



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2018 30 stp**  
Fakultet for realfag og teknologi

## **Evaluering av private fordrøyningsløsninger**

Evaluating stormwater attenuation devices built and  
maintained by private developers

**Leiv Petter Mjøs**  
Vann- og miljøteknikk



# Forord

Denne masteroppgaven er den avsluttende delen av et 2-årig masterprogram innen vann- og miljøteknikk ved NMBU. Oppgaven tar for seg to LOD-tiltak; grønt tak og fordrøyningsdam. Første del av oppgaven omhandler generell teori om overvannshåndtering, mens andre del presenterer og diskuterer data fra målinger gjort på de forskjellige LOD-tiltakene.

Oppgaven er gjort i samarbeid med Bergen kommune. Det rettes en stor takk til Bergen kommune for både bruk av utstyr, og ekstern veiledning gjort av Torstein Dalen.

Det rettes også en takk til hovedveileder ved NMBU, Vegard Nilsen. Og til slutt takk til familie og venner for støtte gjennom hele masterperioden.

Ås, 17. desember 2018

---

Leiv Petter Mjøs

## Sammendrag

Klimaendringer og stadig økende urbanisering vil føre til en økning av ekstreme klimahendelser som flom, styrtregn, stormflo, jordskred etc. For å begrense kostnadene dette vil påføre samfunnet, er det viktig at en allerede i dag dimensjonerer overvannsanleggene for den økende belastningen på miljøet. Dagens avløpsnett er i flere byer og tettsteder allerede overbelastet og ikke i stand til å håndtere overvannsmengdene under styrtregn. Det er derfor viktig å planlegge gode, lokale overvannsløsninger under utbygging av nye tomter.

Dagens håndtering av overvann lokalt er i hovedsak driftet og eid av privat grunneier. Det har tidligere vært gjort få undersøkelser på virkningsgraden og om de private anleggene fungerer etter hensikten. I denne oppgaven har en studert to forskjellige typer LOD-tiltak som kan være aktuelle for både mindre og større bygg, og sett nærmere på den tilbakeholdene effekten. Det er gjort avrenningsmålinger på et grønt tak ved Ikea Åsane, og ved en fordrøyningsdam i nærheten av Bergen lufthavn, Flesland.

Grønne tak kan bidra til å reetablere den naturlige vannbalansen og tilbakeholdingen av nedbør i urbane miljøer. Ved kortere nedbørshendelser, og minst mulig fuktighet i vegetasjonsdekke, vil grønne tak ha den beste virkningsgraden. Over lengre tid, og ved høy fuktighetsgrad, vil taket etter hvert bli mettet, og den tilbakeholdene effekten vil være begrenset, og i noen tilfeller hvor taket er mettet over lengre tid, lik null.

Fordrøyningsdammer kan være attraktive innslag i bybildet, og et yndet rekreasjonsmål hvis dimensjonert og planlagt riktig. Hvis fordrøyningsdammen er dimensjonert riktig (ut fra de lokale nedbørsforholdene) kan den fungere som et godt tiltak både for korte og lange nedbørshendelser, som vist i denne oppgaven. Det kreves tilgang til en del åpent areal ved etablering av en fordrøyningsdam, og grønne tak kan derfor være mer egnet i byer hvor tilgang grønne og åpne områder kan være begrenset.

# Abstract

Climate change will lead to an increase in extreme climate events such as floods, downpour, storm surges and landslides. Combined with ever-increasing urbanization the cost of such events are of growing concern. In order to limit this cost it is important to plan with the future in mind and dimension water plants to meet coming challenges. Today's wastewater network is already, in several cities and towns, overloaded and not able to handle the excess water quantities during downpour. It is therefore important to plan operational, efficient and local water runoff solutions during the development of new areas and property.

Today's handling of local runoff is mainly installed and handled by private landowners. Few studies have investigated the degree of effectiveness and functionality of these plants. This study therefore investigates two different types of LID solutions, which may be relevant for both smaller and larger buildings and, look in detail at their restraining effect. Data in the form of runoff measurements have been collected from both a green roof at Ikea Åsane, and from a attenuation pond near Bergen airport, Flesland.

Green roofs can help to re-establish the natural water balance and withhold rainfall in urban environments. During shorter rainfall and with a minimum amount of moisture in the roof vegetation, green roofs will have the greatest effect. However during prolonged rainfall and with a high amount of moisture in the vegetation, the roof will eventually become saturated, thereby limiting the restraining effect, and in some cases where the roof is saturated for a longer period of time, be equal to zero.

Attenuation ponds can be an attractive addition to a cityscape, and can become a favourite recreational area for citizens if dimensioned and planned correctly. This study shows that if properly designed (based on the local precipitation conditions), attenuation ponds can serve as a good measure for both short and longer rainfall. Access to green area is required when establishing a attenuation pond, therefore green roofs may be more suited in developed cities where green and open areas are limited.

# Innhold

Forord .....	1
Sammendrag .....	2
Abstract .....	3
Figurliste .....	6
1. Innledning.....	8
1.1 Bakgrunnen for oppgaven .....	8
1.2 Formål med oppgaven.....	8
1.3 Metode .....	8
2. Teori.....	9
2.1 Konvensjonell/tradisjonell overvannshåndtering og utvikling.....	9
2.2 Tiltak for håndtering av overvann .....	12
2.3 LOD-prinsipper og LOD-anleggstyper .....	13
2.3.1 Permeable flater .....	14
2.3.2 Steinfyllings- eller perkolasjonsmagasin .....	14
2.3.3 Fordrøyningsdammer/overvannsdammer .....	15
2.3.4 Overvannshåndtering ved tilfeldig oppdemning.....	16
2.3.5 Åpnede og lukkede bekker og grøfter .....	16
2.3.6 Overvannskanaler.....	16
2.4 Forurensinger i overvannet og forurensningsbegrensende tiltak.....	17
2.4.1 Fordrøyningsdammer som rensedammer .....	17
2.4.2 Forsedimentering .....	17
2.4.3 Gresskleddede forsengkninger.....	18
2.4.4 Grønne tak.....	18
2.4.5 Regnbed.....	19
2.5 Klimaendringer .....	20
3. Metode .....	22
3.1 Anlegg A – Grønt tak på IKEA Åsane.....	22
3.1.1 Vannføringsmålinger .....	22
3.1.2 Om anlegget .....	23
3.1.2 Driftsmessige forhold .....	24
3.2 Anlegg B - Bybane depot, Flesland .....	25
3.2.1 Vannføringsmålinger .....	25

3.2.2 Om anlegget .....	26
3.2.3 Driftsmessige forhold .....	26
3.3 Anlegg C – Råstølen .....	27
3.3.1 Vannføringsmålinger .....	27
4. Resultater .....	28
4.1 Vannføring .....	28
4.2 Utløp Ikea tak .....	29
4.2.1 14. september .....	29
4.2.2 16. september .....	30
4.2.3 17. september .....	31
4.2.4 25. – 26. september .....	32
4.2.5 27. september .....	33
4.3 Utløp bybane depot, Flesland .....	34
4.3.1 14. september .....	34
4.3.2 16. september .....	35
4.3.3 17. september .....	35
4.3.4 25. - 26. september .....	36
4.3.5 27. september .....	37
5. Diskusjon .....	38
5.1 Økonomiske og helsemessige effekter av LOD/LOH .....	38
5.2 Grønt tak ved Ikea .....	39
5.3 Åpen fordrøyningsdam ved bybane depot, Flesland .....	40
6. Konklusjon .....	42
7. Referanser .....	43

## Figurliste

Figur 1: Tradisjonell overvannshåndtering, hvor det søkes å lede vannet raskest mulig vekk i lukkede løsninger (Overvannsutvalget 2015)

Figur 2: Lokal overvannshåndtering, hvor bruk av lokale grønne elementer er i fokus (Overvannsutvalget 2015)

Figur 3: Tre-ledds strategien for overvannshåndtering (Lindholm 2014)

Figur 4: FNs prognose for framtidig nedbør (Kilde: <https://www.fn.no/var/globalis/storage/images/media/fn/images/temasider/klima/verden-i-aar-2100-infografikk/868637-1-nor-NO/Verden-i-aar-2100-infografikk.jpg>)

Figur 5: Nedbørsfelt for Ikea. Hentet fra Bergen kommunes VA-system

Figur 6: Nedbørsfelt for den sørlige fordrøyningsdammen ved bybane depot, Flesland. Hentet fra Bergen kommunes VA-system

Figur 7: Nedbørsfelt for steinfyllingsmagasin ved Råstølen. Hentet fra Bergen kommunes VA-system

Figur 8: Nedbør og avrenning med feilmålinger på Ikea taket

Figur 9: Nedbør og avrenning, med tilbakeholding på 63%

Figur 10: Nedbør og avrenning, med tilbakeholding på 71%

Figur 11: Nedbør og avrenning, med tilbakeholding på 21% ved 2-års regn

Figur 12: IVF-kurve for Bergen – Florida UIB, Bergen, Hordaland som viser at en nedbørshendelse på 74,2 mm i løpet av 840 minutter tilsvarer et 2-års regn (Kilde: Norsk klimaservicesenter, <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml>)

Figur 13: Nedbør og avrenning, med 0% tilbakeholding

Figur 14: Nedbør og avrenning, med 84% tilbakeholding

Figur 15: Nedbør og avrenning, med 75% tilbakeholding

Figur 16: Nedbør og avrenning, med 85% tilbakeholding



Figur 17: Nedbør og avrenning, med 80% tilbakeholding

Figur 18: Nedbør og avrenning med feilmålinger for bybane depot, Flesland

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunnen for oppgaven

Stadig flere kommuner søker å utnytte overvannet som ressurs (Bergen kommune 2005, Oslo kommune 2013, Trondheim kommune 2013). Hensikten er å skape bedre by- og bomiljø. Det innebærer at overvannet håndteres lokalt (på tomten som bygges ut).

Tre-ledds strategien for overvannshåndtering (Norsk vann rapport 162 «Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering») har vært normen for overvannshåndtering i over ti år. Første og andre ledd innebærer lokal håndtering av overvann fortrinnsvis ved hjelp av infiltrasjon. I Bergen kommune er lokal håndtering av overvann (fordrøyning og infiltrasjon) i hovedsak etablert og eid av private grunneiere. For å unngå at det blir overvannsproblemer på naboeiendommer og at nedstrøms kommunalt anlegg overbelastes er det nødvendig at de private anleggene fungerer etter hensikten. Virkningen av disse anleggene har imidlertid aldri vært undersøkt etter at de ble etablert. Det forventes at det i fremtiden blir langt flere private overvannsanlegg i takt med fortetting og nye utbyggingsområder.

## 1.2 Formål med oppgaven

Hensikten med denne oppgaven er å evaluere effekten av to typer lokalovervannshåndtering, åpen fordrøyningsdam og grønt tak, som er etablert i Bergen i henholdsvis 2016 og 2011. Lokale fordrøyningsløsninger etablert av ikke-kommunale utbyggere er i liten grad evaluert i Bergen.

## 1.3 Metode

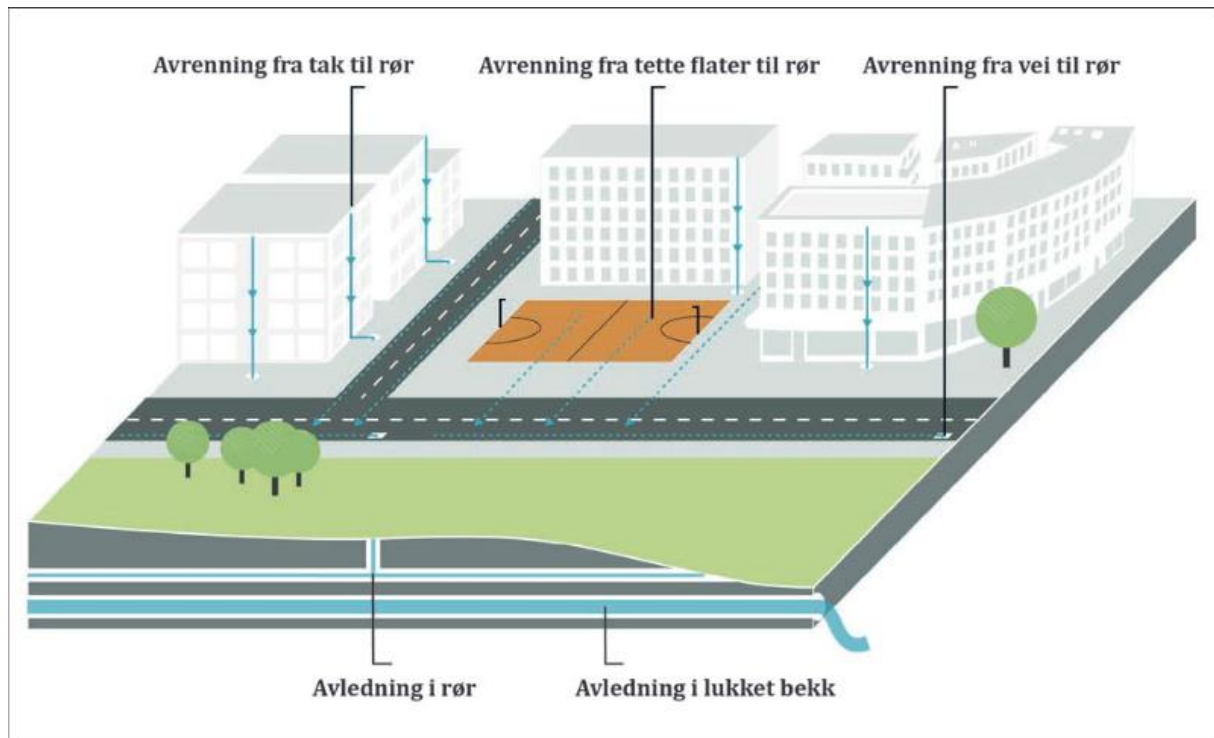
Det er mange aspekter ved lokal overvannshåndtering som vil være interessante å evaluere, slik som etableringskostnader, driftskostnader, hydraulisk ytelse, i hvilken grad de "bidrar til å utnytte overvannet som en ressurs", m.m. Denne oppgaven begrenser seg til å evaluere den tilbakeholdende effekten og i hvilken grad tiltakene bidrar til å redusere faren for flom og belastningen på nedenforliggende overvannsanlegg/resipient. Anleggene er kartlagt og evaluert mtp. hydraulisk ytelse.

