



Universitetet
i Stavanger

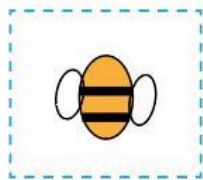
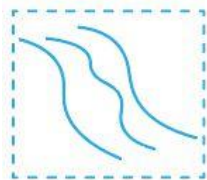
DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Master i Teknologi (Siv.ing) i Byplanlegging	Vårsemesteret, 2019 Åpen / Konfidensiell
Forfatter: Sara Engevik (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Ari Krisna Mawari Tarigan Veileder(e): Per Helge Ollestad v/Sweco	
Tittel på masteroppgaven: Konsekvensene av å benytte åpne overvannsløsninger i boligområder Engelsk tittel: The consequences of using open stormwater solutions in neighborhoods	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Overvannshåndtering Åpne løsninger Avrenning Utbyggingskostnader Biologisk mangfold Bomiljø Vedlikehold	Sidetall: 112 + vedlegg/annet: 16 Stavanger, 14.06.2019 dato/år



KONSEKVENSENE AV Å BENYTTE ÅPNE
OVERVANNSLØSNINGER I BOLIGOMRÅDER
- EN CASESTUDIE AV LITTE RISA OG SØRBØ-HOVE



MASTEROPPGAVE AV SARA ENGEVIK SKREVET VÅREN 2019

Forord

Denne masteroppgaven er en avslutning på et toårig masterstudium innen byplanlegging ved Universitetet i Stavanger. Temaet for oppgaven er konsekvensene av åpne overvannsløsninger i boligområder og er valgt ut ifra egen interesse, aktualitet og et behov for forskning innenfor fagfeltet i Norge.

Arbeidet med oppgaven har vært svært lærerikt, spennende og også utfordrende. Denne prosessen har gitt meg en bedre forståelse for de utfordringene vi som planleggere står overfor, og at overvannshåndtering er et komplekst fag som går på tvers av mange fagfelt.

Jeg vil rette en stor takk til min eksterne veileder i Sweco, Per Helge Ollestad, for gode innspill og hjelp underveis. Jeg vil også takke de andre kollegaene mine i Sweco som har hjulpet til i arbeidet med oppgaven.

Jeg vil takke veilederen min ved Universitetet i Stavanger, Ari Krisna Mawira Tarigan, for tilbakemeldinger og veiledning på oppgaven.

Til slutt vil jeg takke kjæresten min, og familie og venner som har vært gode støttespillere gjennom utdanningen og masteroppgaven.

Sammendrag

En av dagens største samfunnsutfordringer er klimaendringene. Mer nedbør i form av hyppige, kraftige regnskyll er noe vi allerede har begynt å merke effektene av, men prognosene tilsier at dette vil kunne fordoble seg frem mot 2100. Avløpsnettene i mange byer er ikke dimensjonert for å ta imot disse mengdene med vann. Liten kapasitet vil føre til oversvømmelser og skader, og at forurenset vann går i overløp og blir sendt direkte til resipient. Befolkningsvekst og strenge krav fra myndighetene om å få ned klimagassutslippet tvinger kommunene til å fortette rundt sentrumsområdene og langs kollektivaksene. Mer tette flater fører til større avrenning, altså mer overvann. Samtidig som byene fortettes må de også være rustet for mer nedbør og derfor er det viktig å ha et fokus på overvannshåndtering når målet er å oppnå en bærekraftig byutvikling.

Mye av fortettingen som skjer er boligbygging. Derfor er det interessant å se hvilke tiltak som kan gjøres i disse nye boligområdene for å redusere mengdene med overvann som blir sendt til det kommunale nettet. Målet med denne oppgaven er å øke bevisstheten rundt åpne overvannsløsninger og presentere mulighetene som finnes for å kombinere disse med det tradisjonelle rørsystemet, eller til og med erstatte det helt. Gjennom å studere litteratur og erfaringer fra andre, liknende prosjekter, er det mulig å trekke ut hvilken kunnskap som finnes på området og bruke denne informasjonen i egen analyse. I analysen er det valgt å implementere åpne løsninger i to caseområder for å studere hva som blir konsekvensene og sammenligne disse med konsekvensene av et lukket rørsystem.

De to boligområdene som er valgt er Litle Risa i Sola kommune og Sørby- Hove B1-B3 i Sandnes kommune. Det ble utarbeidet 3 scenarier for hvert av disse områdene, et med lukket overvannssystem, et med en kombinasjon av åpne løsninger og rør, og et med kun åpne løsninger. Deretter ble disse scenariene analysert ut ifra fem faktorer; Avrenning, kostnader ved utbygging, biologisk mangfold, bomiljø og vedlikeholdsbehov.

Resultatene fra analysen viser at den totale avrenningen i områdene blir mindre og at avrenningstoppene også minskes i scenariene med åpne løsninger. I tillegg blir konsentrasjonstiden inne på områdene fordoblet sammenlignet med scenariet med lukket system. Kostnadmessig er det en del dyrere å bygge ut med åpne løsninger, men det er viktig å huske på at kostnadene for mange av disse anleggene er en investering i flerfunksjonelle løsninger på overflaten og ikke noe som skal ligge under bakken. Mange av de åpne overvannsløsningene kan ha positive effekter på det biologiske mangfoldet og bomiljøet, dersom de utformes riktig. Dette er «ikke-prissatte» konsekvenser, altså konsekvenser det er vanskelig å regne på i tall. Åpne løsninger krever jevnlig vedlikehold i større grad enn rørsystemet. Mange av dem er levende økosystemer som trenger skjøtsel, klipping, lusing og utskiftning. Det kan bli et spørsmål, spesielt hvis dette blir mer vanlig i boligområder, hvem som skal ta seg av dette vedlikeholdet. Blir det kommunenes ansvar, eller private firmaer, eller blir det opp til beboerne å gjøre dugnadsarbeid?

Summary

Climate change is one of society's greatest challenges these days. More precipitation by means of rapid, heavy showers, are some of the effects we have already started to notice, but the predictions indicate that these effects could be doubled by the year 2100. The sewage systems in many cities have not been dimensioned to handle this large amount of water. Lack of capacity will lead to flooding and damage, and polluted water will overflow and be transferred directly to recipient. Population growth and restrictions from government and international agreements that put certain limits to the emissions, force the municipalities to densify in the cities. More impermeable surfaces result in more run-off water. As the cities are becoming more congested, they also need to prepare for more heavy rain, and hence it is important to pay attention to stormwater management if the main target is to obtain a sustainable city development.

A large part of the densification in the cities is housing development. Because of this, it is interesting to figure out what measures can be done in these new neighbourhoods to reduce the amount of run-off water sent to the municipal networks. The goal of this assessment is to increase awareness of open stormwater solutions and present the possibilities of combining these with the traditional sewage system, or even fully replace it. By studying literature and experiences from other, similar projects, it is possible to use the knowledge and information from the field in an own analysis. In this assessment, the consequences of implementing open stormwater solutions have been studied and compared with the consequences of a traditional piping system.

Two neighbourhoods have been chosen as case areas. One is called Litle Risa and is located in Sola commune. The other one is Sørby- Hove B1-B3 located in Sandnes commune. 3 different scenarios were developed for each area; one with an underground system, one with a combination of open solutions and pipes, and one with an open stormwater system. These scenarios have been analysed based on five factors: water run-off, building costs, biodiversity, residential environment and the requirements for maintenance.

The results show that the total run-off as well as the flood peaks are reduced in the scenarios with open systems. In addition, the time of concentration is twice as long compared to the scenario with underground systems. The costs are higher for building neighbourhoods with open stormwater solutions, but at the same time it is important to remember that these costs are, for many of the installations, investments in multifunctional solutions above ground. Many of the open stormwater solutions may have a positive effect on the biodiversity and the residential environment which are non-priced consequences. Open solutions require regular maintenance work at a higher level than the piping system underground. Many of them are living ecosystems in the need of human care such as mowing, weeding, watering and occasional replacement. Because these are residential areas it could be an open question who should do the maintenance work. If open drainage solutions become more frequent, perhaps a decision must be made, whether it should be the municipality's task, or if it should be the resident's responsibility, some of it as a voluntary work.

Innhold

Forord.....	2
Sammendrag	3
Summary	4
Figurliste	7
Tabelliste	9
Begrepsliste	10
1.1 Innledning.....	13
1.1.1 Problemstilling.....	13
1.2.2 Avgrensning.....	13
1.2.3 Mål.....	13
1.1.4 Oppgavens oppbygning.....	14
1.2 Metode	15
1.2.1 Litteraturstudie	15
1.2.2 Casestudie – Krysskasus analyse	15
2.1 Bakgrunn for oppgaven.....	18
2.1.1 Et klima i endring.....	18
2.1.2 Urbanisering og fortetting i byområdene	20
2.1.3 Bærekraftig overvannshåndtering	22
2.2 Lover og forskrifter.....	23
2.2.1 Nasjonale føringer	23
2.2.2 Lokale føringer.....	23
3 Teori	26
3.1 Generelt om overvann	26
3.2 Konvensjonelle overvannssystemer	27
3.3 Planleggingsmetoder innenfor overvannshåndtering.....	28
3.3.1 Treledd- strategien	28
3.3.2 Nedbørfelt basert planlegging.....	29
3.4 Åpne overvannsløsninger	30
LOD – Lokal overvannsdiskonering	31
3.4.1 Regnbed.....	32
3.4.2 Grønne tak.....	34
3.4.3 Åpne renner.....	37
3.4.4 Fordrøyningsdammer	38
3.4.5 Bekker og kanaler	40

3.4.6 Gresskleddede- og porøse flater	41
3.4.7 Taknedløp til terreng	43
3.4.8 Gresskleddede forsenkninger	44
3.4.9 Infiltrasjonskummer	45
3.5 Biologisk mangfold	46
3.6 Vann som ressurs for å skape et godt bomiljø	49
3.7 Referanseprosjekter	51
4. Caseområdene	56
4.1. Litle Risa	57
4.2 Sørbo-Hove B1-B3	63
5.1 Beregningsmetoder og datagrunnlag	67
5.1.1 Dimensjonerende overvannsmengde fra nedslagsfelt	67
5.1.2 Dimensjonerende nedbørintensitet	67
5.1.3 Avrenningskoeffisienter	68
5.1.5 Mannings formel	68
5.1.6 Konsentrasjonstiden for et nedslagsfelt	69
5.1.7 Kostnader	69
5.2 Analyse & Beregninger	70
Scenario 0 – Lukket system	71
Litle Risa	71
Sørbo- Hove	75
Scenario 1 – Kombinasjonsløsning	79
Litle Risa	80
Sørbo- Hove	85
Scenario 2 – Åpne løsninger	89
Litle Risa	90
Sørbo – Hove	94
6. Resultater & sammenligning	99
7.1 Diskusjon	105
7.2 Konklusjon	107
Referanser	108
Bildekilder	111

Figurliste

Figurer, bilder og illustrasjoner er egenprodusert om annet ikke er spesifisert.

<i>Figur 1: Oppgavens oppbygning</i>	14
<i>Figur 2: Graf som viser økning i nedbørmengde siden 1900 (Meteorologisk institutt, 2019)</i>	18
<i>Figur 3: Graf som viser forventet havnivåstigning ved 3 forskjellige utslippsscenarioer</i>	19
<i>Figur 4: Tabell som viser forventet havnivåstigning ved 3 forskjellige utslippsscenarioer (Kartverket, u.å.)</i>	19
<i>Figur 5: Illustrasjon av urbaniseringens effekt på avrenningsintensiteten (Byggforsk, 2012e)</i>	20
<i>Figur 6: Forskjellen på regnvannets kretsløp i naturlig og urbant miljø (EPA, 2003)</i>	21
<i>Figur 7: Illustrasjon av det pågående skiftet mot en bærekraftig overvannshåndtering</i>	22
<i>Figur 8: Grunnleggende, naturlige avrenningsprosesser (Byggforsk, 2012a)</i>	26
<i>Figur 9: Illustrasjon av et konvensjonelt overvannssystem (Byggforsk, 2012b)</i>	27
<i>Figur 10: Illustrasjon av "Treleddstrategien" (Regjeringen, 2015)</i>	28
<i>Figur 11: Illustrasjon av et nedbørfelt (Wikipedia, 2019)</i>	29
<i>Figur 12: Illustrasjon av implementering av åpne overvannsløsninger (Byggforsk, 2012c)</i>	30
<i>Figur 13: Illustrasjon av oppbygningen til et regnbed</i>	32
<i>Figur 14: Eksempel på regnbed (Aquasafe, u.å.) (Byggforsk, 2012d)</i>	32
<i>Figur 15: Illustrasjon av oppbygningen til et grønt tak (Vatnaland, u.å.)</i>	34
<i>Figur 16: Bilde av ulike typer grønne tak i Augustenborg (Scandinavian green roof institute, u.å.-b)</i>	36
<i>Figur 17: Eksempel på åpen brosteinsrenne</i>	37
<i>Figur 18: Eksempel på åpen renne, fra Tjuvholmen i Oslo (Byggeskikknettverket, u.å.)</i>	37
<i>Figur 19: Eksempel på en løkrenne, fra Augustenborg (Climate ADAPT, 2014a)</i>	37
<i>Figur 20: Eksempel på en "våt" dam, fra Augustenborg (Klimatilpasning, 2013)</i>	38
<i>Figur 21: Illustrasjon som viser de ulike sonene i en "tørr" dam (Lindholm et al., 2008)</i>	39
<i>Figur 22: Illustrasjon av en "Våt" dam, med eller uten fordryningsvolum (Lindholm et al., 2008)</i>	39
<i>Figur 23: Eksempel på en kanal som går gjennom et boligområde i Augustenborg</i>	40
<i>Figur 24: Hovinbekken er et eksempel på en bekk som har blitt gjenåpnet (Miljødirektoratet, 2019)</i>	40
<i>Figur 25: Prinsippskisse for permeable dekker av belegningsstein som viser de ulike lagene (Norsk kommunalteknisk forening, u.å.)</i>	41
<i>Figur 26: Eksempel på gressarmering</i>	42
<i>Figur 27: Illustrasjon av taknedløp til regnbed</i>	43
<i>Figur 28: Eksempel på taknedløp til terreng</i>	43
<i>Figur 29: Eksempel på gresskledd forsenkning langs gang- og sykkelveg</i>	44
<i>Figur 30: Eksempel på gresskledd forsenkning mellom veg og fortau</i>	44
<i>Figur 31: Illustrasjon av Infiltrasjonssandfangskum (Skjæveland, u.å.-a)</i>	45
<i>Figur 32: Bilde av bie (Kirkebø, 2014)</i>	46
<i>Figur 33: Vipe på grønt tak på Ikea bygning i Bergen (Regjeringen, 2016)</i>	46
<i>Figur 34: Et barn som leker med vann (Holte, 2018)</i>	49
<i>Figur 35: Familie som leker med papirbåter i bekk (Bymiljøetaten Oslo kommune, u.å.)</i>	50
<i>Figur 36: Kanal som renner gjennom Augustenborg (Leidstedt, 2014)</i>	51
<i>Figur 37: Åpen renne til dam i Augustenborg (Steriks, u.å.)</i>	52

<i>Figur 38: Vannfontene og ender i dam i Augustenborg (climate ADAPT, 2014b)</i>	52
<i>Figur 39: Oversiktsbilde av Västra Hamnen (Making Lewes, u.å.)</i>	52
<i>Figur 40: Overvannsanlegg i Västra hamnen (Ludwig, u.å.)</i>	53
<i>Figur 41: Frakoblede taknedløp til åpne renner (d'Ersu, u.å.)</i>	53
<i>Figur 42: Fordrøyningskanal i Bjølsen studentby (Hedmark Fylkeskommune, 2013)</i>	54
<i>Figur 43: Kart som viser plassering av Litle Risa</i>	57
<i>Figur 44: Utsnitt fra reguleringsplanen av Litle Risa (Sola kommune, 2017)</i>	58
<i>Figur 45: Visualisering av området sett fra sjøen(Aros arkitekter as, 2016b)</i>	59
<i>Figur 46: Visualisering av utsikt fra Risaberget (Aros arkitekter as, 2016d)</i>	59
<i>Figur 47: Snitt av framtidig utbygd område (Aros arkitekter as, 2016b)</i>	59
<i>Figur 48: Nedslagsfeltet til Litle Risa</i>	60
<i>Figur 49: Løsmassekart for Litle Risa</i>	61
<i>Figur 50: Kart over infiltrasjonsevnen på Litle Risa</i>	62
<i>Figur 51: Kart som viser plasseringen til Sørbo - Hove</i>	63
<i>Figur 52: Utsnitt av reguleringsplanen til Sørbo - Hove (Sweco, 2017)</i>	64
<i>Figur 53: Nedslagsfelt og nærmeste resipient for Sørbo - Hove</i>	65
<i>Figur 54: Plan over lukket system i Litle Risa</i>	71
<i>Figur 55: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 0 - Litle Risa</i>	74
<i>Figur 56: Plan over lukket system i Sørbo - Hove</i>	75
<i>Figur 57: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 0 - Sørbo - Hove</i>	77
<i>Figur 58: Plan for kombinasjonsløsning i Litle Risa</i>	80
<i>Figur 59: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 1 - Litle Risa</i>	83
<i>Figur 60: Plan over kombinasjonsløsning i Sørbo - Hove</i>	85
<i>Figur 61: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 1 - Sørbo - Hove</i>	87
<i>Figur 62: Plan over åpne overvannsløsninger i Litle Risa</i>	90
<i>Figur 63: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 2 - Litle Risa</i>	92
<i>Figur 64: Plan som viser åpne overvannsløsninger i Sørbo - Hove</i>	94
<i>Figur 65: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 2 - Sørbo - Hove</i>	96
<i>Figur 66: Forskjellen på avrenningstoppene i Litle Risa</i>	99
<i>Figur 67: Forskjellen på avrenningstoppene i Sørbo - Hove</i>	100
<i>Figur 68: Forskjellene på utbyggingskostnader</i>	101

Tabelliste

<i>Tabell 1: Mulige tekniske løsninger innenfor de ulike nivåene.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabell 2: Informasjon om ulike typer grønne tak</i>	<i>35</i>
<i>Tabell 3: Noen avrenningskoeffisienter for grønne tak.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabell 4: Avrenningskoeffisienter for noen flater</i>	<i>68</i>
<i>Tabell 5: Noen verdier for Mannings tall, M</i>	<i>69</i>
<i>Tabell 6: Mengdebeskrivelse for Scenario 0 - Litle Risa.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabell 7: Mengdebeskrivelse for scenario 0 - Sørbyø- Hove.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabell 8: Mengdebeskrivelse for scenario 1 - Litle Risa</i>	<i>81</i>
<i>Tabell 9: Mengdebeskrivelse for scenario 1 - Sørbyø - Hove.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabell 10: Mengdebeskrivelse for scenario 2 - Litle Risa</i>	<i>91</i>
<i>Tabell 11: Mengdebeskrivelse for scenario 2 - Sørbyø - Hove.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabell 12: Oppsummering av effektene på avrenningen</i>	<i>99</i>
<i>Tabell 13: Oppsummering av effektene på vannhastighet</i>	<i>100</i>
<i>Tabell 14: Oppsummering av de økonomiske konsekvensene</i>	<i>101</i>
<i>Tabell 15: Total evaluering av resultatene fra analysen</i>	<i>103</i>

Begrepsliste

Ord/begrep	Definisjon	Kilde:
Overvann:	Overflateavrenning som følge av nedbør eller smeltevann.	(NOU 2015:16, 2015)
Overvannshåndtering:	Virkemidler og tiltak for å utnytte overvann som en ressurs, og for å forebygge skade og ulempe som følge av overvann.	(NOU 2015:16, 2015)
Overvannssystem	Det systemet som er planlagt for å håndtere overvannet. Delene i systemet er menneskeskapt eller naturlige, og består av rør, bekker, grøfter, kanaler, planlagte traseer på overflaten, magasiner på eller under bakken og rensetiltak.	(Byggforskserien, 2012)
Lokal overvannsdiskonering (LOD):	Tiltak lokalt som hindrer overvannet i å renne direkte til avløpsledninger eller vassdrag. Lokale tiltak inkluderer såkalte blågrønne tiltak, som betyr en integrering av vannsystemer og lokal overvannshåndtering i den overordnede grønnstrukturen.	(Magnussen, Wingstedt, Rasmussen & Reinvang, 2015)
Resipient	Mottaker. Den vannforekomsten overvannet ledes til, som kan være grunnvann, vassdrag eller sjø.	(Lindholm et al., 2008b)
Åpne overvannsløsninger:	Håndtering av overvann med LOD-løsninger eller med åpne vannveier og dammer.	(Lindholm et al., 2008b)
Tette flater:	Flater med tett dekke som asfalterte veier, parkeringsplasser, hustak etc.	(Lindholm et al., 2008b)
Flomvei:	Trasé som avleder overvann til en resipient. Kan være naturlig eller planlagt.	(NOU 2015:16, 2015)
Fordrøyning:	Tiltak som forsinker avrenning gjennom oppsamling.	(NOU 2015:16, 2015)

Infiltrasjon:	Inntrengning av vann i løsmasser eller oppsprukket fjell.	(NOU 2015:16, 2015)
Nedbørfelt:	Et avgrenset område hvorfra all nedbør renner ned til et bestemt punkt nederst i feltet. Også kalt nedslagsfelt.	(Lindholm et al., 2008b)
Grønnstruktur	Summen av store og små grønne og naturpregede områder i byer og tettsteder.	(Regjeringen.no, 2017)
Blågrønn struktur	Nettverket av blå (vann) og grønne områder som ligger mellom og utenfor bebyggelsen.	(Hamar kommune, 2015)
Avrenningskoeffisient, maksimal (φ maks):	Forholdet mellom maksimal overvannsavrenning og midlere nedbørintensitet (omregnet til vannføring). Uttrykker hvor stor andel av nedbøren som ikke infiltreres til undergrunnen eller fordamper.	(Lindholm et al., 2008b)
Tilrenningstid:	Den tiden det tar en vandråpe å renne fra ytterste punkt i et felt til nærmeste ledningsinntak i delfeltet.	(Lindholm et al., 2008b)
Permeable områder:	Områder hvor overvannet/regnvannet kan trenge ned i grunnen. Dette kan være gressflater, grusveier, jorder og løkker uten asfalt og betong, etc.	(Lindholm et al., 2008b)
Vedlikehold	Opprettholder både anleggets konstruksjonstekniske styrke og evne (reduserer/forebygger forfall).	(Ødegaard, Norheim & Norsk Vann, 2014)
Biologisk mangfold	Biologisk mangfold, også kalt biodiversitet, er mangfoldet av levende organismer. Som oftest viser biologisk mangfold til antall arter, men det kan også vise til genetisk mangfold, eller mangfold i leveområdet og nisjer i et område. Et komplisert og sammensatt fysisk miljø vil gi flere ulike nisjer og dermed støtte opp om en høyere biodiversitet.	(Ratikainen, 2018)

DEL 1: INTRODUKSJON



1.1 Innledning

1.1.1 Problemstilling

Åpne overvannsløsninger i boligområder har ikke vært veldig vanlig i Norge, men blir gjerne mer og mer aktuelt. Derfor er det interessant å finne ut hvilke effekter de kan gi, og om det vil være lurt å satse på disse løsningene når en skal fortette i og rundt byene og samtidig være rystet for klimaendringene.

Problemstilling:

Hva er konsekvensene av å benytte åpne overvannsløsninger i boligområder?

For å besvare problemstillingen på best mulig måte er det også utformet to forskningsspørsmål:

- Hvilke effekter har åpne overvannsløsninger på avrenning, biologisk mangfold og bomiljø?
- Hva er de økonomiske konsekvensene av å bygge ut med åpne løsninger, og hvor mye vedlikehold krever disse systemene?

Gjennom problemstillingen og forskningsspørsmålene skal det forskes på virkningene det medfører å håndtere overvannet lokalt med åpne løsninger i stedet for i rør under bakken. Siden dette konseptet fortsatt er relativt nytt, finnes det lite erfaring på langtidseffektene og teknisk levetid på disse anleggene. Dette vil heller ikke være mulig å dokumentere i denne oppgaven på grunn av det korte tidsperspektivet. Selv om det er vanskelig å forutsi fremtiden når en planlegger for et samfunn som stadig utvikler seg og et klima som endrer seg, må vi som planleggere likevel gjøre antakelser basert på erfaringer frem til i dag og framskrivninger basert på trendutvikling.

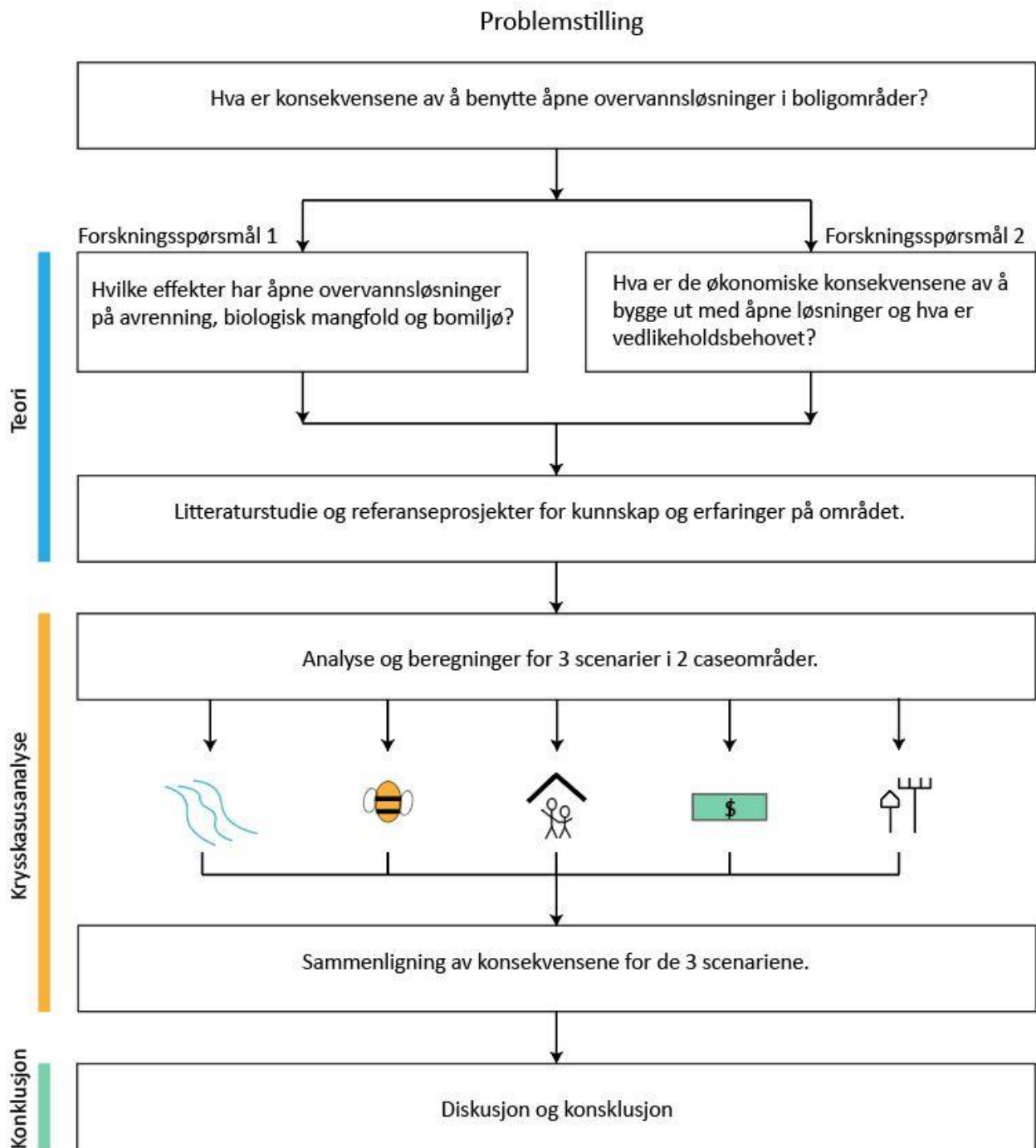
1.2.2 Avgrensning

Det er ikke mulig å kartlegge og avdekke alle mulige konsekvenser. Derfor er det valgt å fokusere på fem faktorer; avrenning og økonomi som kan regnes på i tall ved hjelp av overslagsberegninger, og biologisk mangfold, bomiljø og vedlikehold som vurderes ut fra tidligere erfaringer ved hjelp av litteraturstudie og referanseprosjekter. Andre effekter som også kunne ha vært interessante, men som ikke blir vurdert i denne oppgaven er f.eks. renseseffekten på overvannet, krav til bygningskonstruksjonene, CO2 avtrykk og driftskostnader.

1.2.3 Mål

Målet med oppgaven er å øke bevisstheten rundt åpne overvannsløsninger og presentere mulighetene som finnes for å kombinere disse med det tradisjonelle rørsystemet, eller til og med erstatte det helt.

1.1.4 Oppgavens oppbygning



Figur 1: Oppgavens oppbygning

1.2 Metode

Fremgangsmåten for å svare på problemstillingen er delt inn i to deler; først en litteraturstudie av overvannshåndtering med fokus på åpne løsninger, noen utvalgte tiltak, effekter og referanseprosjekter, og deretter en casestudie, som består av en konsekvensanalyse av tre ulike løsninger i to caseområder.

1.2.1 Litteraturstudie

En litteraturstudie gir et overblikk i hva som allerede finnes av kunnskap og forskning innenfor et bestemt tema og gir korte sammendrag med den viktigste informasjonen. Litteraturstudien kan også vise progresjonen innenfor det valgte fagfeltet og belyse hvordan praksisen har utviklet seg. En litteraturstudie gir et oversiktlig og solid grunnlag å bygge videre på (The University of North Carolina, u.å.).

Litteraturstudien har resultert i et teorikapittel som gir en innføring i det viktigste innenfor overvannshåndtering og de ulike åpne løsningene som finnes og er aktuelle å bruke i boligområder. Informasjonen er hentet inn fra blant annet fagartikler, bøker, forskningsrapporter, veiledere og referanseprosjekter. Teorikapittelet fremstiller også en del informasjon som blir tatt med videre i utviklingen av scenariene og konsekvensanalysen.

Det har vist seg at innenfor forskningen på området er det noen forfattere som går igjen i flere fagartikler og bøker. Dermed blir mye av den samme informasjonen gjentatt. Det er forsøkt å variere kildebruken for å gi et mest mulig representativt utvalg av litteraturen som finnes. Det kan likevel finnes synspunkt og forskningsresultater som ikke er tatt med i denne oppgaven. Selv om det finnes en del forskning på åpne overvannsløsninger i utlandet, er det ikke alt som er like aktuelt for norske forhold. Det finnes et behov for mer forskning på stedegne løsninger i Norge.

1.2.2 Casestudie – Krysskasus analyse

En casestudie undersøker et fenomen i dybden og kan gjerne ses på som et forskningsdesign mer enn en metode i seg selv. Teknikkene som benyttes innenfor en casestudie er ofte kvalitative, men de trenger ikke å være det (Gerring, 2007). Data som genereres gjennom en casestudie kan være både kvalitativ og kvantitativ, alt etter hva som beskriver fenomenet på best mulig måte. Denne oppgaven resulterer i begge.

Krysskasusanalyse egner seg godt i tilfeller hvor man undersøker et fenomen som kan variere veldig på tvers av ulike caser og dermed har informasjon som er konsentrert for enkeltcaser (Gerring, 2007). Overvannshåndtering er stedgitt, men likevel kan ulike overvannsløsninger og effektene av dem i enkeltområder generaliseres til å forklare og gi en oversikt over konsekvensene av overvannsløsninger på et generelt plan. Dette kalles overførbarhet og er viktig når en arbeider med kvalitative metoder.

Krysskasusanalysen består av at det utformes 3 scenarier for hvert av de to caseområdene:

0. Kun lukket overvannssystem
1. En kombinasjon av åpen og lukket overvannshåndtering
2. Kun åpne overvannsløsninger

Deretter blir det gjort en konsekvensanalyse ved å se på effektene og gjennomføre overslagsberegninger for hvert av disse scenariene.

Faktorene som blir vurdert i konsekvensanalysen er:

- Avrenning
- Økonomi
- Biologisk mangfold
- Bomiljø
- Vedlikehold

I resultatkapittelet blir resultatene fra analysen sammenlignet og vurdert opp mot hverandre, da fortrinnsvis scenario 1 og 2 mot 0.

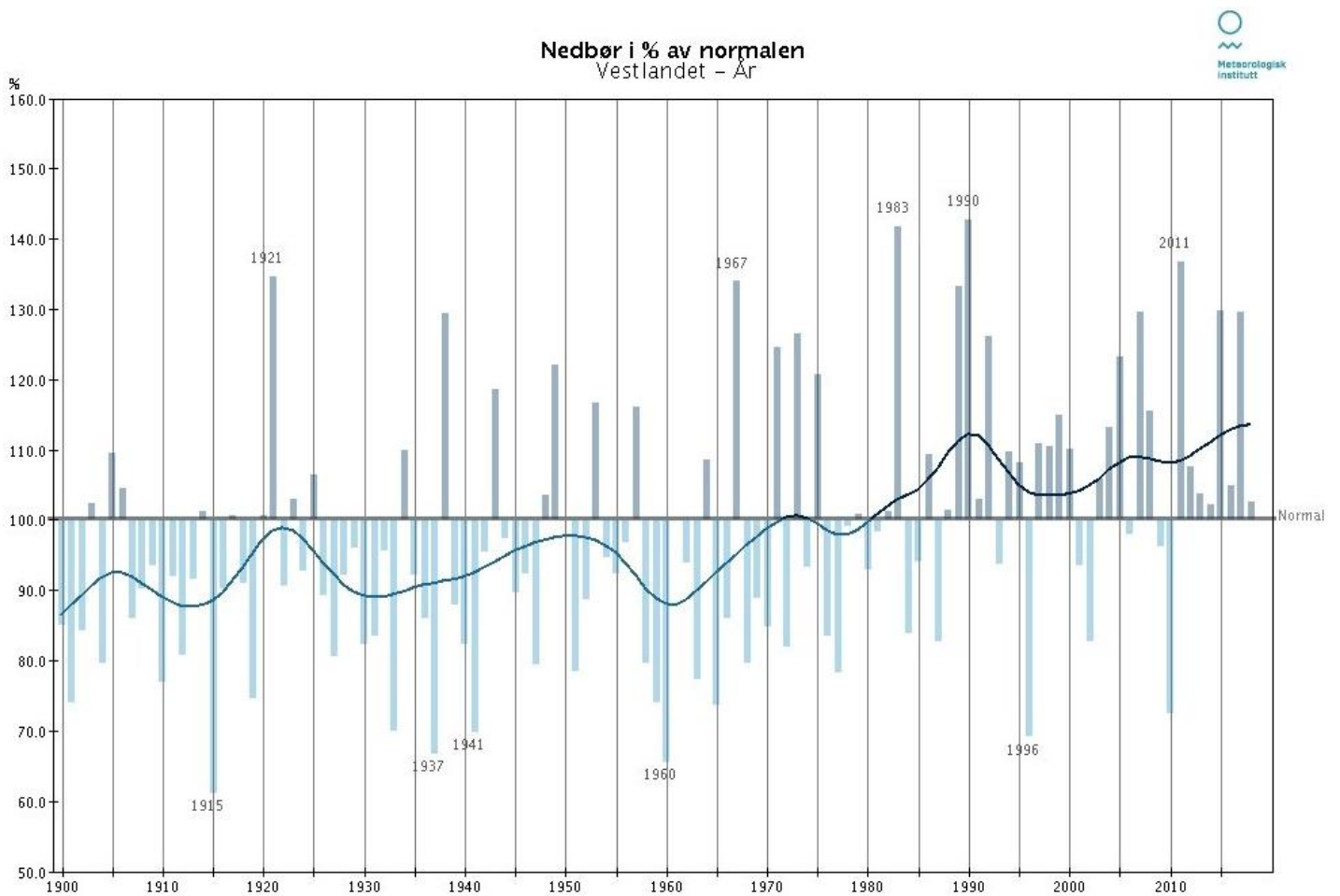
DEL 2: BAKGRUNN



2.1 Bakgrunn for oppgaven

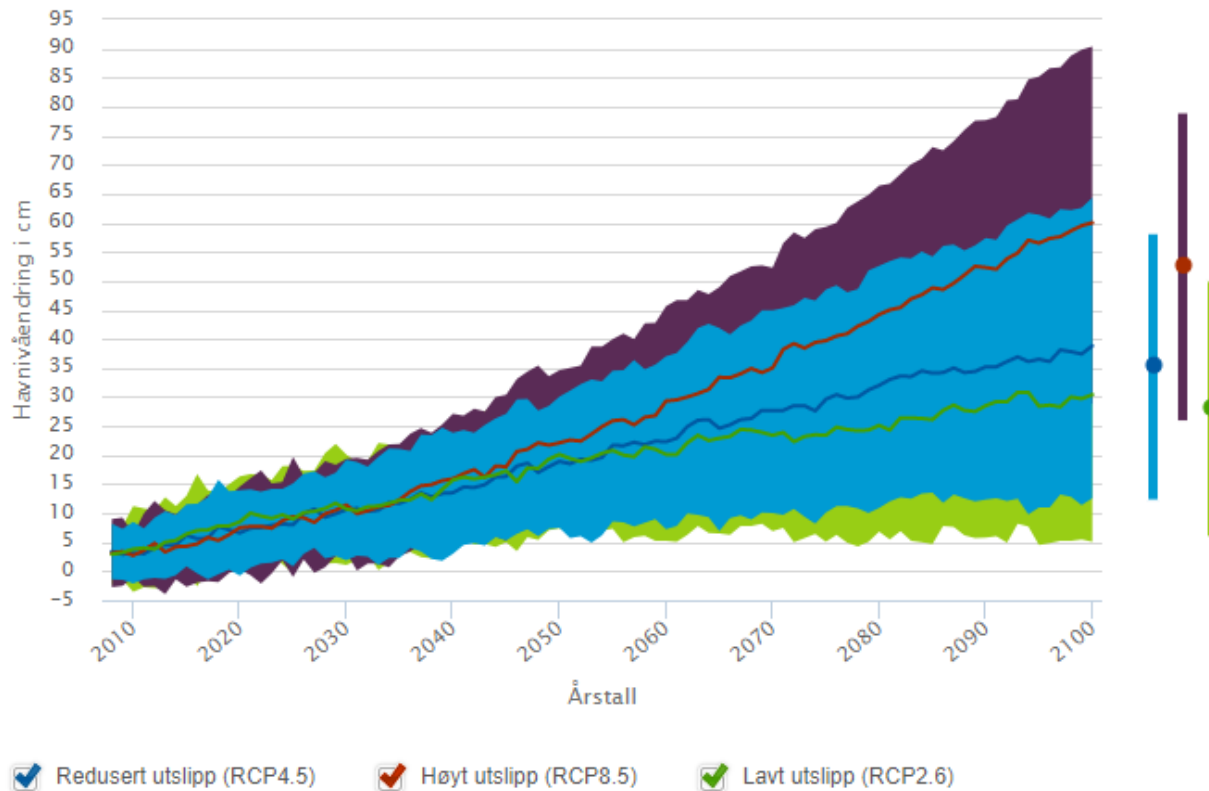
2.1.1 Et klima i endring

Klimaet på jorda er i endring, og mye tyder på at årsaken er høyt utslipp av klimagasser fra oss mennesker. Vi har allerede begynt å merke noen av effektene her i Norge, og prognosene fram mot 2100 tilsier store endringer. Temperaturøkning, havnivåstigning, som følge av at isbreer smelter, og mer ekstremvær i form blant annet flere korte, kraftige regnskyll er noe av det som venter oss. Årsnedbøren i Norge har økt med 18% siden 1900 og er beregnet til å øke med ytterligere 18% frem mot 2100. Dette er dersom klimagassutslippene fortsetter som i dag. Dager med kraftig nedbør vil dobles og nedbørsmengden i disse dagene med kraftig nedbør er i tillegg beregnet til å øke med 19% (Hanssen-Bauer et al., 2015). Vann- og avløpssystemene i mange byer er ikke dimensjonert til å håndtere de forventede vannmengdene som vil komme (Naturvernforbundet, 2016). Figur 2 viser en graf over utviklingen av nedbørsmengder siden 1900:



Figur 2: Graf som viser økning i nedbørsmengde siden 1900 (Meteorologisk institutt, 2019)

Havnivået er forventet å stige helt opp mot 90 cm utenfor kysten av Sola innen år 2100, dersom utslippene ikke reduseres (DSB, 2016). Dette gjør at vi også må ta hensyn til hvor vi bygger og hvordan vi fortetter langs kysten.



