

Demonstrasjons- og testsenter for karakterisering og rensing av forurenset overvann - mulighetsstudie



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

HovedkontorGaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00**NIVA Region Sør**Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00**NIVA Region Innlandet**Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00**NIVA Region Vest**Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00**NIVA Danmark**Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33Internett: www.niva.no

Tittel Demonstrasjons- og testsenter for karakterisering og rensing av forurenset overvann - mulighetsstudie	Løpenummer 7610-2021	Dato 08.04.2021
Forfatter(e) Sondre Meland, Line J. Barkved, Ashenafi Gragne, Isabel Seifert-Dähnn, Uta Brandt, Caroline Enge, Sogge Johnsen, Hans-Petter Johannesen, Kjersti W. Kronvall	Fagområde Forurensninger	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslo	Sider 49

Oppdragsgiver(e) Oslo kommunes plastfond	Oppdragsreferanse Synnøve Fagerhaug Dalen
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 200008

Sammendrag

Denne rapporten er en mulighetsstudie om etableringen av et demonstrasjons- og testanlegg for karakterisering og rensing av urbant overvann i Oslo. Det er behov for å øke kunnskapen om overvannets innhold av forurensningsstoffer inkludert partikler og mikroplast, samt muliggjøre forskning, innovasjon og uttesting av renseløsninger under reelle norske forhold. Hovedformålet med prosjektet har derfor vært å undersøke potensialet for et slikt anlegg. Basert på en skrivebordsstudie, workshop og tidligere undersøkelser og erfaringer, har vi vurdert bakgrunn og behov for et slikt anlegg. Vi har også gitt innspill til utforming og mulige resultat- og effektmål. Vi har benyttet et areal ved Grønli i Oslo havn som mulig område for etablering av et slikt anlegg.

Fire emneord 1. Overvann 2. Renseløsninger 3. Forurensningsstoffer 4. Mikroplast	Four keywords 1. Stormwater 2. Treatment solutions 3. Environmental contaminants 4. Microplastics
--	---

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Sondre Meland
ProsjektlederSindre Langaas
ForskningslederISBN 978-82-577-7346-5
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

Demonstrasjons- og testanlegg for karakterisering
og rensing av forurenset overvann –
mulighetsstudie

Forord

Denne rapporten oppsummerer arbeidet utført i prosjektet «Demonstrasjons- og testanlegg for karakterisering og rensing av forurenset overvann – mulighetsstudie». Prosjektet har vært et mulighets- og skrivebordsstudie om å etablere et demonstrasjons- og testanlegg i Oslo for å øke kunnskapen om vannkvalitet og forurensningsstoffer i urbant overvann, samt muliggjøre forskning, innovasjon og uttesting av renseløsninger under reelle norske forhold.

Prosjektet har vært finansiert med støtte fra Oslo kommunes støtteordning «Støtte til tiltak mot plastforsøpling i Oslo» og fra NIVAs egen grunnbevilgning. Prosjektet har vært ledet av Sondre Meland fra NIVA, med god støtte fra NIVA-forskerne Line J. Barkved, Ashenafi Gragne, Isabel Seifert-Dähnn, Uta Brandt og Caroline Enge. Prosjektgruppen har i tillegg bestått av Hans Petter Johannessen fra Skanska Industrial Solutions, Geir Sogge Johnsen fra Basal og Kjersti Wike Kronvall fra Statens vegvesen. Alle har bidratt med egeninnsats i form av arbeidstimer i møter, workshop og innspill til tekst i denne rapporten.

Vi takker for et godt samarbeid.

Oslo, 8. april 2021

Sondre Meland
Prosjektleder

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	10
1.1	Forurensset overvann – en stadig økende utfordring.....	11
1.2	Formålet med mulighetsstudien.....	11
2	Metode	13
3	Hvorfor trengs et demonstrasjons- og testanlegg for karakterisering og rensing av overvann i Norge?	14
4	Kilder og forurensninger i urbant overvann	16
4.1	Forurensningskilder	16
4.2	Forurensningsgrupper	18
5	Eksempler på demonstrasjons- og testanlegg i utlandet.....	21
5.1	Testsite E18 - Veiforskningsstasjon i Sverige	21
5.2	Testanlegg/lysimeter for veiavrenning i Derchingerstraße, Augsburg, Tyskland	23
5.3	Testsentre for overvann i USA	25
5.4	Relevante norske anlegg/initiativ	27
6	Etablering av et demonstrasjons- og testanlegg i Oslo	29
6.1	Målsetning og målgrupper for anlegget	29
6.2	Nødvendige grunnlagsdata for en mulig anleggslokasjon	29
6.3	Grønli som eksempel-lokasjon.....	30
6.3.1	Typer og mengder overvann og inntak til anlegget	31
6.3.2	Overvannsberegninger	33
6.4	Fysisk design av demonstrasjons- og testanlegget.....	34
6.4.1	Anleggsspesifikasjoner	34
6.4.2	Konseptbeskrivelse for anlegget	35
6.5	Instrumentering for basismålinger ved anlegget.....	37
6.6	Økonomi, organisering og drift av anlegget	41
6.7	Effektmål og resultatmål for anlegget	43
7	Konklusjon og anbefalinger.....	45
8	Referanser.....	47

Sammendrag

Denne rapporten er leveransen fra prosjektet «Demonstrasjons- og testanlegg for karakterisering og rensing av overvann – mulighetsstudie». Rapporten beskriver hvorfor og hvordan man kan etablere et demonstrasjons- og testanlegg i Oslo for å fremskaffe kunnskap om overvannets sammensetning av forurensningsstoffer inkludert partikler og mikroplast, samt å teste ut og dokumentere funksjonen til forskjellige renseløsninger for urbant overvann. Urbanisering og klimaendringer innebærer ytterligere behov for nye og forbedrede overvannstiltak som må utvikles og testes under norske forhold. Et demonstrasjons- og testanlegg for forurenset overvann finnes ikke i Oslo eller Norge i dag, men det finnes eksempler i utlandet som man kan se til for erfaringer og inspirasjon.

Rapporten presenterer prosjektets bakgrunn, hovedmål og vurderer bruk av Grønlia i Oslo havn som et mulig område for et demonstrasjons- og testanlegg. Et slikt anlegg vil kunne bidra til å få på plass nye og bedre løsninger for håndtering av overvann med mål om å forhindre forurensning av urbane vannforekomster inkludert Indre Oslofjord. Det vil også kunne bidra til å stimulere til grønn vekst innen norsk næringsliv og vann- og avløpsbransje (VA-bransje).

Et demonstrasjons- og testanlegg tilrettelagt og åpent for flere, kan gi rom for nye måter å utforme tiltak på og gi nye perspektiver utover det hver enkelt aktør og institusjon kan utarbeide og komme fram til alene. Både forskning og innovasjon vil være avhengig av fleksibilitet og muligheter for å jobbe på nye måter, og et testanlegg må ta høyde for dette. Prosjektet har sett på hva som er viktige og relevante komponenter i et slikt anlegg ut fra ulike brukergrupper, representert bl.a. av aktørene i prosjektgruppa (Basal, NIVA, Skanska Industrial Solutions og Statens vegvesen).

Som en del av å vurdere mulighetene for et demonstrasjons- og testanlegg for karakterisering og rensing av forurenset overvann, har vi tatt for oss hvilke behov og kunnskapshull vi har i dag med fokus på norske forhold. Videre peker vi på hvordan et slikt anlegg kan bygges, hvilke instrumenter som kan være egnet og hvordan det kan organiseres, finansieres og driftes. Et viktig premiss for anlegget er å sørge for at det blir mulig å teste ulike løsninger.

Grønlia i Oslo havn er brukt som et eksempel for å bedre konkretisere og vise fram viktige aspekter ved et anlegg. Anlegget bør være åpent slik at ulike aktører innen både forskning og privat næringsliv kan gjennomføre forsknings-, utviklings- og innovasjonsaktiviteter (FOUI) innen overvannsproblematikk, f.eks. utvikling, testing og demonstrasjon av kommersielle renseløsninger. Anlegget trenger ikke å være permanent, men bør ha en viss varighet på den gitte lokasjonen som gir mulighet for å karakterisere overvannet, samt teste løsninger over tid for bl.a. å fange opp sesongvariasjoner og variasjoner mellom år. Vi mener et slikt anlegg må ha en stedsspesifikk varighet på minimum fem år, gjerne ti år.

Rapporten viser potensiale og viktige hensyn å ta ved etableringen av et demonstrasjons- og testanlegg. Detaljerte beskrivelser av organisasjon, økonomi og drift kan først gjøres i forbindelse med endelig valg av konsept, men er viktige aspekter å tenke på fra starten. Stedsspesifikke tekniske undersøkelser og spesifiseringer må også tillegges en eventuell detaljprosjektering på aktuell lokasjon. I rapporten foreslår vi noen sentrale effekt- og resultatmål for anlegget som kan spesifiseres ytterligere i en eventuell detaljeringsfase.

Summary

Title: Demonstration and test facility for characterization and treatment of contaminated stormwater - feasibility study

Year: 2021

Author(s): Sondre Meland, Line J. Barkved, Ashenafi Gragne, Isabel Seifert-Dähnn, Uta Brandt, Caroline Enge, Sogge Johnsen, Hans-Petter Johannesen and Kjersti W. Kronvall

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7346-5

This report is the delivery from the project: «Demonstration and test facility for characterization and treatment of contaminated stormwater - feasibility study». The report describes why and how to establish a demonstration and test facility in Oslo to obtain knowledge about the stormwater's composition of contaminants including particles and microplastics, as well as to test and document the function of various treatment solutions for urban stormwater runoff. Due to urbanization and climate change there is a need for new and improved stormwater measures, developed and tested under Norwegian conditions. A demonstration and test facility for contaminated stormwater does not exist in Oslo or Norway today, but there are examples abroad that we have looked to for inspiration and experiences.

The report presents the project's background, main objectives and considers the use of Grønlia in the port of Oslo as a possible area for a demonstration and test facility. Such a facility could facilitate the development of new and better solutions for managing stormwater with the aim of preventing pollution of urban water bodies including the Inner Oslofjord. It can also contribute to stimulating green growth in the Norwegian water and sewerage industry.

As part of assessing the possibilities for a demonstration and test facility for characterization and treatment of stormwater, we have considered current needs and knowledge gaps with a focus on Norwegian conditions. Furthermore, we point out how such a facility can be built, which monitoring instruments may be suitable, and how it can be organized, financed and operated. An important premise for the facility is to ensure that it is possible to test different stormwater treatment solutions. A demonstration and test site open to different actors can provide space for new ways of designing measures and provide new perspectives beyond what each individual actor and institution can prepare and arrive at alone. Both research and innovation will depend on flexibility and opportunities to work in new ways, and a test facility must take this into account. The project has looked at what are important and relevant components in such a facility based on different user groups, represented by e.g. the actors in the project group (Basal, NIVA, Skanska Industrial Solutions and Statens vegvesen).

Grønlia in the port of Oslo has been used as an example to show important aspects of a facility. The facility does not have to be permanent but should have a certain duration at the given location to be able to characterize stormwater, as well as test solutions over time to e.g. capture seasonal variations and variations between years. We believe that such a facility must have a site-specific duration of at least five years, preferably ten years. Detailed descriptions of organization, finances and operations can first be made in connection with the final choice of concept, so the report presents some overall recommendations and important considerations to take into account when establishing a demonstration and test facility. Site-specific technical investigations and specifications must be conducted with any detailed design at the relevant location. In the report we suggest key impact goals and performance goals for the facility that can be further specified in the planning and design phase.

1 Introduksjon

Overvann fra tette flater er en betydelig kilde til spredning av forurensning, partikler inkludert mikroplast til Indre Oslofjord. I perioden 2006-2011 gjennomførte Oslo kommune mudring og deponering av forurenset sjøbunn, noe som har resultert i en vedvarende forbedring av miljøforholdene (Størdal, 2020). Det er derfor svært viktig å forhindre og begrense nye tilførsler av forurensning, ikke minst fra tette flater. Dette er f.eks. fremhevet i Regjeringens nylige publiserte tiltaksplan «Helhetlig tiltaksplan for en ren og rik Oslofjord med et aktivt friluftsliv»¹. Ulike lokale og kompakte renseløsninger for overvann fra tette flater vil derfor kunne være svært viktig som tiltak for å redusere spredning av f.eks. mikroplast og andre forurensningsstoffer til Indre Oslofjord. Lokal rensing kan gjennomføres som f.eks. grønne naturbaserte metoder som regnbed, rensedammer, og våtmarker, grå løsninger som sandfang, mindre renseskummer og rør i plast eller betong, eller mellomløsninger eller kombinasjoner av grønne og grå løsninger som f.eks. prefabrikerte betongløsninger som bygges opp som regnbed eller fylles opp med ulike filtermaterialer (se f.eks. Bell et al. (2019) for en mer utfyllende diskusjon om klassifisering av grønne og grå løsninger innen overvannshåndtering). Felles for de fleste løsninger er at det er relativt sparsomt med erfaring og kunnskap om bl.a. dimensjonering, utforming og renseseffekt under norske forhold. Det er også sparsommelig med detaljert kunnskap om overvannets innhold og sammensetning av forurensninger og hvordan dette varierer som følge av bl.a. ulike kilder, ulike værforhold og årstidsvariasjoner. Slik kunnskap er avgjørende for å kunne utvikle og ta i bruk gode og bærekraftige renseløsninger.

Denne rapporten er utarbeidet med bakgrunn i partnerne Basal, NIVA, Skanska Industrial Solutions og Statens vegvesen sin interesse innen tematikken urbant overvann. Målet med rapporten har vært å vurdere i hvilken grad det er mulig å etablere et demonstrasjons- og testanlegg for overvann for å fremskaffe kunnskap om forurenset overvann fra tette flater i byområder og hvordan dette overvannet kan renses under norske forhold. I denne sammenhengen er det også naturlig å trekke frem gjenbruk av rensed overvann til ulike formål som vanning av grøntareal og urbant landbruk, selv om dette ikke har vært noe sentralt tema i denne rapporten. Overvann inneholder mange ulike stoffer og disse må ses i sammenheng. Med forurenset overvann menes i denne sammenhengen at overvannet inneholder mikroplast, partikler og en rekke andre uorganiske og organiske forurensningsstoffer.

Utgangspunktet for rapporten er at et demonstrasjons- og testanlegg vil kunne tilrettelegge for økt kunnskap om kvalitet og mengde av forurensningsstoffer i overvann, noe som er relevant for både forskning, forvaltning og privat næringsliv. Anlegget vil kunne gi viktig informasjon om variasjoner i den enkelte avrenningsepisode, mellom ulike episoder, mellom ulike sesonger, samt gjøre det mulig å studere hvordan de ulike forurensningsstoffene fordeler seg mellom løst og partikulær fase inkludert ulike partikkelstørrelser. Dette er nødvendig kunnskap å ha for å kunne forske frem, og utvikle og demonstrere nye gode og bærekraftige renseløsninger under norske forhold som kan bidra til å hindre spredning av forurenset overvann til de urbane vannforekomstene inkludert Indre Oslofjord.

Rapporten gir først en kort bakgrunn for arbeidet i kapittel 1. Metode beskrives kort i kapittel 2, deretter gis en kort oversikt over motivasjon/behov for et demonstrasjons- og testanlegg i kapittel 3, kunnskapsoversikt over ulike kilder og grupper av forurensningsstoffer i urbant overvann i kapittel 4. Erfaringer og innspill fra andre anlegg beskrives i kapittel 5, før et konseptuelt forslag til et anlegg i Oslo legges frem i kapittel 6. Til slutt oppsummeres avsluttende konklusjoner og anbefalinger i kapittel 7.

¹ <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/felles-loft-for-oslofjorden/id2842145/>

1.1 Forurensset overvann – en stadig økende utfordring

Overvann er en stadig økende utfordring. Det gjelder særlig i byer hvor urbanisering med flere tette flater og mer hyppige regnskyll som følge av klimaendringer fører til at mer vann renner av på overflaten. Dette gjenspeiles i Oslo og andre kommuners økte oppmerksomhet på overvannshåndtering generelt og ikke minst håndtering av overvann fra veier og gater (Sivertsen et al., 2020). Overvann fra tette flater er ansett for å være den største kilden til utslipp av miljøgifter til Indre Oslofjord (Lindholm and Haraldsen, 2013). Overvann er også en betydelig kilde til plastforsøpling og mikroplast (Vogelsang et al., 2020; Vogelsang et al., 2018). Klimaendringene, med økt nedbør og avrenning, vil også kunne medføre økt utvasking og transport av forurensningsstoffer fra tette flater og ut til de urbane vannforekomstene.

Selv om overvannets betydning som kilde til spredning av forurensningsstoffer til vannmiljøet har vært velkjent i mange år, er det likevel relativt få norske studier som har undersøkt dette i detalj. Det finnes noen norske studier, deriblant undersøkelser av overvannets betydning som kilde til forurensning av havnebassengene i Harstad, Trondheim, Bergen, Drammen og Oslo (Cornelissen et al., 2008; Jartun and Pettersen, 2010), en del studier på forurensningsnivåer i overvann fra veier (Amundsen and Roseth, 2004; Gjessing et al., 1984; Meland, 2010; Åstebøl, 2004) og ikke minst tunnelvaskevann (Meland, 2010; Meland and Rødland, 2018). Internasjonalt er det spesielt i USA samlet inn mye data fra ulike overvåkingsprogrammer knyttet til *U.S. National Urban Runoff Program (NURP)* (Pitt et al., 2018). Dataene er sammenstilt i en egen database, *National Stormwater Quality Database (NSQD)*², med muligheter for å hente ut statistikk³. Denne databasen kan gi et godt innblikk i en rekke forurensningsgrupper, enkeltstoffer og kilder. Dataene begynner imidlertid å bli gamle, og både kilder og sammensetningen av stoffer har endret seg. Overføringsverdien kan derfor være mindre egnet og relevant, ikke minst for norske forhold. Det er derfor behov for oppdaterte data og metoder tilpasset norske forhold knyttet til håndtering av forurensset overvann.