## 2. Teori

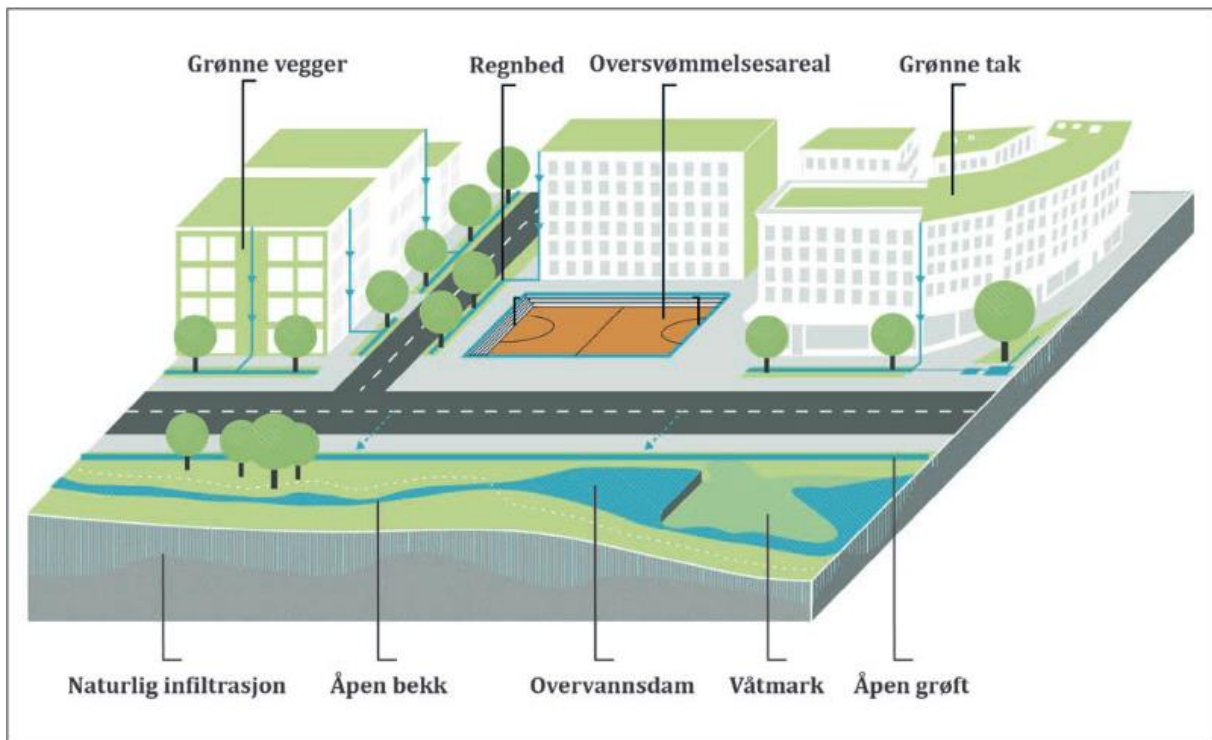
### 2.1 Konvensjonell/tradisjonell overvannshåndtering og utvikling

Å sikre god vannkvalitet har alltid vært en utfordring i samfunnet. I takt med befolkningsveksten i storbyer som London og Paris, økte også forekomsten av vannbårne epidemier som kolera, og behovet for systemer til å fjerne og utnytte overvannet ble enda tydeligere. Mye av dagens infrastruktur bærer preg av denne tiden, da man trodde at sykdommer spredde seg gjennom vanndamp og «dårlig/giftig luft». Det var først i senere tid at man oppdaget at slike sykdommer ble spredt gjennom patogene organismer (Dreiseitl et. al. 2016).

Den tradisjonelle måten å håndtere overvann på var derfor å lede vannet raskest mulig vekk fra befolkningen, gjerne gjennom ledningsnett i bakken, noe en fortsatt praktiserer i stor grad i dag. Vannet ble ofte ført til elver eller andre åpne vannløsninger, som igjen førte til nedsatt grunnvannskvalitet.



Figur 1: Tradisjonell overvannshåndtering, hvor det søkes å lede vannet raskest mulig vekk i lukkede løsninger (Overvannsutvalget 2015)



Figur 2: Lokal overvannshåndtering, hvor bruk av lokale grønne elementer er i fokus (Overvannsutvalget 2015)

Denne tradisjonelle metoden for å håndtere overvann finner vi fortsatt over hele verden, og er delt opp i to ledningssystemer. Et system hvor spillvann og overvann fraktes i en fellesledning, og et annet system hvor spillvann og overvann transporteres i separate ledninger (Kunduraci 2016). Hensikten med denne praksisen var ikke bare å beskytte befolkningen mot sykdommer, men også å gi sikkerhet mot oversvømmelser og sikre gode urbane miljøer.

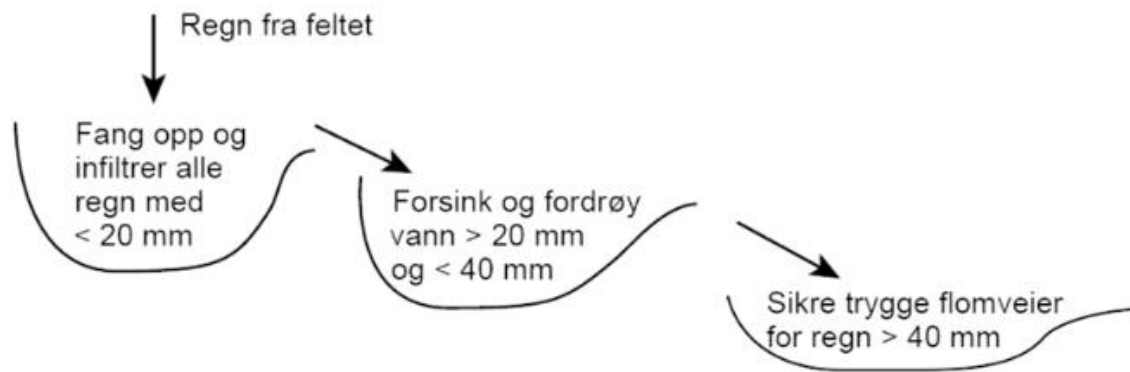
En slik måte å håndtere overvannet på resulterer ofte i flere problemer. Vannet som går i overløp kan være sterkt forurenset og føre med seg tunge metaller og oljeholdige stoffer fra urbane områder, da det normalt ikke blir rensset. Det er blitt mer og mer vanlig å sette krav til rensing av overvann ettersom man har fått mer kunnskaper om betydningen av forurenset overløpsvann og overvann. Denne tradisjonelle håndteringen av overvann kan også føre til økt overflateavrenning, da det ikke søkes å utnytte de lokale grøntområdene og permeable flatene. Dette fører vanligvis til en økning av tette flater, som igjen øker avrenningen og belastningen på de kommunale overvannssystemene som igjen fører til flere tilfeller med oversvømmelser og flom. Dette tradisjonelle systemet kan altså virke mot sin hensikt.

Stadige klimaendringer har ført til en økning av nedbørshendelser og intensitet, og lukkede ledningssystemer har da vist at kapasiteten ikke er tilstrekkelig for å håndtere slike

overvannsmengder. Dette har i flere tilfeller ført til oppstuvning og lokale oversvømmelser som igjen har ført til skader på bygninger og lokale områder. Fortetting av eksisterende bebygde områder og utbygging av nye områder har ført til større andel tette flater som igjen fører til økt avrenning da en får en reduksjon av vegetasjon, trær og naturlig permeabel grunn. Naturlige flomveier blir ofte redusert eller fjernet. Et eksempel på konsekvensene av dette og endringene i nedbørshendelser, er de gjentatte oversvømmelsene av fotballbanene ved Fysak Allaktivitetshus i Bergen. Ifølge de lokale kan vannstanden her bli så høy at det kan være farlig for barn å ferdes i nærheten av banen (Bergens tidende 2018). Slike oversvømmelser forventes å koste Norge 1,6 til 3,6 milliarder kroner per år i fremtiden (Overvannsutvalget 2015).

Det har derfor blitt mer vanlig i Norge og internasjonalt å ta i bruk lokal overvannshåndtering (LOH/LOD – lokal overvannsdisponering). Dette systemet er mer bærekraftig og miljøvennlig, og søker å utnytte de lokale ressursene i form av tilgjengelig grøntareal og lokale forhold, slik at en kan utnytte leddene i 3-ledds strategien (Alkhatat 2016). Ideen om et økende behov for mer bærekraftige systemer, på bakgrunn av økende tette flater som vil føre til oversvømmelser har vært kjent lenge (Leopold 1968).

Lokal overvannshåndtering baserer seg på løsninger som bevarer den naturlige vannbalansen i området. Dette oppnås ved å la vannet finne den mest naturlige veien til grunnen eller resipienten ved å ta i bruk dammer, åpne vannveier og infiltrerbare flater. Treleddstrategien som vist i figur 3 har som mål å bevare det estetiske og biologiske mangfoldet i naturen, og lede vannet på en trygg måte slik at en unngår skader ved større nedbørshendelser. Dette oppnår en ved å infiltrere mindre nedbørsmengder lokalt, for så å forsinke og fordrøye større nedbørsmengder når infiltrasjonskapasiteten er mettet. Dette vannet føres via åpne vannveier eller dreneringsanlegg i form av forskjellige typer fordrøyningsmagasin. Til slutt sikrer flomveiene at de største nedbørsmengdene ledes bort (Ødegaard 2014).



Figur 3: Tre-ledds strategien for overvannshåndtering (Lindholm 2014)

## 2.2 Tiltak for håndtering av overvann

Når en skal planlegge og håndtere overvann er det et par prinsipper det er viktig å følge. Det er derfor viktig at alle fagfelt som påvirker overvannshåndteringen samarbeider, slik som arealplanlegging, landskapsplanlegging og vann- og avløpsplanlegging. Tradisjonelt er den vanligste måten å føre vannet til gatesluk og videre i nedgravde rør. Da kan det være nødvendig å rense overvannet før utslipp til resipient. For å unngå forurensning av overvannet kan det være nødvendig å innføre preventive tiltak slik at vannet i utgangspunktet ikke blir tilført de forurensende stoffene. Slike tiltak kan enten være forbehandlingsmetoder som for eksempel olje- og sandfang eller forskjellige typer bassenganlegg, eller mer omfattende tiltak med høyere renseseffekt som for eksempel vått overvannsbasseng utformet som teknisk anlegg. Valg av rensemetode er basert på innholdet av flytestoffer (olje), partikler (partikkelbundne forurensninger) og oppløste tungmetaller i overvannet (Statens vegvesen 2017).

Overvann som en ressurs, spesielt på grunn av bymiljøet, er viktig å se på når en planlegger og behandler overvann. Vann oppleves som et positivt element i bymiljøet. Den optimale løsningen vil være å håndtere overvannet som en synlig del av bybildet og vassdraget. Det vil si at en utnytter overvannet for bruk til rekreasjonsformål og som et positivt element i bybildet. Løsninger som dammer og åpne vannveier bør prioriteres da det kan redusere kostnader for håndtering av overvann og tilføre kvaliteter til omgivelsene. Dette vil også styrke det biologiske mangfoldet i bymiljøet. Løsningene som en velger må tilpasses lokale behov og

forutsetninger. De skal fungere godt både sommer og vinter, ved flom, vanlig nedbør og i tørrvær.

Ved å optimalisere bruken av lokale og åpne overvannsløsninger kan problemer med forurensninger fra økte flomskader og overløpsutslipp reduseres uten å investere store summer i kostbare ledningsnett. (Arbeidsgruppe for permeable dekker av belegningsstein i Norge 2012). For å optimalisere bruken er det viktig etablere et godt kunnskapsgrunnlag, slik at en ut fra målinger og beregninger kan velge den best egnede anleggstypen. En god forståelse av avrenningsmønstre og lokale forhold vil gjøre dette enklere.

Valg av anleggstype baserer seg på plasseringen (mot slutten av systemet eller nær kilden) av overvannsanlegget i avrenningssystemet. Derfor er det viktig å tenke på hva en ønsker å oppnå ved utformingen av overvannsanlegget. De vanligste formålene med et overvannsanlegg er; unngå oversvømmelser, legge til rette gode forhold for fugle- og dyreliv, øke vannkvaliteten i resipienten, redusere fare for ras og erosjon i bekkedaler og unngå overbelastning av ledningsnett. Ved overbelastning av ledningsnett kan det oppstå kjelleroversvømmelser og overløpsutslipp. Det er derfor vanlig å stille strenge krav til lokale overvannsanlegg som ønsker å koble seg på ledningsnett.

Lokale forhold spiller også en stor rolle for valg av overvannsanlegg. For eksempel i områder hvor en finner leire i grunnen vil det være ugunstig å prøve å infiltrere overvannet, da leire har liten til nærmere ingen infiltrasjonsrate, basert på innholdet av leire i jorden (Solheim 2017). I avrenningsområder med høy forekomst av bakterier er det som regel ikke aktuelt å tillate bading i dammer da dette kan være helsefarlig. En kan heller ikke anlegge «våte» dammer i områder hvor grunnen har høy permeabilitet uten tetting (Ødegaard 2014).

### 2.3 LOD-prinsipper og LOD-anleggstyper

Det finnes en rekke ulike prinsipper å velge mellom når en skal velge LOD-prinsipp. Det er viktig å tenke hvilke prinsipper det er hensiktsmessig å kombinere sammen, slik at en oppnår ønsket resultat (minst mulig reduksjon av grønt areal, god motstandsdyktighet mot oversvømmelser etc.).

### 2.3.1 Permeable flater

Når en leder overvann fra tak til infiltrasjonsflater bør flaten være ca. 1-2 ganger større enn takflaten. Tiltak for å håndtere overskuddsvann når en infiltrerer i gressflater må anrettes slik at en ved tilfeller hvor kapasiteten overskrides, eller det normale vannløpet tettes til av snø og is, har tilstrekkelig kapasitet. Dette kan oppnås ved å for eksempel koble en kum med steinsatt bunn til overvannsnett. For å unngå erosjon og at overvannet renner ned til naboen bør det brukes porøse belegg der det er mulig. Underlaget bygges da med grovere materialer som lett slipper gjennom vann, som også kan komplementeres med et fordrøyningsmagasin.

Hvis det ønskes porøse flater, er den enkleste måten å gjøre dette på å la være å tette flaten ved for eksempel asfalt. Dette kan vise seg å være vanskelige i tettbygde strøk da vedlikeholdet på grusflater i forhold til asfaltflater ofte kan være meget krevende både fra et økonomisk og tidskrevende perspektiv. Men i industrien finnes det to typer porøse asfalttyper (enhetsoverbygning og drengasfalt) som kan brukes. Ved bruk av drengasfalt er det bare det øverste sjiktet i asfaltlaget som er porøst, mens det ved bruk av enhetsoverbygning brukes en porøs vei-overbygning i flere lag. Under den porøse flaten vil man installere en drengledning som vil drenere overvannet vekk. Slike porøse flater kan bare installeres der man har en permeabel grunn. I områder hvor en har leirholdig grunn vil det derfor være ugunstig med en slik løsning.

Over tid vil asfalten bli tett av finstoffer fra avrenningen og trafikk som vil begrense infiltrasjonsevnen etter hvert. Da kan det være nødvendig med bruk av vakuumbørstøvsuger for å suge opp partikler og forlenge levetiden til asfalten. På grunn av gjentettingsfaren bør porøs asfalt bare brukes i områder hvor en har lite trafikk. Fra tidligere har man erfart at porøs asfalt kan, ved godt vedlikehold, holde på infiltrasjonsevnen i 15-20 år uten problemer i områder som egner seg for slik overvannshåndtering (Arbeidsgruppe for permeable dekker av belegningsstein i Norge 2012).

### 2.3.2 Steinfyllings- eller perkolasjonsmagasin

Fordrøyningsmagasin som en fyller med grovt steinmateriale som f. eks grus eller pukk kalles steinfyllingsmagasin. Innenfor avløpsbransjen er det vanlig å bruke betegnelsen «perkolasjonsmagasin» for denne typen magasiner. I porevolumet i fyllingsmassene finner man det «frie» volumet i magasinet, volumet som vil ta opp overvannet. Vanligvis ligger porevolumet i steinfyllingsmagasin på ca. 30 %. Ved bruk av plastkassetter som



yllingsmateriale kan en utvide volumet opp mot 95 %. Denne typen magasin er et alternativ når en ikke har mulighet til å lede ikke-forurenset overvann, f. eks fra tak eller større tette flater, ut på en gresskledd eller porøs flate. Den vanligste metoden for å tømme et steinfullingsmagasin er ved å enten la vannet perkolere ut i omgivelsene, eller ved kontrollert avtapping via et spesiallaget dreneringssystem. En kan også bruke en kombinasjon av disse metodene. Når en skal velge om det er nødvendig å bruke et slikt magasin er grunnvannsspeilet avgjørende, da grunnvannstanden må ligge under bunnen av steinfullingsmagasinet for at løsningen skal få full effekt.