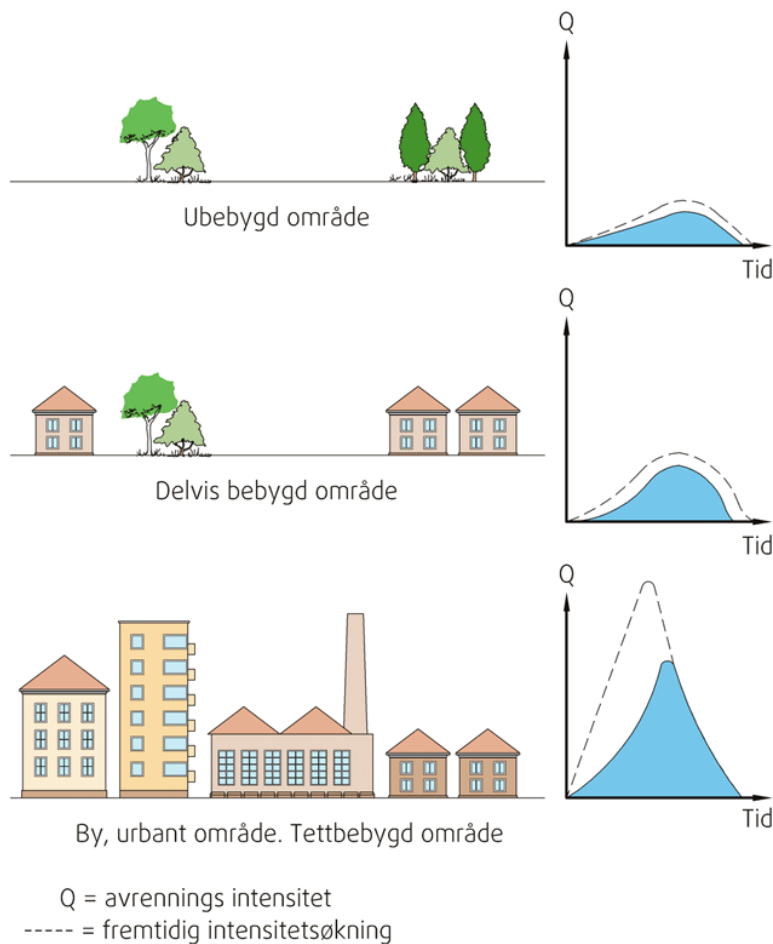
Figur 3: Graf som viser forventet havnivåstigning ved 3 forskjellige utslippsscenarioer

Utslippsscenario	Periode 2041 — 2060	Periode 2081 — 2100	År 2100
Redusert utslipp (RCP4.5)	19 cm (7 — 31 cm)	36 cm (12 — 58 cm)	39 cm (13 — 64 cm)
Høyt utslipp (RCP8.5)	22 cm (9 — 36 cm)	53 cm (26 — 79 cm)	60 cm (29 — 90 cm)
Lavt utslipp (RCP2.6)	19 cm (6 — 31 cm)	28 cm (6 — 50 cm)	30 cm (5 — 55 cm)

Figur 4: Tabell som viser forventet havnivåstigning ved 3 forskjellige utslippsscenarioer (Kartverket, u.å.)

2.1.2 Urbanisering og fortetting i byområdene

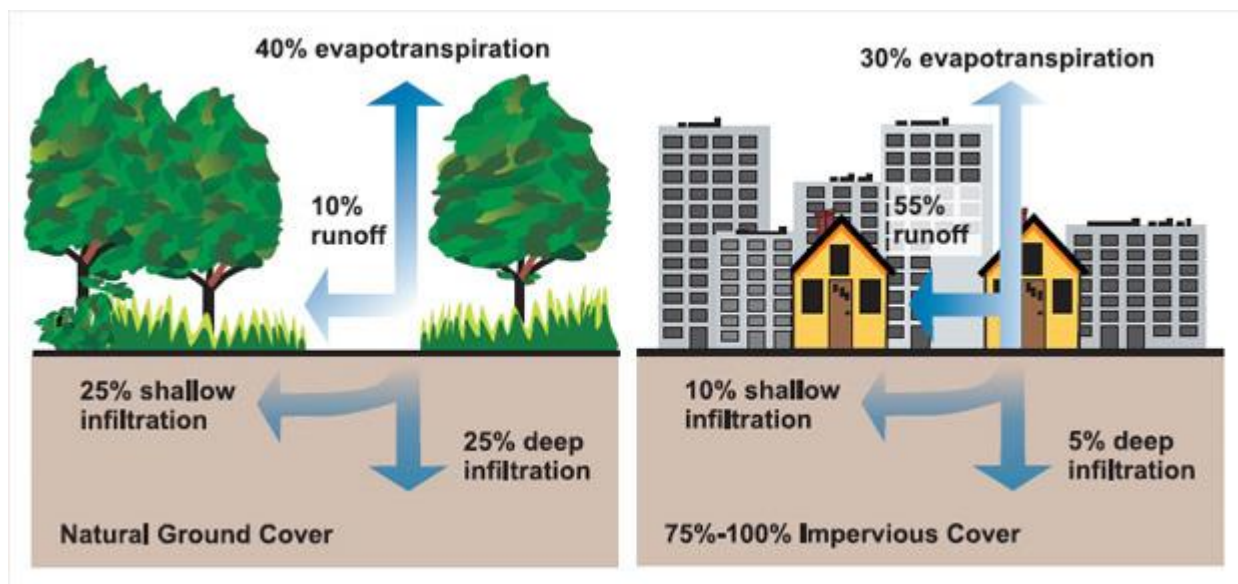
I nasjonale føringer på hvordan byer i Norge skal utvikle seg, er det blant annet et stort fokus på fortetting. Regjeringen har såkalte byveksttaler med de største byområdene i landet som går ut på at kommuner og fylkeskommuner forplikter seg til å blant annet satse på mer miljøvennlig transportutvikling, og til gjengjeld får statlig delfinansiering til store kollektivprosjekter. Årsaken er befolkningsvekst i byene og samtidig et ønske om å verne utbygging av matjord og få ned transportbehovet med personbil, som igjen kan få ned klimagassutslippene (Regjeringen.no, 2018). Urbanisering har vært en trend lenge og har ført til nedbygging av grøntarealer og mer tette flater. Dette har igjen medført økt avrenning på overflaten fordi vannet ikke lenger har noe sted å gjøre av seg (figur 6). Omgjøring av permeable flater til tette flater uten oppgradering av ledningsnettets kan føre til en overbelastning som igjen kan resultere i oversvømmelse og ødeleggelser på infrastrukturen. Derfor er håndtering av overvann en av utfordringene knyttet til fortetting. Figur 5 viser urbaniseringens effekt på avrenningsintensiteten.



Figur 5: Illustrasjon av urbaniseringens effekt på avrenningsintensiteten (Byggforsk, 2012e)

I regionalplan for Jæren slås det fast at utbyggingsstrategien har fokus på fortetting og transformasjon i sentrumsområdene, ved kollektivknutepunkt og langs kollektivaksene (Rogaland Fylkeskommune, 2013). Dette er for at folk skal kunne bo sentralt slik at reiser kan foregå mer miljøvennlig med gange, sykkel og kollektivtransport i stedet for i personbiler. Fortettingen består i stor grad av boligbygging, og derfor er det viktig å se på hvordan disse nye boligområdene kan være bærekraftige med tanke på overvann.

Bærekraftig byutvikling handler om å dekke behovene til dagens befolkning, samtidig som man legger til rette for at framtidige generasjoner skal kunne dekke sine behov. Bærekraft inkluderer tre aspekter; økonomiske, sosiale og miljømessige. Det handler om at ressursene ikke skal brukes opp, og at forholdene ikke skal forverres. For å oppnå en bærekraftig utvikling kreves god planlegging.



Figur 6: Forskjellen på regnvannets kretsløp i naturlig og urbant miljø (EPA, 2003)

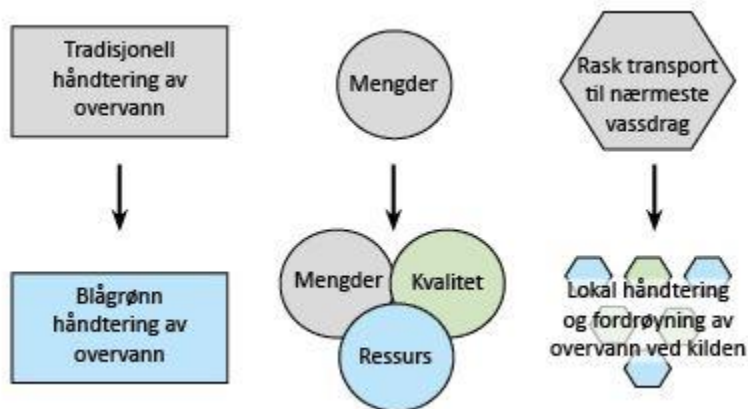
2.1.3 Bærekraftig overvannshåndtering

Tradisjonelt har løsningen for å håndtere overvannet vært å samle det under bakken og føre det bort i rør til nærmeste resipient. På den måten har det vært mulig å bygge ut med tette, harde flater uten å måtte tenke på infiltrasjonsevne, og i tillegg har det vært billig og plassbesparende. Ulempene med denne løsningen er kapasitetsproblemer i flomsituasjoner og at forurensninger i vannet ikke blir holdt tilbake. I tillegg tas vannet ut av sitt naturlige kretsløp, noe som kan påvirke blant annet grunnvannstanden. På grunn av klimaendringene har det blitt et stadig større problem med overvann og flomhendelser i byer og tettbygde strøk. Dette påfører samfunnet store økonomiske kostnader som kunne vært unngått med bedre planlegging. Derfor har det blitt nødvendig med et større fokus på overvannshåndtering. Bærekraftig utvikling handler ikke lenger bare om å fortette i byene, men også om å tilpasse dem til å bedre kunne takle klimaendringene.

Mange kommuner setter i dag høye krav til utbyggere om at så mye som mulig av overvannet skal håndteres lokalt. Åpne overvannsløsninger har allerede blitt introdusert flere steder i Sverige, som i Malmø, Helsingborg og Stockholm. I Norge har det også blitt prøvd ut f.eks. på Fornebu, i Oslo sentrum og i Sandnes. Overvannet bør utnyttes som en ressurs i stedet for å bli sett på som et problem.

Bærekraftig overvannshåndtering handler om å bruke vannet som en ressurs, og håndtere det lokalt ved å etterligne naturens egne prosesser mest mulig. En framtidrettet overvannshåndtering er en viktig del av det å oppnå en bærekraftig byutvikling.

Ifølge Paus er vi nå i et paradigmeskifte mot en blågrønn håndtering av overvann, som vises i Figur 7. Dette krever tverrfaglighet i overvannshåndteringen. Tradisjonelt har overvann vært en del av kommunalteknikk. Dersom åpne overvannsløsninger skal fungere best mulig er en avhengig av at arealplanleggeren setter av god nok plass til denne posten tidlig i prosessen. Derfor er det viktig med kunnskap fra flere fagområder i planleggingsprosesser. Noen av disse er f.eks. landskapsutforming, geologi, hydrologi og økologi, i tillegg til vann- og avløp (Paus, 2017).



Figur 7: Illustrasjon av det pågående skiftet mot en bærekraftig overvannshåndtering

2.2 Lover og forskrifter

2.2.1 Nasjonale føringer

- EUs vanddirektiv
- Vannressursloven (Lov om vassdrag og grunnvann)
- Plan- og bygningsloven (Lov om planlegging og byggesaksbehandling), med byggeteknisk forskrift (TEK17)
- Forurensningsloven (Lov om vern mot forurensing og om avfall)
- Naturmangfoldloven (Lov om forvaltning av naturens mangfold)
- Vannforskriften (forskrift om rammer for vannforvaltningen)
- NOU 2010:10 «Tilpasning til eit klima i endring – Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane»
- Stortingsmelding 33 (2012-2013) Klimatilpasning i Norge
- NOU 2015:16 «Overvann i byer og tettsteder – som problem og ressurs».
- VA-Norm har både generelle bestemmelser og spesielle bestemmelser som gjelder for hver enkelt kommune.

2.2.2 Lokale føringer

Begge caseområdene ligger i Rogaland fylkeskommune. Det ene ligger i Sola kommune og det andre ligger i Sandnes kommune.

Regionale føringer for Rogaland

Entreprenørselskapet COWI har på vegne av Rogaland fylkeskommune og Jæren vannområde utarbeidet en veileder for overvannshåndtering som heter «På lag med regnet». Den er praktisk rettet og tar både for seg overvannshåndtering i planleggingsprosessen, overvannsdisponering i ulike typeområder og beskrivelse av ulike prinsipp-løsninger. Veilederen skal kunne være et hjelpemiddel i planleggingsprosesser, og er spesielt utviklet for de hydrologiske, geologiske og meteorologiske forholdene i regionen. (COWI, 2013)

Kommunale føringer for Sola

I kommuneplanbestemmelsene for Sola kommune stilles det noen krav til overvannshåndteringen. Her er et lite utdrag:

«Overvann skal håndteres lokalt. Utbygging skal ikke medføre økt avrenning til vassdrag der det allerede er flomproblemer. Ved transformasjon skal overvann håndteres lokalt og i størst mulig grad tilbakeføres

til et naturlig avrenningsmønster. Utbygging skal ikke medføre økt utslipp til vassdrag i form av forurensede stoffer. Tiltak for å forebygge flom og forurensning kan være infiltrasjon og fordrøyning.» (Sola kommune, 2015) s. 9-10

I tillegg er det tatt hensyn til havnivåstigning i planbeskrivelsen. Hensynssonen for flom er satt til 3 meter over havet (Sola kommune, 2019).

Kommunale føringer for Sandnes

Kommuneplanen for Sandnes kommune har også bestemmelser som skal sikre en bærekraftig overvannshåndtering. Lokal overvannshåndtering er et viktig fokusområde og i kommuneplanen er det et krav om at «Overvann skal disponeres lokalt. Overvann skal normalt gis avløp gjennom infiltrasjon i grunnen og i åpne vannveier» (Sandnes kommune, 2018). (s.8)

Sandnes kommune har i tillegg en egen plan, som er underlagt kommuneplanen, «Hovedplan avløp og vannmiljø 2015-2025». Den inneholder et eget kapittel om klimatilpasning og overvann, som blant annet forklarer situasjonen i Sandnes og hvilke mål kommunen har for utviklingen. Her henvises det blant annet til veilederen for Rogaland fylkeskommune (Sandnes kommune, 2015).

Norsk vann sin veileder 162/2008 er vedtatt politisk til å gjelde i Sandnes kommune. Denne gir veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering, med fokus på blant annet lokal overvannsdiskonering.

DEL 3: TEORI



3 Teori

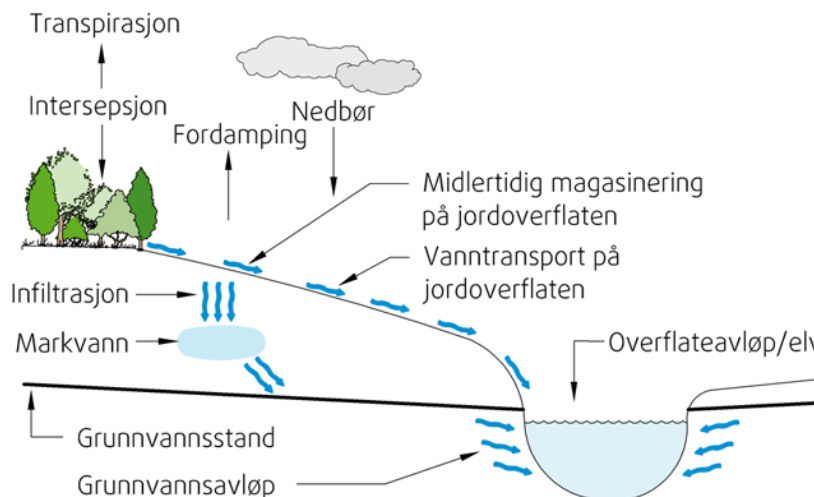
Dette kapittelet gir en oversikt over aktuell teori innenfor fagområdet og kommer med nødvendig fakta som brukes videre i forskningen for å møte problemstillingen.

3.1 Generelt om overvann

Overvann kommer fra nedbør og snøsmelting, og er det vannet som ikke infiltreres til grunnen, men som renner på overflaten. Overvannet renner av på flater, som vegger, tak og åpne plasser. Urbaniseringen har ført til en økt andel av tette flater, som igjen har ført til større mengder med overvann. Overvannet kan inneholde store mengder suspendert stoff (sand, leire, ol.), og ha høye konsentrasjoner av organiske- og uorganiske mikroforurensninger, som følge av kontakt med forurensede flater. Forurensningskonsentrasjonen i vannet varierer med hvor det faller og hvor kraftig regnskylllet er.

Overvannet er en del av det kommunale avløpsvannet og transporteres enten i egen overvannsledning (separatsystem) eller sammen med spillvannet (fellessystem) (Ødegaard et al., 2014). Fellessystemer har ikke vært vanlig å bygge etter 1960, men det finnes enda noen igjen av dem, spesielt i byene, som begynner å bli gamle (Stahre & Svenskt vatten, 2006). Problemet med fellesledninger er at vannet, som består av både overvann og spillvann, går i overløp ved kraftig regn og blir sendt direkte til resipient uten rensing. Dette fører til unødvendig forurensning, og med flere kraftige regnskyll, blir det bare viktigere å erstatte disse eldre fellessystemene med separatsystemer.

Figur 8 viser naturens egne, grunnleggende avrenningsprosesser som blir forstyrret og delvis forsvinner med urbanisering. De består av blant annet fordamping, infiltrasjon, midlertidig magasinering og transport på overflaten. Transpirasjon vil si fordamping av vann gjennom planter og trær. Man regner med at ca. 98% av vannet som tas opp gjennom røttene fordampes til lufta. Et middels stort bjørketre kan transpirere over 100 liter vann til dagen (Bernier jr., 2018). Dette gir en god grunn til å prioritere planter i urbane strøk.

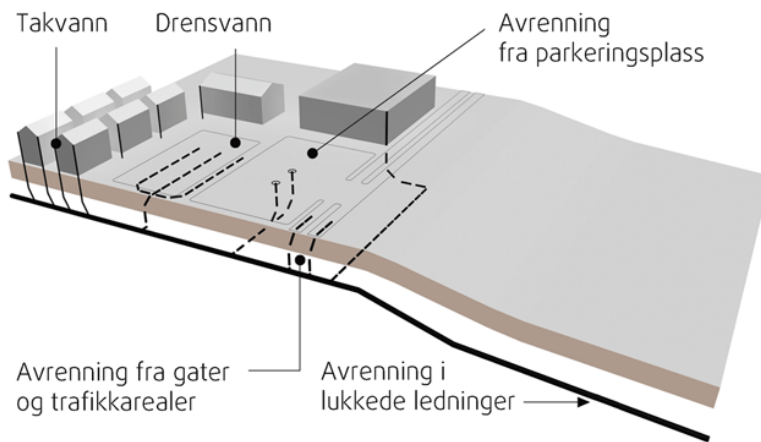


Figur 8: Grunnleggende, naturlige avrenningsprosesser (Byggforsk, 2012a)

3.2 Konvensjonelle overvannssystemer

Den vanligste måten å håndtere overvannet i urbane strøk er å samle vannet opp i rør og lede det raskest mulig bort, som vist i figur 9. Konvensjonelle overvannssystemer består altså bare av ledningssystemer under bakken. Denne praksisen har ofte ført til blant annet økt avrenning i mengde og intensitet, økt vannhastighet, senkning av grunnvannstanden og spredning av overvannsforurensninger (Ødegaard et al., 2014).

Den tradisjonelle løsningen for å håndtere mer overvann har vært å øke kapasiteten på ledningsnettverket ved å f.eks. gå opp i rørdimensjon eller bytte ut fellessystemer med separatsystemer. Disse løsningene er dyre. Et alternativ til å bygge om og erstatte hele ledningsnettverket er å redusere tilrenningen, altså vannmengdene som må ned i rørsystemet (Stahre & Svenskt vatten, 2006).



Figur 9: Illustrasjon av et konvensjonelt overvannssystem (Byggforsk, 2012b)

Vedlikehold

Vedlikehold på et avløpsanlegg inkluderer reparasjoner og forebyggende tiltak. De vanligste skadene på ledningene er svanker, brudd, sprekker og deformasjon. Disse må ofte repareres ved å skifte ut en del av ledningen. Tiltak som forebygger slitasje er for eksempel maling eller utskiftning av en del før den bryter sammen (Ødegaard et al., 2014).

Forventet levetid på rør varierer i stor grad av materialet på røret og plassering i forhold til ytre påkjenninger, men de kan ha en teknisk levetid på opptil 100 år.

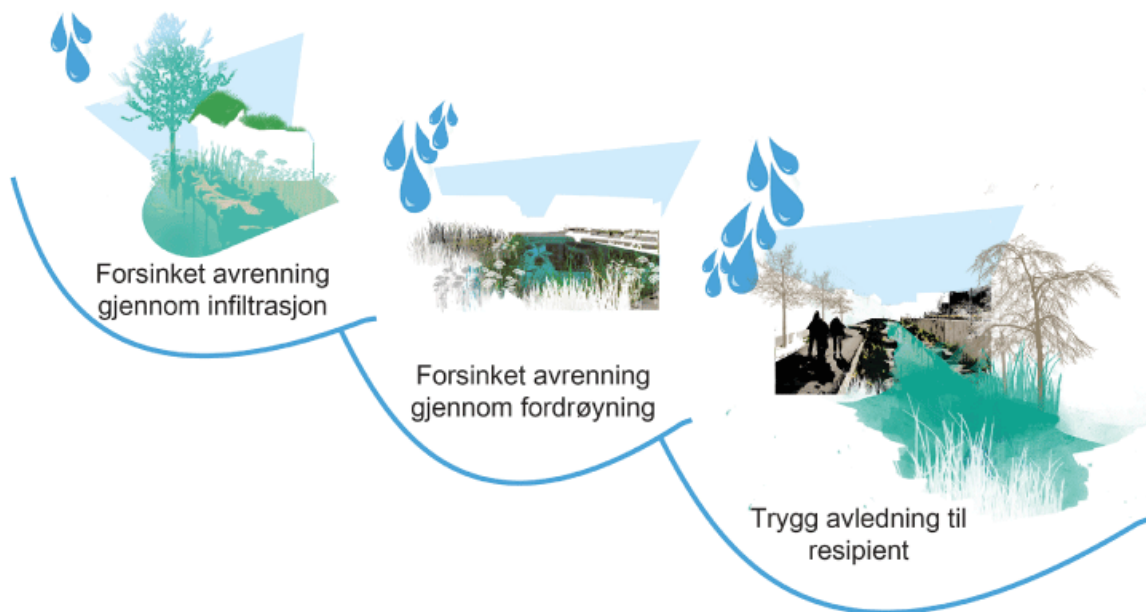
3.3 Planleggingsmetoder innenfor overvannshåndtering

Ifølge Stahre er det viktig å se hele systemet som en integrert enhet når en skal planlegge tiltak for å redusere avrenningen fra overvann. Overvannstiltakene må altså ikke betraktes isolert hver for seg, men sammen som et overordnet system hvor alt bidrar til å returnere overvannet til sin naturlige syklus på et tidligst mulig stadium. Den mest effektive måten å redusere avrenning på er å redusere andelen tette flater og håndtere overvannet så nær kilden som mulig. Der dette ikke er mulig, vil bruk av åpne løsninger for å lede vannet være med på å dempe flomtoppene og senke farten (Stahre & Svenskt vatten, 2006).

3.3.1 Treledd- strategien

«En fremtidsrettet og bærekraftig overvannshåndtering må baseres på å fordrøye og redusere/infiltrere overflateavrenningen ved lokal håndtering av overvannet» (Ødegaard et al., 2014).

Treledd- strategien er en moderne metode å planlegge overvannshåndtering. Metoden går ut på å håndtere regnet i tre ulike trinn alt etter hvor mye nedbør som faller. I første trinn, som vil si regn mindre enn 20mm, skal man i prinsippet klare å fange opp og infiltrere alt vannet. Det neste trinnet, med nedbør på mellom 20mm og 40mm, går ut på å forsinke og fordrøye vannet så mye som mulig. I det siste trinnet, med nedbør over 40mm, handler det om å sikre trygge flomveier for å lede vannet bort (Ødegaard et al., 2014).



Figur 10: Illustrasjon av "Treleddstrategien" (Regjeringen, 2015)

3.3.2 Nedbørfelt basert planlegging

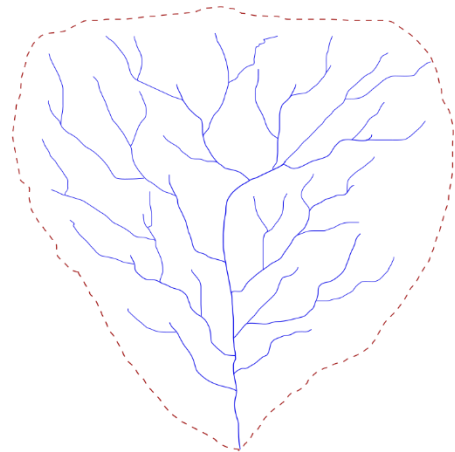
Et nedbørfelt defineres som «et avgrenset område hvorfra all nedbør renner ned til et bestemt punkt nederst i feltet» (Lindholm et al., 2008b). Når en planlegger er det viktig å huske på at nedbørfelt kan gå på tvers av regulerings- og områdeplaner. Derfor er det viktig med et større perspektiv enn bare planområdet når en skal planlegge for overvann. En overvannsstrategi på et overordnet nivå sikrer sammenheng i håndtering av overvann og flomveier for hele nedbørfeltet (Seifert-Dahnn, Moe, Sjødahl, Kvitsjøen & Barkved, 2018). Dette kalles nedbørfeltbasert planlegging.

Fremgangsmåte

Modellen for nedbørfeltbasert analyse består ifølge Thorén av fire steg, som vist under. Det første steget går ut på å identifisere eventuelle skader og flomhendelser, for å få en oversikt over de mest sårbare og skadeutsatte områdene. I steg 2 skal en avgrense nedbørfeltet og få en oversikt over lokalklimatadata som nedbør, temperatur og havnivå både for dagens situasjon og prognoser og konsekvenser i forbindelse med klimaendringer. Steg 3 er delt inn i fire og handler om å identifisere områder som har betydning for fire ulike kategorier, a – d. Fordrøynings- og infiltrasjonspotensialet kan analyseres ved å undersøke berggrunnen, løsmasser, helling og arealdekke. Det siste steget, som er steg 4, avhenger av området som planlegges, men det første alternativet er å identifisere tilgjengelige arealer for blågrønne løsninger, oftest på offentlige områder. Det andre alternativet er å identifisere områder egnet for bebyggelse og områder egnet for blågrønne løsninger når byene fortettes (Thorén, 2016).

Nedbørfeltbasert analyse:

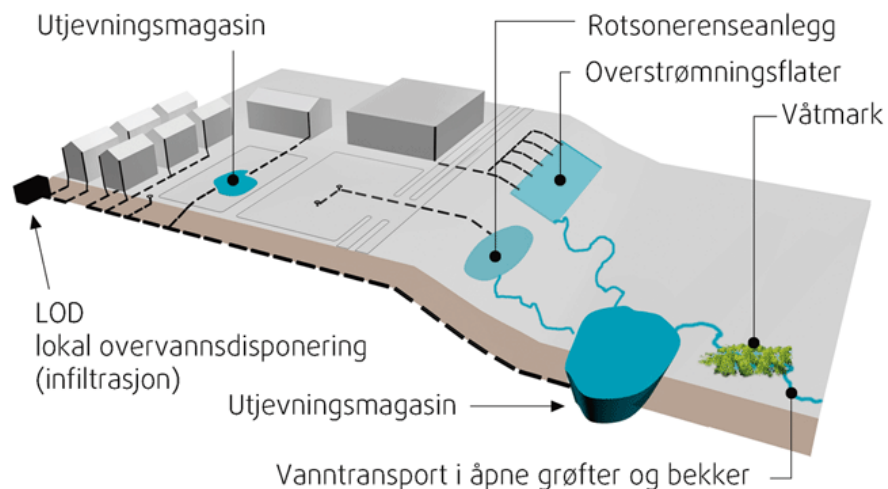
1. Identifisere skader og flomhendelser
2. avgrense nedbørfeltet og innhente lokalklimadata
3. Identifisere områder med betydning for
 - a. Infiltrasjon
 - b. Uteopphold, lek og rekreasjon etc.
 - c. Naturmangfold, kulturmiljø o.l.
 - d. Bebyggelse
4. Identifisere potensielle områder for blågrønne løsninger



Figur 11: Illustrasjon av et nedbørfelt (Wikipedia, 2019)

3.4 Åpne overvannsløsninger

«Åpen overvannshåndtering» brukes som et samlebegrep om løsninger for overvann som er åpne eller delvis åpne systemer. Disse systemene benytter liknende prosesser som naturen selv bruker for å håndtere regnvannet, gjennom infiltrasjon, fordrøyning og lagring. Systemene karakteriseres ved at vannet ofte er synlig i avrenningsprosessen (Stahre & Svenskt vatten, 2006).



Figur 12: Illustrasjon av implementering av åpne overvannsløsninger (Byggforsk, 2012c)

Åpne overvannsløsninger kan deles inn i tre kategorier eller nivåer (se «Treledd-strategien») (Lindholm et al., 2008b):

- Lokal overvannshåndtering, infiltrasjon og fordrøyning nær kilden
- Fordrøyd avledning
- Samlet fordrøyning

Tabellen under viser mulige tekniske løsninger innenfor hver av de tre kategoriene (Lindholm et al., 2008b):

Tabell 1: Mulige tekniske løsninger innenfor de ulike nivåene

Kategori	Eksempel på teknisk utforming
Lokal overvannshåndtering, Infiltrasjon og fordrøyning i nærheten av kilden	<ul style="list-style-type: none"> - Infiltrasjon på gresskleddede flater - Porøse dekker - Infiltrasjon i steinfyllinger - Tilfeldig ansamling av overvann på spesielle overflater for oversvømmelse - Dammer - Våtmarker

Fordrøyd bortledning	- Forsenkninger - Kanaler - Bekker/grøfter
Samlet fordrøyning	- Dammer - Våtmarksområder - Tjern/Innsjøer

Åpne løsninger krever et mer bevisst forhold til eksisterende blågrønne strukturer, grunnforhold og terrengform i utbyggingsområder enn tradisjonelle løsninger. Det finnes mange viktige grunner til å inkludere åpne løsninger i utbygging (Asplan Viak, 2016):

- Demping av flom
- Økt biologisk mangfold
- Vannbalanse (grunnvann)
- Opplevelsesverdier
- Tekniske og økonomiske forhold
- Rensing av forurenset vann

En av utfordringene med åpne løsninger er at de krever plass på overflaten hvor det er konkurranse med andre bruksmål om arealene, spesielt i tettbygde strøk. Derfor er det viktig å prøve å kombinere blå-grønne løsninger med andre formål, slik at de blir flerfunksjonelle. Overvannsløsningen kan for eksempel ha en biologisk komponent i tillegg til å infiltrere vann, som å være et habitat for ulike organismer, eller den kan invitere til rekreasjon og lek hos mennesker (Seifert-Dahnn et al., 2018).

LOD – Lokal overvannsdiskonering

LOD (Lokal overvannsdiskonering) handler i hovedsak om å redusere avrenningen fra hver enkelt tomt for å minske den totale belastningen på overvannssystemet, men LOD-tiltak har i tillegg andre formål (Lindholm et al., 2008a):

- Unngå lokale oversvømmelser
- Redusere faren for erosjon og ras i bekkedaler
- Bedre vannkvaliteten i resipienten
- Anlegge et miljøelement i lokalområdet
- Legge forholdene til rette for dyre- og fugleliv

Ved bruk av LOD- løsninger må noen faktorer vurderes, som for eksempel om infiltrasjonskapasiteten i grunnen er god nok, og om det er fare for vannskader eller erosjonsproblemer.

Videre blir ni ulike åpne-løsninger, hvorav 5 av dem er LOD-tiltak, introdusert og forklart:

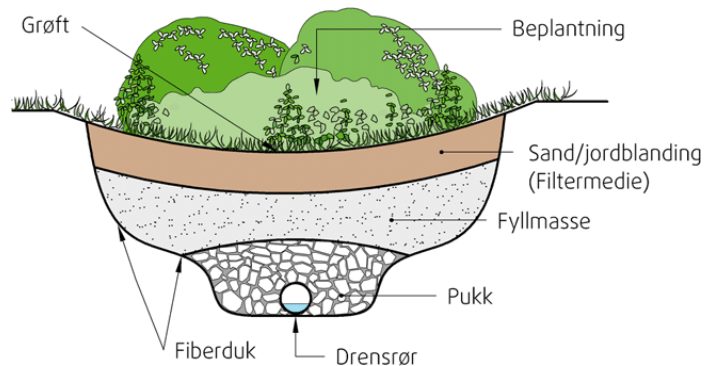
1. Regnbed
2. Grønne tak
3. Åpne renner
4. Fordrøyningsdammer
5. Bekker og kanaler
6. Gresskledde- og porøse flater
7. Taknedløp til terreng
8. Gresskledde forsengkninger
9. Infiltrasjonskummer

3.4.1 Regnbed

Regnbed er blomsterbed som er spesielt utformet for å infiltrere og fordrøye vann. Anleggene er terrengtilpasset og utformet med ulike lag for å kunne samle opp, infiltrere og fordrøye vann for å redusere flomtopper og etterfylle grunnvannet der de stedlige massene har tilstrekkelig infiltrasjonsevne. De kan også ha en rensende effekt på overvannet. Regnbed blir vanligvis dimensjonert for å håndtere nedbøren i første ledd av treledd -strategien (Ødegaard et al., 2014).



Figur 14: Eksempel på regnbed (Aquasafe, u.å.) (Byggforsk, 2012d)



Figur 13: Illustrasjon av oppbygningen til et regnbed

Oppbygning

Planter som benyttes må tåle vekslende forhold mellom mye vann og tørke og de bør for det meste være stedege arter som er tilpasset klimaet der regnbedet etableres. Under vegetasjonsdekket ligger filtermediet som vanligvis består av 50 - 60 % sand, 20 - 30 % matjord og 10 - 20 % løvkompost. Dette laget bør ha en dybde på minst 30 cm. Dersom anlegget er lite eller har god infiltrasjonskapasitet kan det bygges uten fyllmasse, fiberduk og drensrør. Den totale dybden på regnbedet bør være ca. én meter (Byggforskserien, 2012).

Plassering

Et regnbed er et LOD-tiltak og kan anlegges langs veger, ved parkeringsplasser, i tette urbane områder, som en del av en park eller i hager. De bør ikke plasseres i skyggen, fordi det kan hemme vegetasjonsutviklingen, og de må plasseres med avstand til bygg med kjeller for å unngå risiko for vannskader. Det er anbefalt at helningen på terrenget er under 20% for å unngå høy hastighet på vannet som kan føre til erosjon i regnbedet (Paus & Braskerud, 2013).

Størrelse

Størrelsen på et regnbed varierer etter beliggenhet og må tilpasses med tanke på vannmengder og infiltrasjonskapasitet. Ifølge generelle retningslinjer bør regnbed ha et overflateareal på 5 -10% av nedbørsfeltet. Under vises en formel for å beregne overflateareal på regnbed som blir 5 % av nedbørsfeltet (Paus & Braskerud, 2013):

$$A_{Regnbed} = A_{felt} * c * P / (h_{maks} + K_h * t_r)$$

Der:

$A_{Regnbed}$ er regnbedets overflateareal (m²)

A_{felt} er nedbørfeltets størrelse (m²)

c er nedbørfeltets gjennomsnittlige avrenningskoeffisient

P er dimensjonerende nedbørsmengde (m)

h_{maks} er den maksimale vannstanden på overflaten før vannet går i overløp (m)

K_h er filtermediets mettede hydrauliske konduktivitet (m/t)

t_r er dimensjonerende varighet på tilrenningen til regnbedet (t)

Vedlikehold



Regnbedene må vannes, gjødsles og lukes til ønsket vegetasjon har etablert seg (Asplan Viak, 2016). Deretter kreves jevnlig fjerning av ugress og vanning i perioder med tørke på lik linje med parkområder (Paus & Braskerud, 2013). Vedlikeholdsbehovet vil variere med plantevalg og grad av forurensing på vannet som blir tilført regnbedet. Dersom overvannet er veldig forurenset må det øverste jordlaget byttes ut etter 10-15 år (Byggforskeren, 2012). Forventet levetid på regnbed er 40 år (Magnussen et al., 2015).

3.4.2 Grønne tak

Ved å anlegge et vegetasjonsdekke på tak, kan man infiltrere og fordrøye regnvannet før det når bakken. En forutsetning er at taket ikke er for bratt, og at konstruksjonen er dimensjonert for den ekstra belastningen (Lindholm et al., 2008b). Målinger gjennomført i Sverige viser at grønne tak på en årlig basis kan halvere avrenningen. Ved lette regnskyll holdes vannet tilbake og infiltreres på taket, mens ved kraftigere og lengre regn oppnår vegetasjonsdekket en metning, som begrenser fordrøyningseffekten (Stahre & Svenskt vatten, 2006).

Grønne tak trenger ikke nødvendigvis å være grønne. Fargen kan variere i stor grad etter hvilken vegetasjon som benyttes. I figur 16 kan en se ulike typer grønne tak som finnes i Augustenborg og figur 15 viser hvordan et grønt tak kan være bygd opp.



Figur 15: Illustrasjon av oppbygningen til et grønt tak (Vatnaland, u.å.)

Man kan skille mellom grønne tak ut ifra beplantningstype og substrattykkelse. Det er vanlig å kategorisere grønne tak i følgende tre typer:

- Ekstensive
- Semi-intensive
- Intensive

Informasjonen i tabell 2 er hentet fra Scandinavian Green Roof institute og viser forskjellen mellom de ulike kategoriene (Scandinavian green roof institute, u.å.-a):

Tabell 2: Informasjon om ulike typer grønne tak

	Utforming	Vegetasjon	Substrattykkelse	Vekt
<i>Ekstensive tak</i>	Naturlandskap	Sedum, urter, mose, villblomst	30 - 150 mm	50 – 250 kg/m ²
<i>Semi-intensive tak</i>	Hage/park	Sedum, gress, urter, busker	120 – 350 mm	150 – 500 kg/m ²
<i>Intensive tak</i>	Takhage	Gressmatte, busker, trær	300 mm -	200 kg/m ² – 2 tonn/m ²

Lette (ekstensive), grønne tak har et relativt tynt jordlag med planter som tåler tørke og som kan lagre mye vann, ofte fra bergknappslekta (sedum). Denne type tak krever lite vedlikehold, men tåler ikke slitasje. Et eksempel på lette, grønne tak er torvtak. Tunge (intensive), grønne tak har et relativt tykt jordlag og består av ordinære prydplanter. Denne type løsning kan benyttes som takhage, men til gjengjeld krever den mye vedlikehold (Byggforskserien, 2012). Semi-intensive tak er en mellomting av disse.

