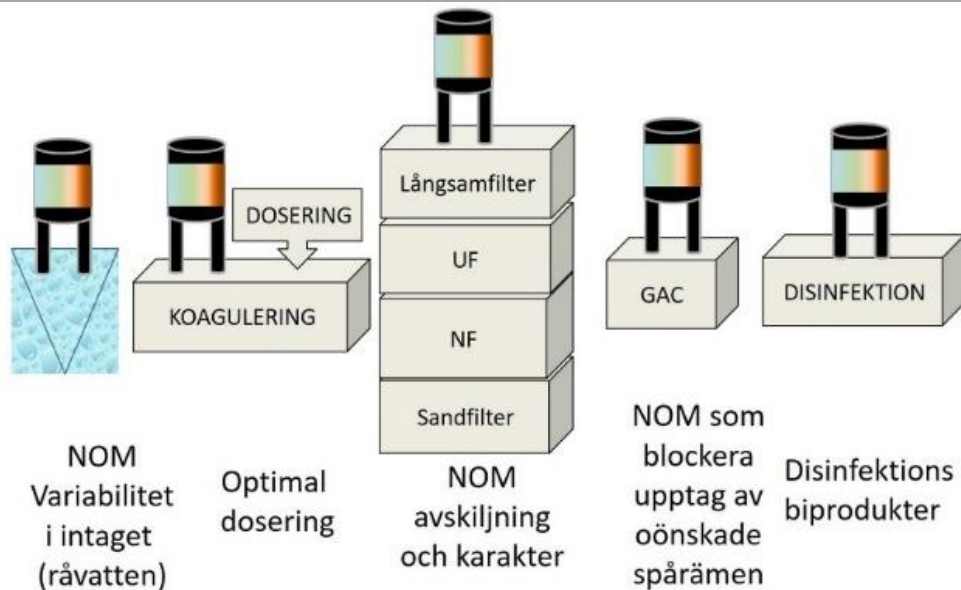
Läs mer och ladda ner verktöget:

<https://www.chalmers.se/sv/centrum/dricks/wiser/Sidor/default.aspx>

SVU-rapport:

<https://vattenbokhandeln.svenskvatten.se/produkt/wiser-ett-verktyg-for-beslutsstod-inom-dricksvattensektorn/>

Exempel på viktiga projekt



Optiska sensorer på för att optimera och upptäcka avvikelser vid vattenberedning

Optiska sensorer är mycket värdefulla verktyg för processoptimering eller för att upptäcka avvikelser i processen. Baserat på platsanpassade analyspaket kan processtyrningen utökas med semiautomatisk signalbehandling och därmed åtgärda möjliga negativa effekter i dricksvattenberedningen som orsakats av förändringar i vattenkvalitet. Inom projektet har det samlats in information om användning av optiska sensorer för förbättrad drift av fem olika vattenverk. Sensorerna har använts för karakterisering av olika typer av vatten, både råvatten (konstgjord infiltration, sjövatten och rinnande vatten) och många olika typer av processvatten (t.e.x. efter fällning, efter sandfilter, efter ultrafilter och efter kolfilter). Ett flertal modeller för skattning av halten NOM förändras under beredningen. Begränsningar och möjligheter för onlineskattning av halter av NOM har dokumenterats. Sambanden är platsspecifika och specifika för olika processer. Borttagning av organiskt kol via fällning, membranfilter och kolfilter skiljer sig med avseende på vilket material som tas bort. Denna selektiva borttagning påverkar de optiska egenskaperna hos NOM och därmed även sambanden mellan halten av löst organiskt kol (DOC)

och de optiska egenskaperna. För bedömningen av fällbarheten av NOM krävs det tillgång till data pH och alkalinet samt data från hela absorbansspektrat och inte bara från UV området. Dosering via optiska online sensorer bedöms vara ett mycket effektivt sätt att säkerställa stabil utgående vattenkvalitet och för att minimera användning av fällningsmedel. Vi bedömer att användning av sensorer kommer att öka i framtiden i och med att vattenberedning ska bli mer hållbart med avseende på både kemikalie- och energiförbrukning. Resultaten visar också att skraddarsydda, behovsinriktade typer av automatiserade analyspaket för DOC måste tas fram för varje vattenverk och varje processteg för sig. Små variationer av de faktiskt uppmätta halterna i processvatten (t.e.x. efter kolfilter eller i utgående vatten) kan begränsa hur noggrann en modell för DOC kan vara. Både Spectro:lyser och EXO2 kan kvantifiera förändringar i processvatten som ligger efter filtersteg med stor noggrannhet (< 2%). Baserat på platsanpassade analyspaket kan processen därför i viss mån styras med olika typer av sensorer och avancerad databehandling, för att på så sätt minska de negativa effekterna av förekomst av NOM.