Ved bruk av slike magasiner, hvor en har porevolumer til magasinering av overvann, vil det alltid være en fare for gjentetting. Derfor er det viktig at overvannet som behandles i alle slike typer magasiner gjennomgår en viss form for filtrering. Hvis ikke kan omkringliggende jordmateriale trenge inn eller partikler bli ført med overvannet til magasinet og akkumulere og tette porene. Da vil både kapasiteten og levetiden (20 - 30 år ved normalt vedlikehold) til magasinet reduseres. For å unngå gjentetting er det derfor viktig å installere riktig dimensjonerte sandfangere og oljeavskillere før overvannsmagasinet. I magasiner hvor en har finkornet materiale bør det brukes en fiberduk rundt magasinet (Statens vegvesen 2014).

### 2.3.3 Fordrøyningsdammer/overvannsdammer

En annen mulighet for å dempe flomtopper, er å bygge fordrøyningsdammer med permanent vannspeil. Med permanente vannspeil menes det at en opprettholder en minimumsdybde i dammen, både i tørrværs- og nedbørsperioder. Avrenningen er dimensjonerende for fordrøyningsvolumet (tilført overvann som kan magasineres mellom laveste og høyeste vannstand) i dammen, som tilpasses kapasiteten i mottakende resipient eller nedstrøms ledningsnett. Fordrøyningsvolumet er den viktigste dimensjonerende faktoren, men utformingen av dammen vil ha stor betydning for funksjoner som drift, estetikk, sikkerhet og renseseffekt. For å fange opp uønskede forurensninger og olje fra industriområder kan en benytte seg av åpne dammer. Da er det viktig at dammen dimensjoneres riktig slik at en oppnår optimal renseseffekt.

Åpne dammer kan være attraktive innslag i bymiljøet hvis de er utformet riktig. Hvis dammen ligger i nærheten av tur- eller gangsti, bør det vurderes å sette opp et gjerde på grunn av sikkerhetsmessige grunner. I mindre bebygde områder kan det være tilstrekkelig å sette opp hekker eller tilsvarende tiltak.

Slike dammer må ha regelmessig drift og vedlikehold. Problemer med eutrofiering i form av algevekst er et vanlig fenomen i fordrøyningsdammer. Det må derfor ses nøye på nødvendigheten og kostnadene ved utbygging av en slik dam (Banach og Fjeldhus 2016).

#### 2.3.4 Overvannshåndtering ved tilfeldig oppdemning

I områder med lite trafikk kan det være gunstig å fordrøye overvannet på overflaten i kortere perioder. På denne måten øker en tilrenningstiden og overvannet kan ledes til en overvannsledning med tilstrekkelig kapasitet. Dette gjøres ved tetting eller struping av sluk i rennesteinen. Før man tetter sluket permanent bør man tette midlertidig ved en plate eller lignende, slik at en kan skaffe seg erfaringer med hvilke effekter tettingen medfører. Den gjøres så permanent ved f. eks fjerning av sluket. Ved tetting er det viktig at rennesteinen har nok helning slik at vannet kan strømme forbi sluket som er tettet og videre til neste sluk. Ved struping av sluk kreves det en del vedlikehold da platene som brukes til dette har små hull som fort kan gå tett på grunn av partikler og lignende som blir ført med overvannsavrenningen (Ødegaard 2014).

#### 2.3.5 Åpnede og lukkede bekker og grøfter

Ved planlegging og utbygging av nye områder bør en alltid se etter muligheter for å avlede overvannet til vassdrag, grøfter og bekker. Det bør også undersøkes om det tidligere har vært brukt åpne grøfter eller bekker i området, som kan gjenåpnes og brukes for avledning av overvannet. En må da se på avrenningsmengden i området og infiltrasjonskapasiteten i grøftene og bekkene, da en ukontrollert tilkobling av overvann kan gi erosjonsskader og oversvømmelser.

#### 2.3.6 Overvannskanaler

Å anlegge åpne kanalsystem for avledning av overvannet inne i bebyggelsen kan være aktuelt i spesielle tilfeller. Dette kan være en løsning hvis man vil synliggjøre overvannet for å profilere det aktuelle området, eller i områder hvor de topografiske forholdene gjør det nødvendig eller gunstig å anlegge åpne kanaler. Det er viktig at kanalsystemet utformes slik at det ikke er til hinder for eiendommene rundt, spesielt hvis det er personer med bevegelsesproblemer i bebyggelsen. Hvis det anses som nødvendig (hvis ulykkesrisikoen er høy) bør det iverksettes spesielle tiltak i form av beplantning, gjerder og lignende.

Åpne overvannssystemer trenger som regel mer vedlikehold enn tradisjonelle overvannssystemer da de har en tendens til å bli oppsamlingssteder for søppel, papir etc. Hensikten med et åpent overvannssystem er å lede bort overvannet og forsinke avrenningen slik at en ikke overskrider kapasiteten til nedenforliggende overvannssystemer eller resipienter.

## 2.4 Forurensinger i overvannet og forurensningsbegrensende tiltak

Forurensning fra tette flater i urbane områder kan være et betydelig problem ved håndtering av overvann. Miljøgifter fra kilder som avgasser fra kjøretøy og maskiner, fyring og forbrenning av organisk stoff, rester fra produkter, nedslitning og korrosjon av produkter fra bygninger, vegdekker, kjøretøy og andre konstruksjoner bygger seg opp i tørrværsperioder. Når avrenningen skjer på grunn av nedbør eller snøsmelting, vil de avsatte stoffene renne ned i avløpssystemet eller overvannsledninger. Konsentrasjonen av hver enkelt miljøgift vil variere ut fra nedbørsfeltet, da hovedsakelig bebyggelsen og mengden trafikk i nedbørsfeltet. I forbindelse med rensing av overvann er det miljøgiftene det settes mest fokus på, selv om konsentrasjonene av tradisjonelle forurensningsparametre (organisk stoff, suspendert stoff og næringsstoffer) kan være svært høye.

### 2.4.1 Fordrøyningsdammer som rensedammer

Når en skal rense overvannet ved bruk av fordrøyningsdammer er det tørrværsvolumet i dammen som er den viktigste parameteren, men et godt samspill mellom tørrværsvolumet og fordrøyningsvolumet vil bidra til det beste resultatet. Forurensning er i hovedsak grundet fine partikler i avrenningen, derfor bør en søke god bunnfelling av partikler i slike dammer. Andre viktige faktorer vil være høyt opptak av oppløste stoffer i vannplanter og god adsorpsjon av forurensninger til faste overflater som bunnsediment og planter. På grunn av potensielt høye verdier av organisk stoff fra forurenset overvann har det en tendens til å utvikle seg plante- og dyreliv. Da kan dammen bli et attraktivt innslag i bymiljøet.

### 2.4.2 Forsedimentering

Forsedimentering er et godt supplement til fordrøyningsdammer, slik at en kan holde tilbake grove partikler som ikke tilbakeholdes av sandfangeren. Da er det viktig med en god sandfanger med oljeavskiller før vannet renner inn. Forsedimenteringen kan enten plasseres

separat fra hoveddammen eller integreres sammen som en løsning. For å bidra til en god fordeling av vannstrømmen i bassenget, samt unngå erosjon, installeres det en skjerm etter innløpet. I bunnen bør det installeres en bunnplate slik at oppsuging eller skraping av slammet enkelt kan fjernes ved hjelp av maskinelt utstyr. Ved dimensjonerende vannføring bør oppholdstiden i forsedimenteringen være i minst 5 - 8 minutter.

#### 2.4.3 Gresskleddede forsenkninger

For å fange opp vann fra industriområder, større boligområder, parkeringsarealer og langs veier med selvføll kan det konstrueres vegetasjonskanaler i grønne områder. Forsenkningen i kanalen bør da ha en liten helning i avrenningsretningen, slik at vannet renner i ønsket hastighet. Helningen må likevel ikke være for bratt, slik at sidene kan slås ved hjelp av maskin. Da vil vannet infiltreres og fordrøyes før det oppsamlede vannet transporteres videre til nedstrøms resipient eller overvannssystem. Vannet vil også gjennomgå noe rensing i løpet av denne prosessen. Nedstrøms forsenkningen plasseres det en kuppelbrønn som leder overskuddsvannet til nærmeste resipient eller det kommunale ledningsnett. Vegetasjon i bunnen vil ha en bremsende effekt på det oppsamlede vannet og føre til en reduksjon av flomtoppen. Det vil også kunne føre til en sedimenteringseffekt av partikulært materialet. Hvis de stedlige massene har god nok infiltrasjonsevne vil de kunne øke infiltrasjonen i kanalen. Kanalbunnen underbygges ofte med filtermedier eller grovere masser slik at en også kan øke fordrøynings-effekten. Denne løsningen egner seg god som en forbehandlingsenhet for andre overvannshåndteringstiltak, da en gjennom sedimentering og filtrasjon i kanalen vil fjerne mye partikulært materiale. Den løste delen av forurensningen vil bli ført videre med vannet (Åstebøl og Paus 2015).

#### 2.4.4 Grønne tak

Når en skal håndtere overvann fra tak er den vanligste metoden å lede vannet via nedløpsrør og takrenner til overvannsledningssystemet i kommunen. Denne avrenningen skjer meget fort, og påfører overvannssystemet veldig høy belastning over korte perioder. Dette kan løses ved å installere et «nedløpsrørsutkast» på nedløpsrøret, som vil lede vannet til en hensiktsmessig infiltrasjonsflate ved hjelp av renner av naturstein, betong etc. På denne måten kan man redusere belastningen på det kommunale overvannsledningssystemet. For å unngå fuktskader må man sikre at vannet ikke renner ned langs grunnmuren.

De siste årene har bruk av grønne tak hatt en økende trend, spesielt i Storbritannia, Sverige og England, hvor en har hatt meget gode erfaringer. I Norge har en også tatt i bruk grønne tak, som for eksempel ved IKEA Åsane. Når en anlegger grønne tak legges det normalt et tynt lag med vegetasjonsdekke over asfalteringen på taket, som forsinker og fordrøyer overvannet. Noe blir også tatt opp og holdt igjen av vegetasjon på taket. Det finnes tre typer tak som brukes kommersielt, intensive, semi-intensive og ekstensive tak (Noreng, K. et. al 2012).

Ved bruk av intensive tak, legger man et vegetasjonsdekke på 15 – 40 cm, nærmest som et rent hageanlegg. Dette krever mye vedlikehold og inneholder flere arter. Semi-intensive tak bygger dekke på ca 13-23 cm, og er en mellomting mellom et intensivt og ekstensivt tak.

Ekstensive tak, eller sedumtak, domineres av sedumarter. Denne typen tak krever lite vedlikehold sammenliknet med intensive og semi-intensive tak, da sedumartene tåler lange perioder med tørke og næringsfattig jord. Vegetasjonsdekke på sedumtak har tykkelse på 3 – 4 cm som en legger over et drenerende sjikt med tykkelse 1 – 2 cm. Ved bruk av slike tak anbefales det å alltid bruke en rotsperre, da det, selv ved bruk av tak som har dokumentert rotmotstand, alltid er en risiko for at uønsket vegetasjon slår rot (Takprodusentenes Forskningsgruppe og SINTEF Byggforsk 2013).

Erfaringer viser at over lengre tid, ca. et år, vil det grønne taket kunne holde tilbake opptil halvparten av nedbøren. Dette varierer basert på nedbørsområdene, da målinger viser at en ved lengre perioder med regn oppnår metning i vegetasjonsdekket som vil begrense fordrøynings-effekten.

Det forutsettes at konstruksjonen er dimensjonert for ekstrabelastningen og at taket ikke har for mye helning. I store bygg har man ideelt sett flatt tak, med kanaler som leder vannet til overvannssystemet i bygget. Overvannet ledes så til nærmeste resipient eller kommunale ledning.

#### 2.4.5 Regnbed

Regnbed er et tiltak for lokal håndtering av overvann som egner seg i alt fra urbane områder til gårdsplasser og veier. Det kan også plasseres ved eksisterende bebyggelse og bidra som et attraktivt tilskudd i bomiljøet. Vanligvis dimensjonerer man regnbedet for å håndtere mindre nedbørsmengder, som det første leddet av treleddstrategien. Regnbed bidrar til oppsamling,

infiltrering og fordrøyning av overvann, og kan tilpasses terrenget hvor en ser behov for håndtering av overvann. Fordelen med regnbed er at det etterligner det hydrologiske kretsløpet som kan bidra med å øke det biologiske mangfoldet i området. Hvis forholdene ligger til rette for det, kan man også etterfylle grunnvannet hvis de stedlige massene har tilstrekkelig infiltrasjonsevne.

Når en konstruerer en regnbed legger man et vegetasjonslag over ett underliggende filtermedium. Dybden på filtermediumet varierer vanligvis fra 50 – 80 cm. Det kan være nødvendig å underdrenerer regnbedet i områder hvor de stedlige massene har liten infiltrasjonsevne. Da plasserer man et perforert drenerør i den grovere massen i bunnen av regnbedet (Braskerud og Paus 2013).

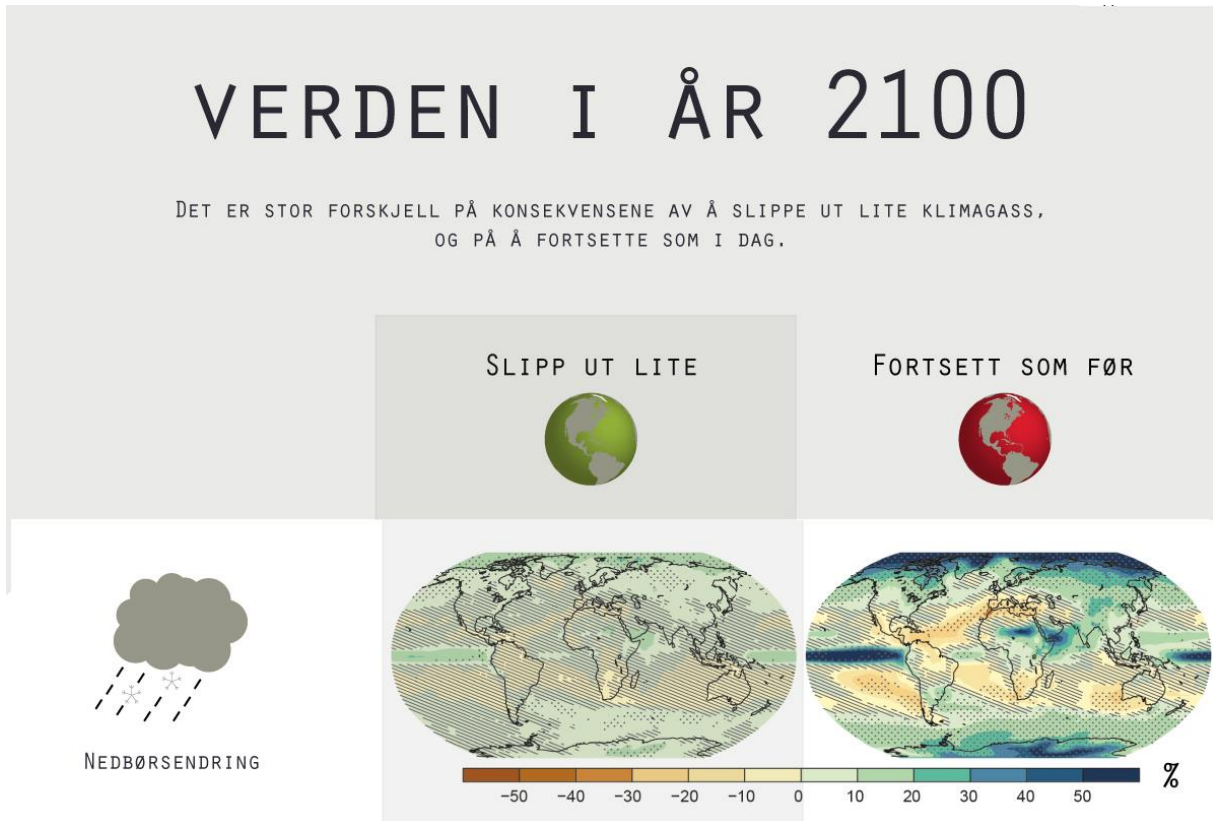
## 2.5 Klimaendringer

Det regner i dag nesten 20 prosent mer enn det gjorde i Norge i 1900 (Amundsen 2018). Det er forventet at klimaet i Norge vil bli mildere, og uansett hva som skjer med dagens utslipp av klimagasser, vil vi få menneskeskapte klimaendringer. Det vil medføre en økende frekvens av naturkatastrofer som flom, stormflo, styrtregn, større nedbørshendelser og jordskred som en konsekvens av dette (Regjeringen 2016). Det er derfor viktig at en i planleggings-fasen dimensjonerer for dette, da dette vil utgjøre en stor fare for bygninger, infrastruktur og mennesker. Å unngå i størst mulig grad utbygging i områder som er høyt utsatt for flom og skred bør prioriteres.