1.2 Formålet med mulighetsstudien

Hovedmålet med studien er å gi et faglig grunnlag for en mulig etablering av et demonstrasjons- og testanlegg for karakterisering og rensing av overvann i Oslo. Dette for å fremskaffe kunnskap om vannkvaliteten og innholdet av partikler, inkludert plast i ulike størrelser, og ulike forurensningsstoffer i urbant overvann og hvordan rense overvann i byen. I studien har vi brukt areal ved Grønlia i Oslo havn som utgangspunkt, men lokaliseringen til et slik anlegg kan være andre steder i byen. På Grønlia planlegges det allerede et større anlegg for massegjenvinning, og et midlertidig demonstrasjons- og testanlegg for karakterisering og rensing av overvann vil i så måte kunne være et miljømessig relevant tilleggselement i påvente av permanent utbygging av området. I tillegg vil transformasjonen av arealene på Grønlia fra industri til bolig og rekreasjonsareal gi en bra mulighet for å studere hvordan overvannet endres over tid som følge av endret arealbruk.

For å svare ut hovedmålet har vi definert fire delmål for studien:

- i. Definere **effektmål og resultatmål** som svarer på behovet for å beskytte vannmiljøet generelt, og Indre Oslofjord spesielt, fra forurensset overvann fra tette flater ved å tilrettelegge for åpen forskning og utvikling, demonstrasjon, læring gjennom involvering av akademia, næringsliv, statlig og kommunal sektor og beslutningstakere, samt skole og publikum.

² <https://www.bmpdatabase.org/nsqd.html>

³ <https://www.bmpdatabase.org/nsqdstat.html>

- ii. **Beskrive på konseptnivå, hvordan et demonstrasjons- og testanlegg kan utformes og anlegges** (på Grønlia, men samtidig relevant og overførbart til andre lokasjoner i Oslo).
- iii. Identifisere **gode løsninger for hvordan overflatevann kan samles opp** for å kunne **analysere overvannets fysiske, kjemiske, og biologiske karakteristikk**. Videre finne gode løsninger for hvordan overvannet kan ledes til **renseløsninger for uttesting av sedimentering- og filtreringsprosesser** (inkludert beregning av vannmengder). Et viktig premiss for anlegget er å sørge for at det blir mulig å teste ulike løsninger.
- iv. Gjøre en **vurdering av behov for instrumentering av generelle vannkvalitets- og mengdeparametere**.

2 Metode

Prosjektet er i hovedsak gjennomført som en skrivebordsstudie hvor vi har gjennomgått relevant litteratur⁴, kombinert med møter og workshops i prosjektgruppen og med eksterne. Som et tverrfaglig prosjektteam har vi ønsket å identifisere og dokumentere behov og muligheter for å fremskaffe et grunnlag som kan tas videre for detaljering og etablering av et demonstrasjons- og testanlegg.

Arbeidet har vært utført gjennom følgende hovedaktiviteter: litteraturgjennomgang for å få oversikt over dagens status, tverrfaglige prosjektgruppe-workshops og en workshop med idémyldring rundt hvilke muligheter et demonstrasjons- og testsenter har med tanke på å fylle eksisterende kunnskapshull og behov. Vi har hatt digitale møter i prosjektgruppen og en digital workshop 11.11.2020 med deltagere fra testanlegg i Sverige (E18 utenfor Stockholm) og Tyskland Derchingerstraße i Augsburg i Tyskland.

På grunn av Covid-19 var det ikke mulig å gjennomføre en planlagt studietur til anlegget i Sverige, men prosjektet har likevel innhentet relevant kunnskap og erfaringer fra anleggene i Sverige og Tyskland gjennom førstehåndsinformasjon fra de ansvarlige gjennom workshopen og tilgjengelig materiale.

⁴ Det er imidlertid ikke en uttømmende syntese av all tilgjengelig litteratur på feltet.

3 Hvorfor trengs et demonstrasjons- og testanlegg for karakterisering og rensing av overvann i Norge?

Et demonstrasjons- og testanlegg i Oslo kan fremskaffe kunnskap om det urbane overvannets sammensetning av forurensningsstoffer, samt teste ut og dokumentere funksjonen til forskjellige renseløsninger under ulike forhold. Selv om det finnes noen nasjonale og internasjonale studier av forurensninger i overvann er det fortsatt mange kunnskapshull, spesielt knyttet til norske forhold. I Norge er det i praksis ingen større prosjekter som har studert vannkvaliteten i overvann med tanke på sammensetning og konsentrasjonsnivåer av urbane forurensningsstoffer i både tid og rom. Uttesting og eksperimentering med ulike renseløsninger i større skala under reelle forhold er også i liten grad gjennomført. Mer kunnskap om håndtering og rensing av overvann for å hindre spredning av forurensning inkludert mikroplast er også i tråd med Regjeringens «Helhetlig tiltaksplan for en ren og rik Oslofjord» som ble lansert mars 2021⁵.

Behov for økt kunnskap om innhold og sammensetning av forurensningsstoffer i overvannet

Det er en betydelig andel laboratoriestudier og småskala-forsøk publisert i masteroppgaver. Studier i større skala med reelt overvann er det få av. Unntaket er en del prosjekter knyttet til veiavrenning og tunnelvaskevann (Amundsen and Roseth, 2004; Lygren et al., 1984; Meland, 2010; Meland and Rødland, 2018; Åstebøl, 2004). Konsentrasjonene av stoffer varierer betydelig, både innenfor en enkelt avrenningsepisode, mellom episoder og mellom steder. De naturlige variasjonene skyldes bl.a. klimatiske og værmessige forhold, og ikke minst hvilke forurensningskilder og aktiviteter som dominerer.

Ut fra en miljørisikovurdering og ikke minst valg og utvikling av renseløsninger er det viktig å karakterisere overvannets kvalitet med hensyn til f.eks. metallers tilstandsform. Metaller og andre stoffer er ofte assosiert til partikler, men det er likevel viktig å studere hvordan stoffene fordeler seg mellom større partikler ($> 0,45 \mu\text{m}$), kolloider ($0,002 \mu\text{m} - 0,45 \mu\text{m}$) og løste forbindelser ($< 0,002 \mu\text{m}$). Det er de løste forbindelsene som antas å være mest biotilgjengelige og dermed potensielt mest skadelige for vannlevende organismer. Det er også en rekke andre forurensningsstoffer som i liten grad er bundet til partikler og disse vil i liten grad holdes tilbake i renseløsninger utelukkende basert på sedimentering. Kunnskap om hvordan de ulike forurensningsstoffene opptrer i overvannet har derfor veldig stor betydning for hvilke rensetiltak som er egnet.

Behov for økt kunnskap om og utprøving av renseløsninger

Rensing av overvann fra tette flater kan gjøres ved hjelp av ulike metoder som innebærer grønne og grå løsninger, eller kombinasjoner av disse (se Kap. Introduksjon). Det er en del laboratoriestudier og småskala-forsøk publisert i spesielt masteroppgaver fra NTNU og NMBU innen dette⁶, men det er få storskala-forsøk som har studert renseeffekten av ulike rensemetoder under norske forhold. Spesielt når det gjelder rensemetoder innen filtrering og sorpsjon. Det er pr. i dag heller ingen veldokumenterte dimensjoneringskriterier. Det er derfor behov for å teste og utvikle nye løsninger under reelle forhold, både åpne og mer kompakte renseløsninger, og å dokumentere renseeffekten til løsningene. Det er i økende grad, f.eks. i EU, et ønske om å gjenbruke overvann som en ressurs til f.eks. matproduksjon

⁵ <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/felles-loft-for-oslofjorden/id2842145/>

⁶ Se f.eks. <http://www.klima2050.no/master-theses> og <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/>

(urbant landbruk), vanning av grøntarealer etc. (Oral et al., 2020; Solfjeld, 2014). Gode løsninger for håndtering av overvann, inkludert gode og bærekraftige renseløsninger, er da avgjørende.

Tverrfaglig motivasjon for et demonstrasjons- og testanlegg

Et demonstrasjons- og testanlegg vil kunne bidra til å få på plass nye og bedre løsninger for håndtering av overvann med mål om å forhindre forurensning av urbane vannforekomster (elver, innsjøer, dammer), inkludert urbane fjorder og marine områder. Dette vil også kunne bidra til å stimulere til grønn vekst innen norsk næringsliv og VA-bransje, samt muligens åpne for løsninger med formål om gjenbruk av rensset overvann til.

Motivasjonen for å etablere et demonstrasjons- og testanlegg for overvann vil variere mellom ulike aktører. Prosjektdeltagerne i dette prosjektet representere ulike sektorer og næringer og deres motivasjon for et slik anlegg vil trolig være representativt også for andre aktører. Nedenfor gis en kort beskrivelse av motivasjonen til den enkelte prosjektpartner:

For *forskningsinstitusjoner*, som NIVA, vil et demonstrasjons- og testanlegg gjøre det mulig å utføre detaljert forskning på overvannets innhold av forurensningsstoffer. Det vil også gi mulighet til å studere og forske på ulike overvannsløsninger under mer realistiske forhold. For eksempel vil man kunne teste hypoteser og resultater fra laboratorieforsøk med ulike renseløsninger og materialer i større skala. Det er verdifullt med tanke på videre utvikling av ulike løsninger. På den måten vil NIVA også være mer relevant som samarbeidspartner for bedrifter som trenger forskning og innovasjonsbistand for å kunne tilby gode løsninger i markedet. Vi vil også kunne bli en attraktiv samarbeidspartner internasjonalt og få et fortinn for å søke og delta i større forskningsprosjekter innen EUs nye program «Horizon Europe» hvor det er flere temaer om overvann i by.

For *utbyggere og næringsutviklere*, som *Skanska Industrial Solutions* (som er en del av Skanska-konsernet), er det interessant med virksomhetsrelevante prosjekter og arenaer innen forskning og utvikling (FoU). Det er naturlig for Skanska å være med på ulike grønne FoU-prosjekter innenfor flere felt, herunder å bidra til økt kunnskap og forståelse for renseteknologi av overvann. Det er en problemstilling som er tett knyttet opp mot selskapets gjenvinningsterminaler. Skanska har blant annet spesialisert seg på gjenvinning og foredling av steinmaterialer i bynære terminaler. Virksomheten har fokus på grønne løsninger knyttet til logistikk og gjenvinning. Tilrettelegging, deltakelse og kunnskapsdeling medfører forpliktelser innenfor FoU-områder, som er en del av Skanskas samfunnsoppdrag.

For *produktleverandører* som *Basal*, Norges største VA-leverandør, har det stor nytteverdi å innhente mer kunnskap om overvannets egenskaper og forurensningsgrad. Det er spesielt behov for å undersøke egenskapene til partikler og forurensningsstoffer nærmere. Økt kunnskap om stoffenes egenskaper vil gjøre at bransjen i større grad kan implementere forskjellige mekanismer for å holde tilbake en størst mulig andel av forurensning fra overvannet. Et demonstrasjons- og testanlegg vil bidra til å øke forståelsen slik at rensinnretningene kan optimaliseres og valg av renseløsning(er) i større grad baseres på en kunnskapsbasert tilnærming.

For byggherre og *forvaltningsaktører*, som *Statens vegvesen*, vil et demonstrasjons- og testanlegg gi nyttig praktisk erfaring om relevante løsninger. Statens vegvesens håndbok N200 Vegbygging (Statens vegvesen, 2018) stiller krav om 2-trinns rensing fra vei i dagen ved trafikk over 30.000 årstdøgntrafikk (ÅDT). Ved 3 000-30 000 ÅDT stilles det krav om 1- eller 2-trinns rens tiltak avhengig av resipientens sårbarhet. I nye søknader om utslippstillatelser stiller ofte Statsforvalteren krav om at mikroplast skal inngå i miljørisikovurderingen. Et demonstrasjons- og testsenter vil være nyttig for å teste ut og øke praktisk erfaring med løsninger for trinn 1- og trinn 2-rensetiltak, samt mer kunnskap om eventuell

tilbakeholdelse av mikroplast. I tillegg er det viktig for Statens vegvesen å få mer kunnskap om kompakte renseløsninger til bruk i veiprosjekter i byområder med lite tilgjengelig areal for tradisjonelle renseløsninger som sedimentasjonsdammer.

4 Kilder og forurensninger i urbant overvann

I dette kapitlet gir vi en generell beskrivelse av ulike kilder til forurensningsstoffer i urbant overvann og hvordan disse kan klassifiseres i ulike kildekategorier. Videre gir vi en generell beskrivelse av grupper av forurensningsstoffer. Denne bakgrunnsinformasjonen er viktig for å bl.a. synliggjøre kompleksiteten i forurenset overvann og utfordringene med å finne gode og kostnadseffektive stedsspesifikke rens tiltak. Denne informasjonen vil være viktig å ta med seg videre inn i planlegging og etablering av et demonstrasjons- og testanlegg.

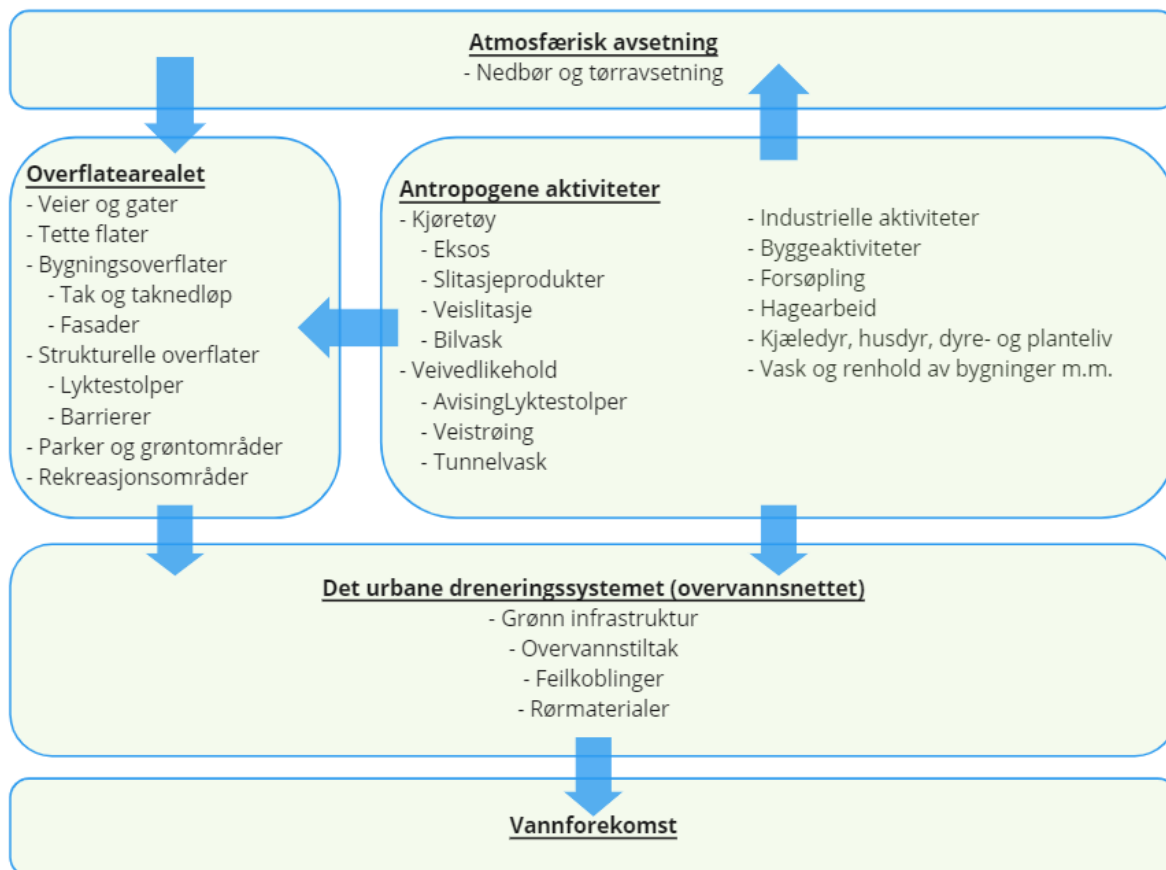
Forurensningsstoffene kan ha opphav fra flere kilder. Det er betydelige kunnskapshull knyttet til både kilder og forurensningsstoffer i overvann under norske forhold.

4.1 Forurensningskilder

For å kunne beskytte vannforekomster mot tilført forurenset overvann er det viktig å ha en oversikt over kildene. Ikke minst er dette viktig for å kunne iverksette riktige tiltak for overvannshåndtering og -rensing. Generelt er det mer kostnadseffektivt å stoppe en kilde til forurensing eller å begrense spredningen så nært kilden som mulig, enn å iverksette tiltak lenger ned i nedbørfeltet.

Det er ikke klare avgrensinger mellom de ulike kildene til forurensning, og i litteraturen er det derfor også brukt ulike definisjoner av kilder og ulike måter å kategorisere disse i større kildekategorier. Det foreligger få studier som samlet har gått gjennom litteraturen på dette området, men i en nylig publisert litteratursammenstilling av (Muller et al., 2020) påpekes det f.eks. at enkelte kilder kan bidra med forurensninger i flere kildekategorier. Ett eksempel på dette er kjøretøy som bidrar til atmosfærisk forurensing (en kildekategori) og hvorpå forurensningene senere avsettes på veibanen og vaskes ut (en annen kildekategori).

Basert på arbeidet av (Muller et al., 2020) kan vi dele forurensningskildene inn i fire hovedgrupper: 1) atmosfærisk avsetning, 2) overflatearealet, 3) antropogene aktiviteter, og 4) det urbane dreneringssystemet (overvannsnettet). Dette er illustrert i **Figur 1**, og omtalt nærmere nedenfor.