Tykkelsen på vekstlaget og beplantningsvalg har mye å si for infiltrasjonsevnen og dermed avrenningen. Tabell 3 viser noen avrenningskoeffisienter som kan benyttes for ulike typer grønne tak (VA/Miljø-blad, 2013):

Tabell 3: Noen avrenningskoeffisienter for grønne tak

Bepantning	Tykkelse på vekstlag, mm	Avrenningskoeffisient
Mose og bergknapp	20 – 40	0,60
Mose, bergknapp og andre mindre planter	60 – 100	0,50
Gress og mindre planter	150 – 200	0,40
Gressplen og større planter/mindre trær	>500 mm	0,1



Figur 16: Bilde av ulike typer grønne tak i Augustenborg (Scandinavian green roof institute, u.å.-b)

Vedlikehold



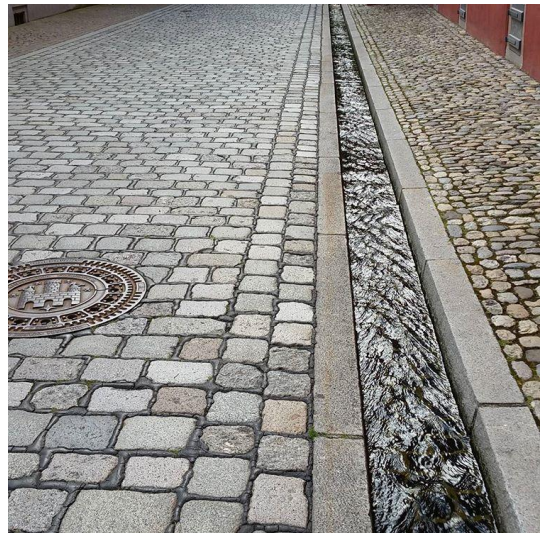
I perioder med lite eller ingen regn vil det være et behov for vanning. Dette behovet øker med økende takvinkel. Det kan anlegges sprinklervanning eller dryppvanning langs mønet på taket (Asplan Viak, 2016). Forskjellige typer vegetasjon krever ulik grad av vedlikehold, men årlig skjøtsel og lusing er uansett nødvendig (COWI, 2013). I tillegg må slukes etter behov. Det vil være store variasjoner, forventet levetid på grønne tak er 50 år (Magnussen et al., 2015).

3.4.3 Åpne renner

Åpne vannrenner kan utformes på mange ulike måter med ulike typer materiale, f.eks. stål, betong, eller brostein. Avhengig av utformingen kan åpne renner senke farten på vannet, fordi de kan ha slakere fall enn et lukket rørsystem med krav til selvrens, og gjerne leder vannet i omveier. En løkrenne eller brosteinsrenne med ujevnheter i bunnen vil være med på å fordrøye vannet ytterligere.



Figur 18: Eksempel på åpen renne, fra Tjuvholmen i Oslo (Byggeskikknettverket, u.å.)



Figur 17: Eksempel på åpen brosteinsrenne (Lurås, 2016)

Vedlikehold



Åpne renner krever forholdsvis lite vedlikehold, men det vil være nødvendig å rense bort blader og sand som samler seg over tid og plukke søppel om nødvendig.



Figur 19: Eksempel på en løkrenne, fra Augustenborg (Climate ADAPT, 2014a)

3.4.4 Fordrøyningsdammer

Dammer med permanent vannoverflate kan både være med på å sinke avrenningen i perioder med kraftig regn, men også være attraktive estetiske innslag i perioder med opphold og tørke. Åpne dammer i boligområder må utformes med tanke på barns sikkerhet (Lindholm et al., 2008b). For å unngå farer bør dammen utformes med slake sidekanter (maks 1:4), grunt vann i strandsonen og et mykt bunnlag. Noen ganger kan det være nødvendig med gjerde rundt eller høye plantevekster for å redusere faren for ulykker (Stahre & Svenskt vatten, 2006). I Plan- og bygningsloven finnes det krav til sikring av dam og andre åpne vannanlegg.

Det finnes tre hovedtyper av dammer (Lindholm et al., 2008a);

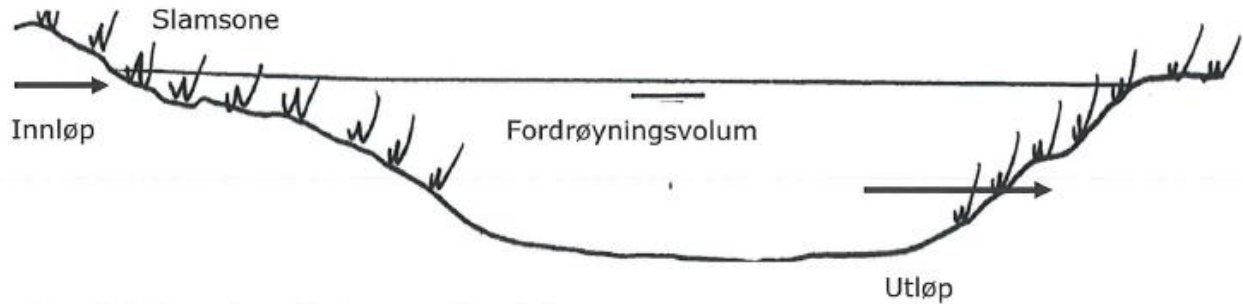
- «Våte» dammer uten fordrøyningsvolum
- «Tørre» dammer
- «Våte» dammer med fordrøyningsvolum (altså plass til mere vann om nødvendig)

«Tørre» dammer står vanligvis tomme, men fylles med vann ved kraftig regn eller i en flomsituasjon, se figur 21. Tørre dammer kan benyttes for nedbørfelt med opptil 20 - 30 hektar (ha) tette flater, men for større områder er det mer hensiktsmessig med «våte» dammer. Våte dammer krever en stabil tilrenning for å ikke tørke ut. Derfor bør nedbørfeltet for våte dammer være minst 5 ha. Vegetasjon kan anlegges i strandsonen langs kantene for å øke rensegraden. Vannvegetasjon trives best der det er grunnere enn 0,6 – 0,75m (Lindholm et al., 2008a). Volumet på dammen bestemmes ut ifra dimensjonerende avrenning, som er den største differansen mellom innløps- og utløpsmengde fra feltet. Grunnvannet bør ligge minst en meter under infiltrasjonsflaten. I tillegg er det viktig å planlegge et trygt overløp/flomvei fra dammen, dersom den skulle bli full (Statens Vegvesen, 2014).

Våte dammer er ofte delt inn i en slamson og en etterpoleringssone med en lav terskel mellom (figur 22). Slamsonen er den minste sonen og utgjør ca. 10-30 % av totalvolumet til dammen. Tilløpet befinner seg i slamsonen og her avsettes det meste av partiklene i vannet. Begge delene av dammen bør ha kjørbare og faste bunn med kjøreadkomst som gjør det mulig å drive vedlikehold med maskiner. Når dammer anlegges i områder med permeabel grunn, og det er et ønske om permanent vannspeil, må sidene og bunnen tettes, gjerne med en plastmembran. Dette er ikke nødvendig der det er leirholdig grunn (Lindholm et al., 2008a).

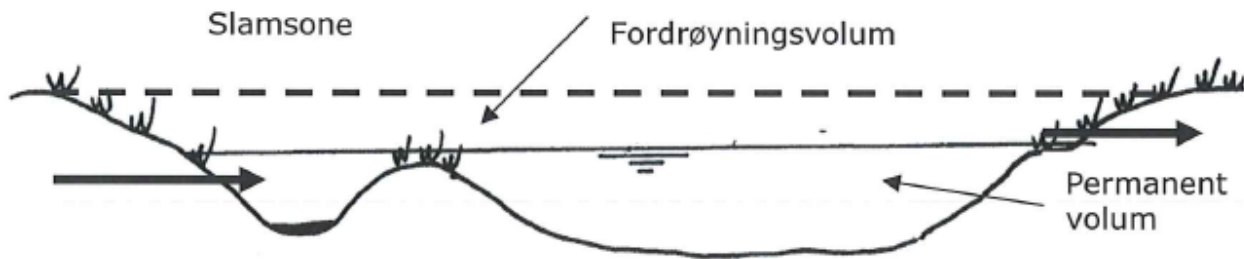


Figur 20: Eksempel på en "våt"dam, fra Augustenborg(Klimatilpasning, 2013)



Figur 21: Illustrasjon som viser de ulike sonene i en "tørr" dam (Lindholm et al., 2008)

Tørr dam



Figur 22: Illustrasjon av en "Våt" dam, med eller uten fordrøyningsvolum (Lindholm et al., 2008)

Et problem i mange fordrøyningsdammer er ukontrollert algevekst som kan gjøre dem lite attraktive både med tanke på lukt og utseende. I praksis er det umulig å unngå disse problemene helt, men det finnes noen forebyggende tiltak (Stahre & Svenskt vatten, 2006):

- For å lettere kunne rengjøre dammen, kan den utstyres med et bunnuttak som gjør det mulig å tømme den helt for vann.
- For å redusere mengden med næringsstoff, bør vannet som kommer inn i dammen først gå gjennom et biologisk filter som f.eks. kan bestå av sivplanter.
- For å bedre sirkulasjonen på vannet, kan det installeres en sirkulasjonspumpe.
- For å øke oksygeninnholdet i vannet, kan det installeres en fontene.
- For å sørge for en jevn tilførsel av nytt, rent vann, kan en vannhydrant kobles til dammen.
- For å redusere mengden med direkte sollys, kan det plantes trær rundt dammen.

Vedlikehold



Åpne dammer kan kreve mye vedlikehold, men det avhenger av blant annet oppbygningen, plasseringen, plantevalg og størrelse. Det kreves årlig sjekk av inn- og utløp. Tørre dammer krever lite vedlikehold. Gress og annen vegetasjon må slås og slam som avsettes fjernes etter behov. For våte dammer må vegetasjon klippes ca. hvert 2.-3. år. Slamsonen må tømmes for slam ca. hvert 5.år og etterpoleringssonen ca. hvert 20. år (Lindholm et al., 2008a). Levetiden på fordrøyningsdammer er forventet å være 40 år (Magnussen et al., 2015).

3.4.5 Bekker og kanaler

Når man skal planlegge nye utbyggingsområder er det lurt å undersøke om det finnes eksisterende bekker eller grøfter som kan utnyttes og opparbeides til å fungere som overvannstiltak. Det er også mulig å åpne opp igjen grøfter og bekker som er blitt lagt i rør eller fylt igjen tidligere. Dersom dette blir gjennomført riktig kan det få mange positive konsekvenser. Ved å bruke eksisterende kvaliteter kan en gi noe tilbake til området i form av for eksempel biologisk verdi, rekreasjonsverdi og estetisk verdi (Lindholm et al., 2008b).

I noen tilfeller kan det anlegges nye åpne bekker eller kanaler for å avlede overvann i boligområder. Denne løsningen er ofte dyrere enn et tradisjonelt overvannssystem og topografien bør ligge til rette for at en slik løsning er hensiktsmessig. Det er viktig å ta hensyn til sikkerhet og tilgjengelighet ved å anlegge tiltak som gjerder, bruer, beplantning og liknende, der det er nødvendig. Universell utforming må ivaretas og tilgjengeligheten til boligene opprettholdes (Lindholm et al., 2008b).



Figur 23: Eksempel på en kanal som går gjennom et boligområde i Augustenborg



Figur 24: Hovinbekken er et eksempel på en bekk som har blitt gjenåpnet (**Miljødirektoratet, 2019**)

For å unngå at bekken/kanalen står tørr:

- Unngå overdimensjonering
- Sikre tilrenning ved å koble til en vannhydrant

Vedlikehold



For bekker og kanaler må en se til at kapasiteten opprettholdes for å unngå flomproblemer, som vil si å passe på at det ikke gror igjen eller går tett.

3.4.6 Gresskledde- og porøse flater

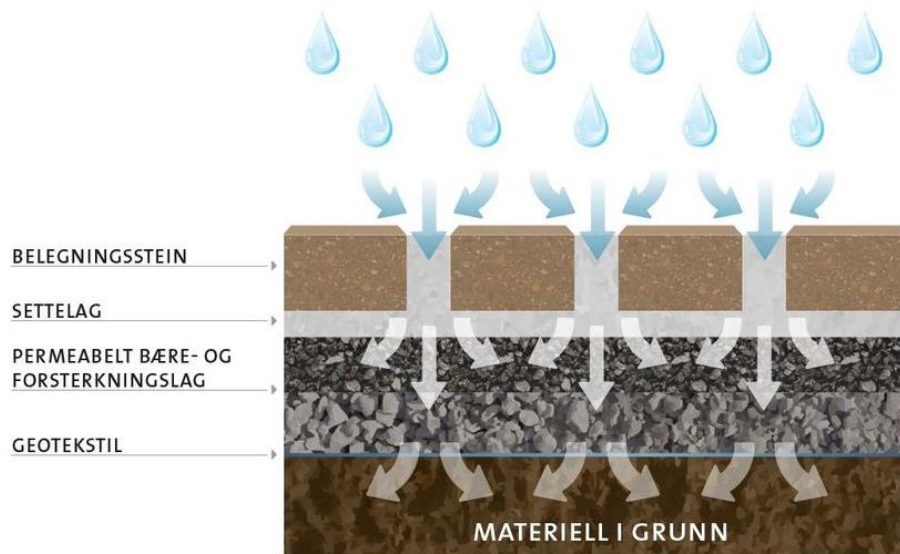
Formålet med porøse og gresskledde belegningsflater er at vannet skal kunne trenge gjennom overflaten og magasineres og infiltreres i grunnen. Disse løsningene kan bare benyttes i områder med permeabel grunn og dybden til grunnvannstanden bør være minst 1 – 1,5 m. Permeable dekker bør ikke brukes i nærheten av bygninger med kjeller. Dette er for å unngå at vann kan trenge inn (Lindholm et al., 2008a).

Det finnes mange ulike typer permeable dekker, men de vanligste er (Byggforskserien, 2012):

- Drensasfalt
- Gressarmering
- Brostein
- Belegningsstein

Drensasfalt har større porevolum enn vanlig asfalt, som gjør at mer vann kan trenge gjennom. Den drenerende effekten kan reduseres til samme nivå som vanlig asfalt etter 3-5 år dersom den slites ned eller ikke vedlikeholdes.

Gressarmeringsdekker er en kombinasjon av betongstein og gress (figur 26). Vannet infiltreres da i hulrommene hvor gresset har etablert seg. Brostein kan også ha gress i fugene, men det vanligste er uten. Brosteinsdekker kan ha lang levetid dersom de anlegges riktig, men for å opprettholde infiltrasjonsevnen i fugene må de vedlikeholdes ofte. Figur 25 viser et eksempel på hvordan oppbygningen for belegningsstein kan se ut.



Figur 25: Prinsippskisse for permeable dekker av belegningsstein som viser de ulike lagene (Norsk kommunalteknisk forening, u.å.)

Permeable dekker kan benyttes for (Lindholm et al., 2008a):

- Parkeringsplasser
- Veier med liten trafikk i boligområder
- Fortauer
- Skulderdelen av større veier



Figur 26: Eksempel på gressarmering

(Asak miljøstein, u.å.)

Vedlikehold



For gressarmering er det nødvendig med luking i fuger etter behov og jevnlig kontroll av sluk (Undheim, 2018). Når det er behov for å bytte ut massen i hulrommene mellom belegningssteinen, kan dette gjøres ved å suge opp den gamle massen og erstatte den med nytt, grovkornet materiale (COWI, 2013). For å unngå tette fuger må de vakuumsuges og høytrykkspyles minst 4 ganger i året (Lindholm et al., 2008a). Forventet levetid for permeable flater er 40 år, dersom de vedlikeholdes jevnlig (Magnussen et al., 2015).

3.4.7 Taknedløp til terreng

Overvann fra tak har tradisjonelt blitt ledet via takrenner og nedløpsrør til en overvannsledning under bakken. Avrenningen fra taket går ofte fort og takvann gir et stort bidrag til overvannssystemet her til lands. Ved å benytte et såkalt «nedløpsrørutkast» kan en enkelt koble taket fra det tradisjonelle overvannssystemet og lede vannet til en infiltrasjonsflate. Infiltrasjonsflaten bør være ca. 1-2 ganger større enn takflaten som vannet renner fra. Det er viktig å unngå at takvannet renner ned i grunnmuren for det kan forårsake fuktskader. For infiltrasjon kan det benyttes gressflater eller andre porøse flater, som singel, naturstein eller porøs asfalt (Lindholm et al., 2008b). Overflaten ved utløpet bør forsterkes for å forebygge mot erosjon.

Det finnes mange ulike måter å utforme området ved nedløpsrørutkastet. Noen prinsipper er vist i figur 27 og 28. Det er også mulig å samle opp vannet fra taket i beholdere eller infiltrasjonsmagasiner under bakken. Det er viktig at eventuelt overskuddsvann blir tatt hånd om enten gjennom et drenerør eller at det blir ledet bort i åpne renner slik at det ikke havner hos naboen.



Figur 27: Illustrasjon av taknedløp til regnbed
(Melbourne Water, u.å.)



Figur 28: Eksempel på taknedløp til terreng
(Holter, 2017)

Vedlikehold



Se til at utløpet ikke fryser igjen vinterstid eller tettes av blader o.l. vannveien opprettholdes bort fra bygg.

3.4.8 Gresskledd forsenkninger

Gresskledd forsenkninger er konstruerte kanaler med vegetasjon som kan samle opp vann fra veier, parkeringsplasser, industriområder eller større boligområder. Oppsamlingen skjer gjennom selvføll og «grøftene» sørger for at vannet fordrøyes, infiltreres og gjennomgår noe rensing. De bør ha en lett helning som er nok til å lede vannet i riktig retning, men sidene bør ikke være brattere enn at det kan benyttes gressklipper for vedlikehold. Nedstrøms ende av forsenkningen bør ha en kuppelbrønn som kan lede overskuddsvannet til det kommunale ledningsnett. Vanlig bunnvidde på forsenkningene er på 60 – 240 cm og den totale størrelsen på dem er normalt mellom 10 og 20% av nedbørsfeltet. Denne løsningen egner seg bra som forbehandlingsenhet for andre overvannstiltak ettersom forsenkningene har god evne til å fjerne partikler gjennom sedimentering (Ødegaard et al., 2014).



Figur 29: Eksempel på gresskledd forsenkning langs gang- og sykkelveg

(Sweden water research, u.å.)



Figur 30: Eksempel på gresskledd forsenkning mellom veg og fortau

(Lørenskog kommune, 2017)

Vedlikehold



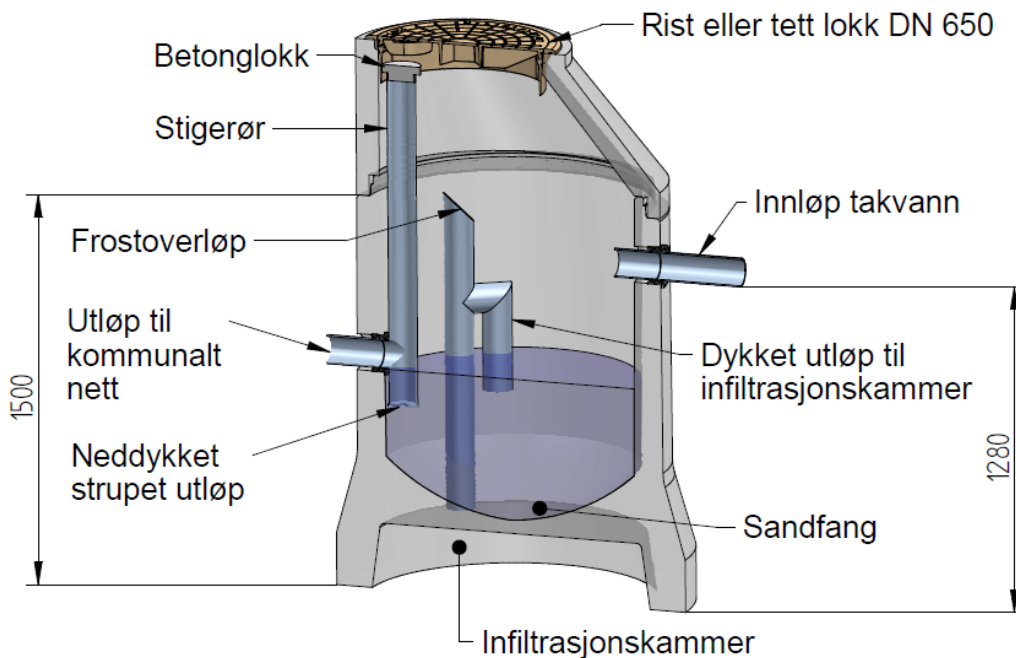
Klipping av gress på lik linje med andre gressplener. Det kan også være behov for å rake blader som samler seg om høsten og plukke søppel.

3.4.9 Infiltrasjonskummer

En infiltrasjonskum er ikke nødvendigvis en åpen overvannsløsning i den forstand at det er mulig å se hva som skjer med vannet, men den kan benyttes som et LOD-tiltak og et alternativ til tradisjonelle kummer og ledninger. Infiltrasjonskummer er laget for å samle og infiltrere overvannet i bunnen og rundt kummen. Det finnes ulike typer infiltrasjonskummer. Noen har utløpet i toppen, som gjør at fordrøyningsvolumet i kummen benyttes før vannet sendes ut på overvannsnett, mens andre har utløpet lenger nede og fordrøyningsvolumet benyttes bare ved ekstremnedbør. Figur 31 viser et eksempel på sistnevnte (Skjæveland, u.å.-b).

Det overfløydige vannet som ikke infiltreres går enten direkte til det kommunale nettet, eller gjennom et strupet utløp som bare tillater en viss vannmengde å komme gjennom. Strupet utløp er praktisk i de tilfellene det er strenge krav til utslippsmengder og en skal kontrollere hvor mye som får lov til å slippes på det kommunale nettet.

For å anlegge infiltrasjonskummer kreves det at de stedlige massene har god nok infiltrasjonskapasitet. Ut fra dimensjonene på kummen under kan man si at hver infiltrasjonskum kan fordrøye 1,5 m³ vann.



Figur 31: Illustrasjon av Infiltrasjonssandfangskum (Skjæveland, u.å.-a)

Vedlikehold



Sandfanget må tømmes årlig for å opprettholde kapasiteten.

3.5 Biologisk mangfold



Økt tilgang til åpne vannflater og økt vegetasjonsbruk gir positive effekter for biologisk mangfold, fordi det er et livsgrunnlag for dyr og planter. De åpne løsningsene som kan egne seg best som habitater for fugler, insekter, krypdyr og andre dyrearter er grønne tak og regnbed. Kanaler og dammer kan også fungere fint dersom det er nok vegetasjon og skjulesteder langs dem. Åpne vannveier lagt i harde dekker/renner begrenser noe av den økologiske effekten, men kan likevel benyttes som fuglebad eller til drikkevann (Asplan Viak, 2016).

Grønne tak

Det er forskning som viser til at selv om det er gode intensjoner rundt det å bygge grønne tak, blir mange av dem ikke utformet slik at de faktisk fungerer som økosystemer. Ekstensive tak passer kun for tilpasningsdyktige planter og dyr som kan overleve under ekstreme forhold, og som er mobile nok til å nå disse «habitatene» i høyden. Sedummatter er et av de billigste og enkleste alternativene når en skal velge grønne tak. Denne samlingen av planter fra bergknappslekta har lav vegetasjon og lite variasjon. Denne utformingen tiltrekker ikke fugler fordi det er for få skjulesteder og vanskelig for dem å finne nok mat (NMBU, 2018). Et annet problem er at grønne tak ikke har dype jordlag, så i tørkeperioder kan ikke planter trekke opp grunnvann og insekter som bor under bakken kan ikke trekke tilbake til dype, fuktigere jordlag. Derfor vil det være nødvendig å anlegge et slags vanningsssystem for tørkeperioder.

En måte å legge bedre til rette for bier og humler på tak er å etablere bikuber eller såkalte insekthotell for ekstra skjerming. Bier og humler er rødlistearter som vi er svært avhengige av til pollinering. Derfor er det viktig å opprettholde gode habitater for dem. En annen rødlistearter som har blitt observert å hekke på et sedumtak i Bergen, er vipe. For at denne utrydningstruede fuglearten skal klare å øke bestanden må de grønne takene som bygges i områder med vipe tilpasses deres levevilkår. Observasjoner av Vipe og dverglo på grønne tak i Sveits viste at selv om takene egnet seg godt til hekking, var det få kyllinger som faktisk overlevde. Årsakene var at de ble tatt av rovfugler, manglet tilgang på vann og mat, eller falt av taket (Undheim, 2018)



Figur 32: Bilde av bie (Kirkebø, 2014)



Figur 33: Vipe på grønt tak på Ikea bygning i Bergen (Regjeringen, 2016)

Det har foregått en del forskning blant annet i Sveits på hvordan grønne tak kan tilpasses bedre for insekter. Et element som har vist seg å være viktig er bruken av naturlig, lokal jord. I tillegg er det viktig at spesialister samarbeider om utformingen av de grønne takene for å på best mulig måte gjenskape habitatene som finnes på bakkenivå. Dette øker sjansen for å opprettholde det biologiske mangfoldet lokalt og bevare truede arter. Det er først og fremst ekstensive og semi-intensive tak som egner seg som habitater, fordi der unngår en menneskelig aktivitet (Brenneisen, 2006). De fuglene som velger å hekke på disse takene er fugler som har sine naturlige hekkeområder i klippeformasjoner, åpne gressletter eller steinlagte områder.

Ifølge Melberg finnes det et kunnskapshull på området om hvordan man kan planlegge grønne tak for fugler. Hun mener at mange grønne tak som blir bygget i dag ikke er tilpasset fuglene, men at dette er mulig å endre på dersom det forskes mer på de lokale fuglenes behov og krav til habitat. Et viktig prinsipp for utformingen er variasjon i substrattykkelse og plantehøyder. I tillegg bør det finnes trær i nærheten av bygningen som kan supplere med bær, nøtter og frukt til fuglene om vinteren og det bør være tilgjengelige åpne vannflater (Melberg, 2017).

Regnbed

Forholdene i regnbed kan være veldig varierende og oppleves ekstreme for noen planter og insekter. I perioder med lite regn kan de være utsatt for tørke, mens i perioder med mye regn kan de stå helt eller delvis under vann. Dette gjør at vegetasjonen må være hardfør. Likevel kan regnbed ha et rikt vegetativt artsmangfold (Braskerud & Paus, 2016). Dersom regnbedene er plassert langs veien kan de bli tilført vegvann med mye forurensninger, og om vinteren, et spesielt høyt saltinnhold (Laukli, 2017). Noe av denne forurensningen tas opp av plantene, men mye avsettes i jorda, som gjør at det over tid kan samle seg en del stoffer, spesielt i det øverste jordlaget. Dette gjør at regnbed som er plassert i hager og grøntområder, og ikke er så utsatt for forurensning egner seg bedre som habitat for insekter og virvelløse dyr. Dersom beplantningen som benyttes i regnbedet har blomster, kan dette være attraktivt for bier og andre pollinatorer og gi tilgang til næring.

Bekker og kanaler

Ved gjenåpning av bekk er det en del tiltak som kan gjøres for å ta hensyn til det biologiske mangfoldet. Den naturlige vegetasjonen bør bevares på best mulig måte under anleggsarbeidet slik at det er mulighet for spredning i ettertid. Det er best å gjennomføre selve gjenåpningen på vinterhalvåret dersom det er mulig, for da er færrest organismer aktive. En bør holde seg til lokale plantearter slik at eksisterende vegetasjonen ikke blir utkonkurrert dersom en dominerende art blir innført. Det kan være lurt å variere dybden på vannet slik at det legges til rette for ulike akvatiske planter. Varierende bunnsubstrat er viktig med tanke på reproduksjon av fisk. Mye kantvegetasjon legger til rette for skjulesteder og reirplasser til f.eks. hekkende fugler. Større steiner i vannspeilet kan brukes til å hvile på. Bruk av varierende vegetasjon gjør det mulig for flere typer arter å etablere seg. Typiske arter som har habitater langs bekk er snegler, padder, øyestikkere og vannlevende biller. Dersom det er fisk i bekken kan det redusere artsmangfoldet (Hauge et al., 2006).

Ved anleggelse av nye kanaler og bekker kan det være vanskelig å opprettholde en jevn vannstand. Dette resulterer i de samme utfordringene knyttet til regnbed, altså en veksling mellom perioder med mye vann og perioder med tørke. Dersom dette er tilfellet vil det legge noen føringer for hvilke arter som egner seg.

Konklusjon

Det er altså ikke en selvfølge at åpne overvannsløsninger har en positiv effekt på det biologiske mangfoldet. Det kreves et godt samarbeid mellom ulike spesialister i planleggingen av områder hvor åpne systemer skal implementeres. Riktig utforming og plassering, i tillegg til oppfølging, er viktig for at overvannssystemet også skal kunne fungere som et habitat og levende økosystem.

3.6 Vann som ressurs for å skape et godt bomiljø



For å vite hvordan vann kan fungere som en ressurs i et boligområde er det nødvendig å forstå hvilke faktorer som er med på å skape et godt bomiljø. Rogaland Fylkeskommune har utarbeidet en veileder hvor det benyttes 6 kriterier for å vurdere et godt bomiljø (Rogaland Fylkeskommune, 2017):

1. **Sammenheng og forbindelser:** På et overordnet nivå må boligområdet fungere i sammenheng med omgivelsene og gi noe tilbake til stedet. Det må finnes attraktive og bærekraftige forbindelser til viktige målpunkter utenfor området, som godt kollektivtilbud og trygge gang- og sykkelveier.
2. **Tilgjengelighet og universell utforming:** Boligområdet må være universelt utformet som gjør det brukervennlig for de fleste.
3. **Folkehelse og sosial kvalitet:** Gode uterom i boligområdet gir beboerne mulighet for utfoldelse gjennom lek, fysisk aktivitet og sosialt samhold for folk i alle aldersgrupper. Variasjon i boligtyper og uteareal sørger for ekstra god trivsel og kvalitet.
4. **Teknisk kvalitet:** Løsninger som er bærekraftige og av god kvalitet skaper et ønske blant beboerne om å ta vare på omgivelsene.
5. **Arkitektonisk kvalitet og estetikk:** Hva som blir betraktet som god estetikk varierer i stor grad fra person til person. I et boligområde er det viktig at beboerne føler stolthet og eierskap.
6. **Bruk av stedets kvaliteter:** Boligområder som bruker stedets egenkarakter vil vanligvis ha ekstra kvaliteter.

Det er mulig å knytte nesten alle disse faktorene opp mot områdets overvannssystem. De blå-grønne løsningene kan gi noe tilbake til stedet i form av biologisk mangfold og estetikk, dersom det blir opparbeidet og utformet riktig. Der de åpne løsningene plasseres i fellesområdene og langs vei, er de tilgjengelige for alle, og kan øke trivselen til folk i alle aldre. Regnbed eller en åpen kanal kan være med på å skape vakre og interessante uterom som inviterer folk til fellesområdene og bidrar til å generere naturlige møtesteder hvor naboer treffes. Åpne overvannsløsninger kan gjøre folk oppmerksomme på de tekniske løsningene og gi et inntrykk av at området de bor i er bærekraftig. Dette kan styrke følelsen av stolthet som igjen kan gi et ønske om å opprettholde kvaliteten. De boligområdene hvor de stedege kvalitetene utnyttes kan bli attraktive å bo i fordi de skiller seg ut fra andre områder.

«Et godt bomiljø består av en rekke forskjellige kvaliteter som påvirker folks trivsel og livskvalitet»

- Rogaland fylkeskommune



Figur 34: Et barn som leker med vann (Holte, 2018)

For eksisterende boligområder hvor hovedstrukturen til overvannssystemet allerede er gitt, finnes det noen begrensninger for hvilke løsninger som kan implementeres. For nye boligområder derimot, er det mulig å optimalisere arealbruken og landskapsutformingen slik at overvannssystemet er godt tilpasset de lokale forholdene (COWI, 2013). Vedlikehold er likevel en viktig del av dette, fordi det er avgjørende for å opprettholde standarden i lengden.

Vann kan integreres i lekeapparater eller som en del av lekeplassene. Åpne løsninger som vannrenner, kanaler og dammer kan også invitere til lek uten å være direkte konstruert for det. Åpne vannrenner kan f.eks. munne ut i skulpturelle vannelementer (figur 34), som kan benyttes til vannlek. Barn fasineres av vann og tiltrekkes av vann. Det er også viktig at de får utfolde seg med dette elementet fordi det bidrar til utviklingen av grunnleggende kunnskaper og ferdigheter, som forståelsen for fysikken rundt det å flyte eller synke (Norsk Vann, u.å.).

Hvordan kan vann være en ressurs for bomiljøet i et boligområde?

- Lek – barn elsker vann!
- Estetisk verdi – fint å se på
- Rekreasjon – inviterer folk ut
- Sosialt – dugnadsarbeid og naturlige møtesteder
- Opplysning – øker bevissthet rundt klima og bærekraft
- Til vanning av grønnstruktur, etterfylling av grunnvannstand og som livsgrunnlag for biologisk mangfold, som igjen bidrar til trivsel blant beboerne.

Det at det regner trenger ikke å oppleves som en negativ ting. Det resulterer i at barna kan leke med båter i de åpne rennene og elva, og dammene fylles opp med vann. Regnbedene og de grønne takene blir vannet, noe som holder dem friske og dermed vakre å se på. Sikkerheten må ivaretas særlig om vanddybden endrer seg. Når regler for sikring må følges, kan det gå direkte ut over tilgjengeligheten for de minste barna.



Figur 35: Familie som leker med papirbåter i bekk (Bymiljøetaten Oslo kommune, u.å.)

3.7 Referanseprosjekter

For å vise noe av det som har blitt gjennomført tidligere av åpne overvannsløsninger i boligområder, er det sett på noen referanseprosjekter og noen rapporter som er gitt ut om overvannsanlegg i Norge.

«Ekostaden Augustenborg» i Malmö

I Augustenborg hadde de på 1990-tallet store problemer med overvann og stadige oversvømmelser. Det var nødvendig å gjøre noe, og løsningen ble lokal overvannshåndtering med åpne løsninger for infiltrasjon og fordrøyning. Ombyggingen startet i 1998 og den totale kostnaden ble ca. 35 millioner svenske kroner. Mange var involvert i arbeidet, inkludert beboerne og den lokale skolen. Erfaringen etter prosjektet er at delaktigheten har ført til en eierskapsfølelse hos dem som bor der, som igjen har ført til et ønske om å opprettholde kvaliteten i området og mindre hærverk (Leidstedt, 2011).



Figur 36: Kanal som renner gjennom Augustenborg (Leidstedt, 2014)

Området ble delt inn i to systemer. Det sørlige systemet består av ulike typer kanaler, forsenkninger og dammer. Det er anlagt pumping for å få vann tilbake til den øverstliggende dammen gjennom en fontene. Det nordlige systemet består av en stor kanal med bruer over, og mindre kanaler, renner og dammer. Alle takrenner er koblet av ledningsnett og takvannet blir ledet ut til de åpne rennene. I tillegg til overvannshåndteringen ble det også fokusert på estetikken og renseseffekten til anleggene (Leidstedt, 2011).

De positive effektene av ombyggingen var at standarden på grøntområdene ble svært høy. Beboerne trakk mer ut til fellesområdene. Sittegrupper ved dammene, og felles takhager var også noen av faktorene som førte til et bedre bomiljø. Det biologiske mangfoldet økte. Boligområdet fikk flere typer planter og vekster og andefamilier flyttet inn. I tillegg tiltrakk de åpne vannløsningene flere fugler (Leidstedt, 2011).



Figur 38: Vannfontene og ender i dam i Augustenborg (climate ADAPT, 2014b)



Figur 37: Åpen renne til dam i Augustenborg (Steriks, u.å.)

Scandinavian Green Roof Institute startet på begynnelsen av 2000 et forskningscenter i Augustenborg, Augustenborg Botanical roof garden, som i dag har over 9000 m² med ulike typer grønne tak. I tillegg til å forske på grønne løsninger, driver de også blant annet med kurs og guidet omvisning i Augustenborg (Scandinavian green roof institute, 2019).

Bo01 i «Västra Hamnen» i Malmö

Bo01 er en del av Västra hamnen i Malmö og er også bygget ut med åpne overvannsløsninger. Prosjektet med å omforme Västra Hamnen fra å være et nedlagt industriområde til å bli en attraktiv og fremtidsrettet bydel startet med delområdet Bo01 i 2001. I dag er Bo01 kjent for å være et forbilde innen bærekraftig byutvikling (Haraldseid, 2015). Området har 1425 boliger i tillegg til kontorer og andre virksomheter.



Figur 39: Oversiktsbilde av Västra Hamnen (Making Lewes, u.å.)

Det som er interessant med overvannshåndteringen i denne bydelen er valg av system til tross for plasseringen rett ved sjøen. Overvannet kunne blitt sluppet direkte ut i sjøen gjennom ledninger under bakken, men likevel er det valgt å bruke åpne løsninger. De åpne løsningene er estetisk vakre å se på, og gjør området svært interessant å besøke. De fleste bygningene har grønne tak og det er benyttet blant annet dammer, åpne renner, bekker og kanaler som leder vannet ut i sjøen på en mest mulig naturlig måte. I tillegg skaper blå-grønne elementene og vannskulpturer attraktive uterom.



Figur 40: Overvannsanlegg i Västra hamnen (Ludwig, u.å.)



Figur 41: Frakoblede taknedløp til åpne renner (d'Ersu, u.å.)

Bjølsen studentby, Oslo

Bjølsen studentby i Oslo ble bygget i 2003 og har 1064 boliger. På grunn av begrenset kapasitet på avløpsnettets stilte kommunen krav til at mye av overvannet måtte håndteres lokalt. Det ble valgt å bruke en stor åpen fordrøyningskanal som går gjennom området. Åpne renner fører takvann o.l. til kanalen. Det er plassert benker og bruer langs kanalen som benyttes av studentene. Vanninnsjekter har etablert seg og av og til dukker det opp ender i kanalen (Norske arkitekters landsforbund, u.å.).



Figur 42: Fordrøyningskanal i Bjølsen studentby (Hedmark Fylkeskommune, 2013)

DEL 4: CASEOMRÅDENE



4. Caseområdene

Caseområdene som er valgt ligger i hver sin kommune og er ganske forskjellige på mange måter. Selv om begge er boligområder som er under utbygging i dag, er Litle Risa nesten dobbelt så stort som Sørbø-Hove, og skal inneholde noe næring i tillegg til bolig. Litle Risa ligger med en nærhet til sjøen, som gjør at overvannet kan slippes direkte ut, mens Sørbø-Hove sin plassering er i toppen av et nedslagsfelt, og overvannet skal gå på det kommunale ledningsnett. I tillegg har den nærmeste resipienten til Sørbø-Hove begrenset kapasitet, som gjør at det er enda viktigere å minske avrenningen.

For begge områdene er parkeringskjeller en problemstilling når det kommer til åpne løsninger, fordi vannet da skal føres på overflaten og ikke i grøfter med tilpasset dybde. Derfor kan det være nødvendig med vanntette konstruksjoner eller pumping av det vannet som samler seg nede i parkeringskjellerne for å få det opp til overflaten.

Et annet faktum er at begge områdene skal bygges ut med store grøntområder i midten av bebyggelsen, som gir muligheten for å infiltrere en del vann. Forskjellen er at i Litle Risa skal dette være et offentlig friområde, mens i Sørbø-Hove skal det være et fellesområde for beboerne, som stiller spørsmål til hvorvidt kommunen skal ta på seg ansvaret for vedlikeholdet av det sistnevnte «parkområdet».

Selv om områdene på mange måter er ulike, representerer de reelle utbyggingsprosjekter som oppstår grunnet behovet for fortetting langs kollektivaksen og rundt sentrumsområdene. Fordi de er så forskjellige, kan de gi et bredere perspektiv på hvilke utfordringer som finnes med tanke på overvannshåndtering og hvilke åpne løsninger som kan brukes i boligområder. I tillegg har de to kommunene noe ulike krav når det kommer til håndtering av overvann.