For Hordaland fylke er det forventet en økning i årsnedbøren på 15%, og større nedbørshendelser vil øke både i styrke og forekomst. Overvannsavrenningen i urbane miljøer, og behovet for mer omfattende overvannssystemer vil derfor øke. I regjeringens klimaprognoser anbefales det å forvente en økning på 40% i forhold til styrtregn med en tidsperiode på under 3 timer (Miljødirektoratet 2018). For kommuner som allerede opplever store nedbørsmengder, som Bergen kommune, vil dette bety at det i enda større grad vil være behov for gode overvannssystemer og utnyttelse av de lokale forholdene (naturlige løsninger)

Ved å samordne overvannshåndtering og bruken av naturlige løsninger i planleggingsprosessen vil dette gjøre det lettere for byer å håndtere og tilpasse seg mot ekstreme klimahendelser, samtidig som en bevarer vannets naturlige kretsløp og skaper

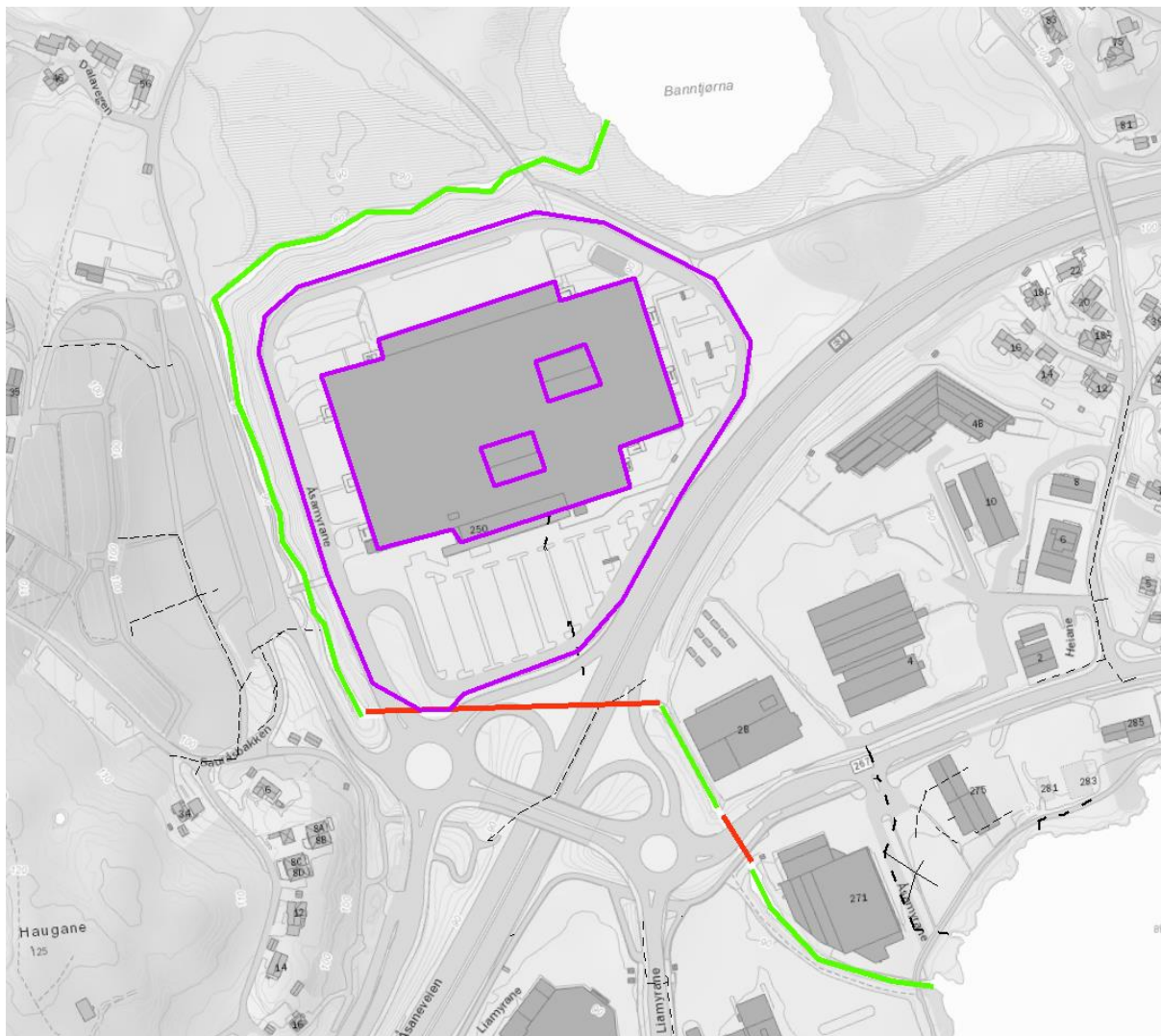
positive elementer i bymiljøet. Ekstreme klimahendelser fører med seg store kostnader og det er derfor viktig å forberede seg på en økt forekomst av dette ettersom klimaet endrer seg, slik at en unngår skader på helse, miljø og infrastruktur.



Figur 4: FNs prognose for framtidig nedbør (Kilde: <https://www.fn.no/var/globalis/storage/images/media/fn/images/temasider/klima/verden-i-aar-2100-infografikk/868637-1-nor-NO/Verden-i-aar-2100-infografikk.jpg>)

## 3. Metode

### 3.1 Anlegg A – Grønt tak på IKEA Åsane



Figur 5: Nedbørsfelt for Ikea. Hentet fra Bergen kommunes VA-system

#### 3.1.1 Vannføringsmålinger

IKEA Åsane ligger ca. 11 km utenfor Bergen, og i løpet av perioden januar 2018 – november 2018 har det her vært installert 2 vannmålere. En vannmåler (A1) er installert ved kummen hvor alt overvannet fra det grønne taket renner gjennom, og den andre vannmåleren (A2) er installert ved kummen hvor alt overvannet fra både parkeringsplassen og det grønne taket samler seg. På grunn av feil i A2 (defekte sensorer, uregelmessig batteritid, uregelmessige målinger i løpet av kalde perioder) og ikke hyppig nok oppfølging av apparatene har tallene



gjennom året variert. A2 har noe av tiden vært defekt, og det er derfor en del manglende tall fra denne måleren.

### 3.1.2 Om anlegget

Bygget stod ferdig i 2011, og rommer 37.000 kvadratmeter, det største i Norge. Det ble lagt stor vekt på at bygget skulle være samfunnstilpasset, og prosessen med å få bygget ferdig tok derfor lang tid da kommunen stilte mange krav i forhold til miljøtilpasningen og det estetiske ved bygget. Ifølge varehussjef for IKEA Åsane, Odd Rune Bjørge, er bygget et av verdens dyreste og mest samfunnstilpassede IKEA-varehus. På tomten er det satt av 25 mål til kirke og kirkegård, og 17 mål til parkområder hvor det blant annet har blitt anlagt sykkel- og gangvei. Daleelva som ligger på nordsiden av tomten er også lagt om til åpent løp. Det er altså gjort flere tiltak for å oppnå en grønn løsning, hvor det grønne og mye omdiskuterte taket er det viktigste. Taket er et såkalt sedumtak, og dekker 22000 kvadratmeter, blant de største takene i hele Norden. For å få en følelse av hvor stort dette er, kan en si at taket er omtrent tre ganger så stort som Brann stadion (Bjørn Laberg, personlig meddelelse epost, 28.02.2018).

Taket fungerer som en grønn lunge i et ellers industrielt område med flere store kjøpesentre og høyt trafikkerte veier. Det har blant annet allerede bidratt til å øke det biologiske mangfoldet i området, da det i 2013 ble oppdaget at den svært utrydningstruede Vipe-arten hadde lagt egg på taket, noe som er veldig uvanlig ifølge Håvard Bjordal, miljøsjef i Bergen kommune (Gangstøe 2014). I 2015 ble det også oppdaget Tjeld på taket, og rødstilk har også blitt observert hekkende her (Gangstøe 2016).

Vipeungene klarte ikke overleve de første årene på taket, da de mest sannsynlig ble spist eller hakket i hjel av rovfugler. Når tjelden slo seg ned her, ble det så innført tiltak med bikuber for å påvirke miljøet og tilby næring til fuglelivet, hovedsakelig til vipen, da tjelden i motsetning til vipen bringer mat til ungene sine. Biene klarte ikke lage nok honning, og det ble derfor i 2016 satt ut jordkasser med meitemark og vann på taket. Viltkameraer på taket dokumenterte da at vipen fant fram til disse, og klarte så å overleve sommeren og bli flydyktig. Det er uklart om vipen har overlevd videre, da den ikke har blitt funnet igjen selv om den ble ringmerket. Tjeld som har blitt ringmerket har derimot blitt funnet i Nederland (Bjordal og Bjordal 2016).

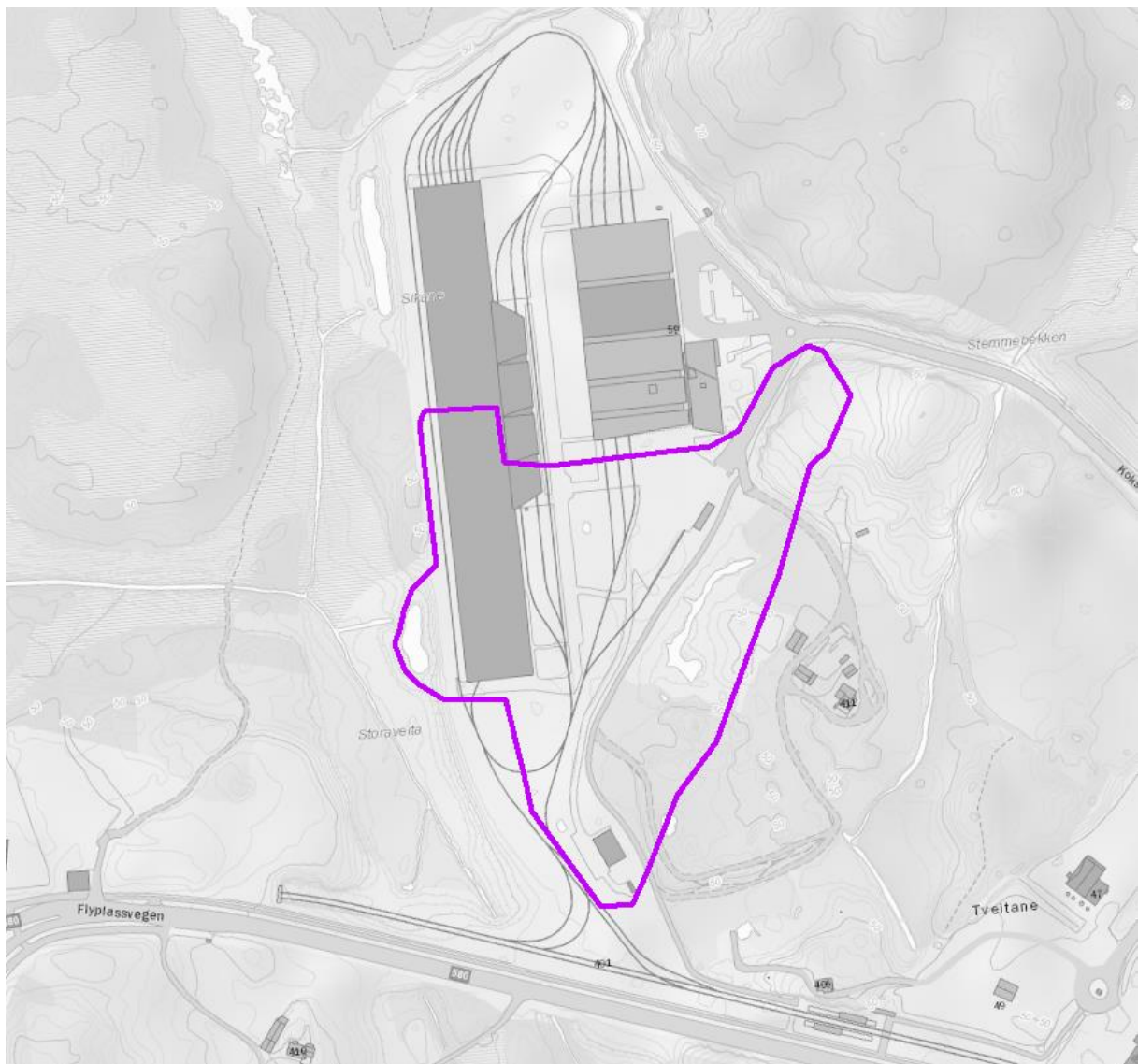
Sedumtaket har også en luftrensende effekt, da det har en evne til å binde veistøv og CO<sub>2</sub>. Dette er spesielt nyttig i urbane miljøer hvor det er mange trafikkerte områder, som for eksempel ved IKEA Åsane hvor E39 (en av de mest trafikkerte veiene i Bergen) ligger like i

nærheten. I hvilken grad sedumtak har stor eller liten luftrensende effekt er fortsatt omdiskutert da det er gjort lite forskning på dette området.

### 3.1.2 Driftsmessige forhold

Med tanke på vedlikehold krever sedumtak veldig lite arbeid. Bergknapp AS, en av de ledende leverandørene av grønne tak på det norske markedet, skriver på sine sider at gjødsling og fjerning av ugress er de foretakene som må tas for å opprettholde kvaliteten på sedumtak år etter år. Gjødslingen skjer i all hovedsak to ganger i året, mens ugress må fjernes etter behov da sedummattene kan vokse seg tette i løpet av årene hvis dette ikke blir gjort. Taket kan også måkes ved behov, uten at det skal ha noen effekt på plantene.