Figur 1. Hovedgrupper av kilder med eksempler som bidrar til forurenset overvann i urbane områder. Spredningsruter er indikert med blå piler. Figuren er modifisert etter (Muller et al., 2020).

Atmosfærisk avsetning

Forurensing via atmosfærisk avsetning skjer både gjennom nedbør og tørravsetning. Forurensning via nedbør bidrar umiddelbart til forurensing av overvannet. Tørravsetning bidrar til at forurensningene avsettes og akkumuleres på overflater til det vaskes ut ved neste regneepisode. Atmosfærisk avsetning er en stor kildekategori i urbane områder. De enkelte kildene er mange, og kan både stamme fra lokale områder og områder langt unna. Dermed kan man karakterisere atmosfærisk avsetning ikke bare som en kildekategori, men også som en viktig transportvei. De mange kildene og transportveiene bidrar til stor variasjon i både tid og rom med hensyn til sammensetningen av forurensningene, mengder og konsentrasjoner av de ulike stoffene.

Overflatearealet

I denne hovedkategorien er det flere kilder som bidrar til forurensing. Eksempler er asfalterte flater som bidrar til forurensning gjennom slitasje fra kjøretøy og utlekking av forurensningsstoffer. Utvasking og avrenning fra bygningsoverflater, husfasader og andre strukturelle overflater (f.eks. lyktestolper o.l.) er en annen betydelig kilde som kan bidra til mange ulike forurensningsstoffer. Parkområder og andre rekreasjonsområder i byer er viktige for innbyggernes trivsel og nærhet til naturen. Slike områder kan være en betydelig bidragsyter til transport av organisk materiale gjennom dreneringssystemet og ut til vannforekomster. Organisk materiale kan videre være en betydelig transportør av andre forurensningsstoffer. I de siste årene er det også blitt vanlig med kunstige dekker i slike områder, f.eks. lekeområder hvor man bruker underlag med resirkulert gummi eller fotballbaner med kunstgress og gummigranulat.

Antropogene aktiviteter

Hovedkilden antropogene aktiviteter omfatter forurensning som stammer fra aktiviteter utført av mennesker eller forurensninger som stammer fra tidligere aktiviteter. Et eksempel på det første er veitrafikk, mens sistnevnte for eksempel kan være forurensning fra tidligere byggeaktivitet. Forurensning fra trafikk er kanskje den enkeltkilden som er undersøkt mest når det gjelder urbant overvann. Dette gjelder både internasjonalt og nasjonalt. Veitrafikk, inkludert bygging og drift av veinettverket, har vært og er fortsatt en betydelig kilde til flere typer forurensninger som f.eks. tungmetaller, organiske miljøgifter, partikler inkludert mikroplast, veisalt m.m. (Meland, 2010; Meland, 2016; Åstebøl et al., 2011).

Aktiviteter knyttet til industri er også en viktig bidragsyter til urban forurensning av overvannet. Dette skjer både gjennom atmosfærisk utslipp av forurensning som så avsettes via tørr-avsetning eller via nedbør, eller ved direkte avrenning fra tette flater inne på industriområdet. Sammensetningen og konsentrasjonen av forurensningsstoffer vil variere med type industri. I Norge er det ikke mange studier av overvann tilknyttet industriell aktivitet, men (Hindar et al., 2018; Hindar et al., 2017) publiserte nylig en studie fra Kristiansand som bl.a. inkluderte data fra Glencore Nikkelverket AS og Elkem Carbon.

I tillegg til disse to viktige kildene, vil byggeaktivitet, generell forsøpling, vask og renhold av bygningsfasader, hagestell, husdyr, ville dyr og planter være viktige kilder innen denne hovedgruppen. Generell forsøpling vil f.eks. kunne bidra til spredning av både makro- og mikroplast. Husdyr og ville dyr er kilder til spredning av næringsstoffer og fekale mikroorganismer. Spredning av fekale mikroorganismer i urbant overvann har fått økt oppmerksomhet da det kan utgjøre en vesentlig risiko for smittespredning og sykdom hos mennesker.

Det urbane dreneringssystemet (overvannsnett)

Overvannsystemet i urbane områder er et komplekst system bestående av både menneskeskapte og naturlige løsninger som leder, fordrøyer og renser overvannet i grønne strukturer (grønn infrastruktur) og overvannstiltak (blå-grønne løsninger), sørger for gjenbruk av overvannet og ikke minst beskytter vannforekomstene nedstrøms. I et slikt komplekst system er det betydelige muligheter for utvasking og transport av forurensningsstoffer (og tilbakeholdelse av forurensningsstoffer). Selv om ulike tiltak som f.eks. rensedammer eller våtmarker skal holde tilbake og rense forurenset overvann, er det en viss fare for utvasking av forurensninger pga. større nedbørshendelser, dårlig eller utdatert planlegging og design av løsningene, feil i utbyggingen, eller mangelfull oppfølging og drift av løsningene. I Norge er det f.eks. dokumentert at mange av de bygde rensedammene langs større veier har dårlig funksjon som følge av årsaker nevnt over (Rise Gregersen et al., 2016; Åstebøl et al., 2013). Andre kilder er feilkoblinger og innlekkasje av f.eks. kloakkvann. Ulike materialer i vann- og avløpssystemet kan også påvirke vannkvaliteten (f.eks. sement eller plastmaterialer).

4.2 Forurensningsgrupper

Urbant overvann inneholder en rekke ulike forurensningsstoffer og store mengder partikler. Dette skyldes ikke minst alle de ulike kildene som finnes i et urbant område (kap. 3.1). Konsentrasjonene og mengden av forurensningsstoffer varierer betydelig i) innad i den enkelte nedbør- og avrenningsepisode, ii) mellom avrenningsepisoder, iii) mellom sesonger, og ikke minst iv) mellom ulike steder (Hvitved-Jacobsen et al., 2010). Det er ikke hensiktsmessig å beskrive alle de enkeltvis ulike forurensningsstoffene som man kan finne i overvann da det i teorien kan dreie seg om hundrevis av stoffer. Det er derfor mer hensiktsmessig å beskrive noen viktige grupper av forurensninger. En gruppe av forurensninger vil bestå av kjemiske stoffer eller grunnstoffer som har noen fysiske og kjemiske

egenskaper til felles. De ulike forurensningsstoffene kan stamme fra ulike kilder (jmf. Kap. 4.1). Nedenfor gir vi en kort beskrivelse av de viktigste forurensningsgruppene i urbant overvann.

Partikler er en sammensatt betegnelse av både uorganiske og organiske partikler. De har ulike kjemiske, fysiske og morfologiske karakteristikk som størrelse, form, tetthet, porøsitet, ladning m.m. Partikler vil kunne være problematiske ved at de sedimenterer ut av overvannet og kan på den måten hope seg opp og slamme ned ledningsnett og mindre vannforekomster. Små partikler, f.eks. partikler mindre enn 10 µm, kolloider (partikler < 0,45µm) og nanopartikler (partikler < 0,1 µm) vil holde seg flytende i vannfasen og kan forringe lystilgangen for alger og vannvegetasjon. Partikler har ofte negativ ladning og små partikler vil være en bærer av mange andre stoffer, f.eks. metaller og organiske miljøgifter. Innen gruppen partikler finner vi også **mikroplastpartikler** som de siste årene har fått stor oppmerksomhet blant forskere, politikere og befolkningen generelt. Gruppen beskrives derfor mer i detalj i avsnittet nedenfor.

Mikroplastpartikler defineres som små plastpartikler mindre enn 5 mm som stammer fra det man kaller primærkilder (partikler produsert og benyttet innen kosmetikk og medisin) eller sekundærkilder (partikler som stammer fra fysisk, kjemisk og biologisk nedbrytning av større plastpartikler, plastmaterialer og søppel) (Akdogan and Guven, 2019). Mikroplast fra primærkilder inkluderer polyetylen (PE), polypropylen (PP) og polystyren (PS). I gruppen sekundærkilde finner vi også bildekkpartikler som inneholder syntetisk gummi (styrenbutadien gummi (SBR)) og naturlig gummi (NR), partikler fra bindemiddel i asfalt (styrent butadien styren (SBS) i polymermodifisert bitumen (PMB)) og termoplastiske elastomere i veimerking (f.eks. styren isopren styren) (Vogelsang et al., 2018; Wik and Dave, 2009). Nylig ble også veisalt identifisert som en fjerde kilde til mikroplast fra veier (Rødland et al., 2020). Mikroplastpartikler kan potensielt være skadelige for vannlevende organismer, men her er det fortsatt betydelig mangel på kunnskap. Foreløpig er det få studier som har vist gifteffekter i miljørelevante konsentrasjoner. Mikroplastpartikler kan som andre partikler være bærere av andre stoffer og miljøgifter. Mikroplastpartikler har generelt mye lavere tetthet enn mineralpartikler. Mikroplastpartikler vil derfor kunne holde seg flytende i langt større grad enn mineralpartiklene. Dette har stor betydning bl.a. for hvordan disse skal holdes tilbake og renses fra overvannet. Det er viktig å presisere at plastpartikler vil også opptre i andre størrelser enn bare mikroplast. Nanoplast, dvs. plastpartikler < 1µm vil trolig få økt oppmerksomhet innen forskningen i årene som kommer.

Næringssalter er benevnelsen på nitrogen (N) og fosfor (P) og biotilgjengelige forbindelser av disse to grunnstoffene (Hvitved-Jacobsen et al., 2010). N og P er viktige stoffer for primærproduksjon og dermed styrende for f.eks. eutrofiering, dvs. prosessen som medfører økt alge- og plantevekst i vannforekomster (både ferskvann og fjorder). Eutrofiering og gjengroing av f.eks. små urbane vannforekomster (små innsjøer eller dammer) på grunn av høyt innhold av næringssalter kombinert med liten vannutskiftning er ikke uvanlig. Denne problematikken er også velkjent for ulike renseløsninger med permanent vannspeil, som f.eks. våtmarker og rensedamper.

Metaller og metalloider er en gruppe bestående av mange grunnstoffer og deres ulike tilstandsformer. I tillegg til næringsstoffene er denne gruppen trolig den mest studerte i urbant overvann, trolig på grunn av deres potensielle giftighet for vannlevende organismer (Meland, 2010). Sammenlignet med organiske miljøgifter kan ikke metallene hverken lages eller brytes ned ved biologiske eller kjemiske prosesser. Noen metaller er også nødvendige i mange biologiske prosesser i cellene (essensielle metaller). En viktig karakteristikk for metallene og metalloidene er at de kan opptre i mange ulike fysiske-kjemiske tilstandsformer (metall-specier) (Steinnes and Salbu, 1995). Hvilken tilstandsform de befinner seg i, er helt avgjørende for hvorvidt de er tilgjengelige for opptak i organismer (dvs. biotilgjengelighet) og dermed deres potensielle giftighet (toksisitet). Tilstandsformen er også

avgjørende for hvordan man kan fange og holde metallene og metalloide tilbake i renseløsninger. I vannforskriften er metallene bly (Pb), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg) og nikkel (Ni) på listen over prioriterte stoffer. Metallene kobber (Cu), krom (Cr), sink (Zn), og metalloidet arsen (As) er på listen over vannregionspesifikke stoffer. Det er også en rekke andre metaller og deres tilstandsformer som kan være problematiske i høye konsentrasjoner, f.eks. aluminium (Al), antimon (Sb, metalloid).

Organiske miljøgifter er stoffer som kan ha alvorlige helse- og miljøeffekter. Disse stoffene har lang levetid i miljøet (brytes sakte ned), de har evnen til å oppkonsentrere i næringskjeder og de vil kunne ha giftige effekter i veldig lave konsentrasjoner. Stoffene kalles også persistente organiske miljøgifter (POP) eller organiske mikroforurensninger. Mange av dem er forbudt og/eller strengt regulert både nasjonalt og globalt gjennom f.eks. vannforskriften eller produktforskriften. Mange organiske miljøgifter er kunstig fremstilt og benyttes til mange ulike formål i industri og husholdning. Polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er en av stoffgruppene innen organiske miljøgifter som er mest undersøkt i overvann. PAH-er er en stor gruppe med mange enkeltstoffer, men det er tradisjonelt de 16 PAH-ene utpekt av de amerikanske miljømyndighetene i 1976 som har hatt størst fokus (Keith, 2015). Flere av stoffene er kreftfremkallende. Andre kjente stoffgrupper er polyklorerte bi-fenyler (PCB), dioksiner, fenoler, bromerte flammehemmere, organofosfater, fluorforbindelser m.m. I 2005 publiserte (Eriksson et al., 2005) en liste på 650 stoffer som var blitt identifisert og påvist i urbant overvann. Mange organiske miljøgifter er hydrofobe og binder seg f.eks. til uorganiske og organiske partikler. Dette er en viktig egenskap med tanke på hvordan de kan holdes tilbake og renses i overgangsløsninger. Hydrofile organiske miljøgifter som f.eks. stoffer innen medisin, plastmyknere og plantevernmidler er i motsetning til de hydrofobe mye mer mobile og holdes i liten eller ingen grad tilbake i renseløsninger basert på f.eks. sedimentering, hvor tilbakeholdelse av partikler er viktig (Spahr et al., 2019). Kunnskapen om disse hydrofile organiske miljøgiftene og andre løste forbindelser i urbant overvann er liten.

Veisalt: Vi velger også å omtale veisalt som egen forurensningsgruppe. Det finnes flere typer avisningskemikalier, men i all hovedsak er det natriumklorid (NaCl) som benyttes i vinterdriften av veinettet. Magnesiumklorid (MgCl₂) og kalsiumklorid (CaCl₂) benyttes også, spesielt i forbindelse med støvdemping eller som innblanding i NaCl for å senke frysepunktet og dermed muligheten for å salte ved lavere temperaturer. Klorid er veldig vannløselig og transporteres derfor lett med overvannet, og vil potensielt øke saltkonsentrasjonen i urbane vannforekomster inkludert grunnvann betraktelig. I Norge har det hovedsakelig vært fokus på saltskadede mindre innsjøer (Saunes and Værøy, 2016), mens mindre vannforekomster, som bekker og dammer, i liten grad har vært undersøkt. Veisalt kan potensielt skade vannlevende organismer på alle trofiske nivåer som beskrevet i litteraturgjennomgangen (Hintz and Relyea, 2018). NIVA har nylig dokumentert at veisalt også inneholder mikroplast som kommer i tillegg til de andre tre mikroplastkildene fra veinettet; bildekkpartikler, veimalingspartikler og bindemiddel (Rødland et al., 2020). Veisalt i urbant overvann vil også ha innvirkning på renseprosessene i overvannstiltakene da saltene f.eks. bidrar til remobilisering av forurensningsstoffer i sedimenter.

Patogene mikroorganismer er hovedsakelig encellede organismer som bakterier, virus, protozoer (encellede parasitter), sopper og alger. Ofte medregnes mikroskopiske stadier av flercellede organismer som rundormer og flatormer også med i denne gruppen. Det at de er patogene betyr at de kan forårsake sykdom. Hvordan patogene mikroorganismer transporteres i overvannet og hvordan de ev renses i ulike renseløsninger er lite undersøkt.

5 Eksempler på demonstrasjons- og testanlegg i utlandet

Som del av å utvikle grunnlaget har vi sett på hva som er gjort andre steder. Vi har bl.a. innhentet informasjon (i den grad det har vært mulig) om formål, målgrupper, hvordan anlegget/senteret er bygget opp, hvilke tester som gjennomføres, hvilke formidlingsaktiviteter de har, økonomi og organisatorisk modell og hvordan drift og vedlikehold er organisert. Videre har vi for enkelte anlegg undersøkt hvilke erfaringer de har gjort seg, hva som har vært viktig å tenke på, hva som har fungert bra og hva som har vært utfordrende. Erfarings- og læringspunkter har vi kun hentet fra de to eksemplene i henholdsvis Sverige og Tyskland, hvor vi har vært i direkte kontakt med de som er ansvarlig for anleggene.

5.1 Testsite E18 - Veiforskningsstasjon i Sverige

Testsite E18⁷ er Sveriges første permanente veiforskningsstasjon. Veiforskningsstasjonen ligger i et landlig område langs E18 et stykke utenfor Stockholm mellom Västerås og Enköping. Motorveien har fire kjørefelt og er delt med midtdeler. Veien har en gjennomsnittlig årsdøgntrafikk (ÅDT) på 20.000 biler pr. dag.