4.1. Litle Risa

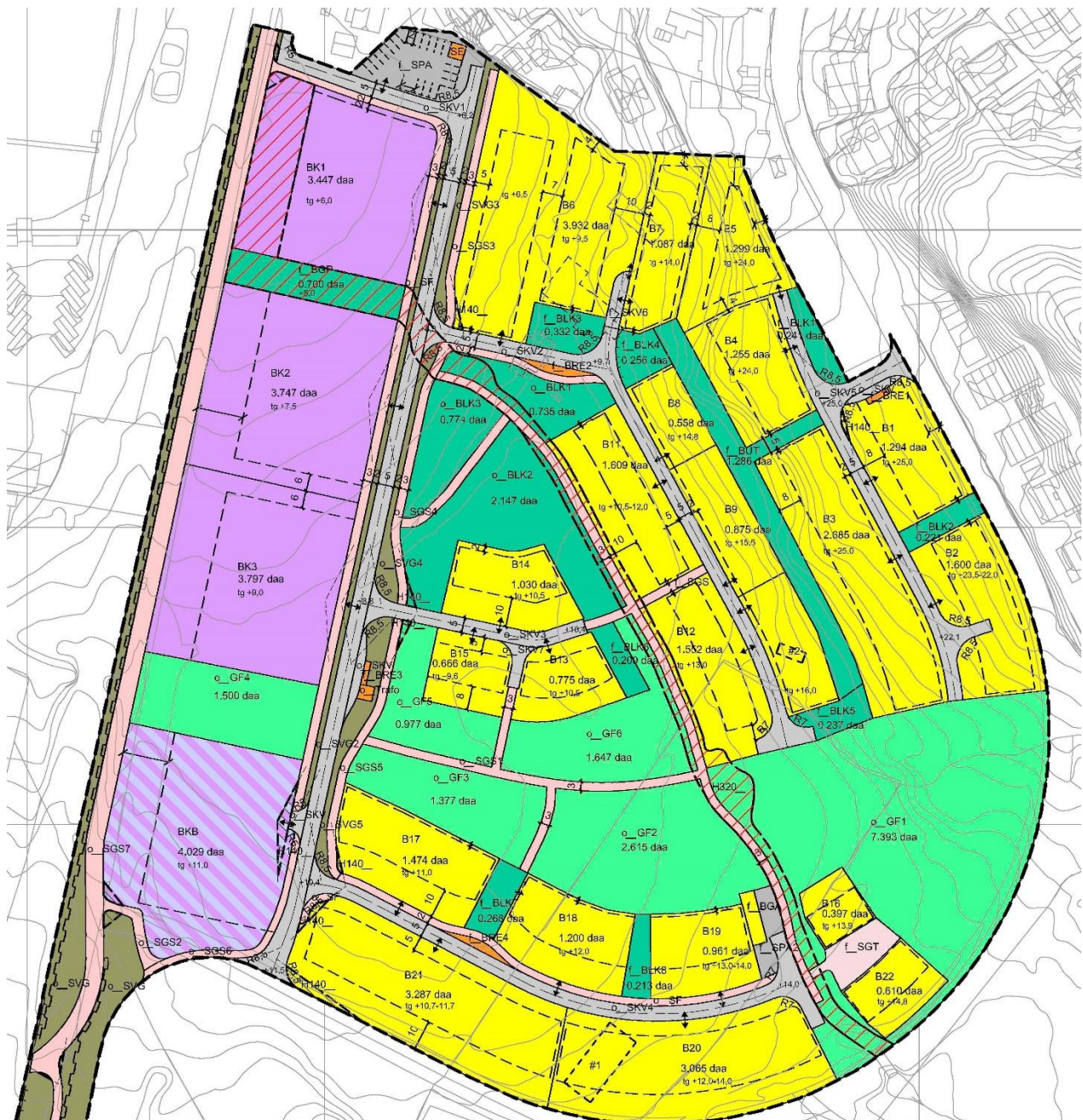
Litle Risa ligger ved Risavika i Sola kommune i Rogaland. Området er under utbygging i dag og skal etter planen stå ferdig rundt 2025. Plasseringen er i enden av Bussveien, som er den vedtatte framtidige kollektivsatsningen på Nord- Jæren. Transportkorridor vest ligger også langs planområdet. Dette skal bli en firefelts vei, hvorav to felt er forbeholdt tungtrafikk og kollektivtransport. Deler av denne inngår i Bussveien. Det skal også være sykkelveg med fortau langs hele strekningen.

Litle Risa området skal inneholde eneboliger, rekkehus og leiligheter, samt kontorblokker, et offentlig friområde og dagligvareforretning langs Tanangerveien. Hele planområdet er på ca. 83 dekar (daa) og blir bygget ut med et lukket overvannssystem. I planbeskrivelsen står det at overvannet skal ledes direkte ut i sjøen gjennom rør under Tanangerveien. Dette er naturlig å gjøre grunnet den umiddelbare nærheten til Nordsjøen (Aros arkitekter as, 2016a).



Figur 43: Kart som viser plassering av Litle Risa

Under vises et utsnitt av reguleringsplanen som ble godkjent i november 2016. De lilla områdene er tomtene hvor det er satt av plass til kontorer, mens de gule skal inneholde ulike typer boligbebyggelse. Alt det grønne er friområder og lekeplasser. Den stripete skravuren som starter i sør-øst krysser grøntområdet langs den rosa gang- og sykkelstien, og slutter i nord-vest viser hvor den planlagte flomveien skal gå.



Figur 44: Utsnitt fra reguleringsplanen av Litle Risa (Sola kommune, 2017)

Aros arkitekter har utarbeidet en modell som illustrerer hvordan det kan komme til å se ut etter at det er ferdig utbygd. Figur 46 gir en visualisering av boligområdet sett fra Risaberget i nord-øst, mens figur 45



Figur 46: Visualisering av utsikt fra Risaberget (Aros arkitekter as, 2016d)



Figur 45: Visualisering av området sett fra sjøen (Aros arkitekter as, 2016b)

Figur 47 viser et snitt gjennom området fra Tanangerveien og opp til Risaberget. Den planlagte flomveien som skal gå gjennom grøntområdet er også vist med blått.



Figur 47: Snitt av framtidig utbygd område (Aros arkitekter as, 2016b)

Det ble gjennomført en konsekvensutredning i 2015 parallelt med planforslaget. Av denne utredningen kom det blant annet frem at Vipe, som er en rødlistet art i kategorien «sterkt truet», hekker i området. Området ligger over kote 3, som regnes som kritisk grense for havnivåstigning langs rogalandskysten (Aros arkitekter as, 2015).

Nedslagsfeltet

Nedslagsfeltet til Litle Risa er vist i figur 48. På kartet ser vi at Litle Risa ligger i bunnen av et nedslagsfelt og får tilrenning av overvann fra områdene rundt. Disse vannmengdene tas med i analysen senere når den totale avrenningsmengden beregnes.



Figur 48: Nedslagsfeltet til Litle Risa

Topografi og landskap

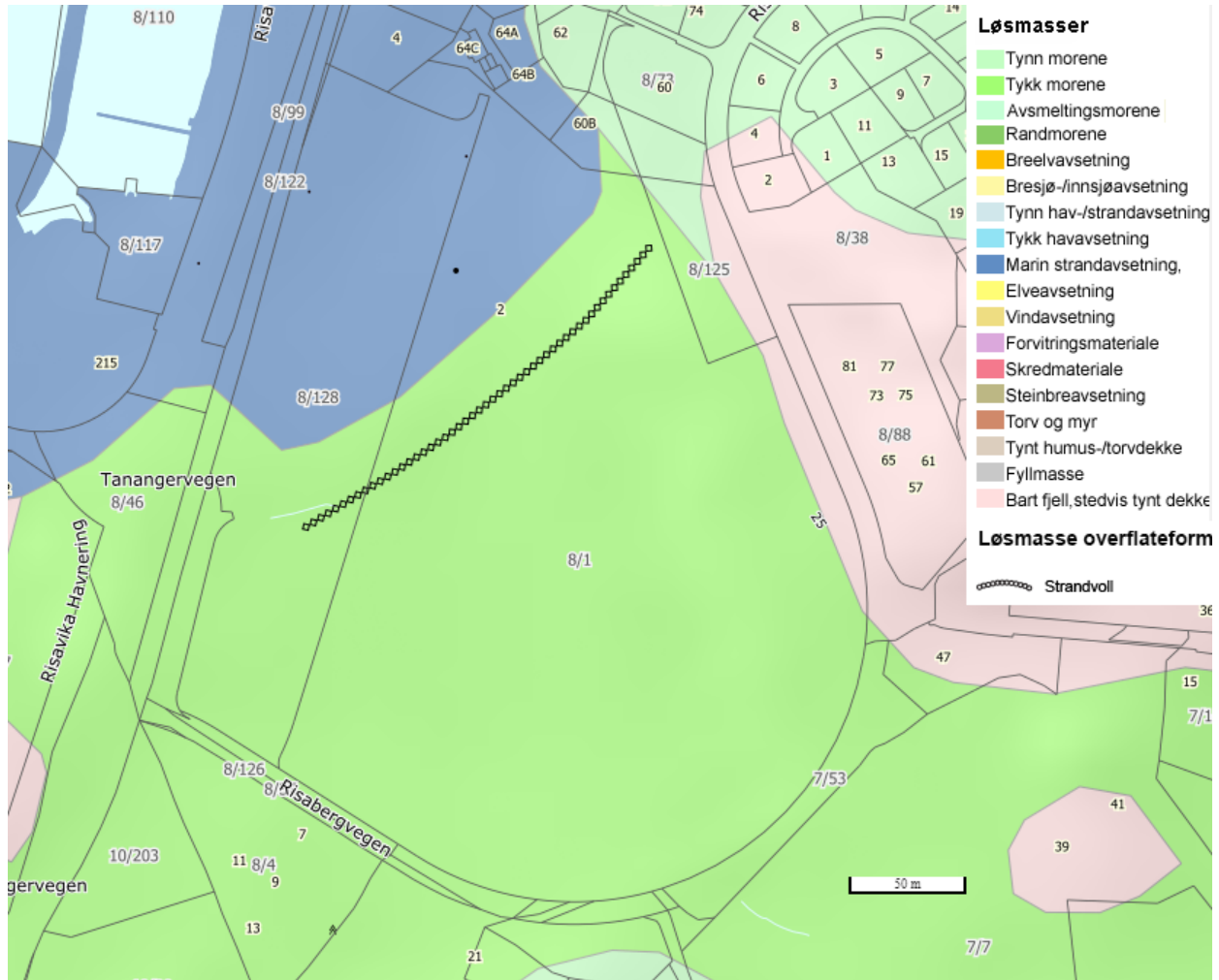
Området er relativt bratt, med en forskjell i høydemeter fra laveste til høyeste punkt på 24m. Bebyggelsen i nord-vest vil ligge i en fjellskråning.

Avrenningssituasjonen før utbygging

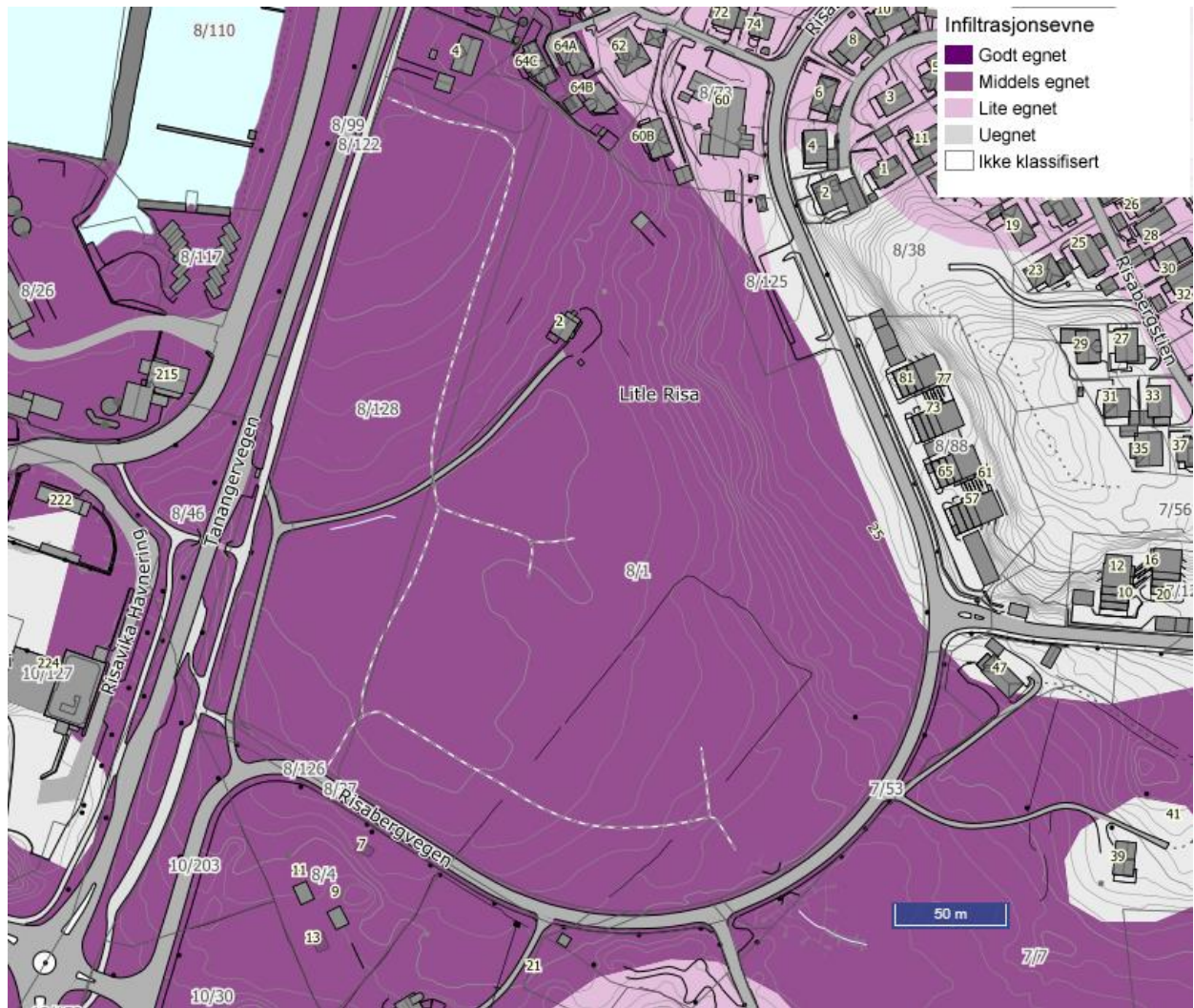
Avrenningsmengden før utbygging er beregnet til å være 232 l/s, se vedlegg 3. Dersom tilrenningen fra resten av nedslagsfeltet legges til, blir den totale avrenningen i bunnen av feltet på 2241 l/s.

Grunnforhold og infiltrasjonsevne

Det er ikke gjennomført noen infiltrasjonsprøver på området, men ut ifra løsmassekartet hentet fra Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) består grunnen i hovedsak av tykk morene og noe marin strandavsetning i nord-vest, som ifølge figur 50 er middels egnet for infiltrasjon.



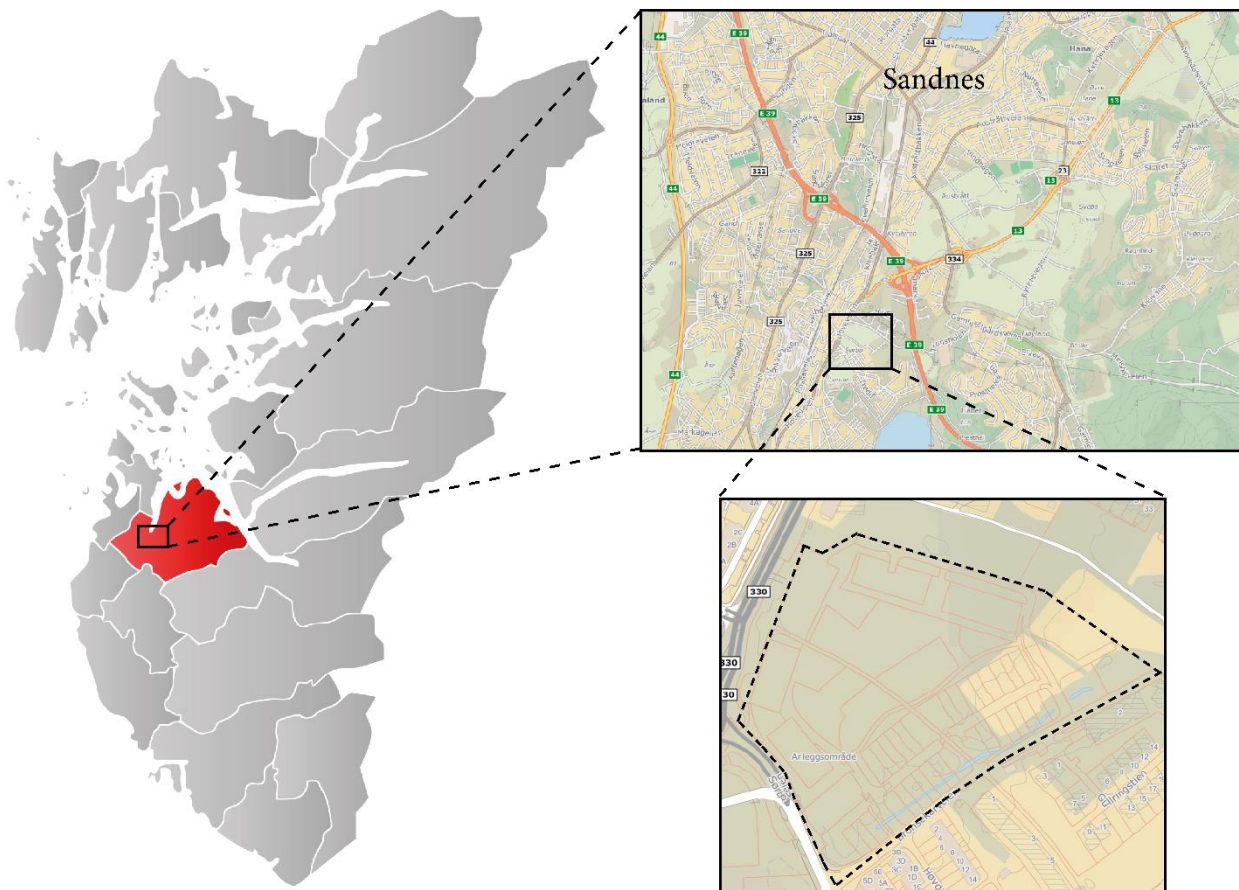
Figur 49: Løsmassekart for Litle Risa



Figur 50: Kart over infiltrasjonsevnen på Litle Risa

4.2 Sørbø-Hove B1-B3

Sørbø-Hove ligger i Sandnes kommune i Rogaland, sør for Sandnes sentrum og E39. Delfelt B1-B3 er en del av en større utbygging som har foregått de siste årene. Planen for delfeltet ble godkjent i august 2017 er tenkt å stå ferdig i 2022. Området består av 259 boliger i form av leiligheter og rekkehus, med tilhørende infrastruktur og leke- / og uteoppholdsarealer. Størrelsen på området er ca. 43 da og det blir bygget ut med en sammensatt løsning for overvann.



Figur 51: Kart som viser plasseringen til Sørbø - Hove



Figur 52: Utsnitt av reguleringsplanen til Sørbø-Hove (Sweco, 2017)

Det ble foretatt infiltrasjonsprøver på området i juni 2018 som gav noe varierende resultater. Infiltrasjonskapasiteten varierte fra «liten» lengst vest i området til «stor» lengst øst. Likevel ble den overordnede konklusjonen at området egner seg for lokal håndtering av overvann ved hjelp av infiltrasjon, men at løsningene må tilpasses og at de bør ha stor infiltrasjonsflate og nok kapasitet for fordrøyning og oppbevaring før vannet infiltreres. Det må i tillegg tas hensyn til grunnvannsnivået og bør derfor velges grunne løsninger noen steder slik at avstanden til grunnvannet blir størst mulig (Storm Aqua AS, 2018).

Sørbø-Hove ligger i toppen av et nedslagsfelt og mottar ikke overvann fra områdene rundt. Dermed er nedslagsfeltet definert av selve plangrensen. Nærmeste resipient er Stokkalandsvatnet som renner via Storåna, gjennom Sandnes sentrum, og ut i Gandsfjorden. Det har vært en del flomhendelser langs

Storåna, og derfor er det nødvendig å prøve og begrense tilrenningen til Stokkalandsvatnet så mye som mulig.



Figur 53: Nedslagsfelt og nærmeste resipient for Sørbo - Hove

Topografi og landskap

Området ligger på en slags topp og er relativt flatt. Det er en høydeforskjell på 5 m fra det høyeste til det laveste punktet.

Avrenningssituasjonen før utbygging

Avrenningsmengden før utbygging er beregnet til å være 60 l/s, se vedlegg 4.

DEL 5: ANALYSE & UTREGNINGER



5.1 Beregningsmetoder og datagrunnlag

5.1.1 Dimensjonerende overvannsmengde fra nedslagsfelt

For å beregne overvannsavrenningen benyttes den rasjonelle metoden og den rasjonelle formel (Ødegaard et al., 2014). I tillegg legges det på en klimafaktor:

$$Q = \varphi * A * I * Kf$$

Q = Avrent vannføring fra boligområdet i liter per sekund (l/s)

φ = Forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og total nedbørsmengde

A = Områdene innenfor vannskillene for feltet i ha

I = Nedbørintensitet i liter per sekund og ha (l/s. ha)

Kf = Klimafaktor

5.1.2 Dimensjonerende nedbørintensitet

I henhold til anbefalinger fra kommunaltekniske normer for vann- og avløpsanlegg i Rogaland, benyttes IVF-kurven for Sandnes (Rovik) i Sørbø-Hove og IVF-kurven for Stavanger (Madla) i Litle Risa for å finne dimensjonerende nedbørintensitet, se Vedlegg 1 og Vedlegg 2. Returperioden er satt til 20 år etter anbefalinger i VA-normen og konsentrasjonstiden er satt til 10 min (VA-norm, 2017).

Det er tatt høyde for klimaendringene ved at intensiteten multipliseres med 1,2, altså et påslag på 20 %. Dette påslaget i VA-normen er noe lavere enn anbefalinger i andre rapporter. I en ny rapport fra NCCS anbefales det å benytte et klimapåslag på 1,4 for kortidsnedbør i Norge (Dyrrdal & Førland, 2019). Det er likevel valgt å forholde seg til den gjeldende normen i denne oppgaven og derfor benyttes 1,2.

5.1.3 Avrenningskoeffisienter

Maksimale avrenningskoeffisienter for noen flater:

Tabell 4: Avrenningskoeffisienter for noen flater

Type Areal	Avrenningskoeffisient, φ_{spiss}
Tette flater	0,9
Grønne tak	0,5
Rekkehus-/leilighetsområde	0,7
Regnbed	0,3
Permeable flater	0,4
Næringsområde	0,7
Plen, park, eng, skog, dyrket mark etc.	0,2
Bekk	0,3

Midlere avrenningskoeffisient:

$$\varphi_{midl} = \frac{[(\varphi_1 * A) + (\varphi_2 * A) + (\varphi_3 * A)]}{A_{total}}$$

5.1.5 Mannings formel

Mannings formel benyttes for å regne ut farten på vann i rør, kulverter eller kanaler, med fri vannflate (Ødegaard et al., 2014):

$$v = M * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}$$

v = vannhastighet i tverrsnittet (m/s)

M = Mannings tall for friksjonsforholdene langs veggene i tverrsnittet

R = hydraulisk radius (m). For et fylt rør er: $R = r/2$, r = radius på røret

I = fallet på kanalen (m/m)

Tabell 5: Noen verdier for Mannings tall, M

Type overflate	Min	Normal	Maksimum
Treplanker i kanal	71	83	100
Betongkulvert som er rett uten sedimenter	77	90	100
Betongavløpsledning med kummer, innløp, etc.	60	67	77
Pukk-kanal uten sedimenter eller avfall	33	40	45
Gresskledd kanal eller grøft	30	33	40
Fjellgrøfter eller kanaler i fjell. Ganske godt rensket.	25	29	40

5.1.6 Konsentrasjonstiden for et nedslagsfelt

Konsentrasjonstiden (t_k) er tiden en regndrøpe bruker på å renne gjennom feltet fra den faller i toppen til den når utløpet i bunnen (Ødegaard et al., 2014).

$$t_k = t_t + t_s, \quad \text{der } t_s = \frac{L}{v}$$

t_t = tiden på overflaten (s)

t_s = strømningstiden i rør (s)

L = lengden av ledningen fram til punktet (m)

v = vannhastigheten i vannledningen (m/s)

5.1.7 Kostnader

Kostnadsberegningene er overslagsberegninger basert på erfaringstall fra liknende prosjekter som Sweco har hatt. For at beregningene skulle bli mest mulig riktige er det sett på den totale kostnaden for hele infrastrukturen og ikke bare overvannssystemet. Dette er for å sette tallene i perspektiv, men også fordi endringer på overvannsanlegget kan påvirke andre deler av kostnadsbildet, som f.eks. grøftedybde.

5.2 Analyse & Beregninger

For å kunne gjøre konsekvensanalysen er det utarbeidet tre scenarier for hvert av boligområdene. Analysen vil starte med å se på konsekvensene av Scenario 0, som viser områdene med konvensjonelle overvannssystemer under bakken. Deretter blir Scenario 1 analysert, når områdene har en kombinasjonsløsning. Til slutt analyseres Scenario 2, hvor kun åpne overvannsløsninger er benyttet.

Følgende fem faktorer bli evaluert for hvert scenario i hvert av boligområdene:

- Avrenning
- Utbyggingskostnader
- Biologisk mangfold
- Bomiljø
- Vedlikeholdsbehov

Innenfor «avrenning» blir både den totale avrenningen beregnet og det tilgjengelige fordrøyningsvolumet i overvannsanlegget. I tillegg beregnes konsentrasjonstiden for å se hvor lang tid det tar for en regndråpe å renne gjennom feltet i de ulike løsningene.

I «utbyggingskostnader» blir den totale kostnaden for infrastrukturen i området beregnet.

«Biologisk mangfold» ser på hvilken effekt overvannssystemet kan ha på det biologiske mangfoldet i området og om det legger til rette for opprettholdelse og/eller vekst.

Innenfor «bomiljø» blir det sett på om overvannssystemet kan ha en effekt på bomiljøet og om det tilbyr tjenester som er positive for estetikken i området eller det sosiale samholdet, og om det bidrar til lek og rekreasjon.

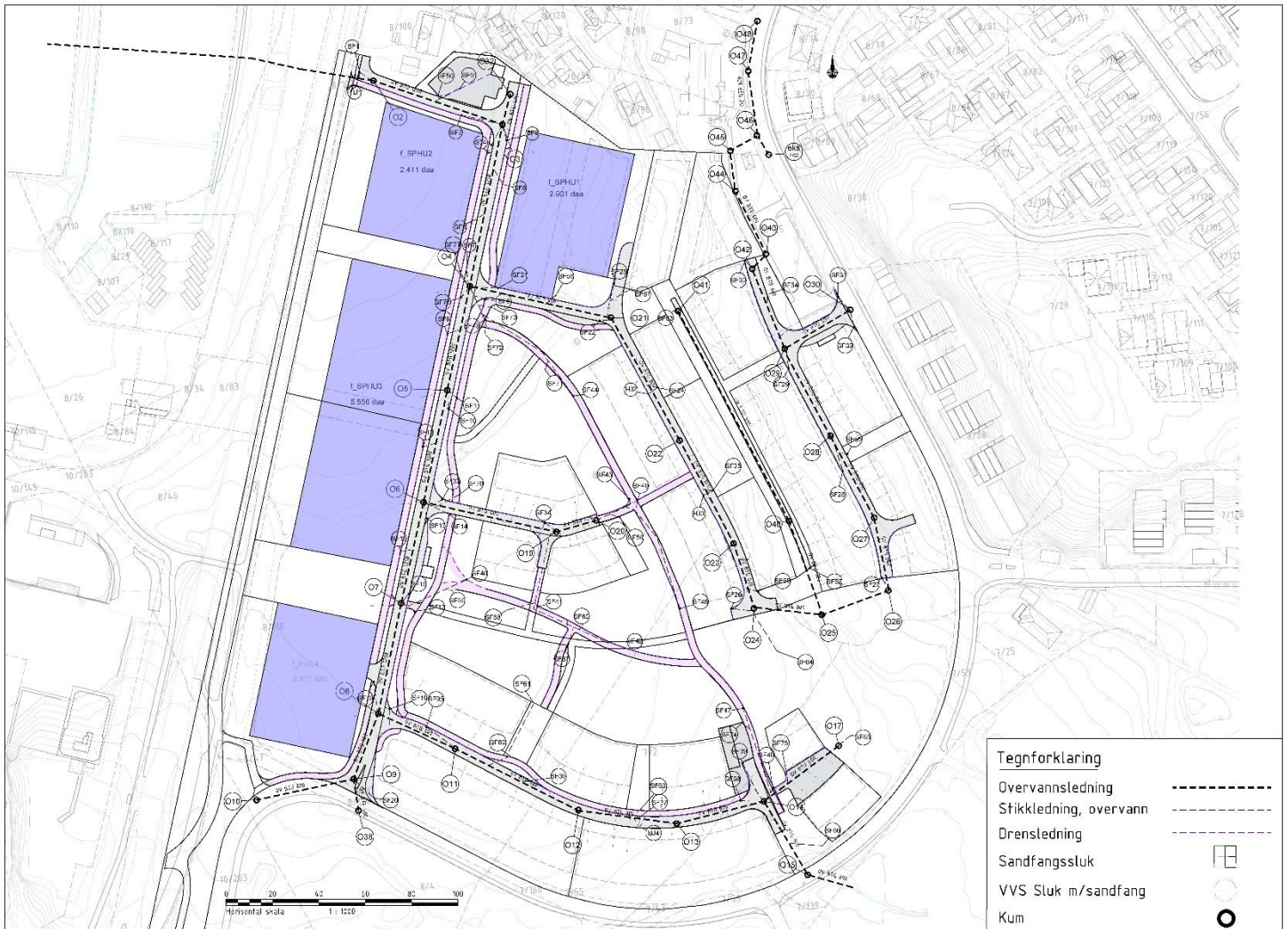
Den siste faktoren som er «vedlikeholdsbehov» evaluerer hvor mye vedlikehold overvannssystemet vil kreve. Driftskostnader blir ikke tatt med.

Scenario 0 – Lukket system

I scenario 1 er boligområdene utformet med et tradisjonelt, lukket overvannssystem som består av ledninger under bakken, kummer og sluker.

Litle Risa

Litle Risa er i dette scenariet utformet med overvannsledning og kummer i veien som har fall mot utløpet i nord, hvor vannet føres under Tanangerveien og ut i havet. I grøntområdene er det sluker og drensledning som fører vannet til overvannsledningen. Den blå skravuren viser hvor parkeringskjellerne ligger. I nord-øst blir overvannet fra høyereliggende bebyggelse koblet på og i sør-øst kommer overvannet fra jordet inn på området overvannsnett. Ledningen som går under Tanangerveien og ut i sjøen er ikke tatt med i analysen fordi den ikke er innenfor området og på grunn av usikre faktorer som gjør det lite hensiktsmessig.



Figur 54: Plan over lukket system i Litle Risa

Mengdebeskrivelse

Tabell 6: Mengdebeskrivelse for Scenario 0 - Litle Risa

Overvannshåndtering	
Overvannsledning ø1200	460 m
Overvannsledning ø800	690 m
Overvannsledning ø600	160 m
Overvannsledning ø400	180 m
Overvannsledning ø300	150 m
Totalt antall overvannskummer	38 stk
Totalt antall sluker	54 stk
Total lengde på stikkledninger	1160 m
Total lengde på drensledninger	2900 m
Annen infrastruktur	
Vegareal	6400 m ²
Gang- og sykkelveg	4000 m ²
Parkering	1150 m ²
Grøntareal	20 160 m ²
Bolig	32 400 m ²
Kontor/forretning	14 960 m ²
Stikkledninger til boliger	267 stk
Stikkledninger til konsentrert bebyggelse	36 stk
Antall spillvannskummer	38 stk
Antall vannkummer	19 stk
Vannledning ø300	430 m
Vannledning ø200	410 m
Vannledning ø160	15 m
Vannledning ø150	360 m
Spillvannsledning ø200	1135 m
Spillvannsledning ø160	300 m
Stikkrenne	40 m (3 stk)

Avrenning



Den totale avrenningen fra området er beregnet til å være 1266 l/s, se Vedlegg 3. I tillegg vil det være en tilrenning fra områdene rundt (høyere liggende i nedslagsfeltet) på 2008 l/s. Dette gir en total avrenning ut av området, i bunnen av nedslagsfeltet, på 3274 l/s.

Hastigheten på vannet i ulike rørdimensjoner:

Ved å benytte Mannings formel og et Mannings tall på 67, for «Betongavløpsledning med kummer, innløp, etc.», kommer en fram til følgende hastighet i de ulike rørdimensjonene:

$$\varnothing 300: v_{300} = 67 * 0,075^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,19 \text{ m/s}$$

$$\varnothing 400: v_{400} = 67 * 0,1^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,44 \text{ m/s}$$

$$\varnothing 600: v_{600} = 67 * 0,15^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,89 \text{ m/s}$$

$$\varnothing 800: v_{800} = 67 * 0,2^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 2,29 \text{ m/s}$$

$$\varnothing 1200: v_{1200} = 67 * 0,3^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 3 \text{ m/s}$$

Konsentrasjonstiden for feltet:

Lengden vannet ledes i de ulike rørdimensjonene: $\varnothing 400 = 32\text{m}$, $\varnothing 800 = 374\text{m}$, $\varnothing 1200 = 147\text{m}$

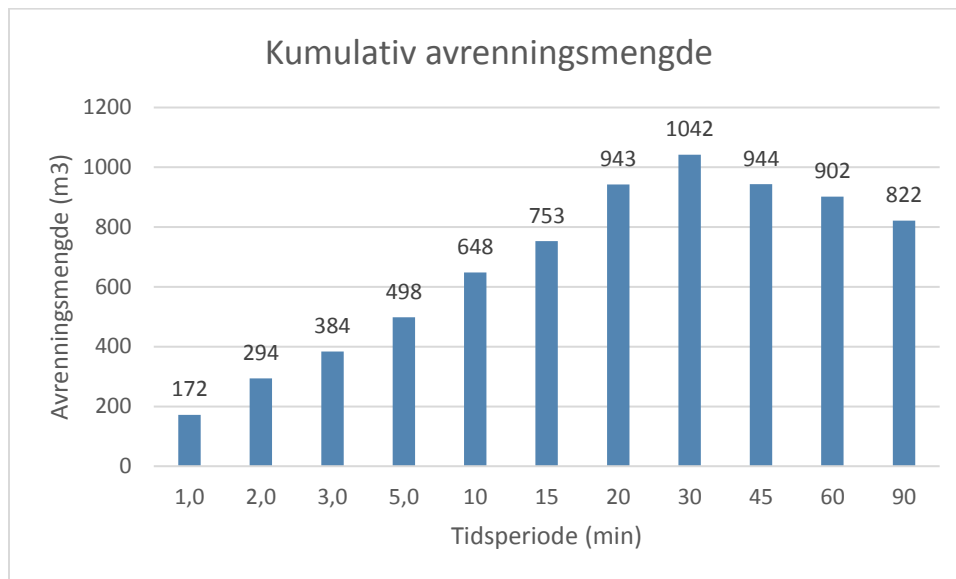
$$t = \frac{32 \text{ m}}{1,44 \text{ m/s}} + \frac{374 \text{ m}}{2,29 \text{ m/s}} + \frac{147 \text{ m}}{3 \text{ m/s}} = 234,5 \text{ s} \xrightarrow{+60} 3,9 \text{ min} \approx \underline{4 \text{ min}}$$

Den totale tiden det vil ta for en regndråpe å renne gjennom området i rør, fra toppunktet i nord-øst til lavpunktet i nord-vest, er 4 minutter. Tiden vanndråpen renner på overflaten (t_s) altså tiden det tar før vanndråpen havner i rørsystemet, er ikke tatt med i utregningen. Dette tallet ville forlenget den totale tiden noe, men er uansett lik for alle scenariene. Det interessante her er å finne ut hva som er forskjellen i de ulike systemene.

Fordrøyningsvolum

Det er ingen tilgjengelig fordrøyningsvolum som er en del av overvannssystemet i dette scenariet. Nødvendig dimensjonerende fordrøyningsvolum er ifølge beregningene, 1042 m³. Figur ___ viser avrenningen over tid. I begynnelsen av en regnbyge er det lite avrenning fordi mye av vannet infiltreres i

massene. Etter 30 minutter er det oppnådd et metningspunkt som gjør at mest vann renner på overflaten på dette tidspunktet. Da er det størst differanse mellom vann som kommer inn i feltet og vann som går ut.



Figur 55: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 0 - Litle Risa

Kostnader ved utbygging



Den totale kostnaden for all infrastrukturen i dette scenariet er 48 469 559 kr, se Vedlegg 5.

Biologisk mangfold



Overvannssystemet i dette scenariet er ikke synlig over bakken annet enn kummer og sluker. Målet med anlegget er at det skal fjerne vannet fra overflaten så fort som mulig. Det at vannet fjernes fort fra overflaten gjør det lite tilgjengelig for dyr, fugler og krypdyr og hindrer at vannet kan utnyttes f.eks. som en vanningsressurs.

Bomiljø



Overvannssystemet i dette scenariet påvirker bomiljøet positivt i den forstand at det forhindrer overvannsproblemer og ødeleggelse på boligene. Det har derimot ingen positiv effekt på estetikken eller utformingen av grøntområdene. Det har heller ingen rekreasjonsverdi eller inviterer til lek og/eller sosiale sammenkomster.

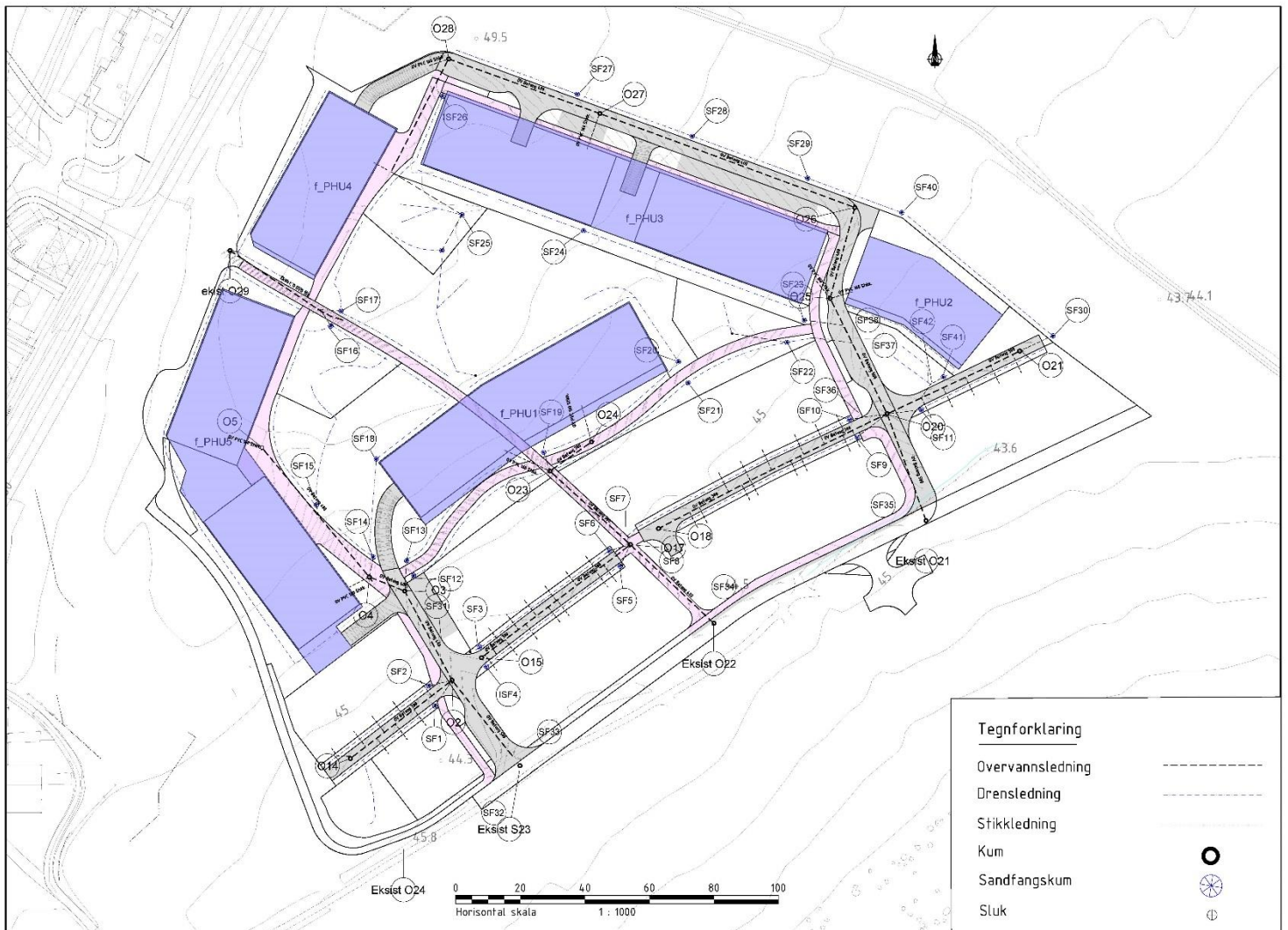
Vedlikehold



For overvannsledninger som har godt nok fall og hvor det oppnås selvens, er det lite eller ingen vedlikeholdsbehov. For ledninger som har dårlig fall og hvor vannet som ledes inn på ledningen har mye partikler kan det være behov for spyling hvert 1-5 år. Sandfang bør tømmes årlig for å opprettholde driften på ledningsnett.