## 3.2 Anlegg B - Bybane depot, Flesland



Figur 6: Nedbørsfelt for den sørlige fordrøyningsdammen ved bybane depot, Flesland. Hentet fra Bergen kommunes VA-system

### 3.2.1 Vannføringsmålinger

Ved dette anlegget er det installert 2 målere på inn- (B1) og utløp (B2) ved den sørlige fordrøyningsdammen. På grunn av helningen ved innløpet har det vært vanskelig å få måleapparatet til å måle, da det kreves en vannstand på over 5 cm for at vannmåleren skal begynne å måle. Vannmåleren har derfor «gjettet» på helningen til røret og slik målt vannføringen ved hjelp av Mannings formel, da det på grunn av helningen har vært vanskelig å oppnå 5 cm vannstand over sensorene. Det har blitt prøvd å demme opp foran sensorene med jordsekker, slik at vannstanden skal gå over 5 cm. Disse ble fort fjernet, antageligvis av driftspersonell som har utført vedlikehold på dammen, og derfor ikke blitt satt opp igjen. På

utløpet ble det også satt opp jordsekker for å demme opp, men disse ble også fjernet. Her er det derimot ingen helning på røret, og det har derfor vært mulig å oppnå 5 cm vannstand over sensorene ved større nedbørshendelser.

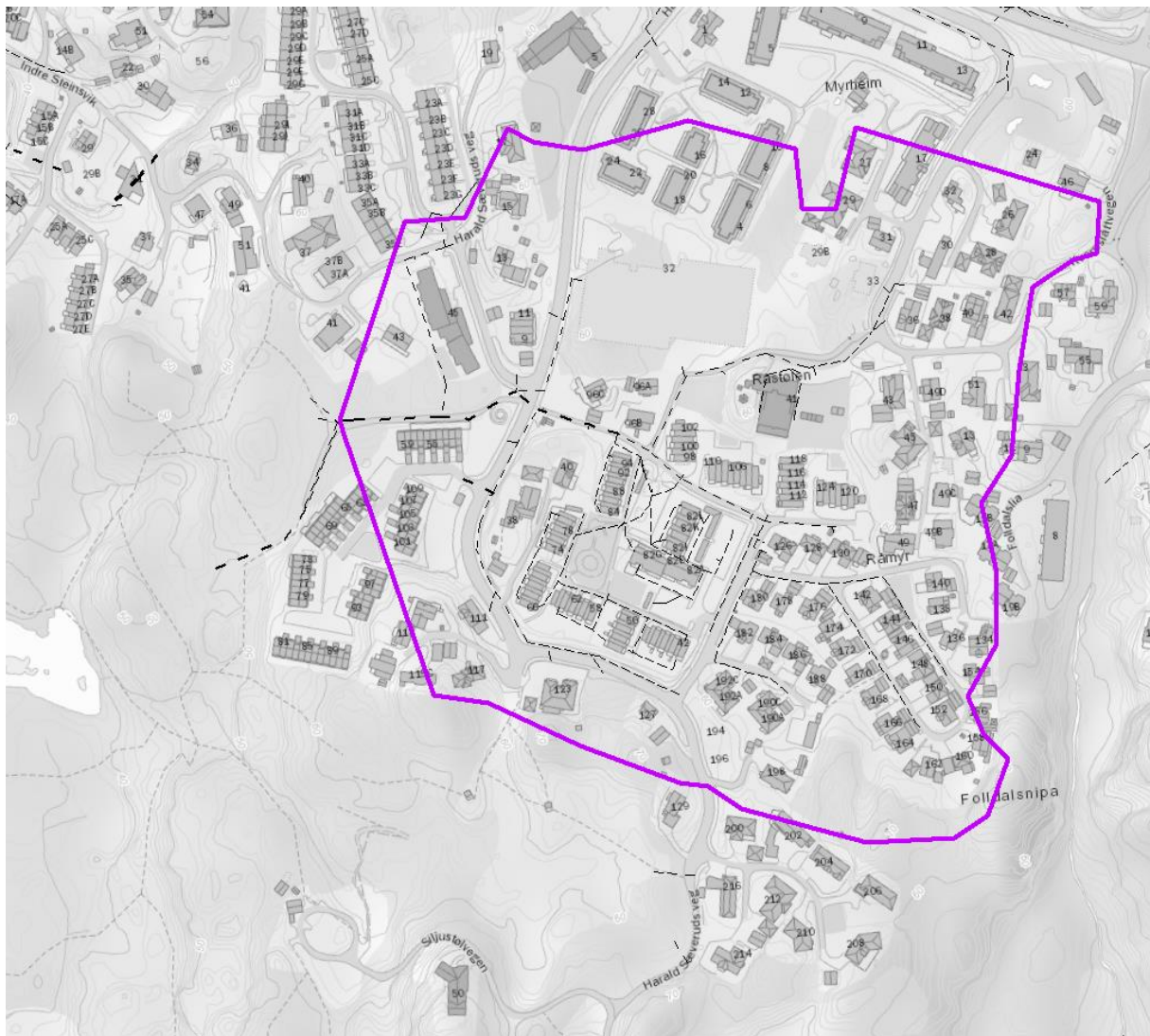
### 3.2.2 Om anlegget

Bybane depotet, som fungerer som verksted og operasjonssentral for bybanen i Bergen, ligger like etter Kokstadflaten, i nærheten av Flesland lufthavn. På den 80000 kvadratmeter store tomten er det bygget et depot på 13500 kvadratmeter og et verksted- og administrasjonsbygg på 11400 kvadratmeter. Her «sover» bybanen om nattet, og eventuelle reparasjoner og oppgraderinger foretas her. Overvannsystemet fungerer slik at to gresskledde forsenkninger går rundt hele området, og fører overvannet fra de tette flatene videre til to store fordrøyningsdammer. Her blir vannet så ført videre til nærliggende myrer og elver. Hensikten med fordrøyningsdammene er å forsinke vannet slik at resipientene ikke blir overbelastet. Da området inneholder mye tette flater og ligger i nærheten av Flesland kan det antas at overvannet som blir ført til fordrøyningsdammene er forurenset da både forurensning fra fly og biler i området vil være relativt høy. De gresskledde forsenkningene er derfor et viktig tiltak for å oppnå størst mulig renseeffekt før overvannet ledes videre til resipientene (Bybanen utbygging 2018). Nedbørsfeltet til den sørlige fordrøyningsdammen er beregnet ved hjelp av ArcGIS til ca. 47102 m.

### 3.2.3 Driftsmessige forhold

Problemer med eutrofiering i form av algevekst er et vanlig fenomen i fordrøyningsdammer. Det er derfor viktig med regelmessig drift og vedlikehold for å forhindre dette.

### 3.3 Anlegg C – Råstølen



Figur 7: Nedbørsfelt for steinfyllingsmagasin ved Råstølen. Hentet fra Bergen kommunes VA-system

#### 3.3.1 Vannføringsmålinger

På Råstølen har det vært installert vannmåler på inn- (C1) og utløp (C2) ved et steinfyllingsmagasin som tar imot vann fra nedbørsfeltet vist i figur 3. Disse resultatene tas ikke med i denne oppgaven, da det gjennom året har vært veldig uklare målinger fra vannmålerne som har vært installert her. De har blant annet svingt mellom positive og negative verdier, og en av vannmålerne har vært byttet uten hell. Da det ikke hadde noen effekt å bytte vannmåleren som var installert her, antas det at sensorene ved dette overvannsanlegget har vært defekte, noe som har ført til både positive og negative måleverdier.

## 4. Resultater

### 4.1 Vannføring

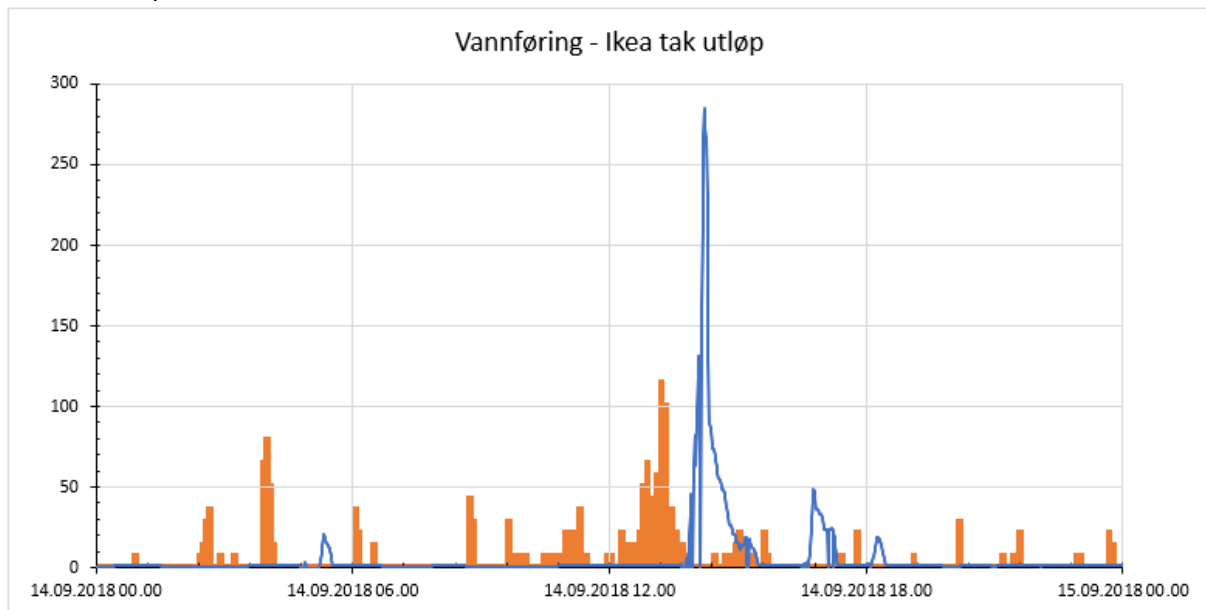
Fra måleresultatene er det valgt ut en måleserie for nedbørshendelser tilsvarende hvert ledd i 3-leddsstrategien (nedbør < 20 mm (mindre), 20 mm < nedbør < 40 mm (midlere), nedbør > 40 mm (større)). Dagene som er valgt ut er 14. (22,9 mm) 16. (12,7 mm), 17. (11,5 mm), 25. (37,9 mm) og 26. (46,8 mm) 27. september (24,7 mm). Disse hendelsene er valgt da september har vært den mest regnfulle måneden i 2018 da nedbørsdataene ble hentet, med en samlet nedbør på 554,3 mm. Det er valgt ut 2 hendelser med nedbør < 20 mm for å illustrere den forskjellige virkningsgraden til overvannsanleggene ved små nedbørshendelser fordelt utover en hel dag (17. september), kontra en stor nedbørshendelse i løpet av en hel dag (16. september). I flere av grafene ser man at det har vært en del «støy» i målingene, og flere av grafene er derfor tidvis ujevne da det har oppstått både for høye målinger og punkter med nullmålinger. I denne oppgaven er det valgt å ikke korrigere dette, da det ses på som mer nøyaktig å la det være slik som måleapparatet har målt, istedenfor å «gjette» på verdiene som virker mer naturlig. Dette har ført til en usikkerhet i resultatene. For å illustrere dette er 14. september og 27. september valgt ut som eksempler på hendelser hvor måleapparatene har målt feil og konsekvensene av dette. 14. september er valgt ut for Ikea taket, og 27. september for bybane depotet. Der hvor nedbørshendelsene ikke er brukt som et eksempel på feilmålinger, er de brukt som et eksempel på midlere nedbørshendelser (20 mm < nedbør < 40 mm).

Som nevnt tidligere i oppgaven kreves det en vannstand over sensorene på 5 cm, for at måleapparatet skal begynne å måle. Hvis dette ikke oppnås vil apparatet «gjette» på helningen i røret og så bruke Mannings formel for å beregne vannføringen. Dette har derfor ført til at målingene ved bybane depotet har vært varierende og ved alle mindre nedbørshendelser (nedbør > 2 mm/t) har det ikke ført til en vannstand over sensorene på 5 cm, og derfor ikke blitt målt, men beregnet en avrenning av måleapparatet. Avrenningen som diskuteres i denne oppgaven vil derfor fokuseres rundt hendelsene hvor vannstanden har vært over 5 cm.

Alle grafer brukt i denne oppgaven bruker de samme benevningene på y- og x-aksen, hvor x-aksen er dato og tid, og y-aksen l/s. Den oransje grafen er nedbør per 5. minutt, og den blå avrenning hvert minutt.

## 4.2 Utløp Ikea tak

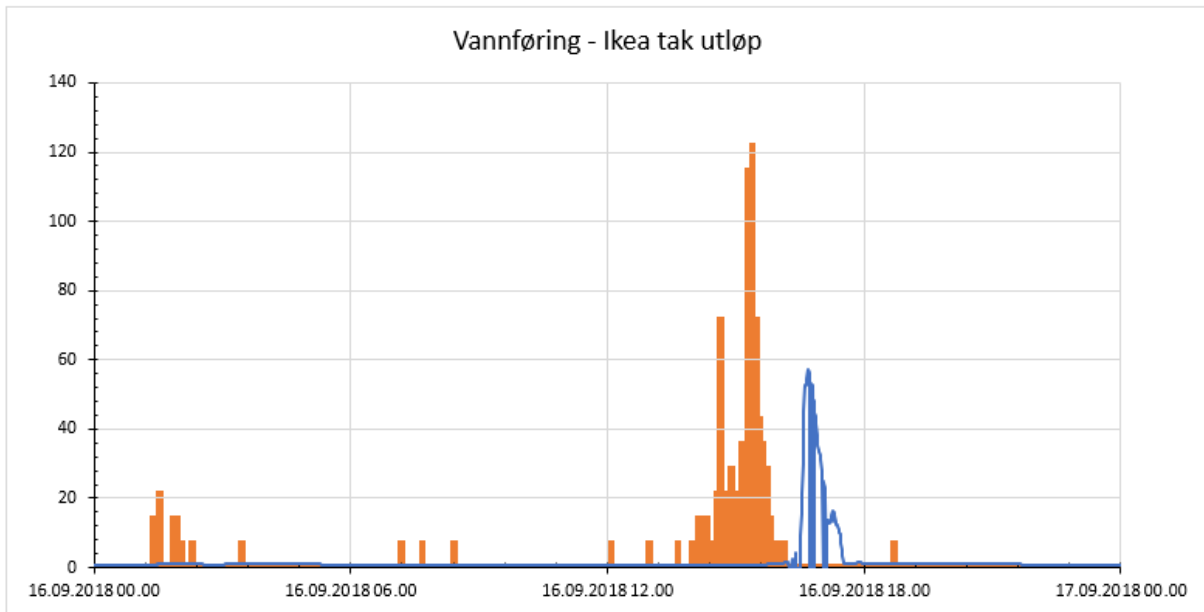
### 4.2.1 14. september



Figur 8: Nedbør og avrenning med feilmålinger på Ikea taket

I løpet av dagen den 14. september var det flere små nedbørshendelser, og en ser at ved flere tilfeller oppstår det økt avrenning i røret i mindre perioder i løpet av dagen. Ved den største nedbørshendelsen i løpet av denne dagen faller det 341283 liter, samtidig som måleapparatet viser at vi får en avrenning på 312400 liter. Dette vil si at enten er taket mettet, slik at vi ikke får en stor tilbakeholdende effekt, eller så har måleapparatet målt feile verdier. Det kan antas at måleapparatet har målt feil ved denne hendelsen, da det i løpet av hele september bare er målt over 130 l/s gjennom måleren, en annen gang enn dette (måles opp til 285 l/s ved denne nedbørshendelsen). Det er også høyst usannsynlig at når en sammenligner avrenningen fra dette tilfellet, med avrenningen den 25. og 26. september, at man over det samme tidsrommet vil få mindre avrenning den 25. og 26. september.