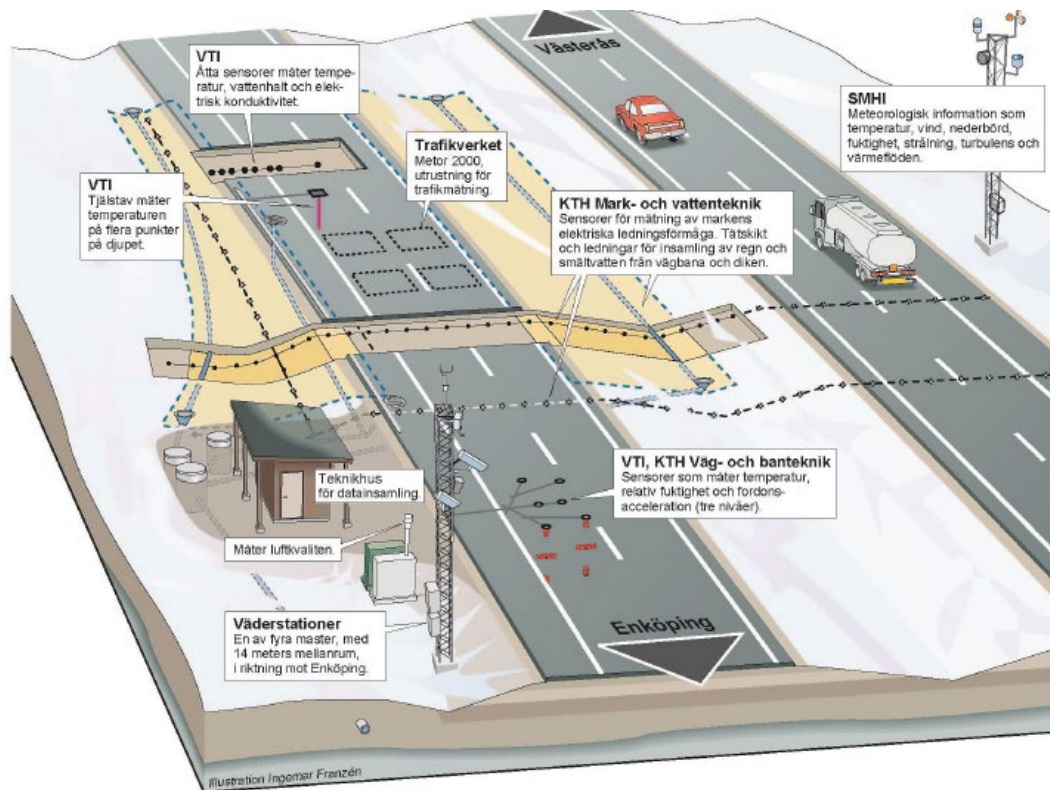
Veiforskningsstasjonen ble etablert i 2010 som en relativt enkel utgave samtidig med den nye motorveien. Valget om å bygge forskningsstasjonen på dette stedet var ikke bare motivert av å studere veiavrenning, men også fordi det finnes gamle måldata for miljøtilstand fra før området ble trafikkert og det var urørt grunn her. Det vil derfor være mulig å si noe om miljøpåvirkninger forårsaket av bygging og drift av E18. I dag er målet fortsatt å studere veiavrenning og miljøpåvirkning, men også hvilke effekter klimaendringer, værforhold og driftsmønster (f.eks. salting om vinteren) har på veiinfrastruktur (f.eks. slitasje). Stasjonen har også blitt brukt til andre formål, bl.a. forskning innen luftkvalitet.

Etablering av veiforskningsstasjonen var et samarbeid mellom det svenske Trafikverket, VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut), KTH (Kungliga Tekniska högskolan), SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut). Det nåværende anlegget eies og driftes av Trafikverket, mens VTI er forskningsfaglig koordinator.

I 2017-18 begynte en prosess med oppgradering av anlegget. Det ble ikke like mye brukt som tidligere. En utfordring med anleggstomta slik den var utformet i 2010, var beliggenheten langs en motorvei med fartsgrense på 120 km/t uten sikker og enkel adkomst. Dette ble utbedret med en ekstra avkjøringsvei i forbindelse med oppgraderingen av anlegget som startet med å sikre bedre tilgjengelighet til anleggstomta. I 2020 ble det gjennomført en oppgradering av anlegget, hvor det også ble bygget et helt nytt teknisk bygg på 170 m² ved siden av eksperimentfeltet som del av anleggsområdet. Bygget gjør det mulig å utføre lab-eksperimenter på stedet, ha samlinger og omvisninger, samt drive undervisning.

⁷ <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuell-forskning/transport-pa-vag/testsite-e18--en-vagforskningsstation/>

Ved veiforskningsstasjonen er det lagt inn infrastruktur i form av dreneringssystem og målestasjoner med ulike sensorer som gjør det mulig å drive utstrakt testing av veivann (og luftforurensning) (**Figur 2**). Anlegget består av en værstasjon (driftet av SMHI), flere sensorer i veidekket og muligheter for å samle avrenning fra veiene i grøftene langs veibanen. I dag finnes det også et teknisk hus. Anlegget tillater også å teste vannet fra en nærliggende resipient (liten bekk). I nærheten er det også en tunnel, som gjør det mulig å teste tunnelavrenning.



Figur 2. Bilde av teknisk infrastruktur til veistasjon E18 som den var planlagt i 2010 (øvre bilde). I dag finnes det i tillegg et stort teknisk hus som ble åpnet høsten 2020 (nedre bilde). Det tekniske huset inneholder bl.a. kontor, undervisningsrom og laboratorium (kilde: Trafikverket⁸).

Trafikverket betalte for implementering av anlegget, instrumentering og finansierer i dag også løpende kostnader, som de har estimert å ikke være så store. Det ble beregnet at hele anlegget inkludert arealkostnader og en tilbringervei som måtte bygges, kostet 1,5 millioner euro. Ifølge Trafikverket har

⁸ <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuell-forskning/transport-pa-vag/testsite-e18--en-vagforskningsstasjon/>

det krevd mellom 0,6-1 årsverk de siste årene for å drifte anlegget. Deler av vedlikehold blir gjort av eksterne gjennom drift og vedlikeholdskontrakter de har for E18.

Brukere av anlegget må selv finansiere prosjekter og/eller tester de ønsker å utføre ved anlegget, men betaler ikke noe leieavgift. Når det kommer til bruk av anlegget, har de et «brukerråd» (tre kjernepersoner og en utvidet gruppe) som bestemmer om og hvordan tredjeparter får bruke anlegget. Hvis noen ønsker å bruke anlegget til et prosjekt/test diskuteres dette her. Ingen kommersielle selskaper er del av «rådet». Et viktig prinsipp fra starten har vært at data som genereres/samles ved anlegget, skal være åpne og deles fritt med forskningsverdenen.

Relevante erfarings- og læringspunkter:

- Samarbeid mellom offentlig aktør og academia gir god forutsigbarhet og sikker finansiering og drift.
- En viktig gevinst ved en slik samarbeidsmodell er at veien fra forskning og utvikling til implementering blir kort.
- Tilrettelegging for at anlegget skal være åpent for alle, med forutsetningen at forskningsresultater skal være åpent tilgjengelige har vært et viktig premiss.
- Viktig å sørge for enkel og sikker fysisk adkomst til anleggstomta som del av å gjøre anlegget tilgjengelig for ulike brukere.

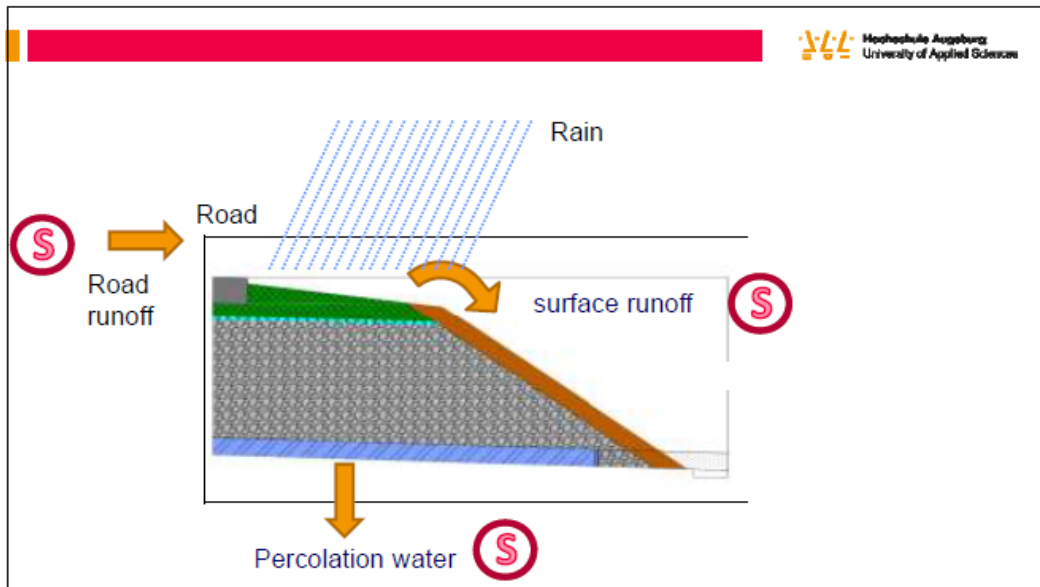
5.2 Testanlegg/lysimeter for veiavrenning i Derchingerstraße, Augsburg, Tyskland

Testanlegget ligger langs en to-felts påkjøringsvei til en stor motorvei i utkanten av byen Augsburg i Tyskland (**Figur 3**). Årsdøgnetrafikken (ÅDT) er 9700 biler per dag, hvorav 10prosent av dette er tungtrafikk. Veien har en fartsgrense på 60 km/t. Anlegget ble bygd på 1990-tallet av det tyske miljødirektoratet, hvor det ble utformet for å teste naturlige systemer. Det tyske miljødirektoratet benyttet anlegget i sitt arbeid med å utvikle forskrifter for håndtering av veiavrenning. De drev anlegget i rundt 10 år. Grunneier er Augsburg kommune. Da det tyske miljødirektoratet var ferdig med sin bruk av anlegget donerte de det til Hochschule Augsburg (Augsburg University of Applied Sciences) som nå bruker og drifter anlegget som del av sin forskningsvirksomhet.



Figur 3. Oversiktsbilde av testanlegg Derchingerstrasse i Augsburg, Tyskland (kilde: Prof. Rita Hilliges, Hochschule Augsburg).

Anlegget er et lysimeter-anlegg⁹ og består av åtte testbassenger (**Figur 3** og **Figur 4**). Lysimetre er vanligvis tanker eller beholdere som er designet og satt opp for å studere jord-vann-prosesser, f.eks. infiltrasjon og volumet av vann som transporteres vertikalt gjennom jorden (perkulasjon), og kvaliteten til dette vannet. De åtte bassengene ved testanlegget i Derchingerstrasse er koblet til en felles målestasjon som er utstyrt med ulike sensorer for vannkvalitet (pH, ledningsevne) og utstyr for automatisk vannprøvetakning. Hvert basseng er også utstyrt med sensorer for temperatur, jordfuktighet og konduktivitet. Siden 2015 er anlegget også utstyrt med en egen værstasjon. Anlegget er inngjerdet og overvåkes med kamera (ett bilde pr. dag), slik at forsøpling eller hærverk kan oppdages raskt, men også for å bekrefte lokale værforhold.



Figur 4. Tverrsnitt gjennom et lysimeter-basseng (kilde: prof. Rita Hilliges, Hochschule Augsburg).

Tester utført ved anlegget omfatter bl.a.:

- måling av veiavrenning og veipartikler for å finne ut bl.a. mer om andel og sammensetning av finpartikler i avrenningsvannet
- måling av sikringstiltak og forurensningstransport
- tracer-forsøk, dvs. bruk av fargestoff eller annet kjemisk stoff til å studere prosesser som f.eks. avrenningsmønster, tilbakeholdelse i jord, rensesmaterialer, etc.
- utprøving av ny teknisk infrastruktur for rensing av veivann

Bruks- og driftsmodellen er slik at private aktører enten kan leie anlegget og utføre egne tester av renseløsninger selv, eller de kan inngå en kontrakt med Hochschule Augsburg som da står ansvarlig for testing og leverer forskningsresultater. Den sistnevnte løsningen er vanligst. Dagens oppdragssituasjon er vurdert som tilstrekkelig for å finansiere løpende kostnader for vedlikehold og drift av anlegget. Driftskostnader ble estimert til ca. 10.000 euro pr. år for å holde utstyret i gang. Hver andre uke er det nødvendig å besøke anlegget én til flere timer for ettersyn og mindre vedlikeholdsoppgaver, som å sjekke kobling til vann og elektrisitet, at instrumentene fungerer, at innløpene for veivann til magasinene ikke er blokkert, og å fjerne søppel fra anlegget. Større vedlikeholdsoppgaver omfatter fornyelse av veidekke, særlig der det er renner i veibanen på grunn av tungtrafikk.

⁹ <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/lysimeters>

Relevante erfarings- og læringspunkter:

- Bruks- og driftsmodell hvor eksterne må kjøpe tjenester eller betale leiekostnader for anlegget til selvkost bidrar til å dekke de løpende kostnadene ved anlegget.
- At et universitet er ansvarlig for anlegget sikrer at anlegget blir brukt til undervisning og demonstrasjon, samt gjennomføring av masteroppgaver og PhD-oppgaver.
- Viktig å ha en plan for hvordan vedlikehold gjennomføres, samt avklarte ansvarsforhold.

5.3 Testsentre for overvann i USA

Gjennom internettsøk fant vi også eksempler på overvannstestsentre i USA. Nedenfor gjengir vi noen eksempler basert på informasjonen tilgjengelig på nettsidene til sentrene/anleggene¹⁰:

- **Washington stormwater center:** <https://www.wastormwatercenter.org/about-us-2/>
- **Lake Union Ship Canal Test Facility:** <https://www.wastormwatercenter.org/project/ship-canal/>
- **Stormwater Technology Testing Center, Portland, Oregon:** <https://sttcoregon.com/>
- **University of New Hampshire Stormwater Center:** <https://www.unh.edu/unhsc/about>

Washington stormwater center (WSC)

Washington Stormwater Centers formål er å tilby løsninger for overvannshåndtering, gjennom forskning, opplæring og utdanning. Senteret har ulike fokus og funksjonsområder («Permit assistance», «Low impact development (LID)», «Stormwater technologies»), hvorav LID-programmet handler om å utvikle innovative, forskningsbaserte metoder for å forbedre effektiviteten og bruken av åpne LOD-tiltak (tiltak for lokal overvannsdistribusjon). Som del av dette har de fullskala forskningsanlegg (the WSU LID facilities) lokalisert i Puyallup (WA) designet for være fleksibelt og kunne brukes i forskjellige forskningssammenhenger¹¹. Anlegget består av to permeable parkeringsplasser (porøs asfalt og permeabel betong, 16 regnbed og 20 mesocosms (miniregnbed og dype tanker). Systemene kan motta overvann fra naturlige regnskyll og avrenningen fra dette, eller, alternativt, syntetisk overvann som kan blandes sammen og tilsettes fra cisterner med bestemte strømningsrater, volum og forurensningskonsentrasjoner.

WSC's "Emerging Stormwater Technologies program" fokuserer på å evaluere og godkjenne nye overvannsløsninger og beste praksis («best management plans»). Som del av godkjennelsesprosessen tas tilgjengelige testfasiliteter i bruk. For å bli godkjent som et testanlegg av Department of Ecology, må bl.a. følgende data fremvises for anlegget/anleggstomta; data om forurensningskonsentrasjon, nedbør- og klimadata, hydrauliske data og strømningsdata, samt dokumentasjon av vedlikeholdsaktiviteter på anlegget og anleggsstedet. Dette som del av å dokumentere at tester og vurderinger gjort ved anlegget er representativt for relevante forhold. Pr. i dag er det tre anlegg som er godkjent som testanlegg: Lake Union Ship Canal Test Facility (Seattle, WA), Stormwater Testing Technology Center (Portland, OR), and the University of New Hampshire Stormwater Center (Durham, NH). Disse er beskrevet nedenfor.

Lake Union Ship Canal Test Facility (Seattle, WA)

Lake Union Ship Canal-området ligger under Interstate-5-broen i den nordlige enden av den urbane innsjøen Lake Union i Seattle. Testanlegget som ble etablert i 1996 er konstruert som et ultra-urbant forskningsanlegg for overvann. Det eies av Washington State Department of Transportation, men har

¹⁰ På grunn av tidsforskjellen passet det ikke å invitere disse til å delta i erfarings-workshopen. Vi lykkes heller ikke få svar på forespørsel om mer utdypende informasjon.

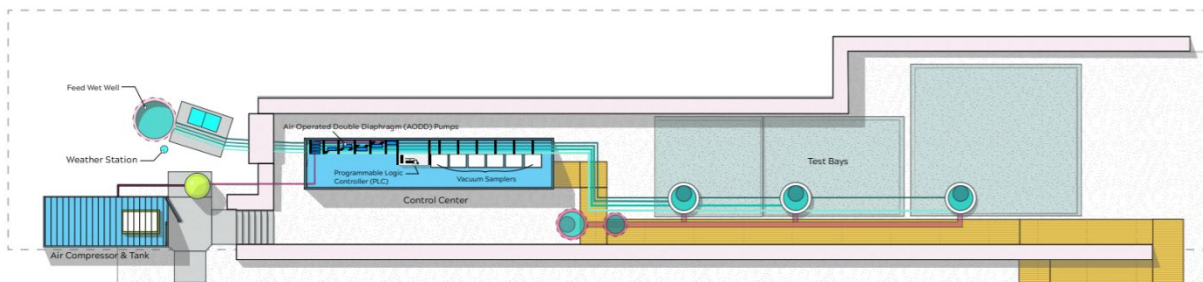
¹¹ <https://www.wastormwatercenter.org/low-impact-development/research-infrastructure-test/>

siden 2015 blitt forvaltet av Department of Ecology. Anlegget får avrenning fra ca. 32 000 m², hvorav 23 000 m² er vei og fortau og 9000 m² beplantede områder langs veikanten. Anlegget er bygd slik at det er mulig å teste fire forskjellige teknologier/løsninger samtidig.

Stormwater Technology Testing Center (STTC), Portland, Oregon

STTC ble etablert for å forske på ulike overvannsløsningers evne til å redusere forurensing, vedlikeholdsbehov og for å evaluere livssyklus-kostnader. De første planene for STTC ble lagt fram i 2009. Byggingen startet i 2016 og etter noen første tester ble testsenteret åpnet i 2018. En nettside for senteret ble etablert i 2020. Den inneholder mye informasjon, men ikke tilstrekkelig grunnlag til å evaluere etterspørselen etter STTCs tjenester, men gir et overblikk over senteret som sådan. Planlegging og konstruksjon av STTC ble finansiert av Oregon Department of Transportation, samt fikk også støtte via forskningsmidler og fra statene Pennsylvania og Washington.

Testsenteret er tilknyttet et nedbørsfelt på 4,05 km² og får inn blandet overvann fra motorvei og boligbebyggelse via et rør som er 2,13 m i diameter. Dette er et godt eksempel på vanlig forurensing som finnes i overvann (suspenderte sedimenter, næringssalter, tungmetaller, olje, løv og plast). På STTC kan overvannet ledes til tre testmagasiner med en størrelse fra 28,7 m² (4,88 m x 5,18 m) til 60,2 m² (7,32 m x 8,23 m) (**Figur 5**). I disse magasinene kan forskjellige overvannsløsninger implementeres og testes. En vakuumpåprøvetaker tar vannprøver ved innløpet og utløpet av testmagasinet, slik at man kan måle renseeffekten. STTC viser til at mange automatiske sensorer kan bidra til lavere kostander ved testing av nye overvannsløsninger.