Projektpartners: SLU, Chalmers, Kretslopp och Vatten, Uppsala Vatten, Norrvatten, Vivab AB och Gästrike Vatten.

Extern finansiär: SVU

Läs mer:

[Genomljusning – Användning av sensorer för en förbättrad drift av dricksvattenverk | Externwebben \(slu.se\)](#)

Slutrapport:

[svu-rapport-2021-25.pdf \(svensktvatten.se\)](#)

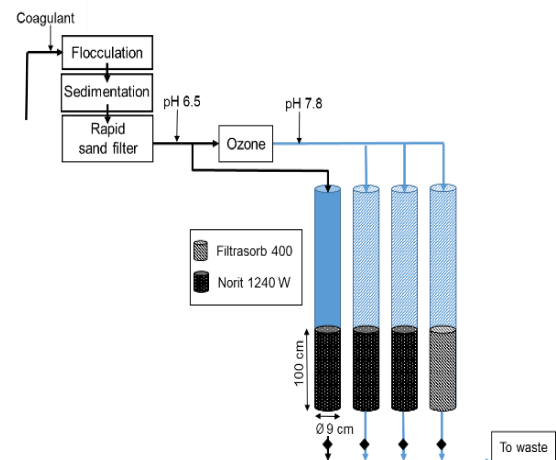
Toolbox:

[AbspectroscOPY, a Python toolbox for absorbance-based sensor data in water quality monitoring - Environmental Science: Water Research & Technology \(RSC Publishing\)](#)

Exempel på viktiga projekt



Illustration: Malin Ullberg



Pilotförsöket på Görvälnverket för studier av långtidseffekter av granulerat aktivt kol och ozonering vid vattenberedning

Tillgång till säkert och rent dricksvatten är en mänsklig rättighet, men vattenkällor över hela världen är påverkade av föroreningar som kan kräva avancerad vattenberedning. I ett pilotförsök på Görvälnverket, som pågick i mer än ett år, undersöktes hur man kan få bukt med kemisk förorening. Den utbredda användningen av syntetiska kemikalier i samhället har skapat en utmaning för vattenproducenter. Många av kemikalierna läcker ut till vattenmiljön och avlägsnas inte effektivt vid konventionell vattenberedning. För dessa miljöföroreningar, så kallade organiska mikroöroreningar, behövs därför ytterligare reningssteg.

Granulärt aktivt kol (GAK) används ofta som beredningssteg vid vattenverk. I Görvälnpiloten utforskades optimal användning av GAK och de olika roller som ett GAK-filter kan ha vid vattenproduktion: som kemisk barriär, som biofilter och som efterbehandlingssteg efter ozonering. I försöket jämfördes den konventionella reningen med reningsprocesser som involverade GAK-filtrering med och utan förozonering. Halter av ett brett spektrum av organiska mikroöroreningar mättes tillsammans med flödescytometri och flera parametrar som ger information om innehållet

av naturligt organiskt material (NOM). Resultaten visade att GAK-filter var mer effektiva om vattnet hade ozonerats men att reningseffektiviteten minskade med tiden. Införandet av ozonbehandling introducerade nya utmaningar eftersom det ledde till ökad biotillgänglighet av NOM. Den lätt biologiskt nedbrytbara organiska kolfraktionen, dvs den delen av NOM som är mest viktig att reducera i ett vattenverk, ökade efter ozonering, och även om GAK-filtret var effektivt, kunde det inte minska halterna till nivåerna före ozonering. Med tiden skiftade GAK-filtren till biofilter som kunde ta bort mer NOM när vattnet hade förozonersats.

Ett annat resultat av ozonbehandlingen var att även antalet celler (bakterier) minskade effektivt i vattnet. Det blev dock en återväxt i de efterföljande GAK-filtren, där data för nukleinsyraprofilerna indikerade ett markant annorlunda mikrobiom från det i ett icke-ozonerat system.

Resultaten från Görvälnpiloten har gett nya insikter om vattenberedningsalternativ, och pekat på både för- och nackdelar med olika metoder. Vi behöver fortsätta lära oss om risker med kända och nya organiska mikroöroreningar och hur vattenverk ska kunna avgöra när man har renat tillräckligt.

Exempel på viktiga projekt



Förutsäga vattenkvalitet vid råvattenintag

Snabba förändringar i vattenkvalitet i ytvatten innebär utmaningar för produktion av säkert dricksvatten. Om vatten inte behandlas till en acceptabel nivå kan smittämnen som finns i dricksvattnet leda till allvarliga konsekvenser för folkhälsan. Syftet med det projektet var att utveckla datadrivna modeller för att förutsäga vattenkvalitet i Göta älv vid råvattenintaget till vattenverket i Göteborg. För att förutsäga vattenkvalitet en dag i förväg användes data om laboratoriemätningar av indikatorbakterier *E. coli* och totala koliformer, Colifast-mätningar av *E. coli*, vattentemperatur, grumlighet, nederbörd och vattenflöde. Metoderna

inkluderade vanliga univariata metoder och även modeller inom maskininlärningsdomänen. Modellerna som inkluderade flera prediktorer presterade bättre än univariata modeller. Vattentemperatur, koncentrationer av indikatorbakterier uppströms och vid vattenintaget samt nederbörd uppströms visade sig vara viktiga prediktorer. Datadriven modellering gör det möjligt för vattenproducenter att tolka mätningarna i sammanhanget av vilka koncentrationer som kan förväntas baserat på de senaste historiska data, och därmed identifiera oförklarade avvikelser som motiverar ytterligare undersökning.

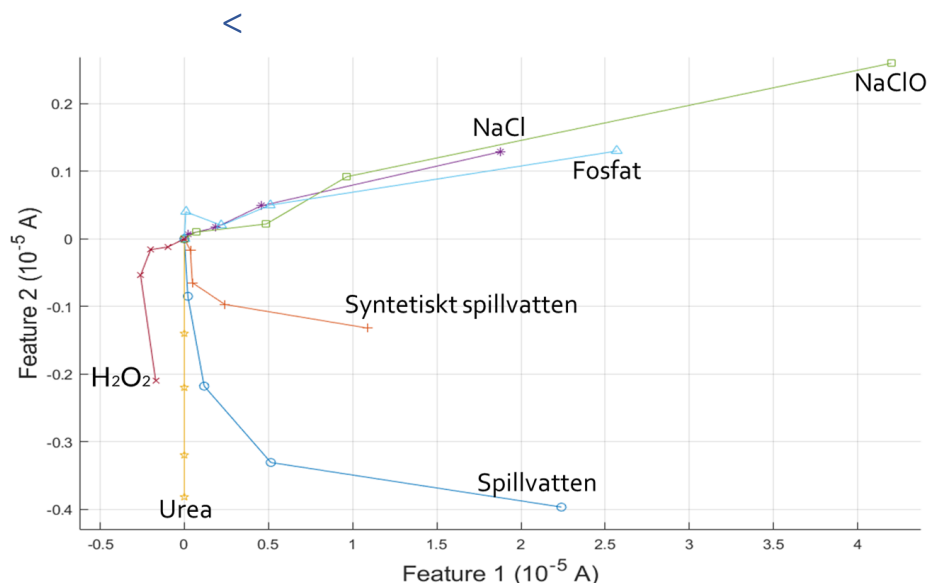
Projektpartners: Chalmers, Göteborgs Kretslopp och Vatten

Extern finansiär: Formas

Läs mer:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149798>

Exempel på viktiga projekt



Figuren visar två olika sensorsignaler längs x-axeln (Feature 1) respektive y-axeln (Feature 2). Utgående från origo ökar sensorsignalerna med ökande koncentrationer av de olika spikningssubstanserna, men de går i olika riktningar för olika ämnen. Detta indikerar att en selektiv larmalgoritm för spillvattenförekomst är möjlig.

Fälttest av elektronisk tunga på dricksvattendistributionsnätet

Projektet är ett samarbete mellan Linköpings universitet, Tekniska verken i Linköping AB (publ) och Chalmers tekniska högskola och innebar en startpunkt för Linköpings universitets medverkan i DRICKS. Visionen är att ett sensornätverk ska kunna ge realtids-övervakning av vattenkvaliteten i hela distributionsnätet för dricksvatten. Det kompletterar nuvarande mätningar av de fysikaliska parametrarna tryck och flöde, och även dagens manuella provtagningar som sker relativt glest i både tid och rum och där resultatet typiskt kommer flera dagar efter provtagningen. Vi vill alltså bidra med lägesbilder av vattenkvaliteten i hela distributionsnätet i realtid.

Under 2020 placerade LiU och Tekniska verken ut fem sensorsystem baserade på metoden "elektronisk tunga" (pulsad voltammetri kombinerad med multivariat dataanalys) på distributionsnätet i Linköpings kommun. Ett av sensorsystemen sitter på en punkt med ett system för brutet vatten som medger att olika föroreningsspikningar kan utföras. Tekniska verken köpte in sensorerna och medverkade vid

installationen och med tillverkning av testpaneler för montering och inkoppling av sensorerna. Linköpings universitet har skött driften av sensorsystemen och utförde doseringar vid den mät punkt som medger det. Chalmers har bl.a. tagit fram relevanta scenarier för inträngning av spillvatten i ledningsnätet baserat på verkliga händelser.

Under 2020-21 har tester med olika föroreningar gjorts, med fokus på spillvatten (fekal påverkan). Syftet har varit att undersöka om den elektroniska tungan kan detektera låga halter av spillvatten i dricksvattnet och dessutom skilja på spillvatten och andra tänkbara ämnen samt naturliga variationer. Dessa studier av känslighet och selektivitet illustreras i figuren. De visar bl.a. att de studerade scenarierna kan detekteras och att selektiviteten är god. Dessa mätningar ligger till grund för algoritmutveckling som planeras ske efter 2021 och som i realtid selektivt ska kunna larma för spillvattenförekomst i dricksvattnet.

Exempel på viktiga projekt

The screenshot shows the QMRA tool interface with the following elements:

- Top left: "Log-reduktion av ingående beredningsprocesser" with a "Result" button.
- Below that: "Dos (antal/person och dygn)" with a "Calc" button.
- Three main red rounded rectangles in the center:
 - Left: "Dos-responsfunktioner" and "Dos-responsparametrar". Below them is a box for "Sannolikhet för infektion per dag" with a "Pinf" input and a "Calc" button.
 - Middle: "Information om årlig infektionsrisk". Below it is a box for "Sannolikhet för infektion per år" with a "Pinf annual" input and a "Calc" button.
 - Right: "Information om DALY". Below it is a box for "Funktionsjusterade levnadsår (DALY)" with a "DALY" input and a "Result" button.

Figuren visar en skärmdump från QMRA-verktygets sida med sannolikhetsberäkningar av infektion för dricksvattenkonsumenter baserat på indata som användaren lagt in för råvattenkvalitet, beredningsprocessers avskiljningseffektivitet samt konsumenternas dagliga dricksvattenförbrukning. Man kan beräkna dagliga respektive årliga infektionsrisker, samt försämrad livskvalitet (DALY).

Verktyg för hälsomässiga riskbedömningar

Alltsedan DRICKS bildades (2003) har riskanalyser, riskbedömningar och riskhantering varit en central del av forskningen. Mikrobiologiska hälsorisker för dricksvattenkonsumenter har alltid varit fokus i dricksvattenbranschen i mer än 100 år, när frågor om dricksvattenförsörjning diskuterats, och samtliga beredningsprocesser i vattenverken har historiskt främst fokuserat på att avskilja patogener/smittämnen och organiskt material. Det senaste decenniet, lite drygt, har även kemiska föroreningar och dess hälsorisker hamnat alltmer i fokus i debatten.

Ett viktigt verktyg för att bedöma mikrobiologiska hälsorisker är QMRA (kvantitativ mikrobiologisk riskbedömning) där grunderna till verktyget lades genom ett forskningsprojekt finansierat av SVU och knutet till Folkhälso-myndigheten i början av 2000-talet. QMRA-verktyget har sedan 2010-talet vidareutvecklats och förvaltats inom DRICKS, där de senaste uppdaterade QMRA-verktygen finns tillgängliga på DRICKS hemsida (www.dricks.se) för den svenska dricksvattenbranschens räkning. På hemsidan tillhandahålls ett antal olika QMRA-verktyg avsedda för olika användningsområden, såsom riskbedömningar av ytvattenverk, grundvattenverk, och för enskilda dricksvattenbrunnar som påverkas av enskilda avlopp. Det finns även en modell för att beräkna sannolikhet för olika patogener i ytvattentäkter. Verktygen finns tillgängliga både som webbverktyg och som nedladdningsbara filer i mjukvaran Analytica. Även

dokumentation och förklarande textdokument finns tillgängliga och fritt nedladdningsbart på hemsidan. Det har också sammanställts en wiki-sida med svar på vanliga frågor och möjlighet till handledning och fördjupad läsning. Under programperioden har flera uppdateringar och förbättringar gjorts av verktygen, vilket vi kommer fortsätta arbeta med under kommande programperioder för DRICKS. Även ett utbildningsmaterial för vattenproducenter har tagits fram.

När det gäller kemiska hälsorisker för dricksvattenkonsumenter så finns det i dagsläget inget färdigt riskbedömningsverktyg. Under 2021 har ett arbete påbörjats för att utveckla ett QCRA-verktyg (kvantitativ kemisk riskbedömning). Arbetet utfördes inom ett examensarbete där kemiska hälsorisker för medicinrester i ett färdigproducerat dricksvatten från en ytvattentäkt, i Berg River i Stellenbosch, Sydafrika, studerats. Modellen är uppbyggd på samma sätt som QMRA-verktyget där halten medicinrester i råvattnet är indata tillsammans med avskiljningseffektiviteten i beredningsprocesserna och kvantiteten vatten som konsumeras. Detta ger information om hur mycket av ämnet personen konsumerat. Denna dos jämförs med toxicitets-data för det aktuella ämnet för att bedöma om dricksvattenkonsumenterna riskerar bli sjuka i framtiden. Ett QCRA-verktyg kommer under nästa programperiod tas fram för dricksvattenbranschen och göras tillgängligt på DRICKS hemsida.