#### 4.2.2 16. september

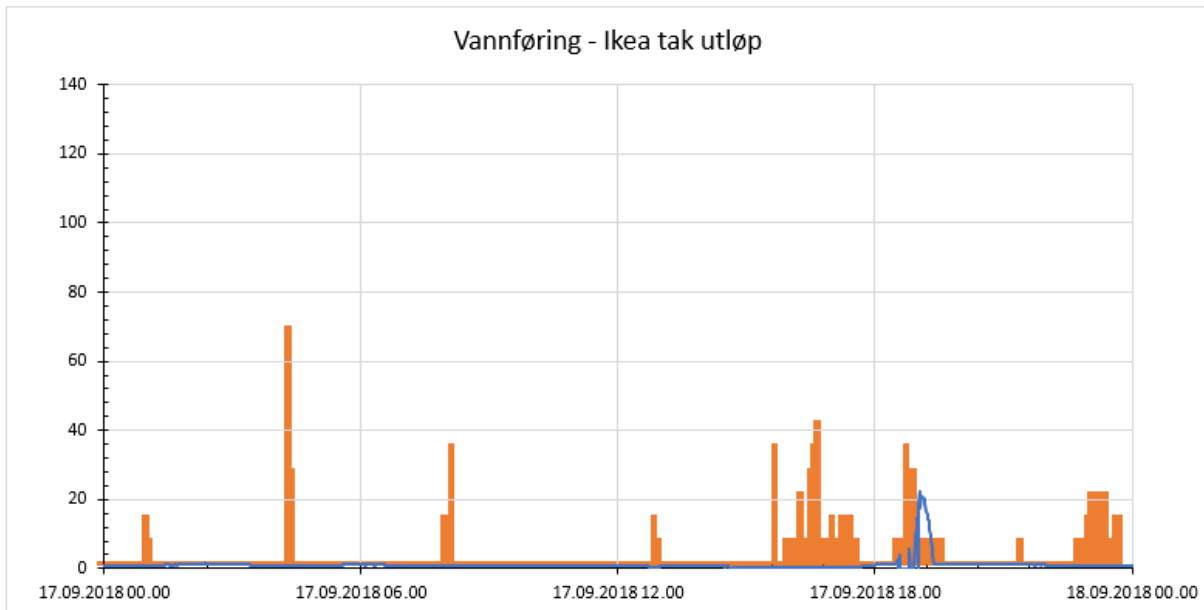


Figur 9: Nedbør og avrenning, med tilbakeholding på 63%

Ved nedbørshendelsen den 16. september får vi et samlet avrenningsvolum ut av taket på 88653,84 liter. Total nedbør som faller over det grønne taket i løpet av denne nedbørshendelsen, som varer fra 13.59 – 16.19, er 242000 liter. Taket har da en tilbakeholdende effekt på 153347 liter. Det holder altså tilbake ca. 63% av nedbøren som faller ved denne nedbørshendelsen. Det kan antas at taket i løpet av denne perioden ikke er mettet, da det 15. september bare falt 9 mm nedbør. Og som vi ser av figur 9, klarer taket å holde igjen de små nedbørshendelsene i løpet av natten, slik at avrenningen fra taket holder seg jevn.



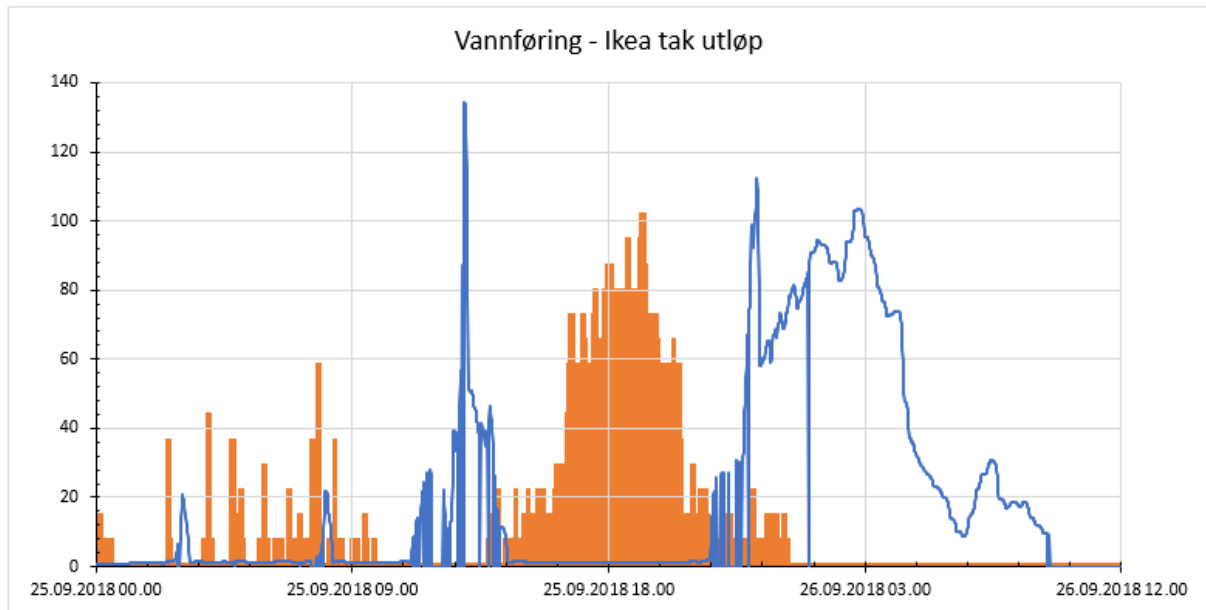
### 4.2.3 17. september



Figur 10: Nedbør og avrenning, med tilbakeholding på 71%

Den 17. september, hvor vi hadde flere mindre nedbørshendelser fordelt utover en hel dag, ser vi at det grønne taket klarer å fordrøye mesteparten av nedbøren ved de mindre nedbørshendelsene. Ved den største nedbørshendelsen, som gjør det største utslaget på avrenningen, faller det 88000 liter i perioden 15.54 – 19.49, hvor vi får en avrenning på totalt 25371 liter. Ved dette tilfellet får vi en tilbakeholdende effekt på 71%. Dette viser at jo mindre nedbørshendelsen er, jo større vil den tilbakeholdende effekten ved det grønne taket være. Dette samsvarer også med avrenningen vi får ved de minste nedbørshendelsene (nedbør < 5 mm).

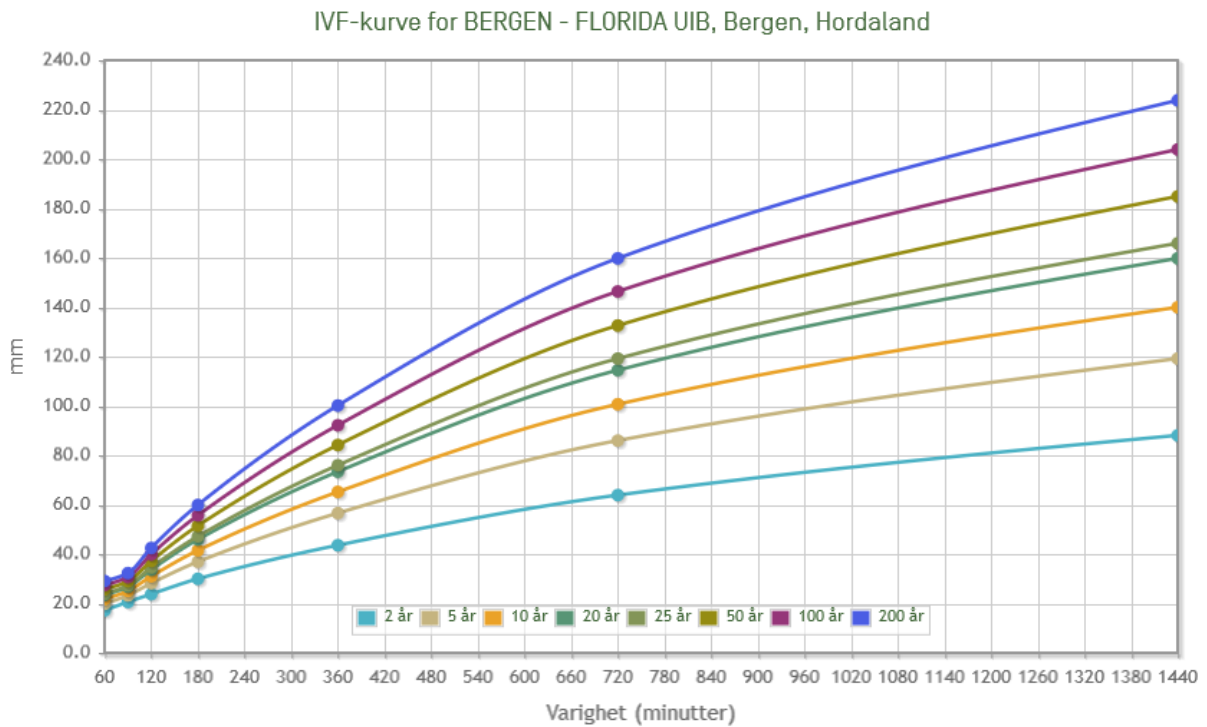
#### 4.2.4 25. – 26. september



Figur 11: Nedbør og avrenning, med tilbakeholding på 21% ved 2-års regn

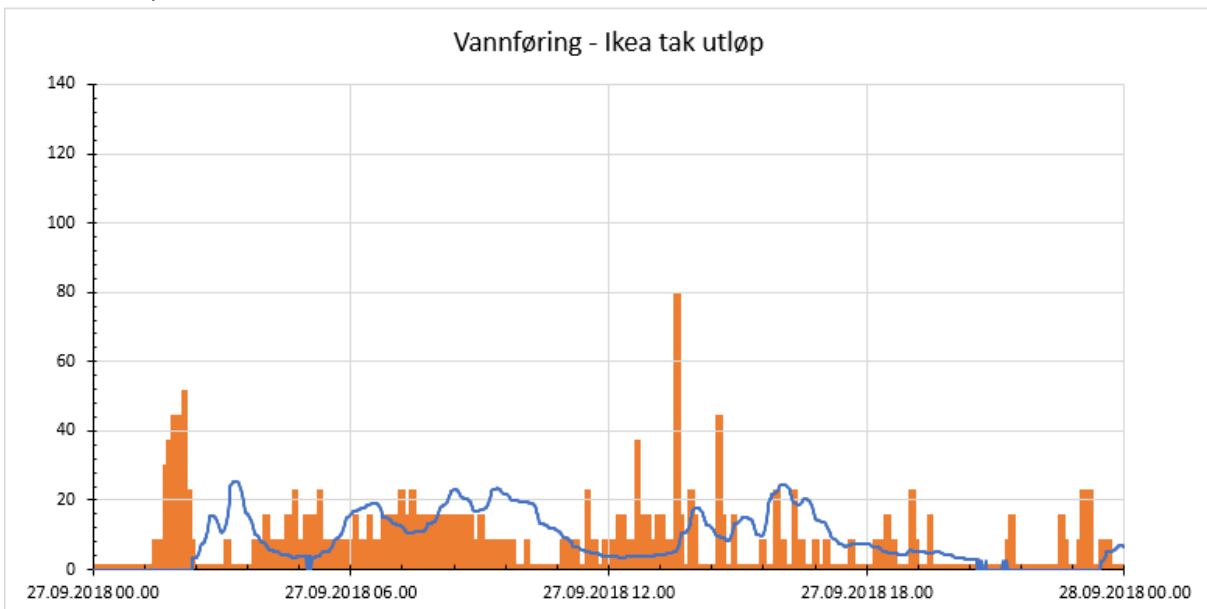
Den 25. og første halvdel av 26. september var en av de mest regnfulle dagene i Bergen i løpet av 2018. Til sammen falt det i løpet av denne perioden 84,7 mm nedbør, hvor 74,2 av denne nedbøren falt i løpet av perioden 18.24-08.24. Dette tilsvarer et 2-års regn for Florida, Bergen, som vist av figur 12. Ved et slikt nedbørstilfelle vil taket ha nærmere ingen tilbakeholdende effekt. Dette har med at taket allerede er mettet i stor grad, da det i løpet av natten den 25. september, var flere nedbørstilfeller som førte til høy avrenning. Det er også illustrert i figur 11, da nedbørsgrafene er tilnærmet lik avrenningsgrafene. Om natten den 25. fra 04.59 – 12.59 faller det 162800 liter, og da måles det en avrenning på 308051 liter. Av figur 11 ser man at det er en del støy i målingene, og dette har mest sannsynlig ført til en feil i avrenningsmålingene, som har ført til en kunstig høy avrenning. Klokken 18.24 begynner den største nedbørshendelsen som tok sted i september, og denne varer helt til 8.24 neste dag. Det faller totalt 2072621 liter nedbør. Det måles i tidsrommet 21.32 - 09.30, 1647800 liter avrenning, men her er det også en del støy i målingene og det er usikkert hvor lenge avrenningen varte da måleapparatet ved 09.30 sluttet å måle. Det er derimot ingen tvil om at ved en så stor nedbørshendelse har taket en betydelig mindre tilbakeholdende effekt, kontra de mindre nedbørshendelsene. Taket fordrøyer ved denne hendelsen bare ca. 21% av nedbøren som faller. Dette vil si at en ved større nedbørshendelser vil ha behov for flomveier da det grønne taket har en liten tilbakeholdende effekt. Det er usikkert om taket har en tilbakeholdende effekt ved en slik nedbørshendelse, da måleapparatene som nevnt sluttet å

måle 09.30, og det er mulig at all nedbøren renner direkte til resipient/nedenforliggende overvannsanlegg.



Figur 12: IVF-kurve for Bergen – Florida UIB, Bergen, Hordaland som viser at en nedbørshendelse på 74,2 mm i løpet av 840 minutter tilsvarer et 2-års regn (Kilde: Norsk klimaservicesenter, <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml>)

#### 4.2.5 27. september



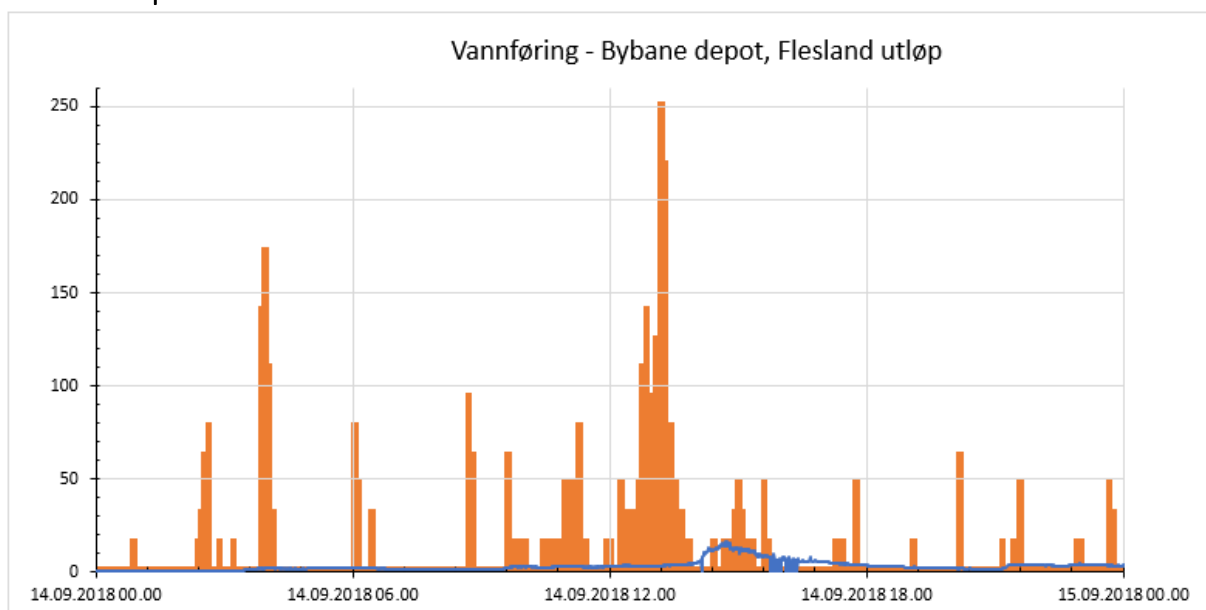
Figur 13: Nedbør og avrenning, med 0% tilbakeholding

Den 27. september falt det kontinuerlig nedbør store deler av døgnet, totalt 543400 liter på Ikea taket. Dette førte til en total avrenning på 741759, altså ingen tilbakeholdende effekt,

men totalt en høyere avrenning enn nedbør. Dette er mest sannsynlig resultatet av den store nedbørshendelsen 25. og 26. september, som har ført til at taket er mettet og all nedbør har derfor rent direkte til resipient. For at avrenningen skal være høyere enn nedbørstotalen, må det enten ha blitt målt feil i måleapparatet, eller avrenningen fra nedbørshendelsen den 26. september har tatt såpass lang tid at den kommer i tillegg til nedbør som faller den 27. september. Dette er vanskelig å si, da måleapparatet sluttet å måle 26. september 09.30 og ikke begynte igjen før 27. september 02.20. Denne nedbørshendelsen viser at ved ekstreme nedbørshendelser vil taket være mettet i over en halv dag uten nedbør, og at det ved kontinuerlig regn av størrelse  $> 1 \text{ mm/t}$  forholder seg mettet. Da vil den tilbakeholdende effekten være lik null, og all nedbør vil renne direkte til resipient/nedenforliggende overvannsanlegg.