Figur 5. STTCs oppbygning (kilde: <https://sttcoregon.com/center-design/facility-components/#0>)

STTC oppfordrer til testing av nye overvannsløsninger som allerede er forbi pilotfasen. Testanlegget er i prinsippet åpent for alle, men det må søkes om tillatelse og godkjenning av STTCs styre og ledergruppe for å gjennomføre testing. Det kreves at de følger en 'Technology Assessment Protocol' før og under testing på STTC. Det er oppgitt på nettsiden at brukerne må betale et fast gebyr for bruken av anlegget (som dekker løpende kostnader) i tillegg til et beløp som avhenger av omfanget av tester som skal gjennomføres og hvorvidt resultatene også skal analyseres for kunden.

University of New Hampshire Stormwater Center (UNHSC)

UNHSC har som mål å bidra til forskning og utvikling av nye overvannsløsninger ved å være en ressurs og opplæringssenter for alle aktører i overvannsbransjen. Senteret er tilknyttet University of New Hampshire og flere universitetsansatte jobber også ved UNHSC. UNHSC har jobbet med overvannsforskning siden 2003 og får basisfinansiering fra The Cooperative Institute for Coastal and Estuarine Environmental Technology og The National Oceanic and Atmospheric Administration. Midler til spesifikke oppgaver kommer fra det amerikanske miljømyndighetene Environmental Protection Agency (EPA), andre statlige organisasjoner og fra forskningsoppdrag.

Ifølge nettsiden har UNHSC et anlegg som gjør det mulig med testing og sammenlikning av tekniske overvannsløsninger. Nettsiden viser dessverre ikke bilder av selve anlegget, men det tyder på at det er

gjennomført en del forskningsprosjekter (f.eks. masteroppgaver) ved anlegget og siden inneholder faktaark og tekniske spesifikasjoner for overvannstiltak. UNHS har også bidratt med opplæring og utdanning for flere tusen studenter siden oppstarten. Nettsiden antyder også noen oppdrag for det offentlige, men det er vanskelig å vurdere omfanget.

5.4 Relevante norske anlegg/initiativ

Det finnes initiativ og anlegg i Oslo og andre steder i Norge som er etablert for enten å løse konkrete utfordringer eller bygge kunnskap om urbant overvann. Disse er hovedsakelig sentrert rundt håndtering av vannmengder og ikke forurensning. De er heller ikke i hovedsak anlagt som demonstrasjons- og testsentre som sådan. Noen eksempler er:

- **Lokal overvannshåndtering på gatetunet Deichmans gate/Wilses gate (Oslo sentrum)**¹², som et av de første ferdigbygde anlegg for lokal overvannshåndtering i sentrumsgater og hvor det er anlagt ni regnbed, åpne vannkanaler og vannskulpturer¹³.
- **Sedimentering, regnbed og infiltreringsanlegg ved Hoffsveien i Oslo.** Nytt anlegg under oppføring (ferdigstilles høst 2021) langs Hoffsveien (Lysaker, Oslo)¹⁴. Anlegget skal rense forurenset veivann og det skal teste muligheten for gjenbruk av rensset veivann til vanning av grøntareal på sommeren. Anlegget inngår som pilot i EU-prosjekt MULTISOURCE som starter juni 2021. MULTISOURCE har fokus på rensing av urbant overvann ved bruk av innovative naturbaserte rensemetoder.
- **Regnbed for lokal overvannshåndtering i Bjørnstjerne Bjørnsons gate (Drammen),** eksempel på veianlegg hvor det benyttes lokal overvannshåndtering i form av regnbed for å håndtere overvann.¹⁵
- **Risvolla regnbed (Trondheim),** det først regnbedet i Trondheim og etablert i 2010 som et pilotprosjekt for å studere lokal håndtering av overvann¹⁶.
- **Overvannstrukturer på Trondheim torg,** etablert i forbindelse med en nylig oppgradering av torget, hvor det nå er et infiltrasjonssystem og fordrøyningsmagasin konstruert slik at fordrøyningsmagasinet kun benyttes når infiltrasjonssystemet har nådd sin maksimale kapasitet¹⁷.
- **Regnbed for vannrensing og flomforbygging anlagt av Bydrift i Sandnes kommune** på egne kontor- og lagerarealer, hvor en målsetning også er å studere forurensning og renseseffekter, samt å gi læringer mulighet for å følge med på bedet¹⁸.
- **Flertrinns rørbasert renseanlegg bygd av Skjæveland / StormAqua i Sandnes** for rensing av veivann. Inngår i innovasjonsprosjektet RENTVEGVANN¹⁹.

Ettersom flere av anleggene er instrumentert med måleutstyr, kan man se på hvordan bruke byens blågrønne overvannsløsninger som supplerende testanlegg og/eller i sammenligningsstudier med forsøk ved et demonstrasjons- og testanlegg. NIVA har også erfaring med å opprette en lærings- og demonstrasjonslab i Sogn Hagekoloni, **Sogn Hagelab**²⁰, hvor ulike blågrønne løsninger for overvann i fellesskap mellom Sogn Hagekoloni, NIVA og Oslo kommune og ytterligere aktører anlegges,

¹² <https://www.klimaoslo.no/2017/05/04/blomsterbed-til-overvann/>

¹³ <https://www.asplanviak.no/aktuelt/2017/05/08/aapning-av-deichmans-gate/>

¹⁴ <https://www.oslo.kommune.no/slik-bygger-vi-oslo/sykeloppgradering-av-hoffsveien/#gref>.

¹⁵ <https://www.drammen.kommune.no/om-kommunen/aktuelt/prestisjepris-for-bjornstjerne-bjornsons-gate/>

¹⁶ <https://www.arkitektur.no/regnbed-risvolla?tid=158202>

¹⁷ <https://torvetitronheim.no/utforming/>

¹⁸ <https://vannfakta.no/har-bygget-vannrensende-og-flomforebyggende-bed/>

¹⁹ <https://www.stormaqua.no/readimage.aspx?asset=10640>

²⁰ <https://www.sognhagelab.no/om-sogn-hagelab/>

demonstreres og dokumenteres. Det er de senere år også etablert større tematiske sentre som **Nasjonalt senter for vanninfrastruktur²¹ og Landskapslaboratoriet på NMBU²² i Ås**, hvor det vil testes og utvikles kunnskap som det kan være relevant å samspille med og komplettere. Man kan f.eks. se nærmere på hvordan et nytt demonstrasjons- og testanlegg for karakterisering og rensing av urbant overvann kan bidra inn i større forsknings- og utviklingsprosjekter og programmer.

²¹ <https://vannsenter.no/>

²² <https://www.nmbu.no/fakultet/landsam/institutt/la/landskapslaboratoriet>

6 Etablering av et demonstrasjons- og testanlegg i Oslo

I dette kapitlet går vi inn på undersøkelser som må gjøres som del av etableringen av et demonstrasjons- og testanlegg, og gir noen første innspill til hvordan et anlegg i Oslo kan se ut, samt effekt- og resultatmål for et slikt anlegg. Effekt- og resultatmålene setter rammer for anlegget og må basere seg både på bruker- og kunnskapsbehov, samt hva som er realistisk og praktisk mulig ut fra stedsspesifikke forhold. Vi begynner derfor først med Grønlia som eksempelområde før vi går inn på konseptskisser, og avslutter med effekt- og resultatmål.

Det er flere arealer i Oslo som kan være aktuelle for å anlegge et midlertidig demonstrasjons- og testanlegg. For å være aktuell må tomta ha en viss størrelse og en viss representativitet i overvannsavrenningen. Arealet må videre være tilgjengelig for en viss periode, eksempelvis minimum fem år, men gjerne ti år. Anlegget er tenkt å fokusere på overvann fra byrom, så det må være en viss representativ avrenning fra gater og veier. Videre er det mulig å tilrettelegge for at overvann fra andre typer områder med annen kildesammensetning kan bringes i prøvebeholdere eller større tanker til anlegget. Dette er f.eks. praksis ved noen av testanleggene i USA (kap. 5).

6.1 Målsetning og målgrupper for anlegget

Anleggets hovedformål, hvor det er særlig behov, er for ulike aktører innen forskning, forvaltning og næringsliv å teste ut forurensnings- og vannkvalitetsrelaterte overvannløsninger i praksis (kap. 3). Dette setter krav til designet og utformingen av anlegget og anleggstomta som sådan. Som eksemplet fra Sverige viser, kan det være ønskelig at anlegget også har en viss tilgjengelighet for besøkende som f.eks. elever fra videregående skole, og studenter fra høyskole og universiteter. Hvis det skal brukes aktivt i undervisning er det viktig å tenke på det fra starten, både med tanke på organisatorisk modell og anleggets og tomtas fasiliteter. Man kan eventuelt se for seg en trinnvis etablering og utvikling av anlegget og anleggstomta, men det bør gjøres helhetlige vurderinger fra starten.

Et flerbruks- og flerbruker-demonstrasjons- og testanlegg er et viktig bidrag for forskningsbasert innovasjon og utvikling. Forskningsinstitutter har oftest ikke ressurser til å bygge fullskala strukturer/anlegg som del av prosjekter for å gjennomføre forsøk og teste og studere tiltak m.m. Utvikling av helhetlige løsninger krever også ofte samarbeid mellom forskning, næringsliv og forvaltning. Eksisterende etablerte overvannsløsninger kan studeres (som nevnt i kap. 5), men de har ikke fleksibiliteten til å kunne endre på oppbygning m.m. som er ønskelig ved et testanlegg. Som tidligere nevnt er det også relativt få anlegg som er bygget med tanke på rensing av overvann.

6.2 Nødvendige grunnlagsdata for en mulig anleggslokasjon

Som eksemplene i de tidligere kapitler viser, må grunnlagsdata fremskaffes for anleggsområdet for å vurdere dets representativitet. Dette er viktig med hensyn på valg av (pilot)lokasjon og for funksjonaliteten og verdien til demonstrasjons- og testanlegget. Dette er også relevante data i forbindelse med analyser av forsøk og tester ved anlegget. Utover de naturfaglige og tekniske forholdene, bør også stedegne sosiale kvaliteter kartlegges som del av detaljplanleggingen, inkludert hvordan anlegget tilfører verdi til området det vil ligge i og områdets brukere som sådan.

Noen nøkkeldata er:

- Nedbørsfeltets størrelse (størrelsen på arealet som bidrar med overvann)
- Nedbørs-, klima og avrenningsdata
- Hydrologisk og hydrauliske parametere for området
- Data over arealdekker og hvor mye disse bidrar til avrenning og avrenningsvolum
- Ulike kartdata (arealbruk, arealdekke, eiendomskart, tomtegrenser, dreneringslinjer m.m.)
- Flyfoto
- Data om aktiviteter i området som kan påvirke avrenningen og forurensningskonsentrasjoner, inkludert overløp, oversvømmelser, forurensningslekkasjer
- Resultater fra tidligere studier i området, særlig om overvann og forurensning
- Data om bruken av området av ulike typer brukere og deres perspektiv og behov

6.3 Grønlia som eksempel-lokasjon

Vi har valgt å bruke areal ved Grønlia ved Oslo havn som eies av Skanska (partner i dette prosjektet) som en eksempellokasjon for demonstrasjons- og testanlegget for å gjøre utredningen mest mulig konkret (**Figur 6**). Her vil det være mulig å samle overvann fra nærliggende industriarealer og E18 Mosseveien (ca. 500-1 000 m² tette flater). Grønlia-området skal etter hvert bygges ut til andre formål som boliger og friområder. Denne transformasjonen (urban evolusjon) fra industri til boligområde vil være interessant med tanke på å innhente kunnskap om hvordan overvannets kjemiske sammensetning endres som følge av at type areal, og dermed hvordan forurensningskildene endres over tid. Dette vil gi muligheter for uttesting og forskning på renseløsninger for ulike typer overvann parallelt med utviklingen av området. Wang et al. (2018) konkluderte med at urbanisering og mer intens arealbruk endrer vannkvaliteten i avrenningsvannet mer enn klimaendringene, noe som støtter at et demonstrasjons- og testanlegg ved Grønlia er interessant. Skanskas tomt på Grønlia har et areal på ca. 11.500 m² (1,15 ha) og brukes i dag primært til lagring av forskjellige byggematerialer og utstyr (**Figur 6**). Overflaten består i all hovedsak av asfalt²³ og mesteparten av nedbøren havner i fjorden gjennom overflateavrenning.

²³ FKB-AR5 4.6. Geonorge.no

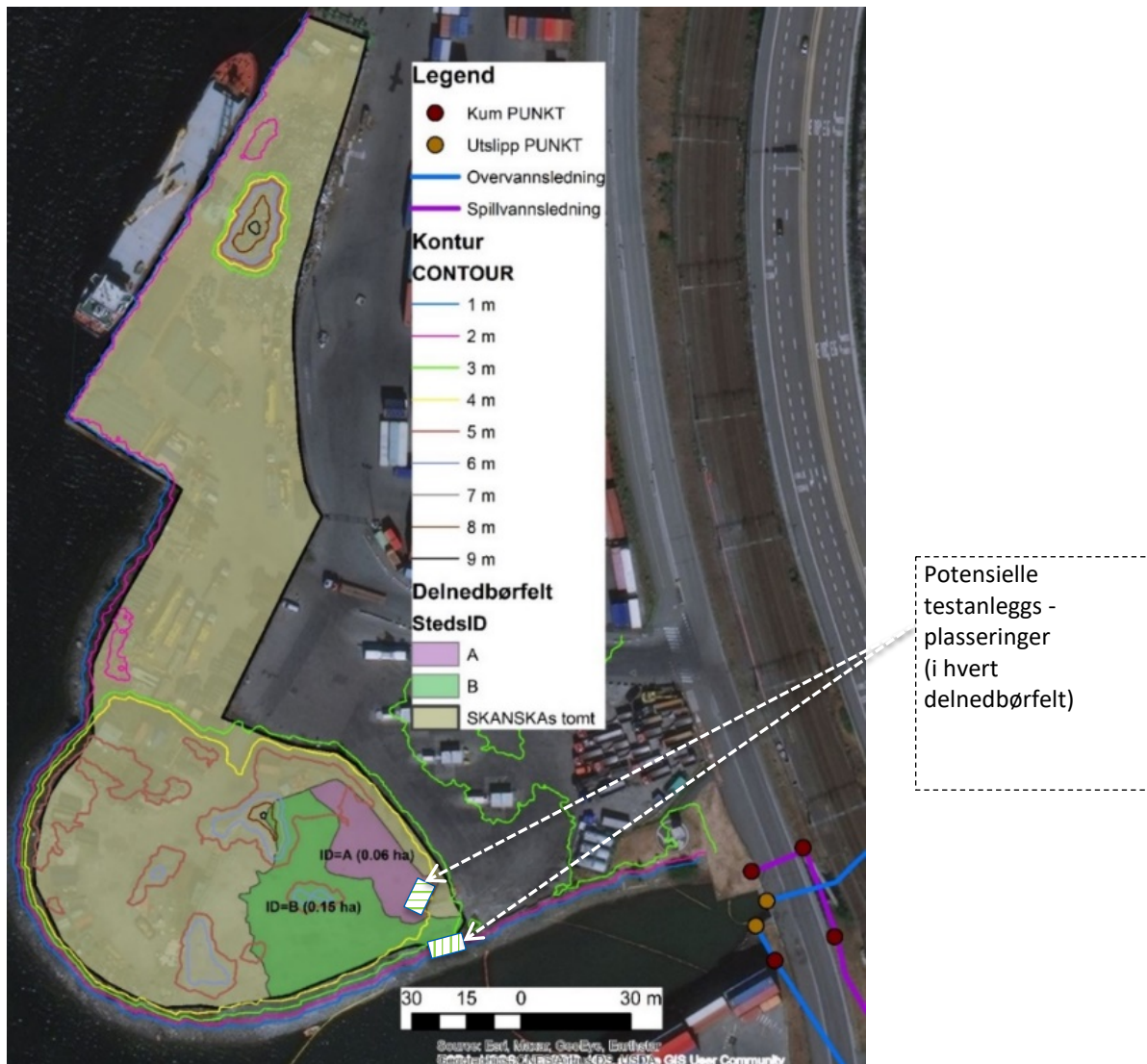


Figur 6. Flyfoto (Google maps) som viser det aktuelle området. Skanskas tomt er merket med tre seksjoner i grå (I), rød (II) og gul (III) farge. Pilene viser i hvilken retning overvann på seksjonene renner. Innfelt bilde viser området fotografert fra Kongsveien (Ekebergskråningen) (foto: Sondre Meland).

6.3.1 Typer og mengder overvann og inntak til anlegget

En av begrensningene ved å anlegge et demonstrasjons- og testanlegg på dette spesifikke arealet ved Grønlia er mangelen på mangfold av areal typer og forurensningskilder som representerer et typisk bebodd byområde. Vi mener imidlertid at transformasjonen som vil skje i området kan være en fordel og ikke en ulempe. Arealet ligger videre litt langt unna E18 Mosseveien, slik at det kan være utfordrende å få ledet overvann fra den høytrafikkerte motorveien inn i anlegget. Ingen fellesavløpsledninger går nær tomten, men utslippspunkt av overvanns- og spillvannsledninger ligger innen 100 meter fra tomten. Potensielt kan overflateavrenningen fra hele Skanskas tomt samles/omdirigeres til demonstrasjons- og teststedet.

Tomtearealet er delt inn i tre seksjoner med fysiske sperringer, hvor seksjon I og II grenser til og drenerer direkte til fjorden (**Figur 6**). Seksjon III (markert med gul farge) ser ut til å være i bruk for lagring av grus og pukk, noe som kan forsinke generering av overvann ved nedbør. Denne delen ligger i den sørøstlige delen av tomten, og minst to av delnedbørfeltene (A og B på **Figur 7**) som faller innenfor dette området drenerer mot øst dette området drenerer mot øst og løper til slutt inn i fjorden. Punktet hvor avrenningen fra seksjon III strømmer inn i fjorden er svært nær utløpet av tunnelsystemet som avleder Alnaelva fra sitt naturlige løp og ut i fjorden. Arealene til delnedbørfeltene A og B (**Figur 7**) er henholdsvis 600 m² (0,06 ha) og 1500 m² (0,15 ha).

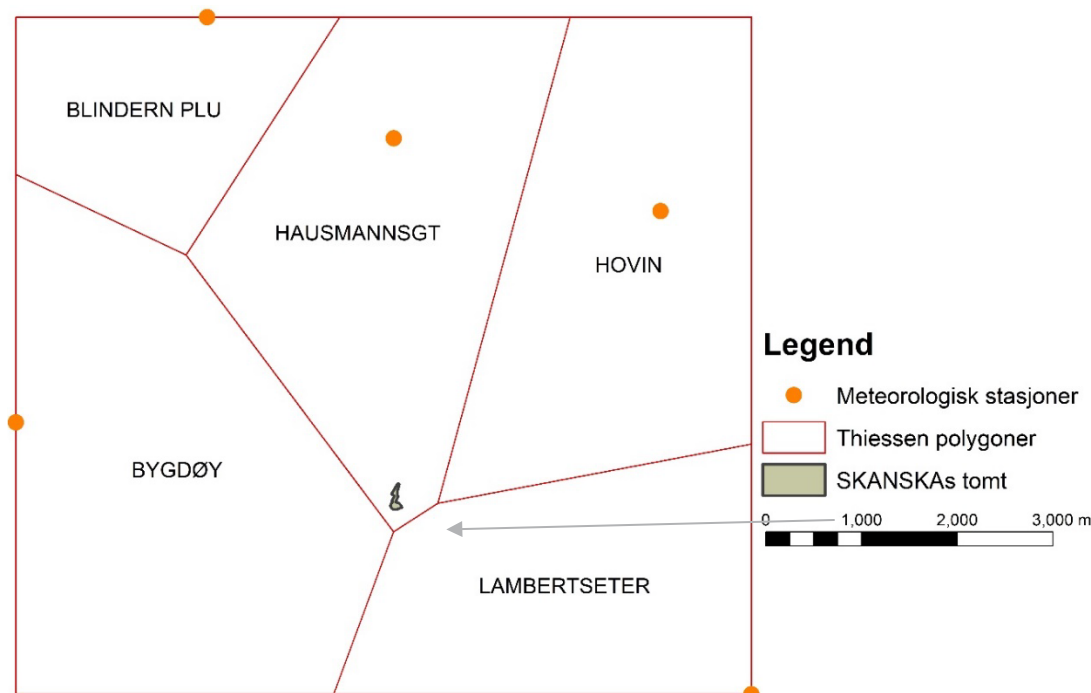


Figur 7. Kartet viser området på Grønlia med delnedbørfeltene (A og B) som bidrar med overvannavrenning på Skanskas tomt hvor et demonstrasjons- og testanlegg eventuelt kunne etableres. Mulig plassering av testanlegg er vist med piler.

Ettersom Skanskas tomt ikke er så stor (1,15 ha), er den rasjonelle formel²⁴ passende for å beregne maksimal overvannsføring fra hvert delfelt. Ved den rasjonelle formel øker usikkerheten med størrelsen på nedbørfeltet, så anbefalt øvre grense er 20-50 ha for bruk av formelen. Siden tomta ikke har noen egen meteorologisk stasjon, brukte vi den grafiske teknikken «Thiessen polygon-metoden» til å estimere nedbøren med ønsket gjentakintervall for Grønlia fra nabostasjoner ved romlig interpolasjon. De meteorologiske stasjonene i nærheten som ble vurdert er BLINDERN PLU, BYGDØY, HAUSMANNSGT, HOVIN og LAMBERTSETER. Resultatene viser at Grønlia ligger innenfor polygonet til HAUSMANNSGT (**Figur 8**). Derfor kan stasjonen betraktes den beste stasjonen som beskriver meteorologien til Grønlia. Følgelig ble IVF-kuven²⁵ (Intensitet-varighet-frekvens) for HAUSMANNSGT-stasjon brukt for å bestemme dimensjonerende nedbør.

²⁴ [oppdragsrapport1991_08.pdf \(nve.no\)](#)

²⁵ Kilde: [NORSK KLIMASERVICESENTER](#)



Figur 8. Thiessen-polygoner som viser den mest representative nærliggende meteorologiske stasjon for Skanskas tomt på Grønli. Basert på metoden ble stasjonen i Hausmannsgate pekt ut som den mest representative og brukt for å lage IVF-kurve for dimensjonerende nedbør for tomta.

6.3.2 Overvannsberegninger

I forbindelse med rensing av forurenset overvann er det de normale nedbørsepisodene og ikke ekstremnedbørsepisodene som er viktigst å håndtere. Derfor er det den «normale» nedbøren vi ønsker å lede til demonstrasjons- og testanlegget, og på den måten forstå prosesser rundt akkumulering og utvasking av partikler og forurensningsstoffer. For å dimensjonere systemet har vi valgt å bruke 20-årsnedbøren som beregningsgrunnlag og øvre nedbørsgrense for å dimensjonere rørledningene som skal lede overvann fra delnedbørfeltene A+B i seksjon III, seksjon I, seksjon II eller hele tomta inn til demonstrasjons- og testanlegget. Dette er knyttet til systemets og anleggets sikkerhet og hvilken ekstremnedbør systemet bør tåle. Det må også tilrettelegges for sikker avledning av eventuelt overskytende overvann uten at det oppstår betydelige skader på bygg og infrastruktur hvis det skulle komme større ekstremnedbør enn hva anlegget er dimensjonert for. **Tabell 1** viser den maksimale overvannsføring hvert delnedbørfelt genererer og som demonstrasjons- og testanlegget må kunne håndtere.

Tabell 1. Beregning av maksimal avrenning Q (l/s) fra delnedbørfeltene som skal ledes til demonstrasjons- og testanlegget.

ID	L (m)	S (‰)	T	T _k (min.)	I (l/s/ha)	A (ha)	f (-)	K _f (-)	Q (l/s)
III-A	44,3	11	20	3	6,5	0,06	0,95	1,4	0,5
III-B	75,0	9	20	5	9,5	0,15	0,95	1,4	2,0
I	203,0	1	20	10	15,4	0,84	0,95	1,4	17,0
II	86,0	5	20	5	9,5	0,45	0,95	1,4	6,0
Hele tomta						1,15			25,5

ID – delnedbørfeltene/seksjoners ID.

L – strømningslengde: avstand mellom utløpet av delnedbørfeltet og punktet lengst unna i delnedbørfeltene (angir lengste strømningsveien).

S – delnedbørfeltene gjennomsnittlig helning.

T – valgt gjentakintervall (20 år) for dimensjonerende nedbør.

T_k – konsentrasjonstid (hentet fra et nomogram²⁶).

I – nedbørintensitet: avledet fra IVF-kurven som en funksjon av T og T_k.

A – delnedbørfelts areal.

f – avrenningsfaktor (antatt 0,95 pga. tette flater).

K_f – klimafaktor for å ta høyde for klimaendringer (for Oslo anbefales 1,4)

Q – maksimal vannføring beregnet ved hjelp av den rasjonelle formelen, som $Q = I \times A \times f \times K_f$

6.4 Fysisk design av demonstrasjons- og testanlegget

6.4.1 Anleggsspesifikasjoner

Sentrale aspekter å avklare i detaljeringen og etableringen av et demonstrasjons- og testanlegg for karakterisering og rensing av forurenset overvann er:

- Hvilke funksjoner skal anlegget fylle? (kap. 3, 6.2)
- Hvilke forurensningsstoffer skal det kunne testes for? (kap. 4)
- Hvilke nedbørshendelser og overvannsstørrelser anlegget skal kunne kjøre tester for? (kap. 6.3)
- Hvilke undersøkelser og tester skal kunne gjennomføres? Hvor mange tester samtidig? (kap. 6.4.1)
- Hvordan bør anlegget instrumenteres? (kap. 6.5)
- Hvordan bør det organiseres og driftes? (kap. 6.6)

Dette setter rammer for hvor mye plass anlegget trenger og hvordan det bør utformes.

Anlegget må tilrettelegge for målinger av overvann for å kunne analysere og karakterisere vannkvalitet og forurensningsstoffer i overvann over tid. Videre må anlegget tilrettelegges for testing og demonstrasjon av renseløsninger. Det vil inkludere utprøving av nye produkter og metoder for rensing av overvann (hvor utfallet ikke er kjent), og videre pilotering hvor tiltaket, produktet og metoden prøves ut i en begrenset skala (på anlegget) over en viss tid for å sikre at alt fungerer som det skal. Det bør også være demonstrasjonsmuligheter i form av å vise fram et produkt/løsning i praksis for et større publikum i en periode.

Forsøk på demonstrasjons- og testanlegget bør kunne avdekke hvordan vi kan koble tradisjonell overvannsberegning til også å omhandle beregning av rensegrad. Anlegget bør bygges med mulighet for uttesting av f.eks. trinn 1 og trinn 2-renselsløsninger basert på rensekrav beskrevet for offentlig veinett i Statens vegvesens håndbok N200 Vegbygging (Statens vegvesen, 2018). Løsningene i håndboka er i hovedsak rettet mot større veier utenfor byområdene. Det er derfor viktig å få mer kunnskap om små og kompakte løsninger som kan brukes i byområder hvor det ikke er plass til mer tradisjonelle løsninger som f.eks. rensedammer. Dimensjonering av overvannsanlegg blir i dag hovedsakelig basert på regnenvelopmetoden (Lindholm et al., 2012) hvor man tar utgangspunkt i IVF-kurver og forventet nedbørsintensitet for området. Det vil si at man i hovedsak kun tar hensyn til vannmengder og ikke til rensebehov av vannet. Det bør ved anlegget være mulig å teste og måle tilbakeholdelsen av partikler og forurensningsstoffer for å kunne si noe om fornuftig rensesvolum som vil gi mest effekt på minst mulig volum under ulike forhold.

²⁶ SFT (1979). Veiledning ved dimensjonering av avløpsledninger. TA 550.

Med mer kunnskap om det urbane overvannets sammensetning, vil vi bedre kunne si hva som er det optimale trinn 1-rensevolumet (sedimenteringsvolumet) som vil holde tilbake brorparten av forurensningsstoffene. Kost-effektivitetsanalyser vil f.eks. være viktig for å finne krysningpunktet for det gunstigste sedimenteringsvolumet basert på størst tilbakeholdelse av partikler og forurensningsstoffer til lavest mulig pris. Bruk av avanserte modeller som CFD (computational fluid dynamics) vil i denne sammenheng være viktig verktøy i kombinasjon med målinger. Så må vi finne ut hvordan vi enklest mulig kan integrere dette volumet inn i vanlige overvannsberegninger. Partikkeltilbakeholdelse blir også svært viktig med tanke på etterfølgende filterløsninger for å sikre kostnadseffektiv drift og vedlikehold på disse systemene. Her trengs det målinger og tester for å utbedre kunnskapen på dette. f.eks. som vist i en nyere artikkel om tilbakeholdelse av partikler i sandfang i forhold til vannhastighet, partikkelinnhold etc. (Rietveld et al., 2020).

Det er også nyttig å vite mer om **overflatespenning til de forskjellige forurensningsstoffene**, slik at man eventuelt kan basere tilbakeholdelsen på ladede filtre eller om standard filtrering er tilstrekkelig. Et spørsmål som kan undersøkes ved tester, er om dette endres, og i så fall hvordan, når forurensningsstoffene akkumuleres til partikler.

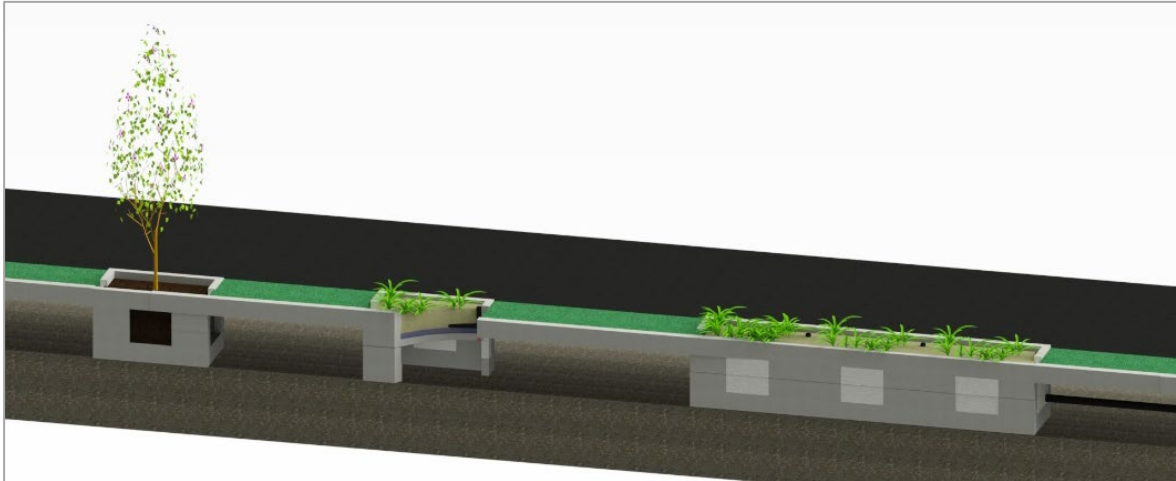
For å kunne utvikle og dimensjonere gode renseløsninger for urbant overvann trengs mer kunnskap om hvilke forurensningsstoffer som finnes i overvannet og hvordan disse opptrer og fordeler seg mellom ulike partikkelstørrelser og løst form. Det trengs også mer detaljert kunnskap om type partikler (mineralpartikler vs. organiske partikler inkl. plastpartikler i nano-, mikro-, og makrostørrelse), og partiklenes fysiske og kjemiske egenskaper da dette har innvirkning på oppholdstid i sedimenteringstrinn, gjentetting og levetid til filtermaterialer etc. Det finnes studier, men erfaring fra norske forhold er mangelfullt. Med bruk av f.eks. sensorer for å framskaffe høyoppløselig data fra et testanlegg og større urbane områder kan man få mer kunnskap om dette. Det er her da viktig at man da kan få etablert sammenhenger mellom sensormålinger og konsentrasjonen av f.eks. metaller eller andre stoffer. På den måten kan man få gode data å jobbe ut ifra. Dette må testes over tid og sesonger, ettersom det er betydelige naturlige variasjoner i en avrenningsepisode, mellom episoder og mellom steder.

6.4.2 Konseptbeskrivelse for anlegget

Det er ønskelig at et demonstrasjons- og testanlegg bygges slik at man kan gjennomføre uttesting og forskning på både åpne og mer kompakte renseløsninger. Infiltreringsenheter, regnbed og andre kompakte renseløsninger må etableres slik at man enkelt kan bytte ut og teste nye filtermaterialer, teste ulike konfigurasjoner av ulike filtermaterialer etc. for å optimalisere renseseffekten og teste ut nye produktløsninger. Det er imidlertid viktig å presisere at vi i denne rapporten ikke har beregnet størrelsen på ulike enheter for renseløsninger ved demonstrasjons- og testanlegget basert på estimerte vannmengder i kapittel 6.3. Dette må gjøres som del av detaljplanleggingen. Vi presenterer imidlertid noen overordnede konseptskisser.

Fleksibelt oppbygde regnbed med mulighet for testing av ulike filtermedium

Overvann fra E18 kan føres til regnbed og/eller andre infiltrasjonsstrukturer (vadi, infiltrasjonsgrøft) for infiltrasjon og rensing. Her bør det legges til rette for å teste forskjellige filtermaterialer i regnbedet og vekstvilkår for planter som følge av f.eks. salting og andre forurensningsstoffer. Man kan også se for seg et antall bassenger/kontainere (4-6) lignende eksemplene i USA og Tyskland (Kap. 5.) hvor man kan bygge disse opp slik man ønsker og også kjøre parallelle tester. Ved bruk av fleksible prefabrikkerte enheter så kan det være muligheter for gjenbruk på andre lokasjoner også (**Figur 9**).



Figur 9. Eksempelskisse på fleksible regnbed bygd opp i prefabriserte betongenheter med mulighet for prøvetaking som del av demonstrasjons- og testanlegget (Skisse: Sogge Johnsen).

Flersesongtilpasset design

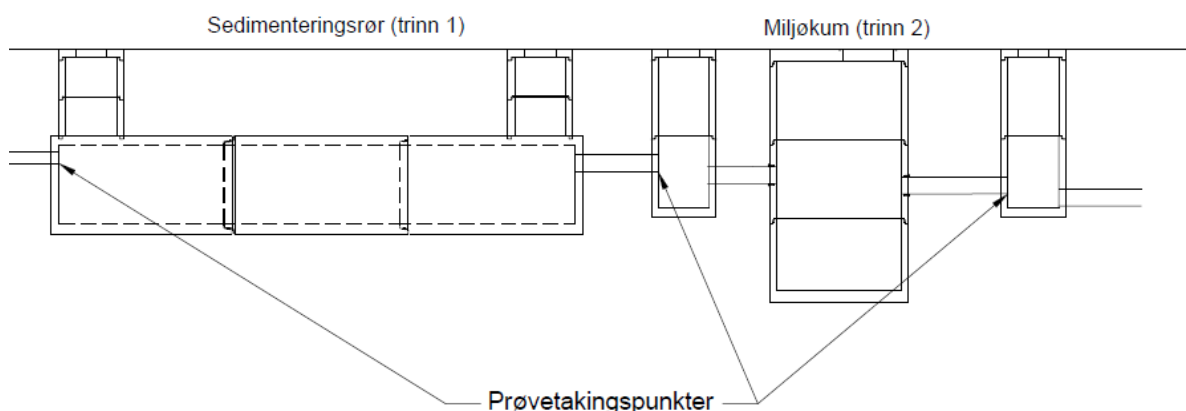
Det er viktig at demonstrasjons- og testanlegget har løsninger som fungerer også om vinteren slik at ikke smeltevann går urensset ut til fjorden. Anlegget må også ha løsninger for å lede vekk store vannmengder ved mer ekstreme nedbørshendelser (gjentakintervall > 20 år). Området ved Grønlia har pr. i dag lite marinbiologisk mangfold, men potensialet for å bedre forholdene for marint liv er stort (Rinde et al., 2019) og overvåking av hva som tilføres fjorden er anbefalt.

Kompakt renseløsning

Anlegget bør bygges med mulighet for uttesting av trinn 1- og trinn 2-løsninger for veivann (**Figur 10**) basert på rensekraft beskrevet i Statens vegvesens håndbok N200 Vegbygging (Statens vegvesen, 2018):

Trinn 1 baserer seg på sedimentering/forbehandling for tilbakeholdelse av de største sedimenterbare fraksjonene (f. eks. rørmagasin 5-10 meter)

Trinn 2 filtrering/ fjerning av løste forurensningsstoffer (3-5 kummer). Her vil nye filtermaterialer kunne testes ut i en fullskala situasjon slik at en kan dokumentere renseeffekten og basert på resultatene komme frem til nye og bedre løsninger for rensing av overvannet.



Figur 10. Kompakt rensesystem bestående av ulike betongelementer. Elementene kan fylles opp med ulike filtermaterialer eller sorbenter for rensing av løste forurensningsstoffer (skisse: Sogge Johnsen).

6.5 Instrumentering for basismålinger ved anlegget

Et demonstrasjons- og testanlegg for rensing av forurenset overvann fra tette flater bør ha et minimum antall målesteder som automatisk og med høy hyppighet kan måle vannkvalitet og vannmengder på innløp og utløp av anleggets testenheter. Stasjoner med måleinstrumenter kan utføres som flyttbare enheter eller moduler for å sikre fleksibilitet. Utformingen av flyttbare enheter kan for eksempel være små vanntette koffertyper (PeliCase), vanntette skap eller mindre containere, alt etter behov (**Figur 11**).



Figur 11. Måleinstrumenter kan plasseres i ulike flyttbare enheter etter behov.

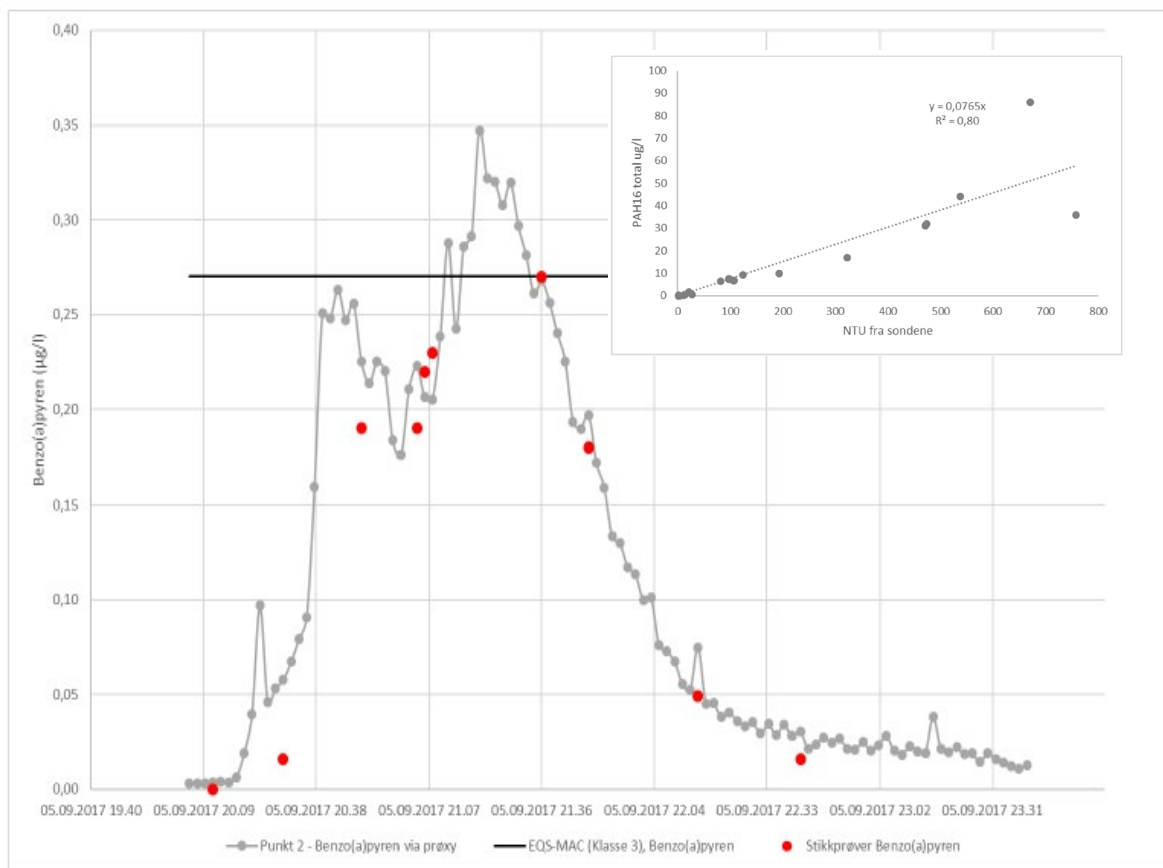
Innsamlede data bør samles på en sentral server eller sky og gjøres tilgjengelig med hjelp av en portal på internett. Visning av f.eks. kvalitetssikrede data kan gjøres åpent tilgjengelig for alle, mens rådata kan ha begrenset tilgjengelighet. På denne måten vil man kunne overvåke vannmengder, vannkvalitet og annen driftsdata inn og ut av anlegget kontinuerlig. Det vil også være mulig å lage varslinger ved overskridelse av grenseverdier eller driftshendelser hvis det er ønskelig. Visning av data åpent og tilgjengelig for andre vil kunne være nyttig tiltak for å spre kunnskap om overvann ut til ulike interessenter og brukergrupper. Et eksempel kan være bruk av data i undervisningssammenheng på ulike nivå.

Typiske vannkvalitetsparametere som måles ved bruk av sensorer er:

- temperatur
- ledningsevne
- pH
- redoks-potensialet
- turbiditet
- oksygen

Parametere for vannkvalitet kan måles med en multiparametersonde eller enkelt-sensorer. I tillegg bør det vurderes å inkludere in-situ fotometrisk sensor for måling av UV-spekter. UV-spekterdata kan brukes til måling av nitrogen- og karbonforbindelser (for eksempel SAC254), og det kan benyttes til å se etter mønstre i signalene som kan korrelere med andre forurensningsparametere.

Ved å koble sensordata og målinger av ulike forurensningsstoffer (som pr. nå ikke kan måles med sensor) kan det være mulig å etablere såkalt «proxy-sensorer» eller «virtuelle sensorer». Det fordrer at sensordata og målte forurensningskonsentrasjoner viser stor samvariasjon (korrelasjon). Et eksempel kan være at partikkelkonsentrasjonen målt som turbiditet ofte kan være godt korrelert med partikkelbundne stoffer som f. eks. PAH-er. Ved å benytte regresjons-formelen kan man da beregne konsentrasjonen av PAH ut ifra de hyppige turbiditetsmålingene. På den måten vil man ha høyoppløselige (og kostnadsbesparende!) data over PAH-konsentrasjonen gjennom avrenningsepisodene, noe man ikke kan oppnå gjennom vanlig vannprøvetagning. Se f.eks. NIVA-rapporten «Sensorbasert overvåking av nedbørstyrte utslipp til vann» (Sayfritz, 2018) hvor dette er gjort for å studere utslipp fra et industriområde og til elv. **Figur 12** viser et eksempel med PAH og turbiditet hentet fra nevnte rapport.



Figur 12. Eksempel som viser hvordan forholdet mellom sensorbasert måling av turbiditet og konsentrasjonen av PAH målt i stikkprøver (graf innfelt oppe til høyre) er benyttet til å estimere konsentrasjonen av PAH-en over tid (kopiert og modifisert fra (Sayfritz, 2018)).

Vannmengde er en viktig parameter for å bedømme mengden forurensning som transporteres inn og ut fra anlegget, og hvordan rensesystemer fungerer under test. Utvalg av måleprinsipper og konkrete instrumenttyper til måling av vannmengde vurderes i sammenheng med fysisk utforming av testfasilitetene og estimert vannmengde tilgjengelig fra arealene rundt anlegget. Ved måling av avrenning direkte uten mellomlagring av vann kan mengden variere sterkt. Testanlegget kan utformes slik at det er mulig å måle både avrenning direkte (gravity flow) eller oppsamlet vann som må pumpes aktivt gjennom.

Mulige instrumenter for måling av vannmengde er:

- Arealhastighetsmålere i delfylte rør
- Nivåsensor i forbindelse med en definert renne eller et V-overløp
- Ultralydmåler i helfylte rør, også som clamp-on-måler
- Tipping-bucket-måler for små vannmengder

Prøvetaking av vann kan i stor grad gjøres ved bruk av automatiske prøvetakere. Det fins et stort utvalg av forskjellige typer prøvetakere som kan:

- ta enkelt- og blandingsprøver etter eget oppsett (f.eks. basert på tidsintervaller eller målt vannføring)
- ha kjøling av oppsamlete prøver
- bruke peristaltisk pumpe eller vakuum til å suge inn vann
- ha mulighet for fjernstyring av start/stopp og/eller styring med hjelp av vannmengde- eller nedbørmåler
- bruke forskjellige materialer for prøveflasker og slanger tilpasset til de parameterne som skal analyseres

Det finnes også muligheter for passive vannprøvetagere med selvlukkermekanisme slik at man kan fange den første delen av en nedbør- og avrenningsepisode (**Figur 13**). Dette er et rimeligere alternativ enn automatiske prøvetakere, men har selvsagt en mer begrenset anvendelse sammenlignet med automatiske som f.eks. kan programmeres til å ta prøver etter gitte vannmengder eller tidsperioder.



Figur 13. Passiv vannprøvetager fra Nalgene som består av en flaske i glass til organiske stoffer (bilde til venstre) og flaske en i plast til uorganiske stoffer (bilde i midten). Flaskene kan plasseres i en egen beholder slik at de er mer beskyttet (bilde til høyre). Prøvebeholderne kan henges i avløpskummer, graves ned i flukt med bakken eller plasseres stående i kummer og bassenger. Flaskene er utstyrt med egen selvlukkermekanisme når flasken er fylt opp med vann (kilde: <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/1100-1000#/1100-1000>).

Nedbørsmengde bør måles direkte på stedet, mens andre vær- og klimaparametere kan hentes fra met.no (eller Statens vegvesen) sine nærmeste faste meteorologiske målestasjoner. Det kan også være nyttig å måle i jord eller annen substrat. For eksempel jordtemperatur og jordfuktighet. Nedenfor vises noen eksempler for måleinstrumenter i **Figur 14 - Figur 18**:



Figur 14 Til venstre: Multisensor kontroller (kilde: <https://www.ysi.com/5200A>), til høyre: Multiparameter sonde (kilde: <https://www.ysi.com/exo2>).



Figur 15 UV-spektralsensor (kilde: <https://www.trios.de/opus.html>).



Figur 16 Målestasjon med UV-spektralsensor og andre sensorer (kilde: <https://www.s-can.at/products>).



Figur 17 Areal/hastighet-flowmeter (til venstre) og v-overløp (til høyre) (kilde: [ISCO 2150](https://www.isco2150.com/), bilde fra [watec.it](http://www.watec.it), <https://www.openchannelflow.com/weirs/weir-boxes>).



Figur 18 Automatiske prøvetakere med peristaltisk pumpe og med vakuum (til høyre) (kilde: <https://www.yei.com/prosample>, <https://www.teledyneisco.com/.../portable-refrigerated-samplers>, <https://mjk.com/.../water-sampling>).

6.6 Økonomi, organisering og drift av anlegget

Økonomi og organisatorisk modell

Basert på eksempler fra andre land (Sverige, Tyskland, USA) finner vi at tilknytning til en forskningsorganisasjon eller universitet ser ut til å være fordelaktig for slike anlegg. Anlegget vil da trolig få en bedre utnyttelse, fordi det kan brukes i sammenheng med offentlig finansierte forskningsprosjekter, til industriell forskning, samt at det er enklere å involvere studenter. Forskningsorganisasjoner kan tilby forskningstjenester som utførelse av eksperimenter og analyse av data og også bruke det i utdanningen til studenter. Tilgang til, og involvering av, studenter vil også være en fordel for VA-bransjen med tanke på rekruttering av fremtidige medarbeidere.

Investeringer som kreves for å etablere et overvannstestsenter kan tenkes å finansieres fra forskjellige kilder: offentlige midler (kommune og stat), midler fra VA-bransjen og fra forskningsprosjekter. Det er også mulig å tenke seg en trinnvis utvidelse av testanlegget. Størrelsesorden av investeringsbehov vil avhenge om man ønsker å ha lab-fasiliteter, møterom eller andre fasiliteter. Anlegget vil også ha noen faste driftskostnader som særlig er knyttet til vedlikehold av anlegget og kontroll og drift av sensorer og prøvetagningsutstyr. Man kan gjøre som ved den svenske Test site E18 og velge et minimum med sensorer slik at det enkelte prosjekt som leier seg inn må stille med eget utstyr hvis de trenger andre typer data, ut over det utstyret som installeres og driftes av anlegget selv. For å holde driftskostnadene

lave er det gunstig hvis organisasjonen som drifter anlegget befinner seg i nærheten, slik at man unngår unødvendig reising.

Med tanke på at Grønlia bare kan være en midlertidig lokasjon, og det samme kan være tilfelle andre steder, bør man vurdere hvor mye av infrastrukturen som lar seg konstruere på en fleksibel måte, slik at den kan flyttes eller enkelt demonteres. Måleutstyret kunne f.eks. installeres i ulike mobile enheter som f.eks. skap eller container.

Forretningsmodellen kunne være ganske lik som eksemplene fra andre land. Brukerne av anlegget betaler leie og kan velge mellom ulike «servicenivå» som omfatter implementering og gjennomføring av eksperimenter, men også analyser og skriving av rapporter. Andre forretningsmodeller som f.eks. inkluderer en fast leieandel for hyppig bruk eller i en begrenset oppstartsfase, i tillegg til fakturering av timer og materialer etter behov, er også tenkbar.

Det vil være ulike økonomiske faser som del av etableringen av et (midlertidig) demonstrasjons- og testanlegg (investerings- og anleggsfase, driftsfase og eventuell nedriggingsfase med overføring til annen lokasjon). Kostnadsfordeling vil avhenge av hvem som er partnere. Som eksemplene fra utlandet viser og behovene i denne rapporten også understøtter, vil det være gunstig med et tverrfaglig etablert anlegg hvor ulike typer aktører er inne.

Drift og vedlikehold

Eksemplene fra andre land (kap. 5) viser at rutiner for drift og vedlikehold er viktig. Aspekter å vurdere for demonstrasjons- og testanlegg er: Hvilke funksjoner og oppgaver må som et minimum ivaretas for at anlegget skal fungere godt? Hva er typiske drifts- og vedlikeholdsoppgaver ved anlegget og hvilken driftsmodell er egnet? Hvilke kostnader må man regne med i drift? Og hvem skal stå for drift og vedlikehold? Eksemplene fra USA viser at for å få et godkjent testanlegg må rutiner for vedlikehold og drift beskrives. Eksemplet fra Tyskland viser en driftsmodell hvor anleggsansvarlig selv står for vedlikeholdet og deres tid til dette finansieres gjennom brukerne av anlegget. For anlegget i Sverige er det etablert en vedlikeholdsavtale med de som har vedlikehold på den nærliggende veien. Det må også etableres kvalitetssikringsrutiner og teknisk måleutstyr m.m. må ivaretas. Dette kan detaljeres som en del av forretnings- og driftsmodellen, inkludert samarbeidsavtaler med relevante partnere.

Forvaltning av data og resultater

Hvordan skal data og testresultater sikres, samt tilgjengeliggjøres og deles? I et anlegg som drives basert på samarbeid mellom det offentlige, private næringsliv og forskning kreves det en bevisst forvaltning av data og resultater. Et viktig premiss i anlegget i Sverige er at data og resultater skal gjøres åpent tilgjengelig. Det setter rammer for at de som ønsker å bruke anlegget for å kjøre tester m.m. Selv om data fra industriell forskning eies av virksomheten som har betalt for å utføre forsøk på testanlegget, kan man f.eks. gjennom avtaler for immaterielle rettigheter gjøre data åpent tilgjengelig etter en viss periode. En driftsmodell som kobler inn PhD-, MSc- og andre studenter, vil også bidra til at data blir fra anlegget blir publisert og åpent tilgjengelig.

Formidlingsmuligheter- og aktiviteter

For å bidra til å bevare og øke vannkvaliteten i Oslos urbane vannforekomster gjennom demonstrasjon og testing av overvannskvaliteter og rensemetoder, kreves en helhetlig strategi for anlegget. Det inkluderer å tilrettelegge for formidling som kan fremme forståelsen av hvor viktig det er å ha levende vannområder og koblingen til forurensset overvann. Formidlingstiltak rettet mot allmenheten bør tilpasses den endelige lokasjonen for stedsbasert formidling, i tillegg til mer generell formidling om tematikken. Noen mulige formidlingstiltak kan være informasjonspostere ved anleggstomta og webkamera fra området, samt mer aktive typer formidling som interaktive installasjoner og mulighet

til å gjøre mindre forsøk m.m. på anleggsområdet, hvilket vil kreve mer tilrettelegging. Formidlingstiltak kan utvikles etter hvert, men må tilrettelegges for og tas inn i organisasjons- og driftsmodellen: Hvem skal kunne besøke anlegget – når og hvordan? Hvem skal eventuelt ivareta besøkende? Som beskrevet tidligere så vil også publisering av måledata (historiske data og sanntidsdata) på internett være viktig med tanke på formidling og gjenbruk i f.eks. undervisning innen naturfag, matematikk og ingeniør- og teknologifag.

6.7 Effektmål og resultatmål for anlegget

Demonstrasjons- og testanlegget er tenkt å fylle flere funksjoner – for ulike brukergrupper - og innfri et sett effekt- og resultatmål. Med *effektmål* menes de ønskede langsiktige effektene og gevinstene av etableringen av et demonstrasjons- og testanlegg. Effektmålene angir formålet med å etablere et slikt anlegg og peker tilbake på de behov eller problemer som er grunnlaget. De langsiktige effektene skal være målbare etter at anlegget er avsluttet. Med *resultatmål* menes de kortsiktige effektene og gevinstene som er målbare i løpet av anleggets levetid og de mål som demonstrasjons- og testanlegget skal oppnå i sin levetid, og som understøtter de langsiktige effektmålene.

Basert på gjennomgangen og behovsbaserte konseptideer angir vi noen mulige resultat- og effektmål nedenfor. Dette er et innspill som må videreutvikles i en eventuell neste fase.

Effektmål (basert på identifiserte bruker- og kunnskapsbehov) for demonstrasjons- og testanlegget:²⁷

- Økt kunnskap og forståelse om overvannets kjemiske sammensetning over tid under norske forhold sammenlignet med i dag.
- Økt kunnskap om og bruk av kompakte og bærekraftige løsninger for håndtering og rensing av forurenset overvann i urbane områder under norske forhold sammenlignet med i dag.
- Skape nye forretningsmuligheter og stimulere til implementering av sirkulær økonomi, samt bidra til omstilling og det grønne skiftet i norsk næringsliv.
- Mindre utslipp og spredning av forurensing via urbant overvann til urbane vannforekomster, inkludert Indre Oslofjord sammenlignet med i dag.
- Bidra til å skape mer robuste urbane miljøer i et endret klima og økende grad av fortetting.
- Økt bevisstgjøring om urbant overvann som problem og mulig ressurs (f.eks. gjenbruk) sammenlignet med i dag.

Resultatmål som skal oppnås i løpet anleggets levetid (som understøtter effektmålene):

- Et visst antall²⁸ rapporter og vitenskapelige artikler som omhandler
 - ny kunnskap om overvannets kjemiske og fysiske sammensetning og egenskaper basert på forsøk og tester ved anlegget.
 - rensing av forurenset overvann fra urbane områder under norske forhold basert på forsøk og tester ved anlegget.
 - Muligheter for gjenbruk av rensed overvann
- Anlegget inngår i et visst antall masteroppgaver og PhD-avhandlinger knyttet til karakterisering, rensing og gjenbruk av urbant overvann.
- Utvikling og testing av et visst antall nye kompakte og bærekraftige renseløsninger for overvann ved anlegget.

²⁷ Vi skisserer her noen overordnede mulige effektmål som kan spesifiseres ytterligere også med tanke på størrelsesorden og målbarhet.

²⁸ Vi har valgt å ikke tallfeste målene på nåværende tidspunkt, men skissere overordnede mulige resultatmål som kan spesifiseres ytterligere.

- Forbedrede dimensjoneringskriterier for rensetiltak for norske forhold basert på resultater fra testanlegget.
- Teste muligheten for gjenbruk av renset overvann til ulike formål som vanning og urbant landbruk.
- Innsamlede måledata fra anlegget er gjort tilgjengelige i en sentral server eller sky og tilgjengeliggjort via en digital portal for bruk i forskning, forvaltning og formidling.
- Et visst antall nyetableringer av bedrifter innen renseløsninger og gjenbruk for urbant overvann som følge av demonstrasjons- og testanlegget.

7 Konklusjon og anbefalinger

Rapportarbeidet har avdekket at for å kunne utvikle og dimensjonere gode renseløsninger for urbant overvann under norske forhold, trengs det mer kunnskap om hvilke forurensningsstoffer og partikler som finnes i overvannet. Vi trenger mer kunnskap om mengder og konsentrasjoner av disse stoffene og partiklene, og vi trenger mer kunnskap om deres kjemiske og fysiske egenskaper. Et demonstrasjons- og testanlegg for urbant overvann i Oslo vil kunne spille en viktig rolle for å fremskaffe denne kunnskapen, og ikke minst vil et slikt anlegg være viktig for å kunne utvikle og teste ulike renseløsninger under mer realistiske forhold sammenlignet med tester utført i laboratorier. Vi mener også at et slikt anlegg vil være egnet for å utvikle og teste muligheten for å gjenbruke rensert overvann til andre formål som f.eks. vanning av grøntarealer og til bruk innen urbant landbruk.

I rapporten har vi brukt Skanskas eiendom ved Grønlia i Oslo havn som et eksempel på en mulig lokasjon for et demonstrasjons- og testanlegg. Det er imidlertid ikke noe i veien for at et slikt anlegg kan lokaliseres andre steder i Oslo så lenge man sørger for at området har overvann fra ulike arealtyper som gir en viss representativitet for ulike typer forurensing og kildegrupper. Anlegget trenger ikke å være permanent, men bør ha en viss varighet på den gitte lokasjonen som gir mulighet for å karakterisere overvannet, samt teste løsninger over tid for bl.a. å fange opp sesongvariasjoner og variasjoner mellom år. Vi mener et slikt anlegg må ha en stedsspesifikk varighet på minimum fem år, gjerne ti år. Ved Grønlia vil det skje en transformasjon av arealet fra industri/havn til boliger og rekreasjon de neste årene. Et demonstrasjons- og testanlegg ved Grønlia vil således være egnet for å studere endringer i overvannet som følge av denne transformasjonen i årene som kommer.

Anlegget bør være åpent slik at flere aktører innen både forskning og privat næringsliv kan gjennomføre forsknings-, utviklings- og innovasjonsaktiviteter (FOUI) innen overvannsproblematikk. For eksempel utvikling, testing og demonstrasjon av kommersielle renseløsninger eller utvikling av løsninger for gjenbruk av rensert overvann. Dette vil bidra til å stimulere til grønn vekst og sirkulær økonomi innenfor temaet urbant overvann, noe som til slutt vil kunne føre til en raskere implementering av bærekraftige løsninger for håndtering av forurenset overvann i Oslo og andre byer.

Et demonstrasjons- og testanlegg tuftet på åpenhet og samarbeid kan gi rom for nye måter å utforme tiltak på og gi nye perspektiver utover det hver enkelt aktør og institusjon kan utarbeide og komme fram til alene. Både forskning og innovasjon vil være avhengig av fleksibilitet og muligheter for kontinuerlig å jobbe på nye måter, og et testanlegg må ta høyde for dette. Prosjektet har sett på hva som er viktige og relevante komponenter i et slikt anlegg ut fra ulike brukergrupper, representert av aktørene i prosjektgruppa. Rapporten viser også eksempler på testanlegg i Sverige, Tyskland og USA. Detaljerte beskrivelser av organisasjon, økonomi og drift kan først gjøres i forbindelse med endelig valg av konsept, men et samarbeid mellom offentlige etater og academia vil være viktig for den daglige driften. Her kan man f.eks. se til hvordan dette er løst ved E18 testsite i Sverige, hvor det offentlige, med Trafikverket i spissen, bekostet byggingen av anlegget og står for driften.

Stedsspesifikke tekniske undersøkelser og spesifiseringer må tillegges en eventuell detaljprosjektering på aktuell lokasjon, men et demonstrasjons- og testanlegg bør utformes slik at man bl.a. har god kontroll på overvannets egenskaper inn og ut av anlegget. Videre bør det være mulig å teste ulike løsninger parallelt, noe som betyr at anlegget må ha et fleksibelt design. Et minimum av standard vannkvalitetssensorer og prøvetagningsutstyr for vannprøver må også inngå som standard

infrastruktur i anlegget. Mer avanserte sensorer og utstyr enn det som er standardutstyr må besørges av det enkelte prosjekt.

Selv om ikke alle mulige relevante forhold er berørt, viser rapporten potensiale og viktige hensyn å ta ved etableringen av et demonstrasjons- og testanlegg i Norge og Oslo. Viktige langsiktige effektmål vi har identifisert, og som kan detaljeres ytterligere og følges opp med resultatmål, er:

- Økt kunnskap og forståelse om overvannets kjemiske sammensetning over tid under norske forhold sammenlignet med i dag.
- Økt kunnskap om og bruk av kompakte og bærekraftige løsninger for håndtering og rensing av forurenset overvann i urbane områder under norske forhold sammenlignet med i dag.
- Skape nye forretningsmuligheter og stimulere til implementering av sirkulær økonomi, samt bidra til omstilling og det grønne skiftet i norsk næringsliv.
- Mindre utslipp og spredning av forurensing via urbant overvann til urbane vannforekomster, inkludert Indre Oslofjord, sammenlignet med i dag.
- Bidra til å skape mer robuste urbane miljøer i et endret klima og økende grad av fortetting.
- Økt bevisstgjøring om urbant overvann som problem og mulig ressurs (f.eks. gjenbruk) sammenlignet med i dag.

8 Referanser

- Akdogan Z, Guven B. Microplastics in the environment: A critical review of current understanding and identification of future research needs. *Environmental Pollution* 2019; 254: 113011.
- Amundsen CE, Roseth R. Utslippsfaktorer for forurensninger fra veg til vann og jord i Norge. Rapport Nr. 2004/08. Statens vegvesen, Oslo, 2004, pp. 70.
- Bell CD, Spahr K, Grubert E, Stokes-Draut J, Gallo E, McCray JE, et al. Decision Making on the Gray-Green Stormwater Infrastructure Continuum. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment* 2019; 5: 1-16.
- Cornelissen G, Pettersen A, Nesse E, Eek E, Helland A, Breedveld GD. The contribution of urban runoff to organic contaminant levels in harbour sediments near two Norwegian cities. *Marine Pollution Bulletin* 2008; 56: 565-573.
- Eriksson E, Baun A, Mikkelsen PS, Ledin A. Chemical hazard identification and assessment tool for evaluation of stormwater priority pollutants. *Water Sci Technol* 2005; 51: 47-55.
- Gjessing E, Lygren F, Andersen S, Berglind L, Carlberg G, Efraimsen H, et al. Acute toxicity and chemical characteristics of moderately polluted runoff from highways. *Science of The Total Environment* 1984; 33: 225-232.
- Hindar A, Garmo Ø, Meland S, Kringstad A, Skancke LB. Forurensningsregnskap Kristiansandsfjorden; kilder for PAH i Baneheia og Kvadraturen, samt analyse/modellering av løste og biotilgjengelige metaller i Baneheia. NIVA-rapport 7281-2018. Norsk institutt for vannforskning, 2018, pp. 35.
- Hindar A, Schøyen M, Jartun M, Rannekleiv SB. Overvannsavrenning av miljøgifter i Kristiansand by og elementer i et forurensningsregnskap for Østre havn. Pollutants in storm runoff in the city of Kristiansand and pollution accounting for the Eastern harbour (Østre havn). Norsk institutt for vannforskning, 2017.
- Hintz WD, Relyea RA. A review of the species, community, and ecosystem impacts of road salt salinisation in fresh waters. *Freshwater Biology* 2018; 0.
- Hvitved-Jacobsen T, Vollertsen J, Haaning Nielsen A. Urban and Highway Stormwater Pollution. Concepts and Engineering. Hoboken: CRC Press, 2010.
- Jartun M, Pettersen A. Contaminants in urban runoff to Norwegian fjords. *Journal of Soils and Sediments* 2010; 10: 155-161.
- Keith LH. The Source of U.S. EPA's Sixteen PAH Priority Pollutants. *Polycyclic Aromatic Compounds* 2015; 35: 147-160.
- Lindholm O, Endresen S, Tønder Smith B, Thorolfsson S. A193 - Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem. Nork Vann rapport. Norsk Vann, 2012.
- Lindholm O, Haraldsen S. Miljøgifter i overvann fra tette flater, renseanlegg og overløp – Case Indre Oslofjord. *Vann* 2013: 223-229.
- Lygren E, Gjessing E, Berglind L. Pollution transport from a highway. *Science of The Total Environment* 1984; 33: 147-159.
- Meland S. Ecotoxicological Effects of Highway and Tunnel Wash Water Runoff. 2010:25. Doktorgradsavhandling ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap (UMB), Ås, 2010, pp. 86.
- Meland S. Management of contaminated runoff water. Current practice and Future Research Needs. CEDR report. Conference of European Directors of Roads (CEDR), Brussels, 2016, pp. 84.
- Meland S, Rødland ES. Forurensning i tunnelvaskevann - en studie av 34 veitunneler i Norge. *Vann* 2018; 53: 54-65.
- Muller A, Osterlund H, Marsalek J, Viklander M. The pollution conveyed by urban runoff: A review of sources. *Science of the Total Environment* 2020; 709.

- Oral HV, Carvalho P, Gajewska M, Ursino N, Masi F, Hullebusch EDv, et al. A review of nature-based solutions for urban water management in European circular cities: a critical assessment based on case studies and literature. *Blue-Green Systems* 2020; 2: 112-136.
- Pitt R, Maestre A, Clary J. The national stormwater quality database (NSQD), version 4.02. International STormwater Database, 2018.
- Rietveld M, Clemens F, Langeveld J. Solids dynamics in gully pots. *Urban Water Journal* 2020; 17: 669-680.
- Rinde E, Sørensen ET, Walday MG, Fagerli CW, Christie H, Staalstrøm A, et al. Reetablering av biologisk mangfold i Oslos urbane sjøområder. NIVA rapport. Norsk institutt for vannforskning, 2019, pp. 78.
- Rise Gregersen E, Gaaserud-Pettersen I, Nordang Bye F. Rensebasseng i Region sør - Tilstandskartlegging 2015. Statens vegvesens rapporter Nr. 650. Statens vegvesen, Oslo, 2016, pp. 100.
- Rødland ES, Okoffo ED, Rauert C, Heier LS, Lind OC, Reid M, et al. Road de-icing salt: Assessment of a potential new source and pathway of microplastics particles from roads. *Science of The Total Environment* 2020: 139352.
- Saunes H, Værøy N. Undersøkelse av vegnære innsjøer i Norge. Vannkjemiske undersøkelser 2015/2016. Statens vegvesens rapporter Nr. 344. Statens vegvesen, Oslo, 2016, pp. 90.
- Sayfritz SJ. Sensorbasert overvåking av nedbørstyrte utslipp til vann - fagrapport. Norsk institutt for vannforskning, 2018.
- Sivertsen E, Bruaset S, Kvitsand HML, Azrague K. Overvann fra veg. Praksis, status og problemstillinger for vegeier. SINTEF, 2020, pp. 53.
- Solfjeld I. FOREVA - Fordrøyning, rensing og vanning. Lokal håndtering av overvann fra veg. Statens vegvesens rapporter Nr. 278. Statens vegvesen, Oslo, 2014, pp. 50.
- Spahr S, Teixidó M, Sedlak DL, Luthy RG. Hydrophilic trace organic contaminants in urban stormwater: occurrence, toxicological relevance, and the need to enhance green stormwater infrastructure. *Environmental Science: Water Research & Technology* 2019.
- Statens vegvesen. Håndbok N200 Vegbygging. Statens vegvesen, Oslo, 2018, pp. 308.
- Steinnes E, Salbu B. Trace elements in natural waters. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1995.
- Størdal I. Overvåking 2019 i vannforekomsten Oslo havn og by: Tiltaksområder og dypvannsdeponoet etter Ren Oslofjord prosjektet. NGI Rapport. Norges Geoteknisk Institutt, 2020, pp. 218.
- Vogelsang C, Kristiansen T, Singdahl-Larsen C, Buenaventura N, Pakhomova S, Eidsvoll DP, et al. Mikroplastpartikler inn til og ut fra Bekkelaget renseanlegg gjennom ett år. NIVA rapport. Norsk institutt for vannforskning, 2020, pp. 160.
- Vogelsang C, Lusher AL, Dadkhah ME, Sundvor I, Umar M, Rannekleiv S, et al. Microplastics in road dust – characteristics, pathways and measure. NIVA-report 7231-2018. NIVA / Tøi, Oslo, 2018, pp. 171.
- Wang M, Zhang DQ, Su J, Dong JW, Tan SK. Assessing hydrological effects and performance of low impact development practices based on future scenarios modeling. *Journal of Cleaner Production* 2018; 179: 12-23.
- Wik A, Dave G. Occurrence and effects of tire wear particles in the environment - A critical review and an initial risk assessment. *Environmental Pollution* 2009; 157: 1-11.
- Åstebøl SO. Overvåking av rensebasseng for overvann fra E6 Skullerudkrysset i Oslo, 2003 - 2004 (In Norwegian). Vegdirektoratet Utbyggingsavdelingens rapportserie. Statens vegvesen, Oslo, 2004, pp. 29.
- Åstebøl SO, Hvitved-Jacobsen T, Kjølholt J. NORWAT - Nordic Road Water: veg- og vannforurensning - en litteraturgjennomgang og identifisering av kunnskapshull. VD rapport. Nr. 46. Vegdirektoratet, Oslo, 2011, pp. 69.

Åstebøl SO, Paus KH, Robbe S, Ulland V, Lausund E. Tilstanden til rensebassenger i Norge. Statens vegvesen rapporter Nr. 212. Statens vegvesen, Oslo, 2013, pp. 29.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressursspørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no