Sørbø- Hove

Sørbø- Hove er også utformet med overvannsledning og kummer i veien i Scenario 0. Fordi området er mindre enn Little Risa og har mindre mengder med overvann som må håndteres, er ledningene av lavere dimensjon. Drensledninger og sluker i grøntområdene leder vannet til overvannsledningen som fører vannet ut på det kommunale nettet i veien i sør. Områdene markert med blå skravur viser parkeringskjellerne.



Figur 56: Plan over lukket system i Sørbø - Hove

Mengdebeskrivelse

Tabell 7: Mengdebeskrivelse for scenario 0 - Sørby- Hove

Overvannshåndtering	
Overvannsledning ø500	100 m
Overvannsledning ø400	325 m
Overvannsledning ø300	270 m
Antall overvannskummer	16 stk
Antall sluker	29 stk
Antall Sandfangskummer	32 stk
Drensledning	2065 m
Annen infrastruktur	
Vegareal	4000 m ²
Gang- og sykkelveg	3000 m ²
Boligbebyggelse	20 000 m ²
Grøntareal	13 030 m ²
Parkering	430 m ²
Vannledning ø200	490 m
Vannledning ø150	325 m
Spillvannsledning ø160	660 m
Antall spillvannskummer	18 stk
Antall vannkummer	15 stk
Stikkledninger til bolig	44 stk x 3
Stikkledninger til konsentrert bebyggelse	10 stk x 3

Avrenning



Denne løsningen ville i praksis aldri blitt godkjent av Sandnes kommune, ettersom de har krav til maksimumutslipp på det kommunale overvannsnett. Det er altså ikke lov å bygge ut med så store overvannsledninger som dette forslaget har.

Den totale avrenningen for området er beregnet til å være 541 l/s.

Hastigheten på vannet i ulike rørdimensjoner:

Ved å benytte Mannings formel og et Mannings tall på 67, for «Betongavløpsledning med kummer, innløp, etc.», er det kommet frem til følgende hastighet i de ulike rørdimensjonene:

$$\text{Ø300: } v_{300} = 67 * 0,075^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,19 \text{ m/s}$$

$$\text{Ø400: } v_{400} = 67 * 0,1^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,44 \text{ m/s}$$

$$\varnothing 500: v_{500} = 67 * 0,125^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,675 \text{ m/s}$$

Konsentrasjonstiden for feltet:

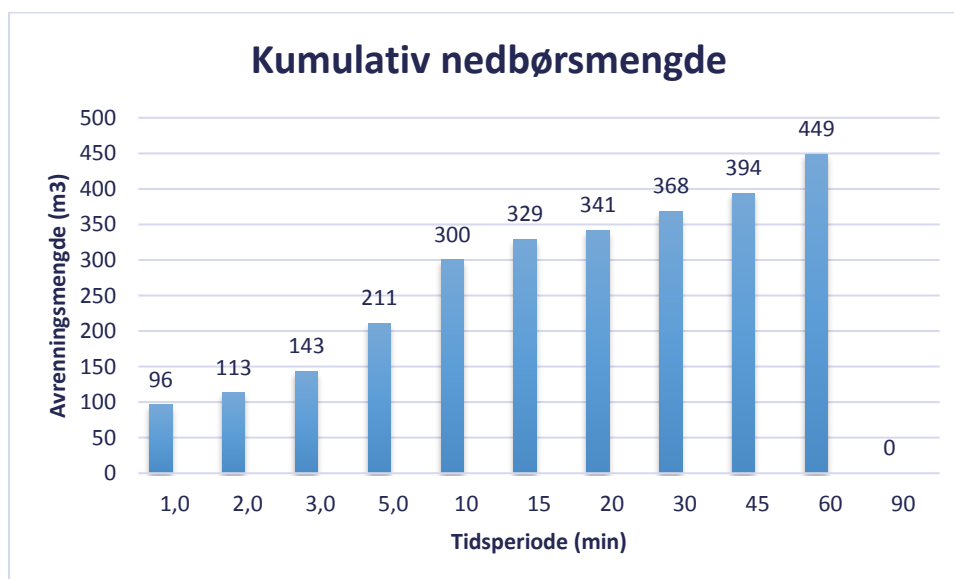
Lengden vannet ledes i de ulike rørdimensjonen: $\varnothing 400 = 204\text{m}$, $\varnothing 500 = 75\text{m}$

$$t = \frac{204 \text{ m}}{1,44 \text{ m/s}} + \frac{75 \text{ m}}{1,675 \text{ m/s}} = 186,44 \text{ s} \xrightarrow{\div 60} 3,1 \text{ min} \approx \underline{3 \text{ min}}$$

Den totale tiden det vil ta for en regndråpe å renne gjennom området fra toppunktet i nord til lavpunktet i sør er 3 minutter.

Fordrøyningsvolum

Det er ingen tilgjengelig fordrøyningsvolum som er en del av overvannssystemet i dette scenariet. Nødvendig dimensjonerende fordrøyningsvolum er ifølge beregningene 449 m³. Figur__ viser avrenningen over tid. I begynnelsen av en regnbyge er det lite avrenning fordi mye av vannet infiltreres i massene. Etter 60 minutter er det oppnådd et metningspunkt som gjør at mest vann renner på overflaten på dette tidspunktet. Da er det størst differanse mellom vann som kommer inn i feltet og vann som går ut.



Figur 57: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 0 - Sørby- Hove

Kostnader ved utbygging



Den totale kostnaden på infrastrukturen i dette scenariet er 26 810 797 kr, se Vedlegg 8.

Biologisk mangfold



Overvannssystemet i dette scenariet er ikke synlig over bakken annet enn kummer og sluker. Målet med anlegget er at det skal fjerne vannet fra overflaten så fort som mulig. Det at vannet fjernes fort fra overflaten gjør det lite tilgjengelig for dyr, fugler og krypdyr og hindrer at vannet kan utnyttes f.eks. som en vanningsressurs.

Bomiljø



Overvannssystemet i dette scenariet påvirker bomiljøet positivt i den forstand at det forhindrer overvannsproblemer og ødeleggelser på boligene. Det har derimot ingen positiv effekt på estetikken eller utformingen av grøntområdene. Det har heller ingen rekreasjonsverdi eller inviterer til lek og/eller sosiale sammenkomster.

Vedlikehold



For overvannsledninger som har godt nok fall og hvor det oppnås selvens, er det lite eller ingen vedlikeholdsbehov. For ledninger som har dårlig fall og hvor vannet som ledes inn på ledningen har mye partikler kan det være behov for spyling hvert 1-5 år. Sandfang bør tømmes årlig for å opprettholde driften på ledningsnett.

Scenario 1 – Kombinasjonsløsning

I scenario 1 benyttes en kombinasjon av åpne løsninger og overvannsledning. LOD-løsningene skal begrense avrenningen til overvannsledningen og tilby andre funksjoner som det lukka systemet ikke gir. Målet med en kombinasjon i Sørbo-Hove – området er å vise at det skal være mulig å gå ned i dimensjon på overvannsledningene. I Litle Risa – området er det en annen tilnærming, nemlig åpne løsninger i den øverste delen av området, som går over til et lukket system i den nederste delen.

Litle Risa

Illustrasjonsplanen viser at i dette scenariet er Litle Risa utformet med en kombinasjon av åpne løsninger i den øverste delen av feltet og et lukket anlegg i bunnen. Det er mange måter å kombinere åpne og nedgravde overvannsløsninger på. Dette er bare et eksempel på hvordan det kan gjøres i dette boligområdet. Den blå skravuren illustrerer parkeringskjellerne under bakken og den lys grønne skravuren illustrerer grøntområdene over bakkenivå. De åpne rennene er 0,5 m brede og størrelsen på fordrøyningsdammene ble valgt ut ifra tilgjengelig areal og hvor det var mest naturlig med tanke på fall. Bekken varierer med en bredde på 3-5 m og en dybde på opp til 0,5 m (ved mye regn). Det samme gjelder for de dypeste partiene i fordrøyningsdammene.



Figur 58: Plan for kombinasjonsløsning i Litle Risa

Mengdebeskrivelse

Tabell 8: Mengdebeskrivelse for scenario 1 - Litle Risa

Overvannshåndtering	
Overflateareal på bekk	840 m ²
Åpne renner	825 m
Parkering med gressarmering	1060 m ²
Overflateareal på fordrøyningsdammer	870 m ²
Overvannsledning ø1200	460 m
Overvannsledning ø800	135 m
Overvannsledning ø600	195 m
Overvannsledning ø400	30 m
Antall overvannskummer	19 stk
Antall sluker	35 stk
Drensledninger	715 m
Annen infrastruktur	
Vegareal	6380 m ²
Gang- og sykkelveg	4000 m ²
Grøntareal	18 500 m ²
Bolig	32 500 m ²
Kontor/forretning	15 000 m ²
Stikkledninger til boliger	178 stk
Stikkledninger til konsentrert bebyggelse	32 stk
Antall spillvannskummer	38 stk
Antall vannkummer	19 stk
Vannledning ø300	430 m
Vannledning ø200	410 m
Vannledning ø160	15 m
Vannledning ø150	360 m
Spillvannsledning ø200	1135 m
Spillvannsledning ø160	300 m
Lengde stikkrenne	40 m (3 stk)

Avrenning



Den totale avrenningen fra området i dette scenariet er 1256 l/s, se Vedlegg 3 for utregninger. Dersom tilrenningen fra resten av nedslagsfeltet legges til, blir den totale avrenningen ut av feltet på 3264 l/s.

Hastigheten på vannet:

Ved å benytte Mannings formel og et Mannings tall på 67, for «Betongavløpsledning med kummer, innløp, etc.», er det kommet frem til følgende hastighet i de ulike rørdimensjonene:

$$\text{Ø400: } v_{400} = 67 * 0,1^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,44 \text{ m/s}$$

$$\text{Ø600: } v_{600} = 67 * 0,15^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,89 \text{ m/s}$$

$$\text{Ø800: } v_{800} = 67 * 0,2^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 2,29 \text{ m/s}$$

$$\text{Ø1200: } v_{1200} = 67 * 0,3^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 3 \text{ m/s}$$

Fallet er satt til 10 promille, som er kravet til selvrens i rørene.

Ved å benytte et Manningstall på 40, «Pukk-kanal uten sedimenter eller avfall», for bekken og 33, «Gresskledd kanal eller grøft», for de gresskleddede forsenkningene og 40, som er maksimumstallet for «Fjellgrøfter eller kanaler i fjell», for de åpne rennene, er det kommet frem til følgende hastigheter:

$$\text{Bekk: } v = 40 * 0,38^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{3}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1.15 \text{ m/s}$$

$$\text{Åpen renne: } v = 40 * 0,125^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{5}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,7 \text{ m/s}$$

$$\text{Gresskledd forsenkning: } v = 33 * 0,288^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{5}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1.02 \text{ m/s}$$

Fallet er satt til 3 promille for bekken og 5 promille for de åpne rennene og de gresskleddede forsenkningene.

Konsentrasjonstiden

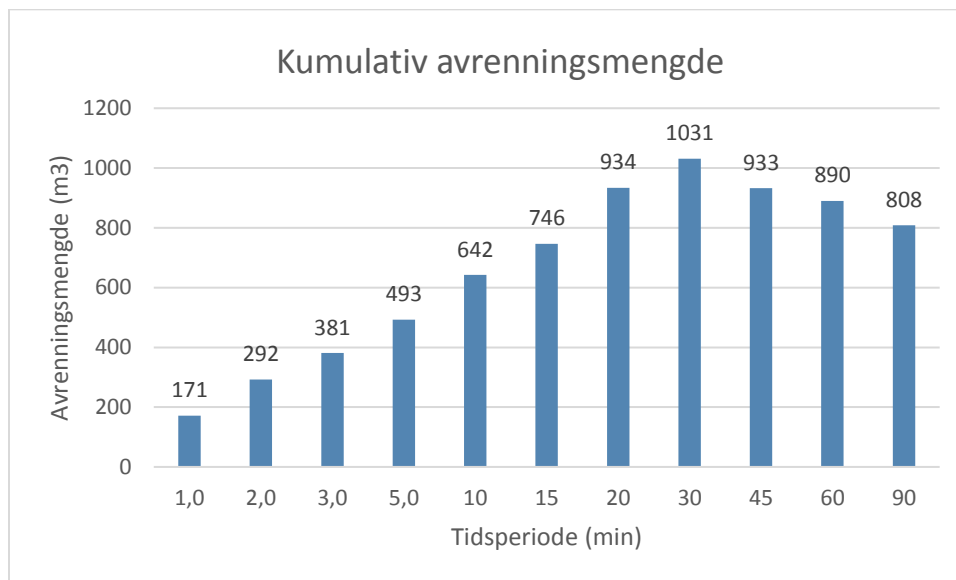
Lengden vannet ledes i de ulike rør/renneløsningene: Ø1200 = 147m, åpen renne = 210m, bekk= 153m, stikkrenne = 14m, fordrøyningsdam/gresskledd forsenkning = 46m

$$t = \frac{210 \text{ m}}{0,7 \text{ m/s}} + \frac{153 \text{ m}}{1,15 \text{ m/s}} + \frac{46 \text{ m}}{1,02 \text{ m/s}} + \frac{14 \text{ m}}{0,9 \text{ m/s}} + \frac{147 \text{ m}}{3 \text{ m/s}} = 542,7 \text{ s} \xrightarrow{+60} 9,04 \text{ min} \approx \underline{9 \text{ min}}$$

Fordrøyningsvolum

Tilgjengelig fordrøyningsvolum: bekk = 420 m³, fordrøyningsdammer = 435 m³

Totalt fordrøyningsvolum er 855 m³. Dette er ikke nok til å dekke nødvendig dimensjonerende fordrøyningsvolum, som ifølge beregningene er 1031 m³. Figur ___ viser avrenningen over tid og at det er størst differanse mellom vann inn og vann ut av feltet etter 30 min.



Figur 59: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 1 - Litle Risa

Kostnader ved utbygging



Den totale kostnaden for all infrastrukturen i dette scenariet er 45 084 464 kr, se Vedlegg 5. Den største utgiftsposten på overvannsanlegget i dette regnestykket er de åpne rennene som erstatter en del av overvannsledningene.

Biologisk mangfold



Dette scenariet har bekk og fordrøyningsdammer som kan ha en positiv effekt på det biologiske mangfoldet. Også de åpne rennene bidrar til flere åpne vannflater når det regner. Ved anleggelse av bekken er det viktig å ta hensyn til det som blir nevnt under kapittelet «Biologisk mangfold». Bekken bør utformes med varierende dybde, bredde og plantearter og mye kantvegetasjon for å tilrettelegge for et rikt artsmangfold. Fordi det skal komme bebyggelse i den bratteste delen av området, vil fjerning av masser sannsynligvis føre til utlekking av grunnvann som igjen vil sikre noe jevn tilførsel av vann til bekken. Likevel vil det ikke være høy nok vannstand i tørre perioder til at det vil kunne være fisk i bekken. De tørre fordrøyningsdammene må utformes med vegetasjon som periodevis tåler å stå under vann.

Bomiljø



Bekken kan styrke estetikken i grønnstrukturen. Dammene vil kun ha vannspeil i perioder etter regn, men de kan likevel være estetiske innslag. De åpne løsningene er i hovedsak plassert i friområdet noe som gjør dem tilgjengelige for alle, både for dem som bor der og besøkende. En bekk kan ha rekreasjonsverdi for folk i alle aldersgrupper. De åpne rennene og fordrøyningsdammene er med på å gjøre folk oppmerksomme på overvannssystemet og kan gi en stolthet både estetisk og kvalitetsmessig. Den delen av området som har åpne løsninger kan gjøre folk mer bevisste på bærekraftig overvannshåndtering og heve interessen for hele boligområdet.

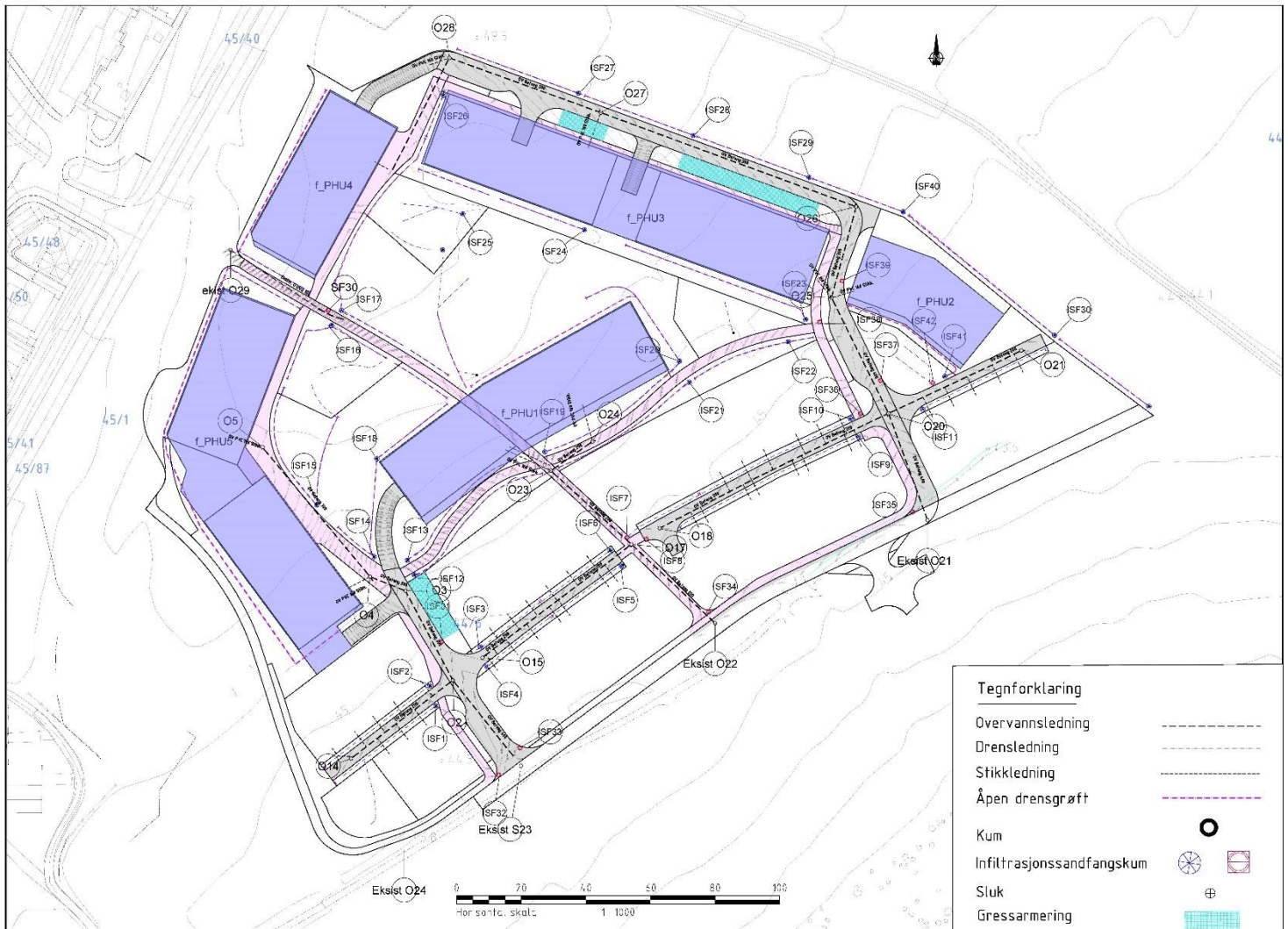
Vedlikehold



For den delen av området som har rørsystem, gjelder det samme vedlikeholdsbehovet som i scenario 1. Det åpne overvannsanlegget vil kreve årlig vedlikehold på lik linje med et parkområde, som er både mer og oftere enn et tradisjonelt overvannsanlegg under bakken. For bekken må en se til at kapasiteten opprettholdes for å unngå flomproblemer, som vil si å passe på at det ikke gror igjen eller går tett. De åpne rennene krever forholdsvis lite vedlikehold, men det vil være nødvendig å rense bort blader og sand som samler seg over tid og plukke søppel om nødvendig. De tørre dammene krever mindre vedlikehold enn våte dammer. Gress og annen vegetasjon må slås og slam som avsettes fjernes etter behov. For de frakoblede taknedløpene er det nødvendig å se til at utløpet ikke fryser igjen vinterstid eller tettes av blader o.l. For gressarmering er det nødvendig med luking i fuger etter behov og jevnlig kontroll av sluk. For å unngå tette fuger må de vakuumfeies og høytrykkspyles minst 4 ganger i året.

Sørbø -Hove

I dette scenariet er det plassert inn infiltrasjonskummer som begrenser tilløpet til overvannsledningene, og all gjesteparkering blir utformet med gressarmering. Gang- og sykkelstier blir anlagt med grusdekke og i tillegg er det åpne infiltrasjonsgrøfter i grøntområdene og langs hele nord-øst siden av planområdet. De blå skravurene illustrerer parkeringskjellerne.



Figur 60: Plan over kombinasjonsløsning i Sørbø - Hove

Mengdebeskrivelse

Tabell 9: Mengdebeskrivelse for scenario 1 - Sørby - Hove

Overvannshåndtering	
Overvannsledning ø400	100 m
Overvannsledning ø300	325 m
Overvannsledning ø200	270 m
Antall overvannskummer	16 stk
Antall sluker	29 stk
Infiltrasjonssandfangskummer	45 stk
Parkering med gressarmering	430 m ²
Åpen drensgrøft	1315 m
Drensledning	1300 m
Annen infrastruktur	
Vegareal	3550 m ²
Gang- og sykkelveg	2915 m ²
boligbebyggelse	20 000 m ²
grøntareal	13 030 m ²
Lengde vannledning ø200	490 m
Lengde vannledning ø150	325 m
Lengde spillvannsledning ø160	660 m
Antall spillvannskummer	18 stk
Antall vannkummer	15 stk
Totalt antall stikkledninger bolig	44 stk x 3
Stikkledninger leiligheter	10 stk x 3

Avrenning



Den totale avrenningen fra området i dette scenariet er 402 l/s, se vedlegg 4.

Hastigheten på vannet i ulike rørdimensjoner:

Ved å benytte Mannings formel og et Mannings tall på 67, for «Betongavløpsledning med kummer, innløp, etc.», er det kommet frem til følgende hastighet i de ulike rørdimensjonene:

$$\text{ø200: } v_{200} = 67 * 0,05^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,9 \text{ m/s}$$

$$\text{ø300: } v_{300} = 67 * 0,075^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,19 \text{ m/s}$$

$$\text{ø400: } v_{400} = 67 * 0,1^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{10}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,44 \text{ m/s}$$

Konsentrasjonstiden

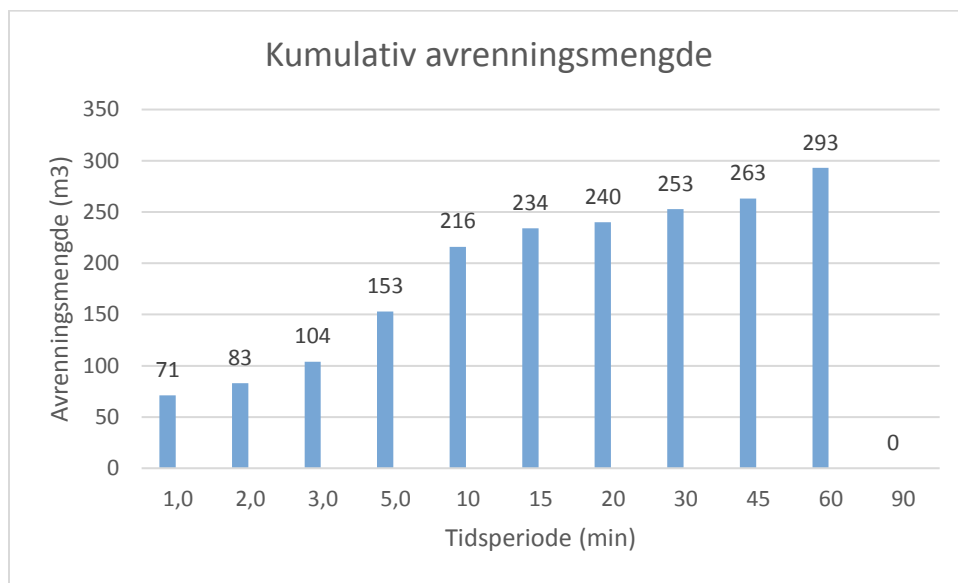
Lengden vannet ledes i de ulike rørdimensjonene: $\varnothing 300 = 204\text{m}$, $\varnothing 400 = 75\text{m}$

$$t = \frac{204 \text{ m}}{1,19 \text{ m/s}} + \frac{75 \text{ m}}{1,44 \text{ m/s}} = 223,5 \text{ s} \xrightarrow{+60} 3,7 \text{ min} \approx \underline{4 \text{ min}}$$

Fordrøyningsvolum

Tilgjengelig fordrøyningsvolum: infiltrasjonskummer = 45 stk

Totalt fordrøyningsvolum = $45 * 1,5\text{m}^3 = 67,5 \text{ m}^3$. Dette er ikke nok til å dekke nødvendig dimensjonerende fordrøyningsvolum, som ifølge beregningene er 293 m^3 . Figur___ viser avrenningen over tid og at det er størst differanse mellom vann inn og vann ut av feltet etter 60 min.



Figur 61: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 1 - Sørby - Hove

Kostnader ved utbygging



Den totale kostnaden for all infrastrukturen i dette scenariet er 27 241 442 kr, se Vedlegg 6 for utregninger.

Biologisk mangfold



Overvannsløsningene som supplerer og erstatter noe av rørsystemet i dette scenariet har liten funksjon for det biologiske mangfoldet. Hverken infiltrasjonskummer, åpne drenggrøfter eller gressarmering har noen særlig positiv påvirkning på plante- og/eller dyrelivet.

Bomiljø



Overvannsløsningene i dette scenariet kan gi noen positive effekter på bomiljøet ved at det hindrer overvannsproblemer og gressarmeringen gjør gjesteparkeringen mer grønn. Bortsett fra det, er det liten rekreasjonsverdi, estetisk verdi eller sosial verdi i dette overvannssystemet.

Vedlikehold



For rørsystemet gjelder det samme vedlikeholdsbehovet som i scenario 1. Det som kommer i tillegg er at sandfanget til infiltrasjonskummene må tømmes årlig for å opprettholde kapasiteten. For gressarmering er det nødvendig med lusing i fuger etter behov og jevnlig kontroll av sluk. For å unngå tette fuger må de vakuumsfeies og høytrykkspyles minst 4 ganger i året. De åpne drenggrøftene må klippes og ved behov, rakes. I tillegg må sandfang ute i grøntområdene tømmes.

Scenario 2 – Åpne løsninger

I scenario 2 er det forsøkt på best mulig måte å utforme boligområdene med kun åpne løsninger for overvann. Det vil si at alt overvannet innenfor området håndteres lokalt i åpne og delvis åpne systemer, uten bruk av overvannsledning. Ved kryssing av vei benyttes stikkrenner. Langs gatene benyttes åpne renner og regnbed, på takene anlegges grønne tak med varierende substrattykkelse, parkeringsplasser utformes med permeable dekker og i grøntområdene plasseres det i hovedsak «tørre» fordrøyningsdammer, gressklede forsengkninger, og i det ene området, en bekk. Ellers er også takrenner koblet fra byggene. Det finnes mange måter å utforme et åpent overvannssystem. Siden denne oppgaven baserer seg på boligområder som allerede er planlagt, implementeres de åpne løsningene på en ferdig plan. Dersom denne tilnærmingen til overvannshåndteringen hadde kommet inn tidligere i planfasen ville resultatet gjerne blitt noe annerledes.

Litle Risa

For Litle Risa anlegges en bekk som renner gjennom grøntområdet og munner ut i «tørre» fordrøyningsdammer. Åpne renner leder vannet til bekken og fordrøyningsdammene. I tillegg ledes vannet i en gresskledd forsenkning før det føres ut av området i nord. Alle de planlagte bygningene har fått grønne tak, og takrennene er frakoblet. Felles parkeringsplasser og gjesteparkering har fått gressarmering. Langs gata ved kontorblokkene er det anlagt regnbed. På de punktene hvor de åpne vannrennene krysser veg, benyttes stikkrenner og inne på grøntområdet anlegges bruer. Siden det ikke er tatt infiltrasjonsprøver inne på området, benyttes løsmassekartet fra NGU til å anslå infiltrasjonsevnen. Det vil likevel anbefales å utføre infiltrasjonstester ved vurdering av åpne løsninger.

For denne løsningen, anbefales det å bytte ut rampen til parkeringshuset med en innkjøring i første etasje. Dette er for å unngå å måtte bruke pumpe dersom vannet renner ned i kjelleren. Pumping kan være dyrt.



Figur 62: Plan over åpne overvannsløsninger i Litle Risa

Mengdebeskrivelse

Tabell 10: Mengdebeskrivelse for scenario 2 - Litle Risa

Overvannshåndtering	
Takareal for grønne tak	16 100 m ²
Åpne renner	1 200 m
Overflateareal på bekk	840 m ²
Overflateareal på fordrøyningsdammer	1 215 m ²
Gresskledd forsenkning	235 m ²
Areal med regnbed	270 m ²
Antall bruer	4
Stikkrenner	50 m
Parkering med gressarmering	1150 m ²
Annen infrastruktur	
Vegareal	6035 m ²
Gang- og sykkelveg	4000 m ²
Grøntareal	18 540 m ²
Resterende areal for bolig (u/tak)	22 670 m ²
Areal kontor/forretning	8 630 m ²
Stikkledninger til boliger	267 stk
Stikkledninger til konsentrert bebyggelse	36 stk
Antall spillvannskummer	38 stk
Antall vannkummer	19 stk
Vannledning ø300	425 m
Vannledning ø200	410 m
Vannledning ø160	15 m
Vannledning ø150	360 m
Spillvannsledning ø200	1135 m
Spillvannsledning ø160	300 m

Avrenning



Den totale avrenningen fra området i dette scenariet er 1147 l/s, se Vedlegg 3 for utregninger. Dersom tilrenningen fra resten av nedslagsfeltet legges til, blir den totale avrenningen ut av feltet på 3155 l/s.

Hastigheten på vannet

Ved å benytte et Manningstall på 40, for «Pukk-kanal uten sedimenter eller avfall», for bekken og 33, for «Gresskledd kanal eller grøft», for de gresskleddede forsenkningene og 40, som er maksimumstallet for «Fjellgrøfter eller kanaler i fjell» for de åpne rennene, er det kommet frem til følgende hastigheter:

$$\text{Bekk: } v = 40 * 0,38^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{3}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1.15 \text{ m/s}$$

$$\text{Åpen renne: } v = 40 * 0,125^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{5}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,7 \text{ m/s}$$

$$\text{Gresskledd forsenkning: } v = 33 * 0,288^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{5}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1.02 \text{ m/s}$$

Fallet er satt til 3 promille for bekken og 5 promille for de åpne rennene og de gresskledd forseningene.

Konsentrasjonstiden

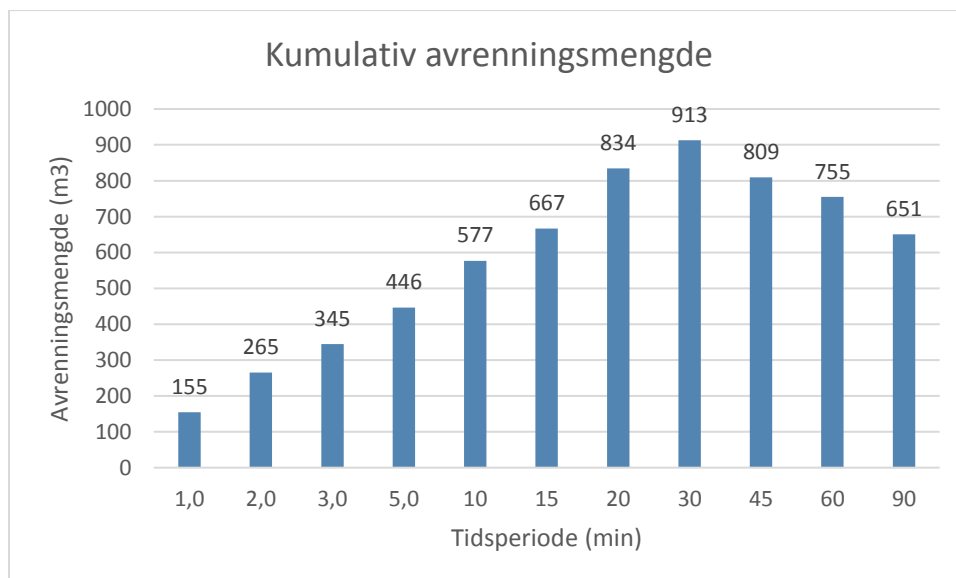
Lengden vannet ledes i de ulike renneløsningene: åpen renne = 210m, bekk= 153m, stikkrenne = 14m, fordrøyningsdam/gresskledd forsening = 160m

$$t = \frac{210 \text{ m}}{0,7 \text{ m/s}} + \frac{153 \text{ m}}{1,15 \text{ m/s}} + \frac{160 \text{ m}}{1,02 \text{ m/s}} + \frac{14 \text{ m}}{0,9 \text{ m/s}} = 605 \text{ s} \xrightarrow{\div 60} 10,09 \text{ min} \approx \underline{10 \text{ min}}$$

Fordrøyningsvolum

Tilgjengelig fordrøyningsvolum: bekk = 420 m³, fordrøyningsdammer = 607,5 m³, gresskledd forseninger = 70 m³, regnbed = 54 m³, grønne tak = 1610 m³

Totalt fordrøyningsvolum er 2761,5 m³. Dette er mer enn nok for å dekke nødvendig dimensjonerende fordrøyningsvolum, som ifølge beregningene er 913 m³. Figur___ viser avrenningen over tid og at det er størst differanse mellom vann inn og vann ut av feltet etter 30 min.



Figur 63: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 2 - Litle Risa

Kostnader ved utbygging



Den totale kostnaden for all infrastrukturen i dette scenariet er 50 529 413 kr, se Vedlegg 7. De største utgiftspostene på overvannsanlegget i dette regnestykket er grønne tak, fordi arealene er så store, og åpne renner, ettersom de erstatter alle overvannsledningene.

Biologisk mangfold



De fleste anleggene styrker grønstrukturen i området, som igjen styrker økosystemet og bidrar til å øke det biologiske mangfoldet. Dette forutsetter at særlig bekken, regnbedene og de grønne takene utformes og tilrettelegges for et variert plante- og dyreliv. Bekken vil ha så lav vannstand i tørre perioder at den ikke egner seg som habitat for fisk, men det er det mange andre arter som vil trives. De grønne takene bør utformes med variert substrattykkelse og vegetasjon. Det bør etableres vanningsystem for tørre perioder og det kan plasseres insekthotell for ekstra skjerming til f.eks. bier. En biologi bør kartlegge hvilke arter som finnes i området fra før for å kunne legge til rette for at f.eks. de samme fuglene skal kunne fortsette å hekke etter utbygging.

Bomiljø



Det åpne overvannssystemet i dette scenariet kan ha mange positive effekter på bomiljøet. Bekken og regnbedene kan styrke estetikken i grønstrukturen. Selv om dammene kun vil ha vannspeil i perioder etter regn, kan de likevel være estetiske innslag. De åpne løsningene er i hovedsak plassert i friområdet noe som gjør dem tilgjengelige for alle, både for dem som bor der og besøkende. En bekk kan ha rekreasjonsverdi for folk i alle aldersgrupper. Det at det er en helhet i overvannssystemet og at all håndteringen foregår synlig over bakken kan bidra til å øke bevisstheten til folk og kan gi beboerne en stolthet. Området framstår bærekraftig og av høy kvalitet noe som kan øke beboernes vilje til å opprettholde standarden og bruke friområdet. Dette kan føre til sosiale sammenkomster og økt rekreasjon og lek.

Vedlikehold

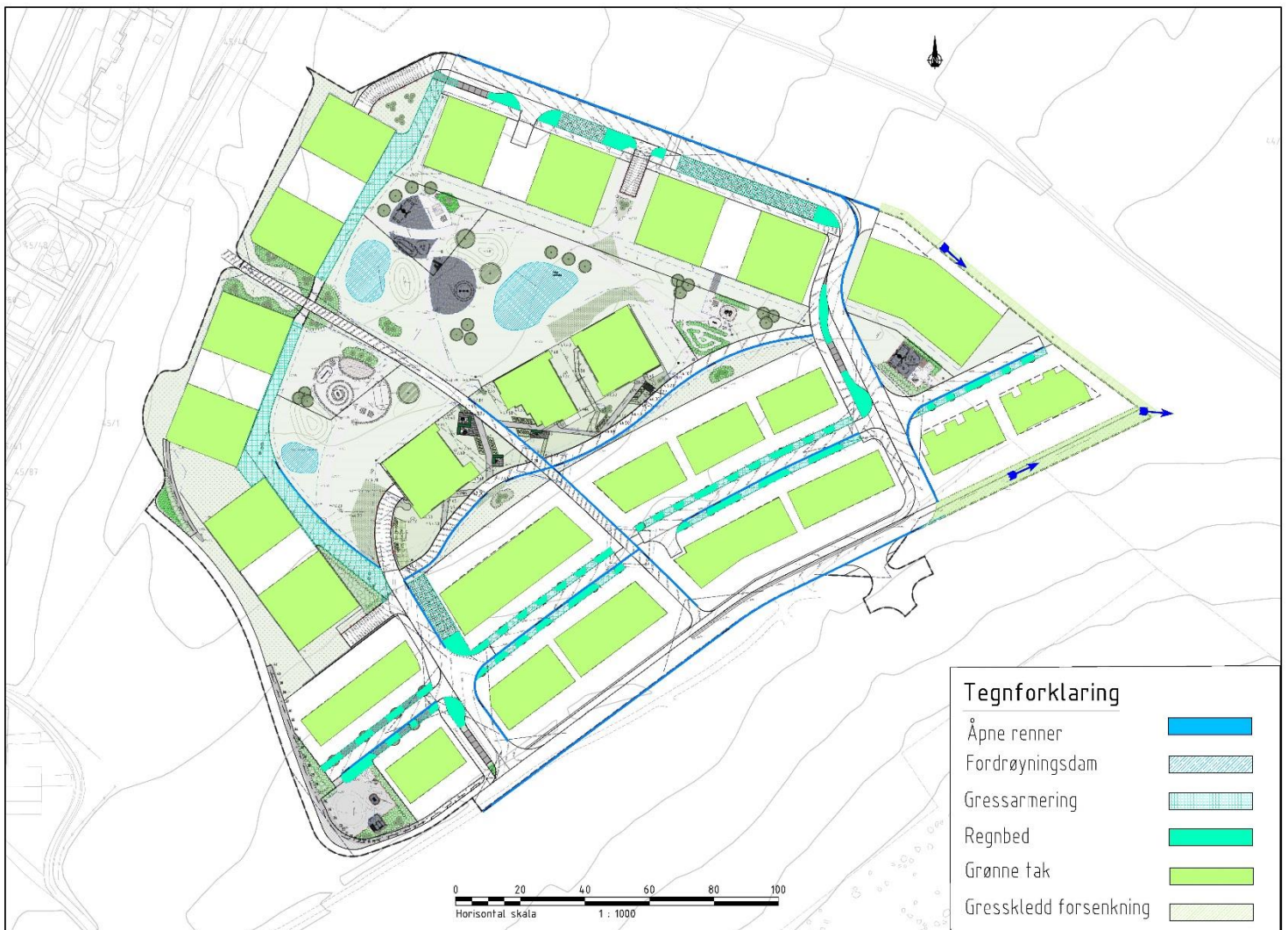


Det åpne overvannsanlegget vil kreve årlig vedlikehold på lik linje med et parkområde. Regnbedene må vannes, gjødsles og lukes til ønsket vegetasjon har etablert seg. Deretter kreves jevnlig fjerning av ugress og vanning i perioder med tørke. I perioder med lite eller ingen regn vil også de grønne takene ha behov for vanning. Det kan anlegges sprinklervanning eller dryppvanning langs mønet på taket. Forskjellige typer vegetasjon på takene krever ulik grad av vedlikehold, men årlig skjøtsel og lusing er uansett nødvendig. I tillegg må sluker renskes etter behov. De åpne rennene krever forholdsvis lite vedlikehold, men det vil være nødvendig å rense bort blader og sand som samler seg over tid og plukke søppel om nødvendig. De tørre dammene krever mindre vedlikehold enn våte dammer. Gress og annen vegetasjon må slå og slam som avsettes fjernes etter behov. For de frakoblede taknedløpene er det nødvendig å se til at utløpet ikke fryser igjen vinterstid eller tettes av blader o.l. Gresskledde forsenkninger krever klipping av gress på lik linje med andre gressplener. Det kan også være behov for å rake blader som samler seg om høsten og plukke søppel. For bekken må en se til at kapasiteten opprettholdes for å unngå flomproblem, som vil si å passe på at der ikke gror igjen eller går tett.

Sørbø – Hove

I Scenario 3 for Sørbø Hove har det i hovedsak blitt benyttet grønne tak, permeable flater, regnbed og åpne renner. For det øvrige området som grenser ut mot de store grøntarealene er det tenkt at overvannet skal forsinkes ved bruk av grønne tak og at vannet deretter ledes gjennom frakoblede takrenner og ut til grønne flater hvor det infiltreres. For å øke infiltrasjonsevnen kan det være nødvendig å skifte ut massene i grunnen. For den sørlige delen av området skal overvannet ledes i åpne renner mellom regnbed som skal fordrøye og infiltrere vannet før det ledes videre til gresskledde forsengkninger. I krysningpunktene med veien går de åpne rennene over i stikkrenner. Inne på grøntområdet benyttes klopp ved krysning av gang- og sykkelveg.

For denne løsningen, anbefales det å bytte ut rampen til parkeringshuset med en innkjøring i første etasje. Dette er for å unngå å måtte bruke pumpe dersom vannet renner ned i kjelleren. Pumping kan være dyrt.



Figur 64: Plan som viser åpne overvannsløsninger i Sørbø - Hove

Mengdebeskrivelse

Tabell 11: Mengdebeskrivelse for scenario 2 - Sørbo - Hove

Overvannshåndtering	
Takareal for grønne tak	11 175 m ²
Åpne renner	925 m
Overflateareal på fordrøyningsdammer	630 m ²
Overflateareal på regnbed	710 m ²
Permeabelt dekke	1340 m ²
Gresskledde forsenkninger	650 m ²
Stikkrenner	90 m
Annen infrastruktur	
Vegareal	3400 m ²
Gang- og sykkelveg	2000 m ²
Resterende areal for boligbebyggelse (u/tak)	8600 m ²
Grøntareal	12 900 m ²
Vannledning ø200	490 m
Vannledning ø150	325 m
Spillvannsledning ø160	660 m
Antall spillvannskummer	18 stk
Antall vannkummer	15 stk
Stikkledninger til bolig	44 stk x 3
Stikkledninger til konsentrert bebyggelse	10 stk x 3

Avrenning



Den totale avrenningen for området i dette scenariet er 463 l/s.

Hastigheten på vannet i ulike rør/renneløsninger:

Ved å benytte et Manningstall på 40, for «Pukk-kanal uten sedimenter eller avfall», for bekken og 33, for «Gresskledt kanal eller grøft», for de gresskledde forsenkningene og 40, som er maksimumstallet for «Fjellgrøfter eller kanaler i fjell» for de åpne rennene, er det kommet frem til følgende hastigheter:

$$\text{Åpen renne: } v = 40 * 0,125^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{5}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 0,7 \text{ m/s}$$

$$\text{Gresskledde forsenkning: } v = 33 * 0,288^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{5}{1000}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,02 \text{ m/s}$$

Fallet er satt til 5 promille for de åpne rennene og de gresskledde forsenkningene.

Avrenningshastigheten for gressarming er antatt å være på 1,5 m/s.

Konsentrasjonstiden

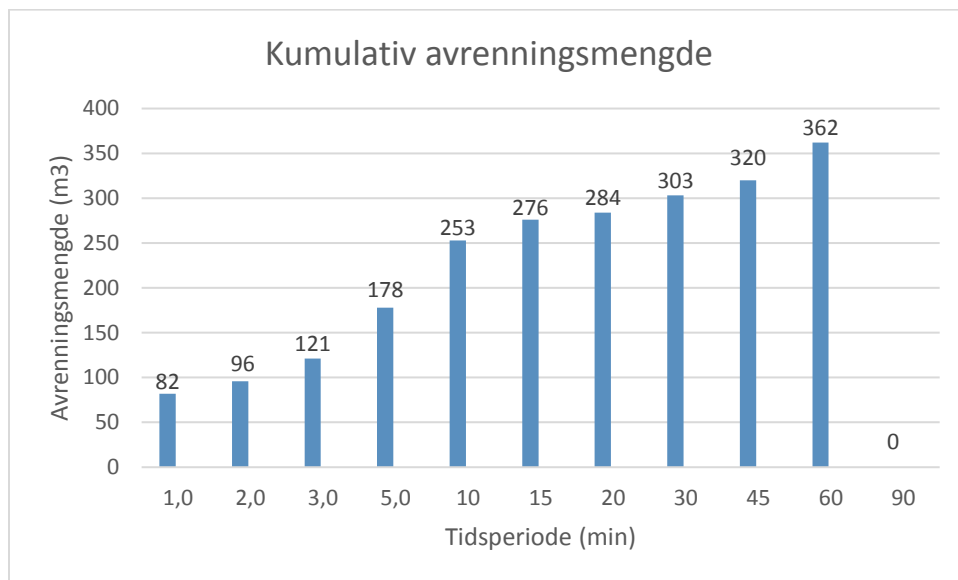
Lengden vannet ledes i de ulike underlagene/renneløsningene: gressarmering = 47m, åpen renne = 140m, gresskledd forsenkning = 110m

$$t = \frac{47 \text{ m}}{1,5 \text{ m/s}} + \frac{140 \text{ m}}{0,7 \text{ m/s}} + \frac{110 \text{ m}}{1,02 \text{ m/s}} = 339,2 \text{ s} \xrightarrow{+60} 5,65 \text{ min} \approx \underline{6 \text{ min}}$$

Fordrøyningsvolum

Tilgjengelig fordrøyningsvolum: fordrøyningsdammer = 630 m³, gresskledd forsenkninger = 650m³, regnbed = 142 m³, grønne tak = 1118 m³

Totalt fordrøyningsvolum = 2540 m³. Dette er mer enn nok for å dekke nødvendig dimensjonerende fordrøyningsvolum fra beregningene, som er 362 m³. Figur___ viser avrenningen over tid og at det er størst differanse mellom vann inn og vann ut av feltet etter 60 min.



Figur 65: Kumulativ avrenningsmengde for scenario 2 - Sørby - Hove

Kostnader ved utbygging



Den totale kostnaden for all infrastrukturen i dette scenariet er 31 220 574 kr, se Vedlegg 8. De største utgiftspostene av overvannsanlegget i dette regnestykket er de grønne takene og de åpne rennene.

Biologisk mangfold



Mange av anleggene styrker grønnstrukturen i området, som igjen styrker økosystemet og bidrar til å øke det biologiske mangfoldet. Det er først og fremst de grønne takene og regnbedene som kan tilpasset til å fungere som habitater for dyr, insekter og fugler. De «tørre» fordrøyningsdammene, åpne rennene og gresskledde forsenkningene bidrar til å skape åpne vannflater når det regner og fordrøyer og gjør vannet mer tilgjengelig slik at det kan utnyttes som en ressurs før det ledes ut av området. Det vil være lurt også i dette området at en biolog kartlegger eksisterende arter for å kunne tilpasse de grønne takene for eksempel for fugler som hekker der.

Bomiljø



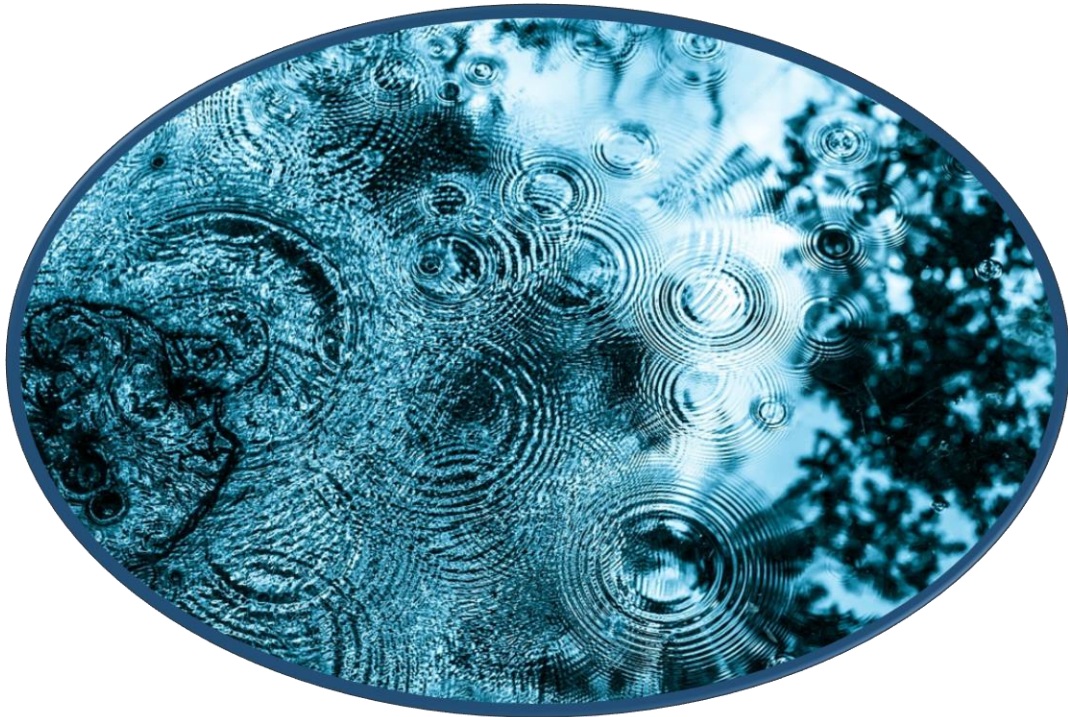
Det åpne overvannssystemet i dette scenariet kan ha positive effekter på bomiljøet ved å styrke estetikken, spesielt i gatene med regnbed og gressarmering. Selv om dammene kun vil ha vannspeil i perioder etter regn, kan de likevel være estetiske innslag i grønnstrukturen. De åpne løsningene er i hovedsak plassert i gatene og fellesområdet noe som gjør dem tilgjengelige for alle. Anleggene kan ha en rekreasjonsverdi for folk i alle aldersgrupper. Det at det er en helhet i overvannssystemet og at all håndteringen foregår synlig over bakken kan bidra til å øke bevisstheten til folk og kan gi beboerne en stolthet. Området framstår bærekraftig og av høy kvalitet noe som kan øke beboernes vilje til å opprettholde standarden og bruke fellesområdet. Dette kan føre til sosiale sammenkomster og lek.

Vedlikehold



Her gjelder det samme som for Litle Risa. Det åpne overvannsanlegget vil kreve årlig vedlikehold på lik linje med et parkområde, som er både mer og oftere enn et tradisjonelt overvannsanlegg under bakken. Regnbedene må vannes, gjødsles og lukes til ønsket vegetasjon har etablert seg. Deretter kreves jevnlig fjerning av ugress og vanning i perioder med tørke. I perioder med lite eller ingen regn vil også de grønne takene ha behov for vanning. Det kan anlegges sprinklervanning eller dryppvanning langs mønet på taket. Forskjellige typer vegetasjon på takene krever ulik grad av vedlikehold, men årlig skjøtsel og lusing er uansett nødvendig. I tillegg må sluker renskes etter behov. De åpne rennene krever forholdsvis lite vedlikehold, men det vil være nødvendig å rense bort blader og sand som samler seg over tid og plukke søppel om nødvendig. De tørre dammene krever mindre vedlikehold enn våte dammer. Gress og annen vegetasjon må slåes og slam som avsettes fjernes etter behov. For de frakoblede taknedløpene er det nødvendig å se til at utløpet ikke fryser igjen vinterstid eller tettes av blader o.l. Gresskledde forsenkninger krever klipping av gress på lik linje med andre gressplener. Det kan også være behov for å rake blader som samler seg om høsten og plukke søppel.

DEL 6: RESULTATER



6. Resultater & sammenligning

I dette kapitlet blir først resultatene fra analysen innenfor hvert av de fem kriteriene oppsummert. Deretter blir det gjort en totalvurdering av analysen og alle scenariene blir evaluert og sammenlignet.

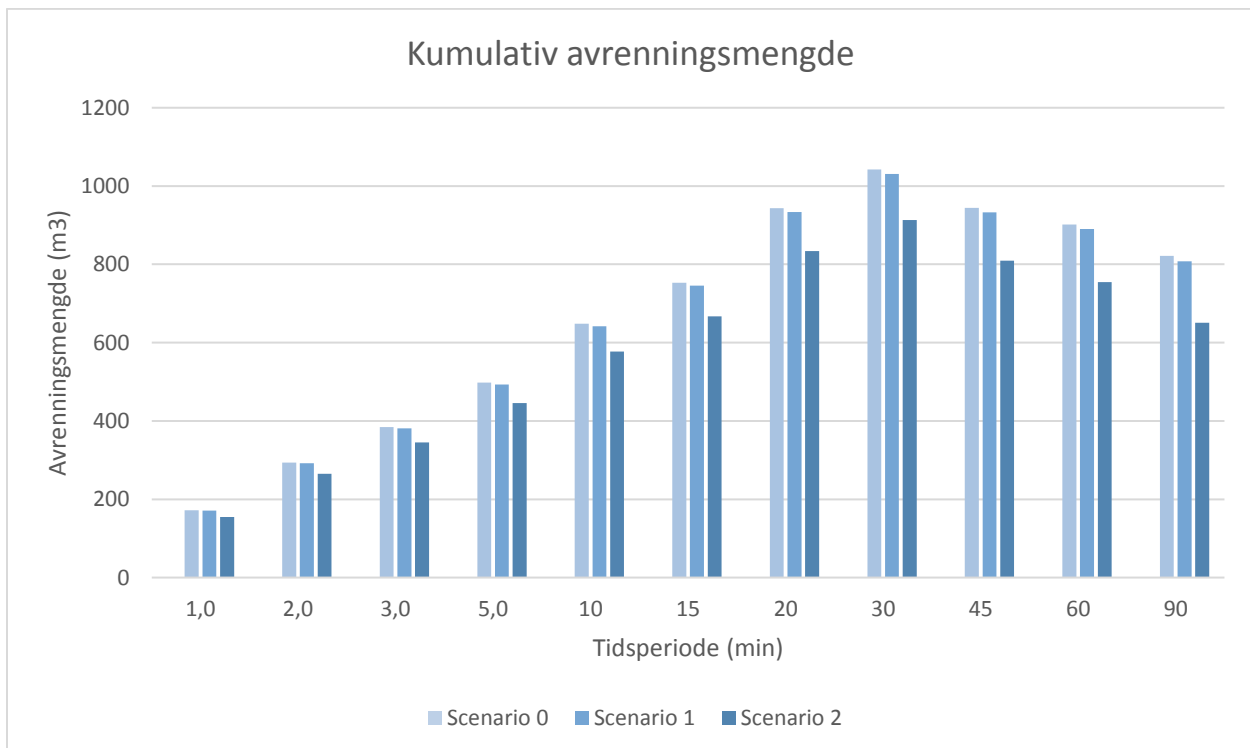
Oppsummering av effektene på avrenningen:

Tabell 12: Oppsummering av effektene på avrenningen

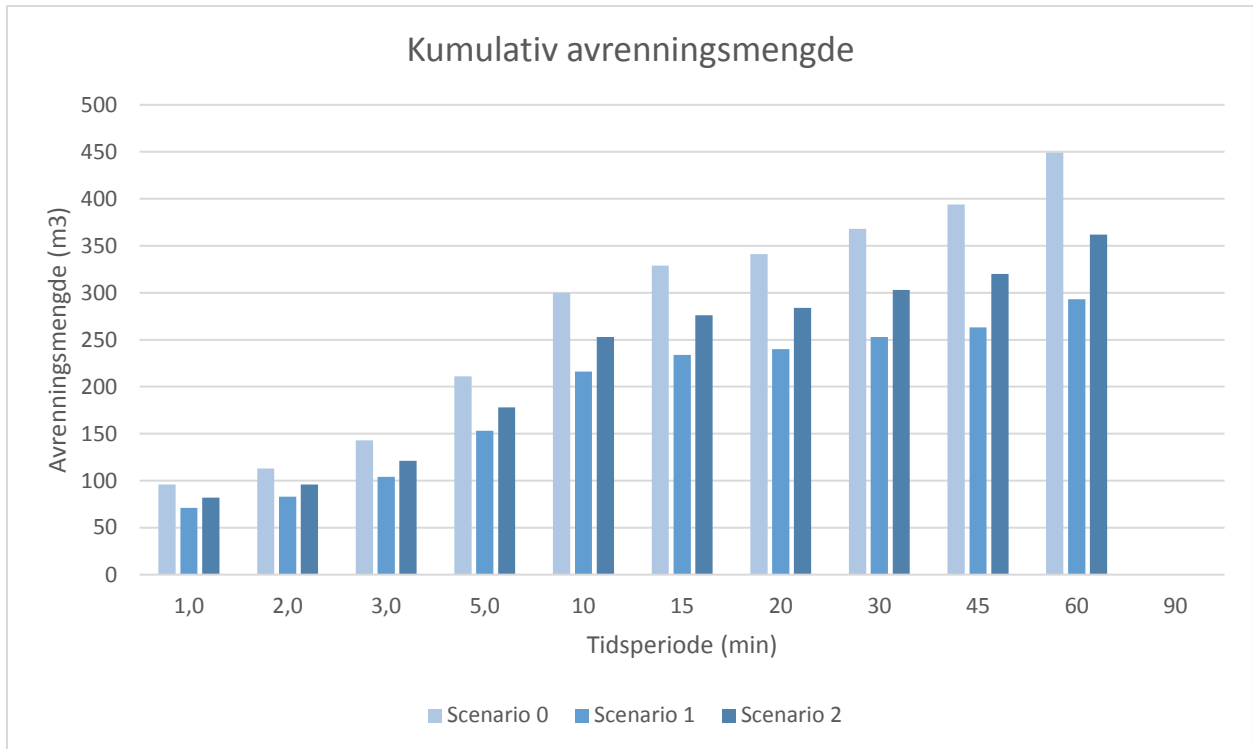
	Scenario 0		Scenario 1		Scenario 2	
	Litle Risa	Sørbo - Hove	Litle Risa	Sørbo - Hove	Litle Risa	Sørbo - Hove
Avrenningsmengde	3274 l/s	541 l/s	3264 l/s	402 l/s	3155 l/s	463 l/s
Konsentrasjonstid	4 min	3 min	9 min	4 min	10 min	6 min
Fordrøyningsvolum	0	0	855 m ³	67,5 m ³	2761,5 m ³	2540 m ³

Avrenningsmengden reduseres ved bruk av åpne løsninger sammenlignet med scenario 0.

Konsentrasjonstiden dobles, og selv om det ikke er snakk om mange minutter, vil intensiteten også bli redusert på denne tiden. De neste to figurene viser forskjellene på avrenningstoppene for hvert av boligområdene.



Figur 66: Forskjellen på avrenningstoppene i Litle Risa



Figur 67: Forskjellen på avrenningstoppene i Sørbo - Hove

Hastigheten på vannet i de ulike løsningene:

Tabell 13: Oppsummering av effektene på vannhastighet

	Betongrør	Bekk	Gresskledd forsenkning	Åpen renne
Vannhastighet (m/s)	v (Ø200) = 0,9 m/s v (Ø1200) = 3 m/s	v = 1,15 m/s	v = 1,02 m/s	v = 0,7 m/s

Ut ifra tabell 13 kan vi se at det er høyest hastighet på vannet i de store betongledningene og lavest hastighet i de åpne rennene. I tillegg til forskjellene i friksjon, har også dimensjoner og fall påvirket resultatene.

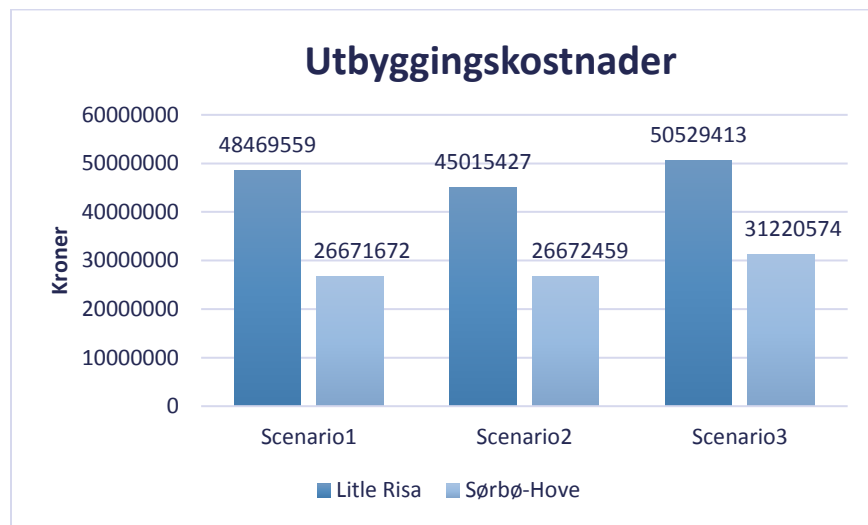
Oppsummering av de økonomiske konsekvensene:

Tabell 14: Oppsummering av de økonomiske konsekvensene

	Scenario 0		Scenario 1		Scenario 2	
	Litle Risa	Sørbø-Hove	Litle Risa	Sørbø-Hove	Litle Risa	Sørbø-Hove
Totalkostnad(kr)	48 469 559	26 810 797	45 084 464	27 241 442	50 529 413	31 220 574

For Litle Risa er Scenario 1, altså kombinasjonsløsningen, det billigste alternativet og Scenario 2 med åpne løsninger er det dyreste alternativet. Det er en kostnadsvariasjon på 12 % mellom disse to alternativene. Å gå fra et lukket system til et åpent system gir derimot en kostnadsøkning på 4,3 %.

For Sørbø-Hove er det billigst med et lukket system, selv om det er lite variasjon i totalsummen på dette alternativet og kombinasjonsløsningen. Også for dette området koster det mest å bygge ut med et åpent overvannsanlegg. Det er en kostnadsøkning på 16,5 % å gå fra et lukket system til et åpent. Kostnadsvariasjonen mellom det lukka systemet og kombinasjonsløsningen er 1,6 %



Figur 68: Forskjellene på utbyggingskostnader

Oppsummering av effektene på det biologiske mangfoldet:

I scenario 0, hvor begge områdene har rør under bakken er det ikke et mål at overvannsystemet skal tilrettelegge for det biologiske mangfoldet. Likevel blir det feil å si at det biologiske mangfoldet vil være svakt i et område med lukket system for det er også andre faktorer som spiller inn, som tilgjengelig grøntareal. I begge disse boligområdene er det avsatt mye areal til grønne friområder som likevel vil bidra til at plante- og dyrelivet vil kunne utfolde seg.

I scenario 1 er det løsningene i Litle Risa som har mest påvirkning på det biologiske mangfoldet. Der er det anlagt bekk og fordrøyningsdammer som styrker grønnstrukturen i området, som igjen kan være med på å styrke plante- og dyrelivet. Overvannsløsningene i Sørbø- Hove har lite eller ingen effekt på artsmangfoldet. Gressarmeringen gjør parkeringsarealene noe grønnere.

I scenario 2 har begge områdene fått grønne tak på alle bygningene, fordrøyningsdammer og regnbed. De grønne takene kan ha en positiv effekt på fugle- og insektlivet dersom de blir utformet med hensyn til de lokale artenes krav til habitat. Fordrøyningsdammene og regnbedene må også tilrettelegges for et variert artsmangfold som kan styrke økosystemet. Litle Risa har i tillegg bekken som kan gi ytterligere positive effekter.

Oppsummering av effektene på bomiljøet:

I scenario 0, for begge områdene, er overvannssystemet under bakken og dermed lite synlig. Det har lite effekter på bomiljøet bortsett fra at det håndterer overvannet og hindrer at mye vann samler seg på overflaten. De store grøntområdene vil likevel kunne ha en positiv innvirkning på bomiljøet i områdene.

I scenario 1 har Litle Risa oppnådd størst positiv effekt på bomiljøet. Bekken og fordrøyningsdammene styrker estetikken i grønnstrukturen og kan ha en rekreasjonsverdi for beboerne. Disse anleggene kan også invitere til lek og skape sosiale møtesteder. Siden de fleste av dem er plassert i fellesområdene er de tilgjengelige og synlige for alle og som er med på å øke folks bevissthet rundt bærekraftig overvannshåndtering. For Sørbø – Hove har løsningene som supplerer og erstatter noe av rørsystemet lite eller ingen effekt på bomiljøet. Gressarmeringen gjør gjesteparkeringene grønnere.

I scenario 2 er begge områdene utført med et helhetlig åpent overvannssystem som kan gi en ekstra kvalitet og skape interesse og stolthet hos beboerne. Overvannssystemene kan både gi en rekreasjonsverdi, estetisk verdi og sosial verdi til områdene.

Oppsummering av vedlikeholdsbehovet:

Åpne løsninger krever jevnlig og mer vedlikehold enn rørløsningene under bakken. Den forventede levetiden er også under halvparten for de åpne løsningene, noe som gjør at overvannssystemet kanskje må byttes ut og reetableres etter 40-50 år. Dette er en kostnad som ikke er tatt med i regnestykket for utbygging.

Total evaluering av resultatene fra analysen

I tabell 15 har resultatene fra analysen blitt rangert innenfor hvert boligområde. Evalueringskriterienes utslag i hvert scenario har blitt rangert på en skala fra 1-3. Det scenariet som oppnår best resultat innenfor evalueringskriteriet får 3 poeng, mens det som slår ut dårligst får 1 poeng. Den nederste raden viser den totale poengsummen som er oppnådd i hvert scenario innenfor hvert boligområde.

Tabell 15: Total evaluering av resultatene fra analysen

Evalueringsskriterier	Scenario 0		Scenario 1		Scenario 2	
	<i>Litle Risa</i>	<i>Sørbø-Hove</i>	<i>Litle Risa</i>	<i>Sørbø-Hove</i>	<i>Litle Risa</i>	<i>Sørbø-Hove</i>
Avrenning	1	1	2	3	3	2
Utbyggingskostnader	2	3	3	2	1	1
Biologisk mangfold	1	1	2	2	3	3
Bomiljø	1	1	2	2	3	3
Vedlikehold	3	3	2	2	1	1
Totalt	8	9	11	11	11	10

Ut ifra tabellen kan vi se at det er nokså jevnt mellom scenariene fordi alle gir bra og dårlige utslag innenfor noen kategorier hver. Kombinasjonsløsningen har fått best totalsum, men det er bare et poeng som skiller mellom det og de åpne løsningene. Til tross for at det tradisjonelle ledningssystemet skårer dårligst i tre av de fem kategoriene henter det seg inn ved å klare seg bra i de to andre, som er utbyggingskostnader og et lavt vedlikeholdsbehov.

Det er viktig å huske på hvem utslagene er positive for, ettersom det varierer veldig. Innenfor de fem kriteriene finnes det ulike interessenter som vektlegger ulike ting. For en utbygger vil kostnadene ved utbygging veie mest for om et forslag er bra eller dårlig. For de fremtidige beboerne vil det være viktig at overvannssystemet fungerer som det skal og at området bidrar til å skape et godt bomiljø. For kommunen er kategoriene «Avrenning» og «vedlikehold» avgjørende for om planen blir godkjent. For naturen og miljøet er det viktig med god tilrettelegging for å opprettholde et rikt biologisk mangfold. En planlegger må ta hensyn til og prioritere alle disse forholdene.

DEL 7: AVSLUTNING



7.1 Diskusjon

Overvannshåndtering bør tas med tidlig i planleggingsprosessen. Utførelsen vil være annerledes dersom et boligområde skal utformes med åpne løsninger for overvann ettersom fordelingen av arealer over bakkenivå må prioriteres og vurderes ytterligere. Det er vanskelig å skulle plassere inn åpne løsninger i en ferdig plan. Alle boligområder og utbyggingsområder er unike og derfor må løsningene velges og tilpasses etter de lokale forholdene. Åpne løsninger kan passe fint å bruke i noen områder, men ikke være hensiktsmessige i andre. Dette er en vurderingssak som krever ekspertise på mange fagområder.

For en utbygger er fortjeneste viktig. Det vil si at en frivillig kostnadsøkning på et prosjekt bør resultere i høyere salgsverdi. Det er viktig å huske på både prissatte og ikke prissatte konsekvenser i vurderingen når overvannsanlegg skal velges. Driftskostnader bør også medregnes i kostnadsbildet for det kan ha en innvirkning på kommunen dersom det er de som skal overta anlegget, som på samme måte som med et lukket system. Hvis åpne overvannsanlegg i boligområder blir mer vanlig må det vurderes om det finnes nok ressurser til drift og vedlikehold, eller om det skal legges over på private aktører eller være opp til beboerne å drive med dugnad for å opprettholde kvaliteten på anleggene i fellesområdene. Anleggene på egen tomt, slik som grønne tak eller frakoblede taknedløp er opp til den enkelte huseieren å passe på.

I et område med parkeringskjeller er det vanskelig å gjennomføre med kun åpne løsninger, fordi det er nesten umulig å unngå drensledning rundt bygget som må kobles på en overvannsledning. Da er det to muligheter; enten å pumpe densen opp til overflaten i de åpne systemene, eller bygge vanntett parkeringskjeller. Det å gjøre parkeringskjelleren vanntett koster fort 2000 kr/m² ekstra. I tillegg må veggene forsterkes og dersom det er fare for at den kan «flyte» opp, må bunnen forankres. Dette gjør at vanntett parkeringskjeller er komplisert, dyrt og lite hensiktsmessig i forhold til å legge drens. I tillegg vil bruk av så store mengder med ekstra betong sette et stort CO₂ avtrykk, som gjør den totale vurderingen av området lite miljøvennlig. For et åpent overvannssystem betaler en for ting to ganger fordi det er nesten umulig å unngå ledninger helt. Kombinasjonsløsningen i Litle Risa- boligområdet resulterer i de positive effektene på bomiljøet og det biologiske mangfoldet med de åpne løsningene, men samtidig opprettholdes en billig og funksjonell løsning med tanke på utbyggingskostnader og vedlikeholdsbehov. Det er også en god løsning med tanke på parkeringskjellerne sør i området.

Det finnes noen svakheter med metoden som er benyttet i oppgaven. Det ene er at fordamping ikke tas med i utregningen av avrenningsmengde. Fordamping kan, særlig i sommerhalvåret, utgjøre en stor forskjell når vannet føres i de åpne systemene. I kostnadsbildet er det ikke tatt hensyn til eventuelle ekstra kostnader for å forsterke bygningskonstruksjonene for grønne tak. Det er heller ikke tatt hensyn til at de åpne løsningene har forventet levetid på bare 40-50 år, mens et tradisjonelt ledningssystem har forventet levetid på 100 år. Det vil si at et lukket system kan vare dobbelt så lenge før det vil være behov for utskiftning. Dette er heller ikke inkludert i kostnadsberegningene. I tillegg er det er så klart mange flere faktorer som påvirkes av overvannsløsningen enn de fem som er studert. Det er også andre faktorer enn overvannshåndtering som påvirker bomiljø, vedlikeholdsbehov, avrenning, utbyggingskostnader og det biologiske mangfoldet. Rensing av overvann har f.eks. ikke blitt inkludert i denne oppgaven ettersom det er et omfattende tema i seg selv, men det er likevel en viktig faktor i det store bildet. I Litle Risa kan

renseeffekt fra bekk, dammer og regnbed kan ha en positiv påvirkning på å minske forurensning til Nordsjøen når overvannet skal sendes direkte ut.

I denne oppgaven er det kun fokusert på hvordan vannet kan infiltreres og fordrøyes i overvannsanlegget. Et annet tema som også kunne vært aktuelt å undersøke er oppsamling og lagring av vann. I Norge har ikke mangel på vann vært et stort problem, men senest sommeren 2018 var det tørt lenge og dette førte blant annet til skogbranner flere steder og dårlige avlinger for bøndene. Andre steder i verden er det avgjørende å samle opp det regnet som faller for å bruke det i tørkeperioder.

7.2 Konklusjon

For å svare på problemstillingen kan en kort konklusjon være at åpne overvannsløsninger minsker avrenningen og kan ha en positiv effekt på biologisk mangfold og bomiljø. De er derimot dyrere å etablere og krever mer og jevnlig vedlikehold enn et konvensjonelt overvannssystem.

Det finnes likevel en del faktorer som spiller inn. For at de åpne løsningene skal kunne ha en positiv effekt på det biologiske mangfoldet må det tas hensyn til de lokale artene og anleggene må utformes med tanke på dem. Det er heller ikke alle disse løsningene som kan fungere som habitater eller ha en funksjon i økosystemet. Det samme gjelder for effektene på bomiljøet. Noen av de åpne løsningene, som bekk, regnbed og fordrøyningsdammer, kan styrke grønnstrukturen og gi en positiv verdi for estetikken, det sosiale, og rekreasjonen. Mens andre ikke vil gi store utslag på dette punktet. Det varierer også hvor mye vedlikehold de ulike løsningene krever. Åpne vannrenner krever f.eks. lite vedlikehold sammenlignet med et regnbed eller grønt tak som er et levende økosystem.

Et overvannssystem som ligger under bakken har kun en funksjon, som er å håndtere overvannet ved å frakte det bort fra området på en effektiv og trygg måte. Et overvannssystem som legges over bakken påvirker opplevelsene i gaterommet og den estetiske utformingen av uteoppholdsrommene mellom bygningene. Dette gjør at det er vanskelig å sammenligne disse systemene direkte opp mot hverandre ettersom det åpne systemet kan ha ekstra funksjoner i tillegg, som det lukka systemet ikke har. På en annen side viser dette at ved bruk av flerfunksjonelle løsninger er det mulig å dekke flere behov samtidig. I tillegg til å håndtere overvannet kan de åpne løsningene være habitater for insekter og dyr og danne estetiske og attraktive uteområder. Likevel er det vanskelig å unngå ledninger helt, spesielt i områder med parkeringskjeller hvor det er behov for drenering. Dette gjør at en kombinasjon vil være mest optimalt med tanke på bomiljø, biologisk mangfold og avrenningen, selv om det kan være mindre gunstig med tanke på vedlikehold og kostnader ettersom en betaler for og må drifte to systemer.

Åpne løsninger krever jevnlig og mer vedlikehold enn rørløsningene under bakken. Et annet interessant funn er den forventede levetiden på anleggene. De fleste åpne løsningene har en forventet levetid på 40-50 år. Dette er bare halvparten av levetiden på ledningsnett. Det betyr at de åpne løsningene vil måtte bli skiftet ut tidligere enn ledningene. Kostnadene på en eventuell nyetablering er ikke tatt med i kostnadsberegningene.

Det er viktig at overvannshåndtering blir prioritert tidlig i planleggingsfasen når nye boligområder skal bygges ut. Tverrfaglig planlegging og god kommunikasjon på tvers av de ulike fagene er avgjørende for å skape en gjensidig forståelse og enighet i hvordan det er best å fordele arealene til de ulike formålene.

Åpne overvannssystemer kan brukes for å opplyse folk om overvannshåndtering og synliggjøre de tekniske systemene som er en viktig del av infrastrukturen. Åpne løsninger kan nok ikke erstatte ledningssystemet helt, men ved å kombinere dem med et lukket system oppnår en positive effekter uten å måtte kompensere for det praktiske.

Referanser

- Aquasafe. (u.å.). *Eksempel på regnbed* [Bilde]. Hentet fra <https://www.byggforsk.no/dokument/2562>
- Aros arkitekter as. (2015). *Konsekvensutredning - Detaljplan Litle Risa* (Plannr. (1124)0545). Sola kommune.
- Aros arkitekter as. (2016a). *Planbeskrivelse - Detaljregulering for Litle Risa* (Plannr. (1124)0545). Sola kommune.
- Asplan Viak. (2016). *Overvann som ressurs* (535485-01). Hentet fra <https://d21dbafykfdck9.cloudfront.net/1485874414/rapport-overvann-2016-12-21.pdf>
- Berner jr., E. (2018). Transpirasjon - botanikk. I *Store Norske Leksikon*. Hentet 11.03.19 fra <https://snl.no/transpirasjon - botanikk>
- Braskerud, B. & Paus, K. H. (2016). *Regnbed for lokal flomdemping*. Oslo Hentet fra <https://www.nve.no/Media/5027/overvann-regnbed-for-lokal-flomdemping.pdf>
- Brenneisen, S. (2006). Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland. *Urban Habitats*, 4. Hentet fra http://www.urbanhabitats.org/v04n01/wildlife_pdf.pdf
- Byggforskserien. (2012). Løsning for lokal håndtering av overvann i bebygde områder. Hentet 20.03.2019
- COWI. (2013). *På lag med regnet - Veileder for lokal overvannshåndtering*. Rogaland Fylkeskommune/Jæren Vannområde. Hentet fra http://tema.miljodirektoratet.no/Global/klimatilpasning/COWI_Veileder%20overvann%20overvannsh%3%A5ndtering%20I%3%A6ren_2013.pdf
- DSB. (2016). Havnivåendring Sola (Rogaland). Hentet 04.03.19 fra <https://www.kartverket.no/sehavniva/sehavniva-lokasjonside/?cityid=10205913&city=Sola#>
- Dyrredal, A. V. & Førland, E. J. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge* (NCCS report 5/2019). Hentet fra <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/attachment/14869?ts=16b02bdea3a>
- Gerring, J. (2007). *Case study research : principles and practices*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hamar kommune. (2015). *Temanotat: Grønn og blåstruktur*. Hentet fra <https://www.hamar.kommune.no/getfile.php/13311994-1431353316/Bilder/Hamar/Artikkelbilder/Organisasjonen/R%3%A5dmann%20og%20staber/Temanotat%20Bl%3%A5%20og%20gr%3%B8nn%20struktur%2004.03.15.pdf>
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., ... Ådlandsvik, B. (2015). *Klima i Norge 2100* (NCCS report 2/2015). Norsk klimaservicesenter. Hentet fra <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/attachment/10990?ts=159d5ffcfd>
- Haraldseid, I. E. (2015). BO01 - Morgendagens by. Hentet fra <http://www.magasinetkote.no/tema-p-nett/2015/11/22/bo01-morgendagens-by>
- Hauge, A., Borch, H., Bioforsk Jord og miljø, Walseng, B., NINA & Langsjøvoll, S. (2006). Gjenåpning av lukka bekker - mange positive effekter, s. 4-6. Hentet fra <https://www.vannportalen.no/globalassets/nasjonaltdokumenter/tema-a-a/restaurering/gjenapning-av-bekker---positive-effekter-bioforsk-2006.pdf>
- Laukli, K. (2017). *FoU Lokal overvannshåndtering langs veg og gate* (Statens vegvesens rapporter No. 393). Hentet fra https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/publikasjoner/Statens+vegvesens+rapporter/attachment/2135652?ts=1610893e288&download=true&fast_title=FoU+Lokal+overvannsh%3%A5ndtering+langs+veg+og+gate%3A+status+desember+2017

- Leidstedt, T. (2011, 18.mai). *Ytligt dagvatten i bostadsområden*. Innlegg presentert ved Regnvand og bykvalitet, Malmø. Abstract hentet fra <http://www.byplanlab.dk/sites/default/files1/TomasLeidstedt3.pdf>
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. & Aaby, L. (2008a). *Vedlegg 1 Beskrivelse av anlegg for lokal overvannsdiskonering (LOD)* (Norsk Vann Rapport). Hamar.
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. & Aaby, L. (2008b). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*. Hamar: Norsk vann.
- Magnussen, K., Wingstedt, A., Rasmussen, I. & Reinvang, R. (2015). *Kostnader og nytte ved overvannstiltak*. vista-analyse.no. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M305/M305.pdf>
- Melberg, M. (2017). *Fugler på Taket* Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Ås. Hentet fra <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2483342>
- Naturvernforbundet. (2016). Klimaendringer i Norge. Hentet fra https://naturvernforbundet.no/_cparticleid_16032/
- NMBU. (2018). Byens grønne tak passer ikke for fuglene. Hentet fra <https://forskning.no/arkitektur-fugler-nmbu-norges-miljo-og-biovitenskapelige-universitet/byens-gronne-tak-passar-ikke-for-fuglene/1258075>
- Norsk Vann. (u.å.). Til pedagogisk leder. Hentet 08.06.19 fra <https://vannkunnskap.no/pedleder/>
- Norske arkitekters landsforbund. (u.å.). *Rapport Bjølsen studentby*. Hentet fra <https://www.arkitektur.no/bjolsen-studentby?tid=158202>
- NOU 2015:16. (2015). *Overvann i byer og tettsteder*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/e6db8ef3623e4b41bcb81fb23393092b/no/pdfs/nou201520150016000dddpdfs.pdf>
- Paus, K. H. (2017, 14.juni). *Kurs i Klimatilpassing og overvann*. Innlegg presentert ved Kurs i Klimatilpassing og overvann, Hamar.
- Paus, K. H. & Braskerud, B. C. (2013). Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold. I(Vol. 01): Vannforeningen. Hentet fra https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2013_872571.pdf
- Ratikainen, I. I. (2018). Biologisk mangfold. Hentet fra https://snl.no/biologisk_mangfold
- Regjeringen.no. (2017, 21. februar). Grønnstruktur. Hentet 20.03.2019 fra <https://www.regjeringen.no/no/sub/stedsutvikling/ny-emner-og-eksempler/gronnstruktur/id685512/>
- Regjeringen.no. (2018, 27.april). Byvekstavtaler. Hentet 14.04.19 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/kommuner-og-regioner/by--og-stedsutvikling/Byvekstavtaler/id2454599/>
- Rogaland Fylkeskommune. (2013). *Regionalplan for Jæren 2013-2040*. Stavanger. Hentet fra <http://www.rogfk.no/Plan-Rogaland/Regionale-planer-og-strategier/Areal-og-transport/Regional-plan-for-Jaeren-2013-2040>
- Rogaland Fylkeskommune. (2017). *Bomiljø og kvalitet - En veileder med gode eksempler fra Nord-Jæren*. Stavanger.
- Sandnes kommune. (2015). *Hovedplan avløp og vannmiljø 2015-2025*. Sandnes: Sandnes kommune. Hentet fra <https://www.sandnes.kommune.no/globalassets/tekniskeiendom/teknisk-planer-under-arbeid/hovedplan-avlop-og-vannmiljo-2015-2025.pdf>
- Sandnes kommune. (2018). *Kommuneplan for Sandnes 2019-2035 Bestemmelser og retningslinjer*. Sandnes: Sandnes kommune. Hentet fra <https://www.sandnes.kommune.no/globalassets/tekniskeiendom/samfunnsplan/kommuneplan-2019-2035/horingsdokument-24-5/horingsutkast-reviderte-bestemmelser-datert-24.05.18.pdf>

- Scandinavian green roof institute. (2019). Eco-city Augustenborg. Hentet 28.april 2019 fra <https://greenroof.se/en/eco-city-augustenborg/>
- Scandinavian green roof institute. (u.å.-a). About Green Roofs. Hentet 23.04.19 fra <https://greenroof.se/en/about-green-roofs/>
- Seifert-Dahnn, I., Moe, T. F., Sjødahl, E. U., Kvitsjøen, J. & Barkved, L. (2018). Åpne blå-grønne overvannsløsninger - utfordringer ved planlegging og implementering av flerfunksjonelle løsninger sett fra ulike fagperspektiv. *Kart og Plan, 1*, 9. Hentet fra <http://kartogplan.no/Artikler/KP1-2018/Aapne%20blaa%20groenne.pdf>
- Skjæveland. (u.å.-b). Storm kummer. Hentet 7.juni 2019 fra <http://www.skjæveland.no/skjæveland/4-overvannshaandtering/storm-kummer>
- Sola kommune. (2015). *Kommuneplan 2015-2026 Kommuneplanbestemmelser Kart med hensynssoner*. Sola: Sola kommune. Hentet fra https://www.sola.kommune.no/f/p1/i3de760bf-61f8-4770-8498-b5e40780a891/kommuneplanbestemmelser_redigert_utgave_151230.pdf
- Sola kommune. (2019). *Kommuneplan for Sola 2019-2035 Planbeskrivelse av arealdelen*. Sola Sola kommune. Hentet fra <http://webhotel3.gisline.no/GisLinePlanarkiv/1124/5009/Dokumenter/Planbeskrivelse%20godkjent%2007.02.2019%20i%20hht%20vedtak.pdf>
- Stahre, P. & Svenskt vatten, A. B. (2006). *Sustainability in urban storm drainage : planning and examples*. Stockholm: Svenskt vatten.
- Statens Vegvesen. (2014). *Håndbok N200 Vegbygging* Vegdirektoratet. Hentet fra [https://www.vegvesen.no/attachment/188382/binary/980128?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+\(21+MB\).pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/188382/binary/980128?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+(21+MB).pdf)
- Storm Aqua AS. (2018). *Sørby-Hove felt B1 og B3, Sandnes - Måling av infiltrasjonskapasitet og vurdering av mulighetene for lokal infiltrasjon av overvann*. Sandnes.
- The University of North Carolina. (u.å.). Literature Reviews. Hentet 23.februar 2019 fra <https://writingcenter.unc.edu/tips-and-tools/literature-reviews/>
- Thorén, K. H. (2016, 7.april). *Planlegging av blågrønne strukturer - nedbørfeltet som planenhet*. Innlegg presentert ved Konferanse om klimatilpasning i Nordland, Bodø. Abstract hentet fra <https://www.nfk.no/f/p34/ia2535bcf-4b8a-4a55-bc0d-f03c3a0c9767/kine-halvorsen-thoren-nmbu-planlegging-av-blagronne-strukturer-nedbørfeltet-som-planenhet.pdf>
- Undheim, A. (2018). *Naturbaserte overvannsyttak sitt potensiale til å fremme en bærekraftig utvikling* (Mastergradsavhandling). Universitetet i Stavanger, Stavanger.
- VA-norm. (2017). *Vedlegg 9 - Overvannshåndtering* (Kommunaltekniske normer for vann- og avløpsanlegg). Hentet fra <http://www.va-norm.no/wp-content/uploads/2017/06/Vedlegg-9-Overvannsh%C3%A5ndtering.pdf>
- VA/Miljø-blad. (2013). *Grønne tak* (Nr. 107). Hentet fra <http://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2014/12/Blad-107-Gronne-tak-1.10.13.pdf>
- Ødegaard, H., Norheim, B. & Norsk Vann, B. A. (2014). *Vann- og avløpsteknikk* (2. utg. utg.). Hamar: Norsk Vann.

Bildekilder

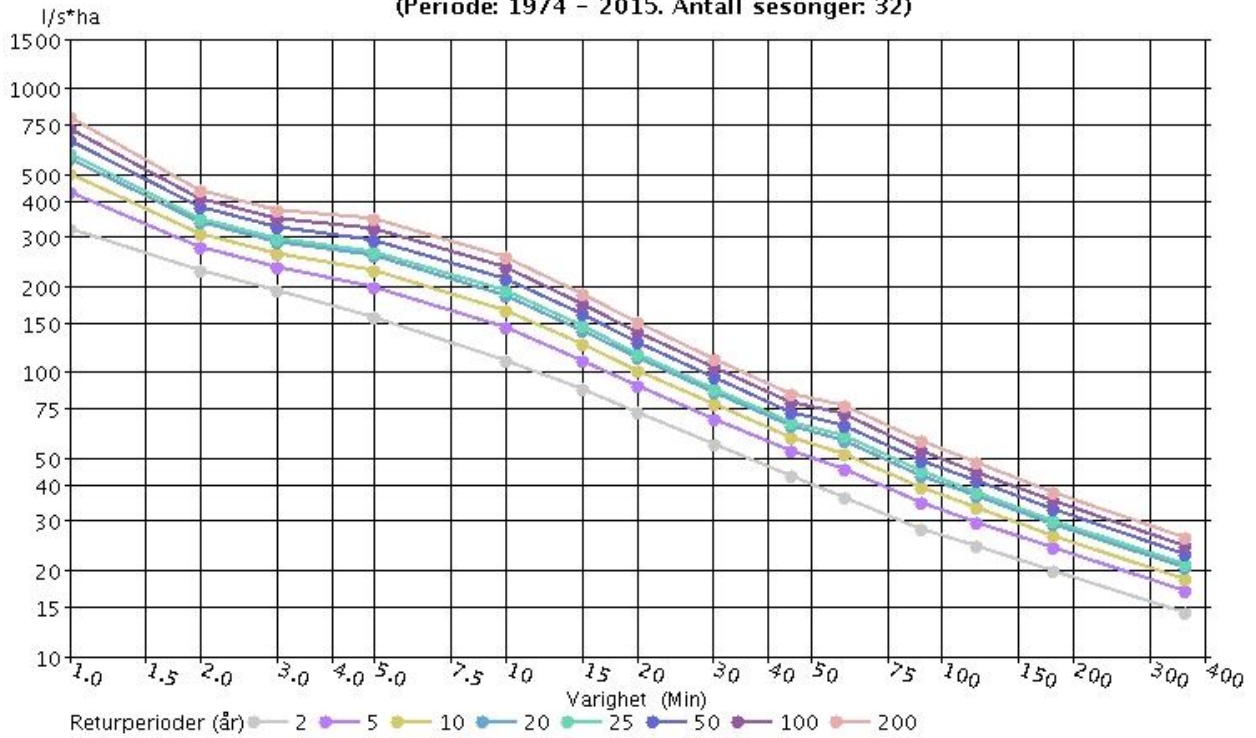
- Aros arkitekter as. (2016b). *Snitt av ferdig utbygd område* [Illustrasjon]. Hentet fra <http://kart.sola.kommune.no/planarkiv/1124/0545/Dokumenter/>
- Aros arkitekter as. (2016c). *Visualisering av området sett fra sjøen* [Illustrasjon]. Hentet fra <http://kart.sola.kommune.no/planarkiv/1124/0545/Dokumenter/>
- Aros arkitekter as. (2016d). *Visualisering av utsikt fra Risaberget* [Illustrasjon]. Hentet fra <http://kart.sola.kommune.no/planarkiv/1124/0545/Dokumenter/>
- Asak miljøstein. (u.å.). *Eksempel på gressarmering* [Bilde]. Hentet fra <https://www.asak.no/Produkter/Heller>
- Byggeskikknettverket. (u.å.). *Eksempel på åpen renne, fra Tjuvholmen i Oslo* [Bilde]. Hentet fra <https://byggeskikknettverket.dibk.no/bsn/estetikk/nybygg/Sider/Plassering.aspx>
- Byggforsk. (2012a). *Grunnleggende, naturlige avrenningsprosesser* [Figur]. Hentet fra <https://www.byggforsk.no/dokument/2562>
- Byggforsk. (2012b). *Illustrasjon av et konvensjonelt overvannssystem* [Figur]. Hentet fra <https://www.byggforsk.no/dokument/2562>
- Byggforsk. (2012c). *Illustrasjon av implementering av åpne overvannsløsninger* [Figur]. Hentet fra <https://www.byggforsk.no/dokument/2562>
- Byggforsk. (2012d). *Illustrasjon av oppbygningen til et regnbed* [Figur]. Hentet fra <https://www.byggforsk.no/dokument/246>
- Byggforsk. (2012e). *Illustrasjon av urbaniseringens effekt på avrenningsintensiteten* [Figur]. Hentet fra <https://www.byggforsk.no/dokument/2562>
- Bymiljøetaten Oslo kommune. (u.å.). *Familie som leker med papirbåter i bekk* [Bilde]. Hentet fra <https://nyhetsrom.bymiljoetaten.no/oslo-european-green-capital-2019/apning-av-bekk/>
- Climate ADAPT. (2014a). *Eksempel på en løkrenne, fra Augustenborg* [Bilde]. Hentet fra <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo>
- Climate ADAPT. (2014b). *Vannfontene og ender i dam i Augustenborg* [Bilde]. Hentet fra <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/urban-storm-water-management-in-augustenborg-malmo>
- d'Ersu, M. (u.å.). *Frakoblede taknedløp til åpne renner* [Bilde]. Hentet fra <https://www.urbangreenbluegrids.com/projects/bo01-city-of-tomorrow-malmo-sweden/>
- EPA. (2003). *Forskjellen på regnvannets kretsløp i naturlig og urbant miljø* [Figur]. Hentet fra <https://www.mysteinbach.ca/blogs/8351/urban-surface-water-management-solutions/>
- Hedmark Fylkeskommune. (2013). *Fordrøyningskanal i Bjølsen studentby* [Bilde]. Hentet fra <https://docplayer.me/41817818-Overvann-i-areal-planleggingen.html>
- Holte, Å. (2018). *Et barn som leker med vann* [Bilde]. Hentet fra <https://www.asplanviak.no/prosjekt/11648/>
- Holter, K. (2017). *Eksempel på taknedløp til terreng* [Bilde]. Hentet fra <https://docplayer.me/49251241-Studietur-til-kobenhavn-og-malmo-aktuelle-tiltak-for-handtering-av-overvann-i-oslo.html>
- Kartverket. (u.å.). *Graf som viser forventet havnivåstigning ved 3 forskjellige utslippsscenarioer* [Graf]. Hentet fra <https://www.kartverket.no/sehavniva/sehavniva-lokasjonside/?cityid=500268&city=Sola+kommune#tab3>
- Kirkebø, E. (2014). *Vipe på grønt tak på Ikea bygning i Bergen* [Bilde]. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/vil-hindre-tap-av-biologisk-mangfold/id2522142/>

- Klimatilpasning. (2013). *Eksempel på en "våt" dam fra Augustenborg* [Bilde]. Hentet fra <https://www.klimatilpasning.dk/cases/items/augustenborg-et-ta-selv-bord-af-tilpasningsloesninger/>
- Leidstedt, T. (2014). *Kanal som renner gjennom Augustenborg* [Bilde]. Hentet fra http://www.mynewsdesk.com/se/mkb_fastighets_ab/images/kanal-foer-dagvatten-i-ekostaden-augustenborg-365506
- Ludwig, S. (u.å.). *Overvannsanlegg i Västra Hamnen* [Bilde]. Hentet fra <https://www.urbangreenbluegrids.com/projects/bo01-city-of-tomorrow-malmo-sweden/>
- Lurås, J. (2016). *Eksempel på åpen brosteinsrenne* [Bilde]. Hentet fra https://www.pictame.com/media/1282719439980353075_1957732585
- Lørenskog kommune. (2017). *Eksempel på gresskledd forsenkning mellom veg og fortau* [Bilde]. Hentet fra <https://www.lorenskog.kommune.no/f/p11/i3cc789c6-8622-40f4-a418-285ecc76b136/retningslinjer-overvannshandtering.pdf>
- Making Lewes. (u.å.). *Oversiktsbilde av Västra Hamnen* [Bilde]. Hentet fra <https://makinglewes.org/2014/01/25/bo01-malmo-sweedden/>
- Melbourne Water. (u.å.). *Illustrasjon av taknedløp til regnbed* [Illustrasjon]. Hentet fra <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/arealforvaltning/klimatilpasning/regnbed>
- Meteorologisk institutt. (2019). *Graf som viser økning i nedbørsmengde siden 1900* [Graf]. Hentet fra <https://www.met.no/vaer-og-klima/klima-siste-150-ar>
- Miljødirektoratet. (2019). *Hovinbekken er et eksempel på en bekk som har blitt gjenåpnet* [Bilde]. Hentet fra <http://www.klimatilpasning.no/eksempler/blagronne-losninger/hovin-bekken/>
- Norsk kommunalteknisk forening. (u.å.). *prinsippskisse for permeable dekker av belegningsstein som viser de ulike lagene* [Figur]. Hentet fra <http://www.kommunalteknikk.no/naa-kommer-drenerende-betongdekker.5017327-161028.html>
- Regjeringen. (2015). *Illustrasjon av "Treleddstrategien"* [Figur]. Hentet fra <https://www.byggforsk.no/dokument/2562>
- Regjeringen. (2016). *Bilde av bie* [Bilde]. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/vil-hindre-tap-av-biologisk-mangfold/id2522142/>
- Scandinavian green roof institute. (u.å.-b). *Bilde av ulike typer grønne tak hos Green roof institute i Augustenborg* [Bilde]. Hentet fra <https://greenroof.se/en/augustenborg-botanical-roof-garden/>
- Skjæveland. (u.å.-a). *Illustrasjon av infiltrasjonssandfangskum* [Figur]. Hentet fra <http://www.skjæveland.no/skjæveland/4-overvannshaandtering/storm-kummer/basal-storm-type-1>
- Sola kommune. (2017). *Utsnitt fra reguleringsplanen av Litle Risa* [Plan]. Hentet fra <http://kart.sola.kommune.no/planarkiv/1124/0545/Dokumenter/>
- Steriks. (u.å.). *Åpen renne til dam i Augustenborg* [Bilde]. Hentet fra <https://steriks.se/inspiration/bostadsomradet/en-resurs-som-skapar-trivsel/>
- Sweco. (2017). *Utsnitt av reguleringsplanen til Sørbo - Hove* [Plan].
- Sweden water research. (u.å.). *Eksempel på gresskledd forsenkning langs gang- og sykkelveg* [Bilde]. Hentet fra <https://www.swedenwaterresearch.se/projekt/?area%5B%5D=25>
- Vatnaland, H. (u.å.). *Illustrasjon av oppbygningen til et grønt tak* [Illustrasjon]. Hentet fra <https://www.bergknapp.no/produkter/gr%C3%B8nne-tak/oppbygning>
- Wikipedia. (2019). *Illustrasjon av et nedbørfelt* [Figur]. Hentet fra https://en.wikipedia.org/wiki/Drainage_basin

Vedlegg

- Vedlegg 1: IVF-kurve for Sandnes – Rovik
- Vedlegg 2: IVF-kurve for Stavanger – Madla
- Vedlegg 3: Avrenningsberegninger for Litle Risa
- Vedlegg 4: Avrenningsberegninger for Sørbo- Hove
- Vedlegg 5: Kostnadsberegninger for Scenario 1 Litle Risa
- Vedlegg 6: Kostnadsberegninger for Scenario 2 Litle Risa
- Vedlegg 7: Kostnadsberegninger for Scenario 3 Litle Risa
- Vedlegg 8: Kostnadsberegninger for Scenario 1 Sørbo- Hove
- Vedlegg 9: Kostnadsberegninger for Scenario 2 Sørbo-Hove
- Vedlegg 10: Kostnadsberegninger for Scenario 3 Sørbo-Hove
- Vedlegg 11: Scenario 1 – Litle Risa (full størrelse)
- Vedlegg 12: Scenario 2 – Litle Risa (full størrelse)
- Vedlegg 13: Scenario 3 – Litle Risa (full størrelse)
- Vedlegg 14: Scenario 1 – Sørbo Hove (full størrelse)
- Vedlegg 15: Scenario 2 – Sørbo – Hove (full størrelse)
- Vedlegg 16: Scenario 3 – Sørbo – Hove (full størrelse)

IVF-kurve for 44730 SANDNES - ROVIK.
(Periode: 1974 - 2015. Antall sesonger: 32)



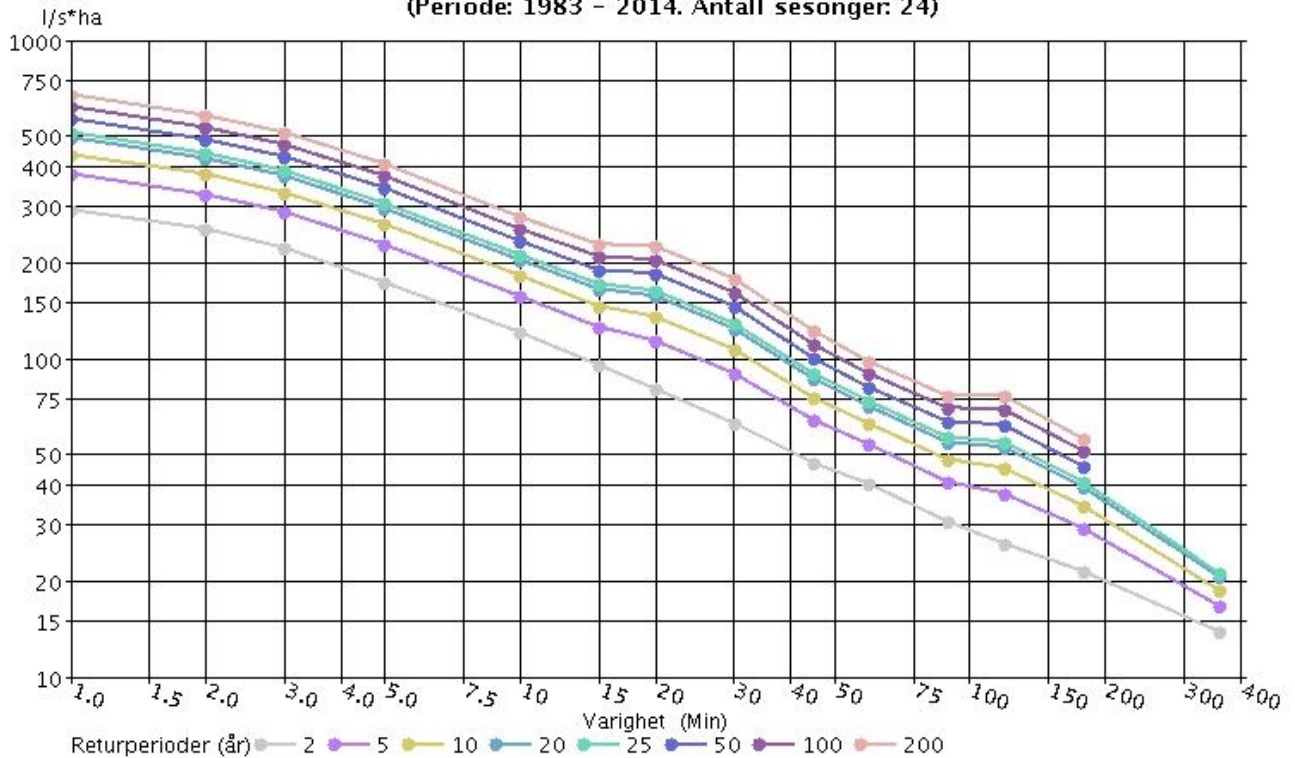
Intensitet (l/s*ha)

År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.
2	320,2	229,0	193,0	156,7	109,7	87,1	71,5	55,4	43,3	36,3	27,9	24,2	19,8	14,1
5	427,8	276,8	234,3	200,0	143,1	110,2	89,3	68,2	52,6	45,5	34,6	29,6	23,9	16,9
10	499,1	308,5	261,6	228,6	165,2	125,5	101,0	76,7	58,8	51,6	39,0	33,2	26,6	18,7
20	567,4	338,9	287,8	256,1	186,4	140,2	112,3	84,8	64,7	57,4	43,3	36,7	29,2	20,5
25	589,1	348,5	296,1	264,8	193,2	144,9	115,8	87,4	66,6	59,3	44,6	37,7	30,0	21,0
50	655,9	378,2	321,7	291,7	213,9	159,2	126,9	95,3	72,3	65,0	48,8	41,1	32,6	22,8
100	722,2	407,7	347,2	318,3	234,5	173,5	137,8	103,2	78,1	70,7	52,9	44,4	35,1	24,5
200	788,4	437,2	372,5	345,0	255,1	187,7	148,7	111,1	83,8	76,3	57,0	47,8	37,6	26,2

Nedbørsum (mm)

År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.
2	1,9	2,7	3,5	4,7	6,6	7,8	8,6	10,0	11,7	13,1	15,1	17,4	21,4	30,5
5	2,6	3,3	4,2	6,0	8,6	9,9	10,7	12,3	14,2	16,4	18,7	21,3	25,8	36,5
10	3,0	3,7	4,7	6,9	9,9	11,3	12,1	13,8	15,9	18,6	21,1	23,9	28,7	40,4
20	3,4	4,1	5,2	7,7	11,2	12,6	13,5	15,3	17,5	20,7	23,4	26,4	31,5	44,3
25	3,5	4,2	5,3	7,9	11,6	13,0	13,9	15,7	18,0	21,3	24,1	27,1	32,4	45,4
50	3,9	4,5	5,8	8,8	12,8	14,3	15,2	17,2	19,5	23,4	26,4	29,6	35,2	49,2
100	4,3	4,9	6,2	9,5	14,1	15,6	16,5	18,6	21,1	25,5	28,6	32,0	37,9	52,9
200	4,7	5,2	6,7	10,4	15,3	16,9	17,8	20,0	22,6	27,5	30,8	34,4	40,6	56,6

IVF-kurve for 44580 STAVANGER - MADLA.
(Periode: 1983 - 2014. Antall sesonger: 24)



Intensitet (l/s*ha)

År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.
2	291,7	252,9	221,7	172,5	120,4	95,2	79,7	62,3	46,9	40,2	30,4	26,1	21,2	13,7
5	378,0	327,1	287,5	226,4	156,5	125,3	112,9	88,6	63,9	53,2	40,8	37,5	29,1	16,6
10	435,2	376,3	331,0	262,0	180,3	145,2	134,9	106,1	75,2	61,8	47,7	45,0	34,3	18,5
20	490,0	423,5	372,8	296,2	203,2	164,2	156,0	122,8	86,0	70,1	54,3	52,2	39,3	20,4
25	507,4	438,5	386,1	307,1	210,5	170,3	162,7	128,1	89,5	72,7	56,4	54,4	40,9	21,0
50	560,9	484,6	426,9	340,5	232,9	188,9	183,4	144,5	100,0	80,8	62,9	61,5	45,7	
100	614,1	530,4	467,4	373,7	255,1	207,4	203,8	160,7	110,5	88,8	69,3	68,4	50,6	
200	667,1	576,0	507,8	406,8	277,3	225,9	224,3	176,9	121,0	96,8	75,8	75,4	55,4	

Nedbørsum (mm)

År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.
2	1,8	3,0	4,0	5,2	7,2	8,6	9,6	11,2	12,7	14,5	16,4	18,8	22,9	29,6
5	2,3	3,9	5,2	6,8	9,4	11,3	13,5	15,9	17,3	19,2	22,0	27,0	31,4	35,9
10	2,6	4,5	6,0	7,9	10,8	13,1	16,2	19,1	20,3	22,2	25,8	32,4	37,0	40,0
20	2,9	5,1	6,7	8,9	12,2	14,8	18,7	22,1	23,2	25,2	29,3	37,6	42,4	44,1
25	3,0	5,3	6,9	9,2	12,6	15,3	19,5	23,1	24,2	26,2	30,5	39,2	44,2	45,4
50	3,4	5,8	7,7	10,2	14,0	17,0	22,0	26,0	27,0	29,1	34,0	44,3	49,4	
100	3,7	6,4	8,4	11,2	15,3	18,7	24,5	28,9	29,8	32,0	37,4	49,2	54,6	
200	4,0	6,9	9,1	12,2	16,6	20,3	26,9	31,8	32,7	34,8	40,9	54,3	59,8	

Overvannsberegning, basert på Madla nedbør

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor: Q = Vannmengde, l/s
 C = Avrenningskoeffisient
 i = Nedbørsintensitet, l/s/ha
 A = Areal, HA

Avrenningskoeffisient:

Tette flater (tak, asfalt, etc)	0.90
Grønne tak	0.50
Rekkehus, leilighetsområder	0.70
Regnbed	0.30
Permeable flater	0.40
Næringsområde	0.80
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0.20
Bekk	0.30
Eneboligområder	0.60

Nedbørsintensitet (returperiode 20 år) uten krav om sammenhengende:

Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
i	490	424	373	296	203	164	156	123	86	70	54	52	39	20	14	9

Tilrenningstid:

$$t_c = 0,02 \cdot L^{1,15} \cdot H^{-0,39}$$

Hvor: L = Feltets lengde, m
 H = Høydeforskjell, m
 Tc = Tidsfaktor, min

Oppdragsgiver: Vedlegg 3	Oppdragsnr: 0	Dato: 00/01/00
Oppdrag: 0	Sign: 0	



Nedslagsfeltet - tilrenning fra områdene rundt

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor: Q = Vannmengde, l/s
 C = Avrenningskoeffisient
 i = Nedbørsintensitet, l/s/ha
 A = Areal, HA

Avrenningskoeffisient:

Tette flater (tak, asfalt, etc)	0.000 ha
Grønne tak	0.000 ha
Rekkehus, leilighetsområder	0.000 ha
Regnbed	0.000 ha
Permeable flater	0.000 ha
Næringsområde	3.800 ha
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	17.890 ha
Bekk	0.000 ha
Eneboligområder	12.880 ha

Sum areal: 34.570 ha

Midlere avrenningskoeffisient: 0.41

Tilrenningstid:


Feltets lengde:	50.0 m
Høydeforskjell:	1.0 m
Tidsfaktor:	10.00 min

Nedbørsintensitet:

Beregnet på grunnlag av tidsfaktor: 203 l/s/ha Data for Madla

Avrenning fra delfelt:

Avrenningskoeffisient:	0.41
Nedbørsintensitet:	140 l/s/ha
Areal:	34.57 ha
Vannmengde:	2008.4 l/s
Sikkerhetsfaktor:	1.0
Justert vannmengde:	2008.44 l/s

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato:	
Oppdrag:	Sign:		

Forhold før utbygging

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor: Q = Vannmengde, l/s
C = Avrenningskoeffisient
i = Nedbørsintensitet, l/s/ha
A = Areal, HA

Avrenningskoeffisient:

Tette flater (tak, asfalt, etc)	0.000 ha
Bykjerne	0.000 ha
Rekkehus, leilighetsområder	0.000 ha
Eneboligområder	0.000 ha
Grusveier, plasser	0.000 ha
Industriområder	0.000 ha
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	8.300 ha
Fjellområder uten vegetasjon	0.000 ha
Fjellområder med vegetasjon	0.000 ha

Sum areal: 8.300 ha

Midlere avrenningskoeffisient: 0.20

Tilrenningstid:


Feltets lengde:	50.0 m
Høydeforskjell:	1.0 m
Tidsfaktor:	10.00 min

Nedbørsintensitet:

Beregnet på grunnlag av tidsfaktor: 203 l/s/ha Data for Madla

Avrenning fra delfelt:

Avrenningskoeffisient:	0.20
Nedbørsintensitet:	140 l/s/ha
Areal:	8.30 ha
Vannmengde:	232.4 l/s
Sikkerhetsfaktor:	1.0
Justert vannmengde:	232.40 l/s

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato:	
Oppdrag:	Sign:		

Scenario 0 - Litle Risa

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor: Q = Vannmengde, l/s
 C = Avrenningskoeffisient
 i = Nedbørsintensitet, l/s/ha
 A = Areal, HA

Avrenningskoeffisient:

Tette flater (tak, asfalt, etc)	1.40 ha
Grønne tak	0.00 ha
Rekkehus, leilighetsområder	3.30 ha
Regnbed	0.00 ha
Permeable flater	0.00 ha
Næringsområde	1.50 ha
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	2.10 ha
Bekk	0.00 ha
Fjellområder med vegetasjon	0.00 ha

Sum areal: 8.30 ha

Midlere avrenningskoeffisient: 0.63

Tilrenningstid:


Feltets lengde:	200.0 m
Høydeforskjell:	1.0 m
Tidsfaktor:	10.00 min

Nedbørsintensitet:

Beregnet på grunnlag av tidsfaktor: 203 l/s/ha Data for Madla

Avrenning fra delfelt:

Avrenningskoeffisient:	0.63
Nedbørsintensitet:	203.2 l/s/ha
Areal:	8.30 ha
Vannmengde:	1054.6 l/s
Sikkerhetsfaktor:	1.2
Justert vannmengde:	1265.53 l/s

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato:	
Oppdrag:	Sign:		

Scenario 1 - Litle Risa

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor: Q = Vannmengde, l/s
C = Avrenningskoeffisient
i = Nedbørsintensitet, l/s/ha
A = Areal, HA

Avrenningskoeffisient:

Tette flater (tak, asfalt, etc)	1.30 ha
Grønne tak	0.00 ha
Rekkehus, leilighetsområder	3.30 ha
Regnbed	0.00 ha
Permeable flater	0.11 ha
Næringsområde	1.50 ha
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	2.00 ha
Bekk	0.09 ha
Fjellområder med vegetasjon	0.00 ha

Sum areal: 8.30 ha

Midlere avrenningskoeffisient: 0.62

Tilrenningstid:


Feltets lengde:	200.0 m
Høydeforskjell:	1.0 m
Tidsfaktor:	10.00 min

Nedbørsintensitet:

Beregnet på grunnlag av tidsfaktor: 203 l/s/ha Data for Madla

Avrenning fra delfelt:

Avrenningskoeffisient:	0.62
Nedbørsintensitet:	203.2 l/s/ha
Areal:	8.30 ha
Vannmengde:	1046.4 l/s
Sikkerhetsfaktor:	1.2
Justert vannmengde:	1255.65 l/s

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato:	
Oppdrag:	Sign:		

Scenario 2 - Litle Risa

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor: Q = Vannmengde, l/s
 C = Avrenningskoeffisient
 i = Nedbørsintensitet, l/s/ha
 A = Areal, HA

Avrenningskoeffisient:

Tette flater (tak, asfalt, etc)	1.20 ha
Grønne tak	1.60 ha
Rekkehus, leilighetsområder	2.30 ha
Regnbed	0.03 ha
Permeable flater	0.12 ha
Næringsområde	0.90 ha
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	2.07 ha
Bekk	0.09 ha
Fjellområder med vegetasjon	0.00 ha

Sum areal: 8.30 ha

Midlere avrenningskoeffisient: 0.57

Tilrenningstid:


Feltets lengde:	200.0 m
Høydeforskjell:	1.0 m
Tidsfaktor:	10.00 min

Nedbørsintensitet:

Beregnet på grunnlag av tidsfaktor: 203 l/s/ha Data for Madla

Avrenning fra delfelt:

Avrenningskoeffisient:	0.57
Nedbørsintensitet:	203.2 l/s/ha
Areal:	8.30 ha
Vannmengde:	955.77 l/s
Sikkerhetsfaktor:	1.2
Justert vannmengde:	1146.93 l/s

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato:	
Oppdrag:	Sign:		

Beregning av fordrøyningsvolum - Scenario 0

Nedbørsintensitet (returperiode 20 år), l/s/ha uten krav om sammenhengende:


Tidsperiode (min):	20-års intervall:
1.0	490
2.0	424
3.0	373
5.0	296
10	203
15	164
20	156
30	123
45	86
60	70
90	54
120	52
180	39
360	20
720	14
###	9

C*A: 5.19 ha **Qm:** 185.9 l/s **S** 1.20

Kumulativ nedbørsmengde (returperiode 20 år), m³:

Tidsperiode (min):	Vann inn:	Vann ut:	Differanse:
1.0	183 m ³	11 m ³	172 m ³
2.0	317 m ³	22 m ³	294 m ³
3.0	418 m ³	33 m ³	384 m ³
5.0	553 m ³	56 m ³	498 m ³
10	759 m ³	112 m ³	648 m ³
15	920 m ³	167 m ³	753 m ³
20	### m ³	223 m ³	943 m ³
30	### m ³	335 m ³	1042 m ³
45	### m ³	502 m ³	944 m ³
60	### m ³	669 m ³	902 m ³
90	1826 m ³	1004 m ³	822 m ³
120	2341 m ³	1339 m ³	1002 m ³
180	2643 m ³	2008 m ³	635 m ³

Maksimal videreført vannmengde : 232.4 l/s
 Midlere videreført vannmengde (fra leverandør): 185.9 l/s

Oppdragsgiver: Vedlegg 3	Oppdragsnr: 0	Dato: 00/01/00	
Oppdrag: 0	Sign: 0		

Beregning av fordrøyningsvolum - Scenario 1

Nedbørsintensitet (returperiode 20 år), l/s/ha uten krav om sammenhengende:


Tidsperiode (min):	20-års intervall:
1.0	490
2.0	424
3.0	373
5.0	296
10	203
15	164
20	156
30	123
45	86
60	70
90	54
120	52
180	39
360	20
720	14
###	9

C*A: 5.15 ha **Qm:** 185.9 l/s **S** 1.20

Kumulativ nedbørsmengde (returperiode 20 år), m³:

Tidsperiode (min):	Vann inn:	Vann ut:	Differanse:
1.0	182 m³	11 m³	171 m³
2.0	314 m³	22 m³	292 m³
3.0	415 m³	33 m³	381 m³
5.0	549 m³	56 m³	493 m³
10	753 m³	112 m³	642 m³
15	913 m³	167 m³	746 m³
20	### m³	223 m³	934 m³
30	### m³	335 m³	1031 m³
45	### m³	502 m³	933 m³
60	### m³	669 m³	890 m³
90	1812 m³	1004 m³	808 m³
120	2322 m³	1339 m³	984 m³
180	2623 m³	2008 m³	615 m³

Maksimal videreført vannmengde : 232.4 l/s
Midlere videreført vannmengde (fra leverandør): 185.9 l/s

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato:	
Oppdrag:	Sign:		

Beregning av fordrøyningsvolum - Scenario 2

Nedbørsintensitet (returperiode 20 år), l/s/ha uten krav om sammenhengende:

Tidsperiode (min):	20-års intervall:
1.0	490
2.0	424
3.0	373
5.0	296
10	203
15	164
20	156
30	123
45	86
60	70
90	54
120	52
180	39
360	20
720	14
###	9

C*A: 4.70 ha **Qm:** 185.9 l/s **S** 1.20

Kumulativ nedbørsmengde (returperiode 20 år), m³:

Tidsperiode (min):	Vann inn:	Vann ut:	Differanse:
1.0	166 m ³	11 m ³	155 m ³
2.0	287 m ³	22 m ³	265 m ³
3.0	379 m ³	33 m ³	345 m ³
5.0	502 m ³	56 m ³	446 m ³
10	688 m ³	112 m ³	577 m ³
15	834 m ³	167 m ³	667 m ³
20	### m ³	223 m ³	834 m ³
30	### m ³	335 m ³	913 m ³
45	### m ³	502 m ³	809 m ³
60	### m ³	669 m ³	755 m ³
90	1655 m ³	1004 m ³	651 m ³
120	2121 m ³	1339 m ³	783 m ³
180	2396 m ³	2008 m ³	388 m ³

Maksimal videreført vannmengde : 232.4 l/s
 Midlere videreført vannmengde (fra leverandør): 185.9 l/s

Vedlegg 4

Oppdragsnr:
3380

Dato:
24/04/18



Sign:
SE

Overvannsberegning, basert på Rovik nedbør

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor: Q = Vannmengde, l/s
C = Avrenningskoeffisient
i = Nedbørsintensitet, l/s/ha
A = Areal, HA

Avrenningskoeffisient:

Tette flater (tak, asfalt, etc)	0.90
Grønne tak	0.50
Rekkehus, leilighetsområder	0.70
Regnbed	0.30
Permeable flater	0.40
Næringsområde	0.70
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0.20
Bekk	0.30
Flater til infiltrasjonskummer	0.20


Nedbørsintensitet (returperiode 20 år) uten krav om sammenhengende:

Min	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
i	567	339	288	256	186	140	112	85	65	57	43	37	29	21	17	10

Tilrenningstid:

$$t_c = 0,02 \cdot L^{1,15} \cdot H^{-0,39}$$

Hvor: L = Feltets lengde, m
H = Høydeforskjell, m
Tc = Tidsfaktor, min

Oppdragsgiver: Vedlegg 4	Oppdragsnr: 3380	Dato: 24/04/18	
Oppdrag: 0	Sign: SE		

Eksisterende forhold

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor: Q = Vannmengde, l/s
C = Avrenningskoeffisient
i = Nedbørsintensitet, l/s/ha
A = Areal, HA

Avrenningskoeffisient:

Tette flater (tak, asfalt, etc)	0.00 ha
Grønne tak	0.00 ha
Rekkehus, leilighetsområder	0.00 ha
Regnbed	0.00 ha
Permeable flater	0.00 ha
Næringsområde	0.00 ha
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	4.30 ha
Bekk	0.00 ha
Fjellområder med vegetasjon	0.00 ha

Sum areal: 4.30 ha

Midlere avrenningskoeffisient: 0.10

Tilrenningstid:


Feltets lengde:	50.0 m
Høydeforskjell:	16.0 m
Tidsfaktor:	10.00 min

Nedbørsintensitet:

Beregnet på grunnlag av tidsfaktor: 140 l/s/ha Data for Rovik.

Avrenning fra delfelt:

Avrenningskoeffisient:	0.10
Nedbørsintensitet:	140 l/s/ha
Areal:	4.30 ha
Vannmengde:	60.2 l/s
Sikkerhetsfaktor:	1.0
Justert vannmengde:	60.20 l/s

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato: 24/4/2019	
Oppdrag: Sørbø-Hove B1-B3	Sign: SE		

Scenario 0 - Lukket system

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor: Q = Vannmengde, l/s
C = Avrenningskoeffisient
i = Nedbørsintensitet, l/s/ha
A = Areal, HA

Avrenningskoeffisient:

Tette flater (tak, asfalt, etc)	0.80 ha
Grønne tak	0.00 ha
Rekkehus, leilighetsområder	2.00 ha
Regnbed	0.00 ha
Permeable flater	0.00 ha
Næringsområde	0.00 ha
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	1.50 ha
Bekk	0.00 ha
Flater til infiltrasjonskummer	0.00 ha

Sum areal: 4.30 ha

Midlere avrenningskoeffisient: 0.56

Tilrenningstid:


Feltets lengde:	50.0 m
Høydeforskjell:	16.0 m
Tidsfaktor:	10.00 min

Nedbørsintensitet:

Beregnet på grunnlag av tidsfaktor: 186 l/s/ha Data for Rovik.

Avrenning fra delfelt:

Avrenningskoeffisient:	0.56
Nedbørsintensitet:	186.4 l/s/ha
Areal:	4.30 ha
Vannmengde:	451.2 l/s
Sikkerhetsfaktor:	1.2
Justert vannmengde:	541.44 l/s

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato: 24/4/2019	
Oppdrag: Sørbø-Hove B1-B3	Sign: SE		

Scenario 1 - Kombinasjonsløsning

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor: Q = Vannmengde, l/s
C = Avrenningskoeffisient
i = Nedbørsintensitet, l/s/ha
A = Areal, HA

Avrenningskoeffisient:

Tette flater (tak, asfalt, etc)	0.25 ha
Grønne tak	0.00 ha
Rekkehus, leilighetsområder	1.50 ha
Regnbed	0.00 ha
Permeable flater	0.05 ha
Næringsområde	0.00 ha
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	1.50 ha
Bekk	0.00 ha
Flater til infiltrasjonskummer	1.00 ha

Sum areal: 4.30 ha

Midlere avrenningskoeffisient: 0.42

Tilrenningstid:


Feltets lengde:	50.0 m
Høydeforskjell:	16.0 m
Tidsfaktor:	10.00 min

Nedbørsintensitet:

Beregnet på grunnlag av tidsfaktor: 186 l/s/ha Data for Rovik.

Avrenning fra delfelt:

Avrenningskoeffisient:	0.42
Nedbørsintensitet:	186.4 l/s/ha
Areal:	4.30 ha
Vannmengde:	334.59 l/s
Sikkerhetsfaktor:	1.2
Justert vannmengde:	401.51 l/s

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato: 24/4/2019	
Oppdrag: Sørbø-Hove B1-B3	Sign: SE		

Scenario 2 - Åpne løsninger

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor: Q = Vannmengde, l/s
C = Avrenningskoeffisient
i = Nedbørsintensitet, l/s/ha
A = Areal, HA

Avrenningskoeffisient:

Tette flater (tak, asfalt, etc)	0.55 ha
Grønne tak	1.13 ha
Rekkehus, leilighetsområder	0.90 ha
Regnbed	0.08 ha
Permeable flater	0.14 ha
Næringsområde	0.00 ha
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	1.50 ha
Bekk	0.00 ha
Flater til infiltrasjonskummer	0.00 ha

Sum areal: 4.30 ha

Midlere avrenningskoeffisient: 0.48

Tilrenningstid:

Feltets lengde:	50.0 m
Høydeforskjell:	16.0 m
Tidsfaktor:	10.00 min

Nedbørsintensitet:

Beregnet på grunnlag av tidsfaktor: 186 l/s/ha Data for Rovik.

Avrenning fra delfelt:

Avrenningskoeffisient:	0.48
Nedbørsintensitet:	186.4 l/s/ha
Areal:	4.30 ha
Vannmengde:	385.85 l/s
Sikkerhetsfaktor:	1.2
Justert vannmengde:	463.02 l/s

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato: 24/4/2019
Oppdrag: Sørbø-Hove B1-B3	Sign: SE	



Fordrøyningsvolum for Scenario 0

Nedbørsintensitet (returperiode 20 år), l/s/ha uten krav om sammenhengende:


Tidsperiode (min):	20-års intervall:
1.0	567
2.0	339
3.0	288
5.0	256
10	186
15	140
20	112
30	85
45	65
60	57
90	43
120	37
180	29
360	21
720	17
###	8

C*A: 2.42 ha **Qm:** 42.1 l/s **S** 1.20

Kumulativ nedbørsmengde (returperiode 20 år), m³:

Tidsperiode (min):	Vann inn:	Vann ut:	Differanse:
1.0	99 m ³	3 m ³	96 m ³
2.0	118 m ³	5 m ³	113 m ³
3.0	150 m ³	8 m ³	143 m ³
5.0	223 m ³	13 m ³	211 m ³
10	325 m ³	25 m ³	300 m ³
15	367 m ³	38 m ³	329 m ³
20	391 m ³	51 m ³	341 m ³
30	443 m ³	76 m ³	368 m ³
45	507 m ³	114 m ³	394 m ³
60	600 m ³	152 m ³	449 m ³
90	679 m ³	228 m ³	-228 m ³

Maksimal videreført vannmengde : 60.2 l/s
 Midlere videreført vannmengde (fra leverandør): 42.1 l/s

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato: 24/4/2019	
Oppdrag: Sørbø-Hove B1-B3	Sign: SE		

Fordrøyningsvolum for Scenario 1

Nedbørsintensitet (returperiode 20 år), l/s/ha uten krav om sammenhengende:


Tidsperiode (min):	20-års intervall:
1.0	567
2.0	339
3.0	288
5.0	256
10	186
15	140
20	112
30	85
45	65
60	57
90	43
120	37
180	29
360	21
720	17
###	8

C*A: 1.80 ha **Qm:** 42.1 l/s **S** 1.20

Kumulativ nedbørsmengde (returperiode 20 år), m³:

Tidsperiode (min):	Vann inn:	Vann ut:	Differanse:
1.0	73 m ³	3 m ³	71 m ³
2.0	88 m ³	5 m ³	83 m ³
3.0	112 m ³	8 m ³	104 m ³
5.0	165 m ³	13 m ³	153 m ³
10	241 m ³	25 m ³	216 m ³
15	272 m ³	38 m ³	234 m ³
20	290 m ³	51 m ³	240 m ³
30	329 m ³	76 m ³	253 m ³
45	376 m ³	114 m ³	263 m ³
60	445 m ³	152 m ³	293 m ³
90	504 m ³	228 m ³	-228 m ³

Maksimal videreført vannmengde : 60.2 l/s
 Midlere videreført vannmengde (fra leverandør): **42.1 l/s**

Oppdragsgiver:	Oppdragsnr:	Dato: 24/4/2019	
Oppdrag: Sørbø-Hove B1-B3	Sign: SE		

Fordrøyningsvolum for Scenario 2

Nedbørsintensitet (returperiode 20 år), l/s/ha uten krav om sammenhengende:


Tidsperiode (min):	20-års intervall:
1.0	567
2.0	339
3.0	288
5.0	256
10	186
15	140
20	112
30	85
45	65
60	57
90	43
120	37
180	29
360	21
720	17
###	8

C*A: 2.07 ha **Qm:** 42.1 l/s **S** 1.20

Kumulativ nedbørsmengde (returperiode 20 år), m³:

Tidsperiode (min):	Vann inn:	Vann ut:	Differanse:
1.0	85 m ³	3 m ³	82 m ³
2.0	101 m ³	5 m ³	96 m ³
3.0	129 m ³	8 m ³	121 m ³
5.0	191 m ³	13 m ³	178 m ³
10	278 m ³	25 m ³	253 m ³
15	313 m ³	38 m ³	276 m ³
20	335 m ³	51 m ³	284 m ³
30	379 m ³	76 m ³	303 m ³
45	434 m ³	114 m ³	320 m ³
60	513 m ³	152 m ³	362 m ³
90	581 m ³	228 m ³	-228 m ³

Maksimal videreført vannmengde : 60.2 l/s
Midlere videreført vannmengde (fra leverandør): 42.1 l/s

Vedlegg 5	Oppdragsnr:	Dato: 10/04/19	
Oppdrag: Litle Risa	Sign:		

Teknisk infrastruktur for Litle Risa, Scenario 1

Beskrivelse	Enhet	Mengde	Enhetspris	Sum
Rigg og drift	rs	5%	46,161,485	2,308,074
Vegetasjonsrydding	rs	1	200,000	200,000
Matjord ut av feltet	m ³	56280	120	6,753,600
Rivning, bygningsmasse og asfalt	rs	1	200,000	200,000
Masseflytting	m ³	21380	55	1,175,900
Sluker inkl avløp	stk	46	17,000	782,000
Veg og parkering, gatetun	m ²	7550	1,200	9,060,000
Fortau og gang- og sykkelveg	m ²	4000	500	2,000,000
Granittkantstein	m	3750	600	2,250,000
Belysning	stk	55	40,000	2,200,000
Grøft i løsmasser	m	1630	600	978,000
Overvann 1200mm inkl pukkk og klargjøring	m	460	3,436	1,580,560
Overvann 800mm inkl pukkk og klargjøring	m	690	1,940	1,338,600
Overvann 600mm inkl pukkk og klargjøring	m	160	1,170	187,200
Overvann 500mm inkl pukkk og klargjøring	m	0	1,300	
Overvann 400mm inkl pukkk og klargjøring	m	180	1,050	189,000
Overvann 300mm inkl pukkk og klargjøring	m	150	900	135,000
Overvann 200mm inkl pukkk og klargjøring	m	0	850	
Spillvann 200mm inkl pukkk og klargjøring	m	1135	600	681,000
Spillvann 160mm inkl pukkk og klargjøring	m	300	550	165,000
Vannledning 300 mm	m	430	1,575	677,250
Vannledning 200 mm	m	410	1,145	469,450
Vannledning 160 mm	m	15	1,115	16,725
Vannledning 150mm	m	360	1,100	396,000
Bend vannledning	stk	40	12,000	480,000
Avløpskummer	stk	38	22,000	836,000
Overvannskummer	stk	38	22,000	836,000
Vannkummer	stk	19	55,000	1,045,000
Stikkledninger nye boliger	stk	267	17,000	4,539,000
Stikkledninger konsentrert bebyggelse	stk	36	100,000	3,600,000
Overskudd fra grøfter	m ³	1700	120	204,000
Grøntarealer	m ²	20160	120	2,419,200
Drensledning	m ²	2900	250	725,000
Stikkrenne	m ²	40	1,050	42,000
SUM				48,469,559

Vedlegg 6

Oppdragsnr:

Dato:

10/04/19

Oppdrag:


Litle Risa

Sign:




Teknisk infrastruktur for Litle Risa, Scenario 2

Beskrivelse	Enhet	Mengde	Enhetspris	Sum
Rigg og drift	rs	5%	42,937,585	2,146,879
Vegetasjonsrydding	rs	1	200,000	200,000
Matjord ut av feltet	m ³	56280	120	6,753,600
Rivning, bygningsmasse og asfalt	rs	1	200,000	200,000
Masseflytting	m ³	23060	55	1,268,300
Sluker inkl avløp	stk	35	17,000	595,000
Veg og parkering, gatetun	m ²	6380	1,200	7,656,000
Fortau og gang- og sykkelveg	m ²	4000	500	2,000,000
Granittkantstein	m	3750	600	2,250,000
Belysning	stk	14	40,000	560,000
Grøft i løsmasser	m	1630	600	978,000
Overvann 1200mm inkl pukkt og klargjøring	m	460	3,436	1,580,560
Overvann 800mm inkl pukkt og klargjøring	m	135	1,940	261,900
Overvann 600mm inkl pukkt og klargjøring	m	195	1,170	228,150
Overvann 500mm inkl pukkt og klargjøring	m	0	1,300	
Overvann 400mm inkl pukkt og klargjøring	m	30	1,050	31,500
Overvann 300mm inkl pukkt og klargjøring	m	0	900	
Overvann 200mm inkl pukkt og klargjøring	m	0	850	
Spillvann 200mm inkl pukkt og klargjøring	m	1135	600	681,000
Spillvann 160mm inkl pukkt og klargjøring	m	300	550	165,000
Vannledning 150mm	m	360	1,100	396,000
Bend vannledning	stk	40	12,000	480,000
Spillvannskummer	stk	38	22,000	836,000
Overvannskummer	stk	19	22,000	418,000
Vannledning 300 mm	m	430	1,575	677,250
Vannledning 200 mm	m	410	1,145	469,450
Vannledning 160 mm	m	15	1,115	16,725
Vannkummer	stk	19	55,000	1,045,000
Stikkledninger nye boliger	stk	178	17,000	3,026,000
Stikkledninger konsentrert bebyggelse	stk	32	100,000	3,200,000
Overskudd fra grøfter	m ³	1200	120	144,000
Grøntarealer	m ²	19370	120	2,324,400
Drensledning	m ²	715	250	178,750
Stikkrenne	m	40	1,050	42,000
Grønne tak	m ²	0	400	
Åpne renner	m	825	3,000	2,475,000
Elvegus	m ²	840	300	252,000
Regnbed	m ²	0	2,000	
Bru	stk	4	150,000	600,000
Gressarmering	m ²	1060	800	848,000
Vannulemper	rs	1	100,000	100,000
SUM				45,084,464

Vedlegg 7	Oppdragsnr:	Dato: 10/04/19	
Oppdrag: Litle Risa	Sign:		


Teknisk infrastruktur for Litle Risa, Scenario 3

Beskrivelse	Enhet	Mengde	Enhetspris	Sum
Rigg og drift	rs	5%	48,123,250	2,406,163
Vegetasjonsrydding	rs	1	200,000	200,000
Matjord ut av feltet	m ³	56280	120	6,753,600
Rivning, bygningsmasse og asfalt	rs	1	200,000	200,000
Masseflytting	m ³	23060	55	1,268,300
Sluker inkl avløp	stk	46	17,000	782,000
Veg og parkering, gatetun	m ²	6035	1,200	7,242,000
Fortau og gang- og sykkelveg	m ²	4000	500	2,000,000
Granittkantstein	m	3750	600	2,250,000
Belysning	stk	14	40,000	560,000
Grøft i løsmasser	m	1630	600	978,000
Overvann 1200mm inkl pukk og klargjøring	m	0	3,436	
Overvann 800mm inkl pukk og klargjøring	m	0	1,940	
Overvann 600mm inkl pukk og klargjøring	m	0	1,170	
Overvann 500mm inkl pukk og klargjøring	m	0	1,300	
Overvann 400mm inkl pukk og klargjøring	m	0	1,050	
Overvann 300mm inkl pukk og klargjøring	m	0	900	
Overvann 200mm inkl pukk og klargjøring	m	0	850	
Spillvann 200mm inkl pukk og klargjøring	m	1135	600	681,000
Spillvann 160mm inkl pukk og klargjøring	m	300	550	165,000
Vannledning 150mm	m	357	1,100	392,700
Bend vannledning	stk	40	12,000	480,000
Spillvannskummer	stk	38	22,000	836,000
Vannledning 300 mm	m	425	1,575	669,375
Vannledning 200 mm	m	410	1,145	469,450
Vannledning 160 mm	m	15	1,115	16,725
Vannkummer	stk	19	55,000	1,045,000
Stikkledninger nye boliger	stk	178	17,000	3,026,000
Stikkledninger konsentrert bebyggelse	stk	24	100,000	2,400,000
Overskudd fra grøfter	m ³	900	120	108,000
Grøntarealer	m ²	19755	120	2,370,600
Drensledning	m ²	2900	250	725,000
Stikkrenne	m	50	1,050	52,500
Grønne tak	m ²	16100	400	6,440,000
Åpne renner	m	1200	3,000	3,600,000
Elvegus	m ²	840	300	252,000
Regnbed	m ²	270	2,000	540,000
Bru	stk	4	150,000	600,000
Gressarmering	m ²	1150	800	920,000
Vannulemper	rs	1	100,000	100,000
SUM				50,529,413

Vedlegg 8	Oppdragsnr:	Dato: 10/04/19	
Oppdrag: Litle Risa	Sign:		


Teknisk infrastruktur for Sørbø-Hove, Scenario 1

Beskrivelse	Enhet	Mengde	Enhetspris	Sum
Rigg og drift	rs	5%	25,534,092	1,276,705
Vegetasjonsrydding	rs	1	100,000	100,000
Matjord ut av feltet	m ³	24776	120	2,973,120
Rivning, bygningsmasse og asfalt	rs	0	200,000	
Masseflytting	m ³	16582	55	912,010
Sluker inkl avløp	stk	29	17,000	493,000
Veg og parkering, gatetun	m ²	4430	1,200	5,316,000
Fortau og gang- og sykkelveg	m ²	3000	500	1,500,000
Granittkantstein	m	1835	600	1,101,000
Belysning	stk	30	40,000	1,200,000
Grøft i løsmasser	m	810	600	486,000
Overvann 1200mm inkl pukk og klargjøring	m	0	3,436	
Overvann 800mm inkl pukk og klargjøring	m	0	1,940	
Overvann 600mm inkl pukk og klargjøring	m	0	1,170	
Overvann 500mm inkl pukk og klargjøring	m	100	1,300	130,000
Overvann 400mm inkl pukk og klargjøring	m	325	1,050	341,250
Overvann 300mm inkl pukk og klargjøring	m	270	900	243,000
Overvann 200mm inkl pukk og klargjøring	m	0	850	
Spillvann 200mm inkl pukk og klargjøring	m	0	600	
Spillvann 160mm inkl pukk og klargjøring	m	660	550	363,000
Vannledning 300 mm	m	0	1,575	
Vannledning 200 mm	m	490	1,145	561,050
Vannledning 160 mm	m	0	1,115	
Vannledning 150mm	m	325	1,100	357,500
Bend vannledning	stk	35	12,000	420,000
Spillvannskummer	stk	18	22,000	396,000
Overvannskummer	stk	16	22,000	352,000
Vannkummer	stk	15	55,000	825,000
Stikkledninger nye boliger	stk	132	17,000	2,244,000
Stikkledninger konsentrert bebyggelse	stk	30	100,000	3,000,000
Overskudd fra grøfter	m ³	810	120	97,200
Grøntarealer	m ²	13030	120	1,563,600
Drensgrøft	m	1845	250	461,250
Stikkrenne	m ²	0	900	
Gressarmering	m ²	0	800	
Infiltrasjonskummer m/tilkobling	stk	0	20,000	
Sandfangskummer	stk	32	3,066	98,112
SUM				26,810,797

Vedlegg 9	Oppdragsnr:	Dato: 10/04/19	
Oppdrag: Litle Risa	Sign:		

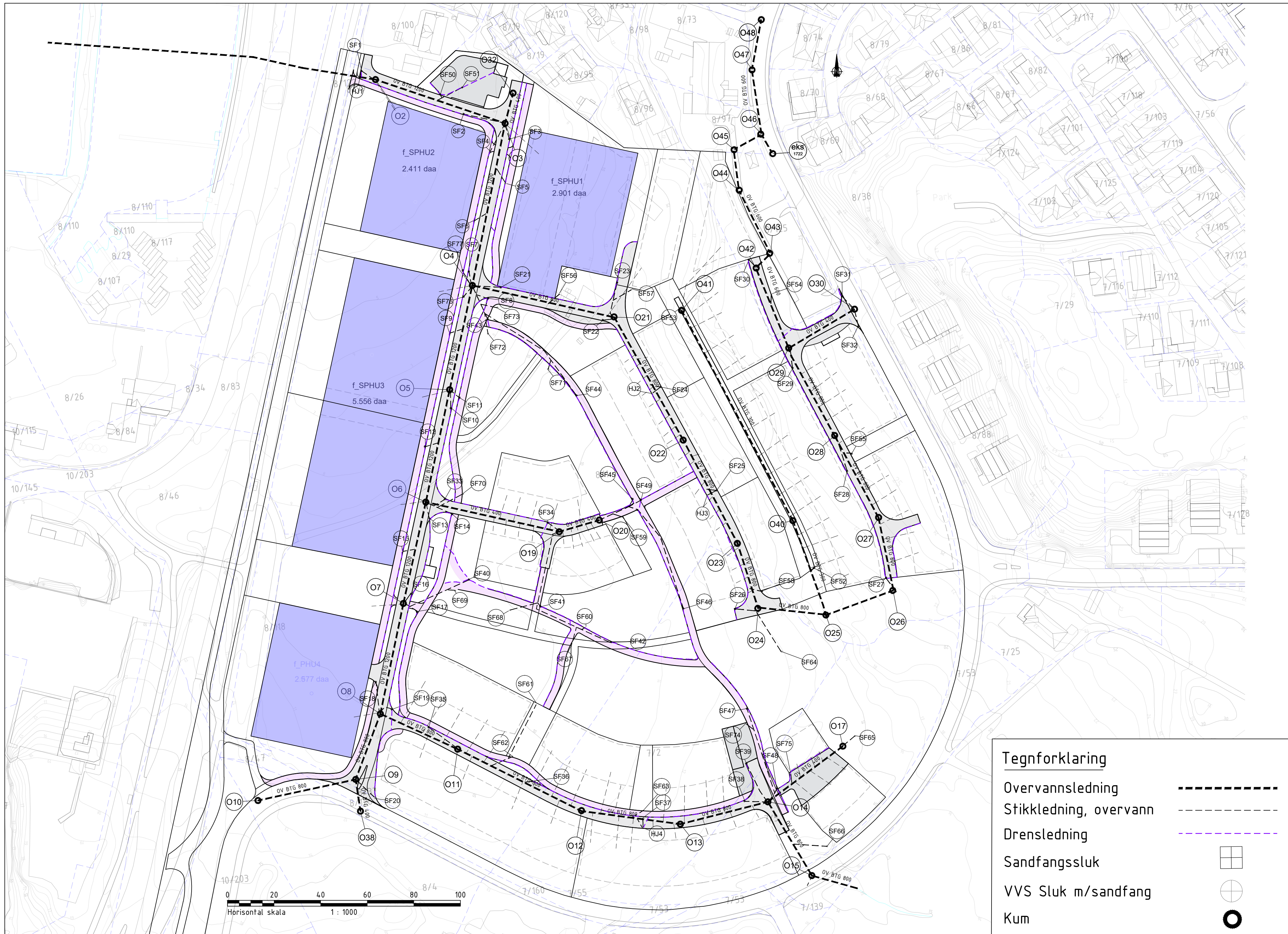
Teknisk infrastruktur for Sørbø-Hove, Scenario 2

Beskrivelse	Enhet	Mengde	Enhetspris	Sum
Rigg og drift	rs	5%	25,944,230	1,297,212
Vegetasjonsrydding	rs	1	100,000	100,000
Matjord ut av feltet	m ³	24776	120	2,973,120
Rivning, bygningsmasse og asfalt	rs	0	200,000	
Masseflytting	m ³	16582	55	912,010
Sluker inkl avløp	stk	29	17,000	493,000
Veg og parkering, gatetun	m ²	4000	1,200	4,800,000
Fortau og gang- og sykkelveg	m ²	3000	500	1,500,000
Granittkantstein	m	1835	600	1,101,000
Belysning	stk	30	40,000	1,200,000
Grøft i løsmasser	m	810	600	486,000
Overvann 1200mm inkl pukk og klargjøring	m	0	3,436	
Overvann 800mm inkl pukk og klargjøring	m	0	1,940	
Overvann 600mm inkl pukk og klargjøring	m	0	1,170	
Overvann 500mm inkl pukk og klargjøring	m	0	1,300	
Overvann 400mm inkl pukk og klargjøring	m	100	1,050	105,000
Overvann 300mm inkl pukk og klargjøring	m	325	900	292,500
Overvann 200mm inkl pukk og klargjøring	m	270	850	229,500
Spillvann 200mm inkl pukk og klargjøring	m	0	600	
Spillvann 160mm inkl pukk og klargjøring	m	660	550	363,000
Vannledning 300 mm	m	0	1,575	
Vannledning 200 mm	m	490	1,145	561,050
Vannledning 160 mm	m	0	1,115	
Vannledning 150mm	m	325	1,100	357,500
Bend vannledning	stk	35	12,000	420,000
Spillvannskummer	stk	18	22,000	396,000
Overvannskummer	stk	16	22,000	352,000
Vannkummer	stk	15	55,000	825,000
Stikkledninger nye boliger	stk	132	17,000	2,244,000
Stikkledninger konsentrert bebyggelse	stk	30	100,000	3,000,000
Overskudd fra grøfter	m ³	810	120	97,200
Grøntarealer	m ²	13030	120	1,563,600
Drensgrøft	m	1315	250	328,750
Stikkrenne	m ²	0	900	
Gressarmering	m ²	430	800	344,000
Infiltrasjonskummer m/tilkobling	stk	45	20,000	900,000
Sandfangskummer	stk	0	3,066	
SUM				27,241,442

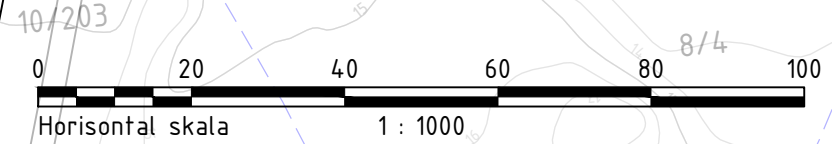
Vedlegg 10	Oppdragsnr:	Dato: 10/04/19	
Oppdrag: Litle Risa	Sign:		

Teknisk infrastruktur for Sørbø-Hove, Scenario 3

Beskrivelse	Enhet	Mengde	Enhetspris	Sum
Rigg og drift	rs	5%	29,733,880	1,486,694
Vegetasjonsrydding	rs	1	100,000	100,000
Matjord ut av feltet	m ³	24776	120	2,973,120
Rivning, bygningsmasse og asfalt	rs	0	200,000	
Masseflytting	m ³	16582	55	912,010
Sluker inkl avløp	stk	0	17,000	
Veg og parkering, gatetun	m ²	3400	1,200	4,080,000
Fortau og gang- og sykkelveg	m ²	2000	500	1,000,000
Granittkantstein	m	1835	600	1,101,000
Belysning	stk	30	40,000	1,200,000
Grøft i løsmasser	m	810	600	486,000
Overvann 1200mm inkl pukkk og klargjøring	m	0	3,436	
Overvann 800mm inkl pukkk og klargjøring	m	0	1,940	
Overvann 600mm inkl pukkk og klargjøring	m	0	1,170	
Overvann 500mm inkl pukkk og klargjøring	m	0	1,300	
Overvann 400mm inkl pukkk og klargjøring	m	0	1,050	
Overvann 300mm inkl pukkk og klargjøring	m	0	900	
Overvann 200mm inkl pukkk og klargjøring	m	0	850	
Spillvann 200mm inkl pukkk og klargjøring	m	0	600	
Spillvann 160mm inkl pukkk og klargjøring	m	660	550	363,000
Vannledning 150mm	m	325	1,100	357,500
Bend vannledning	stk	35	12,000	420,000
Spillvannskummer	stk	18	22,000	396,000
Vannledning 300 mm	m	0	1,575	
Vannledning 200 mm	m	490	1,145	561,050
Vannledning 160 mm	m	0	1,115	
Vannkummer	stk	15	55,000	825,000
Stikkledninger nye boliger	stk	88	17,000	1,496,000
Stikkledninger konsentrert bebyggelse	stk	20	100,000	2,000,000
Overskudd fra grøfter	m ³	810	120	97,200
Grøntarealer	m ²	12900	120	1,548,000
Drensgrøft	m ²	0	250	
Stikkrenne	m	90	900	81,000
Grønne tak	m ²	11175	400	4,470,000
Åpne renner	m	925	3,000	2,775,000
Bekk	m ²	0		
Regnbed	m ²	710	2,000	1,420,000
Bru	stk	0	150,000	
Permeabelt dekke	m ²	1340	800	1,072,000
SUM				31,220,574



Tegnforklaring	
Overvannsledning	— — — — —
Stikkledning, overvann	- - - - -
Drensledning	- - - - -
Sandfangssluk	⊞
VVS Sluk m/sandfang	⊕
Kum	●





Tegnforklaring	
Overvannsledning	-----
Stikkledning, overvann	- - - - -
Drensledning	- · - · - ·
Sandfangssluk	⊕
VVS Sluk m/sandfang	⊕
Kum	⊙
Åpne renner og bekk	▬
Fordrøyningsdam	▨
Gressarmering	▤

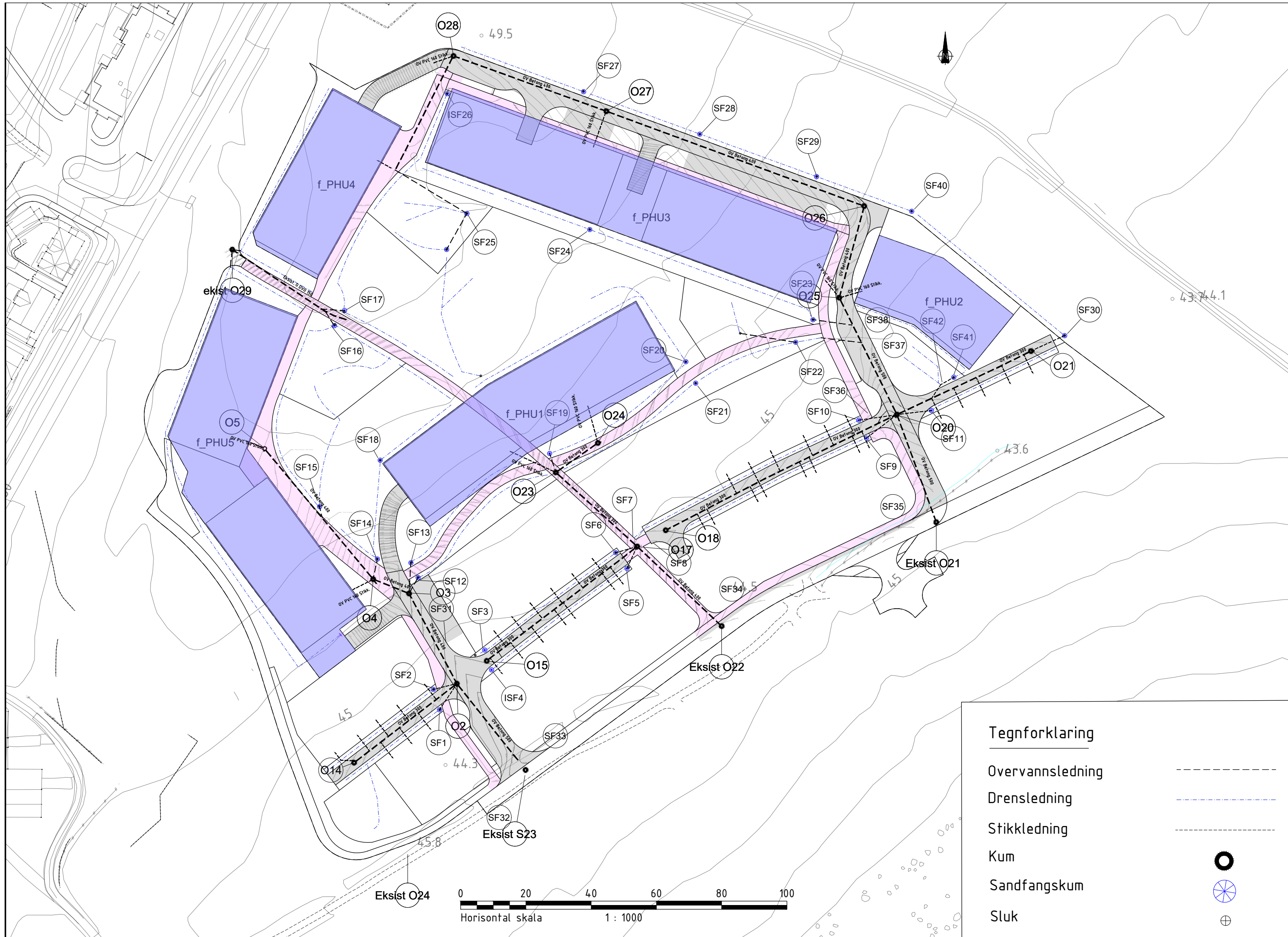
Horisontal skala 1 : 1000
 0 20 40 60 80 100



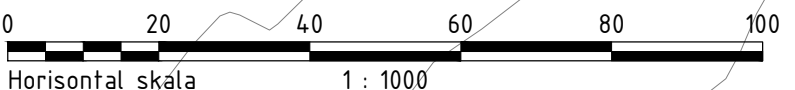
Tegnforklaring

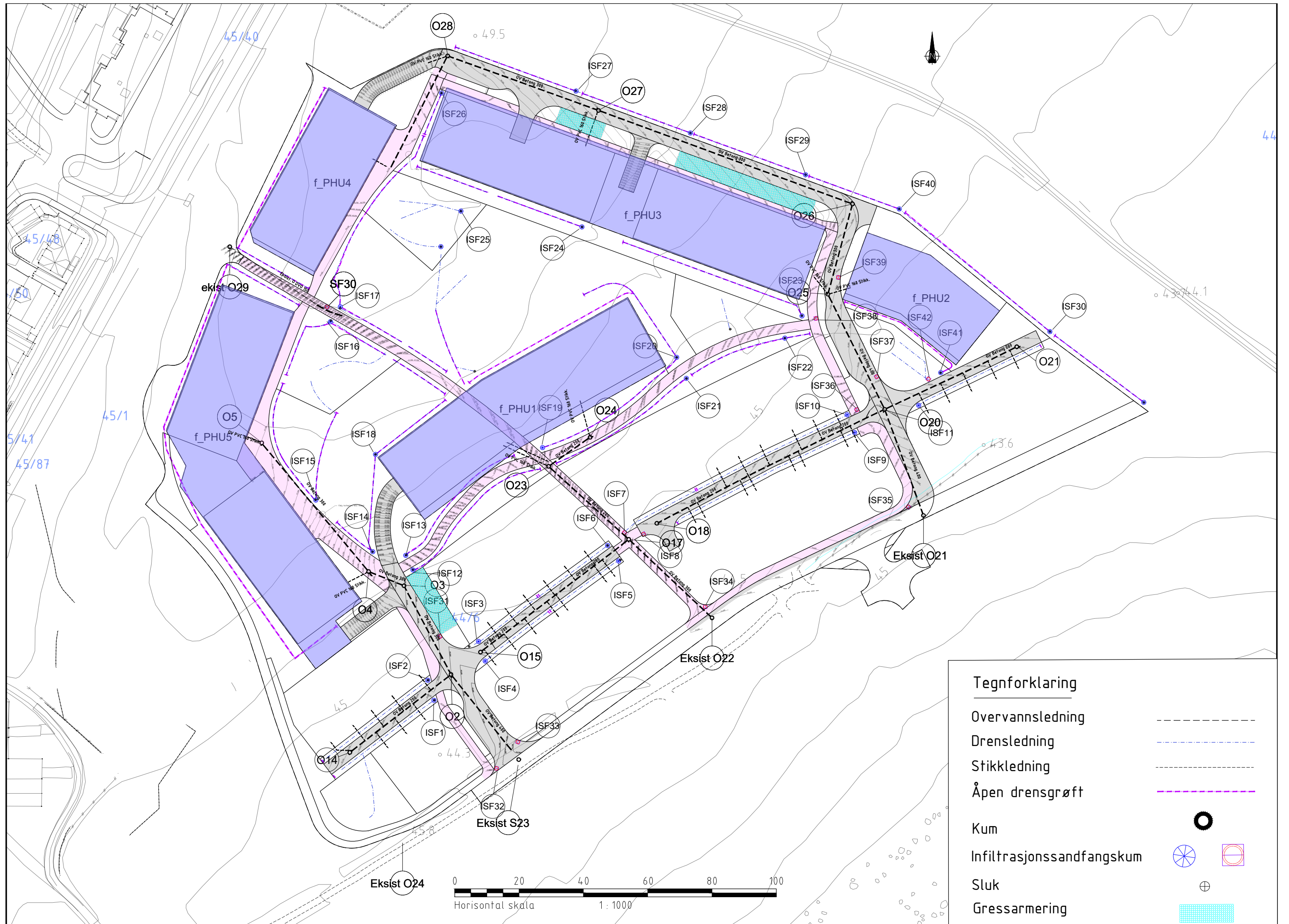
- Åpne renner og bekk
- Fordrøyningsdam
- Gressarmering
- Regnbed
- Grønne tak
- Gresskledd forsenkning

0 20 40 60 80 100
 Horisontal skala 1: 1000

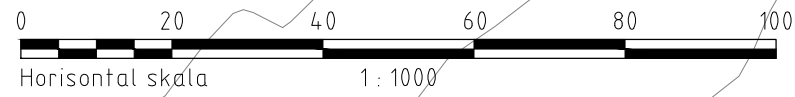


Tegnforklaring	
Overvannsledning	-----
Drensledning	- - - - -
Stikkledning	-----
Kum	⊙
Sandfangskum	☆
Sluk	⊕




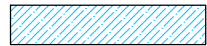





Tegnforklaring	
Overvannsledning	-----
Drensledning	- - - - -
Stikkledning	-----
Åpen drensgrøft	-----
Kum	⊙
Infiltrasjonssandfangskum	⊗ ⊕
Sluk	⊕
Gressarmering	▒





Tegnforklaring

Åpne renner	
Fordrøyningsdam	
Gressarmering	
Regnbed	
Grønne tak	
Gresskledd forsenkning	