### 4.3 Utløp bybane depot, Flesland

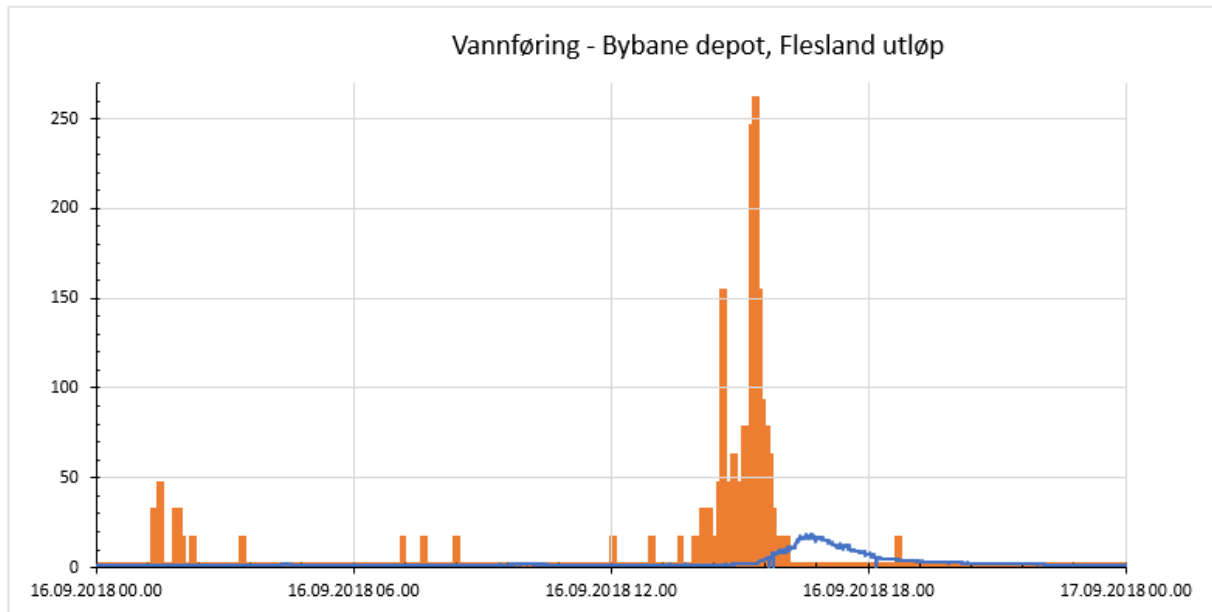
#### 4.3.1 14. september



Figur 14: Nedbør og avrenning, med 84% tilbakeholding

Den 14. september falt det 714400 liter i perioden 08.44 – 13.54. Av denne nedbørshendelsen ble avrenningen målt til 117007 liter. Fordrøyningsdammen har under denne nedbørshendelsen en tilbakeholdende effekt på ca. 84%. Ved en midlere nedbørshendelse av denne størrelsen vil fordrøyningsdammen fungere som et godt tiltak for å fordrøye og holde igjen nedbøren slik at resipienten ikke blir overbelastet.

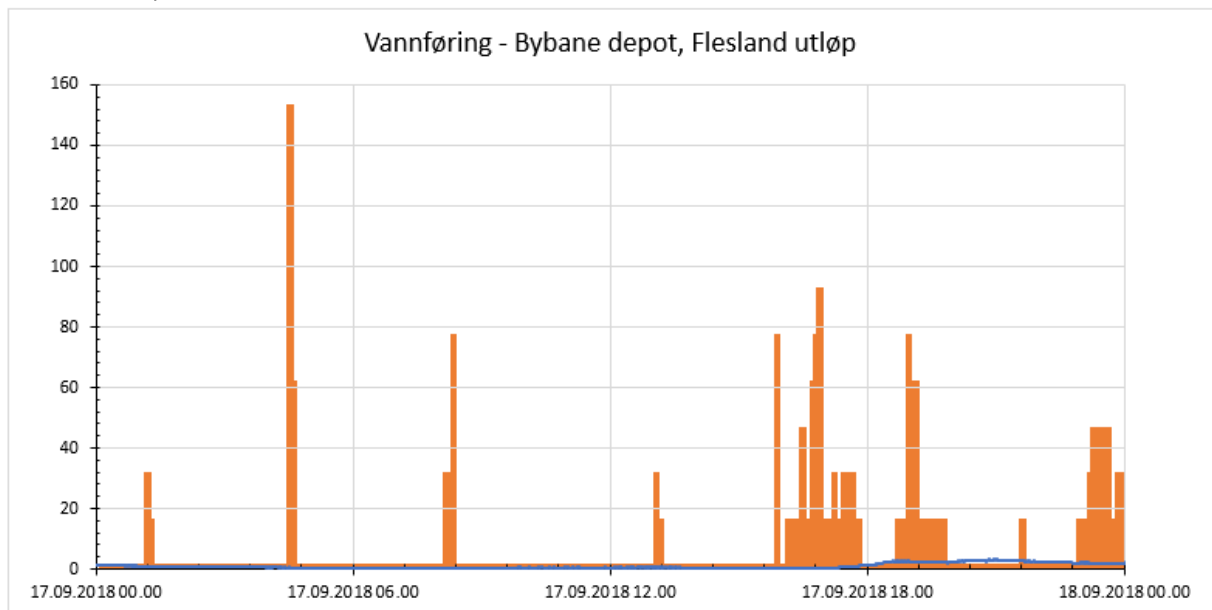
#### 4.3.2 16. september



Figur 15: Nedbør og avrenning, med 75% tilbakeholding

Ved en nedbørhendelse < 10 mm, hvor mesteparten av nedbøren faller over en relativt kort periode (13.59 – 16. 19), får vi en avrenning målt til 124992 liter, av totalt 502900 liter nedbør. Fordrøyningsdammen har ved denne nedbørshendelsen en tilbakeholdende effekt på 75%. En ser at ved mer intense nedbørshendelser vil ikke fordrøyningsdammen klare å holde igjen like mye av nedbøren, og fordrøyningseffekten synker.

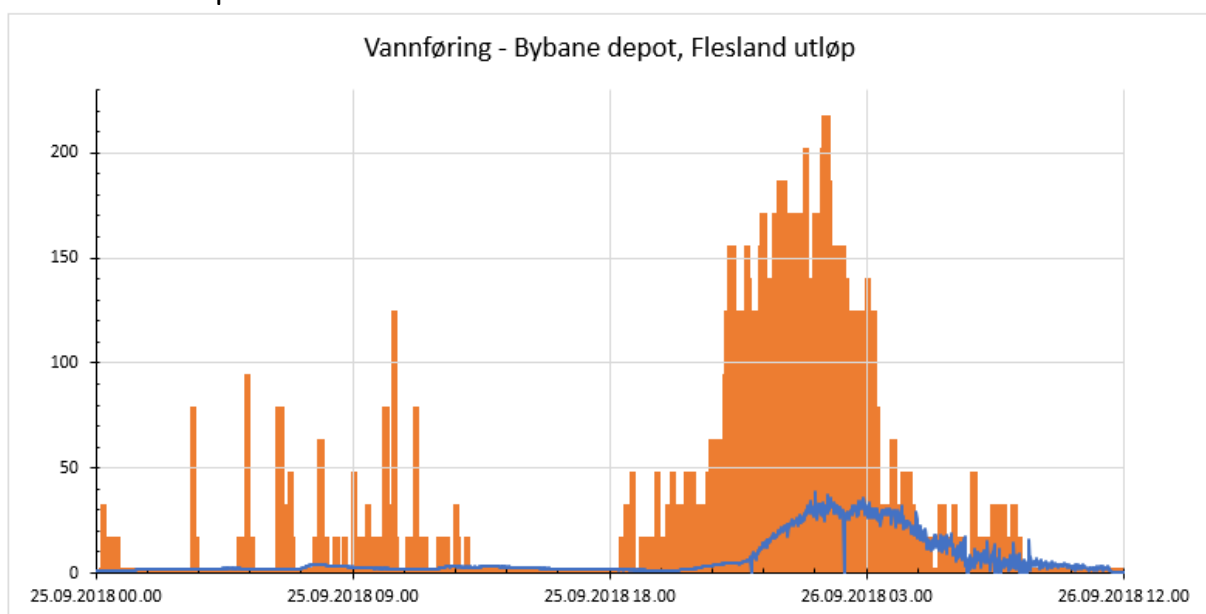
#### 4.3.3 17. september



Figur 16: Nedbør og avrenning, med 85% tilbakeholding

Ved flere små nedbørshendeler i løpet av en hel dag, ser man fra figur 15 at fordrøyningsdammen klarer å holde igjen store deler av nedbøren. Det blir kun målt avrenning på ettermiddagen da det faller 291400 liter fra 15.54 – 19.49. Det måles da en avrenning på 42562 liter, og fordrøyningsdammen har ved denne hendelsen en tilbakeholdende effekt på ca. 85%. Når en sammenligner denne nedbørshendelsen med 14. september får man nesten den samme tilbakeholdende effekten. Vi ser derfor at når nedbøren faller over lengre tid og mer spredd utover dagen, vil fordrøyningsdammen ha tilsvarende effekt som ved midlere nedbørshendelser.

#### 4.3.4 25. - 26. september

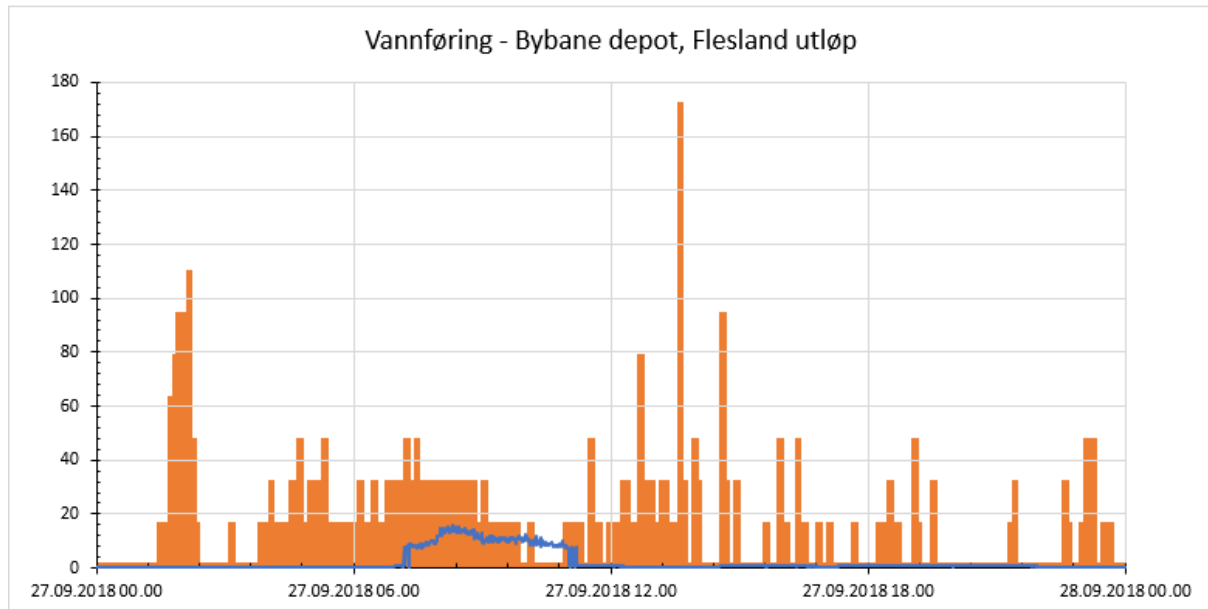


Figur 17: Nedbør og avrenning, med 80% tilbakeholding

Ved 2-års regnet den 25. og 26. september ser vi at det er litt støy i målingene, men mesteparten av avrenningen har blitt målt uten nullmålinger. Tidlig den 25. september faller det 427700 liter i perioden 04.59 - 12.59. Dette var ikke nok nedbør til å øke vannstanden til 5 cm, og avrenningen er her bare beregnet av måleapparatet. Avrenningen er beregnet til 84337 liter, som gir en tilbakeholdende effekt på ca. 80%. Da dette er en nedbørshendelse som tar sted over en lengre periode, vil man kunne forvente at fordrøyningsdammen er noe høyere enn dette, nærmere 85% slik en hadde 14. og 17. september. Da avrenningen bare er beregnet av måleapparatet antas det at dette har ført til den «lave» fordrøyningsdammen. Senere den 25. september faller det 3520300 liter fra 18.24 – 08.24 og her måles den høyeste avrenningen gjort i løpet av måleperioden. Avrenningen måles til 416189 liter, og vi får ved

denne nedbørshendelsen en tilbakeholdende effekt på ca. 88 %. Den høye fordrøynings effekten ved en så stor nedbørhendelse er mest sannsynlig forårsaket av den lange nedbørsperioden. En ser at selv ved større nedbørshendelser fungerer fordrøyningsdammen som et godt tiltak for å holde igjen overvannet slik at resipienten ikke blir overbelastet.

#### 4.3.5 27. september



Figur 18: Nedbør og avrenning med feilmålinger for bybane depot, Flesland

Den 27. september faller det totalt 1160900 liter nedbør, og som en ser av figur 17 er avrenningen målt denne dagen både unaturlig og spontan. Avrenningen er målt til 147668 liter, og hopper fra 0 l/s til 8.05 l/s på ett minutt. Vannstanden ved dette tidspunktet var 6,5 cm, så det er ikke årsaken til feilmålingene. Det er usikkert hva som har forårsaket feilmålingene, men den lange tiden apparatene har vært i bruk og det mildere klimaet om høsten kan ha hatt en innvirkning.

