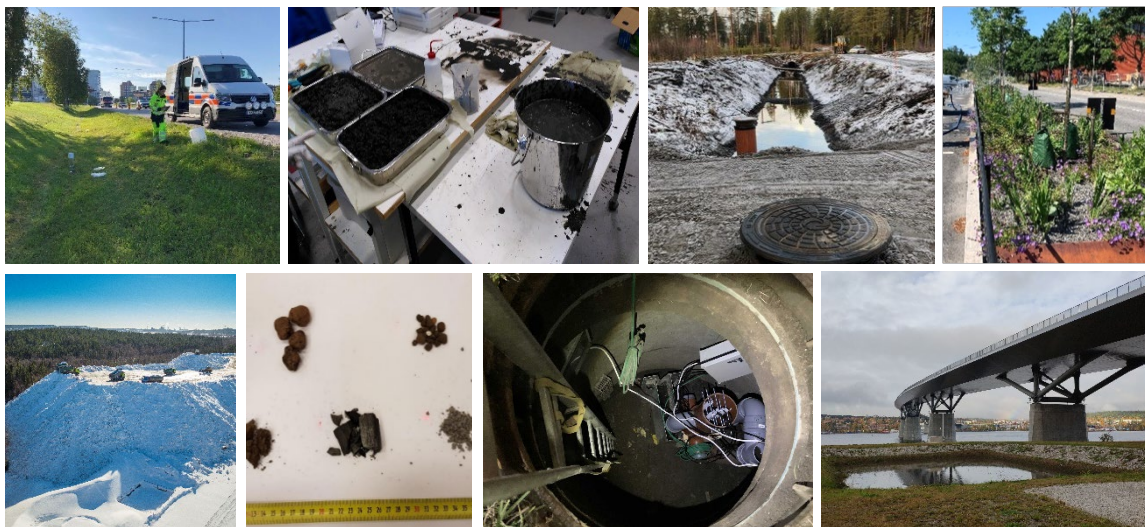




Verksamhetsberättelse 2021

Innehåll

1	Om Dag&Nät.....	1
1.1	Dag&Näts verksamhetsidé.....	1
1.2	Dag&Näts vision.....	1
1.3	Dag&Näts strategi.....	1
1.4	Dag&Näts partners.....	1
1.5	Dag&Näts organisation.....	2
1.5.1	Styrgruppens sammansättning och sammanträden.....	2
1.5.2	Ledningsgruppens sammansättning.....	2
1.5.3	Temareferensgrupper.....	2
1.5.4	Dag&Näts personal.....	3
1.6	Dag&Näts ekonomi	5
2	Dag&Näts forsknings- och utvecklingsarbete	6
2.1	Tema Dagvattenkvalitet: från regn till recipient.....	8
2.1.1	Identifiering och utvärdering av dagvattenföroreningskällor.....	9
2.1.2	Källor till och transport av föroreningar i dagvatten	10
2.1.3	Källor och sänkor till mikroplast i dagvatten	11
2.1.4	Spridning av mikroplast via dagvatten	12
2.1.5	Metaller i dagvatten - kemiska faser och transportprocesser	13
2.1.6	Metaller i urbana dagvattensediment samt jord i grön infrastruktur	14
2.1.7	Föroreningar i urban snö: Provtagningsmetodik, påverkan av snöhantering och spridning med smältvatten	15
2.1.8	Dagvattenbiofilter: Faktorer som kan påverka funktionalitet.....	16
2.1.9	Biofilters långtidsfunktion under kalla förhållanden.....	17
2.1.10	Reduktion av organiskt material och kväve vid försedimentering	18
2.1.11	Dagvattenrening med membranteknik och pulserande flöde.....	20
2.1.12	Yteffektiv dagvattenrening.....	21
2.1.13	Kontinuerlig mätning av dagvattenkvalitet i biofilter	22
2.2	Tema Dagvattensystem.....	23
2.2.1	Förbättrad modellering av grön infrastruktur	24
2.2.2	Dagvattenkvalitet: Massflödesanalys och modellering av avrinningsområden	25
2.2.3	Modellering av dagvattenkvalitet	26
2.2.4	Urban grön infrastrukturens prestanda och hydrologi.....	27
2.2.5	Grön infrastrukturens hydrologiska prestanda i svenskt klimat.....	28
2.2.6	Gröna tak och deras funktion i kalla klimat.....	29
2.2.7	Sediment i dagvattenbrunnar: transport, egenskaper och framtida hantering.....	30
2.2.8	Miljöriskbedömning av dagvattendammars sediment.....	31
2.2.9	Den multifunktionella ytan i kallt klimat	33
2.2.10	Hållbarhetsutvärdering av blå-grön infrastruktur	34
2.3	Tema Ledningsnät.....	36
2.3.1	Datastyrd resursoptimering för planerad underhåll av VA-infrastruktur	37
2.3.2	Utvärdering av schaktningsstrategier.....	38

2.3.3	Drivkrafter för centralisering eller de-centralisering av avloppsreningssystem	39
2.3.4	Övriga aktiviteter – Erfarenheter av LTA-system	40
2.4	Projekt- och programportfölj	41
2.4.1	Nya projekt	41
2.4.2	Stora program och kompetenscentra	44
2.5	Samarbetsparter.....	45
2.6	Medverkan i referensgrupper	46
2.7	Samverkan med övriga VA-kluster	46
2.7.1	Samarbete kring ämnesgrupper	46
3	Kompetensförsörjning.....	48
3.1	Studentorienterad branschdag	48
3.2	Grundutbildning inom VA-området vid LTU.....	48
3.2.1	Examensarbeten	48
3.3	Vattenforskarsskolan	49
3.4	Licentiat och disputationer.....	49
3.5	Uppdrag i betygskommittéer etc	50
3.6	Utbildning och föredrag för yrkesverksamma & allmänhet	50
3.7	Kunskapsutbyte.....	51
4	Kommunikation	52
4.1	Hemsida	52
4.2	Nyhetsbrev	52
4.3	Sociala medier.....	52
4.4	Artikelserie Ny Forskning och Teknik	52
4.5	Europeisk vattenplattform.....	52
4.6	Arrangerande av konferenser, seminarier, workshops.....	53
4.7	Deltagande på konferenser, etc	54
4.8	Utmärkelser, priser och ärofyllda uppdrag	55
4.9	Informationsmöten	55
4.10	Publikationer	55
4.10.1	Artiklar i vetenskapliga tidskrifter.....	55
4.10.2	Konferensbidrag	57
4.10.3	Rapporter	58
4.10.4	Doktorsavhandlingar	58
4.10.5	Licentiatavhandlingar	58
4.10.6	Examensarbeten	58
4.10.7	Dag&Nät artikelserie ”Ny Forskning och Teknik”	59
4.11	I media	59

1 Om Dag&Nät

Ett väl fungerande vattenförsörjnings- och avloppssystem (VA-system) är en förutsättning för långsiktigt hållbar samhällsutveckling. I detta ingår dagvattensystemens och stadsdräneringens funktion som väsentlig med avseende på samhällsekonomi, miljö samt medborgarnas säkerhet och hälsa.

Forskningsgruppen VA-teknik vid Luleå tekniska universitet har under en rad år framgångsrikt verkat inom VA-systembaserad forskning med utgångspunkt i hållbarhet och klokt resursutnyttjande och i nära samverkan med branschens aktörer. Det av gruppen identifierade behovet att ytterligare stärka samarbetet med andra VA-aktörer i norra regionen, tillsammans med Svenskt Vatten Utvecklings satsning på mer omfattande projektprogram inom VA-området, resulterade år 2010 i klusterbildningen Dag&Nät.

Under de 11 år som Dag&Nät funnits har förutsättningarna förändrats både för samhällsbyggnadssektorn i stort och inte minst för VA-verksamheten. Många av dessa utmaningar såsom att anpassa våra städer till ett förändrat klimat, hantera dagvattnets föroreningar, maximera resursåterförandet och stadens förmåga att leverera ekosystemtjänster kräver ny kunskap, ny infrastruktur och nya tekniska lösningar, nya samarbetsmodeller, samt ett mer övergripande systemperspektiv och samarbete över branschgränser. Detta bidrar Dag&Nät till genom behovsdriven forskning i framkant och i symbios med samhället.

1.1 Dag&Näts verksamhetsidé

Dag&Nät utvecklar och förmedlar forskningsbaserad kunskap samt bygger nätverk inom dagvatten- och ledningsnätsområdet med utgångspunkt i samhällets behov, hållbarhet och klokt resursutnyttjande samt i nära

samverkan med privata och offentliga aktörer.

1.2 Dag&Näts vision

Dag&Nät:s vision från starten har varit att vara ett ledande internationellt forsknings- och kompetenscentrum inom dagvatten- och ledningsnätsområdet som bidrar till ett hållbart samhälle genom att utveckla framtidens vattensystem för nationell och global nytta.

1.3 Dag&Näts strategi

För att nå visionen initierar och genomför Dag&Nät behovsdrivna forsknings-, utvecklings- och utbildningsinsatser inom dagvatten- och ledningsnätsområdet. Dag&Nät har särskilt gjort sig känt genom satsningen på att tillhandahålla behovsanpassad forskning och utveckling inom områdena dagvattenkvalitet, dagvattensystem och ledningsnät, vilket möjliggörs genom ett starkt samarbete med befintliga aktörer, samt genom att knyta sig an nya samarbetspartners. Samtidigt är Dag&Nät en viktig katalysator för ny samverkan inom VA-området, med fler mötesplatser för tillkommande aktörer.

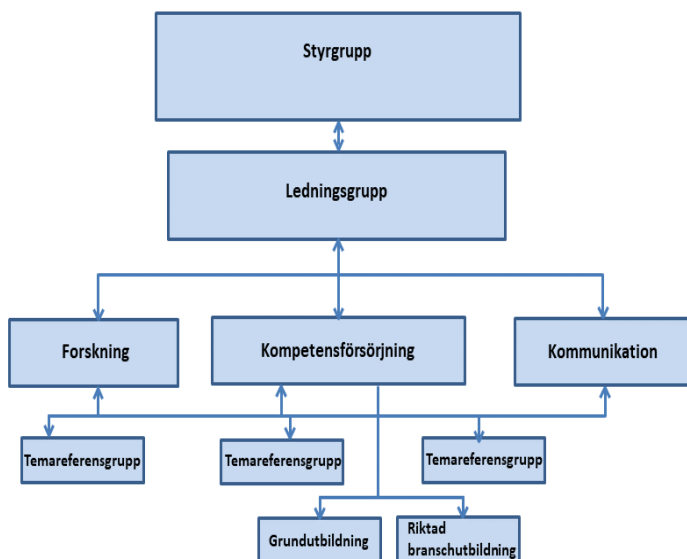
1.4 Dag&Näts partners

Dag&Nät består av forskningsgruppen VA-teknik vid Luleå tekniska universitet, VA-teknik vid Norges teknisk-naturvetenskapliga universitet (NTNU), RISE Urban Water Management, Luleå kommun (Samhällsbyggnadsförvaltningen), Skellefteå kommun (Samhällsbyggnadskontoret), Vakin AB (som är huvudman för Umeå, Vindeln och Nordmalings kommuner), MittSverige Vatten & Avfall AB (som är huvudman för Sundsvall, Nordanstig och Timrå kommuner), Östersunds kommun (Teknisk förvaltning), Bodens kommun, VA SYD (huvudman för Lund, Malmö, Burlöv, Eslöv och Lomma kommuner) samt Svenskt Vatten. Ungefär

1/4 av de forskningsprojekt som Dag&Nät bedriver delfinansieras av dessa parter. Dag&Nät fungerar därtill som paraply för ytterligare projekt, med Formas och Vinnova som huvudsakliga finansiärer. Till detta kan läggas leveranser i form av examensarbeten och projektarbeten.

1.5 Dag&Näts organisation

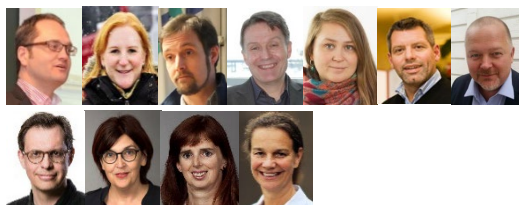
Övergripande organisation för Dag&Nät omfattar en styrgrupp, ledningsgrupp samt temareferensgrupper. Organisationen redovisas i figur 1.



Figur 1: Dag&Näts organisation

1.5.1 Styrgruppens sammansättning och sammanträden

Styrgruppen har under 2021 bestått av:



Stefan Johansson, Skellefteå kommun (ordförande t.o.m. maj 2021, sedan ledamot)
 Kristina Kenning Östling, Östersunds kommun (vice ordförande t.o.m. maj 2021, sedan ordförande)

Robert Hansson, Vakin AB, Umeå (vice ordförande fr.o.m. maj 2021)

Per Grünhagen, Vakin AB, Umeå (fram till maj 2021)

Petra Viklund, Luleå kommun

Tomas Larsson, MittSverige Vatten & Avfall AB, Sundsvall

Jan Lundberg, Bodens kommun

Magnus Bäckström, RÖK, Svenskt Vatten

Maria Viklander, LTU (projektledare)

Sylvia Kowar, LTU (koordinator)

Anna Norström, Svenskt Vatten Utveckling (adjungerad)

Under 2021 har styrgruppen haft fyra möten. Med anledning av pandemirelaterade restriktioner hölls alla styrgruppsmöten digitalt, ett vardera i februari, maj, september och december. Närvaron vid samtliga möten har varit god.

1.5.2 Ledningsgruppens sammansättning

Ledningsgruppen har bestått av Maria Viklander, Annelie Hedström, Godecke Blecken, Heléne Österlund och Sylvia Kowar, samtliga VA-teknik, LTU, samt Erik Kärrman, RISE och Tone Muthanna, VA-teknik, NTNU.

1.5.3 Temareferensgrupper

Temareferensgruppernas uppgift är att stötta respektive inriktnings utveckling via återkoppling baserat på gruppens samlade kommunala erfarenhetsbas. Referensgrupperna är kopplade till Dag&Näts forskningsteman enligt följande.

Tema Dagvattenkvalitet – från regn till recipient:

Helena Löfgren (Vakin, Umeå kommun)

Anna Bodén, Gabriella Nygren (Skellefteå kommun)

Jenny Bergman, Ylva Hagnelöv, Erika Lundström (Luleå kommun)

Marcus Lantz (Östersunds kommun)
 Anna-Maria Kullberg (MittSverige Vatten & Avfall, Sundsvalls kommun)
 Helena Marttala (Bodens kommun)
 Ebba Waernbaum (VA SYD)

Tema Dagvattensystem:

Pär Nyström (Vakin, Umeå kommun)
 Helena Jonsson (Skellefteå kommun)
 Ann-Sofie Wikström (Luleå kommun)
 Tore Johansson (Östersunds kommun)
 Erik Norin (MittSverige Vatten & Avfall, Sundsvalls kommun)
 Patrik Fahlén, Anders Strandberg (Bodens kommun)
 Eleonora Krizanac (VA SYD)

Tema Ledningsnät:

Christer Stenmark (Vakin, Umeå kommun)
 Helena Jonsson (Skellefteå kommun)
 Ulrika Larsson (Luleå kommun)
 Lars Svensson (Östersunds kommun)
 Kent Johansson (MittSverige Vatten & Avfall, Sundsvalls kommun)
 Tony Bexelius, Erik Tornberg (Bodens kommun)
 Niclas Nilsson (VA SYD)

1.5.4 Dag&Näts personal

Under 2021 omfattade Dag&Näts personal 23 doktorander. Tillkommer till detta som forskningsöverbyggnad 21 personer varav 6 personer var verksamma på deltid.

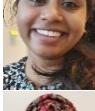
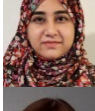
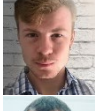
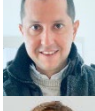
Personella förändringar under 2021 avser Ico Broekhuizen som efter avlagt doktorsexamen inom VA-teknik vid Luleå tekniska universitet anställdes som biträdande universitetslektor. Günther Leonhardt och Jiechen Wu avslutade sina tjänster vid forskningsgruppen. Fortsatt forskningsstöd har erhållits av adjungerade VA-professorerna Jiri Marsalek (National Water Research Institute i Burlington, Kanada), Richard Ashley från Pennine Water Group i Sheffield, Storbritannien, Lian

Lundy, professor i miljövetenskap vid Middlesex University i London, Storbritannien, Tone Merete Muthanna, docent vid NTNU i Norge och specialiserad på dagvattenhantering och klimatanpassning, samt Elisabeth Kvarnström (Urban Water Management / RISE). Koordinator för Dag&Nät är Sylvia Kowar.

Nedan presenteras de personer från LTU som under 2021 arbetat inom Dag&Nät.

Maria Viklander	Professor
Annelie Hedström	Professor
Godecke Blecken	Professor
Jiri Marsalek	Professor, adjungerad
Elisabeth Kvarnström	Professor, adjungerad
Richard Ashley	Professor, adjungerad
Lian Lundy	Gästprofessor
Tone Muthanna	Gästprofessor
Inga Herrmann	Professor, biträdande
Heléne Österlund	Professor, biträdande
Kelsey Flanagan	Universitetslektor, biträdande



Ico Broekhuizen	Universitetslektor, biträdande		Joel Lönnqvist	Doktorand	
Günther Leonhardt	Forskare		Katharina Lange	Doktorand	
Jiechen Wu	Postdoktor		Ivan Milovanovic	Doktorand	
Kalpana Gopinath	Postdoktor		Sarah Lindfors	Doktorand	
Mehwish Taneez	Postdoktor		Emmanuel Okwori	Doktorand	
Sylvia Kowar	Projektkoordinator		Haoyu Wei	Doktorand	
Lena Goldkuhl	Projektkoordinator		Saida Kaykhaii	Doktorand	
Stefan Marklund	Projektledare		Sami Mashreki	Doktorand	
Kerstin Nordqvist	Forskningsingenjör, 1:e		Ali Beryani	Doktorand	
Peter Rosander	Forskningsingenjör		Nikita Razguliaev	Doktorand	
Alexandra Müller	Doktorand		Ivan Mantilla	Doktorand	
Youen Pericault	Doktorand		Emelie Hedlund Nilsson	Kommundoktorand	
Arya Vijayan	Doktorand		Lisa Öborn	Kommundoktorand	
Snežana Gavrić	Doktorand		Pär Öhrn Sagrelius	Industri-doktorand	
Brenda Vidal	Doktorand		Robert Furén	Industri-doktorand	

Oleksandr
Panasiuk

Forskar-
studerande



Hendrik
Rujner

Forskar-
studerande



Fredrik
Nyström

Forskar-
studerande



Under året har Dag&Nät i likhet med tidigare år och baserat på medlemmarnas behov inlämnat nya ansökningar om FoU-medel, för att ytterligare växla upp Dag&Näts verksamhet. Utfallet från ansökningarna har varit mycket gott och resulterat i beviljandet av medel från Vinnova, Formas, Naturvårdsverket och Trafikverket (för detaljer se pkt 2.4.1). Dessutom har det sökts och beviljats fortsatt stöd för Dag&Nät period 4 (2022-2024).

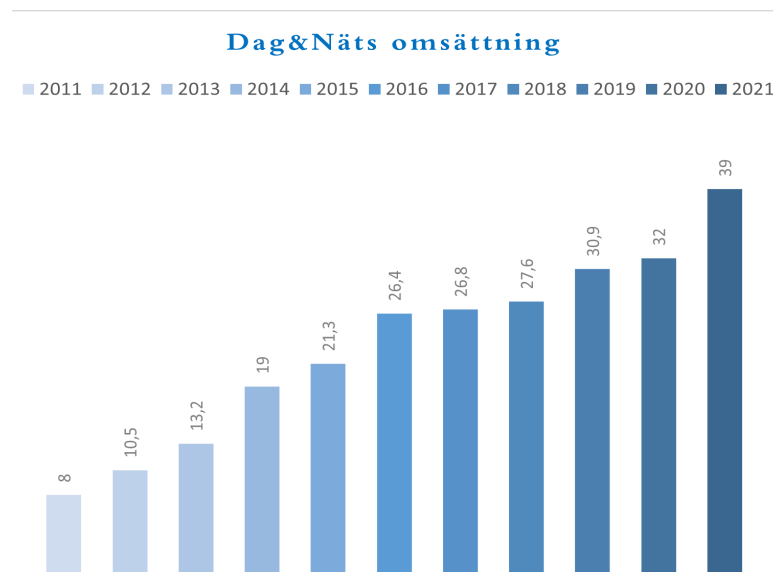
1.6 Dag&Näts ekonomi

Under verksamhetsåret 2021 omsatte Dag&Nät 39 miljoner kronor i sina forsknings- och utvecklingsprojekt. Här har Svenskt Vatten Utveckling direkt bidragit med 1,9 miljoner och partnerkommunerna sammantaget ytterligare 1,4 miljoner. Viktigaste finansiärer av projekt som ingår i Dag&Näts paraply var bl.a. Formas, Vinnova, SVU, InfraSweden2030, Naturvårdsverket, europeiska regionala utvecklingsfonderna Interreg Nord och Interreg Baltic Sea.

Utöver rena forskningsmedel tillfördes cirka 2,6 mkr till verksamheten för utbildning inom VA-området, i form av VA-kurser och branschriktade examensarbeten.

Vidare hade Dag&Nät tillgång till resurser motsvarande 2,5 miljoner kronor i form av fyra externt finansierade industri- och kommundoktorander.

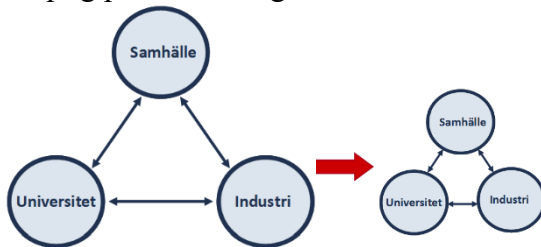
Under sitt elfte verksamhetsår har Dag&Nät fortsatt växa kontinuerligt och ökat omsättningen med 22 procent jämfört med 2020.



Figur 2: Dag&Näts omsättning (i miljoner kronor) 2011-2021

2 Dag&Näts forsknings- och utvecklingsarbete

Dag&Nät arbetar efter Triple helix-konceptet som bygger på nära samverkan mellan samhälle, näringsliv och universitet. Konceptet bidrar till en mer livfull, innovativ och vetenskaplig process, se figur 3.



Figur 3: Dag&Näts samverkansarbete

Dag&Nät bygger på och är beroende av ett stort engagemang hos medverkande aktörer. Allt syftande till långsiktigt samarbete, för att tillsammans möta och bemästra framtida utmaningar inom VA-området.

“Genom samverkan och utveckling initierad av Dag&Nät medverkar vi på sikt till en **intressantare och attraktivare bransch** - därmed också lättare att rekrytera framtida kollegor till.”

Våra vägledande principer är:

- Relevans – Forsknings- och utvecklingsarbetet ska ligga i linje med Svenskt Vattens prioriteringar och substantiellt bidra till utvecklingen av ett uthålligt dagvatten- och ledningssystem
- Originalitet – Forsknings- och utvecklingsarbetet ska medföra tydliga framsteg genom att fylla identifierade teoretiska eller praktiska kunskapsluckor
- Kvalitet – Forsknings- och utvecklingsarbetet ska vara av hög internationell standard
- Delaktighet – Forsknings- och utvecklingsarbetet ska aktivt uppmuntra växelverkan och utbytet mellan olika aktörer

och discipliner, mellan forskning och tillämpning samt överbrygga geografiska skillnader

- Öppenhet – Forsknings- och utvecklingsarbetet ska föras framåt i en anda av öppenhet, för att överskrida traditionella gränslinjer och bidra till en kultur som möjliggör effektivt samarbete.

Nära samverkan med behovsägare

FoU-arbetet inom Dag&Nät har sin utgångspunkt i de behov som VA-branschen uttrycker. Detta klarläggs genom möten med behovsägare/kommuner samt i det som framkommer i/ genom fältorienterade samverkansprojekt.

Möten med medlemskommuner

Under år 2021 påverkades Dag&Näts möten med sina medlemskommuner fortsatt av pandemin med reserestriktioner, rekommendationer på distansarbete och distansmöten under större delen av året. Detta ledde till att merparten av mötena senarelades i väntan på möjlighet till fysiska träffar.

Ett möte med Östersund arrangerades på distans. Upplägget anpassades till den digitala träffen genom att ha ett kortare möte. Det diskuterades aktuellt i kommunen pågående projekt och ny organisation i kommunen samt läge för gemensamma forskningsprojekt, resultat från projekten, samt aktuella utmaningar för kommunen som inspel till fortsatt utveckling.

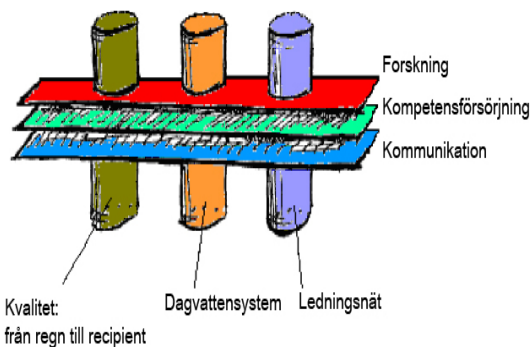
Projektmöten

Utöver möten med medlemskommunerna har separata projektmöten avhållits, både gällande pågående FoU-projekt samt som uppstarts- och spånarmöten inför projektstart och

operativa val, oftast i digital form på grund av pandemiläget.

Dag&Näts verksamhetsstruktur

För att säkerställa våra målsättningar, öka utbytet av erfarenhet, kompetens och kunskap samt förbättra samspelet mellan praktisknära frågeställningar, utveckling, forskning och utbildning är Dag&Näts verksamhet sedan start strukturerad i tre ansvarsområden; forskning, kompetensförsörjning och kommunikation. Dessa tre områden illustreras som horisontella plan i figur 4.



Figur 4. Dag&Näts verksamhetsstruktur – med tre horisontella ansvarsområdena korsande tre teman

Verksamheten bedrivs med utgångspunkten att Dag&Näts olika aktiviteter ska integreras så långt det är möjligt, dvs. att forskning, kompetensförsörjning och kunskapsförmedling är starkt sammanflätade.

Uthållig dagvatten- och ledningsnätshantering innefattar allt från vattnets kvantitet och kvalitet, transport/behandling ända fram till vem som i varje del har ansvaret för vattenhanteringen. För att säkerställa helhetssyn i frågan samt för att garantera integrationen av de olika delarna har tre teman identifierats:

- Tema - Dagvattenkvalitet: från regn till recipient
- Tema - Dagvattensystem
- Tema - Ledningsnät

Dessa teman utgör en viktig utgångspunkt för Dag&Näts forsknings- och utvecklingsarbete. De kommer även att vara grund för utvecklingen av leveranserna gentemot det övergripande syftet – uthållig dagvatten- och ledningsnätshantering.

Specifika frågeställningar adresseras inom dessa teman. Vissa frågeställningars bäring på fler än ett tema medför att koordinering och kommunikation mellan temagrupperna är mycket viktig.

2.1 Tema Dagvattenkvalitet: från regn till recipient



Temat ”Dagvattenkvalitet: från regn till recipient” leds av Heléne Österlund, biträdande professor, VA-teknik, LTU.

Dagvattenhantering, dvs. ytlig avrinning från vägar och gator, har länge varit en fråga om att på effektivaste sätt avleda nederbördsvattnen till närmaste recipient (vattendrag), utan hänsyn till vattnets kvalitet och exempelvis de sedimentära avlagringar dagvattnet ger upphov till i recipienterna. För att minska dagvattnets miljöbelastning har efterhand (svack-)diken och öppna dammar tillförts avledningssystemet, mer fokus läggs också på vilka ämnen vi bygger in i samhället och som förorenar dagvattnet och effektivare renings-tekniker har börjat efterfrågas.

Inom temat Dagvattenkvalitet studeras källor till dagvattenföroreningar i mer detalj, vilket kan kopplas till uppströmsarbete för att er-hålla ett renare dagvatten. Arbetet fokuserar på bidrag från material som byggs in i staden och dagvattenkvalitet från olika typer av av-rinningsområden med fokus på det som tidi-gare inte undersökts i Sverige. Under senare år har dagvatten pekats ut som en av de troligen största transportvägarna av mikrokräp från den urbana miljön vidare ut till den akva-tiska miljön. Här pågår arbete inom Dag&Nät med karakterisering och spårning av mik-rokräpets källor och fällor. Förorenings-transporten och –spridningen vid olika snö-hanteringsstrategier studeras, t ex. jämförelse av snöupplag på land kontra dumpning i vat-tenförekomster. System för dagvattenrening utvärderas och utvecklas vidare. Detta gäller exempelvis biofilter som nu studeras i full-skaliga anläggningar och som är anpassade till svenska förutsättningar. Tekniker för mer avancerade dammsystem och andra renings-lösningar för problematiska dagvatten testas och utvärderas.

Inom temat genomförs detaljerade studier av-seende dagvattnets, samt dess sediments, kva-litet och toxicitet. De resultat som framkommer ger nödvändig kunskap för planering och utformning av en hållbar och kretsloppsan-passad dagvattenhantering, med minimerad förorenings-spridning och miljöbelastning. I samarbete med användare/huvudmän kom-mer projektresultaten att användas för att ut-veckla strategier för uthållig hantering av dagvatten. Detta inkluderar uppströmsarbete, övergripande sedimentbedömning respektive behovet av slutbehandling i processkedjan - till exempel dammar, diken eller mer avance-rad rening.

Under 2021 har arbetet tematiskt bedrivits inom 14 forskningsprojekt, bl.a.:

- Bedömning och modellering av grön infra-struktur
- Anonyma källor: Identifiering och karak-terisering av källor till diffus förorenings-spridning
- Avancerad dagvattenrening
- Yteffektiv dagvattenrening – Var? När? Hur?
- GrönNano 3
- DRIZZLE
- urban Plastics
- FanpLESStic-Sea
- Elektrokoagulation som reningskompo-nent för förorenat dagvatten
- Avskiljning av mikroplast från dagvatten och snö

2.1.1 Identifiering och utvärdering av dagvattenföroreningskällor



Alexandra Müller, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Jiri Marsalek, professor
Heléne Österlund, bitr. professor

Diffusa föroreningskällor, alltså antropogena utsläpp från exempelvis trafik eller byggnader, har i EU:s vattendirektiv utpekats som viktigt att ta itu med för att uppnå god ytvattenkvalitet i våra dagvattenrecipienter. Alexandras forskningsområde är främst relaterat till att identifiera och utreda dessa källor till föroreningar i dagvatten.

De föroreningsgrupper som studeras omfattar både metaller och olika organiska föroreningar. Arbetet fokuserar på bidrag av föroreningar från olika byggnadsmaterial. Detta omfattar studier i såväl laboratorie- som pilotförsök på konventionella byggnadsmaterial, samt genom litteraturstudier. Pilotförsöken bestående av 33 miniatyrtak med 11 olika materialslag stod färdigt våren 2017; provtagning påbörjades samma år och har fortsatt till och med år 2021. Alexandras arbete omfattar även en kritisk litteraturstudie över kunskapsläget gällande föroreningsbidrag från olika källor, samt provtagning av snö i urbana områden för att studera bidraget av föroreningar från trafik.



Figur 5. Pilottak med olika byggnadsmaterial vid LTU.

Aktiviteter 2021

- Provtagning av vägnära snö i Luleå och Stockholm genomfördes i februari och mars, för att studera förekomsten av föroreningar i snö från trafikmiljöer.
- Fortsatt provtagning av avrinning vid pilotförsök (se Figur 5).
- En jämförande studie om metoder för identifiering av byggnadsmaterial som källor till dagvattenföroreningar publicerades.
- Presentation av konferensbidrag vid ICUD 2021 (framflyttad från 2020). Konferensartikeln jämför olika metoder för identifiering av källor till föroreningar i dagvatten.

Viktigaste resultat

Metodjämförelsen visade att screening av material samt lakförsök i laboratoriemiljö effektivt kan identifiera potentiella föroreningskällor. Labbstudier lämpar sig också till att studera hur yttre faktorer kan påverka utsläppen av olika ämnen. Däremot lämpar de sig inte för att skatta koncentrationer i avrinningen i utomhusmiljöer. Pilotskalaförsök antas ge en bra uppfattning av ämnen och koncentrationer i avrinningen, men är resurskrävande gällande både tid och ekonomiska resurser. Dessutom behöver studier i utomhusmiljö korrigeras för eventuella bidrag av föroreningar från atmosfärisk deposition.

Publikationer

Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J., & Viklander, M. (2021). *Comparison of three explorative methods for identifying building surface materials contributing pollutants to stormwater*. Journal of Environmental Management, 299, 113574.

Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J., & Viklander, M. (2021). *Comparison of three methods for identification of building surface materials as sources of stormwater pollution*. In International Conference on Urban Drainage, 2021 (ICUD2021).

2.1.2 Källor till och transport av föroreningar i dagvatten



Mehwish Taneez, postdoktor

Avrinnande dagvatten är som bekant en viktig transportväg för ett stort antal föroreningar - från våra städer till recipienter. På så sätt bidrar dessa strömmar till en försämrad miljöstatus i stadsnära ytvatten. De material som byggts in i den urbana miljön, exempelvis byggnaders tak och fasader samt andra tekniska komponenter såsom vägräcken, lyktstolpar, bänkar osv. längs gator, kan under sin livscykel frigöra en rad föroreningar – orsakat av exempelvis nötning eller korrosion. Dessa föroreningar kan transporteras vidare av dagvatten. Även dagvattenledningar är tillverkade av ett brett urval av material och de avtryck dessa lämnar på dagvattnet de transporterar återstår än idag att fullt ut karaktärisera.

Initialt fokuserar forskningsinsatsen på att utvärdera interaktion mellan ledningsmaterial och dagvatten – med vatten med olika kemisk sammansättning insamlat från typskilda avrinningsområden, samt hur sådan interaktion kan variera kopplat till ledningsålder och material.

Ett annat forskningsspår är inriktat på provtagningsmetodik och fokuserar hur olika förfaranden för lagring av dagvatten påverkar fysiokemiska parametrar inklusive metallfraktionering, för att förbättra förståelsen av hur lagringstid och förhållanden påverkar analysresultat av föroreningar i dagvatten vid förvaring i rumstemperatur ner till -18°C.

Aktiviteter 2021

- I början av året planerades och genomfördes försök inriktade på lagring av dagvatten och utvärderades påverkan av olika ledningsmaterial på dagvattenkvalitet.

- Nya rörmaterial (PVC, PP, galvaniserat korrugerat stål, betong) införskaffades parallellt med att Luleå kommun tillhandahöll åldrade betongrör. Nya rör med flexibla foder/liner (SF-felt liner samt SF-glass liner) tillhandahölls av Aarsleff Rörteknik AB.
- Dagvatten från Södra Hamnleden (Luleå) insamlades i september 2021 under ett regntillfälle och nyttjades för försök inriktade på olika procedurer för lagring av dagvatten. Ytterligare dagvattenprover togs under ett regn 20 oktober och pumpades genom rör av olika material för att undersöka interaktion mellan rör och genomflödande dagvatten. Uttagna prov analyserades med avseende på pH, konduktivitet, turbiditet, TSS, kloridhalt, totalhalt organiskt kol (TOC), löst halt organiskt kol (DOC) samt fraktionerade halter metall (total, löst samt sant löst), med användande av standardiserad metodik. Försöken kommer att kompletteras med dagvatten från ytterligare avrinningsområden.

Viktigaste resultat

Preliminära resultat visar att lagring och lagringsförhållanden påverkar såväl uppmätt pH som turbiditet, total och löst halt organiskt kol (TOC/DOC) samt totalt/löst/sant löst fraktion metall. Däremot påverkades inte konduktivitet, TSS och kloridkoncentrationer av lagringsförhållanden och lagringstid. Dagvatten lagrat vid -18°C påverkades i högre grad jämfört med prov lagrade i tempererad rumsvärme samt 4°C. Då med referens till startförhållanden.

Försök med olika rörmaterial visade att dagvattenkvaliteten förändrades i varierande utsträckning. Dagvattnets pH förändrades för alla rörmaterial (minst påverkades pH-nivå under försöket med PVC-rör). Exempelvis resulterade försöket med betongrör i ökad konduktivitet medan såväl turbiditet som TSS reducerades. Fraktionering av metaller visade

olika resultat för alla rörmaterial, vilket indikerar påverkan från de inbäddade materialen i rörväggarna.



Figur 6: Påverkan av dagvattenkvalitet av olika rörmaterial undersöks i ett laborieförsök. Miljölaboratorium, Luleå tekniska universitet.

2.1.3 Källor och sänkor till mikroplast i dagvatten



Lisa Öborn, kommundoktorand,
Miljöförvaltningen, Stockholms stad
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Heléne Österlund, bitr. professor

Mikroplaster finns överallt och är ett samlingsnamn för små plastfragment (<5 mm). Dagvatten har identifierats som en av transportvägarna för mikroplast från städer ut till sjöar och vattendrag. Det finns ett flertal aspekter att beakta gällande mikroplaster som sprids via dagvatten. Exempelvis kan andra föroreningar adsorberas till mikroplasten och via dagvattnet transporteras ut i sjöar och vattendrag, plasten kan innehålla oönskade ämnen, samt att små plastpartiklar (såsom skräp) är en förorening i sig själv.

Mikroplaster kan delas in i två kategorier beroende på ursprung, dels primära mikroplaster som återfinns i primärt producerad storlek och form - exempelvis plastpellets (råmaterial i plastindustrin), dels sekundära mikroplaster som bildas oavsiktligt då större plastbitar bryts ner - exempelvis efter nedskräpning eller vid slitage av däck och vägmarkeringsfärg. Nedbrytning av större plastbitar (såsom plastskräp) till mikroplast kan orsakas av flera olika faktorer, bl.a. mekanisk nötning, värme, biologiska processer och UV-strålning.

Aktiviteter 2021

- Planering och provtagning av sediment i dagvattenbrunnar för analys av förekomsten av mikroplast.
- Sammanställning av resultat och skrivande av manuskript för laboriestudie om nedbrytning av plastskräp från makroplast till mikroplast, som sedan kan spridas vidare via dagvatten. En accelererad nedbrytning av plast på grund av UV-strålning

har simulerats i laboratorium. I studien användes fyra vanligt förekommande plastprodukter av engångskaraktär: lock till kaffemugg, godisförpackning, flaska och påse.



Figur 7. Provtagning av sediment i dagvattenbrunn. Stockholm, mars 2021.

Viktigaste resultat

Resultaten från studien tyder på att nedbrytning på grund av UV-strålning skiljer sig åt mellan de olika studerade produkterna (plasttyperna), både gällande nedbrytningsmönster över tid och antal partiklar som frigörs efter de olika exponeringstiderna. Störst antal partiklar frigjordes från chokladförpackningen och kaffemuggslocket.

Publikationer

Öborn, L. (2021). *Photodegradation of macroplastics into microplastics – a laboratory study of four plastic debris*. Nordiwa Wastewater conference, 28 sept-1 okt 2021

2.1.4 Spridning av mikroplast via dagvatten



Kalpana Gopinath, postdoktor

Mikroplast definieras vanligtvis som plastpartiklar dimensionsmässigt mindre än 5 mm. Urbant dagvatten är en viktig transportväg för föroreningar till ytvattenförekomster eller marina områden, transporterande många skilda substanser såsom mikroplast, tungmetaller, polycykliska aromatiska kolväten, bakterier samt närsalter. Förståelsen för hur landbaserade källor för mikroplast bidrar till detta samt de olika transportvägarna via dagvatten är begränsad, vilket ger en tydlig kunskapslucka gällande vilka föroreningskällor som dominerar och hur de sprids vidare ut i miljön.

Inom denna kontext syftar projektet att nå bättre förståelse när det gäller transportvägar för mikroplast i avrinnade dagvatten.

Aktiviteter 2021

- En översiktsartikel håller på att skrivas med syfte att redovisa dagens kunskapsläge vad gäller mikroplast i dagvatten från urban miljö. I detta ingår exempelvis beskrivning av metoder för provtagning och analys av dagvatten, vilka transportvägar som finns undersökta samt att identifiera forskningsluckor och prioriterade satsningar framåt i tid.
- Utvärdering av resultat och skrivande av manuskript från provtagning av orörd urban snö med avseende på förekomst av mikroplast

2.1.5 Metaller i dagvatten - kemiska faser och transportprocesser



Sarah Lindfors, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Heléne Österlund, bitr. professor
Lian Lundy, gästprofessor

Metallers toxicitet och biotillgänglighet i dagvatten har ett direkt samband med kemiskt fastillstånd och partikelstorlek. Idag är flertalet reningsalternativ för dagvatten baserade på sedimentering av större partiklar och de metaller de är associerade med. Detta torde innebära att de mindre/minsta metallfraktionerna (kolloider och fria joner), med förväntad hög toxicitet, i stor utsträckning tillåts passera sådana reningssteg ut i recipienten. Sarahs forskning syftar till att öka kunskapen om metaller i de minsta storleksfraktionerna och hur de kemiska faserna ändras under transport i dagvattensystem.

Aktiviteter 2021

- En artikel om den biotillgängliga fraktionen av metaller i regn och smältvatten beräknat med modellen Bio-Met publiceras i *Journal of Environmental Engineering*. Inom studien har provtagning genomförts i tre olika urbana områden; två industriområden och en parkering. Den beräknade biotillgängliga halten har jämförts med lösta halter metaller i dagvatten där det undersöktes vilka olika storleksfraktioner metallerna förekommer i. Ultrafiltrering, med en avskiljning på ca 1 nm, var en av de separeringstekniker som användes.
- Licentiatavhandlingen färdigställdes och presenterades. Det övergripande syftet med avhandlingen var att bidra till förståelsen för lösta metallers karakteristiska egenskaper i dagvatten med fokus på faktorer som påverkar metalltransport och miljöpåverkan. Dagvatten i form av regn och snösmältning från olika urbana områden undersöktes map fördelningen av

olika fraktioner av lösta metaller då dessa anses ha störst mobilitet och miljöpåverkan.



Figur 8. Förberedelse inför snösmältningsprovtagning i Umeå.

Viktigaste resultat

Licentiatavhandlingen visade på att den lösta fraktionen av Cu, Ni och Zn, vanligt förekommande metaller i dagvatten, bestod av en komplex komposition av flera mindre storleksfraktioner. Dock var den sant lösta fraktionen dominerande oavsett markanvändning och säsong. En jämförelse mellan fraktioneringsresultaten och modellerad biotillgänglighet indikerade att flera lösta fraktioner bidrog till den biotillgängliga fraktionen.

Publikationer

Lindfors, S., Österlund, H., Lundy, L. & Viklander, M. (2021). *Evaluation of measured truly dissolved and Bio-met predicted bioavailable metal concentrations in snow-melt and rainfall runoff from three urban catchments*. *Journal of Environmental Engineering*, 287, 112263.

Lindfors, S. (2021). *Characterisation of Dissolved Metals in Urban Runoff: Fractionation, Lability and Bioavailability*. Licentiatavhandling, Luleå tekniska universitet

2.1.6 Metaller i urbana dagvattensediment samt jord i grön infrastruktur



Snežana Gavrić, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Günther Leonhardt, forskare

Fortskridande urbanisering medför större områden med hårdgjorda ytor; såsom vägar, parkeringsområden och byggnaders tak. Dessa tillkommande täta ytor resulterar i mer förorenat dagvatten, hastigare ytavrinning och ökande vattenvolymer. En bättre balans mellan ”naturlig” och ”urban” dränering kan rikta om och mildra detta förlopp, exempelvis med hjälp av grön infrastruktur.

Syftet med denna forskningsinsats är att öka kunskapen om förekomst av metalliska föroreningar i reningsanläggningar för dagvatten. Fokus är metallkoncentrationer i anläggningars jordlager och ackumulerade sediment. I sina doktorandstudier undersöker Snežana jord i gräsbevuxna svackdiken samt sediment från dagvattendammar och dagvattenbrunnar.

Aktiviteter 2021

- I början av året planerades en studie för att undersöka förbättrad funktion hos både existerande och framtida svackdiken genom anpassad/kontrollerad avrinning.
- Under mars månad togs sedimentprov från dagvattenbrunnar i Stockholm, i samverkan med ytterligare två doktorander.
- Under året färdigställdes en artikel om metaller i 17 dagvattendammar, med fokus på att jämföra olika metallanalyser som stöd för styrt underhåll och innehållande praktiska rekommendationer. Analysredovisningen omfattar total metallkoncentration, metallkoncentration i porvatten, metallkoncentration i passiva provtagare (DGT -

Diffusive Gradients in Thin Films), sekventiell lakning, Microtox och sedimentparametrar (bl.a. pH, konduktivitet samt organiskt innehåll).

- I slutet av året påbörjades en dataanalys för nästa studie som handlar om metaller i Stockholms rännstensbrunnar.

Viktigaste resultat

Organiskt material är den sedimentparameter som har störst potential att komplettera det som framkommer av metallanalysen.

DGT-metodik har för första gången tillämpats på sediment i dagvattendammar.

Omfattande variabilitet vad gäller metallhalter i dagvattendammars sediment medför att risknivåerna är platsspecifika och skiljer sig åt.

Omfattande analysinsatser av olika parametrar krävs för att urskilja/upptäcka förorenade/förorenande sediment i dagvattendammar.



Figur 9. Provtagning av ett gräsbevuxet svackdike i Luleå.

Publikationer

Gavrić. S, Leonhardt. G, Österlund. H, Marsalek. J, Viklander. M. (2021). *Metal enrichment of soils in three urban drainage grass swales used for seasonal snow storage*. Science of the Total Environment, Vol. 760, 144136

2.1.7 Föroreningar i urban snö: Provtagningsmetodik, påverkan av snöhantering och spridning med smältvatten



Arya Vijayan, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Jiri Marsalek, professor
Heléne Österlund, bitr. professor

Snö och smältvatten är källor till föroreningar av ytvatten som negativt kan påverka ytvattenkvalitet. De stora källorna till föroreningar av snö i stadsmiljö är trafik, atmosfärisk deposition, vägsalt, halkbekämpningsmedel samt urban nedskräpning. Föroreningar av intresse att studera i snö och under snösmältning är tungmetaller, klorider, organiska föroreningar, mikroplaster och näringsämnen.

Aktiviteter 2021

- Under vintern 2021 samlades snöprover in från sex platser i Luleå vid tre tillfällen för att studera historiska förändringar av snökvaliteten i Luleå.
- De insamlade proverna smältes och analyserades i miljölaboratoriet vid Luleå tekniska universitet. Delprover skickades också till ett kommersiellt laboratorium för analys av metaller och PAH:er.
- Dataanalys har genomförts för däck- och vägslitagepartiklar i snö som samlats in från snövallar i Luleå och Umeå. Resultaten presenterades vid NORDIWA 2021.
- En litteraturstudie om föroreningar i snö genomfördes. Artikeln 'Urban snow pollution: Pollutant sources, accumulation in snow deposits, and discharge in snowmelt' är inlämnad till Journal of Environmental Pollution and Research.
- Arbete med en rapport 'Mot en hållbar snöhantering i urbana miljöer: Spridning av föroreningar med urban snö' för Stockholm hamnar utfördes.

Viktigaste resultat

Litteraturstudien visade att urban snö innehåller föroreningar från många olika källor. Bland dessa föroreningar har fasta ämnen, metaller, klorider och PAH traditionellt fått mest uppmärksamhet i tidigare studier. Under senaste åren har första studier genomförts på mikroplast i urban snö och snösmältning, en nyligen uppmärksammas förorening i dagvatten. Denna litteraturstudie understryker behovet av att basera den urbana snöhanteringen på en kvantifierad bedömning av föroreningsbelastningen av snö, föroreningarnas källor, utsläpp med smältvatten och övervägande av hanteringsalternativ för skydd av recipienten.

Analys av däck och slitagepartiklar (TRWPs) visade att dessa partiklar förekommer rikligt i snövallar (medel $\pm$ SD 5000 ± 4500 partiklar/L). Majoriteten av identifierade TRWPs består av bitumenpartiklar (>70 %). Mer än 50 % av de totala bitumen- och gummipartiklar förekom i mindre storleksfraktion (50 μ m). Urban snö kan fungera som transportväg för TRWPs från väg till hav.

Publikationer

Vijayan, A., Österlund, H., Marsalek, J. & Viklander, M. (2021). *Estimating Pollution Loads in Snow Removed from a Port Facility: Snow Pile Sampling Strategies*. Water, Air, Soil Pollution. 232, 1–23. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05002-9>

Vijayan, A., Österlund, H., Magnusson, K., Marsalek, J., & Viklander, M. (2021). *Tire and road wear particles in roadside snow banks: Quantities and dynamics of release*. Nordiwa Wastewater Conference, 28 sept-1 okt 2021

Österlund, H., Vijayan, A & Viklander, M. (2021). *Mot en hållbar snöhantering i urbana miljöer. Spridning av föroreningar med urban snö*. Dag&Nät artikelserie "Ny Forskning och Teknik", nr 10, november 2021.



Figur 10. Provtagning av snö från Bodenvägen, Luleå, mars 2021.



Figur 11. Snöprover i teflonpåsar (insamlade i Luleå, vinter 2021) under smältning (bild ovan) och i smält form (bild nedan).

2.1.8 Dagvattenbiofilter: Faktorer som kan påverka funktionalitet



Katharina Lange, doktorand
Handledare:
Godecke Blecken, professor
Biträdande handledare:
Maria Viklander, professor

Biofilter för dagvattenrening är en teknik som implementeras alltmer i Sverige. Den bärande tanken är att efterlikna reningsprocesser som finns i naturlig jord. Tekniken bedöms i det sammanhanget som ekonomiskt slagkraftiga, utrymmesbesparande och kunna generera estetiskt tilltalande reningsanläggningar för dagvatten. I dagsläget kvarstår dock en hel del oklarheter kring reningsprocesserna i biofilter. Alltför lite dataunderlag finns exempelvis beträffande rening av lösta metaller och mikroplaster.



Figur 12. Anläggningen i Sundsvall består i sandfilter utan vegetation och biofilter med vegetation.

Aktiviteter 2021

- En vetenskaplig artikel publicerades om resultaten från fältförsök med biofilter i Sundsvall 2019/2020, avseende rening av mikroplast (storleksintervall 100-300 μm).
- Provtagning i fältanläggningen i Sundsvall och analyser avseende förekomst och rening av mikroplast med mindre storleksintervall (20-100 μm) har utförts. Resultaten

har utvärderats, en artikel har accepterats för publicering 2022.

- Data omfattande biofilterfältförsök genomförda 2020 med fokus på metallrening har utvärderats. Studien omfattade såväl totala, lösta (<0,45 µm) och sant lösta metaller (<3 kDa). Resultaten har sammanställts i ett antal artiklar, inlämnade för bedömning i slutet av år 2021.
- Doktorsavhandling framlades och försvarades 10 december 2021.

Viktigaste resultat

Fältanläggningen i Sundsvall som består i ett biofilter/sandfilter med förbehandling i en sedimentationskammare, kan reducera halter mikroplastpartiklar med storleksintervall 100-300 µm samt 20-100 µm. Mikroplast i det lägre storleksintervallet 20-100 µm renas bättre i biofilter med vegetationsskikt jämfört med sandfilter utan vegetation. Försedimenteringssteget ger ingen extra rening av mikroplast.

Genomförda biofilterförsök visade på effektiv rening av totala metaller. Däremot är reningsgraden vad gäller lösta metaller lägre och rening av sant lösta metaller inte är effektiv. Framtagna pollutografer visade inga spår av "first flush"-karaktär gällande föroreningstransport. Metallhalter av såväl löst som sant löst Cu och Zn i utflödet från biofiltret översteg ofta de svenska miljökvalitetsnormerna.

Publikationer

Lange, K., Magnusson, K., Viklander, M. & Blecken, G. (2021). *Removal of rubber, bitumen and other microplastic particles from stormwater by a gross pollutant trap - bioretention treatment train*. Water Research 202, 117457.

Lange, K. (2021). *Metal and microplast treatment in stormwater bioretention*, Doktorsavhandling. Luleå tekniska universitet.

2.1.9 Biofilters långtidsfunktion under kalla förhållanden



Robert Furén, industridoktorand
Handledare: Godecke Blecken, prof.
Biträdande handledare:
Maria Viklander, professor
Marie Kruså, NCC

I våra moderna städer och andra urbana miljöer samlas och blandas föroreningar med nederbörd, vilket tillsammans med hårdgjorda ytor och snabb avvattning leder till stora utmaningar avseende hantering av såväl flöden samt belastning av recipienter. Biofilter är en vanligt förekommande teknik för behandling av dagvatten vilken ökar i popularitet i Sverige liksom internationellt. Då filtermaterialet har stor effekt på reningen och funktion i biofilter inriktar sig Roberts forskning på studier av filtermaterialets reningsförmåga över tid samt ackumulation av föroreningar i filtermaterialet. Fältstudier av filtermaterial påbörjades under hösten 2019 och analyser av resultat påbörjades under 2020 och har fortgått under 2021.

Aktiviteter 2021

- Under 2021 har resultat från tidigare provtagningar av filtermaterial och sediment från biofilteranläggningar utförda i USA under 2019 utvärderats.
- Studien har presenterats på NORDIWA i oktober 2021.
- Under året har arbete med biofilteranläggningar för fullskaliga tester pågått bland annat i Stockholm. Provtagning från anläggningarna beräknas komma i gång under 2022.

Viktigaste resultat

Resultaten från provtagning av filtermaterial och sediment från USA 2019 visar på stora variationer i förekomst, halt och fördelning av 17 olika metaller samt fyra grupper av organiska föroreningar (alkylfenoler, PAH:er, PCB och ftalater). Sammantaget ger detta en

bild av några av de risker som byggs in i ett reningsfilter över tid samt ökad förståelse för hur olika ämnen binds till och rör sig i olika filtermaterial. Därigenom bidrar resultaten till att man kan göra bättre bedömningar av hur sediment och filtermaterial skall hanteras vid drift och underhåll samt i samband med framtida utbyte av filtermaterial.



Figur 13. Provtagning av filtermaterial i biofilter för dagvattenrening.

2.1.10 Reduktion av organiskt material och kväve vid försedimentering



Ali Beryani, doktorand
Handledare:
Godecke Blecken, professor
Biträdande handledare:
Maria Viklander, professor

Biofilter är en yteffektiv dagvattenreningsteknik som via infiltration genom sandbase-
rade filtermaterial förbättrar vattnets kvalitet. Ett flertal labbstudier har påvisat att biofilter effektivt minskar föroreningar i dagvatten. Betydligt färre fullskaliga driftsatta anläggningar har undersökts, speciellt gäller detta i Skandinavien med områdets specifika klimatförhållande och omgivande miljö.

Den övergripande inriktningen för denna studie är att utvärdera ett antal fullskaliga biofilter med försedimentering med avseende på behandlingseffektivitet för reduktion av kvävekomponenter och organiska ämnen - under skilda betingelser och urbana miljöer.

Aktiviteter 2021

- Under våren, sommaren och hösten provtogs totalt nio regnhändelser i biofilteranläggningen med försedimentering i Sundsvall. Syftet var att undersöka rening av olika organiska mikro-föroreningar från vägavrinningen av E4-bron. Dessutom följdes och analyserades variationen av organiska mikro-föroreningarna under dessa regnhändelser.
- Data från Sundsvall utvärderas i dagsläget. Preliminära forskningsresultat från biofilterstudien med försedimentering i Sundsvall presenterades vid ICUD 2021 (International Conference on Urban Drainage).
- Under hösten 2021 har Ali arbetat med provtagning av biofilteranläggningarna i Malmö. Denna provtagning pågår fram till och över årsskiftet 2021/22.

Viktigaste resultat

Preliminära resultat från studien av biofilteranläggningen med försedimentering i Sundsvall (Figur 14) visade att reningsanläggningen signifikant reducerade halterna av flertalet organiska mikroföroreningar (PAH:er, petroleumkolväten, nonylfenoler, oktylfenoler samt bisfenol A), i dagvattenavrinningen från vägbanan. Den växtbevuxna filtersektionen renade avrinningen signifikant bättre än det icke-växtbevuxna sandfiltret. Däremot hade försedimenteringen ingen positiv påverkan på dagvattenkvaliteten.

Denna studie påvisar att biofilter med relativt enkla sandbaserade filtermaterial kan vara effektiva vid avlägsnande av organiska mikroföroreningar och visar betydelsen av vegetation i dagvattenbiofilter när rening av organiska mikroföroreningar prioriteras.



Figur 14. Flerstegsrening av dagvatten i en biofilteranläggning med försedimentering i Sundsvall, före och strax efter ett nederbördstillfälle.

Publikationer

Beryani, A., Goldstein, A., Al-Rubaei, A., Viklander, M., Hunt, W. F. & Blecken, G. (2021). *Survey of the Operational Status of Twenty-six Urban Stormwater Biofilter Facilities in Sweden*. Journal of Environmental Management, Vol. 297, artikel-id 113375

Blecken, G., Beryani, A., Al-Rubaei, A., Viklander, M. et.al. (2021). *Översiktlig utvärdering av funktionaliteten av 26 dagvattenbiofilter*. Dag&Nät artikelserie "Ny Forskning och Teknik", nr 10, november 2021.

2.1.11 *Dagvattenrening med membranteknik och pulserande flöde*



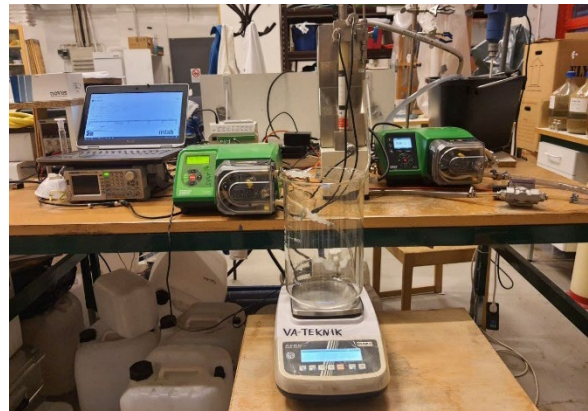
Saida Kaykhai, doktorand
Handledare:
Annelie Hedström, professor
Biträdande handledare:
Inga Herrmann, bitr. professor

En bra dagvattenhantering är viktig för en hållbar urban miljö. Speciellt i områden där vattenresurserna är knappa kan dessutom behandlat dagvatten vara en god källa för återbruk för olika ändamål såsom tekniskt vatten för tex gatuspolning. Olika metoder kan användas för att avlägsna föroreningar från dagvatten och möjliggöra återanvändning. Membranbaserade processer – som är erkänt effektiva för behandling av både råvatten till dricksvatten och avloppsvatten – kan också vara en lämplig process för att rena dagvatten. Som bekant är membranteknikens tillämpbarhet och processeffektivitet tydligt beroende på specifik vattenkvalitet. Som stöd i behandlingskedjan behöver membrantekniken väl fungerande förbehandling samt även periodisk rengöring av membranytor. Det är sålunda viktigt att generera ytterligare kunskap om de operationella element och förutsättningar som stöder maximal effektivitet. Pågående forskning kommer därför framöver att söka klarlägga rutiner för optimal membranrengöring samt även karaktärisera föroreningsansamling på membranytor.

Aktiviteter 2021

- En första pilotstudie omfattande dagvattenrening med ultrafiltrering samt pulserande flöde genomfördes framgångsrikt. Huvudsyftet var att värdera ultrafiltreringsmembranets förmåga att separera ut föroreningar från dagvatten. Pulserande flöde användes som ett sätt att öka membranets produktivitet, då detta förfarande tunnar ut gränsskiktet vid membranet samt

bidrar till en bättre blandning av flödet. Ytterligare frågor av intresse var a) att testa det pulserande flödets förmåga att rengöra membranytan med syfte att reducera ytblockering samt b) att testa inkommande vattenkvalitets effekt på membrangångtid (drifttid fram till det tidpunkt då ackumulerad ytblockering medför backspolning).



Figur 15. Försöksuppställning med membranfilter.

- Ett manuskript på den första pilotstudien har skrivits under 2021.
- Presentation på Nordiwa 1 oktober 2021 “Stormwater treatment using membrane process with pulsatile fluid flow”
- Posterpresentation vid NYM (Network Young Membranes) 2021 i Lund, “Stormwater treatment using membrane process with pulsatile fluid flow”.

Viktigaste resultat

Genom att höja pulsfrekvensen från nollnivå till 4 Hz ökade permeatvolymen (renat flöde) per behandlingssekvens från 2,2 till 15,2 liter, resulterande för membranenheten i ökad produktivitet. Genom att låta dagvatten passera detta membran förbättrades vattenkvaliteten signifikant. Halterna av oljefraktioner, turbiditet och TSS sänktes under analysmetodernas respektive detektionsgräns. Totalhalt av organiskt kol (TOC) reducerades med mellan 70 och 91%. TOC-koncentrationerna i permeatet understeg USA:s Naturvårdsverkets maxgräns för dricksvatten.

2.1.12 Yteffektiv dagvattenrening



Ivan Milovanovic, doktorand
Handledare:

Annelie Hedström, professor

Biträdande handledare:

Inga Herrmann, bitr. professor

Den pågående urbaniseringen leder till minskade naturytor och ökad andel hårdgjord yta. Resulterande urbant avrinnande dagvatten innehåller varierande typer och halter av föroreningar, beroende på dränförlopp och bebyggelsestyp. Dagvatten kan sålunda både ur kvantitets- och kvalitetssynvinkel utgöra ett potentiellt hot gentemot omgivande recipienter, något som behöver hanteras eller förebyggas.

På grund av pågående samhällsförtätning ökar behovet av yteffektiva behandlingsanläggningar för dagvatten. Vid Nationalmuseum i Stockholm finns zeolitfyllda filter, för att rena avrinnande vatten från byggnadens koppartak. Ivans studie fokuserar filtrets förmåga att minska kopparkoncentrationen samt att undersöka hur filtrets adsorptionskapacitet förändras över tid.

Urbant dagvatten för också med sig stora mängder av stora och små partiklar, som ses som en betydande belastning för recipienten. Partikelsedimentering i dagvattendammar är en av de vanligaste metoderna för att reducera halten suspenderade partiklar och skapa ett renare dagvattenflöde. En möjlig teknikhöjning som här studeras för att reducera dagvattendammars ytbehov, är att komplettera dagvattendammar med ett sedimentationsraster placerat på dammens botten.

Aktiviteter 2021

- En artikel om användning av syntetiskt dagvatten i reaktiva filterexperiment publicerades i *Environmental Technology*.
- En artikel om zeolitfilter för rening av avrinning från Nationalmuseets koppartak

godkändes för publicering i *Urban Water Journal*.

- I juni försvarade Ivan sin licentiatavhandling.
- I oktober 2021 presenterade Ivan "Improving stormwater treatment with a bottom-grid structure" på GrönNanos slutkonferens.

Viktigaste resultat

Det har visat sig att lagringstid av syntetiskt dagvatten har stor inverkan på resultat av filterexperiment vid behandling av löst metall. En metod för att redogöra för detta har föreslagits i artikeln.

Zeolitfilteranläggningen har visat att ha förmågan att minska kopparkoncentrationen i dagvatten till 48-82%; det har dock observerats en minskning av filtrets reningsförmåga över tid.

Publikationer

Milovanovic, I. (2021). *Components for area-efficient stormwater treatment systems*. Licentiatavhandling, Luleå tekniska universitet.

Milovanovic, I., Herrmann, I., Hedström, A., Nordqvist, K., Müller, A. & Viklander, M. (2021). *Synthetic Stormwater for Laboratory Testing of Filter Materials*. *Environmental Technology*.

doi:10.1080/09593330.2021.2008516/FOR-MAT/EPUB.



Figur 16. Uppställning av reaktiva filterexperiment.

2.1.13 Kontinuerlig mätning av dagvattenkvalitet i biofilter



Vincent Torineau, student på master-nivå, INSA Lyon, Frankrike

Mentorer:

Kelsey Flanagan, bitr. univ.lektor,
Godecke Blecken, professor

Biofilter för dagvattenbehandling omhänder-tar effektivt en rad föroreningar i urban avrin-ning. Tidigare studier visar emellertid att re-ningsgraden kan reduceras under vissa förhål-landen, speciellt vintertid, på grund av vägsalt samt ökad halt små partiklar från fordons vin-terdäck. Därför är det av vikt att ytterligare klarlägga biofiltrens säsongsknutna pre-standa. I denna studie användes kontinuerlig mätning av vattenkvalitet för att undersöka säsongsmässiga variationer av biofiltrens re-ningsförmåga.

Aktiviteter 2021

- Sensorer för mätning av turbiditet, kon-dukтивitet samt halt löst syre installerades på fem platser i en biofilteranläggning (vid inlopp till och utlopp från försedimente-ringskammaren, samt utlopp från tre paral-lella biofilter), inkluderande ett system för fjärröverföring av insamlat mätdata.



Figur 17. Sensorer installeras i biofilteranlägg-ningen i Sundsvall.

- Sensorerna kalibrerades och testades, ruti-ner för underhåll och datainsamling eta-blerades.
- Kontinuerlig mätning påbörjades i april 2021 och kommer att fortsätta en längre period (flera år).

Viktigaste resultat

Denna studie understryker att användning av sensorer för mätning av vattenkvalitet möjlig-gör insamling av tidsmässigt högupplöst mätdata, men det behövs betydande insatser för denna lösning. Säkerställd operativ drift kräver återkommande underhåll och kontroll av data för att snabbt identifiera och lösa pro-blem som kan framkomma.

Även med detta tillgodosett visade turbidi-tetsmätningarna vid anläggningen i Sundsvall ett signifikant signalbrus, speciellt under torr-väderperioder. Däremot fungerade mätningen av konduktivitet samt löst syre bra. Att rela-tera de kontinuerliga mätningarna till bio-filtrens effektivitet kräver indirekta indikato-rer (så kallade proxies) för sambandet online-mätning gentemot provtagna parametrar vil-ket ligger utanför detta mastersarbete.

2.2 Tema Dagvattensystem



Temat ”Dagvattensystem” leds av Godecke Blecken, professor, VA-teknik, LTU.

Dagvattensystem har traditionellt utformats för att snabbt avleda vattnet från den urbana miljön, i huvudsak via ledningssystem. Idag implementeras ofta trög avledning i öppna anläggningar, vid behov i kombination med olika dagvattenreningsanläggningar, samt ytliga skyfallsvägar för Extremsituationer. Dessa system ska klara de utmaningar som finns på grund av ökad urbanisering, ökade miljökrav och klimatförändringar.

Om utvecklingen fortsätter i dagens riktning kommer framtidens system bestå av många olika komponenter, såsom ledningar, dammar, diken, infiltrationsytor, biofilter, gröna tak m.m., som tillsammans ska tillhandahålla en hållbar dagvattenhantering både ur kvantitets- och kvalitetsperspektiv samt för både små och stora regn- och snösmältningshändelser.

Förutom dagvattenkvantitet och kvalitet ligger mer och mer fokus på multifunktionella anläggningar som också kan leverera andra ekosystemtjänster. Alla olika komponenter kommer dessutom att behöva skötas och underhållas, med olika behov och krav för bibehållen långtidsfunktion.

Från en situation där dagvattensystemet bara hanteras av kommunens VA-avdelning kommer framöver flera kommunala ansvarsområden in, såsom stadsplanering samt gatu- och parkavdelning. Därmed krävs det en tydlig organisation med given ansvars- och kostnadsfördelning. För utvärdering av dessa alltmer komplexa system med olika komponenter och syften kommer modeller att vara ett viktigt verktyg. Därmed är det också viktigt

att veta hur modeller bör användas; hur indata påverkar, hur de ska kalibreras, vilka osäkerheter som är förknippade med resultatet samt hur systemen utvärderas på bästa sätt.

Under 2021 har arbetet inom temat bedrivits inom ett flertal projekt, bl.a.:

- Förbättrad modellering av grön infrastruktur
- Förbättrad funktion av gröna tak
- Hållbar snöhantering i urbana miljöer
- Bedömning och modellering av grön infrastruktur
- GrönNano
- Yteffektiv dagvattenrening
- Dagvattenbiofilter: från standardlösningar till utvecklade tekniklösningar
- DRIZZLE

I slutet av 2021 har flera nya projekt beviljats och påbörjats. Relevanta aktiviteter kommer dock först att ske under kommande år. Dessa projekt handlar om:

- Samverkan för en hållbar hantering av dagvatten på kvartersmark (leds av RISE)
- Dagvattenhantering i befintliga stadsområden
- Klimatanpassning med blå-grön infrastruktur
- Ekosystemtjänster av multifunktionell blå-grön infrastruktur
- Dagvattenhantering från järnväg
- Dagvattenbiofilter med biokol
- SECURE – dagvattenplanering för ökad urban resiliens

2.2.1 Förbättrad modellering av grön infrastruktur



Ico Broekhuizen, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Günther Leonhardt, forskare

Grön infrastruktur används alltmer för att hantera dagvatten på ett hållbart sätt. Matematiska modeller kan användas för att bättre bedöma och förutse dagvattensystems nuvarande och framtida prestanda. Det är dock inte klarlagt vad som krävs för att modellera gröna dagvattensystem på ett tillförlitligt sätt. Därför behövs rekommendationer för pålitlig modellering av grön infrastruktur. Av vikt i sammanhanget är säkerställda mätningar av bl.a. regn och flöde i dagvattenledningar (vad ska mätas, med vilken upplösning och hur stor är mätosäkerheten?), skillnader mellan olika modeller, olika sätt att kalibrera modeller, olika sätt att utvärdera modellprestanda och slutligen skattning av hur stor osäkerheten i modellresultat är.

Aktiviteter 2021

- En jämförelse av fyra olika modeller för gröna tak slutfördes, i samarbete med INSA Lyon i Frankrike. Mätdata från Umeå och Lyon användes för att bedöma modellernas prestanda för olika tidsperioder.



Figur 18. Grönt tak, Umeå

- Den 8 april försvarade Ico sin doktorsavhandling.

Viktigaste resultat

Den relativt enkla konceptuella modellen SWMM och de fysiska modeller Hydrus och SHE visade sig ha bättre prestanda än den enklare modellen Urbis för modellering av gröna tak. Alla modeller genererar dock skilda kalibrerade värden för modellparametrar under olika kalibreringsperioder, vilket ifrågasätter hur verklighetstroget modellerna beskriver de fysiska processer som försiggår i gröna tak.

Publikationer

Broekhuizen, I., (2021). *Hydrological modelling of green urban drainage systems: Advancing the understanding and management of uncertainties in data, model structure and objective functions*. Doktorsavhandling. Luleå tekniska universitet.

Broekhuizen, I., Leonhardt, G. & Viklander, M. (2021). *Reducing uncertainties in urban drainage models by explicitly accounting for timing errors in objective functions*. Urban Water Journal 18, 740–749. doi.org/10.1080/1573062X.2021.1928244

Broekhuizen, I., Sandoval, S., Gao, H., Mendez-Rios, F., Leonhardt, G., Bertrand-Krajewski, J.-L. & Viklander, M. (2021). *Performance comparison of green roof hydrological models for full-scale field sites*. Journal of Hydrology X 12, 100093. doi.org/10.1016/j.hydroa.2021.100093

Broekhuizen, I. (2021). *Jordfuktighetsmätningar för modellering av öppna dagvattenlösningar*. Dag&Nät artikelserie "Ny Forskning och Teknik", nr 11, november 2021.

Broekhuizen, I. (2021). *Hydrologisk modellering av gröna tak*. Dag&Nät artikelserie "Ny Forskning och Teknik", nr 12, november 2021.

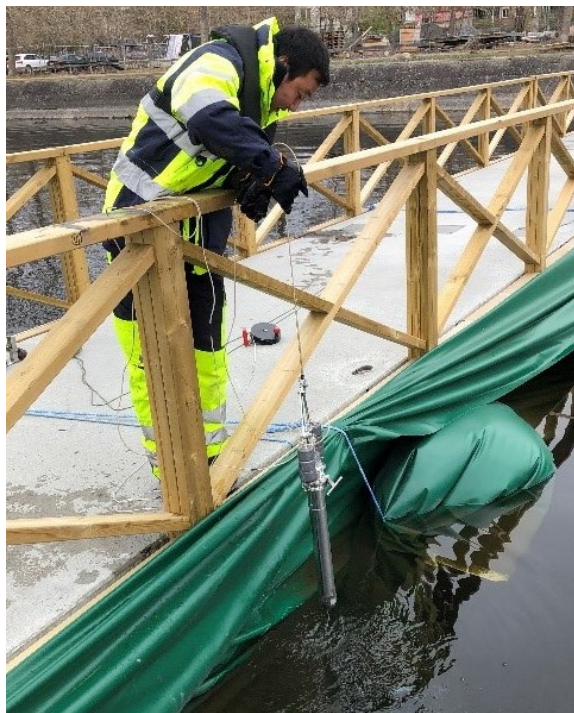
2.2.2 Dagvattenkvalitet: Massflödesanalys och modellering av avrinningsområden



Jiechen Wu, post doktor

Olika mänskliga aktiviteter och genom urbanisering ökande andel hårdgjorda ytor kan generera vitt skilda förorenade substanser. Föroreningar av detta slag kan i samband med regn via dagvatten transporteras vidare till vattenrecipienter. Forskningen utförs för att analysera respektive modellera flöden av föroreningar – från källa till recipient.

Pågående projekt inkluderar sammanställning av befintliga dagvattenmodeller för hantering av dagvatten med fokus på urban metabolism, känslighets- och osäkerhetsanalys i modellverktyget StormTac Web och kvalitetsanalys av dagvattensediment från en befintlig skärmdamm i Storsjön/Östersund.



Figur 19. Uttag av sedimentprov från skärmdammen i Storsjön, Östersund

Aktiviteter 2021

- Sedimentprovtagningen och analys av proverna från skärmdammen i Östersund som påbörjats hösten 2020 har fortsatt under 2021. Analyser gjordes med avseende på bl a tungmetaller, fosfor och PAH. Resultaten har därefter bearbetats och sammanställts.

Viktigaste resultat

Resultaten från osäkerhets- och känslighetsanalys genomförd för StormTac modellen indikerar att osäkerheten gällande de modellerade dagvattenflödenas vattenkvalitet/föroreningssinnehall, definierat som avrinnande flödets olika förorenande medelhalter samt korreponderande årsvisa massflöden, är större än faktisk förekomst i ett årsflöde. Dessa förhållanden kan signifikant bidra till ökande förväntad modellosäkerhet.

För försöksområdet, ett mindre avrinningsområde i Sätra, var osäkerheten gällande total årsvolym dagvatten 24%, medan osäkerheten gällande massflödet av föroreningar på årsbasis samt koncentrationer skattades vara ungefär 30%. Gällande massflöden av föroreningar framkom att mest styrande var markspecifika parametrar, inkluderande årlig avrinningskoefficient samt standardvärden för föroreningshalter kopplat till skilda marktyper och urban funktion. Denna studie kopplad till StormTac Web modellen pekar tydligt ut behovet av fortsatt och fördjupat arbete gällande multipla osäkerheter, kopplade till icke-komplexa begreppsmässiga modeller (Low-Complexity Conceptual Models – LCCMs), applicerbara och nyttjade för dagvattenhantering i urbana miljöer.

Publikationer

Wu, J., Larm, T., Wahlsten, A., Marsalek, J. & Viklander, M. (2021). *Uncertainty inherent to a conceptual model StormTac Web simulating urban runoff quantity, quality and control*. Urban Water Journal, Vol. 18, nr 5, s. 300-309

2.2.3 Modellering av dagvattenkvalitet



Nikita Razguliaev, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Kelsey Flanagan, bitr. univ. lektor
Tone Muthanna, gästprofessor

Utsläpp av förorenat dagvatten påverkar recipienten negativt. Nikitas forskning använder dagvattenkvalitetsmodeller för framtagande av samband mellan nederbörd och avrinning kopplat till varierande föroreningar.

I detta sammanhang är högupplösta dataunderlag av speciellt intresse. Därför handlar en del av forskningsprojektet om teknologier för kontinuerlig mätning av vattenkvalitet bl a. med hjälp av sensorer. Att bredda horisonten för analytiska metoder inom VA-teknik för att förbättra dagvattenkvalitet är av värde för hela samhället. Därför är det primära målet med detta doktorandprojekt att främja och utveckla tidsmässigt högupplösta analysmetoder för dagvattenkvalitet och därmed förbättra hydrologiska modeller.

Aktiviteter 2021

- Kunskapssammanställningen för en översiktsartikel om metoder för kontinuerlig mätning av prioriterade vattenkvalitetsparametrar är genomförd. Artikeln färdigställs och skickas in i början av år 2022.
- En överblick av olika metoder för kontinuerlig övervakning av dagvattenkvalitet presenterades vid årets Nordiwa konferens.
- Lämpliga sensorer och stödutrustning har valts ut och införskaffats. Provtagningsstation har byggts och satts igång, datainsamling är påbörjad. Tre regnhändelser har kartlagts – totalt 25 prov har uttagits och statistisk analys av insamlat data genomförs.

- Fullt abstract för IWA WWC 2022 har författats och skickats in.

Preliminära resultat

Dagvatten är speciellt svårt att analysera på grund av sin komplexitet, vilket kan leda till betydande osäkerheter och/eller fel i data producerat vid mätning av vattenkvalitet med hjälp av online-sensorer. Detta påvisades i en studie om strukturering av kontinuerligt och diskret data insamlade genom konventionell provtagning och laboratorieanalys som redovisas i IWA WWC 2022.

Resultaten visar att även om skillnader i pH-värden mellan laboratorium och fält enbart kan förklaras med instrumentell osäkerhet finns signifikanta skillnader i resultat för parametrarna konduktivitet och turbiditet. Det kan alltså finnas ytterligare felkällor att identifiera. Resultaten är preliminära och plats-specifika.

Framåt i tid kommer arbetet att fördjupas och analyserna att utvidgas till större dagvattenstrukturer, för att söka identifiera och klarlägga mer generella/globala samband.

Publikationer

Razguliaev, N., Flanagan, K., Muthanna, T. & Viklander, M. (2021). *An Overview Of Continuous Stormwater Quality Monitoring Technologies*. Nordiwa Wastewater conference, 28 sept-1 okt 2021

2.2.4 Urban grön infrastrukturens prestanda och hydrologi



Hendrik Rujner, forskarstuderande
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Kelsey Flanagan, bitr. univ. lektor
Günther Leonhardt, forskare
Jiri Marsalek, professor

Hantering av dagvatten med öppna dagvattenlösningar gör det möjligt att dämpa flödestoppar, minska dagvattenvolymer samt åstadkomma en viss dagvattenrening. Det är dessutom lätt att notera när dessa anläggningar behöver underhåll. Det finns goda skäl att implementera gröna områden som tar hand om dagvattnet innan det transporteras vidare till recipient, där t.ex. kostnadseffektivitet är en aspekt. Relativt enkla lösningar är svackdiken och översilningsytor – sammankopplade funktioner kan ge tillförlitlig dagvatten-dränering.

Efter framläggande av licentiatavhandling fortsatte Hendrik att utvärdera och jämföra data från det undersökta området i Solbacken, Skellefteå med en lokal dagvattenlösning och en vanlig rönnätsbunden sådan. Mätningar från flera år är nu tillgängliga och analyseras utifrån följande frågor: Hur mycket avlastas ett konventionellt dagvattensystem av en uppströms LOD/grön infrastruktur? Vilka är de relevanta hydrologiska faktorerna som styr utflödet från LOD-området? Vilka långsiktiga fördelar uppstår jämfört med ett konventionellt system?

Aktiviteter 2021

- Bidrag till en artikel som handlar om utformning av svackdiken med avseende på dagvattenrening. Artikeln skrevs i samarbete med forskare från North Carolina State University, Department of Biological and Agricultural Engineering och publicerades i *Journal of Environmental Management*.

- Fortsatt arbete med utvärdering av data och skrivande av en artikel om utredningsområdet Solbacken, Skellefteå, som ska lämnas in till *Journal of Hydrological Processes*.
- Presentation av rumsliga interpolationsmetoder för markfuktighet i grön infrastruktur vid ICUD konferens.

Viktigaste resultat

Analysen av den handelsyta i Skellefteå som studerades visade signifikant skilda resultat mellan de två jämförda områdena. Över 45% av de studerade regntillfällena genererade inte något utflöde av vatten medan resterande toppflöden såväl som totalvolymer reducerades avsevärt och fördröjdes innan avledning till anslutande dagvattenrörssystem. Om utflöde genereras är höga regnintensiteter, tillräcklig regnvaraktighet, hög jordfuktighet samt yttligt grundvatten drivande faktorer.

Publikationer

Rujner, H., Flanagan, K. & Viklander, M. (2021). *Comparison of spatial interpolation methods for soil moisture in Green Stormwater Infrastructure*. Konferensbidrag och presentation på 14th International Conference on Urban Drainage (ICUD).

Ekka, S., Rujner, H., Leonhardt, G., Blecken, G., Viklander, M. & Hunt, W. (2021). *Next generation swale design for stormwater runoff treatment: A comprehensive approach*. *Journal of Environmental Management*, Vol. 279

2.2.5 Grön infrastrukturens hydrologiska prestanda i svenskt klimat



Ivan Mantilla, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Tone Muthanna, gästprofessor
Kelsey Flanagan, bitr. univ. lektor

Kopplat till pågående urbanisering och den globala uppvärmningen, finns ett växande intresse för implementering av grön infrastruktur (GI) i olika klimat och regioner. GI har visat sig effektiv i att fördröja stora dagvattenflöden och därigenom bidra till att reducera urbana översvämningar till följd av skyfall. Dock är det nödvändigt att identifiera lämpliga kriterier för utformningen av GI för att säkerställa att implementeringen av platsspecifika lösningar är anpassad efter lokala förhållanden och klimatfaktorer.

Ivans forskning fokuserar på utvärdering av GI under de olika svenska klimatförhållandena. En dagvattenmodell med kapacitet för långsiktig simulering applicerades på nederbördsdata från elva svenska städer (Stockholm, Eskilstuna, Örebro, Malmö, Göteborg, Gävle, Östersund, Örnsköldsvik, Umeå, Luleå samt Kiruna), för att bedöma i vilken grad biofilter och gröna tak kan fördröja avrinningsvolymen.

Dessutom nyttjades en långtidssimulering för att klargöra behovet av markyta för att åstadkomma en viss reduktion i avrinnande flöde vinter som sommar, i såväl Göteborg, Örebro och Kiruna. Valda platser inkluderar en av Sveriges mest tätbefolkade områden och representerar högst varierande klimatförhållanden.

Aktiviteter 2021

- Analys av klimatdata för valda städer.
- Prognos av marktemperatur för dessa elva städer genom att använda artificiella neurala nätverk (ANN).

- Kvantifiering av minskade avrinningsvolym genom implementering av biofilter och gröna tak.
- Osäkerhetsanalys med hjälp av Monte Carlo-metoden för att generera konfidensintervall för hydrologisk prestanda vad gäller reducerad avrinningsvolym.
- Kvantifiering av behövlig markyta för att uppnå en viss fördröjningsgrad med hjälp av biofilter.

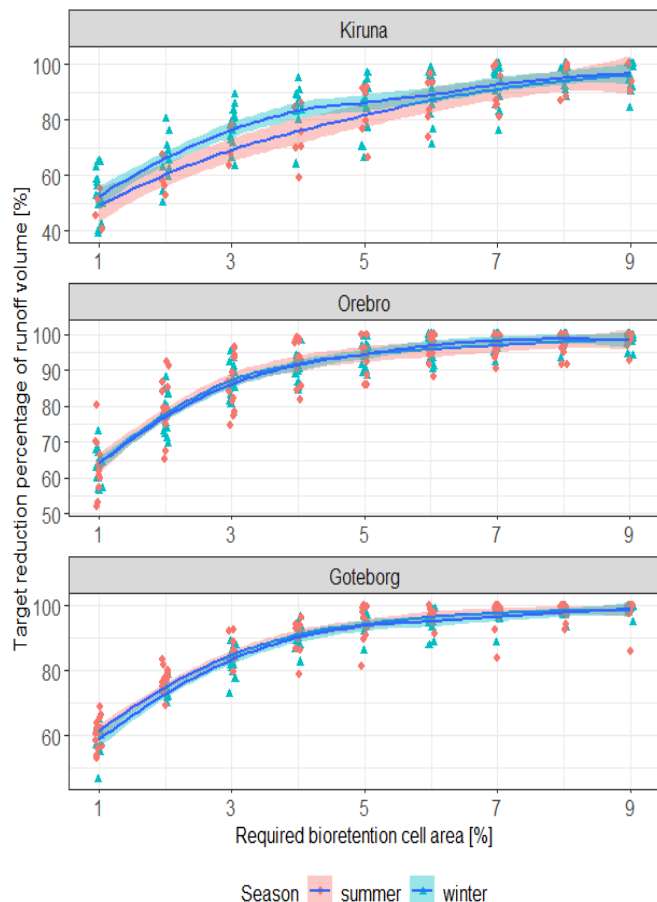
Viktigaste resultat

Resultaten visar en signifikant variation i GI:s fördröjningsförmåga, både på års- och säsongsnivå, och därmed tydliggör behovet av plats- och klimatspecifika kriterier för utformningen av GI. Speciell hänsyn måste tas till sådana händelser som regn-på-snö, i de regioner där snösmältning svarar för en stor andel av den totala avrinningen.

Styrande faktorer för utformningen kan kopplas till nederbördens rums- och tidfördelning men även påverkan av snösmältning och regn-på-snö på avrinnande flöde. Resultaten ger också visst stöd för en omvärdering av tidigare regionala normvärden (omfattande inlandet och kustområden) gällande dimensionering och utformning av GI.

Resultaten i en efterföljande studie pekar mot att en åtgärd som resulterar i 80% reducerad avrinning, genererar påtagliga variationer på årsnivå för en given markyta. Figur 20 visar behövlig markyta för en given plats och reduktion av avrinnande volym (se överlappning av kurvorna vinter/sommar).

Resultaten indikerar ett behov att bygga biofilter med grovkornigt filtermaterial och förbehandlingssteg för dagvatten. Antaganden kring infiltrationsförmågan ska vara något konservativa jämfört med vad som används idag. Där det är möjligt bör ett dräneringslager inkluderas så att enbart små vattenmängder finns kvar i anläggningen när filtermaterialet kan förväntas frysa.



Figur 20. Nödvändig yta för biofilter för att nå % reducerad avrinning. Linjerna indikerar typiskt utfall över längre tidsperioder, det omgivande färgade bandet visar variationen i prestanda.

Publikationer 2021

Mantilla, I., Flanagan, K., Muthanna, M. & Viklander, M. (2021). *Variability of the hydrologic performance of green infrastructures due to climatic regimes across Sweden*. Nordiwa Wastewater conference, 28 sept-1 okt 2021

2.2.6 Gröna tak och deras funktion i kalla klimat



Joel Lönnqvist, doktorand
Handledare:
Godecke Blecken, professor
Biträdande handledare:
Maria Viklander, professor

Mängden dagvatten som gröna tak kan hantera varierar kraftigt beroende på exempelvis typ av regn och föregående torrperiods längd, men också beroende på en mängd designelement samt klimatrelaterade faktorer. En stor del av volymen dagvatten som "kan försvinna" sker i substratet på gröna tak, men växtvalet har här också visat sig vara av betydelse. Man har länge mestadels använt sig av sukkulenta *Sedum*-arter då hög täckningsgrad av växter prioriterats, liksom god överlevnad vid torka och estetiskt tilltalande växtlighet. Men även andra växter kan vara intressanta för att anpassa taken för olika systemtjänster, t.ex. minskande dagvattenvolymer och ökad biologisk mångfald.



Figur 21. Kontrollerat inomhus-experiment under artificiell belysning. Gröna takväxters vattenanvändning och möjlighet att anpassa sig till vattentillgång studeras för växtarter med olika levnadsstrategier.

Aktiviteter 2021

- Ett antal vetenskapliga artiklar publicerades tillsammans med medförfattare

Viktigaste resultat

Spontan växtlighet eller ”ogräs” kan bidra med vissa ekosystem-tjänster och kan i vissa fall vara intressanta för att minska kostnad och underhåll.

Publikationer 2021

Lönnqvist, J., Blecken, G.-T. & Viklander, M. (2021). *Vegetation cover and plant diversity on cold climate green roofs*. Journal of Urban Ecology, 2021, 7(1), <https://doi.org/10.1093/jue/juaa035>

Lönnqvist, J., Hanslin, H.M., Johannessen, B.G., Muthanna, T.M., Viklander, M. & Blecken, G. (2021). *Temperatures and precipitation affect vegetation dynamics on Scandinavian extensive green roofs*. International Journal of Biometeorology, doi: 10.1007/s00484-020-02060-2

Schrieke, D., Lönnqvist, J., Blecken, G., Williams, N.S.G. & Farrell, C. (2021). *Socio-Ecological Dimensions of Spontaneous Plants on Green Roofs*. Frontiers in Sustainable Cities, 2021. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.777128>

Schade J., Lidelöw S. & Lönnqvist J. (2021). *The thermal performance of a green roof on a highly insulated building in a sub-arctic climate*. Energy & Buildings, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110961>

2.2.7 Sediment i dagvattenbrunnar: transport, egenskaper och framtida hantering



Haoyu Wei, doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Lian Lundy, gästprofessor

Dagvattenbrunnar används frekvent i urbana sammanhang, både för att hindra suspenderade sediment att transporteras vidare ut i ledningsnätet och minska påverkan av diffus förorening till recipienter. Därigenom kan de bidra till uppnående av EU:s ramvattendirektiv och hållbarhetsmål.

Det mycket stora antalet dagvattenbrunnar men även andra faktorer bidrar till att underhållsnivån för denna teknikkomponent generellt är otillfredsställande (t.ex. på grund av underbudgetering, delat driftansvar mellan gatuhållare och VA-verksamhet, samt ringa förståelse för potentiella konsekvenser).

Aktiviteter 2021

- Presentation av viktiga resultat från forskningsstudier samt kommande planerade projekt under DRIZZLES lunchseminarier.
- Provtagning och analys av 101 organiska föroreningar i sediment från dagvattenbrunnar i områden med olika typ av markanvändning.
- I samarbete med NTNU planerades provtagning av sediment från 27 dagvattenbrunnar som analyserades för att jämföra säsongspåverkan, gatuutformning samt trafikflöde. I analysen fokuserades hur dessa faktorer påverkar fysio-kemiska och biologiska egenskaper hos sedimenten. Syftet med studierna är att stötta identifiering av nya föroreningar i urbana avrinningsområden, karaktärisering av dagvattenbrunnars funktion gällande kvarhållning av diffusa föroreningar - samt mer övergripande bidra till större kunskap för

optimerat underhåll och drift av dagvattenbrunnar.



Figur 22. Sedimentprovtagning av en dagvattenbrunn vid en korsning i Luleå.

Viktigaste resultat

En jämförelse av sediment från dagvattenbrunnar provtagna år 2005 respektive 2020 pekar mot en stor förändring gällande PAH:er som först dominerande förekom med låg molekylvikt och senare med hög molekylvikt.

Bottensediment i dagvattenbrunnar provtagna år 2020 uppvisade en genomsnittlig ackumuleringshastighet/sedimenttillväxt på 0,76-0,82 kg/m²·år, motsvarande upp till femton gånger högre sedimenttillväxt jämfört med samma sju brunnar undersökta år 2005.

Publikationer

Wei, H., Muthanna, T. M., Lundy, L., & Viklander, M. (2021). *An assessment of gully pot sediment scour behaviour under current and potential future rainfall conditions*. Journal of Environmental Management, 282, 111911.

Wei, H., Muthanna, T. M., Lundy, L., & Viklander, M. (2021). *Temporal trends in the occurrence and composition of PAHs in gully pot sediments*. 15th International Conference on Urban Drainage.

2.2.8 Miljöriskbedömning av dagvattendammars sediment



Kelsey Flanagan
Bitr. univ. lektor

Dagvatten fungerar som bärare av ett stort antal föroreningar, bl a. spårelement och organiska ämnen. Orsaken är den breda förekomsten av föroreningskällor i vår urbana miljö. Sediment (och partikelbundna föroreningar) ansamlas i olika urbana dagvattenanläggningar över tid och behöver avlägsnas regelbundet. Det kontaminerade sedimentskiktet är en potentiell miljörisk som måste hanteras på ett säkert sätt under muddring och slutligt omhändertagande. Denna forskning fokuserar på metoder och arbetssätt för förbättrad miljömässig riskbedömning av ansamlade sediment vid två viktiga punkter för urbana vattensystemet, dvs dagvattenbrunnar som befinner sig vid ingången till ledningsnätet och dagvattendammars som är en dominerande teknik för rening av dagvatten i Sverige och ligger oftast nedströms ledningsnätet.

Aktiviteter 2021

- I februari publicerades resultat från en studie om organiska föroreningar i 17 dagvattendammars med hänsyn till föroreningsförekomst, miljörisk och variabilitet i en vetenskaplig artikel.
- Under 2021 fortsatte analys av data framkomna inom ovannämnd studie som även omfattade analys av spårelement med hjälp av olika metoder och analys av toxicitet. Data gällande spårelement analyserades för att utvärdera miljörisker med förorenade sediment och överväga olika analysmetodernas fördelar och begränsningar samt hur de kompletterar varandra (se Snezana Gavric, pkt 2.1.6) Arbeta med att prioritera föroreningar genom analys av allt data (organiska föroreningar, spårelement och toxicitet) påbörjades under 2021.

- Våren 2021 provtogs sediment från 26 dagvattenbrunnar i Stockholm. Sedimenten analyserades för i dagvattendammar vanligt förekommande organiska föroreningar såsom PCB, PAH, organiska tennföreningar, alifatiska kolväten, ftalater, aldehyder, PBDE, PFAS och alkylfenoler, samt spårelement. Resulterande data kommer att analyseras i samarbete med Snezana Gavric och Haoyu Wei.

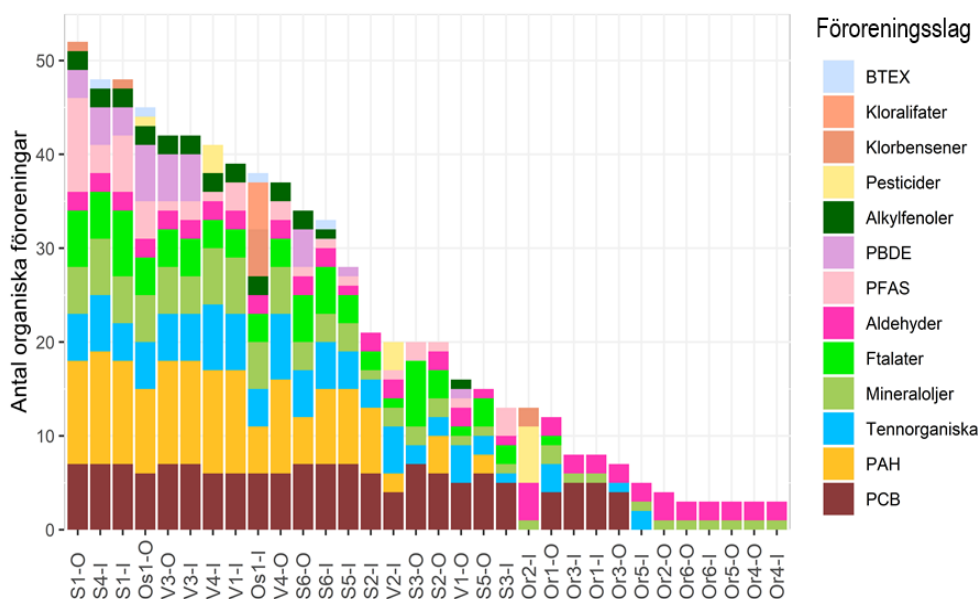
Viktigaste resultat

Övergripande resultat visar att ett flertal organiska ämnen återfinns i dagvattensediment. Det hittades upp till 52 föroreningar i ett enskilda prov och 92 av de 259 spårade föroreningar i minst ett av proven. En ”typprofil” gällande urban förorening kunde här fastställas, inkluderande PCB, PAH, organiska tennföreningar, alifatiska kolväten, ftalater, aldehyder, PBDE, PFAS och alkylfenoler. Emellertid varierar nivåerna av kontamination stort mellan olika dagvattendammar. Detta förhållande orsakades av andra tillflöden/partikelkällor såsom eroderad jord, sand eller naturlig organisk materia.

nas toxiska effekt vilket mer sannolikt förekommer vid långvarig exponering av känsligare arter.

Publikationer

Flanagan, K., Blecken, G.-T., Österlund, H., Nordqvist, K. & Viklander, M. (2021). *Contamination of Urban Stormwater Pond Sediments: A Study of 259 Legacy and Contemporary Organic Substances*. Journal of Environmental Science and Technology, 55, 3009–3020. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07782>



Figur 23. Påvisade föroreningar vid inlopp (I) och utlopp (O) från de 17 provtagna dagvattendammar.

Microtox analysen visade akut toxiska halter av *Vibrio Fischeri* bakterier i 5 utav totalt 32 prover. Överlag visade provernas toxicitet ingen korrelation med organiska föroreningar eller spårelement som annars är vanligt förekommande i prover med låg halt löst syre. Detta ger indikationer på att testet inte är tillräckligt känsligt för att påvisa föroreningar-

2.2.9 Den multifunktionella ytan i kallt klimat



Emelie Hedlund Nilsson,
kommun-doktorand
Handledare: Maria Viklander, prof.
Biträdande handledare:
Tone Merete Muthanna, gästprofessor
Mentor: Ulrika Larsson, Luleå kommun

Hantering och rening av dagvatten är en fråga som får allt större utrymme i den urbana miljön. Det kan handla om allt från skötsel och utbyggnad av befintliga ledningsnät till implementering av gröna lösningar för att fördröja och till viss del rena dagvatten. Ytterligare en aspekt som tillkommer gällande dagvattenhantering i kallt klimat är att nederbörden under stor del av året faller som snö. I dagsläget transporteras mycket av stadens snö bort från tätbebyggda områden, läggs på tillfälliga deponier och lagras fram tills smältperioden startar.



Figur 24. Snödeponin vid Porsöberget, Luleå. Snöåret 2018/2019 då deponin inte smälte bort på sommaren.

Många utmaningar är kopplade till denna typ av snöhantering. Förutom att transporten är kostsam och orsakar en viss miljöpåverkan, så kräver även lagringen stora utrymmen, något som kan vara en bristvara i urbana miljöer. Samtidigt behöver ofta smältvatten från urban snö genomgå någon form av rening innan det avrinner till recipient. I sin forskning tittar Emelie därför närmare på "Den multifunktionella ytan" i städer som en möjlighet att hitta ytor inne i stadsmiljöer som kan fun-

gera både som mindre deponier för snölagring vintertid, samt smält- och slutligen dagvattenanläggning sommartid. Hösten 2021 färdigställdes en testanläggning i Luleå för att utvärdera hur en multifunktionell yta kan hantera deponerad snö. Provtagning av anläggningen påbörjas våren 2022.

Aktiviteter 2021

- Under hösten designades och anlades Luleås testsite för dagvatten och snöhantering. Testsite består av en fullskalig anläggning vid Storhedens industriområde, samt en mindre anläggning vid universitetet som kommer att fungera som en pilotanläggning. Den fullskaliga anläggningen är ett svackdike och efterliknar den typ av ytor som redan finns tillgängliga i stadsmiljö. Dagvatten från industriområdet har sitt utlopp till diket och snö kommer att deponeras i diket från gator och andra hårdgjorda ytor i Luleå. Pilotanläggningen består av tre små replikor av ett svackdike där parametrar så som snövolym, smält- och dagvattenflöden, infiltrationskapacitet och dämmen kan kontrolleras och alterneras.



Figur 25. Testsite Luleå – fullskalig anläggning, Storheden (bild ovan) och pilotanläggning vid universitetet (bild nedan).

- Under hösten arbetade Emelie även fram en prototyp av den fullskaliga anläggningen i dagvattenmodellen EPA SWMM för att undersöka om det är möjligt att med hjälp av modeller för specifika anläggningar uppskatta volymen snö som kan deponeras i en multifunktionell yta under en säsong. Efter att ha testat modellen med uppmätt data från svackdiket vid Storheden är en av slutsatserna att fler parametrar gällande egenskaper hos urban snö behöver tas i beaktning för att kunna uppskatta hur stor volym som kan deponeras. Arbetet med modellen sammanfattades i ett konferensbidrag som skickades in till konferensen EGU22 (European Geosciences Union).

2.2.10 Hållbarhetsutvärdering av blå-grön infrastruktur



Pär Öhrn Sagrelius, industridoktorand
Handledare: Godecke Blecken, prof.
Biträdande handledare:
Maria Viklander, professor
Richard Ashley, adj. professor
Johan Kjellin, David Hagerberg,
Tyréns

Inriktningen för urban dagvattenhantering har gått från att handla om gråa, rörbaserade system till mer blå-gröna, naturbaserade system. För att underlätta strategisk planering för blå-grön infrastruktur i urbana miljöer undersöks miljömässig, ekonomisk och social påverkan från biofilter/växtbäddar med varierande design och konstruktion, ur ett multi-kriterie- och livscykelperspektiv. Syftet är att uppnå en heltäckande hållbarhetsutvärdering för att fylla den nuvarande kunskapsluckan inom området, vilken identifierats i tidigare forskning. Målet är att öka kunskapen om blå-grön infrastruktur och påverkan som dessa system har på miljömässiga, sociala och ekonomiska aspekter. Forskningen ska också tydliggöra hur utvärdering av dessa system kan, på ett meningsfullt sätt, gå till.

Aktiviteter 2021

- En livscykelanalys av biofiltersystem med olika design har avslutats och skickats in till Journal of Cleaner Production. Syftet med studien var att bidra med ökad förståelse om hur dessa system påverkar miljön innan de tas i drift. Analysen omfattade fyra olika systemtyper: A, B, C och D (Figur 26). I studien analyserades och jämfördes 11 olika biofilter byggda med varierande konstruktionsmaterial och innehållande olika blandningar av filtermaterial.
- Deltagande och muntlig presentation av livscykelanalysstudien under International Conference on Urban Drainage 2021.

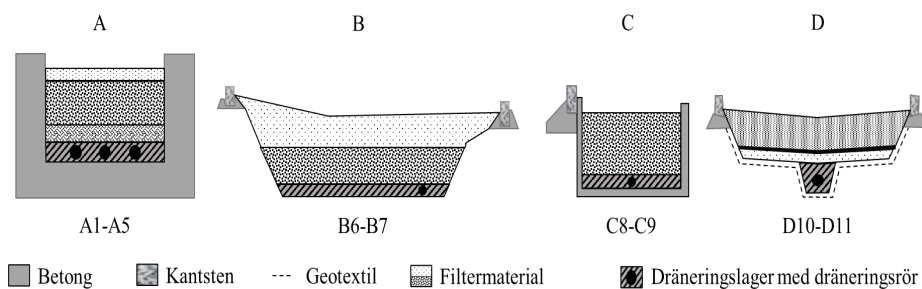
- Presentation av livscykelanalysstudien under ett DRIZZLE lunchseminarium.
- Under året har en multikriterieanalys påbörjats för att komplettera miljöpåverkan (resultat från livscykelanalysen) med ekonomisk och sociala aspekter.

Viktigaste resultat

Resultat från livscykelanalysstudien visar att transportfasen står för störst påverkan innan biofiltren tas i drift. Mer specifikt visade studien att biofiltren innehållande pimpsten, ett material som kan användas som filtermaterial och som är förknippat med långa båttransporter, orsakade den enskilt största miljöpåverkan. Studien visar även att biofilter med betongkonstruktion hade högre påverkan jämfört med andra biofilter byggda med exempelvis mer kantsten.

Publikationer

Sagrelius, P. Ö., Blecken, G., Hedström, A., Ashley, R. & Viklander, M. (2021). *Environmental impacts of stormwater bioretention systems with various construction components*. International Conference on Urban Drainage, 2021 (ICUD2021)



Figur 26. Illustration över systemtyper av analyserade biofilter (A, B, C och D).

2.3 Tema Ledningsnät



Temat ”Ledningsnät” leds av Annelie Hedström, bitr. professor, VA-teknik, LTU.

Dagens ledningsnät för dag- och spillvatten är en mycket viktig del för VA-systemets totala funktion och omfattar stora ekonomiska värden. Stora delar av dessa ledningssystem är i behov av förnyelse p.g.a. dålig ledningsstatus och nyexploateringar. I områden med utflyttning finns andra problem med ledningsnät och VA-system i allmänhet, genom ökade driftkostnader per ansluten och minskad självrensförmåga i ledningsnäten.

De processer som sker i ledningsnätet kan påverka ledningarnas funktion men kan även ha stor betydelse utifrån drift- och underhållspekter. Detta rör t.ex. bildning av svavelväte, fettansamling mm. Förutom förekommande processer i ledningarna så sker även ”processer” i form av direkta inläckage i otäta ledningar eller överledning av dricks-, dag-, spill- och dränvatten till annan ledning. Inläckage och överkopplingar skapar olika typer av ovidkommande vatten i ledningarna som har flera negativa konsekvenser. Spillvattnet blir utspätt och mer resurser krävs för transport och rening. Bräddningar från spillvattenledningarna ökar. Alternativt kan dagvatten förorenas av spillvatten. Både detta och bräddningar kan i sin tur påverka dricksvattenförsörjning och recipienter negativt.

Förändrade tekniker för ledningsläggning är också på frammarsch, exempelvis med ökad andel lättryckavlopp och samförläggning med andra ledningsslag såsom fjärrvärme. Nästa generation sorterande spillvattensystem har även börjat att planeras och byggas, för att öka resurseffektiviteten genom att möjliggöra vattenåteranvändning och utvinning av näringsämnen. I det sammanhanget blir det relevant att undersöka i vilka fall cen-

trala, decentraliserade eller semicentraliserade avlopps(lednings)system kan vara de mest hållbara och vilka ledningsnät som fungerar bäst. Samtidigt sker en snabb utveckling av digitala verktyg och sensorer vilka, om korrekt använda, kan bidra till ett mer resurseffektivt ledningssystem.

Utifrån dessa utmaningar finns frågor som vi arbetar vidare med, såsom att utveckla metoder för att detektera tillskottsvattenflöden i spillvattenledningar, undersöka hur samförläggning av ledningsslag kan göras på bästa sätt, i vilken omfattning underhåll och förnyelse av ledningsnät kan koordineras och på vilket sätt detta kan påverka förnyelsetakten av ledningsnäten, utveckla datadriven asset management för ledningsnätet så att underhåll och förnyelse blir mer effektivt samt utveckla metoder och arbetssätt för att utveckla framtidens VA-system och ledningsläggning så att det samlade infrastrukturella försörjningssystemet för samhället blir så effektivt som möjligt.

Under 2021 har arbetet inom temat bedrivits huvudsakligen inom projekten:

- Resurseffektivt och koordinerat underhåll och förnyelse av VA-ledningar och gator (Formas)
- REKO-Resurseffektivt koordinerat underhåll och förnyelse av gator och VA-ledningar (Vinnova)
- Erfarenheter av LTA-system - En kunskapssammanställning (SVU) RISE är huvudansvarig.

2.3.1 Datastyrd resursoptimering för planerat underhåll av VA-infrastruktur



Emmanuel Okwori, doktorand
Handledare:
Annelie Hedström, professor
Biträdande handledare:
Maria Viklander, professor

Emmanuel Okwori, Dag&Nät-doktorand inom tema Ledningsnät, fokuserar i sin forskning på datahantering, förbättring, resursoptimering och underhållsstrategier för VA-ledningsnät.

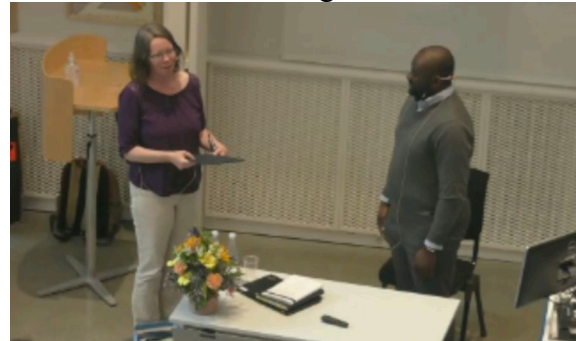
Driftstörningar och åldrande VA-ledningar länkat med en tilltagande urbanisering är alla faktorer som pekar mot ett behov av ett mer utvecklat arbetssätt för hantering av de resurser som VA-systemet omfattar. En stödjande drivkraft i detta är pågående teknikutveckling som bl.a. omfattar nya metoder för mer hållbar ledningsläggning och ledningsförnyelse samt utvecklade strategier för att bedöma ledningars kondition. Dessa nya strategier eller arbetssätt, som t.ex. kan baseras på maskininläring och artificiell intelligens, behöver optimeras för att VA-verksamheterna ska kunna leverera önskad servicenivå till acceptabel kostnad. Resurshantering och -optimering omfattar här primärt datainsamling och lagringssystem för registrering av relevant data, i enlighet med VA-organisationernas administrativa prioriteringar. Vidare finns behov av att utveckla metoder för underlättad användning av existerande data, allt i syfte att nå längre i arbetet med optimerad resurshantering.

Aktiviteter 2021

- En studie som undersökte en statistisk metod som beaktar rumsliga förhållanden för att bestämma förklarande faktorerers inverkan på ökad blockeringsbenägenhet i avloppsnäten slutfördes och publicerades.
- Vidare slutfördes och publicerades datahanteringsstudien som i huvudsak belyser ett konceptuellt ramverk som stöd inför

urval/utveckling/antagande av datamodeller och/eller förbättringsvägar, för att möjliggöra ökad målstyrd tillgångsförvaltning av kommunala VA-nät.

- Den 18 juni 2021 försvarade Emmanuel sin licentiatavhandling.



Figur 27. Annelie Hedström lämnar över intyg till Emmanuel Okwori efter slutfört licentiatseminarium.

- I juni 2021 presenterades resultat på, EUROSAM 2021. Temat för presentationen var “Enabling a shift towards objective-driven data asset management in pipe networks”
- i slutet på året påbörjades inhämtning av data för en ny studie med fokus på källaröversvämningar orsakade av stopp i avloppsnät.

Viktigaste resultat

Geografiskt viktad Poisson-regressionsanalys av avloppsstopp:

- Ger möjlighet att identifiera faktorer som medför avloppsstopp i specifika områden. Rörmaterial, liten ledningslutning och närhet till restauranger visades ha största inverkan på ökad frekvens av avloppsstopp.
- Ger stöd för utveckling av proaktiva spolplaner för att minska avloppsstopp.
- Ger stöd för planering och prioritering av CCTV-inspektioner.
- Geografiskt viktad regressionsanalys, i kombination med hydrauliska modellering och kostnads- och riskanalyser, kan användas för att bestämma vilka rör som eventu-

ellt behöver förnyas istället för att underhållas via fortsatta insatser med återkommande/planerad spolning.

Ett analysverktyg togs fram som baserades på konceptualiseringen av ett etablerat schematiskt samband mellan datainsamling, datakvalitet och interoperabilitet mellan olika verktyg. Verktöget bedömer datahanteringskvalitet för implementering av datadriven asset management. Den preliminära tillämpningen av verktöget genomfördes på data relaterade till avloppsstopp i en kommun och visade på låg interoperabilitet medan datakvaliteten bedömdes vara på medelnivå.

Publikationer

Okwori, E. (2021). *Data-driven approaches for proactive maintenance planning of sewer blockage management*. Licentiatavhandling. Luleå tekniska universitet.

Okwori, E., Pericault, Y., Ugarelli, R., Viklander, M. & Hedström, A. (2021). *Data-driven asset management in urban water pipe networks: A proposed conceptual framework*. Journal of Hydroinformatics 23, 1014–1029. <https://doi.org/10.2166/hydro.2021.068>

Okwori, E., Viklander, M. & Hedström, A. (2021). *Spatial heterogeneity assessment of factors affecting sewer pipe blockages and predictions*. Water Research 194, 116934. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116934>

2.3.2 Utvärdering av schaktminskningsstrategier



Youen Pericault, doktorand

Handledare:

Annelie Hedström, professor

Biträdande handledare:

Maria Viklander, professor

Youens forskning fokuserar på olika strategier som kan användas för att minska schaktningsvolymen vid utbyggnad och förnyelse av VA-ledningsnät. Strategierna som utvärderas är grund samförläggning av VA- och fjärrvärmeledningar, samordnad förnyelse mellan vatten- och avloppsledningar och annan infrastruktur (vägar, fjärrvärme), och schaktfria metoder. Utvärderingarna görs med hänsyn taget till tekniska såväl som ekonomiska, miljömässiga och sociala aspekter. Syftet med forskningsprojektet är att ta fram kunskap och digitala verktyg som stöder ett informerat och hållbarhetsbaserat beslutsfattande, som underbygger strategier för reducerat behov av schaktning.

Aktiviteter 2021

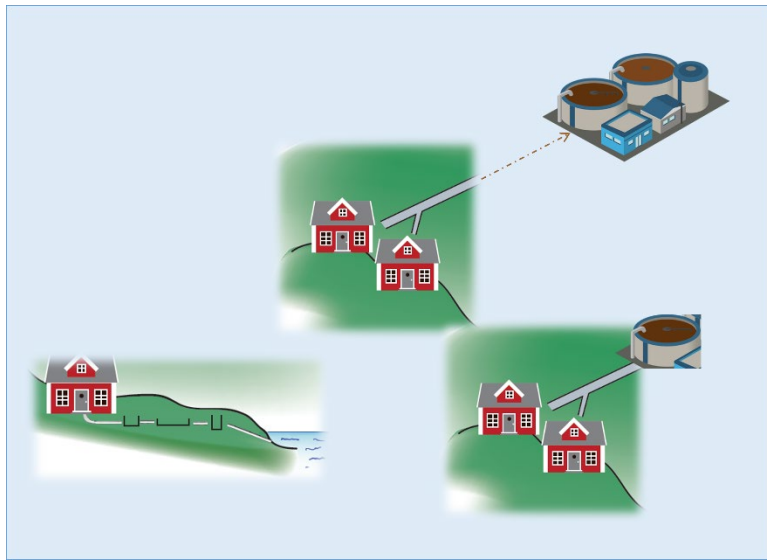
- Youen har börjat skriva en artikel om en nyutvecklad metod för att uppskatta de långsiktiga kostnaderna av olika samordningsstrategier för förnyelse av VA-ledningar och vägar. Artikeln beskriver också tillämpningen av denna metod på Luleå kommuns bostadsgator.

2.3.3 Drivkrafter för centralisering eller decentralisering av avloppsreningssystem



Brenda Vidal, doktorand
Handledare:
Annelie Hedström, professor
Biträdande handledare:
Inga Herrmann, bitr. professor

Snabb urbanisering och befolkningstillväxt ökar trycket på befintliga kommunala avloppssystem, som ofta är i slutfasen inför förstärkning och förnyelse. I detta sammanhang är det nyttigt att överväga möjligheten att övergå till ett urbant vattensystem, som är mer resurseffektivt och har potential att integrera hållbara lösningar. Denna forskning syftar till att ge bättre förståelse för de drivkrafter och nyckelfaktorer som driver beslut, när det finns möjlighet att välja mellan olika lösningar (centraliserade, semi-centraliserade eller decentraliserade system) för avloppsrening.



Figur 28. Centraliserade versus decentraliserade avloppsreningssystem.

Brendas forskning fokuserar på att förstå och klarlägga drivkrafter och huruvida olika hållbarhetsdimensioner (miljömässigt, socialt, ekonomiskt) beaktas under val av tekniska lösningar. Denna ökade förståelse kommer att vara användbar för att kunna bedöma och

genomföra en transformering till mer hållbara och resilienta avloppssystem med t.ex. fokus på resursåtervinning, och som förmår hantera de kommande urbana och klimatdrivna utmaningarna i vattensektorn.

I Brendas arbete ingår även en studie som undersöker, med ett historiskt (40-årigt) perspektiv, varför införande av decentraliserade och flexibla lösningar har utvecklats så pass långsamt i Sverige. Studien genomförs i samarbete med avdelningen Teknikhistoria vid LTU.

Aktiviteter 2021

- Intervjuer genomfördes med sju olika representanter av olika kommuner, regioner och VA-bolag via Zoom under april-juni 2021. Data och information som samlats in kommer att inkluderas i en vetenskaplig artikel.
- Möte med representanter från Flanderns (Belgien) Naturvårdsverk som berättade om sin metodologi med så kallade "zoning areas" för planering av VA-tjänster. Insikter från diskussionen kommer också att inkluderas i ovannämnd artikel.

2.3.4 Övriga aktiviteter – Erfarenheter av LTA-system

Detta SVU-projekt, som är den första kunskapssammanställningen om lättryckavloppssystem sedan år 2000, har genomförts under år 2021 med projektledning från Solveig Johannesdottir på RISE och med ett team bestående av Marcus Ahlström, Maria Hübinette, Elin Flodin och Erik Kärrman från RISE samt Annelie Hedström från LTU. Dessutom bidrog ca 20 kommunala förvaltningar och VA-bolag.

Aktiviteter 2021

- Den första milstolpen var en digital workshop i anslutning till Dag&Näts branschdagar i februari. Workshopen samlade över 60 deltagare där fokusområden för studien identifierades.
- Under hösten genomfördes en enkätundersökning med frågor baserade på resultaten från workshopen. Enkätsvaren kompletterades med intervjuer och ett färdigt rapportmanus togs fram i december. Rapporten kommer att publiceras under första kvartalet 2022 som SVU rapport (Erfarenheter av LTA-system).

Viktigaste resultat

Några viktiga resultat från erfarenhetssammanställningen var:

- Betydelsen av god planering; För att göra kloka och genomtänka systemval krävs en öppenhet kring möjliga teknikval baserat på lokala förhållanden för att avgöra om antingen hybridsystem eller renodlade självfalls- eller LTA-system är mest lämpliga att anlägga.
- Livscykelkostnader; För att kunna göra välgrundade val upplever delar av branschen att mer kunskap krävs kring kostnaden för LTA i det långa loppet, där allt från drift, svavelväteproblematik och arbetsmiljö bör inkluderas i en sådan kalkylen.

- Ansvarsfördelningen mellan fastighetsägare och VA-huvudman varierar i olika kommuner. Frågor kopplade som exempelvis kostnad för service av pump och utbyte av pumpsump och ett behov av samordning lyftes.
- Många VA-huvudmän upplever idag stora problem med svavelvätebildning i sina LTA-system. Även om problemen med svavelväten beskrevs i en tidigare erfarenhetssammanställning tycks omfattningen av problematiken ha ökat, eller i alla fall uppmärksammas problematiken i högre grad för dagens LTA-system.

2.4 Projekt- och programportfölj

Dag&Näts projektportfölj omfattar ett flertal stora som små projekt som finansieras av huvudsakligen Formas och Vinnova. För sammanställning av alla pågående och kommande projekt och program samt finansiär och totalt beviljade medel för Dag&Nät se tabell 1.

Fördelningen av projektens fokusområden på Dag&Näts tre olika temaområden Dagvattenkvalitet, Dagvattensystem och Ledningsnät illustreras i figur 29.

2.4.1 Nya projekt

Under 2021 har Dag&Nät sökt och beviljats en ny verksamhetsperiod som pågår 2022 – 2024. Nytt för nästa period kommer att vara temaindelningen. De två dagvattentemana slås ihop till ett för att ta till vara synergier mellan olika frågeställningar inom området. Forskningen inom resurseffektiva och små avloppssystem lyfts ur temat Ledningsnät och bildar ett eget tema för att stärka forskningen inom området och öka synligheten. Under kommande period blir därmed de tre temana; Dagvatten – från regn till recipient, Funktion och förnyelse av Ledningsnät samt Resurseffektiva och små Avloppssystem.

Dessutom har Dag&Näts projektportfölj utökats med tio nya projekt inom aktuella temana. Dessa projekt finansieras av Formas (fem projekt), Vinnova (två projekt), Naturvårdsverket (två projekt) och Trafikverket (ett projekt).

Formasprojekten är inom tre olika utlysningar; den årliga Öppna utlysningen (1 projekt), Blå innovation (2 projekt) och Klimatanpassning av byggd miljö (1 projekt). I dessa projekt ska det undersökas ekosystem-

tjänster och klimatanpassning av blågrön infrastruktur, tas fram systemstöd för grundvattenresurser under påverkan av dagvatten och dagvattenbehandling i städer. Medverkande parter är bland andra MittSverige Vatten och Avfall, Norrvatten, Östersunds kommun, samt universiteten SLU och Ohio State University i USA.

Inom Vinnova utlysningen ”Klimatanpassning i den byggda miljön” har SECURE projektet beviljats som genomförs i samarbete med Tyréns, StormTac, Stockholm Vatten och Avfall, Trafikverket, samt Svenskt Vatten. Målet för projektet är att bidra till lösningar och verktyg som minskar effekterna av klimatförändringar på vår bebyggda miljö, både nationellt och internationellt. Dessutom har det beviljats Dag&Nät projektet ”Samverkan för en hållbar hantering av dagvatten på kvartersmark som leds av RISE och bl.a. ska ta fram bättre och mer transparent kunskapsunderlag för dagvattenhantering på kvartersmark.

De två projekten från Naturvårdsverket berör recipientpåverkan av dagvatten samt hur rening i dagvattenbiofilter påverkas av tillsatser av biokol.

Tabell 1: Projekt och program pågående år 2021 (blå markerat) inklusive varaktighet under aktuell och kommande verksamhetsperiod. (Projekt som pågick under aktuell period men avslutades före 2021 visas ej i tabellen).

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	totalt beviljade medel (kkkr) för Dag&Nät
SVU, medlemsorganisationer	Dag&Nät 3				Dag&Nät 4			period 3 (juli 2017-dec 2021): 8550 (SVU) 6300 (7 medlemmar)
SVU			Erfarenheter av LTA-system					514
Formas, SVU	Yteffektiv dagvattenrening - Var? När? Hur?							9998 (Formas) 1989 (SVU)
	Vattenforsarskolan							590 (Formas, 2016-2021), 50 (SBU), SVU medel beroende på antal kurser vi ger
	Dagvattenbiofilter: från standardlösningar till utvecklade tekniklösningar							9578 (Formas) 2000 (SVU)
Formas	"Anonyma källor" till diffus föroreningsspridning							9676 (Formas) 300 (projektparter)
	Dagvattenrening med avancerad modulteknik							2997
				Resurseffektivt och koordinerat underhåll och förnyelse av VA-ledningar och gator				3000
				Från grått till blå-grönt				8 400
				Övergång till en hållbar multifunktionell dagvattenhantering i befintlig bebyggelse				6000
				Blågrön infrastruktur för hållbar klimatanpassning av framtidens städer				
				Systemstöd för skydd av grundvattenresurser genom hållbar dv-hantering				737
				Dagvattenbehandling i tätbebyggda städer				1 500
				Multifunktionell blågrön infrastruktur - från potential till ekosystemtjänster				
Vinnova		GrönNano3						10 905
	DRIZZLE							36000 (Vinnova) 2300 (projektparter)
	Testbädd för fördröjning och rening av dagvatten							1762
				Samverkan för en hållbar hantering av dagvatten på kvartersmark				6358
				SECURE				3187
Infra Sweden 2030				REKO Resurseff. koord. underhåll & förnyelse av gator och VA-ledningar				1000
Naturvårdsverket				urban plastics				3750
				Avskiljning av mikroplast från dagvatten och snö				1032
				Förekomst / spridning av föroreningar från dagvatten i recipienter				1700
				Rening av dagvatten i biofilter: effekt av biokol				500
EU Interreg Nord, Reg. Norrbotten	ON-SITE							162 (Interreg Nord) 56 (Region Norrbotten)
EU Interreg Baltic Sea				FanPLESStic-sea				1789
Energi-myndighet-heten	Miljöinvestering och återbetalning av gröna tak							428
Trafikverket				Hantering av flöden och föroreningar från järnvägsinfrastruktur				400
Dag&Nät projekt, projektägare: VA-teknik vid LTU Dag&Nät projekt, projektägare: RISE övriga projekt, med Dag&Nät / VA-teknik vid LTU som projektpartner								

I figur 29 presenteras aktuella projekt inom de tre aktuella temaområdena för Dag&Näts forsknings- och utvecklingsarbete.



Figur 29. Temafokus för aktuella projekt

2.4.2 Stora program och kompetenscentra

DRIZZLE – Centrum för dagvattenhantering



DRIZZLE etablerades under 2017 och är ett av Vinnovas kompetenscentrum för excellent behovsbaserad forskning. Kompetenscentrumet består av 11 parter, d.v.s. Aarsleff Rörteknik AB, Dag&Nät, Järven Ecotech AB, Luleå kommun, Luleå tekniska universitet (projektledare), NCC Infrastructure, Rent Dagvatten AB, Stockholm stad, Stockholm Vatten, StormTac AB samt Tyréns AB.

Vid hantering av dagvatten har fokus i huvudsak varit att transportera bort vatten från städer så snabbt som möjligt för att undvika skador och översvämning. Dagens dagvattenhantering måste dock även hantera kvalitetsfrågor såsom innehåll och föroreningar, samt även se dagvattnet som en resurs. DRIZZLE utvecklar därför banbrytande, forskningsbaserade dagvattenlösningar, som minskar risken för översvämningar i städer, som minimerar föroreningsbelastningen på sjöar och vattendrag, och som fångar de möjligheter som dagvattenavrinning kan erbjuda.

Aktiviteter 2021

Under 2021 har forskningsresultat från kompetenscentrumets verksamhet presenterats i olika sammanhang, samtidigt som ett flertal nya forskningsprojekt initierats. Under året arrangerade DRIZZLE 14 lunchseminarier

för parterna. Under lunchseminarierna presenterade både forskare vid LTU samt representanter från övriga partsorganisationer resultat från DRIZZLE.

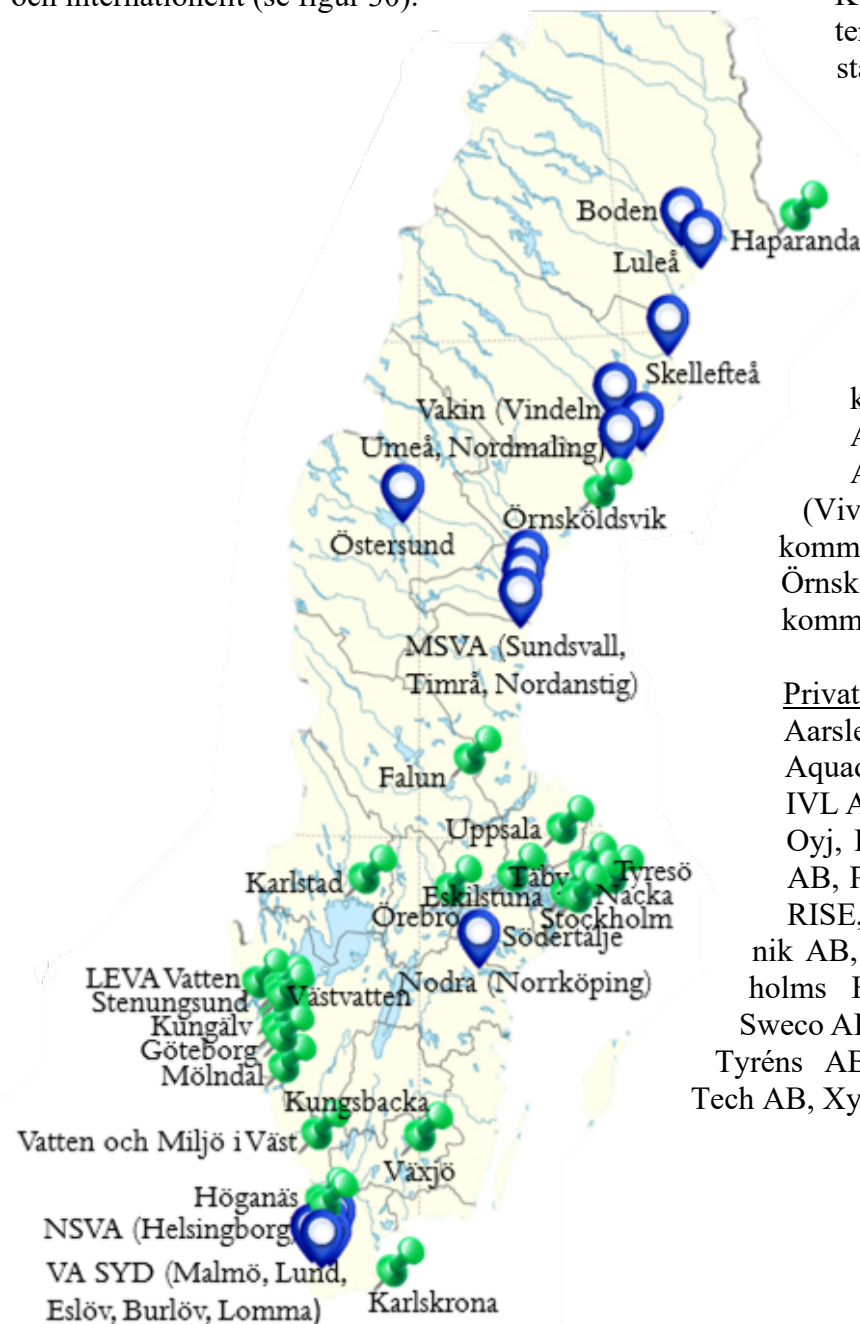
Även under 2021 har Labbomobilen, d.v.s. forskargruppens specialutrustade fordon vars lastutrymme är utrustat med arbetsytor för att möjliggöra laboratoriearbete direkt i fält, varit till stor nytta i forskningsarbetet, då andra möjligheter till resor för att genomföra fältstudier kraftigt har begränsats till följd av pandemins reserestriktioner. Likaså har de industri- och kommundoktorander som ingår i DRIZZLE, som finansieras av Luleå kommun, NCC, Stockholm stad och Tyréns, starkt bidragit till genomförandet av fältarbete runt om i landet, då de kunnat assistera med utgångspunkt från sina baser i Stockholm, Malmö och Luleå.

DRIZZLE har även arrangerat flera digitala workshopar inom den europeiska vattenplattformen Water Europe, med ett stort antal deltagare från hela Europa. Bl.a. arrangerades ett digitalt möte med presentationer av 3 personer från EU-kommissionen om EU:s klimatanpassningsstrategi; vattenrelaterade initiativ i EU:s klimatanpassningsstrategi; respektive ekosystemtjänster samt anpassning med naturbaserade lösningar. DRIZZLE har även medverkat i flera digitala nationella och internationella konferenser.

För mer information se DRIZZLE:s årsrapport under Publikationer på hemsidan: www.ltu.se/DRIZZLE.

2.5 Samarbetsparter

Dag&Nät har ett brett samarbete med olika VA-organisationer och företag inom branschen genom projektsamarbeten och doktorandprojekt, både nationellt (se figur 29) och internationellt (se figur 30).



Figur 30: Dag&Näts medlemmar (blå markering) och samarbetsparter (grön markering) i Sverige.

Kommunala företrädare

Bodens kommun, Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö AB, Falu Energi & Vatten AB, Göteborgs stad / Kretslopp och vatten, Höganäs kommun, Karlskrona kommun, Karlstad kommun, Kungsbacka kommun, Kungälv kommun, LEVA Vatten AB, Luleå kommun, Malmö stad, MittSverige Vatten & Avfall AB, Mölndals stad, Nacka Vatten & Avfall AB, Nodra AB, NSVA AB, Skellefteå kommun, Stenungsunds kommun, Stockholms stad, Stockholm Vatten och Avfall, Sundsvalls kommun, Umeå kommun, Uppsala Vatten & Avfall AB, VA SYD AB, Värmland AB, Vatten & Miljö i Väst (Vivab), Västervik AB, Växjö kommun, Örebro kommun, Örnsköldsviks kommun, Östersunds kommun.

Privata verksamheter

Aarsleff Rörteknik AB, AFRY AB, Aqueductus AB, DHI AB, Gryaab, IVL AB, Järven Ecotech AB, Kemira Oyj, LKAB, NCC AB, Pumptechnik AB, Purac AB, Rent Dagvatten AB, RISE, Skandinavisk kommunalteknik AB, Statens fastighetsverk, Stockholms Hamnar AB, StormTac AB, Sweco AB, Sweden Water Research AB, Tyréns AB, Vattenmyndigheterna, Veg Tech AB, Xylem Water Solutions AB.



Figur 31: Dag&Näts internationella samarbetsparter

2.6 Medverkan i referensgrupper

Under 2021 har Heléne Österlund från Dag&Nät medverkat i Naturvårdsverkets referensgrupp ”Färdplan Hållbar plastanvändning” som bidrog till att ta fram en nationell handlingsplan för plast.

2.7 Samverkan med övriga VA-kuster

Under året har Dag&Nät deltagit i två klusterledarmöten, två möten om samverkan för FoU-kommunikation och medverkat i olika klustergemensamma aktiviteter och ämnesgrupper. Samverkan inom den klustergemensamma Vattenforskarsskolan fortsätter (se pkt. 3.3.). Dessutom har Dag&Nät tillsammans med DRICKS, VA-kuster Mälardalen och VA-teknik Södra deltagit i SVU-timmen på Vattenstämman där alla kluster presenterade sina planer för nästa programperiod och sam-

talade om forskningsinriktning kopplat till de tre samhällsutmaningarna enligt Svenskt Vattens Utblick 2050, dvs det hållbara och cirkulära samhället, det smarta och funktionella samhället samt det resilienta samhället.

Den planerade samverkan för klustergemensam utställning i svenska montern på World Water Congress & Exhibition i Köpenhamn senarelades eftersom kongressen blev uppskjuten till 2022 pga pandemin.

2.7.1 Samarbete kring ämnesgrupper

För att främja kunskapsutbyte och –spridning inom branschen och mellan olika aktörer har ämnesspecifika arbetsgrupper initierats av högskoleklustren. I dessa ämnesgrupper deltar viktiga forsknings- och branschaktörer som är intresserade av samma forskningsfråga för att tillsammans och organisationsöverskridande kunna lösa aktuella utmaningar, genom att fokusera de olika kunskaper och kompetenser.

Dag&Nät är engagerat i ämnesgruppen:

Tillskottsvatten, bräddning, smittspridning

Denna ämnesgrupp samarbetar inom området tillskottsvatten till avloppssystem och omfattar såväl tillskottsvattnets påverkan på avloppsvattenrening, miljö och kostnader som metodik för att värdera, kvantifiera, spåra och reducera tillskottsvattenmängderna.

Under året har ca 4 teamsmöten hållits och aktuella frågeställningar diskuterats. Under 2021 startade ämnesgruppen ett nationellt nätverk som kallas "Tillskottsvatten och bräddning". Nätverket hade vid årsskiftet 2021/2022 75 medlemmar. Under 2021 har två nätverksträffar hållits med drygt 60 deltagare på var träff:

- (1) "Tillskottsvatten och Bräddning – första träff", 21 juni 2021 (zoom).
- (2) "Juridiska möjligheter att ställa krav på kund – Är det något för oss?" 2 december 2021 (zoom).

3 Kompetensförsörjning

Inom Dag&Nät genomförs aktiviteter som bidrar till att trygga den framtida försörjningen av kompetent personal till VA-branschen.

3.1 Studentorienterad branschdag

I februari anordnades den årliga studentorienterade branschdagen vid Luleå tekniska universitet som är obligatorisk för studenter som läser kursen VA-system på civilingenjörsprogrammen Naturresursteknik och Väg- och vattenbyggnad. Dessutom är branschdagen öppen för yrkesverksamma och alla intresserade i VA-branschen. Det totala deltagarantalet var 109. Arrangemanget genomfördes i samarbete med branschorganisationen Svenskt Vatten.

Årets tema var Ledningsnät. Seminariet bjöd på ett antal intressanta föredrag bland annat berättade Jonathan Mattsson, VA-SYD, som berättade om deras arbete med tillskottsvatten. Hamse Kjerstadius, NSVA, höll en presentation om hur vakuumsystemet fungerar i Helsingborg. Lars Marklund från InfraMaint, RISE talade på temat "Är VA-nätet en del av slit-och-släng-samhället?". Ulf Wiklund mfl från Tyréns höll en presentation om hur nästa generations regnmätning kan tillämpas inom VA och tillskottsvatten. Jörgen Bergqvist, Vakin, berättade om schaktfri ledningsläggning och Per Rendahl, Vatten och miljökon-sulterna, och Stefan Lindqvist, Luleå kommun, presenterade hur arbetet med Östra län-ken i Luleå har fortskridit.

2021 hölls seminariet som ett arrangemang på zoom. Utanför föreläsningssalen fanns en liten utställning av företag och kommuner som nyttjade möjligheten att prata och mingla med alla deltagare.

3.2 Grundutbildning inom VA-området vid LTU

Grundutbildning på grundläggande och avancerad nivå för VA- teknik omsatte ca 2,6 miljoner kr under 2020. Nedan visas vilka kurser som getts, antalet studenter som läst kurserna och i vilka program kurserna gavs.

Tabell 2: LTU-kurser inom VA-teknik

Kurs	Stu- dent- antal	Program
Samhällsbyggande	46	Väg och Vatten
Hydraulik och geologi	33	Väg och Vatten
VA-system	51	Väg och Vatten, Naturresursteknik
Hållbart byggande	95	Väg och Vatten, Arkitektur
Naturliga vatten- transportprocesser	15	Naturresursteknik
Naturresursteknik	23	Naturresursteknik
Resurseffektiva vatten- och avloppssystem	6	Naturresursteknik
Dagvatten	20	Naturresursteknik, Arkitektur, Samhällsbyggnad
Tillämpad hydraulik	15	Brandingenjör
Dagvatten	40	Fristående kurs, Norrtälje

3.2.1 Examensarbeten

Examensarbeten är en viktig del i utbildningen av blivande VA-ingenjörer och utförs ofta i samarbete med eller på initiativ av medlemskommuner. Genom denna samverkan får VA-organisationer möjlighet att utföra olika mindre projekt tillsammans med intresserade examensarbetare och i ett tidigt skede attrahera kompetent personal till sin verksamhet. Samtidigt får studenterna möjlighet att fördjupa sig i vatten- och avloppsfrågor och bekanta sig med VA-verksamheten och möjliga framtida arbetsgivare.

För att synliggöra aktuella förslag på examensarbeten inom ämnesområdet Vatten- och avloppsteknik har det under år 2020

skapats en egen hemsida. Den fungerar som ”mötesplattform” för VA-branschen där VA-organisationer kan erbjuda och studenter hitta intressanta projektuppslag. Kontinuerligt tillkommer nya examensarbeten på denna sida, och gamla plockas bort. Från och med hösten 2021 läggs även externa exjobb upp på LTUs samverkansplattform Annonssportal.

Under 2021 har fem examensarbeten med fokus på VA-teknik publicerats vid LTU (se pkt 4.10.6 för fullständig referens).

3.3 Vattenforskarskolan

Forskarskolan ger doktorander inom VA-sektorn i Sverige en plattform för nätverkande och ett större utbud av kurser. Dessa är även tillgängliga för yrkesverksamma i branschen.

Vattenforskarskolan har finansierats av ett 4-årigt Formasprojekt (2016-2021) med stöd från Svenskt Vatten genom de olika forskningsklustren Dag&Nät, VA-kluster Mälardalen, DRICKS och VA-teknik Södra samt från Sweden Water Research. Svenskt Vatten (SVU) finansierar nu forskarskolan fram till och med 2023.

Under pågående finansieringsperiod kommer en tätare samverkan att hållas med Svenskt Vattens utbildningsavdelning för att på ett bättre sätt synliggöra Vattenforskarskolans kurser för yrkesverksamma.

Nya deltagare i Vattenforskarskolan tillkommer kontinuerligt. December 2021 var 72 doktorander inskrivna som tog del av forskarskolans kursutbud, seminarier, mentorsprogram och sociala aktiviteter. Sedan start har 21 av Vattenforskarskolans doktorander disputerat och 3 hoppat av sina forskningsstudier.

Det årliga seminariet genomfördes på zoom i juni, med många deltagare. Den studieresa som var uppskjuten till 2021 ställdes in och de medel som hade avsatts för detta ändamål omdisponerades till kurser.

Under 2021 har två doktorandkurser givits (tabell 3).

Tabell 3: Doktorandkurser 2021 inom Vattenforskarskolan

<i>Kurs</i>	<i>Antal deltagare från LTU</i>	<i>Ansvarig</i>	<i>Totalt antal deltagare (*)</i>
Water and Climate	7	Sweden Water Research	16
Advanced urban wastewater treatment	2	VA-teknik Södra	20
Resources in Wastewater: Technologies and Opportunities	3	VA-kluster Mälardalen	Ca 10
Membrane Technology	2	VA-teknik Södra	8 (2)
Sampling and Measurements in Urban Water Engineering	6	Dag&Nät	15 (2)
Risk Analysis and Risk Management	2	DRICKS	9 (2)

*sedan hösten 2021 räknas yrkesaktiva som läser kurserna separat, se antalet i parentes.

Annelie Hedström, Dag&Nät är ansvarig för mentorsprogrammet. Under 2021 påbörjade två av Vattenforskarskolans doktorander mentorsprogrammet, ingen tillhörande Dag&Nät.

3.4 Licentiat och disputationer

Under 2021 har två disputationer och tre licentiatseminarier ägt rum i VA-teknik vid Luleå tekniska universitet.

Disputation Ico Broekhuizen, 8 mars 2021. *Hydrological modelling of green urban drainage systems*. Luleå tekniska universitet. Opponent: Jörg Rieckermann (Eawag - Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Schweiz)

Betygsnämnd: Virginia Stovin (University of Sheffield, UK), Dirk Muschalla (Universität Graz, Österrike), Peter Steen Mikkelsen (DTU Technical University of Denmark, Köpenhamn)

Disputation Katharina Lange, 10 december 2021. *Metal and microplastic treatment in stormwater bioretention*. Luleå tekniska universitet.

Opponent: Elodie Passeport (University of Toronto, Toronto, Kanada)

Betygsnämnd: Maria Greger (Stockholms universitet), Allen P. Davis (University of Maryland, USA), Jens Tränckner (University of Rostock, Tyskland)

Licentiat Ivan Milovanovic, 17 juni 2021. *Components for area-efficient stormwater treatment systems*. Luleå tekniska universitet.

Diskutant: Jovan Despotović (University of Belgrade, Serbien))

Licentiat Emmanuel Okwori, 18 juni 2021. *Data-driven approaches for proactive maintenance planning of sewer blockage management*. Luleå tekniska universitet.

Diskutant: Frédéric Cherqui (INSA Lyon, Frankrike)

Licentiat Sarah Lindfors, 17 december 2021. *Characterisation of Dissolved Metals in Urban Runoff: Fractionation, Lability and Bio-availability*. Luleå tekniska universitet.

Diskutant: Johan Ingri (Luleå tekniska universitet)

3.5 Uppdrag i betygskommittéer etc

Seniora forskare Annelie Hedström, Godecke Blecken och Lian Lundy, Dag&Nät/LTU har under året bidragit med sin kompetens i betygsnämnd för olika disputationer, nationellt och internationellt:

Prithvi Simha, “*Alkaline Urine Dehydration – How to dry source separated human urine and recover nutrients?*”, SLU Uppsala, juni 2021.

Julie Skrydstrup, “*Integrating strategic planning of nature-based solutions into urban planning*”, DTU, Danmark, juli 2021

Jaime Nivala, “*Intensification of nature-based solutions for wastewater treatment: towards increased resiliency and decentralised application in urban areas*”. (Habilitation à diriger des recherches). INSA, Lyon, oktober 2021.

Utöver detta har Dag&Näts seniora forskare agerat sakkunnig i bedömningsgrupper för projektbidrag och vetenskapliga meriter och behörighet, såsom i FCT (Foundation for Science and Technology, Portugal) bedömningsgrupp för utlysningar inom samhällsbyggnadsområde.

3.6 Utbildning och föredrag för yrkesverksamma & allmänhet

Under året har både seniora forskare och doktorander givit kurser och presentationer på nationella konferenser och andra evenemang som i första hand vänder sig till yrkesverksamma i vattensektorn. På grund av pågående pandemiläget genomfördes det mesta digitalt.

Under 2021 har LTU/Dag&Nät givit en fristående kurs om Dagvatten. Vanligtvis ges den i Norrtälje, men pga pandemin har den getts enbart med distansverktyg. De flesta av

deltagarna var yrkesverksamma inom dagvattenområdet. Vattenforskar skolans kurser är också öppna att läsas för yrkesverksamma. Under 2021 gav LTU/Dag&Nät en sådan kurs ”Sampling and Measurements in Urban Water Engineering”, som lästes av två yrkesverksamma.

På RÖK konferensen presenterade Oleksandr Panasiuk sina erfarenheter från att mäta ammoniumhalterna i spillvatten nätet för att identifiera kortare ledningssträckor med mycket inflöde av tillskottsvatten.

Under våren deltog Godecke Blecken med en presentation om dagvattenhantering i ett BSCA (Baltic Sea City Accelerator Club) möte. BSCA är ett program där kommuner runt Östersjön tillsammans med teknikleverantörer, forskare och finansörer samarbetar för att ta fram smarta och innovativa lösningar för vatten- och avloppshantering.

Dessutom bidrog Godecke Blecken med två föreläsningar på yrkeshögskoleutbildningen Miljö- och VA-teknik för Västerbergslagens utbildningsförbund, Ludvika.

På DRIZZLE:s partsstämma presenterade Robert Furén, Lisa Öborn, Lian Lundy, Katharina Lange, Iván Mantilla och Godecke Blecken forskningsresultat och studier inom dagvattenområdet, exempelvis organiska föroreningar ackumulerade i dagvattenbiofilter, rening av mikroplast från vägdagvatten, hydrologisk effektivitet av grön infrastruktur och utmaningar med fältprovtagningar.

3.7 Kunskapsutbyte

I syfte att vidareförmedla och sprida den kunskap som samlats in genom forskning och projektarbete inom Dag&Näts temaområden arrangeras regelbundna temamöten, utöver kommun- och projektmöten.

Temamöten är ett forum för referensgrupperna inom respektive tema att utbyta erfarenheter kommuner emellan på operativ ingenjörsnivå, att diskutera aktuella frågeställningar, ge input till pågående forskningsprojekt samt att ta del av senaste nytt och resultat från aktuella projekt inom temat.

För att ta hänsyn till de olika organisationsstrukturer och kompetensområden hos personalen i medlemskommunerna samt till överlappen av kunskaper över temagränserna och för att ge möjlighet till så många representanter från medlemsorganisationerna som möjligt att delta i temamöten anordnas dessa i form av övergripande temamöten där de olika temana flätas ihop.

Under 2021 hölls ett sådant övergripande temamöte i samband med branschdagen vid LTU i februari och ytterligare referensgruppsmöten i samband med Dag&Näts årliga strategidagar i september. Höstmötet fick genomföras digitalt. I februari 2021 hölls seminariet inom ledningsnät öppet för alla och fokuserade på det SVU finansierade LTA projektet.

4 Kommunikation

Inom Dag&Nät läggs stor vikt vid att resultat från forsknings- och utvecklingsarbetet ska komma många aktörer tillhanda. Därför genomfördes ett stort antal kommunikationsaktiviteter under 2021.

4.1 Hemsida

Dag&Nät tillhandahåller en hemsida med omfattande information om sin verksamhet. Hemsidan riktar brett mot alla aktörer inom VA-Sverige och uppdateras kontinuerligt med senaste nytt inom främst projektaktiviteter, publikationer, organisation, och personal. Hemsidan var välbesökt under 2021. Det går dock inte att jämföra siffror för hemsidesstatistiken direkt med tidigare år eftersom de tekniska förutsättningarna för spårning av hemsidesbesök har förändrats markant. Noteras kan dock fortfarande att mer än 60 % av besökare är nya användare som visar stort intresse för hemsidan.

4.2 Nyhetsbrev

Information om Dag&Näts aktuella projekt och aktiviteter publiceras i ett nyhetsbrev som ges ut 3 gånger per år och skickas ut elektroniskt till mer än 400 prenumeranter. Dessutom finns alla nyhetsbrev tillgängliga via hemsidan där man också kan anmäla sig till det elektroniska utskicket.

4.3 Sociala medier

I strävan att snabbt och enkelt kommunicera aktuell information om projekt och aktiviteter inom Dag&Nät till yrkesverksamma och VA-intresserade användare inom branschen använder sig Dag&Nät i första hand av Twitter @_DagNat där det läggs ut ungefär tio inlägg per månad. Antalet följare stiger kontinuer-

ligt, så också under 2021. Det har även skapats en LinkedIn grupp Dag&Nät som nyttjas för att nå ut ännu bredare i branschen.

4.4 Artikelserie Ny Forskning och Teknik

Den populärvetenskapliga artikelserien Ny Forskning och Teknik lyfter och beskriver nyttan av forskningsresultaten framtagna inom Dag&Nät ur ett användarperspektiv och består av utökade sammanfattningar av forskningsartiklar på svenska. Artiklarna i denna serie skickas ut elektroniskt samt publiceras på Dag&Näts hemsida.

Under 2021 har det publicerats fyra nya artiklar (se pkt. 4.10.7 för fullständig referens).

4.5 Europeisk vattenplattform

Dag&Nät är medlem i den Brysselbaserade, europeiska vattenplattformen Water Europe. Bl.a. leder en företrädare från Dag&Nät Water Europes arbetsgrupp WG Ecosystem Services, medan en annan är biträdande ledare för WG Water and Zero Pollution. Dag&Nät är även medlem i arbetsgrupperna WG Managing Hydroclimatic Extremes samt WG Nature-based solutions. Under året har ett flertal digitala möten och digitala workshopar ägt rum inom arbetsgrupperna. Bl.a. arrangerades ett möte där 3 experter från EU-kommissionen höll presentationer om EU:s nya klimatanpassningsstrategi; vattenrelaterade åtgärder i klimatanpassningsstrategin; samt Ekosystemtjänster och naturbaserade lösningar för klimatanpassning, med ett stort antal deltagare från hela Europa. Därtill har en företrädare från Dag&Nät delat medordförandeskap i NORMAN-nätverkets (Network of research centres for monitoring of emerging environmental substances) arbetsgrupp för Water Reuse and Policy Support. Även här har ett flertal arbetsgruppsmöten arrangerats digitalt under året.

För att stödja behandlingen av potentiellt hälsofarliga ämnen (CECs – Contaminants of emerging concern) i strategiska dokument på politisk nivå samarbetar tre arbetsgrupper (WG Urban Water Pollution, WG Emerging Concern och WG Bathing Waters) inom Water Europe för att ta fram en vitbok som kommer att identifiera den senaste tekniken, kunskapsluckor och hur dessa kan åtgärdas. Lian Lundy leder detta gemensamma initiativ, med en vitbok om hantering av potentiellt hälsofarliga ämnen i vatten som ska publiceras under 2022.

4.6 Arrangerande av konferenser, seminarier, workshops

LTA-workshop

Den 26 februari genomförde Dag&Nät en workshop on-line, inom ramen för det pågående SVU-projektet ”Erfarenheter av LTA-system – En kunskapssammanställning”. RISE leder projektet och medverkar gör även forskare från LTU. Cirka 60 deltagare från hela landet ville bidra med sina erfarenheter av lätttryckavlopp. Resultaten av workshopen kompletterades med en enkät senare under våren där ännu fler hade möjlighet att bidra med erfarenheter.

DRIZZLE lunchseminarier

Under 2021 initierades en seminarieserie inom dagvattenområdet. Med start den 21 april 2021 genomförde ”DRIZZLE - centrum för dagvattenhantering” en serie lunchseminarier online, där resultat från DRIZZLE:s pågående arbete presenterades för intresserade inom partnerskapet. Totalt 14 seminarier gavs via Zoom, för det flesta varannan onsdag. Seminarierna omfattade en kortare presentation och gav möjlighet till dialog med dem som presenterar.

EUROSAM workshop

16-17 juni anordnade det europeiska nätverket ”EUROpean – Sewer Asset Management

network” i samarbete med Dag&Nät en digital workshop under två dagar. Forskare och yrkesverksamma inom asset management träffades och diskuterade frågor kopplade till tillgångsförvaltning av avloppsnät. Bland annat diskuterades bedömning av ledningsstatus, beslutsfattande, modellering av åldrande ledningsnät samt hur asset management kan appliceras på flera infrastrukturslag tillsammans.

Youen Pericault, Dag&Nät presenterade resultat från REKO-projektet där olika typer av förnyelsekostnader har modellerats för scenarion när förnyelse av VA-ledningsnät koordineras med gatuförnyelse. Emmanuel Okwori presenterade en studie om hur man kan underlätta att gå mot objekts- och datadriven asset management av VA-ledningar.

Dagvattnets dag: en systematisk genomgång av urban dagvattenforskning i Sverige 2012-2021

Den 24 september är det Dagvattnets dag och med anledning av detta ordnades ett digitalt lunchseminarium. Med utgångspunkt i en rapport från Naturvårdsverket gav gästprofessor Lian Lundy, Dag&Nät och professor i miljövetenskap vid Middlesex University London, en inblick i dagvattenforskningen i Sverige genom att presentera en systematisk tillbakablick på senaste tio åren och belysa framtidens utmaningar.

GrönNano slutkonferens

Den 20-21 oktober ägde den digitala slutkonferensen inom GrönNano rum, som innebar slutet på ett drygt åtta år långt forsknings- och innovationsprojekt med drygt 30 parter. Projektets mål var att implementera och utveckla innovativa metoder för hållbar dagvattenhantering, för att på så sätt bidra till attraktiva städer, renare vattendrag och bättre livsmiljöer. Resultat från projektet presenterades vid konferensen av både representanter från medverkande parter och forskare.

Under projektets gång har dagvattenreningsanläggningar implementerats i bl.a. Malmö, Växjö, Sundsvall och Östersund, med input från forskare vid LTU som möjliggjort instrumentering och utvärdering av anläggningarna. Därtill har bl.a. utvecklingsarbete för innovativa reningskomponenter, nya underhållslösningar, vidareutveckling av modelleringsverktyg, ny kunskap om vilka föroreningar dagvatten innehåller, samt metoder som bidrar till grönare städer tagits fram inom projektet.

Resultat från GrönNano finns publicerade i en rad populärvetenskapliga broschyrer, bl.a. inom artikelserien Ny Forskning och Teknik.

4.7 Deltagande på konferenser, etc

Under detta speciella år 2021 som fortsatt präglades av restriktioner på fysiska möten på grund av covid-19 pandemin hölls flertalet externa konferenser, seminarier, årsmöten och dylikt antingen på distans eller som hybridevenemang. Nedan följer ett axplock av arrangemang, både nationellt och internationellt, som Dag&Nät har deltagit i:

16 mars presenterade Annelie Hedström vad som är på gång inom VA-forskningen på LTU på konferensen Vatten, avlopp och kretslopp.

28 maj presenterade Emmanuel Okwori projektet ”Resurseffektivt koordinerat underhåll och förnyelse av gator och VA-ledningar – REKO” på InfraSweden2030:s digitala projektkonferens.

7 juni deltog Ico Broekhuizen i ett webinarium anordnat av IWA:s expertgrupp för dagvattenmodellering JCUD/IWGDM (Joint Committee on Urban Drainage / International Working Group on Data and Mo-

dels) för att diskutera hur bra olika hydrologiska modellers prestanda för gröna tak fungerar för fullskaliga pilotanläggningar.

17 juni deltog Godecke Blecken i workshopen ”Opportunities of HYBRID Green & Grey Infrastructures” inom ramen för Water Innovation Europe mötet i Bryssel för att presentera exempel på grön infrastruktur och diskutera dess potential i vattensmarta städer.

22 september deltog Dag&Nät tillsammans med övriga kluster i SVU-timmen på Vattenstämman för att samtala om sina planer för nästa programperiod, samt ställde ut med en digital monter.

28-30 september representerades Dag&Nät av bl.a. Arya Vijayan, Saida Kaykhaili, Lisa Öborn, Nikita Razguliaev, Ivan Mantilla och Robert Furén på Nordiwa 2021. Konferensen gav tillfälle att sprida kunskap om resultat från studier om bl.a. däck- och vägsplitagepartiklar i snövallar vid väggkanten, användbarheten av sedimentering och membranfiltrering för dagvattenbehandling, samt grön infrastruktur och dess variabilitet i hydrologiska prestandan i de olika klimatförhållanden som råder i Sverige. Vidare presenterades en laboratoriestudie angående nedbrytning av vanligt förekommande plastskräp till mikroplaster som sedan kan spridas via dagvatten, samt resultat från kunskapssammansättningen om LTA-system.

19 oktober var Inga Herrmann från Dag&Nät inbjuden till VA-chefsträffen Norrbotten för att presentera nya utbildningen Civilingenjör Vattensystem och miljö som kommer att startas höst 2022.

24-30 oktober deltog åtta talare från Dag&Nät på den internationella dagvattenkonferensen ICUD för att presentera senaste forskningsresultat inom dagvattenområdet,

bl.a. inom blå-grön-vit infrastruktur, föroreningar i sediment från dagvattenbrunnar, rening av mikroplast, miljöpåverkan av olika utföranden av biofilteranläggningar och beslutsstöd för prioritering av olika reningsmetoder för avrinningen från motorvägar.

25-27 november bidrog Saida Kaykhahi, Dag&Nät, med en posterpresentation om rening av dagvatten med membranteknik och pulserande flöde till nätverksträff NYM 2021 (Network Young Membranes).

18 november presenterade Heléne Österlund resultat från en fältstudie om mikroplast i urban miljö vid Mistra Environmental Nanosafety's konferens "From your plastic bag to your nanoplastic water".

30 november representerades Dag&Nät i slutkonferensen för projektet FanPLESSic-sea som en av elva deltagande parter i projektet.

4.8 Utmärkelser, priser och ärofyllda uppdrag

Den 13 november installerades Annelie Hedström som professor och veckan efter höll hon sin installationsföreläsning på Vetenskapens hus på temat "Hur behöver våra vatten- och avloppssystem utvecklas för att klara framtidens krav?".

4.9 Informationsmöten

Ett flertal möten har ägt rum med aktörer inom VA-teknikområdet för att sprida kunskap från och om Dag&Näts verksamhet. I år har dock fysiska träffar varit begränsade i antal och oftast till de kommuner som medverkar i Dag&Näts projekt. Fokus på möten var huvudsakligen inspel till eller återkoppling från pågående projekt.

4.10 Publikationer

Dag&Nät har publicerat forsknings- och utvecklingsresultat i vetenskapliga tidskrifter, vid konferenser, i rapporter m.m., se nedan.

4.10.1 Artiklar i vetenskapliga tidskrifter

Beryani, A., Goldstein, A., Al-Rubaei, A., Viklander, M., Hunt, W. F. & Blecken, G. (2021). *Survey of the Operational Status of Twenty-six Urban Stormwater Biofilter Facilities in Sweden*. Journal of Environmental Management, Vol. 297, artikel-id 113375

Borris, M., Österlund, H., Marsalek, J. & Viklander, M. (2021). *Snow pollution management in urban areas: an idea whose time has come?* Urban Water Journal, vol 18, 840-849.
doi.org/10.1080/1573062X.2021.1941138

Broekhuizen, I., Leonhardt, G. & Viklander, M. (2021). *Reducing uncertainties in urban drainage models by explicitly accounting for timing errors in objective functions*. Urban Water Journal 18, 740-749.
<https://doi.org/10.1080/1573062X.2021.1928244>

Broekhuizen, I., Sandoval, S., Gao, H., Mendez-Rios, F., Leonhardt, G., Bertrand-Krajewski, J.-L. & Viklander, M. (2021). *Performance comparison of green roof hydrological models for full-scale field sites*. Journal of Hydrology X 12, 100093.
<https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2021.100093>

Ekka, S., Rujner, H., Leonhardt, G., Blecken, G., Viklander, M. & Hunt, W. (2021). *Next generation swale design for stormwater runoff treatment: A comprehensive approach*. Journal of Environmental Management, Vol. 279

Flanagan, K., Blecken, G.-T., Österlund, H., Nordqvist, K. & Viklander, M. (2021). *Contamination of Urban Stormwater Pond Sediments: A Study of 259 Legacy and Contemporary Organic Substances*. Journal of Environmental Science and Technology, 55, 3009–3020. doi.org/10.1021/acs.est.0c07782

Gavrić, S., Leonhardt, G., Österlund, H., Marsalek, J., Viklander, M. (2021). *Metal enrichment of soils in three urban drainage grass swales used for seasonal snow storage*. Science of the Total Environment, Vol. 760, 144136

Lange, K., Magnusson, K., Viklander, M. & Blecken, G. (2021). *Removal of rubber, bitumen and other microplastic particles from stormwater by a gross pollutant trap - bioretention treatment train*. Water Research 202, 117457.

Lindfors, S., Österlund, H., Lundy, L. & Viklander, M. (2021). *Evaluation of measured truly dissolved and Bio-met predicted bioavailable metal concentrations in snowmelt and rainfall runoff from three urban catchments*. Journal of Environmental Engineering, 287, 112263.

Lönnqvist, J., Blecken, G.-T. & Viklander, M. (2021). *Vegetation cover and plant diversity on cold climate green roofs*. Journal of Urban Ecology, 2021, 7(1), doi.org/10.1093/jue/juaa035

Lönnqvist, J., Hanslin, H.M., Johannessen, B.G., Muthanna, T.M., Viklander, M. & Blecken, G. (2021). *Temperatures and precipitation affect vegetation dynamics on Scandinavian extensive green roofs*. International Journal of Biometeorology, doi: 10.1007/s00484-020-02060-2

Lundy, L., Hedström, A. & Viklander, M. (2021). *Making Waves: Collaboration in the*

time of SARS-CoV-2: rapid development of an international co-operation and wastewater surveillance database to support public health decision-making. Water Research, ISSN 0043-1354, Vol. 199, artikel-id 117167

Milovanovic, I., Herrmann, I., Hedström, A., Nordqvist, K., Müller, A. & Viklander, M. (2021). *Synthetic Stormwater for Laboratory Testing of Filter Materials*. Environmental Technology. doi:10.1080/09593330.2021.2008516/FORMAT/EPUB.

Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J., & Viklander, M. (2021). *Comparison of three explorative methods for identifying building surface materials contributing pollutants to stormwater*. Journal of Environmental Management, 299, 113574.

Okwori, E., Pericault, Y., Ugarelli, R., Viklander, M. & Hedström, A. (2021). *Data-driven asset management in urban water pipe networks: A proposed conceptual framework*. Journal of Hydroinformatics 23, 1014–1029. doi.org/10.2166/hydro.2021.068

Okwori, E., Viklander, M. & Hedström, A. (2021). *Spatial heterogeneity assessment of factors affecting sewer pipe blockages and predictions*. Water Research 194, 116934. doi.org/10.1016/j.watres.2021.116934

Schade J., Lidelöw S. & Lönnqvist J. (2021). *The thermal performance of a green roof on a highly insulated building in a sub-arctic climate*. Energy & Buildings, 2021. doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110961

Schrieke, D., Lönnqvist, J., Blecken, G., Williams, N.S.G. & Farrell, C. (2021). *Socio-Ecological Dimensions of Spontaneous Plants on Green Roofs*. Frontiers in Sustainable Cities, 2021. doi.org/10.3389/frsc.2021.777128

Søberg, L., Viklander, M. & Blecken, G.-T. (2021). *Nitrogen removal in stormwater bio-retention facilities: effect of drying, temperature and submerged zone*. Ecological Engineering: The Journal of Ecotechnology, Vol. 169, artikel-id 106302

Wei, H., Muthanna, T. M., Lundy, L., & Viklander, M. (2021). *An assessment of gully pot sediment scour behaviour under current and potential future rainfall conditions*. Journal of Environmental Management, 282, 111911.

Vijayan, A., Österlund, H., Marsalek, J. & Viklander, M. (2021). *Estimating Pollution Loads in Snow Removed from a Port Facility: Snow Pile Sampling Strategies*. Water, Air, Soil Pollution. 232, 1–23.
doi.org/10.1007/s11270-021-05002-9

Wu, J., Larm, T., Wahlsten, A., Marsalek, J. & Viklander, M. (2021). *Uncertainty inherent to a conceptual model StormTac Web simulating urban runoff quantity, quality and control*. Urban Water Journal, Vol. 18, nr 5, s. 300-309

Åkerstedt, H. O., Lundström, T. S., Larsson, S., Marsalek, J. & Viklander, M. (2021). *Modeling the Swelling of Hydrogels with Application to Storage of Stormwater*. Water, ISSN 2073-4441, E-ISSN 2073-4441, Vol. 13, nr 1, artikel-id 34

4.10.2 Konferensbidrag

Borris, M., Österlund, H., Marsalek, J., & Viklander, M. (2021). *Improving winter environmental practices: Urban Snow Management tool (SMT)*. Nordiwa Wastewater Conference, 28 sept - 1 okt 2021

Lange, K., Magnusson, K., Österlund, H., Viklander M. & Blecken, G.-T. (2021). *Treatment of microplastics in a stormwater*

treatment train: gross pollutant trap and bio-retention system. 15th International Conference on Urban Drainage, Melbourne, september 2021

Mantilla, I., Flanagan, K., Muthanna, M. & Viklander, M. (2021). *Variability of the hydrologic performance of green infrastructures due to climatic regimes across Sweden*. Nordiwa Wastewater conference, 28 sept - 1 okt 2021

Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J., & Viklander, M. (2021). *Comparison of three methods for identification of building surface materials as sources of stormwater pollution*. In International Conference on Urban Drainage, 2021 (ICUD2021).

Razguliaev, N., Flanagan, K., Muthanna, T. & Viklander, M. (2021). *An Overview Of Continuous Stormwater Quality Monitoring Technologies*. Nordiwa Wastewater conference, 28 sept - 1 okt 2021

Rujner, H., Flanagan, K. & Viklander, M. (2021). *Comparison of spatial interpolation methods for soil moisture in Green Stormwater Infrastructure*. Konferensbidrag och presentation på 15th International Conference on Urban Drainage (ICUD).

Sagrelus, P. Ö., Blecken, G., Hedström, A., Ashley, R. & Viklander, M. (2021). *Environmental impacts of stormwater bioretention systems with various construction components*. International Conference on Urban Drainage, 2021 (ICUD2021)

Wei, H., Muthanna, T. M., Lundy, L., & Viklander, M. (2021). *Temporal trends in the occurrence and composition of PAHs in gully pot sediments*. 15th International Conference on Urban Drainage.

Vijayan, A., Österlund, H., Magnusson, K., Marsalek, J., & Viklander, M. (2021). *Tire and road wear particles in roadside snow banks: Quantities and dynamics of release*. Nordiwa Wastewater Conference, 28 sept-1 okt 2021

Öborn, L. (2021). *Photodegradation of macroplastics into microplastics – a laboratory study of four plastic debris*. Nordiwa Wastewater Conference, 28 sept-1 okt 2021

4.10.3 Rapporter

Dag&Nät Verksamhetsberättelse 2020, (2021). Stockholm: Svenskt Vattens C-rapportserie

Lange, K., Blecken, G., Magnusson, K., Kullberg, A.M. & Viklander, M. (2021). *Reining av mikroplast i dagvatten från motorväg - Utvärdering av en reningsanläggning vid E4-bron i Sundsvall*. Svenskt Vatten Utveckling rapport 2021-22

Österlund, H., Blecken, G., Lange, K. & Viklander, M. (2021). *Mikroplast i dagvatten och snö. Förekomst och avskiljning i biofilter, sedimentationsanläggningar och frön snöhögar*. Naturvårdsverket, projektslutrapport

4.10.4 Doktorsavhandlingar

Broekhuizen, I. (2021). *Hydrologisk modellering av gröna dagvattensystem: förbättrad förståelse av osäkerheter i data, modellstruktur och målfunktioner*. Doktorsavhandling, Luleå tekniska universitet.

Lange, K. (2021). *Metal and microplast treatment in stormwater bioretention*, Doktorsavhandling. Luleå tekniska universitet, Luleå.

4.10.5 Licentiatavhandlingar

Lindfors, S. (2021). *Characterisation of Dissolved Metals in Urban Runoff: Fractionation, Lability and Bioavailability*. Licentiatavhandling, Luleå tekniska universitet

Milovanović, I. (2021). *Komponenter för yteffektiv dagvattenbehandling*. Licentiatavhandling, Luleå tekniska universitet.

Okwori, E. (2021). *Datadrivna metoder i proaktiv underhållsplanering för hantering av avloppsstopp i ledningsnät*. Licentiatavhandling. Luleå tekniska universitet.

4.10.6 Examensarbeten

Bäck, O. (2021). *Analysis and optimization of a dissolved air flotation process for separation of suspended solids in wastewater*. Civilingenjörsexamen, Naturresurstechnik, 2021

Fahlbeck Carlsson, S. (2021). *Evaluation of a gross pollutant trap-biofilter stormwater treatment train: The Role of Calcium Carbonate, Vegetation and Pre-Treatment Facility*. Civilingenjörsexamen, Naturresurstechnik, 2021

Karlsson, F. (2021). *Urban stormwater ponds: Evaluation of heavy metals and organic pollutants in stormwater and stormwater sediments*. Civilingenjörsexamen, Naturresurstechnik, 2021

Karlsson, F. (2021). *Sorption of Stormwater Pollutants for Five Material Mixtures: A batch Equilibrium Study*. Civilingenjörsexamen, Naturresurstechnik, 2021

Murby, F. (2021). *Phosphorus reduction in wastewater using microalgae with different phosphorus starvation periods*. Civilingenjörsexamen, Naturresurstechnik, 2021

4.10.7 Dag&Nät artikelserie ”Ny Forskning och Teknik”

Blecken, G., Beryani, A., Al-Rubaei, A., Viklander, M. et.al. (2021). *Översiktlig utvärdering av funktionaliteten av 26 dagvattenbiofilter*. Ny Forskning och Teknik, nr 9, november 2021.

Broekhuizen, I. (2021). *Jordfuktighetsmätningar för modellering av öppna dagvattenlösningar*. Ny Forskning och Teknik, nr 11, november 2021.

Broekhuizen, I. (2021). *Hydrologisk modellering av gröna tak*. Ny Forskning och Teknik, nr 12, november 2021.

Österlund, H., Vijayan, A & Viklander, M. (2021). *Mot en hållbar snöhantering i urbana miljöer. Spridning av föroreningar med urban snö*. Ny Forskning och Teknik, nr 10, november 2021.

4.11 I media

Dag&Nät har under 2021 medverkat eller uppmärksammat i media och populärvetenskapliga artiklar.

Virushalterna i avloppsvattnet har stabiliserats. I: SVT nyheter, 12 februari 2021

Skräpstudie visar hur plast vittrar sönder. I: Extrakt, 27 april 2021

E4:ans dagvatten renas från mikroplast. I: www.forskning.se, 5 juli 2021

Så kan vägarnas dagvatten renas från mikroplast. I: extrakt, 6 juli 2021

Växter renar avrinningen från Sundsvallsbron från mikroplaster. I: SVT nyheter, 14 juli 2021

Så stoppar växter mikroplast i dagvattnet. I: Dagens samhälle, 15 juli 2021

E4:ans vägdagvatten renas från mikroplast med växter. I: Hållbart byggande, 21 juli 2021

Biofilter bäst på att rena dagvatten från mikroplast. I: Byggkoll, 16 augusti 2021

Plastskräp väntas öka kraftigt i världen: ”Vi måste ställa om!” I: TV4 nyheter, 6 september 2021

Ny lagstiftning försvårar för VA-forskare. I: Cirkulation, 26 oktober 2021

Intervju i livesändning om bakterier och andra mikroorganismer kan komma in i dricksvattensystemet via otäta ledningar och hur i så fall. I: SR Norrbotten, 28 oktober 2021