## 5. Diskusjon

### 5.1 Økonomiske og helsemessige effekter av LOD/LOH

Et godt inntrykk av bymiljøet viser seg å være en viktig del av den psykologiske helsen til en stor del av befolkningen. E. O. Wilson, økolog og konserveringsentusiast, argumenterte allerede i 1984 for at mennesker har en tendens til å fokusere på naturen og naturlige prosesser, og at dette har en betydelig innvirkning på mental helse (Wilson 1984). Det har blitt gjort studier på dette, og selv om dette viser seg å være vanskelig å kvantifisere, har en sett tydelige tegn på at den mentale helsen hos mennesker med større tilgang til grønt arealet er lykkeligere. Forfatteren Richard Louv framla begrepet «Nature Deficit Disorder (NDD)» som beskriver konsekvensene av mangel på tilgang til grønt arealet, og mente at dette kunne kobles til en mengde fysiske og psykiske lidelser (Wilkinson 2017)

En høy tilgang på grønt areal har derimot en positiv effekt på menneskets psykiske og fysiske helse, da det blant annet kan ha en reduserende effekt på stress. I en studie fra 2014, hvor en så på 10000 innbyggere i Storbritannia, fant en at innbyggerne i urbane bymiljøer med større tilgang til grønt områder hadde en lavere forekomst av mentalt stress og en høyere livsglede enn de menneskene som bodde i områder med mindre grønt områder (Alcock et. al. 2013).

Andre studier har vist at vel bevarte parker og grønt områder tilbyr befolkningen en sans for tilhørighet og fremmer muligheter for avslapning, trening og sosialt samvær. Mer grønt områder vil også ha positive effekter på økosystemet som blant annet bedre luft og større biologisk mangfold.

Singapore er et godt eksempel på en by som har klart å integrere grøntområder i bybildet. I 1967, lanserte daværende statsminister Lee Kuan Yew «Garden City» visjonen, med den hensikt «to transform Singapore into a city with abundant lush greenery and a clean environment in order to make life more pleasant for the people» (Singapore Government 2015). Befolkningen og økonomien i landet har som følge hatt en stor økning, spesielt de siste 25-30 årene. I løpet av denne perioden lagde regjeringen en grønn plan, med hensikt å tiltrekke investorer. Det har også resultert i at i dag har over 80% av Singapores befolknings tilgang til grønt områder innenfor 10 minutters gange. Målet er å nå 90% i løpet av 2030. I en



studie fra 2014, argumenterte forfatterne at dette er en av grunnene til at Singapore har blitt kjent som en metropol for business. «Singapore is catching hold of a revolutionary concept as they continue to identify greenery as part of a strategy to lure investment, and drive economic growth that concurrently increases quality of life and delivers more business to the city every year.» (Terrapin Bright Green LLC 2012).

Den samme studien referer til en annen studie, som så på boligprisene i Puget Sound, Cleveland, Ohio. Denne studien viste at boligområder, med større tilgang til grønt områder i nærområdet og på eiendommen, har en høyere verdi. Spesielt da eiendommer med utsikt og tilgang til vann, som i gjennomsnitt økte verdien på eiendommer i områder med 127%. Med andre ord, så er folk villig til å betale mer for natur, som gjør at integrering av naturen burde være et naturlig element i et byggeprosjekt.

## 5.2 Grønt tak ved Ikea

Det grønne taket ved Ikea Åsane, viser seg å være et godt tiltak for å redusere små avrenningstopper. Ved mindre nedbørshendelser, spesielt de som ikke varer over lang tid, vil taket ha en god tilbakeholdende effekt. Den tilbakeholdende effekten for nedbørshendelser < 20 mm, ser ut til å ligge et sted mellom 60-75%, basert på undersøkelsene. Varigheten på nedbørshendelsene ser også ut til å påvirke den tilbakeholdende effekten, antageligvis på grunn av metningen i taket. Når taket er gjennomvått, vil den tilbakeholdende effekten synke, og ved metning vil den tilbakeholdende effekten være lik null, som vist i figur 13. Ved større nedbørshendelser, eller ekstremregn, som vist i figur 11, vil taket ha liten til ingen tilbakeholdende effekt. Den flomdempende effekten ved slike lange hendelser vil være liten, men ved kortere, mer intense hendelser, vil grønne tak kunne holde igjen store deler av nedbøren (Braskerud 2014). Taket vil også etter slike hendelser kunne være mettet i en halv dag, eller mer. I perioder på høsten hvor vi opplever mer og mer nedbør, og det forventes å øke på grunn av klimaendringer, vil grønne tak være et godt tiltak for å redusere flomtoppene ved korte, ekstreme nedbørshendelser.

I denne oppgaven sammenlignes resultatene med resultatene fra rapporten om grønne tak og styrtregn, utgitt av Norges vassdrags- og miljødirektorat (Braskerud, 2014), som har gjort en undersøkelse på to sedumtak (et med drenering, og et uten drenering) under forskjellige

forhold (tørt, fuktig, vått, mettet, kortvarig, langvarig etc.). Denne studien ble utført på et tak ved Langmyrgrenda i Oslo.

Det grønne taket i NVE undersøkelsen, hadde en vinkel mellom 2-27 grader, og var ikke drenert. Ved intenst langvarig regn på vått tak, som kan sammenlignes med nedbørshendelsen 25. og 26. september, målte Braskerud en tilbakeholding på 29%. Sammenligner en med det grønne taket på Ikea er forskjellen 8%. Dette kan det være flere grunner til. Det kan være feil i målingene fra denne oppgaven, ulikt vegetasjonsdekke, ulik varighet og størrelse på nedbørshendelsene, forskjellig konsentrasjon av vann i vekstmediet, størrelse på taket, etc.

Det er heller ikke forventet å få like resultater, da det er gjort flere studier på grønne tak med stor spredning i resultatene. I NVE rapporten skriver Braskerud at tilbakeholdingen av nedbør kan variere fra 20% til 80%, selv for intense nedbørshendelser. Tilbakeholdingen av årsnedbøren er på 26%, mens en studie fra Sverige rapporterte en tilbakeholding av årsnedbør på ca. 50% (Bengtsson et. al. 2005). En studie fra Tyskland rapporterte en tilbakeholding av årsnedbør på ca. 70% (Uhl et. al. 2003). Årsaken til de forskjellige resultatene mener Braskerud er flerfoldig, men i hovedsak er det de forskjellige forholdene nevnt tidligere som trolig har ført til dette.

Ved kortere nedbørshendelser målte Braskerud tilbakeholdingen til å være 53% for tørt tak som blir vått. Hvis en sammenligner dette med figur 9 og 10, ser en lignende resultater hvor en oppnår betydelig høyere tilbakeholding ved kortere nedbørshendelser. Braskerud konkluderer med at ved kortere nedbørshendelser vil grønne tak ha en gjennomgående høyere tilbakeholdning enn de lengre, som samsvarer med resultatene i denne oppgaven.

### **5.3 Åpen fordrøyningsdam ved bybane depot, Flesland**

Den åpne fordrøyningsdammen fungerer som et godt tiltak for å redusere både avrenning og flomtopper. Ved mindre nedbørshendelser vil man kunne oppnå en tilbakeholdende effekt på mellom 80-85% som vist i figur 14 og 16. Hensikten med å etablere en fordrøyningsdam er å forsinke flomtopper og rense eventuelle forurensninger i overvannet (Hopland et. al. 2016). Ved store nedbørshendelser som vist i figur 17, fungerer fordrøyningsdammen som et godt tiltak for å redusere flomtoppen. Ved mer korte, intense nedbørshendelser vil

fordrøyningsdammen ha mindre tilbakeholdene effekt, som vist i figur 15, med en tilbakeholdene effekt på 75%.

Å sammenligne resultatene fra denne oppgaven med annen litteratur har vist seg å være vanskelig, da det er gjort mindre omfattende forskning på den tilbakeholdende og flomdempende effekten ved fordrøyningsdammer, kontra grønne tak. Hver enkel fordrøyningsdam er dimensjonert ut fra de lokale forholdene. Det har ikke lyktes å finne litteratur for å sammenligne resultatene med en lignende dam.

## 6. Konklusjon

Dagens samfunn står ovenfor store utfordringer på grunn av klimaendringer og urbanisering. Ettersom temperaturen i verden vil stige, vil risikoen for styrtregn, flom, stormflo etc. øke. Stadig mer urbanisering vil føre til mer tette flater som vil hindre de lokale områdene fra å håndtere overvannet på en naturlig måte. Bruk av LOD-tiltak, som grønne tak og fordrøyningsdammer, kan imøtekomme det økende behovet for overvannsløsninger, og hjelpe til med håndtering av overvann fra styrtregn.

Ved kortere nedbørshendelser vil grønne tak redusere opp til ca. 90% av nedbøren, basert på varigheten til hendelsen. Ved lengre nedbørshendelser vil det være nødvendig med andre tiltak, da grønne tak vil bli mettet av lange hendelser med ekstremregn. Fordrøyningsdammer derimot fungerer godt både ved lengre og kortere hendelser, men krever mer plass og vedlikehold.

Grønne tak kan være gode løsninger for å utnytte arealet på tomten, samtidig som det er et godt innslag i bybildet og eventuelt kan brukes som rekreasjonsareal for å utnytte arealet i store bygninger. Dette kan øke både den fysiske og psykologiske verdien av tomten, da forskning viser at mennesker søker naturen, og at naturlige innslag i bybildet har en stressdempende effekt. Det kan gjøre f. eks arbeidsplasser mer attraktivt. Ved god bruk av grønt areal kan man også øke verdien på en eiendom, og det bør søkes å utnytte de lokale forholdene. Å integrere planlegging av overvannshåndtering med fokus på bruk av grønt areal, burde være en naturlig del av byggeprosessen.

Å utnytte grønne løsninger i urbane miljøer bør også søkes utnyttet på kommunalt og statlig nivå. Dette kan gjøre byer mer attraktiv for investorer, bedrifter og f. eks internasjonale konferanser. Singapore står fram som et godt eksempel på en nasjon som har klart å oppnå dette, og både befolkningen og økonomien i landet har hatt en enorm vekst på grunn av dette.

## 7. Referanser

- Alcock, I. et. al. (2013). *Longitudinal Effects on Mental Health of Moving to Greener and Less Green Urban Areas*. Environmental Science & Technology 2013.  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es403688w> (10.09.2018)
- Alkhatay, M. (2016). *Lokal overvannsdiskonering og flomveier ved bruk av dreneringslinjer og ArcGIS*. Masteroppgave. NMBU-IMT 2016
- Amundsen, B. (2012). *Mer regn i framtiden*. Norges forskningsråd 24. Juli 2012.  
<https://forskning.no/klima-vaer-og-vind-eu/2012/07/mer-regn-i-framtiden>
- Arbeidsgruppe for permeable dekker av belegningsstein i Norge (2012). *Permeable dekker*. Interpave - the precast concrete paving and kerb association.  
[https://issuu.com/byggutengrenser/docs/5001\\_norcem\\_a4\\_norsktekst\\_web](https://issuu.com/byggutengrenser/docs/5001_norcem_a4_norsktekst_web)
- Banach, A. og Fjeldhus, K. (2016). *Overvannsdammer - et urbant vannmiljø*. Oslo kommune 2016.
- Bengtsson, L. et. al. (2005). *Peak flows from thin sedum-moss roof*. Nordic Hydrology 36: 269-280.
- Bergen kommune (2005). *Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune*. Byrådsavdeling for byutvikling. Vann - og avløpsetaten.
- Bergens tidende (2018). *Styrtregnet ga oversvømmelser og trafikkaos*. Bergens tidende 9. oktober 2018. <https://www.bt.no/nyheter/lokalt/i/l1y80L/Styrtregnet-ga-oversvømmelser-og-trafikkaos>
- Braskerud, B. C. (2014). *Grønne tak og styrtregn. Effekten av ekstensive tak med sedumvegetasjon for redusert avrenning etter nedbør og snøsmelting i Oslo*. NVE rapport 65/2014; 98 sider.
- Braskerud, B. C. og Paus, K. H. (2013). *Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold*. Vannforeningen. <https://vannforeningen.no/dokumentarkiv/forslag-til-dimensjonering-og-utforming-av-regnbed-for-norske-forhold/> (03.10.2018)

- Bjordal, H og Bjordal, A. (2016). *Fugleaktiviteter på IKEA-taket mai/juni 2016*.  
<http://statisk.bt.no/ikea.pdf> (18.10.2018)
- Bybanen utbygging (2018). *Verksted og depot*. <https://www.hordaland.no/nb-NO/bybanen-utbygging/lagunen---flesland/verksted-og-depot/> (23.10.2018)
- Dreiseitl, H. et. al. (2016). *Strengthening blue-green infrastructure in our cities*. Ramboll 2016.
- Gangstøe, T. (2014). *Vipe-sensasjon på Ikea-taket*. Aasane tidende (19.06.2014).
- Gangstøe, T. (2016). *Fugletaket på Nyborg*. Aasane tidende (02.09.2016).
- Hopland, A. A. et. al. (2016). *Eksempel på dreneringstiltak i små nedbørsfelt*. Norges vassdrags- og energidirektorat 2016.
- Kunduraci, M. (2016). *Analyse av LOD-tiltak*. Masteroppgave. NMBU-IMT 2016.
- Leopold, L. B. (1968). *Hydrology for Urban Land Planning - A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use*. United States Department of the Interior.
- Lindholm, O. (2014). *Håndtere overvannet i rør eller på overflaten?* Innlegg på seminar Norsk vannforening 29. april 2014.
- Miljødirektoratet (2018). *Klimautfordringer i ditt fylke*.  
[www.klimatilpasning.no/fylkesoversikt](http://www.klimatilpasning.no/fylkesoversikt) (17.10.2018)
- Noreng, K. et. al. (2012). *Grønne tak - Resultater fra et kunnskapsinnhentingsprosjekt*. SINTEF Byggforsk 2012.
- Oslo kommune (2013). *Strategi for overvannshåndtering i Oslo 2013-2030*. Oslo kommune 2013.
- Overvannsutvalget (2015). *NOU 2015:16. Overvann i byer og tettsteder - Som problem og ressurs*. Norges offentlige utredninger 2015.
- Regjeringen (2016). *Klimatilpasning. Samfunnet må tilpasses et endret klima*.  
<https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimatilpasning/id2344803/> (15.10.2018)

Singapore Government (2015). *"Garden city" vision is introduced*. Singapore Government.  
<http://eresources.nlb.gov.sg/history/events/a7fac49f-9c96-4030-8709-ce160c58d15c>  
(10.09.2018)

Solheim, E.B. et al (2017). *Måling av infiltrasjon fra overflaten for bruk av åpen LOD i praksis*.  
Vannforeningen 2017.

Statens vegvesen (2007). *Rensing av overvann i byområder*. Rapport Utbyggingsavdelingen  
nr: UTB 2007/2

Statens vegvesen (2014). *Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging*. Statens  
vegvesens rapporter Nr. 295.

Takprodusentenes Forskningsgruppe og SINTEF Byggforsk (2013). *GRØNNE TAK -  
Bygningsmessige aspekter ved prosjektering og bygging av grønne tak*. INFORMASJONSBLAD  
Nr. 10.

Trondheim kommune (2013). *Hovedplan avløp og vannmiljø 2013-2024*. Trondheim  
kommune 2013.

Terrapin Bright Green LLC (2012). *The Economics og Biophilia*. Terrapin Bright Green LLC.  
<https://www.terrabinbrightgreen.com/reports/the-economics-of-biophilia/#the-economic-advantages-of-biophilia-in-sectors-of-society> (07.09.2018)

Uhl, M. et. al. (2003). *Long-term study on the rainfall-runoff-processes of green roofs*. Wasser  
und Boden 55: 28-36

Wilkinson, A. (2017). *Have you got Nature Deficit Disorder? Then ditch the gym - it's time to  
get outdoors*. The Telegraph 2018. (18.09.2018)

Wilson, E. O. (1984). *Biophilia*. Harvard University Press 1984.

Ødegaard, H red. (2014). *Vann - og avløpsteknikk*. Norsk Vann 2014.

Åstebøl, S. O. og Paus, K. H. (2015). *Prinsipp overvannshåndtering*. Statens vegvesen.









**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway