

# Grøngater - En ny type vegplanlegging, eller bare en visjon?

*En samfunnsøkonomisk vurdering av tverrfaglig  
vegplanlegging i Norge.*

**Stian Omdal**

Bygg- og miljøteknikk (2 årig)

Innlevert: juni 2013

Hovedveileder: Inge Hoff, BAT

Medveileder: James Odeck, Statens vegvesen, vegdirektoratet

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg, anlegg og transport





|   |   |
|---|---|
| Oppgavens tittel:<br><b>Grønn-gater – En ny type vegplanlegging, eller bare en visjon?</b><br><br>- <i>En samfunnsøkonomisk vurdering av tverrfaglig vegplanlegging i Norge</i> | Dato: 10.06.2013<br>Antall sider (inkl. bilag): 341 |
|   | Masteroppgave X Prosjektoppgave                     |
| Navn:<br><b>Stud.techn. Stian Omdal</b>   |   |
| Faglærer/veileder:<br><b>Professor Inge Hoff, NTNU</b>  |   |
| Ekstern faglig veileder:<br><b>Professor James Odeck, Statens vegvesen, vegdirektoratet</b>   |   |

**Ekstrakt:**

Vegsystemer hvor overflatehåndteringen håndteres gjennom alternative metoder vil i tillegg til å imøtekomme den stadig større overvannsproblematikken, bidra til å skape bærekraftige blå-grønne gaterom og samfunnsverdier. I USA er slike gatesystemer fått navnet «Green Streets». Hensikten med denne oppgaven er å avdekke hvorvidt en tverrfaglig prosjektering av slike gatesystem i Norge vil være fordelaktig i et samfunnsøkonomisk perspektiv.

Oppgaven er delt i 4 deler:

Oppgavens del I og II innebærer en utvidet problem-, og formålsbeskrivelse knyttet til bruken av alternativ overvannshåndtering langs urbane vegsystemer i Norge. Holdninger, utfordringer og forutsetninger blant de største kommunene i Norge avdekkes og drøftes i kombinasjon med veitekniske problemstillinger, med den hensikt å komme frem til løsninger som kan implementeres langs norske veier.

Del III tar for seg det samfunnsøkonomiske aspektet, hvor forventede virkninger identifiseres, kvantifiseres og vedsettes etter samfunnsøkonomiske prinsipper, og gir grunnlag for en nytte/kostnadsberegning av et «case-område». Med utgangspunkt oppgavens del II prosjekteres en norsk gatestrekning som en «Grønn-gate» med alternativ overvannshåndtering, og som en konvensjonell gate med tradisjonell overvannshåndtering. De to alternativene gir grunnlag for den samfunnsøkonomiske vurderingen av verdsatte- og ikke verdsatte virkninger..

I oppgavens del IV konkluderes det på bakgrunn av den samfunnsøkonomiske vurderingen, og det gis anbefalinger til videre arbeid slik at man kan åpne for en implementering av Grønn-gater i Norge.

Stikkord:

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. Alternativ overvannshåndtering |
| 2. Green Streets                  |
| 3. Samfunnsøkonomi                |
| 4. Vegplanlegging                 |

---

(sign.)





# Forord

Denne masteroppgaven er utført våren 2013 ved institutt for Bygg, Anlegg og Transport ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU. Oppgaven omhandler temaet alternativ overvannshåndtering i urbane områder og langs veg. Da spesielt med fokus på et amerikansk initiativ kalt «Green Streets», og muligheter, utfordringer, og konsekvenser ved implementering av slike gatesystemer i Norge.

Oppgaven er inspirert av kandidatens bakgrunn som ingeniør i teknisk planlegging fra Universitetet i Stavanger, med videre spesialisering i vegtekniske fag ved NTNU i Trondheim. Gjennom arbeid med både vegprosjektering og overvannsplanlegging ved COWIs avd. Vann i Stavanger og avd. Samferdsel i Trondheim, har kandidaten fått økt interesse for nyttevirksomheter og utfordringer knyttet til en tverrfaglig VVA-prosjektering.

Arbeidet har både vært utfordrende, tidkrevende og interessant. Ikke minst fordi arbeidet har omhandlet et nytt, og usikkert tema, hvor det i svært liten grad finnes norske erfaringer og kunnskaper, men også fordi det er søkt å finne generelle løsninger på svært spesifikke problemer.

Stor takk til hovedveileder og professor Inge Hoff som har støttet en tverrfaglig problemstilling, og vært tilgjengelig ved spørsmål. Takk også til professor James Odeck ved Vegdirektoratet som har vært ekstern veileder, og besvart økonomiske spørsmål.

En spesiell takk til Geir Saxebøl og Even Myhre i Statens vegvesen for lån av kontorplass, og tilgang til Kostnadsbanken.

Takk til alle mine kollegaer ved COWI AS som har bidratt med sin faglige kompetanse. Spesielt takk til May-Berit Eidsaune på avdeling Samferdsel, og Thomas Holmsberg på avdeling Vann, i Trondheim, og Hans Vebjørn Kristoffersen på avdeling Vann i Stavanger, for tilgang til programvare, hjelp med beregninger, og faglige innspill.

Til slutt takk til alle representanter fra kommunene, og til alle andre, som har delt sine erfaringer og meninger knyttet til alternativ overvannshåndtering, via e-post.

*Trondheim, 10. Juni 2013*

---

Stian Omdal, *Stud. techn. NTNU*



# Sammendrag

Den økende urbaniseringen og fortettingen, kombinert med en forventet økning i fremtidig nedbør på 10 – 30 % de neste 50 årene, gjør at de tradisjonelle rørsystemene i større grad ikke klarer å ta unna de store overvannsmengdene. Resultatet blir flomskader og forurensninger, og en økende nødvendighet for bærekraftige og alternative løsninger. I USA har man gjennom tverrfaglig veg- og vannprosjektering integrert alternative overvannshåndteringsmetoder langs urbane vegsystemer. Tiltaket går under navnet «Green Street». Vi kaller en fremtidig norsk versjon for «Grønngaten». I oppgaven vurderes en slik Grønngate-implementering i et samfunnsøkonomisk perspektiv. Oppgaven er delt inn i 4 deler. Del I omhandler bakgrunn.

## DEL II: Situasjonen i Norge

Dersom Grønngate-initiativet skal kunne implementeres i Norge, er man helt avhengig av at den enkelte kommune stiller seg positivt til dette. I en undersøkelse blant 68 av Norges 91 største kommuner, opplyser kun halvparten av de spurte kommunene at det benyttes noen form for alternativ overvannshåndtering i deres kommune. Følgende momenter ble fremhevet:

Forutsetninger *for* bruk: Behov, funksjonelt og gjennomførbart, og må ikke medføre skader.

Utfordringer *ved* bruk: Mangel på verdifullt areal, og usikre stedlige infiltrasjonsmuligheter.

Alternativ overvannshåndtering fremstår som nytt og uprøvd i mange kommuner. Til tross for at enkelte kommuner har benyttet flere metoder i lengre tid, mangler det nasjonale erfaringer knyttet til kostnadstall, driftsforhold, type løsninger, samt politiske føringer. Med hensyn til krav og retningslinjer, er sentrale problemstillinger knyttet til en tverrfaglig VVA-prosjektering drøftet, og resultert i utforming av 5 BMP-løsninger som er designet for å imøtekomme problemstillingene, og kommunenes forutsetninger og utfordringer:

1. Swale med tre
2. Swale uten tre
3. Infiltrasjonsgrøft med tre
4. Infiltrasjonsgrøft uten tre
5. Regnbed

Ved å «vrenge» nærliggende grøntområder, kan swales, regnbed, eller andre løsninger, implementeres i tette urbane områder uten særlig arealbruk. Arealeffektive løsninger, som infiltrasjonsgrøfter, kan anlegges i fortau uten at det går på bekostning av verdifullt areal. Mekanisk stabiliserte drenerende materialer, geomembran, og drenerør, muliggjør og sikrer en håndtering uten at belastninger eller inntrengning av vann vil redusere bæreevne og stabilitet.

## DEL III: Samfunnsøkonomisk vurdering

En Grønngate-implementering vil i liten grad bli omfattet av de kvantifiserte konsekvensene i Statens vegvesens håndbok 140 – Konsekvensanalyser. For å foreta en vurdering av tiltakets samfunnsøkonomiske lønnsomhet, beskrives, kvantifiseres, og verdsettes relevante virkninger

knyttet til berørte samfunnsgrupper. Statens vegvesens kostnadsbank er benyttet for å beregne forventete investeringskostnader knyttet til norske forhold i et lavt, middels, og høyt estimat. Basert på de identifiserte, og kvantifiserte virkningene kostnadsberegnes deler av Strandgata i Hamar kommune som et «case», og utgjør grunnlag for en nytte-kostnadsanalyse. Gaten forutsettes bygget som ny, med eksisterende anlegg nær kapasitetsgrense og utenfor veg. Dette generaliserer resultatene, og gjør at man kan konkludere på generelt grunnlag. Grønngaten måles opp mot to basissituasjoner:

- Alternativ 0.1: *Avrenningen håndteres gjennom ny OV-ledning i gaten.*
- Alternativ 0.2: *Eks. ledningsnett oppdimensjoneres fra 500 mm. Ny 600 mm legges i veg.*
- Alternativ 1: *Avrenningen håndteres alternativt og gaten prosjekteres som en Grønngate.*

29 stk. regnbed, 4 stk. infiltrasjonsgrøfter med tre, 6 stk. infiltrasjonsgrøft uten tre, 2 stk. swale med tre, og 1 swale uten tre, over et areal på 680 m<sup>2</sup> implementeres i alternativ 1, og erstatter ledningsnett på bl.a. 387 m ø300mm, og 431 m ø600mm i hhv. alternativ 0.1 og 0.2.

|                                      | Alt.1 vs. Alt. 0.1 | Alt.1 vs. Alt. 0.2 |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Netto nåverdi (NNV)                  | 2 865 793,2        | 3 305 122,5        |
| Netto nåverdi pr budsjettkrone (NNB) | 2,6                | 3,0                |
| Ikke verdsatte virkninger            | +                  |                    |

Resultatet fra den samfunnsøkonomiske analysen viser at et Grønngate-alternativ vil gi en netto nåverdi på gjennomsnittlig 2,87 og 3,31 millioner kroner, og en forventet avkastning på 2,6 og 3,0 kroner per investert budsjettkrone, i forhold til om gaten ble bygget med konvensjonell overvannshåndtering. De ikke verdsatte virkningene er vurdert som *liten positiv (+)*, og har årsak i at gaten er planlagt med mye grønnsstruktur i basisalternativene.

#### DEL IV: Avslutning

Til tross for usikkerhet knyttet til både kostnadstall og driftsforhold fremstår en tverrfaglig VVA-planlegging, og en norsk Grønngate-implementering, som samfunnsøkonomisk fordelaktig. Synliggjøring av usikkerhet vil uten tvil være den største utfordringen for at Grønngater skal kunne innføres i Norge. Dersom et Grønngate-system ikke bare skal forbli med tanken, må det i større grad legges opp føringer for *hvordan* dette kan gjøres, og *hvor* dette kan gjøres. Dette må gjøres gjennom utarbeiding av standardløsninger som er enkle og sikre å anvende, og Statens vegvesen må i større grad påta seg ansvaret for å utarbeide beskrivelser og veiledninger av slike løsninger. For å innhente erfaringsdata og utarbeide slike beskrivelser og veiledninger, må Grønngater bygges, driftes, og satses på flere steder i Norge til tross for usikkerhet. Gjennom denne oppgaven vises at det, trass stor usikkerhet, vil være mulig å håndtere overvann alternativt i et urbant gaterom med et samfunnsøkonomisk positivt resultat. Forhåpentligvis vil dette kunne hjelpe til å inspirere enkelte kommuner til å ta det aller første skritt. Kun på denne måten vil usikkerhet med tiden kunne avdekkes, og kommune-Norge i større grad involveres.

Som ingeniører må vi i større grad tenke overvannshåndtering i en tidligfase av vegprosjekteringen. Klarer vi dette vil vi i tillegg til økonomiske nyttevirksomheter, oppnå blågrønne urbane uterom som kan gi uvurderlige nytteverdier knyttet til miljøet, sosiale opplevelser, og økt livskvalitet.

# Abstract

Pressures resulting from rapid urbanisation, and anticipated increases in precipitation (110-130% over the next fifty years), will place existing stormwater drainage at capacity more frequently, which will in turn lead to urban flooding, and pollution of the urban landscape. This pressure, combined with the costs and challenges of constructing new urban stormwater infrastructure necessitates the need for innovative and alternative stormwater solutions.

In the US these issues are met through interdisciplinary stormwater- and highway planning; by incorporating sustainable drainage systems (SUDS) within the streets right of way, and making it a “Green Street”. In this thesis the possibilities for constructing “Green Street” in Norway are assessed through a socioeconomic model. The thesis is divided into four parts, including background (Part One).

## Part Two: The Situation in Norway

Whether a Green Street initiative is to be implemented in Norway will rely greatly on whether the municipalities are positive to the idea, or not. In a survey of some of the largest municipalities in Norway, only 51 percent stated that they used any form of SUDS. They also stated:

Requirements *for* SUDS: There has to be a need, be functional and practicable, and not cause damage.

Challenges *with* SUDS: Lack of available areas, and uncertain possibilities for infiltration.

SUDS appear to be both new and uncertain to many municipalities. Despite the fact that some municipalities have been using SUDS over a longer period of time, there’s still missing Norwegian experiences related to costs, O&M, and available solutions. Based on Norwegian guidelines, 5 Best Management Practices (BMP’s) are designed to accommodate the municipalities’ requirements and challenges.

1. Swale with trees
2. Swale without trees
3. Infiltration trench with trees
4. Infiltration trench without trees
5. Bioretention cell (“Rain Garden”)

By “twisting” existing vegetated areas and buffers, within the right of way, BMP’s can be implemented without any excessive use of area. The use of draining, and stabilizing unbound granular materials, such as crushed stone and Structural soil, combined with the use of geo-membrane and drainpipes, enables a stormwater treatment near the road structure, without reducing its bearing capacity and stability.

### Part Three: Socioeconomic Assessment

The existing socioeconomic assessment software, created by the Norwegian Public Roads Administration (NPRA) will to a small extent be able to assess the impacts of a Green Street implementation in Norway. Identified consequences are therefore quantified and valued after economic valuation methods. The investment costs are valued in a low, medium and high estimate according to a Norwegian database of experienced costs, created by the NPRA. To illustrate the socioeconomic impacts, a street is planned as a Green Street, and calculated in a cost-benefit analysis. There are created two baseline scenarios:

- Scenario 0.1: *The runoff is managed through a new stormwater pipeline in the street.*
- Scenario 0.2: *The ex.pipeline is resized from 500 mm to 600 mm, and built in the street.*
- Scenario 1: *The runoff is managed through SUDS. The street planned as a Green Street.*

A stormwater system of mainly 387 m of ø300 mm and 431 m of ø600 mm are replaced by, 29 bioretention cells, 4 infiltration trenches with trees, 6 infiltration trenches without trees, 2 swales with threes and one without, over a total area of 680 m<sup>2</sup>, in 0.1 and 0.2 respectively.

|  | Alt.1 vs. Alt. 0.1 | Alt.1 vs. Alt. 0.2 |
|--|--------------------|--------------------|
| Net present value (NPV)                      | 2 865 793,2        | 3 305 122,5        |
| Benefit-cost ratio per budget kroner (NPV/C) | 2,6                | 3,0                |
| Non-valued consequences                      | +                  |                    |

The result from the socioeconomic analysis shows that the Green Street scenario gives a net present value of 2.87 and 3.31 million Norwegian kroner, and an anticipated investment return of 2.6 and 3.0. The non-valued consequences are rated as “small positive (+)”, as a result of an extended use of vegetation in the baseline scenarios.

### Part Four: Final

Despite great uncertainty related to the estimated cost figures, and future operation- and maintenance needs, interdisciplinary stormwater- and highway planning, and implementing of Green Streets in Norway, appears to be socioeconomic profitable.

Reducing the uncertainty will, without a doubt, represent the greatest challenge for a Norwegian Green Street implementation. If the Green Street initiative is to become more than just an idea, preliminary plans and guidelines, of *how* and *where* we can implement such streets, have to be made. This must primarily occur through design of simple and secure BMP's, and through a standardization of these in separate handbooks and guidelines. This is first and foremost the Norwegian Public Roads Administration's responsibility. In order to gather the empirical data that is needed to create these guidelines we have to build and maintain several Green Streets different places in Norway despite the uncertainty. Through this thesis it's shown that it can be possible to implement a sustainable drainage system in an urban street with a positive socioeconomic result. Hopefully will this be an inspiration for some municipalities to take the very first step. Only then can we reduce the uncertainty, and get a national involvement. As engineers and planners, we must to a greater extent incorporate stormwater management in the early stages of the highway planning. If we can succeed in this, we will, in addition to achieving increased economic benefits, create blue-green urban spaces that can promote invaluable environmental, social, and quality of life benefits.

# Innhold

|                         |      |
|-------------------------|------|
| <b>Forord</b> .....     | III  |
| <b>Sammendrag</b> ..... | V    |
| <b>Abstract</b> .....   | VII  |
| <b>Figurliste</b> ..... | XV   |
| <b>Bildeliste</b> ..... | XVII |
| <b>Tabelliste</b> ..... | XIX  |

## KAPITTEL 1

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Innledning</b> .....        | 3 |
| 1.1 Bakgrunn for oppgaven..... | 3 |
| 1.2 Problemstilling.....       | 4 |
| 1.3 Formål.....                | 5 |
| 1.4 Oppgavestruktur.....       | 5 |

## KAPITTEL 2

|   |    |
|---|----|
| <b>Green Streets og Grønnegater</b> .....                                 | 7  |
| 2.1 Grønn infrastruktur.....  | 7  |
| 2.2 Overvannshåndtering.....  | 8  |
| 2.2.1 Tradisjonell overvannshåndtering.....                               | 8  |
| 2.2.2 Konsekvenser.....   | 8  |
| 2.3 Alternativ overvannshåndtering – «Thinking outside the pipe».....     | 9  |
| 2.3.1 Det hydrologiske kretsløpet.....                                    | 9  |
| 2.3.2 Sustainable Urban Drainage System og Best Management Practices..... | 12 |
| 2.3.3 BMP-løsninger i vegplanleggingen.....                               | 13 |
| 2.4 Green Streets.....  | 14 |
| 2.4.1 “Grey 2 Green”.....   | 14 |
| 2.4.2 Hensikt.....  | 14 |
| 2.4.3 «Public right-of-way».....  | 16 |
| 2.4.4 Grønnegaten.....  | 19 |

## KAPITTEL 3

|  |    |
|--|----|
| <b>Overvann i norsk vegplanlegging</b> ..... | 23 |
| 3.1 Krav og retningslinjer.....              | 23 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.1.1 | Lov og forskrifter.....                         | 23 |
| 3.1.2 | Håndbøker og retningslinjer .....               | 25 |
| 3.1.3 | Andre bestemmelser .....                        | 26 |
| 3.2   | Klimahensyn i vegplanleggingen .....            | 27 |
| 3.2.1 | Dagens håndteringsmetode .....                  | 27 |
| 3.2.2 | Overvannshåndtering i Grønngate-løsninger ..... | 29 |

#### KAPITTEL 4

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
|       | <b>Alternativ overvannshåndtering i norske kommuner .....</b>        | <b>31</b> |
| 4.1   | Innledning.....  | 31        |
| 4.2   | Bruk av alternativ overvannshåndtering.....                          | 35        |
| 4.3   | BMP-løsninger .....  | 37        |
| 4.4   | Kommunale erfaringer knyttet til BMP'ene.....                        | 40        |
| 4.5   | Årsaker til at det ikke benyttes alternativ overvannshåndtering..... | 44        |
| 4.6   | Kommunale forutsetninger og utfordringer med BMP-løsninger .....     | 47        |
| 4.6.1 | Forutsetninger .....   | 47        |
| 4.6.2 | Utfordringer .....   | 50        |
| 4.7   | Oppsummering .....   | 53        |

#### KAPITTEL 5

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
|       | <b>Utfordringer og muligheter i tverrfaglig vegplanlegging .....</b> | <b>55</b> |
| 5.1   | Tverrfaglig samarbeid .....  | 55        |
| 5.2   | «Det farlige vegvannet» .....  | 57        |
| 5.2.1 | Forurenset vegavrenning.....   | 57        |
| 5.2.2 | Strukturell bæreevnesvikt .....                                      | 60        |
| 5.2.3 | Infiltrasjonsevne.....   | 63        |
| 5.3   | Arealbruk og implementeringsmuligheter.....                          | 65        |
| 5.4   | Utforming av alternative håndteringsmetoder i vegplanleggingen ..... | 69        |
| 5.4.1 | Swale med tre.....   | 70        |
| 5.4.2 | Swale uten tre.....  | 73        |
| 5.4.3 | Infiltrasjonsgrøft med tre .....                                     | 75        |
| 5.4.4 | Infiltrasjonsgrøft uten tre .....                                    | 78        |
| 5.4.5 | Regnbed .....  | 79        |

#### KAPITTEL 6

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
|       | <b>Samfunnsøkonomisk metode og -teori .....</b>          | <b>87</b> |
| 6.1   | Dagens beslutningsprosess .....                          | 87        |
| 6.1.1 | Kort historikk.....                                      | 87        |
| 6.1.2 | Beslutningsprosessen .....                               | 88        |
| 6.2   | Grønngater i dagens beslutningsprosess.....              | 90        |
| 6.3   | Samfunnsøkonomiske beslutningsprinsipper .....           | 91        |
| 6.3.1 | Samfunnsøkonomisk effektivitet .....                     | 92        |
| 6.3.2 | Betalingsvillighet og velferdsteori .....                | 93        |
| 6.3.3 | Kollektive goder og andre ikke-ekskluderende goder ..... | 94        |
| 6.4   | Verdsettingsmetodikk.....                                | 95        |



|   |  |            |
|---|--|------------|
| 6.4.1   | Utfordringer med verdsetting av Grønngate-konsekvenser ..... | 95         |
| 6.4.2   | Verdsettingsmetoder .....                                    | 96         |
| KAPITTEL 7  |  |            |
| <b>Metode</b> .....   |  | <b>97</b>  |
| 7.1   | Oppbygging av samfunnsøkonomisk vurdering .....              | 97         |
| 7.1.1   | Problem og formålsbeskrivelse .....                          | 97         |
| 7.1.2   | Spesifisering av virkninger .....                            | 97         |
| 7.1.3   | Spesifisering av tiltak .....                                | 99         |
| 7.2   | Nytte/kostnadsanalyse .....                                  | 100        |
| 7.2.1   | Beregningsgrunnlag .....                                     | 100        |
| 7.2.2   | Sammenstilling og vurdering .....                            | 102        |
| KAPITTEL 8  |  |            |
| <b>Identifisering og vurdering av virkninger ved Grønngater</b> ..... |  | <b>105</b> |
| 8.1   | Berørte samfunnsgrupper og virkninger .....                  | 105        |
| 8.1.1   | Berørte samfunnsgrupper .....                                | 105        |
| 8.1.2   | Relevante virkninger .....                                   | 106        |
| 8.2   | Kvantifisering og verdsetting .....                          | 110        |
| 8.2.1   | Sannsynlighet for kostnad .....                              | 110        |
| 8.2.2   | Investeringskostnader .....                                  | 111        |
| 8.2.3   | Drift og vedlikeholdskostnad .....                           | 121        |
| 8.2.4   | Rehabiliteringskostnader .....                               | 125        |
| 8.2.5   | Skattekostnader .....  | 127        |
| 8.2.6   | Levetid og restverdi .....                                   | 127        |
| 8.2.7   | Grunnerverv og ekspropriasjonskostnader .....                | 128        |
| 8.2.8   | Forsikringsutbetalinger .....                                | 130        |
| 8.2.9   | Boligverdi .....   | 131        |
| 8.2.10  | Helsekostnader .....   | 133        |
| 8.2.11  | Lokal, regional, og global luftforurensning .....            | 135        |
| 8.2.12  | Trafikantkostnader .....                                     | 138        |
| 8.2.13  | Ulykkes- og sikringskostnader .....                          | 139        |
| 8.2.14  | Forbruk av energi .....                                      | 140        |
| 8.2.15  | Ikke medtatte virkninger .....                               | 142        |
| 8.2.16  | Ikke-kvantifiserte økonomiske konsekvenser .....             | 144        |
| KAPITTEL 9  |  |            |
| <b>Grønngateprosjektering – et «case»</b> .....                       |  | <b>147</b> |
| 9.1   | Caseområde .....   | 147        |
| 9.1.1   | Bakgrunn .....   | 147        |
| 9.1.2   | Forutsetninger og antakelser .....                           | 148        |
| 9.1.3   | Alternativene .....  | 148        |
| 9.2   | Hydraulisk dimensjonering .....                              | 149        |
| 9.2.1   | Beregning .....  | 149        |
| 9.2.2   | Hydraulisk kapasitet til BMP-løsningene .....                | 152        |

|  |     |
|--|-----|
| 9.3 Tradisjonell håndteringsmetode .....                                   | 155 |
| 9.3.1 Nytt ledningsnett – Alternativ 0.1 .....                             | 155 |
| 9.3.2 Oppdimensjonering av eksisterende ledningsnett – Alternativ 0.2..... | 156 |
| 9.4 Alternativ håndteringsmetode, «Green Street» - Alternativ 1 .....      | 157 |
| 9.4.1 Beskrivelse.....   | 158 |
| 9.4.2 Dimensjonering av BMP-løsningene.....                                | 159 |
| 9.5 Andre nytte/kostnadselementer .....                                    | 163 |
| 9.5.1 Prosjekteringskostnad .....  | 163 |
| 9.5.2 Trafikantkostnad .....   | 163 |
| 9.5.3 Andre elementer.....   | 164 |
| 9.5.4 Irrelevante elementer .....  | 165 |
| 9.6 Sannsynlighet for overbelastning .....                                 | 166 |
| 9.6.1 Kristoffersen-regnet .....   | 166 |
| 9.6.2 Grunnlag for beregningene .....                                      | 167 |
| 9.6.3 Beregninger.....   | 167 |
| 9.6.4 Sannsynlighet.....   | 168 |

## KAPITTEL 10

|   |            |
|---|------------|
| <b>Beregninger og resultater .....</b>                              | <b>171</b> |
| 10.1 Levetidskostnader og neddiskonterte nytteverdier .....         | 171        |
| 10.1.1 Alternative BMP-elementer .....                              | 171        |
| 10.1.2 Tradisjonelle elementer.....                                 | 176        |
| 10.1.3 Alternativ 0.1 .....   | 181        |
| 10.1.4 Alternativ 0.2 .....   | 182        |
| 10.1.5 Alternativ 1 .....   | 182        |
| 10.1.6 Andre neddiskonterte nytteverdier og kostnadselementer ..... | 185        |
| 10.2 Nytte-kostnadsanalyse av verdsatte virkninger .....            | 188        |
| 10.2.1 Netto nåverdiberegning.....                                  | 188        |
| 10.2.2 Hypotetisk tiltaksberegning .....                            | 192        |
| 10.2.3 Synliggjøring av usikkerhet .....                            | 194        |
| 10.3 Ikke-verdsatte konsekvenser .....                              | 201        |
| 10.3.1 Landskapsbilde / bybilde .....                               | 201        |
| 10.3.2 Nærmiljø og friluftsliv .....                                | 202        |
| 10.3.3 Naturmiljø.....  | 204        |
| 10.3.4 Kulturmiljø, og Naturressurser .....                         | 204        |
| 10.3.5 Oppsummering.....  | 205        |
| 10.4 Samlet vurdering .....   | 206        |
| 10.4.1 Anbefaling .....   | 207        |
| 10.4.2 Kommentar .....  | 207        |
| 10.4.3 Miljøgate eller Grønngate? .....                             | 208        |

## KAPITTEL 11

|  |            |
|--|------------|
| <b>Feilkilder og andre usikkerhetsfaktorer .....</b> | <b>211</b> |
|--|------------|

|   |     |
|---|-----|
| KAPITTEL 12                                   |     |
| <b>Konklusjon</b> .....                       | 213 |
| KAPITTEL 13                                   |     |
| <b>Videre arbeid</b> .....                    | 217 |
| <b>Referanseliste</b> .....                   | 221 |
| <b>Vedlegg</b> .....                          | 227 |
| VEDLEGG A                                     |     |
| <b>Oppgavetekst</b> .....                     | A-1 |
| VEDLEGG B                                     |     |
| <b>Mail til kommunene</b> .....               | B-1 |
| VEDLEGG C                                     |     |
| <b>Illustrasjonsplan – Alternativ 0</b> ..... | C-1 |
| VEDLEGG D                                     |     |
| <b>Investeringskostnadsberegninger</b> .....  | D-1 |
| VEDLEGG E                                     |     |
| <b>Overvannsberegninger</b> .....             | E-1 |
| VEDLEGG F                                     |     |
| <b>Levetidskostnadsberegninger</b> .....      | F-1 |
| VEDLEGG G                                     |     |
| <b>Nytte-kostnadsberegninger</b> .....        | G-1 |
| VEDLEGG H                                     |     |
| <b>Usikkerhetsberegninger</b> .....           | H-1 |

*Vedleggsdelen har egen innholdsfortegnelse, figurliste, og tabelliste*



# Figurliste

|  |    |
|--|----|
| Figur 2-1: Vannkretsløpet .....  | 9  |
| Figur 2-2: Økt spissavrenning som resultat av økt urbanisering og klimaendringer (Basert på (Paus, 2012)) .....  | 10 |
| Figur 2-3: Overvannshåndtering gjennom treleddsstrategien (Lindholm et al., 2008, p. 8) .....  | 11 |
| Figur 2-4: Overvannshåndtering gjennom firetrinnsmetodikken (Stahre, 2006, p. 19) .....  | 11 |
| Figur 2-5: Sammenheng mellom SUDS, LID, BMP og overvannshåndtering i vegplanlegging.....   | 13 |
| Figur 2-6: Sammenheng og nærhet mellom samordnet areal- og transportplanlegging, alternativ overvannshåndtering, og Grønngater. Utviklet videre fra (Selberg, 2002, p. 66) ..... | 15 |
| Figur 2-7: «Vrengning» av overflaten fra konveks utforming til konkav utforming .....  | 16 |
| Figur 2-8: Swale .....   | 17 |
| Figur 2-9: Urban infiltrasjonsgrøft .....  | 17 |
| Figur 2-10: Regnbed anlagt innen offentlig disponibelt vegareal .....  | 18 |
| Figur 2-11: Fordrøyningsmagasin (Pittner & Allerton, 2010, p. 62). .....   | 18 |
| Figur 3-1: Dimensjonering med klimafaktor.....   | 28 |
| Figur 3-2: Dimensjonering med økt gjentaksintervall.....   | 28 |
| Figur 3-3: Nødvendigheten med fordrøyning av overvann .....  | 28 |
| Figur 3-4: Tradisjonell- og alternativ håndteringsløsning på fremtidig nedbørssituasjon .....  | 29 |
| Figur 4-1: Deltakende kommuner og fylkesvis svarprosent.....   | 33 |
| Figur 4-2: Bruk av alternative håndteringsmetoder (BMP'er) i kommunen .....  | 36 |
| Figur 4-3: Fylker hvor spesifikke BMP-løsninger er opplyst brukt .....   | 37 |
| Figur 4-4: Bruk av ulike BMP-løsninger i kommunene.....  | 39 |
| Figur 4-5: Erfaringer knyttet til de ulike BMP-løsningene .....  | 40 |
| Figur 4-6: Kostnadserfaringer .....  | 41 |
| Figur 4-7: Gode og dårlige erfaringer med alternativ overvannshåndtering i kommunene .....   | 43 |
| Figur 4-8: Opplyste årsaker til at det ikke benyttes alternative håndteringsmetoder i kommunen .....   | 46 |
| Figur 4-9: Forutsetninger illustrert fylkesvis.....  | 47 |
| Figur 4-10 (t.v.): Andel av spurte kommuner som oppgir gjeldende forutsetning for BMP-bruk .....   | 50 |
| Figur 4-11 (t.h.): Prosentandel av samlede opplyste forutsetninger .....   | 50 |
| Figur 4-12: Utfordringer illustrert fylkesvis.....   | 50 |
| Figur 4-13 (t.v.): Andel av spurte kommuner som oppgir gjeldende utfordring ved BMP-bruk .....   | 53 |
| Figur 4-14 (t.h.): Prosentandel av samlede opplyste utfordringer .....   | 53 |
| Figur 5-1: Optimalt prosjekteringsomfang (Meland, 2000) .....  | 56 |
| Figur 5-2: Økning i mengde avrenning og forurensning som følge av urbanisering. ....   | 57 |
| Figur 5-3: Oppbygging av jordart. Basert på (Aarhaug, 1992, p. 56) .....   | 60 |
| Figur 5-4: Påvirkning av E-modul ved økt vanninnhold i massestruktur. Illustrasjon: Geir Berntsen (Aurstad et al., 2011).....  | 62 |

|   |     |
|---|-----|
| Figur 5-5: Tverrsnitt av Swale med tre.....   | 70  |
| Figur 5-6: Innløpsvennlig kantsteinsutforming (Metro, 2002, p. 54).....   | 72  |
| Figur 5-7: Tverrsnitt av Swale uten tre.....  | 73  |
| Figur 5-8: Lengdesnitt av Swale-løsning .....   | 74  |
| Figur 5-9: Tverrsnitt av Infiltrasjonsgrøft med tre .....   | 75  |
| Figur 5-10: «Flow-through-planter». Grøftefrie soner reduserer vannhastighet i bratt vertikalkurvatur .....   | 76  |
| Figur 5-11: Tverrsnitt av Infiltrasjonsgrøft uten tre .....   | 78  |
| Figur 5-12: Tverrsnitt av Regnbed .....   | 79  |
| Figur 5-13: Regnbed erstatter sandfang. Hentet fra: (Thorolfsson, 2011) .....   | 80  |
| Figur 6-1: Elementer i konsekvensanalyse (Statens vegvesen, 2006a, p. 60) .....   | 88  |
| Figur 6-2: Konsekvensvifte (Statens vegvesen, 2006a, p. 142) .....  | 90  |
| Figur 6-3: Pluss-minusmetoden.....  | 90  |
| Figur 6-4: Samfunnsøkonomisk konsekvens av «gratispassasjerproblemet» (t.v.) og «julenisseeffekten» (t.h.). Basert på (Dedekam, 2002, p. 365) ..... | 95  |
| Figur 7-1: Eksempel på kostnadsbankrapport .....  | 98  |
| Figur 8-1: Berørte samfunnsgrupper (aktører) ved implementering av et Grønngate-tiltak .....  | 106 |
| Figur 8-2: Investeringskostnad, Swale med tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 4-50 m lengde.....  | 112 |
| Figur 8-3: Investeringskostnad, Swale uten tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 4-50 m lengde.....   | 113 |
| Figur 8-4: Investeringskostnad, Infiltrasjonsgrøft med tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 0-50 m lengde .....                                  | 114 |
| Figur 8-5: Investeringskostnad, Infiltrasjonsgrøft uten tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 0-50 m lengde .....                                 | 115 |
| Figur 8-6: Investeringskostnad, Regnbed (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 0-50 m lengde .....   | 116 |
| Figur 8-7: Tradisjonell overvannsgrøft .....  | 117 |
| Figur 8-8: Tradisjonell grønrrabatt .....   | 118 |
| Figur 8-9: Investeringskostnad, Tradisjonell grønrrabatt (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 0-50 m lengde .....                                    | 119 |
| Figur 8-10: Utvasking av bære- og forsterkningslag som følge av vann i vegbanen <sup>9</sup> .....  | 125 |
| Figur 8-11: Skader på veg på grunn av flom <sup>9</sup> .....   | 125 |
| Figur 8-12: Skissert normalprofil – Sa2 (alternativ 2) .....  | 126 |
| Figur 8-13: Rehabiliteringskostnader dersom tverrsnitt på Sa2-veg må skiftes ut i gitt lengde.....  | 127 |
| Figur 8-14: Tomtepriser per kvm (2013) - fylkesfordelt.....   | 129 |
| Figur 8-15: Helseutfordringen (Departementene, 2005) .....  | 133 |
| Figur 8-16: 92 <sup>nd</sup> Green Street (t.v.) og 92 <sup>nd</sup> kontroll (t.h.) (Dill et al., 2010) .....                                      | 134 |
| Figur 8-17: 104 <sup>th</sup> Green Street (t.v.) og 104 <sup>th</sup> kontroll (t.h.) (Dill et al., 2010) .....                                    | 134 |
| Figur 8-18 (t.v.) Kwanzan cherry (McPherson et al., 2007) .....   | 136 |
| Figur 8-19 (over) Spisslønn (R. V. Statens vegvesen, 2012) .....  | 136 |
| Figur 9-1: Oppmålt lengdeprofil, Strandgata. Kilde: Statens kartverk.....   | 147 |
| Figur 9-2: Planlagt ny gatestruktur (HamarKommune, 2012) .....  | 148 |
| Figur 9-3: Soneinndeling og fastsatte knutepunkt.....   | 150 |
| Figur 9-4: Avrenningsfelt.....  | 151 |
| Figur 9-5: Siktekurve, Grovt tilslag 8/16 mm .....  | 154 |
| Figur 9-6: Steder hvor BMP-løsninger anlegges i Grønngaten – Alternativ 1.....  | 157 |
| Figur 9-7: Alternativ 1 - Grønngaten .....  | 162 |
| Figur 9-8: Omkjøring ved stengning av Strandgata .....  | 163 |
| Figur 9-9: Kasseregner og virkelig nedbørsprofil .....  | 166 |
| Figur 9-10: Kristoffersen-regn for Hamar. 10-100 års regn.....  | 167 |

|   |     |
|---|-----|
| Figur 9-11: Akkumulert avrenning (m <sup>3</sup> ) (nederste figur) og vanddybde i swale (m) (øverste figur) ved 20 minutters Kristoffersen-regn (10-100 års regn)..... | 168 |
| Figur 10-1: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til 2 stk. Swale med tre.....   | 172 |
| Figur 10-2: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til 1 stk. Swale uten tre.....  | 173 |
| Figur 10-3: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til 4 stk. Infiltrasjonsgrøft med tre.....  | 174 |
| Figur 10-4: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til 6 stk. Infiltrasjonsgrøft uten tre.....   | 175 |
| Figur 10-5: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til 29 stk. Regnbed .....   | 176 |
| Figur 10-6: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til grønrrabatt....   | 177 |
| Figur 10-7: Samlede levetidskostnader – Alternativ 0.1 .....  | 181 |
| Figur 10-8: Samlede levetidskostnader – Alternativ 0.2 .....  | 182 |
| Figur 10-9: Samlede levetidskostnader – Alternativ 1 .....  | 182 |
| Figur 10-10: Kostnadsdifferanser mellom alternativene .....   | 184 |
| Figur 10-11: Neddiskonterte helsekostnader.....   | 185 |
| Figur 10-12: Neddiskonterte luftforurensningskostnader .....  | 185 |
| Figur 10-13: Neddiskonterte energikostnader .....   | 186 |
| Figur 10-14: Neddiskonterte trafikantkostnader .....  | 186 |
| Figur 10-15: Neddiskonterte forsikringsutbetalinger .....   | 187 |
| Figur 10-16: Forventet andel nytte- og kostnadsvirkninger ved Grønngate-tiltak målt mot alternativ 0.1 .....  | 190 |
| Figur 10-17: Forventet andel nytte- og kostnadsvirkninger ved Grønngate-tiltak målt mot alternativ 0.2 .....  | 192 |
| Figur 10-18: Verdivurdering; Landskapsbilde / bybilde .....   | 202 |
| Figur 10-19: Vurdering av omfang; Landskapsbilde / bybilde .....  | 202 |
| Figur 10-20: Verdivurdering; Nærmiljø og friluftsliv .....  | 203 |
| Figur 10-21: Vurdering av omfang; Nærmiljø og friluftsliv .....   | 203 |
| Figur 10-22: Verdivurdering; Naturmiljø.....  | 204 |
| Figur 10-23: Vurdering av omfang; Naturmiljø.....   | 204 |
| Figur 10-24: Vurdering av omfang; kulturmiljø og naturressurser .....   | 205 |

## Bildeliste

|   |    |
|---|----|
| Bilde 5-1: Forurenset overvann i oppstuvning ved sluk.....                                | 58 |
| Bilde 5-2: Implementeringsmuligheter i offentlig disponibelt vegareal .....               | 67 |
| Bilde 5-3: Oppsamling av vann nær grøntområder på grunn av kant- og belegningsstein ..... | 68 |





# Tabelliste

|  |     |
|--|-----|
| Tabell 2-1: Alternative metoder til håndtering av vegavrenning .....   | 13  |
| Tabell 3-1: Funksjonskrav til dreneringssystem nær veg (Statens vegvesen, 2011a, p. 115) .....   | 25  |
| Tabell 5-1: Forurensning i forbindelse med vegtrafikken ((Rasmussen, Roseth, & Mæhlum, 2002) hentet fra (Amundsen & Roseth, 2004)) ..... | 58  |
| Tabell 5-2: Klifs tilstandsklasser for ferskvann (Bratli et al., 1997) .....   | 59  |
| Tabell 5-3: Forventet konsentrasjon av tungmetaller i overflateavrenning fra sentrumsveg (Lindholm, 2004).....                           | 59  |
| Tabell 5-4: Forventet renseeffekt i sandfiltergrøfter (Åstebøl, 2007, p. 34) .....   | 60  |
| Tabell 5-5: Forventet forbedring av overflateavrenning som følge av rensing i sandfiltergrøfter .....                                    | 60  |
| Tabell 6-1: Konsekvensgrupper og identifiserte konsekvensvirkninger i håndbok 140 .....  | 89  |
| Tabell 6-2: Eksempler på hovedtyper av goder (Dedekam, 2002, p. 353).....  | 93  |
| Tabell 8-1: Identifiserte aktørgrupper i Grønngatevurderingen og etter Håndbok 140 -<br>Konsekvensanalyser .....                         | 105 |
| Tabell 8-2: Relevante virkninger for identifiserte aktørgrupper .....  | 109 |
| Tabell 8-3: Økonomiske indikatorer .....   | 109 |
| Tabell 8-4: Investeringskostnad, Swale med tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemeter....                                     | 112 |
| Tabell 8-5: Investeringskostnad, Swale uten tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemeter....                                    | 113 |
| Tabell 8-6: Investeringskostnad, Infiltrasjonsgrøft med tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemeter .....                      | 114 |
| Tabell 8-7: Investeringskostnad, Infiltrasjonsgrøft uten tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemeter .....                     | 115 |
| Tabell 8-8: Investeringskostnad, Regnbed (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemeter .....   | 116 |
| Tabell 8-9: Investeringskostnad per lengdemeter tradisjonell overvannsgrøft (150 mm – 800 mm)..  | 117 |
| Tabell 8-10: Investeringskostnad, Sandfangkum .....  | 117 |
| Tabell 8-11: Investeringskostnad, Inspeksjonskum - Overvannskum.....   | 118 |
| Tabell 8-12: Investeringskostnad, Tradisjonell grønrrabatt (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemeter .....                       | 118 |
| Tabell 8-13: Investeringskostnad, Trær i og utenfor grønrrabatt (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per tre.....                         | 119 |
| Tabell 8-14: Investeringskostnad, Fortausoverbygning (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per m <sup>2</sup> fortausareal .....           | 120 |
| Tabell 8-15: Grunnlag for landsdekkende gebyrgrunnlag. Hentet fra tabell A14 (Berge & Mellem, 2012).....                                 | 122 |
| Tabell 8-16: Drift og vedlikeholdskostnader knyttet til BMP-løsninger. (HaskoningDHV, 2012, p. 17) .....                                 | 123 |
| Tabell 8-17: Korrigerte drift og vedlikeholdskostnader etter norsk lønnsnivå. ....   | 123 |
| Tabell 8-18: Rehabiliteringskostnader – Utskifting av Sa2-veg. ....  | 126 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabell 8-19: Antall overvannsskader og erstatningsbeløp - 2010-2012.....   | 130 |
| Tabell 8-20: Dagens (2013) boligpriser, og forventet økning som følge av Grønngate-tiltak .....                                      | 132 |
| Tabell 8-21: Helsegevinster benyttet i dagen beregninger (Statens vegvesen, 2006a) .....   | 133 |
| Tabell 8-22: Økning i antall gåturer ved implementering av Green Street-tiltak (Dill et al., 2010) ...                               | 134 |
| Tabell 8-23: Anbefalte enhetsverdier for skadekostnader ved luftforurensning (Magnussen et al., 2010)<br>.....                       | 135 |
| Tabell 8-24: Årlig kg luftforurensning tatt opp, og unngått per «lite tre» (McPherson et al., 2007) ..                               | 136 |
| Tabell 8-25: Årlig nytte per tre, gitt skadekostnad og forventet opptak av luftforurensning .....                                    | 136 |
| Tabell 8-26: Årlig kg luftforurensning tatt opp, og unngått per m <sup>2</sup> vegetert flate (Yang, Yu, & Gong,<br>2008).....       | 137 |
| Tabell 8-27: Årlig nytte m <sup>2</sup> vegetert flate, gitt skadekostnad og forventet opptak av luftforurensning<br>.....           | 137 |
| Tabell 8-28: Forventede kostnader per tonn CO <sub>2</sub> - ekvivalenter i 2015, 2020, og 2030.....                                 | 137 |
| Tabell 8-29: Årlig tonn CO <sub>2</sub> tatt opp, og unngått per «lite tre», og årlig nytte per vegetert areal og «lite<br>tre»..... | 138 |
| Tabell 8-30: Verdsatte tidskostnader (kr/personetime) i Håndbok 140 (Statens vegvesen, 2006a, p. 94)<br>.....                        | 139 |
| Tabell 8-31: Investeringskostnad for stålskinnerekkverk som trafikksikkerhetstiltak (Statens vegvesen,<br>2005).....                 | 140 |
| Tabell 8-32: Energibruk til innsamling av avløpsvann og avløpsrensing i Oslo kommune 2010-2012<br>(OsloKommune, 2013).....           | 141 |
| Tabell 8-33: Årlig netto spart energi per «lite tre» plassert ved gate eller park (McPherson et al., 2007)<br>.....                  | 142 |
| Tabell 8-34: Europeisk rapporterte erfaringer knyttet til saltforbruk på porøs asfalt (DRD, 2012)....                                | 143 |
| Tabell 9-1: Areal og gjennomsnittlig avrenningskoeffisient ( $\phi$ ).....   | 151 |
| Tabell 9-2: Dimensjonerende vannmengde og valgt rørdimensjon i alternativ 0.1 .....  | 155 |
| Tabell 9-3: Elementer i alternativ 0.1 .....   | 155 |
| Tabell 9-4: Elementer i alternativ 0.2.....  | 156 |
| Tabell 9-5: Utforming av BMP-løsninger. Nødvendig areal og nødvendig lengde .....  | 160 |
| Tabell 9-6: Endring i konsumentoverskudd (kr/døgn) ved stengning av Strandgata .....   | 164 |
| Tabell 10-1: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til 2 stk. Swale med tre ....                                | 171 |
| Tabell 10-2: Levetidskostnader, 2 stk. Swale med tre.....  | 172 |
| Tabell 10-3: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til 1 stk. Swale uten tre ....                               | 172 |
| Tabell 10-4: Levetidskostnader, 1 stk. Swale uten tre.....   | 173 |
| Tabell 10-5: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til 4 stk. Infiltrasjonsgrøft med<br>tre.....                | 173 |
| Tabell 10-6: Levetidskostnader, 4 stk. Infiltrasjonsgrøft med tre .....  | 174 |
| Tabell 10-7: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til 6 stk. Infiltrasjonsgrøft uten<br>tre.....               | 174 |
| Tabell 10-8: Levetidskostnader, 6 stk. Infiltrasjonsgrøft uten tre .....   | 175 |
| Tabell 10-9: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til 29 stk. Regnbed .....                                    | 175 |
| Tabell 10-10: Levetidskostnader, 29 stk. Regnbed .....   | 176 |
| Tabell 10-11: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til grønnsrabatt og annet<br>vegetert areal .....           | 176 |
| Tabell 10-12: Levetidskostnader, grønnsrabatt.....   | 177 |
| Tabell 10-13: Investeringskostnad, 95,5 m <sup>2</sup> fortausareal .....  | 177 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabell 10-14: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til tradisjonelt ledningsnett i alternativ 0.1 ..... | 178 |
| Tabell 10-15 – Samlet ledningsgrøft – Alternativ 0.1 .....  | 178 |
| Tabell 10-16: Levetidskostnader, tradisjonelt ledningsnett i alternativ 0.1.....  | 179 |
| Tabell 10-17: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til tradisjonelt ledningsnett i alternativ 0.2.....  | 179 |
| Tabell 10-18: Levetidskostnader, tradisjonelt ledningsnett i alternativ 0.2.....  | 180 |
| Tabell 10-19: Levetidskostnader, kummer og sluk .....   | 180 |
| Tabell 10-20: Levetidskostnader, 45 m overløpsrør ø200 mm .....   | 181 |
| Tabell 10-21: Elementer i alternativ 0.1 .....  | 181 |
| Tabell 10-22: Samlede levetidskostnader – Alternativ 0.1 .....  | 181 |
| Tabell 10-23: Elementer i alternativ 0.2.....   | 182 |
| Tabell 10-24: Samlede levetidskostnader – Alternativ 0.2 .....  | 182 |
| Tabell 10-25: Elementer i alternativ 1 .....  | 182 |
| Tabell 10-26: Samlede levetidskostnader – Alternativ 1 .....  | 183 |
| Tabell 10-27: Differanser i levetidskostnader .....   | 183 |
| Tabell 10-28: Beregnet skattekostnad – Alle alternativ .....  | 187 |
| Tabell 10-29: Netto nåverdi, Alternativ 1 vs. Alternativ 0.1.....   | 188 |
| Tabell 10-30: Netto nåverdi, Alternativ 1 vs. Alternativ 0.2.....   | 191 |
| Tabell 10-31: Netto nåverdi, hypotetisk tiltaksberegning .....  | 193 |
| Tabell 10-32: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 1.....   | 195 |
| Tabell 10-33: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 2.....   | 196 |
| Tabell 10-34: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 3.....   | 196 |
| Tabell 10-35: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 4.....   | 197 |
| Tabell 10-36: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 5.....   | 197 |
| Tabell 10-37: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 6.....   | 198 |
| Tabell 10-38: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 7.....   | 199 |
| Tabell 10-39: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 8.....   | 199 |
| Tabell 10-40: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 9.....   | 200 |
| Tabell 10-41: Oppsummering av ikke-verdsatte konsekvenser .....   | 205 |
| Tabell 10-42: Samlet vurdering; Sammenstilling av samfunnsøkonomiske virkninger .....   | 206 |



DEL I

# **BAKGRUNN**

*«Thinking outside the pipe...»*



## KAPITTEL 1

# Innledning

### 1.1 Bakgrunn for oppgaven

---

Fokuset på en tverrfaglig, og miljøvennlig samfunnsplanlegging blir stadig viktigere både i Norge, og i verden. Et av de viktigste fokusene, og bakgrunnen for denne oppgaven er en økende bekymring for, og mangelfull håndtering av, overvannsproblematikken i by og tettsteder.

Endringene i klimaet vil i fremtiden føre med seg høyere temperaturer og endrede nedbørmønstre. Slike nedbørsendringer vil vise seg i form av kraftigere, og mer intense regnskyll, og med større lokale variasjoner. RegClim (2002) estimerer en økning i høstnedbør på ca. 20-30 % langs vestkysten, og ca. 10 % på Østlandet bare de neste 50 årene.

Lokalt, kraftig nedbør som en følge av endringer i klimaet har allerede vist seg i form av flomsituasjoner både nasjonalt og internasjonalt. Siden 1983 og frem til 2001 har de årlige forsikringsutbetalingene for vannskader økt fra hhv. 293 mill. kr til omtrent 2000 mill. kr (Lindholm, Nie, & Bjerkholt, 2007), hvor skader knyttet til overvann direkte står for omtrent en fjerdedel (jfr. kapittel 8.2.8).

Det er ikke bare økte nedbørmengder som har skyld i økningen av flomsituasjoner. En økende urbanisering og fortetting av byer og tettsteder må også ta en del av ansvaret. De siste årene har fortetting vært anbefalt som strategi for utbygging av byer og tettsteder (St.meld. nr.29 (1996-1997)). Samtidig har økt etterspørsel etter bolig ført til en urbanisering og utbygging av eksisterende grøntområder mange steder i landet.

Resultatet av dette vil være redusert konsentrasjonstid, høyere spissavrenning, og senket grunnvannstand, som på sin side igjen kan føre til bortfall av gjenværende eksisterende vegetasjon, og en videre forsterkning av prosessen.

I en klimasituasjon hvor det allerede forventes en økt mengde nedbør, forsterkes konsekvensene av en økt urbanisering. Med et ledningssystem som i tillegg ble dimensjonert for å ta imot *den tids* forventede avrenning, vil det være helt nødvendig med en alternativ, tverrfaglig, og bærekraftig overvannsplanlegging.

Da vegareal dekker 14 % av arealbruken i norske tettsteder<sup>1</sup>, og samtidig er en av de største bidragsyterne til forurensning av overvann, vil det være naturlig å inkludere en alternativ overvannshåndtering også i vegplanleggingen.

## 1.2 Problemstilling

---

En tverrfaglig veg-, og overvannsplanlegging har gjennom de siste 20 årene vokst frem som et bærekraftig tiltak for tilpasning til konsekvensene av klimaendringene. Dette spesielt i USA, hvor bærekraftig infrastruktur (*eng: Green Infrastructure*) har blitt anerkjent som en lønnsom og miljøriktig planleggingsmetode. I Portland, Oregon har man innført et program kalt «G2G» (*From Grey to Green Street*)(Dill et al., 2010).

I Norge er bruk av alternativ overvannshåndtering nærmest fraværende (jfr. kapittel 4). Bruken av «Best Management Practices» eller (BMP-løsninger)<sup>2</sup> omhandles noe i Statens vegvesens håndbok 261 – *Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging*, men da hovedsakelig som større bassengløsninger på areal i større vegprosjekter og utenfor byområder.

Det er i bykjernen man vil ha størst behov for en fordrøyning og rensing av overvann. Den store andelen tette flater vil tvinge omtrent alt nedbør som kommer til et bortledningssystem. Samtidig vil store mengder trafikk og køer gi en svært forurenset «first flush»- avrenning fra vegarealene. På grunn av vannets svært ødeleggende evne har dagens overvannshåndteringspraksis i all hovedsak hatt fokus på bortledning. Dårlig drenerte veger vil kunne gi både reduksjon i vegens bæreevne, samt redusere trafikksikkerheten.

Dette har resultert i at når overvannsproblematikken i senere tid er forsøkt å bli løst gjennom tverrfaglig samarbeid, er dette i hovedsak blitt løst av arealplanleggere, landskapsarkitekter, og VA-ingeniører. I en ny rapport (Sekse, 2012) om klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer, anbefales det at også vegplaner skal «*søkes utnyttet*» i en fremtidig overvannshåndtering. Det bør da gjøres i større grad enn til bruk som flomveger, som anbefalt i rapporten.

Gjennom en «grønn infrastruktur» implementeres både en alternativ overvannshåndtering og en samordnet areal og transportplanlegging i urbane byområder. Det oppleves likevel en tilbakeholdenhet når det gjelder tverrfaglig veg-, og VA-planlegging. Mangel på kunnskaper om kostnader og risiko, rutiner hvor VA-ingeniører trekkes sent inn i vegplanleggingen, og et eksisterende system som «fungerer fint slik som det er», gjør at man går for de tradisjonelle løsningene. Tilbakemeldinger fra VA-avdelingene i norske kommuner viser likevel et spirende engasjement for overvannsproblematikken, og en alternativ overvannshåndtering.

---

<sup>1</sup> <http://www.ssb.no/arealbruk/>

<sup>2</sup> BMP-løsninger benyttes som forkortelse for alternative håndteringsmetoder



Valg av vegprosjekter og vegutforminger, både kommunalt og statlig, foregår i dag på bakgrunn av kostnadsanalyser og utarbeidede vegstandarder. Dersom «Green Streets» skal implementeres som et bærekraftig tiltak må det være økonomisk konkurransedyktig i forhold til de tradisjonelle løsningene. I løpet av oppgaven avdekkes hvorvidt et økt fokus på tverrfaglig og miljøvennlig VVA-prosjektering vil være fordelaktig for samfunnet i et samfunnsøkonomisk perspektiv.

## 1.3 Formål

---

Formålet med denne oppgaven er å sette fokus på alternativ overvannshåndtering som funksjon i en tverrfaglig vegplanlegging, og belyse hvorvidt en slik planlegging vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt. Både prissatte-, og ikke-prissatte konsekvenser knyttet til vegplanleggingsmetoden «Green Streets» belyses og vurderes ut fra hvorvidt en slik planlegging vil slå positivt ut i en økonomisk beslutningsprosess.

Oppgaven viser også hvordan ulike BMP-løsninger kan implementeres i vegplanleggingen uten reduksjon i vegens bæreevne, og er på den måten en indirekte oppfordring til vegingeniører, VA-ingeniører, arealplanleggere, og landskapsarkitekter – både kommunalt og statlig – om å prøve å finne lokale, urbane løsninger på overvannsproblematikken gjennom en tverrfaglig vegplanlegging.

Kandidaten ønsker at man gjennom å lese oppgaven skal få et økt engasjement rundt tverrfaglig veg- og overvannsplanlegging, og innse at man gjennom en slik planlegging kan bidra til å håndtere overvannsproblematikken, og samtidig skape grønne, levende byområder.

Gjennom identifisering av nytteverdier, kostnader, konsekvenser, og utfordringer skal oppgaven avdekke om «Green Streets», eller «Grønngater», er den nye typen vegsystem, eller bare en visjon i norsk vegplanlegging.

## 1.4 Oppgavestruktur

---

Oppgaven er utformet som en utvidet samfunnsøkonomisk analyse, og er delt inn i 4 deler.

|         |   |                             |                           |
|---------|---|-----------------------------|---------------------------|
| Del I   | – | Bakgrunn                    | <i>(Kapittel 1 – 2)</i>   |
| Del II  | – | Situasjonen i Norge         | <i>(Kapittel 3 – 5)</i>   |
| Del III | – | Samfunnsøkonomisk vurdering | <i>(Kapittel 6 – 10)</i>  |
| Del IV  | – | Avslutning                  | <i>(Kapittel 11 – 13)</i> |

## Del I og II

Del I og II innebærer en utvidet problem-, og formålsbeskrivelse av alternativ overvannshåndtering langs urbane vegsystemer, med utgangspunkt i internasjonale erfaringer og muligheter knyttet til situasjonen i Norge.

Situasjonen i Norge beskrives gjennom gjeldende normer og krav (kapittel 3), og gjennom en omfattende undersøkelse av bruken av BMP-løsninger, holdninger, utfordringer, og forutsetninger knyttet til en alternativ overvannshåndtering blant de største kommunene i Norge (kapittel 4).

Del II omhandler også spesifisering av tiltak ved å adressere sentrale utfordringer knyttet til tverrfaglig VVA-planlegging. Resultatet maner ut i 5 ulike BMP-løsninger designet for å imøtekomme de norske utfordringer og forutsetningene, samt vegtekniske problemstillinger (kapittel 5).

## Del III

Del III tar for seg det samfunnsøkonomiske aspektet knyttet til en alternativ overvannshåndtering og grønngateprosjektering. Med utgangspunkt i dagens beslutningsprosesser (kapittel 6) gjennomgås de samfunnsøkonomiske prinsipper som ligger til grunn for identifisering og vurdering av nytte/kostnadsvirkningene knyttet til grønngateløsningene (kapittel 7).

Berørte samfunnsgrupper og identifiserte samfunnsøkonomiske virkninger beskrives og verdsettes (kapittel 8), og gir grunnlag for nytte/kostnadsberegningen av et «case-område». Case-området (overvann)beregnes, beskrives, og prosjekteres som en vanlig tradisjonell gate, og som en Grønngate. Dette for å illustrere reelle og konkrete virkninger av en grønngateimplementering (kapittel 9). Grønngatealternativet prosjekteres da gjennom en kombinasjon av de 5 designede, og kostnadsberegnete, BMP-løsningene.

Med utgangspunkt i de illustrerte alternativene beregnes den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ved å måle de estimerte nytteverdiene opp mot de estimerte kostnadene. Sammen med en usikkerhetsvurdering, vurderes de prissatte konsekvensene opp mot ikke-prissatte konsekvenser, og det gjøres en samlet vurdering (kapittel 10).

## Del IV

Oppgaven avsluttes med feilkildekommentarer, konklusjon, og anbefalinger til videre arbeid i hhv. kapittel 11, kapittel 12 og kapittel 13.

## KAPITTEL 2

# Green Streets og Grønngater

### 2.1 Grønn infrastruktur

---

Begrepet «grønn infrastruktur», eller «Green Infrastructure», ble først tatt i bruk i USA i 1994 i en rapport til guvernøren i Florida om landbevaringsstrategier, og naturens viktige del av byens «infrastruktur» (Firehock, 2010).

Siden dette har «grønn infrastruktur» blitt aktivt brukt i byutviklingsstrategier som en beskrivelse av et bærekraftig økologisk system, og en urban grønnstruktur. I følge Benedict og McMahon (2006) kan «grønn infrastruktur» brukes både som substantiv og adjektiv;

*“..As a noun, green infrastructure refers to an interconnected green space network that is planned and managed for its natural resource values and for the associated benefits”*

*“..As an adjective, green infrastructure describes a process that promotes a systematic and strategic approach to land conservation at the national, state, regional, and local scales, encouraging land-use planning and practices that are good for nature and for people”*

*(Benedict & McMahon, 2006, p. 3)*

Som det fremgår av sitatene over, kan grønn infrastruktur både beskrives som en sammenhengende grønnstruktur, og en systematisk og strategisk prosess. Denne måten å bevare grønnstruktur og permeable flater på ble etter hvert årsaken til at man i dag har utvidet konseptet til også å omhandle bærekraftige overvannshåndteringsløsninger i urbane områder. I dag benyttes «grønn infrastruktur», av det amerikanske miljøverndepartementet (US-EPA<sup>1</sup>) som en tilnæringsmetode og et konsept, byer og regioner kan velge, for å fremme bærekraftige og miljøvennlige tiltak innenfor:

- Habitat og dyreliv
- Energi og klima
- Alternativ overvannshåndtering
- Samfunn
- Luftkvalitet

(EPA, (ukjent))

---

<sup>1</sup> The United States Environmental Protection Agency

Tiltakene benyttes i en helhetlig byplanlegging, hvor både bygninger, park- og uteområder, samt vegareal inkluderes. I denne oppgaven settes det fokus på nytten av alternativ overvannshåndtering i vegplanleggingen.

## 2.2 Overvannshåndtering

---

### 2.2.1 Tradisjonell overvannshåndtering

Tradisjonelt sett blir overvann fanget opp og transportert bort i lukkede rørsystemer, og sluppet ut i nærmeste resipient. Planlegging og dimensjonering av bortledningssystemene har derfor i all hovedsak handlet om å sikre en tilstrekkelig kapasitet til dimensjonerende overvannsmengde.

Bortledning av overflatevann i lukkede rørsystemer har bakgrunn i ønsket om å skape gode urbane miljøer, og gi sikkerhet mot flom (Thorolfsson, 2012). Etter hvert som tidligere permeable områder ble tettet igjen av bygninger, asfalt, og stein, økte også avrenningen og faren for ødeleggelser og flom. Avløpsledningene som da ofte mottok både spillvann og overvann hadde derfor svært ofte for liten kapasitet i regnværperioder, og medførte også store kostnader ved at renseanleggene måtte håndtere overvannsavrenning. Forurenset utslipp fra overløp var derfor ikke uvanlig i regnværperioder. Med bakgrunn i dette ble et omfattende separeringsarbeid igangsatt i Norge.

Overvannet, som da ble sett på som «rent», ble ledet i egne rør til nærmeste resipient. I senere tid har undersøkelser vist at overvann ofte er svært forurensende, og inneholder både tungmetaller som Cu, Cr, Cd, Zn, Hg, Ni, Pb, mfl., samt andre organiske mikroforurensninger som PAH og PCB (Hvitved-Jacobsen, Vollertsen, & Nielsen, 2010; Thorolfsson, 2012).

Overvannet utgjør dermed både en kvalitet-, og kvantitetsutfordring.

### 2.2.2 Konsekvenser

Bortledning av overflatevann i lukkede, tradisjonelle rørsystemer utgjør en rekke konsekvenser, og er årsak til at man i dag snakker om *nødvendigheten* for en alternativ og naturlig overvannshåndtering.

Thorolfsson (2012) beskriver konsekvensene i følgende punkter:

- Reduksjon av kvalitet på landskapet

*Vann fungerer som estetisk element i et blå-grønt bybilde. Ved å fjerne alt vann reduseres kvaliteten i de urbane byområdene. Utenfor byområdene vil elver, bekker, og dammer kunne tørke ut som følge av senkning av grunnvannstand.*

- Øke avrenningen i volum og intensitet med fare for erosjon og jordras

*Tette flater hindrer en naturlig fordrøyning av regnvann, og kan gi skadelige vannhastigheter*

- Utslipp av vann fra overløp i fellessystemer

*Høy spissavrenning i felles spill- og overvannsledninger vil kunne føre til overbelastning og utslipp i overløp.*

- Skade på vegetasjon og bygningsfundamenter

*Ved senkning av grunnvannstanden kan trær og annen vegetasjon miste kontakt med vanntilførselen, og dermed visne og dø. Reduksjon av grunnvannstanden vil også redusere poretrykket i underliggende masser, og føre til setninger som kan være skadelige på bygninger og andre konstruksjoner.*

- Utslipp og spredning av overvannsforurensninger

*Utslipp av overvann potensielt kunne bidra til utslipp av tungmetaller, og organiske mikroforurensninger.*

I tillegg til konsekvensene av en bortledning vil en økning i intensiv nedbør og urbanisering kunne bidra til en overbelastning av eksisterende ledningsnett, som på sin side kan resultere i flom og skader. Ved å håndtere avrenningen *alternativt* reduseres disse konsekvensene.

## 2.3 Alternativ overvannshåndtering – «Thinking outside the pipe»

### 2.3.1 Det hydrologiske kretsløpet

Alternativ overvannshåndtering baserer seg kunnskap om den hydrologiske sirkel, eller «vannkretsløpet» (se figur).

Ved bruk av tradisjonell håndteringsmetode, og bortledning i lukkede rør, fjernes vannet fra det hydrologiske kretsløpet og det skapes ubalanse. En alternativ, bærekraftig overvannshåndtering søker å etterligne dette kretsløpet slik at man får minimale innvirkninger på systemet.



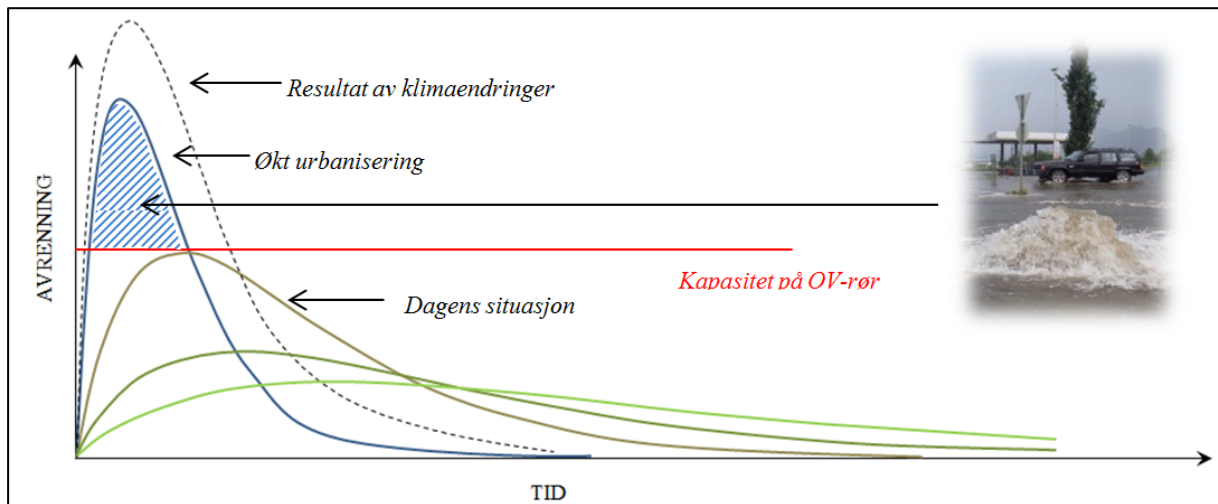
Figur 2-1: Vannkretsløpet

Kilde: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclenorwegian.html>

De urbanhydrologiske prosessene forklarer overflateavrenningen i bebygde områder. Den stadig økende urbaniseringen fører til en økning i overflateavrenning, og en reduksjon i de naturlige prosessene.

Overflateavrenningen består av følgende hydrologiske prosesser (Thorolfsson, 2012):

$$Q_{over} = Nedbør - Fordamping - Intersepsjon^2 - Infiltrasjon^3 - Gropmagasinerings^4 - Andre tap$$



Figur 2-2: Økt spissavrenning som resultat av økt urbanisering og klimaendringer (Basert på (Paus, 2012))

Ved utbygging reduseres de hydrologiske prosessenes ved at vegetasjon fjernes og erstattes av impermeable flater, som igjen fører til en økning i avrenning. Av figuren ser vi hvordan mengden overvann fordeler seg over kortere perioder, og med større intensitet på grunn av utbygging og gjentetting av permeable flater. Den stiplede linjen indikerer forventet avrenning på grunn av klimaendringene.

Figuren illustrerer også hvordan økt urbanisering påvirker kapasiteten til eksisterende overvannsnett. Areal over kapasitetsgrensen (rød linje) resulterer i overbelastning, og kan føre til flom.

Alternativ overvannshåndtering tar sikte på å redusere overflateavrenningen ved å øke, eller ivareta, de hydrologiske prosessene. I praksis gjøres dette ved å implementere BMP-løsninger som fremmer vegetasjon og reduserer antall impermeable flater, slik at man går fra blå til grønn linje igjen (jfr. Figur 2-2). Dette gjøres i en trinnvis håndteringsprosess.

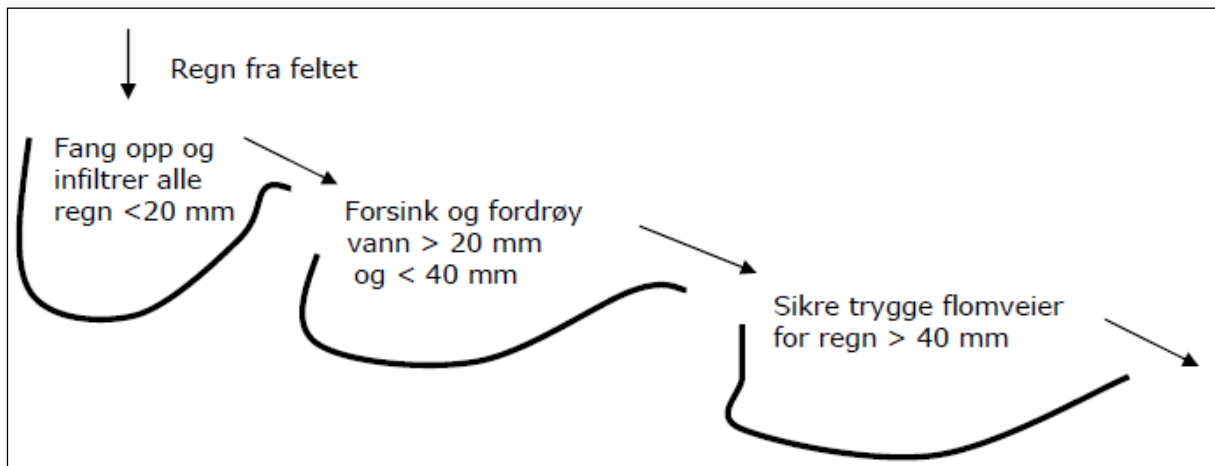
Den trinnvise håndteringsprosessen er basert på tanken om at man kan optimalisere overvannshåndteringen med tanke på forurensninger og flomskader ved å innføre ulike løsninger med ulik hensikt nedover i nedslagsfeltet, og etter forventet nedbørsmengde.

<sup>2</sup> Intersepsjon – Nedbøren henger seg igjen på trær etc, og når ikke overflaten.

<sup>3</sup> Infiltrasjon – Nedbør trenger seg ned gjennom stedlige jordmasser.

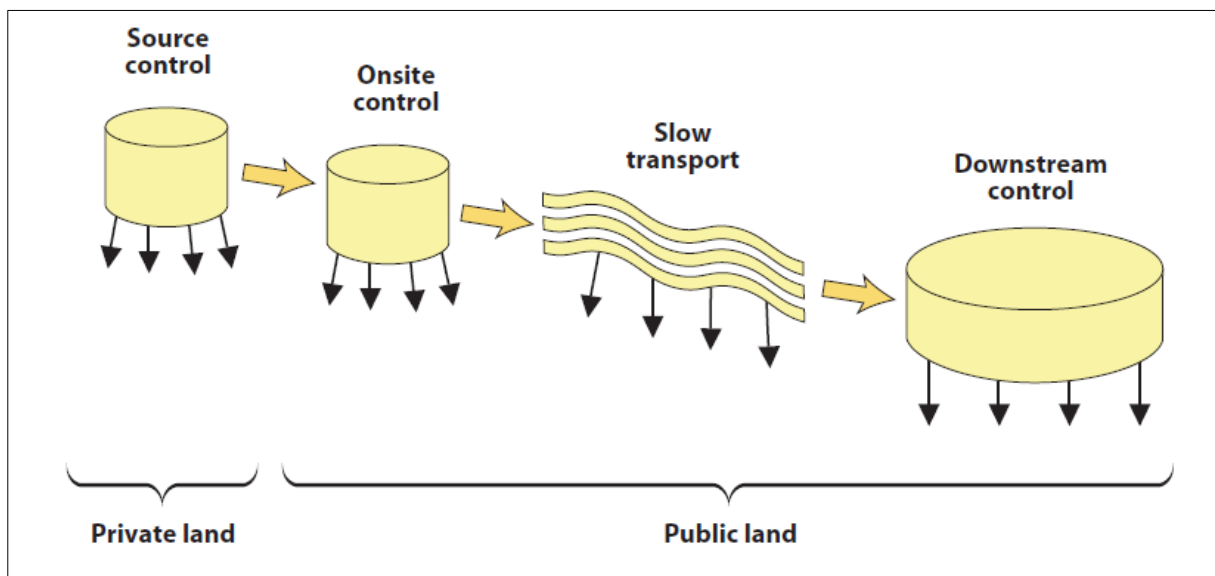
<sup>4</sup> Gropmagasinerings – Nedbør samler seg i «ruheter» på overflaten og fordamper derfra.

Norsk Vann (Lindholm et al., 2008) beskriver i sin veileder om klimatilpasset overvannshåndtering denne håndteringsprosessen som en *Treleddsstrategi* (jfr. Figur 2-3 under).



Figur 2-3: Overvannshåndtering gjennom treleddsstrategien (Lindholm et al., 2008, p. 8)

Peter Stahre (2006) kategoriserer løsningene i en «*firetrinnsmetodikk*» både etter hensikt og beliggenhet (Figur 2-4). Ved å kontrollere mest mulig av overvannet ved kilden, sikre en sakte transport med infiltrasjon nedstrøms i feltet, og innføre «end-of-pipe» behandlingsmetoder før utslipp i resipient, får man både redusert spissavrenningen, opprettholdt det hydrologiske kretsløpet, og sikret rensing av det forurensede overvannet.



Figur 2-4: Overvannshåndtering gjennom firetrinnsmetodikken (Stahre, 2006, p. 19)

Tankegangen om å sikre en bærekraftig håndtering gjennom flere ledd (ulike løsninger) står svært sentralt i teorien om alternativ overvannshåndtering. I internasjonal litteratur omtales

ofte dette samspillet mellom ulike BMP-løsninger som «*SUDS treatment trains*» (Bastien, Arthur, Wallis, & Scholz, 2010; Woods-Ballard et al., 2007).

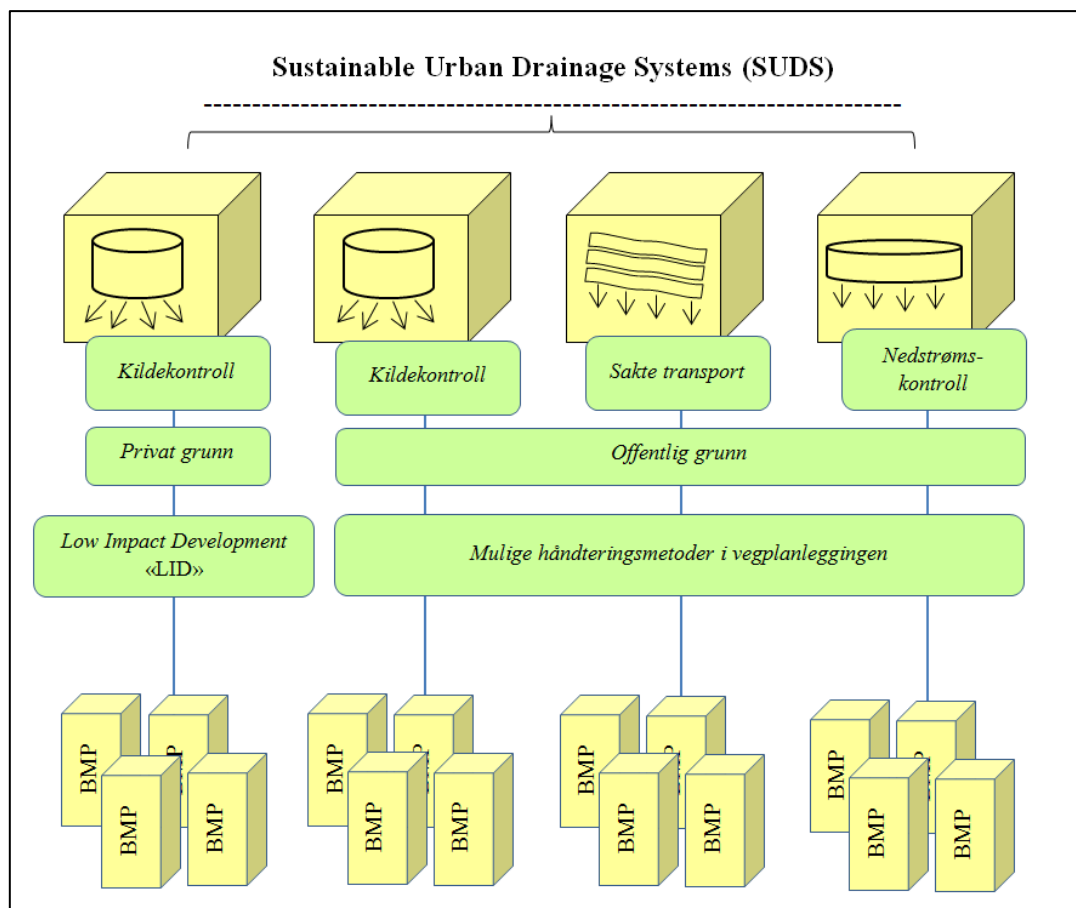
### 2.3.2 Sustainable Urban Drainage System og Best Management Practices

Selv om prinsippene rundt alternativ overvannshåndtering historisk sett er relativt nytt, benyttes flere betegnelser for å beskrive slike håndteringsmetoder. Internasjonalt omhandles en helhetlig, alternativ overvannshåndtering som «Sustainable Urban Drainage Systems». Som navnet antyder bidrar slike løsninger til en mer bærekraftig håndtering av overvannsproblematikken enn hva tradisjonelle rørsystemer gjør. Utledet fra «SUDS» stammer også betegnelsen «*SUDS treatment trains*» som nevnt over.

Som ledd i håndteringskjeden benyttes uttrykket «BMP», *Best Management Practices*. Utrykket som eksplisitt antyder at metoden er bedre enn alternative metoder, brukes i dag om de enkelte alternative håndteringsmetodene. Da BMP først ble tatt i bruk i planleggingssammenheng refererte man til samtlige alternative metoder som BMP, uavhengig om metoden faktisk fungerte «best» (NCHRP, 2006). Til sammenligning vil Stahres (2006) fire ulike kategorier inneholde flere ulike BMP-løsninger som oppfyller de tiltenkte hensiktene.

De siste årene er det utviklet seg en trend med lokal kildekontroll av overvann på privat grunn i USA. Denne utviklingen blir i litteraturen betegnet som «LID», *Low Impact Development*. Figur 2-5 illustrerer sammenhengen mellom de tre betegnelse, Peter Stahres firetrinnsmetodikk, og mulighetene for implementering i vegplanleggingen.





Figur 2-5: Sammenheng mellom SUDS, LID, BMP og overvannshåndtering i vegplanlegging

### 2.3.3 BMP-løsninger i vegplanleggingen

Tanken om alternativ overvannshåndtering i forbindelse med rensing og drenering av vegavrenning kom allerede på 1970 tallet, men ble for alvor tatt inn som et bærekraftig alternativ da *The Clean Water Act* ble revidert i 1987, med hensikt å finne rensemetoder på diffuse forurensningstilførsler<sup>5</sup>(Ferrier & Jenkins, 2010). Gjennom en litteraturstudie utført av kandidaten om alternative metoder for håndtering av overflatevann i bymessige strøk (Omdal, 2012), ble følgende metoder (BMP-løsninger) listet opp:

| Alternative håndteringsmetoder (BMP-løsninger) |  |
|--|--|
| - Store dammer                                 | - Infiltrasjonsgrøft                               |
| - Lokale dammer                                | - Prefabrikerte infiltrasjon / fordrøyningsmagasin |
| - Swales                                       | - Regnbed (bioretention)                           |
| - Bekker og renner                             | - Permeable dekker                                 |
| - Temporær oversvømmelse                       | - Filterstriper                                    |

Tabell 2-1: Alternative metoder til håndtering av vegavrenning

<sup>5</sup> Forurensninger som ikke springer ut fra et bestemt punkt

Foruten disse håndteringsmetodene benyttes ofte *Infiltrasjon på plen, Grønne tak, og Oppsamling av takvann* som effektive tiltak i en SUDS-strategi. Slike metoder implementeres på privat grunn og påvirker vegavrenningen kun indirekte ved at avrenning, fra hus til veg, reduseres.

I det videre brukes begrepet BMP som en forkortelse både på den enkelte alternative overvannshåndteringsmetode (BMP-løsning, BMP'er, etc.), og som et generelt begrep for bruken av alternative metoder (BMP-bruk, BMP-kommune (jfr. kapittel 4), etc.).

## 2.4 Green Streets

---

### 2.4.1 “Grey 2 Green”

Som nevnt i kapittel 2.1 er stadig flere byer opptatt av å fremme en grønn infrastruktur og en bærekraftig byutvikling. «*From Grey to Green Infrastructure*» («G2G») er navnet på storsatsningen til Portland, Oregon, som i dag er ledende i USA innenfor utbygging av blå-grønne løsninger. Grunnlaget for «G2G»-initiativet startet i 2006 da man begynte å utrede de økonomiske fordelene 7 ulike alternative overvannshåndteringsstrategier hadde på urbanhydrologien, habitat, og vannkvaliteten i byområdene. I 2008 ble det 5 år lange «G2G» programmet satt i gang, med en økonomisk ramme på 55 millioner dollar, nærmere 302 millioner kroner<sup>6</sup>. Gjennom prosjektet skulle det blant annet bygges 920 gater med mer vegetasjon og infiltrasjonsløsninger for vegavrenning, såkalte «Green Street»-områder, samt fremheve samarbeidet mellom veg- og VA-planlegging (Entrix, 2010).

### 2.4.2 Hensikt

*“Green streets (aka sustainable streets) are streets that incorporate natural, landscapebased features that infiltrate, reuse, or evapotranspirate stormwater and accommodate multiple travel modes, particularly walking and bicycling.”*

*(Dill et al., 2010, p. 2)*

En «Green Street» beskrives som:

- En del av et større nedslagsfelt for å forbedre den regionale vannkvaliteten.
- En løsning designet for å implementere en naturlig, alternativ overvannshåndtering i området.
- En metode for å minimere overvannsmengden som direkte ledes bort i lukkede system, og til nærmeste resipient.
- En synliggjøring av et «grønn infrastruktur»-system
- En inkorporert overvannshåndtering i den estetiske utformingen av vegen

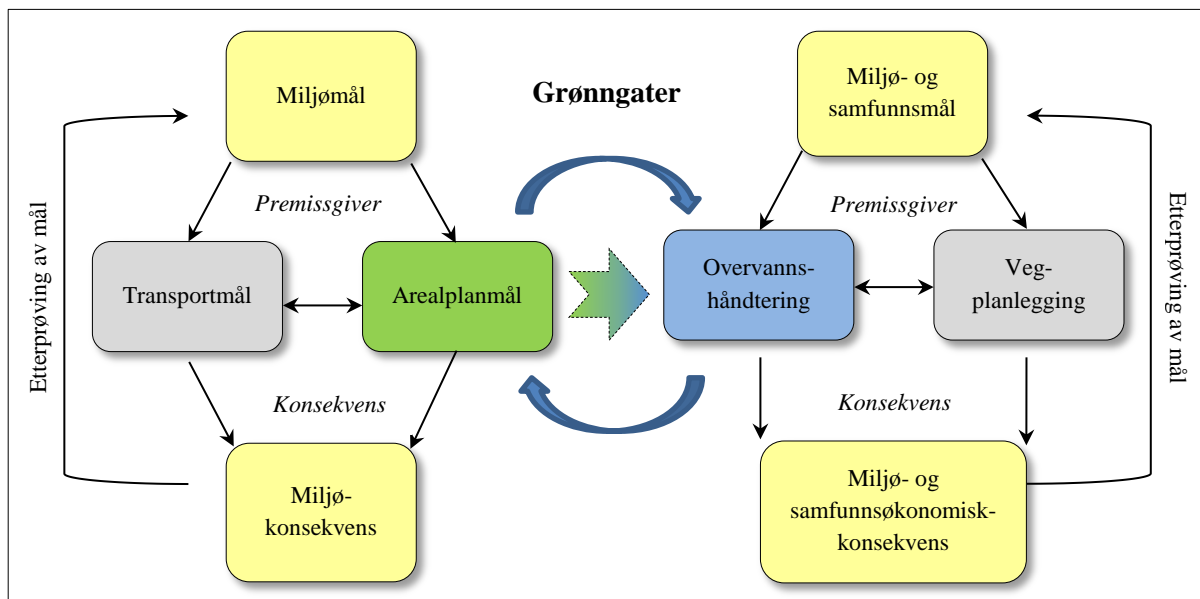
---

<sup>6</sup> 301 976 950,- (<http://www.valutakalkulator.net>) 30.01.13

- En maksimering av bruken av trær i gater for å oppnå størst mulig intersepsjon av regnvann, samtidig som man oppnår klimaforbedringer og bedre luftkvalitet.
- Et design som, rundt vannområder og/eller andre sensitive områder, reduserer påvirkningen fra trafikken.
- En løsning som krever en større tverrfaglig planlegging gjennom både planlegging av finansiering, drift, og vedlikehold.

(Metro, 2002)

Hensikten med «Green Streets» er å kombinere vegplanlegging, overvannsplanlegging, og en samordnet areal- og transportplanlegging slik at man oppnår økonomiske besparelser, og samtidig tilfører sosiale verdier.



Figur 2-6: Sammenheng og nærhet mellom samordnet areal- og transportplanlegging, alternativ overvannshåndtering, og Grøngater. Utviklet videre fra (Selberg, 2002, p. 66)

Figur 2-6 illustrerer hvordan vegplanlegging og overvannshåndtering gjensidig påvirker hverandre, og er to sider av samme sak. Man kan dermed ikke planlegge for det ene uten å ta hensyn til det andre (Selberg, 2002). Til nå har venstre del av figuren vært brukt til forklaring av teorien bak *samordnet areal- og transportplanlegging*. Planlegging bør i fremtiden fokusere like mye på en *samordnet veg- og overvannsplanlegging*.

Etter hvert som byer utvikler seg øker både arealet av bygninger, tette flater, og veger. Potensialet for å bruke vegnettet til å fremme en sammenhengende grønnstruktur gjennom det utbygde urbane området vokser dermed i takt med urbaniseringen.

Teorien bak «Green Streets» er at man gjennom en innovativ vegplanlegging kan utnytte denne gjennomgående strukturen, og skape levende grønne gaterom, samtidig som man skaper en bærekraftig overvannshåndtering og opprettholder de nødvendige funksjonene til vegsystemet. Ved å bygge grønne, sammenhengende gatesystemer oppfordres det også til en økning i gang- og sykkelturner (Metro, 2002).

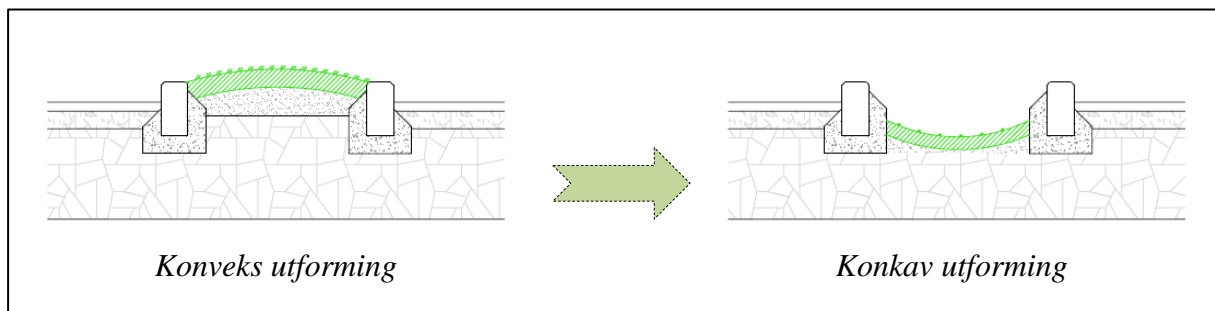
I Norge er ønsket om et gatenett som fordrer flere gåturer, sykkelturner, og annen fysisk aktivitet nedfelt i Nasjonal gåstrategi utarbeidet av Statens vegvesen (2012). I strategien påpekes viktigheten av både bystruktur og steds kvalitet, og to hovedmål fremheves:

1. *Det skal være attraktivt å gå for alle*
2. *Flere skal gå mer*

Til nå har «grønn infrastruktur» i Norge innebåret bygging av grønne byrom, og grøntanlegg langs vegsystemer og urbane gater. Overvannet er håndtert på tradisjonell måte.

«Green Street»-strategien utnytter disse grøntområdene slik at man også får til en bærekraftig overvannshåndtering. Dette gjøres ved at det samme arealet utformes til også å kunne ta imot, fordrøye, og infiltrere regnvann. Man går fra en *konveks* utforming til en *konkav* utforming

Sveinn T. Thorolfsson ved institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU omtaler dette som «*overvannshåndtering gjennom «vregning» av overflaten»*



Figur 2-7: «Vregning» av overflaten fra konveks utforming til konkav utforming

Det er i dag stort potensial til å implementere en alternativ overvannshåndtering på områder hvor det allerede er plantet vegetasjon ved å «slippe vannet til», i stedet for avvisning med kantstein. Kapittel 5.3 viser blant annet flere eksempler i Trondheim hvor overvannet kunne blitt håndtert alternativt på nærliggende grøntområder.

### 2.4.3 «Public right-of-way»

BMP-løsninger kan på mange måter implementeres i en vegplanlegging. Ved å anlegge løsninger både i og utenfor kjørebane. I hvert enkelt tilfelle må løsninger prosjekteres slik at man på best mulig måte får utnyttet «*public right-of-way*»- arealet.

«*Public right-of-way*»- arealer, eller offentlig disponibelt vegareal, er areal som eies av offentlig myndighet, og som dermed kan benyttes til ferdsel av alle. Slike arealer innebærer både kjørebane, gang- og sykkelveg, fyllinger, skjæringer, og grønnsrabatter.

«Green Street» utforminger utnytter dermed de tilgjengelige arealene slik at man unngår store arealbrukskostnader. Under vises hvordan små BMP-, og «Green Street»- løsninger er implementert i urbane områder og vegsystemer.



Figur 2-8: Swale

### Swales

Swales er en type vegetert dreneringsgrøft. Grøften er grunn, og utformet med sidehelninger. Selve utformingen gjør at man oppnår en fordrøyning (sakte transport) av regnvannet, samtidig som noe av regnvannet infiltrerer i underliggende masse.

I vegprosjektering kan swales implementeres både som grønrrabatter, og som erstatning for dype, eller grunne grøfter. Vegetasjonen som fungerer som filtermedium, gjør at løsningen er velegnet til håndtering av avrenning fra vegarealer.

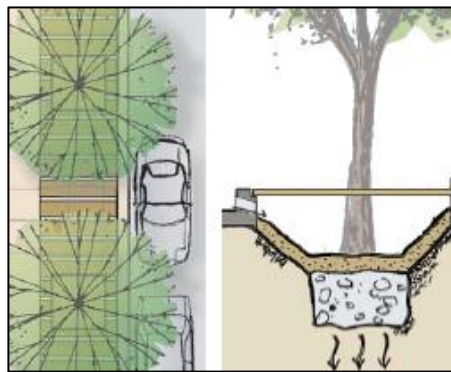
Avrenningen fra vegen føres ut i den vegeterte grøfta gjennom åpninger i kantsteinen. Avhengig av permeabiliteten i de stedlige massene vil overvannet infiltreres eller ledes bort i drenerør. Swales reduserer både spissavrenningen, og mengden bortledet overvann.

### Infiltrasjonsløsninger

Infiltrasjonsløsninger kan implementeres i et urbant vegprosjekt på mange måter.

- I forbindelse med grønrrabatter

Det kan anlegges en smal infiltrasjonsgrøft mellom grønrrabatt og kjørebane. Infiltrasjonsgrøften er et kunstig konstruert område med permeabel masse, og vil redusere mengden overvann inn mot rabatten. Også her vil permeabiliteten i de stedlige massene avgjøre om infiltrasjonsgrøften fungerer som et infiltrasjonsmagasin eller fordrøyningsmagasin.



Figur 2-9: Urban infiltrasjonsgrøft

Selve rabatten kan også utformes som en infiltrasjonsgrøft ved at eksisterende masse skiftes ut med permeabel ensgradert materiale (pukk, grus, etc.).

- Som parkeringsområde

Infiltrasjonsgrøft kan også utformes som parkeringsfelt. Parkeringsarealer konstrueres da med mekanisk stabiliserte og ensgraderte materialer for å sikre tilstrekkelig bæreevne. Som topplag benyttes permeable dekker (grus, belegningsstein, dreneringsasfalt etc.).

- I forbindelse med urban beplantning.

Avrenning fra både gang- og sykkelveg, og vegarealer kan ledes inn mot trær som er plantet på gangarealer, og infiltrere i massen rundt treet, eller i grøft (jfr. Figur 2-9).

Slike løsninger reduserer direkte andelen tette flater i et urbant landskap, og bidrar dermed til en reduksjon av overflateavrenningen. Avrenningen som delvis tas opp av rotsystemene til den urbane beplantningen bidrar dermed til videre vekst, og økt intersepsjon av regnvann

Ved svært impermeable stedlige masser kan infiltrasjon og fordrøyning sikres gjennom bruk av prefabrikkerte infiltrasjons- / fordrøyningsmagasin.

### Bioretention / regnbed

«Bioretention», eller regnbed, er et mye brukt element i utformingen av grønn infrastruktur, og i «Green Street»-initiativet.

De vegeterte områdene, som utformes som små bed (derav navnet «regnbed»), er utformet som grunne vegeterte forsenkninger, hvor det konstruerte filtermediet bidrar til både rensing av overvannet, og infiltrasjon (Woods-Ballard et al., 2007). Det konstruerte filtermediet er bygget opp av sand, matjord, og løvkompost (Paus, 2012), noe som gir regnbedet gode egenskaper til å rense tilført avrenning. Også her legges det inn drensør, dersom de stedlige massene ikke har gode infiltrasjonsegenskaper.

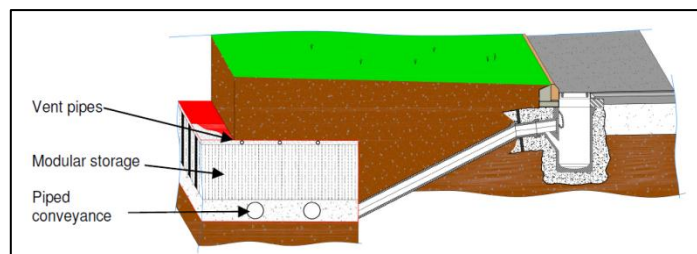


Figur 2-10: Regnbed anlagt innen offentlig disponibelt vegareal

Størrelsen på regnbedet, og bestemt maksimal vannstand, avgjør hvor mye avrenning regnbedet kan håndtere. Når dette tas hensyn til er regnbedet svært fleksibelt med tanke på utforming, noe som gjør at regnbed/bioretention-områder kan implementeres flere steder i et urbant landskap. Bildet over viser hvordan regnbed kan anlegges innenfor offentlig disponibelt vegareal.

### Prefabrikkerte fordrøyningsmagasin

Prefabrikkerte fordrøyningsmagasin kan benyttes som håndteringsmetode steder hvor det er mangel på areal, og steder med impermeable stedlige masser. Dette gjør at slike systemer er ideelle for bruk i tette, urbane områder.



Figur 2-11: Fordrøyningsmagasin (Pittner & Allerton, 2010, p. 62).

Flere steder i Norge benyttes fordrøyningsmagasin til lokal overvannshåndtering på privat grunn før utslipp på kommunal ledning (jfr. kapittel 4.2).

Avrenning fra vegareal og tilsluttende arealer ledes til sandfang/sluk på samme måte som ved konvensjonelt ledningsnett. Sandfanget fungerer her som innløpskum til fordrøyningsmagasinet. Den lagrede vannmengden infiltreres deretter i de stedlige massene og/eller i dreneringsrør, eller bortledes i overvannsrør.

Prefabrikkerte løsninger kan anlegges både under fortau/G/S-veg, og under overbygning i veg. Ved sistnevnte vil det være viktig å sikre tilstrekkelig lastfordeling slik at kollaps unngås.

#### 2.4.4 Grønngaten

Ved prosjektering og implementering av «Green Streets» i Norge, omtaler vi i det videre slike gatesystemer som «Grønngater». I dag benyttes betegnelsen «miljøgater» om gatesystem med miljøprioritert gjennomkjøring. For at et gatesystem med alternativ overvannshåndtering skal assosieres positivt på samme måte som miljøgaten, men samtidig fremstå som særegent, gis det navnet «Grønngate».

I det videre omtales fremtidige norske «Green Streets» for Grønngater. Ved referering til internasjonale erfaringer og gatesystem benyttes det originale navnet «Green Streets».





## DEL II

# SITUASJONEN I NORGE

*«Ingenting er umulig. Det umulige tar bare litt lengre tid»*

*(Hørt fra lokal maskinentreprenør i Sandnes..)*



## KAPITTEL 3

# Overvann i norsk vegplanlegging

Dette kapittelet tar for seg dagens krav og retningslinjer stilt av ulike offentlige myndigheter mht. overvannshåndtering og vegplanlegging, og drøfter dem opp mot «Green Street»-initiativet. Med tanke på realisering og implementering av Grønngater i Norge vil det være viktig at krav og retningslinjer tilfredsstilles.

### 3.1 Krav og retningslinjer

---

#### 3.1.1 Lover og forskrifter

##### Plan og bygningsloven (Pbl.)

«..Planmyndigheten skal påse at risiko- og sårbarhetsanalyse gjennomføres for planområdet [..]. Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for [..] arealet,[..] og eventuelle endringer [..] som følge av planlagt utbygging»

*Pbl. § 4-3, første ledd*

Bestemmelsen gir hjemmel for krav om ROS-analyse i forbindelse med alternativ overvannshåndtering. Dette har i senere tid utgjort krav om utarbeiding av flomsonekart

##### Byggteknisk forskrift (TEK10)

«Bortledning av overvann og drensvann skal skje slik at det ikke oppstår **oversvømmelse** eller **andre ulemper** ved dimensjonerende regnintensitet».

*TEK10, § 15-10, første ledd, annet punktum  
(min utheving)*

«Overvann, herunder drencvann, skal i **størst mulig grad** infiltreres eller på annen måte håndteres lokalt for å **sikre vannbalansen** i området og **unngå overbelastning** på avløpsanleggene».

TEK10, § 15-10, annet ledd, bokstav c  
(min utheving)

Gjennom TEK10 fastsettes hensikten og formålet med overvannshåndteringen. Overvannshåndteringen skal utformes på en slik måte at dimensjonerende regn ikke skal forårsake oversvømmelse eller andre ulemper.

En av årsakene til overvannsproblematikken er at man i dag opplever en større regnintensitet enn hva man gjorde ved dimensjoneringstidspunktet. Resultatet er at man flere steder har underdimensjonerte avløpssystem som ikke oppfyller TEK10 § 15-10, første ledd.

Det oppfordres videre til en alternativ overvannshåndtering i annet ledd. Dette skal skje «i størst mulig grad», noe som indikerer at det er et forhold som er opp til hver enkelt kommunes betalingsvilje og kunnskaper knyttet til alternative håndteringsmetoder.

#### Vannressursloven

Vannressursloven «har til formål å sikre en samfunnsmessig forsvarlig bruk og forvaltning av vassdrag og grunnvann» (vrl. § 1). Loven gir dermed føringer for overvannshåndtering som leder drenert eller avledet overflatevann til resipient/vassdrag.

«Vassdragstiltak skal planlegges og gjennomføres slik at de er til **minst mulig skade og ulempe** for allmenne og private interesser»

Vrl. § 5, andre ledd, første punktum  
(min utheving)

«Vassdragstiltak skal fylle alle krav som med rimelighet kan stilles til sikring mot **fare for mennesker, miljø eller eiendom**».

Vrl. § 5, tredje ledd  
(min utheving)

Med vassdragstiltak må i denne sammenhengen forstås tiltak som igangsettes for håndtering av overflatevann. Tiltakene skal sikre at overvannet ledes bort eller håndteres lokalt slik at det ikke fører til forurensninger til skade for miljø og mennesker, eller flom til skade på bygninger og konstruksjoner.

### 3.1.2 Håndbøker og retningslinjer

#### Kommunale retningslinjer

Overvannshåndteringen i norske byer reguleres og godkjennes av kommunens VA-myndighet. Det er i flere kommuner (eksempelvis Bergen, Fredrikstad, og Oslo) i senere tid blitt utgitt egne overvannsveiledere med anbefalinger og retningslinjer rundt en alternativ overvannshåndtering.

Norsk vann har gjennom sine to rapporter; 162/2008 – *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering* (Lindholm et al., 2008), og 190/2012 - *Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer* (Sekse, 2012), gitt føringer på hvordan kommuner kan håndtere overvannsproblematikken gjennom tiltak og tverrfaglig samarbeid.

Gjennom gitte føringer og retningslinjer kan kommunen styre overvannshåndteringen over på en bærekraftig tilnærming. Når det gjelder drenering og overvannshåndtering i forbindelse med vegprosjektering vil likevel krav satt av Statens vegvesen ha størst innvirkning på valgt løsning.

#### Statens vegvesen

Statens vegvesen stiller krav til utforming, planlegging, og bygging av hele det offentlige vegnettet. Det er da hovedsakelig håndbøkene i Nivå 1 (Normaler) som har hjemmel i forskrift om anlegg av offentlig veg (Samferdselsdepartementet, 2007). Når det gjelder drenering og overvannshåndtering vil det være Statens vegvesens håndbok 018 – *Vegbygging* (2011a) som gir føringer. Krav gitt i Statens vegvesens håndbok 017 – *Veg- og gateutforming* (2008b) må også oppfylles.

#### Håndbok 018 – Vegbygging (Statens vegvesen, 2011a)

Ved planlegging av dreneringssystem stilles det både krav til tilsluttende arealer, og til selve vegkonstruksjonen gjennom funksjonskrav.

*«Avrenningssituasjonen, både på overflaten og i bakken, skal i så stor grad som mulig være slik den var før tiltaket ble gjennomført» (p. 113)*

*«Veganleggets avvannings- og drens-system skal være funksjonsdyktig under aktuelle vær- og klimaforhold året gjennom, og i hele veganleggets levetid» (p. 115)*

| Funksjonskrav                           |  |
|---|--|
| • Sikre planlagt bæreevne               | • Sikre mot skader ved oversvømmelse   |
| • Sikre avrenning fra kjørebane/skuldre | • Sikre mot ras, utglidning, erosjon som følge av overflatevann eller vann i grunnen |

Tabell 3-1: Funksjonskrav til dreneringssystem nær veg (Statens vegvesen, 2011a, p. 115)

Ved implementering av Grøngater i urbane områder vil ofte overflateavrenningen fra vegarealene være forurenset, og mange av de alternative håndteringsmetodene brukes i dag

som rens tiltak. Det stilles derfor funksjonskrav til utforming av renseløsninger. Hovedmomentene fra kapittel 403.43 er gjengitt kort i stikkordsform:

- Nedstrømsforhold
- Resipientkrav
- Enkelt og effektiv D&V
- Helårsdrift
- Sikkerhet for barn
- Landskapsmessig tilpasning
- Anleggs-elementer
- Sikker bortledning
- Rent vann avskjæres
- Nødoverløp i forkant

For å unngå inntrengning av vann i overbygningen settes det også krav til at dreneringsgrøften skal ha dybde på 0,35 m under overbygning.

#### Håndbok 017 – Veg- og gateutforming (Statens vegvesen, 2008b)

Ved implementering av Grønngater vil det være viktig å opprettholde de krav som er satt til veg- og gateutformingen gjennom håndbok 017.

Formannskapet (eller den formannskapet bemyndiger) er vegmyndighet for de kommunale vegene, og kan fravike normalen til fordel for egen vegnorm. Det har likevel ikke lyktes å finne kommunale vegnormer som stiller *strengere* krav enn håndbok 017, og det tas dermed utgangspunkt i krav angitt i denne normalen.

- Sikkerhet
- Fremkommelighet
- Miljø
- Universell utforming

#### Håndbok 261 – Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging (Statens vegvesen, 2006b)

Håndbok 261 gir føringer på dimensjonering og utforming av alternative rens- / håndteringsmetoder utover hva som er beskrevet i håndbok 018 – Vegbygging.

### 3.1.3 Andre bestemmelser

#### Forurensingsforskriften

Forurensingsforskriften setter krav til dimensjonering, bygging, drift, og vedlikehold av avløpsanlegg i både mindre og større tettbebyggelser.

*«Avløpsnettets skal, uten at det medfører uforholdsmessig store kostnader, dimensjoneres, bygges, drives og vedlikeholdes med **utgangspunkt i den beste tilgjengelige teknologi og fagkunnskap..»***

*Forurensingsforskriften § 14-5, første ledd  
(min utheving)*

Gjennom forurensingsforskriftens §§ 14-5<sup>1</sup> sikres miljøet mot konsekvenser av utslipp av blant annet overvann. I følge bestemmelsen skal miljøet sikres ved at det dimensjoneres etter best tilgjengelige fagkunnskap og teknologi, og mht. klimatiske forhold.

Med tanke på at det i dag finnes gode internasjonale erfaringer knyttet til alternativ overvannshåndtering, samtidig som mange avløpsanlegg er underdimensjonert mht. fremtidige klimaendringer, kan det stilles spørsmålsteget om hvor mye lenger bestemmelsene i forurensingsforskriften kan sies å være oppfylt.

### EU-direktiv

EUs vanndirektiv er nedfelt i forskrift om rammer for vannforvaltningen (vannforvaltningsforskriften), og setter krav til kvalitet på både grunnvann og overflatevann (jfr. §§ 4 og 6). EUs flomdirektiv er gjeldende i alle EU-land, og vil i følge NVE, også bli implementert i Norsk lovgivning som følge av EØS-avtalen (NVE, 2007). Flomdirektivet har som formål å sikre helse, miljø, kultur, økonomi og infrastruktur<sup>2</sup>. Dette gjøres gjennom kartlegging av flomrisiko og flomrisikoanalyse.

## 3.2 Klimahensyn i vegplanleggingen

---

### 3.2.1 Dagens håndteringsmetode

I dag håndteres overvann fra veg i all hovedsak ved bortledning i lukkede rørsystemer. På denne måten overholdes funksjonskravene til dreneringssystemet etter håndbok 018 (Statens vegvesen, 2011a) på enklest mulig måte. Bortledning i rørsystemer gir også mulighet for å lede det forurensede overvannet til renseanlegg, og slik overholde miljøkrav til utslipp i vassdrag/resipient fra avløpsanlegg.

Vegplanleggingssektoren imøtekommer de forventede klimatiske forholdene på flere måter (jfr. Figur 2-2):

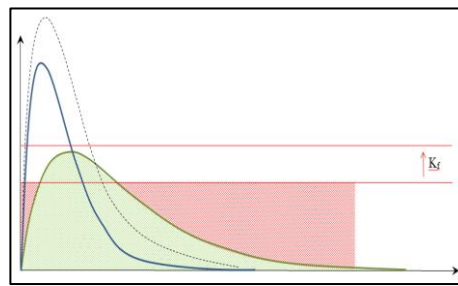
---

<sup>1</sup> Tilsvarende §§ 13-6 for mindre tettbebyggelse

<sup>2</sup> «human health and life, the environment, cultural heritage, economic activity and infrastructure» 37 § 3

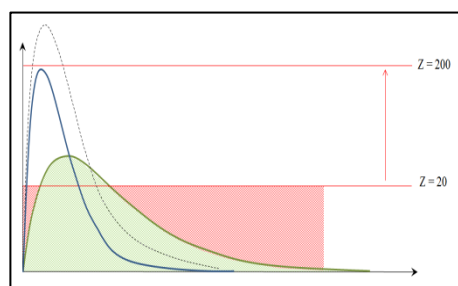
1. Klimafaktor – Det er i mengdeberegningen av forventet avrenning medtatt en klimafaktor ( $K_f$ ). Klimafaktoren skal ta hensyn til en forventet økning i nedbøren, slik at drenerings- og overvannssystemene er dimensjonert for å håndtere en økning i ekstremnedbør.

Klimafaktoren er på 1,4 (forventet økning på 40 %), og er basert på forslag fra Spildevannskomiteen (Arnbjerg-Nielsen, 2008) i den danske ingeniørforeningen IDA. 40 % er innenfor RegClims<sup>3</sup> forventede økning på 20 - 30 % innen 50 år. Beregningene gir likevel et estimat av forventet kasseregn<sup>4</sup>, og tar ikke hensyn til spissavrenning. Ved å innkalkulere en klimafaktor hever man den røde linjen, og man unngår flom.



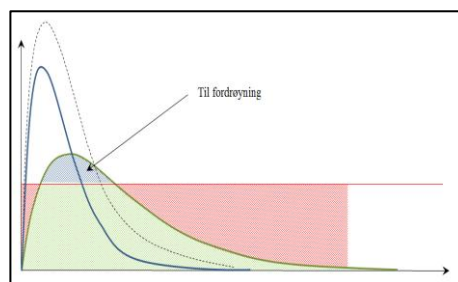
Figur 3-1: Dimensjonering med klimafaktor

2. Gjentakintervall – For å håndtere spissavrenningen dimensjoneres drenerings- og overvannsanlegg med høyere gjentakintervall ( $z$ ). Det benyttes  $z$  lik 50 og 100 år på veier hhv. med og uten omkjøringsmuligheter. Kulverter og bekkeløp dimensjoneres med hhv. 100 og 200 års gjentakintervall. I praksis betyr dette at linje for dimensjonert kasseregn heves, og overbelastningsfare reduseres. (jfr. Figur 3-2).



Figur 3-2: Dimensjonering med økt gjentakintervall

3. I rurale-, og semi-urbaneområder anlegges det områder som kan fordrøye overskytende vannmengde ved regnepisoder over dimensjonerende regn. Kapasiteten til drenerings- og overvannssystemet beholdes, mens avrenningsforløpet endres til mindre spissavrenning over lengre tid. (jfr. Figur 3-3).



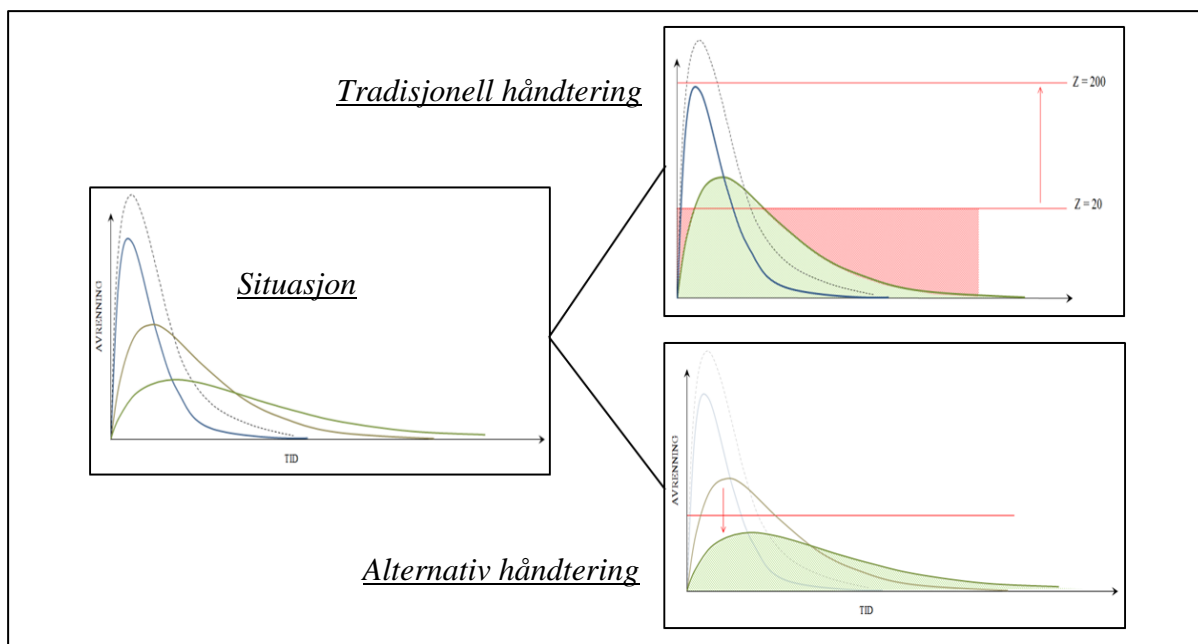
Figur 3-3: Nødvendigheten med fordrøying av overvann

I urbane vegprosjekter vil man ha vanskeligheter for å finne arealer til flomhåndtering, og man må enten redusere mengden overvann og spissavrenningen, eller oppdimensjonere ledningsnett.

<sup>3</sup> Jfr. kapittel 1.1

<sup>4</sup> Gjennomsnitt av målte maksimalintensiteter over en gitt regnvarighet. (jfr. Figur 9-9)





Figur 3-4: Tradisjonell- og alternativ håndteringsløsning på fremtidig nedbørssituasjon

Figur 3-4 viser hvordan man gjennom bruk av flere grøntområder kan redusere avrenningen og oppnå en alternativ håndtering. Dersom avrenningen må håndteres tradisjonelt krever dette store rørdimensjoner.

Til nå har man i vegprosjekter sikret seg mot nedbørsskader i urbane områder ved at man har benyttet et gjentakintervall på 50 år i stedet for 30 år. Når man i dag opplever flere 100 og 50 års regn med få års mellomrom, kan det settes spørsmålsteget ved om dagens praksis er mest hensiktsmessig i forhold til gjeldende krav og retningslinjer.

### 3.2.2 Overvannshåndtering i Grønngate-løsninger

Punktene under er tatt med utgangspunkt i overnevnte krav og retningslinjer.

#### Plan og bygningsloven

Bruken av alternativ overvannshåndtering, både i vegprosjekter og generelt, vil i større grad enn bruken av tradisjonell bortledning, bidra til å forbedre risiko- og sårbarhetsforholdene i et område. Ved å erstatte tette flater med permeable vegetasjonsområder reduseres faren for flom, og skader grunnet senkning av grunnvannstand.

#### Byggteknisk forskrift (TEK10)

Alternativ overvannshåndtering vil infiltrere, og fordrøye regnvann, slik at overbelastning av håndteringssystemet unngås. Det oppfordres direkte til bruk av naturlig bærekraftig håndtering av overvannet gjennom § 15-10, annet ledd, bokstav c. «...i størst mulig grad...» bør også omfatte en bærekraftig overvannshåndtering i vegplanleggingen.

### Vannressursloven

Grønngate-løsninger tilfredsstillende anbefalingen om at nedbør bør få avløp gjennom infiltrasjon i grunnen. Det må derimot stilles strengere krav til rensing av forurenset vegavrenning gjennom naturlige metoder. Det er gjennom ulike litteraturkilder<sup>5</sup> påvist gode renssegenskaper ved flere BMP-løsninger. Tilførsel av vegsalt (NaCl) er likevel en utfordring ettersom det er vanskelig å rense gjennom naturlige infiltrasjonsløsninger (Amundsen et al., 2008). Kravet om minst mulig skade på både miljø og mennesker kan oppfylles gjennom fordrøyningskapasiteten til de ulike BMP-løsningene.

### Statens vegvesen

En av de største utfordringene ved implementering av Grønngater er oppfyllelse av krav satt av Statens vegvesen i håndbok 017 (2008b) og håndbok 018 (2011a). Statens vegvesen har gjennom etatsprogrammet NORWAT (*Nordic Road Water*)<sup>6</sup> satt fokus på vannkvalitet og rensing av overvann fra veg. Store alternative håndteringsløsninger benyttes da gjerne i rurale områder hvor det god tilgang på arealer. I urbane områder ledes overvannet (dersom det krever rensing) til rensaneanlegg i lukkede rør. En undersøkelse blant de 5 regionskontorene bekrefter at vannet i all hovedsak ledes bort fra vegkroppen før rensing/håndtering (jfr. kapittel 4.1) (Omdal, 2012). En Grønngate har denne løsningen integrert. Utfordringer knyttet til dette er omtalt i kapittel 5.

### EU direktiver

Både EUs vanddirektiv og flomdirektiv oppfordrer til en overvannshåndtering som i større grad kan ta hensyn til fremtidige klimautfordringer, og på denne måten unngå forurensning og skader grunnet flom. NORWAT er vegsektorens resultat av implementeringen av EUs vanddirektiv<sup>6</sup>. En Grønngate vil på mange måter kunne bidra til å redusere risiko for flom.

### Forurensingsforskriften

Grønngater og alternativ overvannshåndtering tilfredsstillende krav i forskriften om både dimensjonering, bygging, drift, og vedlikehold av avløpsanlegg. Gjennom bruk av Grønngater vil man kunne håndtere fremtidige klimaforhold på en forsvarlig måte. Det må likevel drøftes om det i dag foreligger tilstrekkelig tilgjengelig fagkunnskap. Da spesielt i kommunal sektor.

### Kommunale retningslinjer

De kommunale overvannsveilederne setter stort fokus på en bærekraftig, alternativ håndtering av overvannet. Bruken av Grønngater vil derfor på mange måter passe inn i de kommunale målsettingene. Kommunale gater vil også ha størst utfordringer, ettersom de ofte er urbane gater uten særlig tilgjengelig areal. Det foreligger likevel liten erfaring knyttet til etablering, drift og vedlikehold av alternative løsninger.

---

<sup>5</sup> jfr. kapittel 5.2.1

<sup>6</sup> <http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/NORWAT/Om+etatsprogrammet>

## KAPITTEL 4

# Alternativ overvannshåndtering i norske kommuner

Som et ledd i kartleggingen av hvorvidt en norsk Grønngate-implementering vil kunne være en ny type vegplanlegging, har 68 norske kommuner blitt kontaktet og oppfordret om å fortelle om kommunens bruk av, og erfaringer med, alternativ overvannshåndtering.

### 4.1 Innledning

---

Det er innledningsvis i de tre første kapitlene pekt på både utfordringer og konsekvenser med økt forventet nedbør som følge av klimaendringer de kommende årene. Teorier og internasjonale erfaringer knyttet til alternative håndteringsmetoder av regnvann både fra vegger og andre arealer er omtalt, og det er påpekt belegg for bruken av en slik overvannshåndtering i nasjonale og internasjonale bestemmelser.

Enkelte regioner i Statens vegvesen (Sør, Øst, og Vest) har allerede skiftet fokus bort fra tradisjonell til alternativ håndtering av overvannet, mens man i de to nordlige regionene fremdeles har fokus på bortledning og tradisjonell håndtering (Omdal, 2012). Selv om Statens vegvesen i større grad har begynt å ta i bruk store, åpne arealer til fordrøyning og rensing av vegavrenning i rurale og semi-urbane områder, vil de største mulighetene knyttet til bruk av en alternativ overvannshåndtering lang veg, være i kommunal sektor.

Kommunale vegger står for 41, 5 % av det offentlige vegnettet med 38 970 km av totalt 93 822 km. I tillegg til dette kommer kommunale gang- og sykkelveger, som utgjør 66,4 % av offentlige gang- og sykkelveger med 6537 av 9850 km<sup>7</sup>. Det er altså i urbane områder man vil ha størst andel tette flater, og de største konsekvensene ved overbelastning på grunn av økt spissavrenning.

---

<sup>7</sup> Nøkkeltall for Statens vegvesen for 2012.

Kilde: <http://www.vegvesen.no/Om+Statens+vegvesen/Aktuelt/Arsrapporter+og+nokkeltall>

Dersom Grønngate-initiativet skal kunne implementeres i disse gatene, og overflateavrenningen fra vegarealene håndteres alternativt, må man i den enkelte kommune stille seg positiv til dette. For å finne ut hvorvidt Grønngaten vil være en realistisk, bærekraftig vegplanlegging i fremtiden er det sendt ut mail til de 5 største<sup>8</sup> kommunene i hvert fylke. Til sammen utgjør dette 91 kommuner.

Mailen er sendt til de kommunale VA-avdelingene. Selv om Grønngate-initiativet omhandler overvannshåndtering langs vegarealer, er det VA avdelingene ved de fleste kommunene som styrer overvannsnettene hvor avrenningen fra vegarealene blir tilført. Det er også VA-avdelingene som står for de kommunale retningslinjene for overvannshåndtering (overvannsveilederne) i kommunen. Disse ble derfor ansett som de beste til å svare for kommunens tanker, erfaringer, og utfordringer.

Skal man implementere BMP-løsninger langs veg må både utfordringer knyttet til en stedlig, alternativ overvannshåndtering, og utfordringer knyttet til vann ved vegkonstruksjoner hensynstas. Dette er nærmere omtalt i neste kapittel. Hensikten var derfor å avdekke bruk, utfordringer, og holdninger blant norske kommuner.

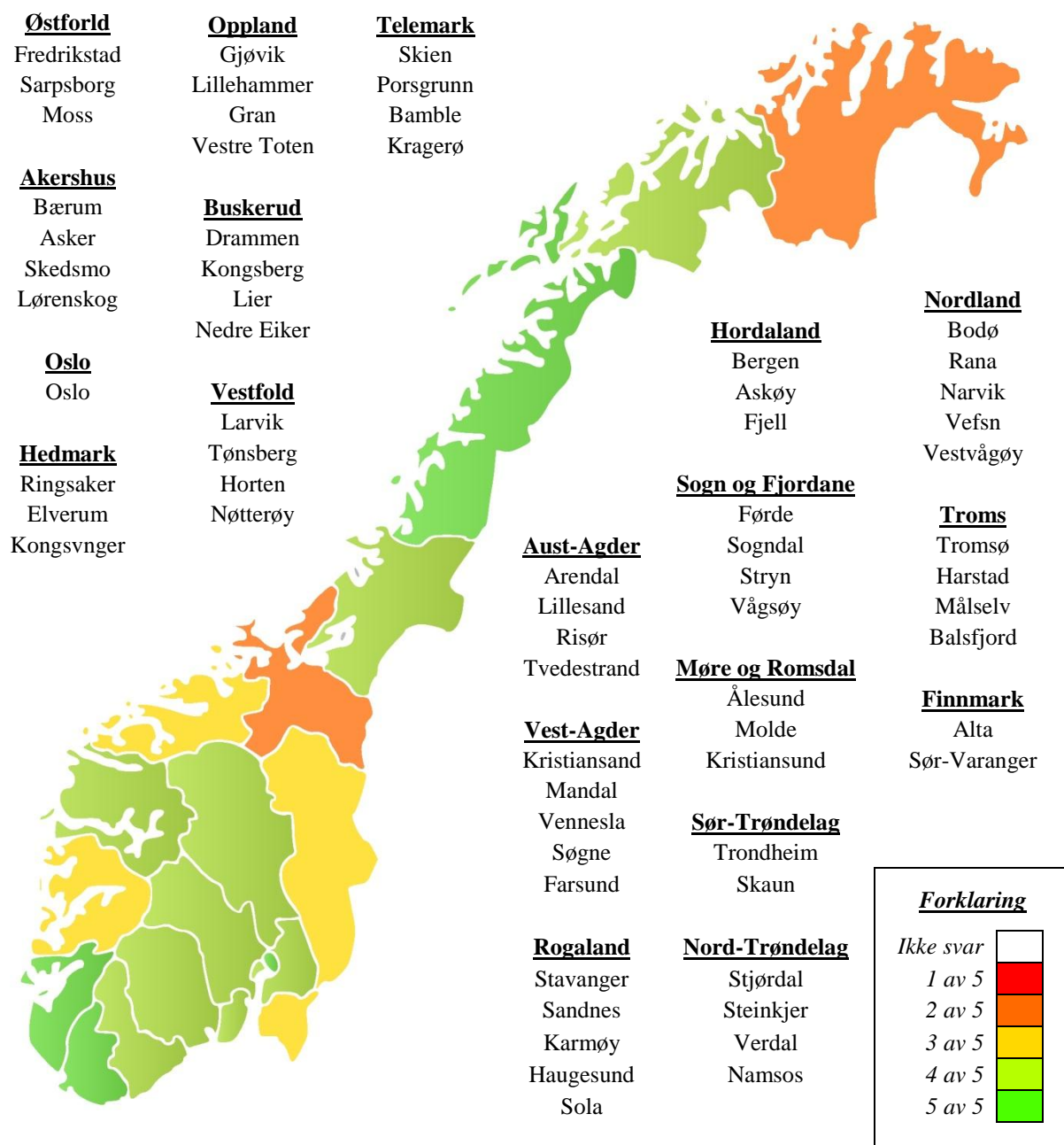
Mailen ble forfattet med 4 spørsmål, i stedet for en «link» til en spørreundersøkelse, med oppfordring om å fortelle om sin kommunes overvannshåndteringspraksis. Det ble av kandidaten ansett for å være større sannsynlighet for svar på denne måten. Komplette mail er lagt i Vedlegg B

Av 91 spurte kommuner kom det svar fra 68 stk., og som utgjør en svarprosent på 75 %. Kommunene utgjør til sammen 60 % av Norges innbyggertall, og gir dermed en god indikasjon på samlet praksis i Norge.

Følgende kommuner deltok i undersøkelsen og gav tilbakemelding (Figur 4-1). Kartet illustrerer grafisk svarresponsen knyttet til de 19 fylkene. Oslo markeres som «enten/eller».

---

<sup>8</sup> Målt etter innbyggertall (ssb.no)



Figur 4-1: Deltakende kommuner og fylkesvis svarprosent

Tilbakemeldingene fra kommunene har vært svært varierende, fra detaljerte beskrivelser av kommunens overvannhåndteringspraksis, til rene utsagn som «*Vi bruker kun tradisjonelle løsninger.*». Følgelig vil usikkerheten knyttet til dataene variere med tilbakemeldingene, kunnskapene om situasjonen i kommunen, og kjennskapene til alternativ overvannhåndteringspraksis generelt.

Enkelte kommuner nevner eksempelvis planlegging og anleggelse av flomveger som kommunens eneste alternative overvannhåndteringstiltak. På bakgrunn av dette er det hevdet at kommunen(e) er godt tilpasset en alternativ overvannshåndtering på grunn av en særlig bratt terrestruktur. På samme måte hevder enkelte kommuner at en alternativ overvannshåndtering *ikke* passet hos dem, på grunn av mye slakt og flatt terreng.

Med utgangspunkt i prinsippene for en bærekraftig og alternativ håndtering av overflateavrenningen vil det nettopp være i flate og slake urbane områder behovet for en slik håndtering vil være størst. Her vil det kreves størst dimensjoner for bortledning av overvann, og en økning i spissavrenningen vil lett føre til overbelastninger og evt. påfølgende skader på nærliggende bygninger og konstruksjoner.

Tallene, og grunnlaget for utarbeidingen av grafer og figurer, er basert på en subjektiv tolkning av tilbakemeldingene fra de 68 kommunene. Dette kombinert med svært varierende tilbakemeldinger, samt en muligens ulik oppfatning av begrepet «alternativ overvannshåndtering, gjør at det vil være nærliggende å forvente feiltolkninger i forhold til opprinnelig situasjon i kommunen.

Like interessant som de fremkomne tallene, er derfor hvordan alternativ overvannshåndtering oppfattes i kommunene i forhold til kandidatens oppfatning av emnet. Som eksempel kan nevnes Bærum og Arendal kommune, hvor Bærum, med foregangsprosjektet på Fornebu har etablert bekker og renner for å håndtere overvannet og forsinke spissavrenningen (sakte transport). Arendal på sin side opplyser at de legger vekt på å *beholde* åpne bekker og evt. utvide kapasiteten av disse.

Begge metoder transporterer overvann på en «alternativ» måte i forhold til konvensjonelt rørsystem, og begge løsninger vil gi forbedret kapasitet i selve transportnettet, eller nedstrøms. Det forsøkes likevel å skille mellom bekker og renner som et ledd i en håndteringskjede ("*SUDS treatment trains*", jfr. kapittel 2.3), og hvor bekker og renner i større eller mindre grad representerer en nærliggende resipient, hvor overvannet på enklest og billigste måte føres til utslipp gjennom tradisjonelle rørsystemer.

Det er viktig å merke at tallene under ikke gir en komplett oversikt over norske og kommunale forhold, men snarere en indikasjon på hvilke momenter som oppleves sentrale, og hvilke kunnskaper som finnes om temaet innen norske kommuner<sup>9</sup>. På bakgrunn av tilbakemeldingene, er følgende konklusjoner gjort.

---

<sup>9</sup> Tilbakemeldingene reflekterer hvilke kunnskaper som finnes i de kommunale VA-avdelingene, og ikke generelt

## 4.2 Bruk av alternativ overvannshåndtering

---

Bruken av alternativ overvannshåndtering viser seg å være et nytt og relativt uprøvd emne blant mange av de spurte kommunene. Til tross for at flere kommuner de siste årene har utarbeidet egne kommunale retningslinjer for overvannshåndteringen, med føringer til blant annet plan og bygningsloven og byggt teknisk forskrift (TEK10), fremstår bruken av alternative håndteringsmetoder som lite benyttet i mange kommuner.

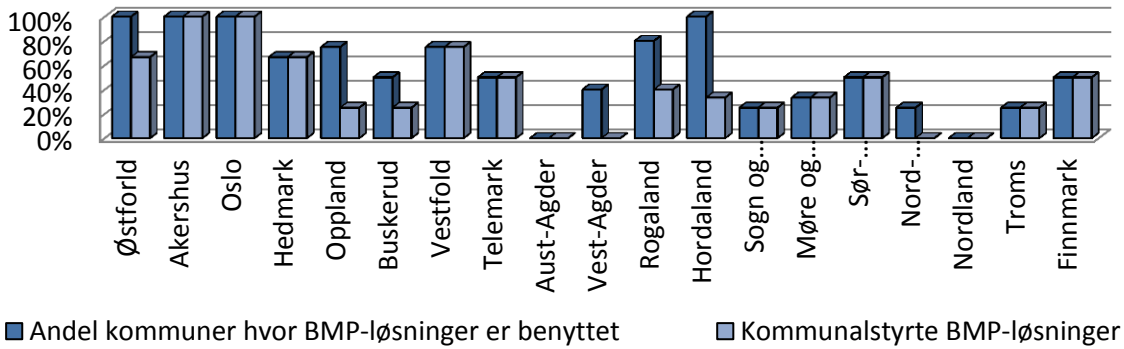
Som det fremgår av Figur 4-2d oppgir kun 51 % av de spurte kommunene at det blir benyttet en eller annen form for BMP-løsning til å håndtere overvannsavrenningen. Av disse oppgir ca. en tredjedel (31 %) at slike løsninger kun er innført gjennom krav til private utbyggere. Kun 35 % (24 kommuner) opplyser at de per i dag, i kommunal regi og eierskap, har innført infiltrasjons- og fordrøynings tiltak i sin kommune.

Figur 4-2 viser hvordan spesielt kommuner på Sør-Vestlandet har innført krav til lokal håndtering, uten å eie eller drifte disse løsningene selv. Årsaken til dette vil mest sannsynlig skyldes en allerede forverret nedbørsituasjon i disse områdene, og kapasitetsproblemer på det kommunale ledningsnett. Flere steder er det allerede satt krav ved utbygging om at det ikke skal føres inn på større vannmengder på det kommunale ledningsnett enn før utbygging. Kravet letter prosessen for kommunene, og fører ansvaret for løsning over på de private utbyggerne. Det skal likevel sies at Bergen kommune fremstår som en av pionerne ved bruk av åpne, alternative overvannshåndteringsløsninger. Dette fremkommer ikke av figuren.

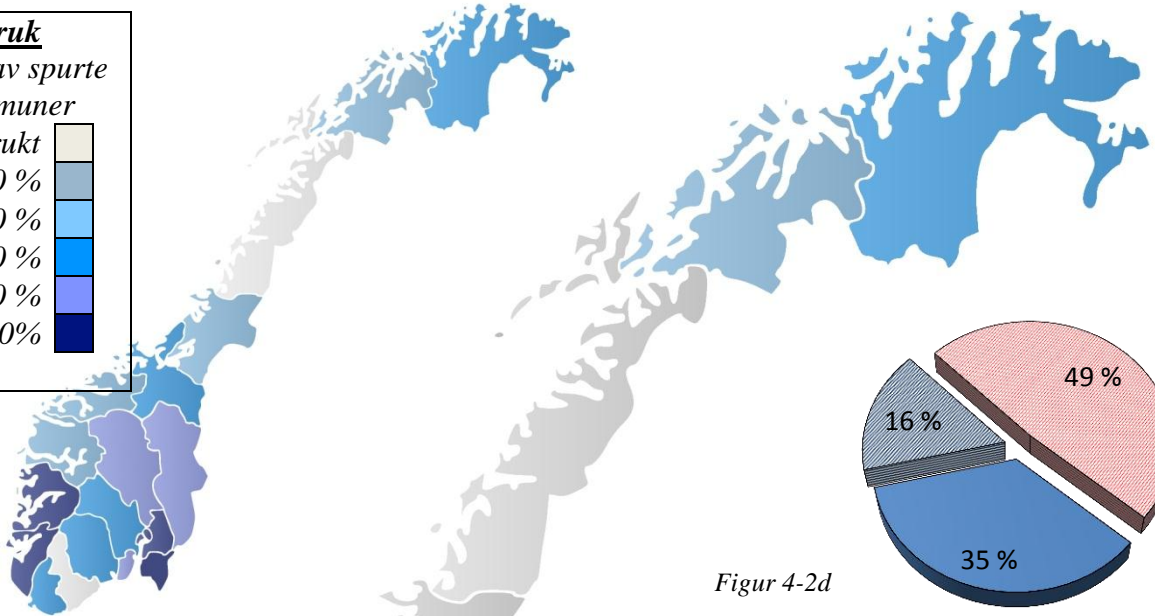
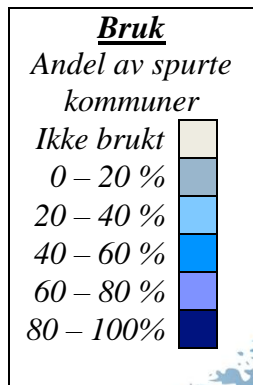
Av kandidaten ble det på forhånd forventet at bruken av BMP-løsninger skulle være størst i kystnære områder, og spesielt på Sør-Vestlandet, for gradvis å avta desto lengre nord man kom i landet. Teorien var at urbane områder på Sør-Vestlandet allerede hadde innført krav som resultat av økt nedbør og fortetting. Samtidig ble det forventet at nordligere områder med mindre nedbør og åpne områder i mindre grad ville se behovet for bruken av slik håndtering.

Forventningene er her delvis bekreftet ved at bare 3 av 15 spurte kommuner fra Nord-Trøndelag og nordover opplyser om bruk av slike løsninger. Det fremstår likevel ikke, ut fra de gitte dataene, som noen direkte sammenheng mellom beliggenhet og bruk av håndteringsløsninger. Dersom *nødvendigheten* for slike løsninger var den største faktoren, burde man i større grad sett en klarere forskjell mellom vestlandskysten og Østlandet.

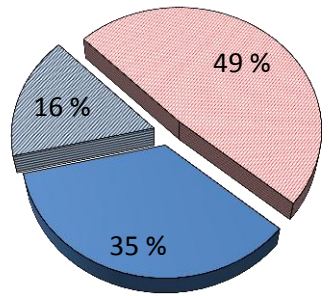
I stedet fremstår antall innbyggere i kommunen som en bestemmende faktor. Av Figur 4-2a ser vi hvordan andelen kommuner med implementerte BMP-løsninger, i større eller mindre grad, øker med antall innbyggere i kommunen. Hvor andelen ligger på 100 % for kommuner med flere enn 75 000 innbyggere, opplyser kun gjennomsnittlig 18 % med innbyggertall mellom 5 000 – 20 000 at de bruker noen form for alternativ overvannshåndtering i deres kommune. Mye av årsaken til dette er nok at de største kommunene har de største VA-avdelingene, den største tilgjengelige kompetansen, samt en økonomi til å planlegge, og gjennomføre alternative overvannshåndteringstiltak.



Figur 4-2a



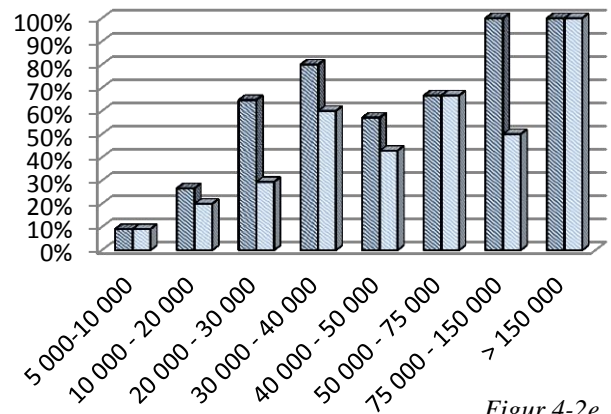
Figur 4-2b



Figur 4-2d



Figur 4-2c



Figur 4-2e

Figur 4-2: Bruk av alternative håndteringsmetoder (BMP'er) i kommunen

- Andel av spurte kommuner som benytter BMP-løsninger, og andel kommuner med BMP'er i egen regi
- Fylkesfordelte kommuner som benytter BMP-løsninger inkl. fordrøyningsmagasin
- Fylkesfordelte kommuner som benytter BMP-løsninger ekskl. fordrøyningsmagasin
- Prosentandel kommuner som benytter alternative metoder
- Andel kommuner som benytter BMP-løsninger, andel med BMP'er i egen regi fordelt på innbyggertall



## 4.3 BMP-løsninger

Hvilke BMP-løsninger som blir benyttet, og hvor mange ulike løsninger, varierer fra kommune til kommune.

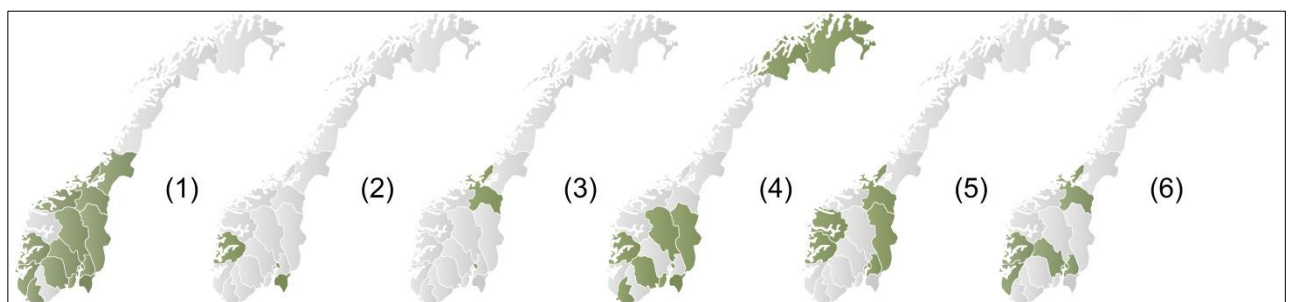
I Tabell 2-1 er det nevnt 10 ulike alternative håndteringsmetoder (BMP-løsninger) som kan implementeres i urbane byområder for håndtering av overflatevann. 6 av disse er opplyst benyttet i norske kommuner.

- *Fordrøyningsmagasin*
- *Grøfter/ Swales*
- *Regnbed*
- *Infiltrasjonsgrøft*
- *Bekker og renner*
- *Dammer*

Figur 4-4 viser antall ulike BMP-løsninger som på en eller annen måte er implementert i overvannshåndteringen. Gjennomsnittlig blir det benyttet 2,4 ulike løsninger i hvert BMP-fylke. Vi ser også at Oslo, Hordaland, Sør-Trøndelag, og Akershus, fremstår som fylker med flest benyttede BMP'er. Dette samsvarer med Oslo og Hordaland som foregangsfylker innenfor alternativ overvannshåndtering. At Sør-Trøndelag fremstår som et fylke med 4 ulike BMP'er må ses i sammenheng med det utbredte forskningsmiljøet i tilknytning til NTNU. Som det fremgår av Figur 4-3 og Figur 4-4b ser det ikke ut til å være noen geografisk forklaring på hvilke metoder som benyttes, eller hvor.

Av de ulike BMP-løsningene, er fordrøyningsmagasin mest benyttet, hvor 32 av de 35 kommunene som benytter BMP'er, opplyser at hele eller deler av håndteringen skjer i fordrøyningsmagasiner. Dette utgjør 91 %, og 47 % av alle de spurte kommunene.

At fordrøyningsmagasiner fremstår som den mest utbredte BMP-løsningen kan, og bør, ses i sammenheng med at det i mange tilfeller er opp til de private utbyggerne å bestemme *hvordan* de skal håndtere overvannet før det slippes ut på det kommunale overvannsnett. Magasinene som kan graves ned, opptar ikke verdifullt areal, og foretrekkes dermed svært ofte av utbyggere. Som det fremgår av Figur 4-3(1) benyttes fordrøyningsmagasin mer eller mindre over hele sørlige del av Norge, fra Nord-Trøndelag og sørover.



Figur 4-3: Fylker hvor spesifikke BMP-løsninger er opplyst brukt

- (1) *Fordrøyningsmagasin*
- (2) *Grøfter/Swales*
- (3) *Regnbed*
- (4) *Infiltrasjonsløsninger*
- (5) *Bekker og renner*
- (6) *Dammer*

Den desidert minst benyttede løsningen er regnbed, som vi kun finner i Oslo og Trondheim, og da kun i privat, og forskningsregi (Braskerud, 2013) (jfr. Figur 4-3(3)). Swales er også lite utbredt. Kun 3 kommuner opplyser at denne BMP-løsningen blir benyttet i overvannshåndteringen.

14 kommuner opplyser at overvann håndteres gjennom en eller annen form for infiltrasjonsløsning. Dette utgjør 40 % av BMP-kommunene, og 21 % av alle de 68 spurte kommunene. Til å være en av løsningene det oppfordres<sup>10</sup> til, både gjennom overvannsveilederne og tekniske forskrifter, er tallet overaskende lavt. Årsaken til dette er mest sannsynlig oppfatningen av infiltrasjonsløsninger som svært drift- og vedlikeholdskrevende. Samtidig opplyser enkelte kommuner at grunnforhold og klima (eksempelvis barfrost) gjør bruken av slike løsninger vanskelig. Vi ser likevel at de kommunene i Troms og Finnmark som benytter BMP, opplyser at de gjør dette ved bruk av infiltrasjonsløsninger (jfr. Figur 4-3(4)).

Til tross for at det ble forventet høyere tall, er likevel håndtering gjennom infiltrasjon den «nest mest» benyttede løsningen etter fordrøyningsmagasiner.

Bekker og renner er nevnt av 7 kommuner, og utgjør 20 % av BMP-kommunene. Som nevnt innledningsvis er det forsøkt å skille mellom de kommunene som opplyser at de leder alt overvann til nærmeste bekk, og dem som opplyser at bekker og renner er benyttet som en håndteringsmetode. Resultatene kan derfor fremstå lavere enn de egentlig er.

Det samme gjelder for dammer, hvor 8 kommuner opplyser at de benytter dammer som et håndteringstiltak. Flere kommuner fører overvannet sitt ut i nærliggende dammer, og gjør dette ettersom dette er nærmeste resipient. Andre kommuner bruker dammer som et konkret tiltak for å oppnå nedstrømskontroll og evt. rensing av overvannet.

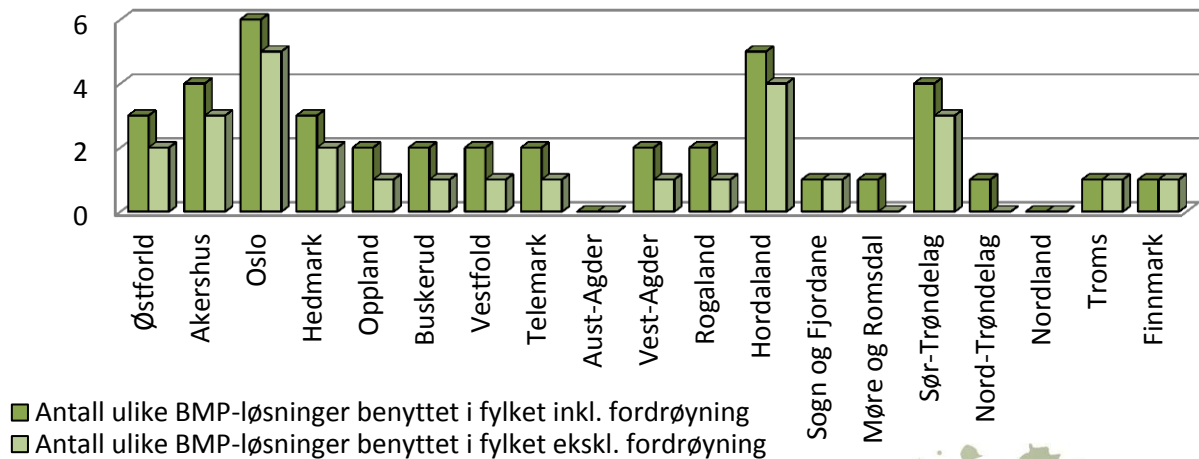
I tillegg til de 6 overnevnte løsningene opplyser enkelte kommuner at de i fremtiden planlegger å *kreve* kildekontroll på privat grunn (jfr. Figur 2-4) i form av løsninger som grønne tak, og frakopling av taknedløp. Dette er likevel LID-løsninger som ikke kan implementeres i vegplanleggingen (jfr. Figur 2-5), og går heller ikke mye igjen i tilbakemeldingene. Det er derfor valgt å se bort fra disse løsningene i illustrasjonene.

De to oversiktene, Figur 4-2 og Figur 4-4, er utarbeidet med utgangspunkt i hvordan kommunene selv forklarer sin egen situasjon. Det skal likevel sies at flere kommuner opplyser at de jobber med egne kommunale overvannsveiledere, og at det foreligger planer for en utvidet implementering av alternative overvannhåndteringsløsninger, både i boligprosjekter og sentrumsområder.

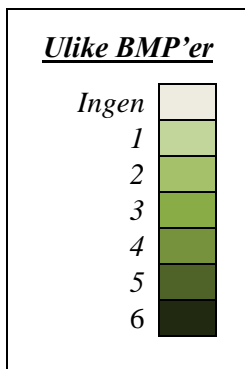
Det er derfor nærliggende å anta at fargenyansene på de to kartene ville være annerledes om et par år.

---

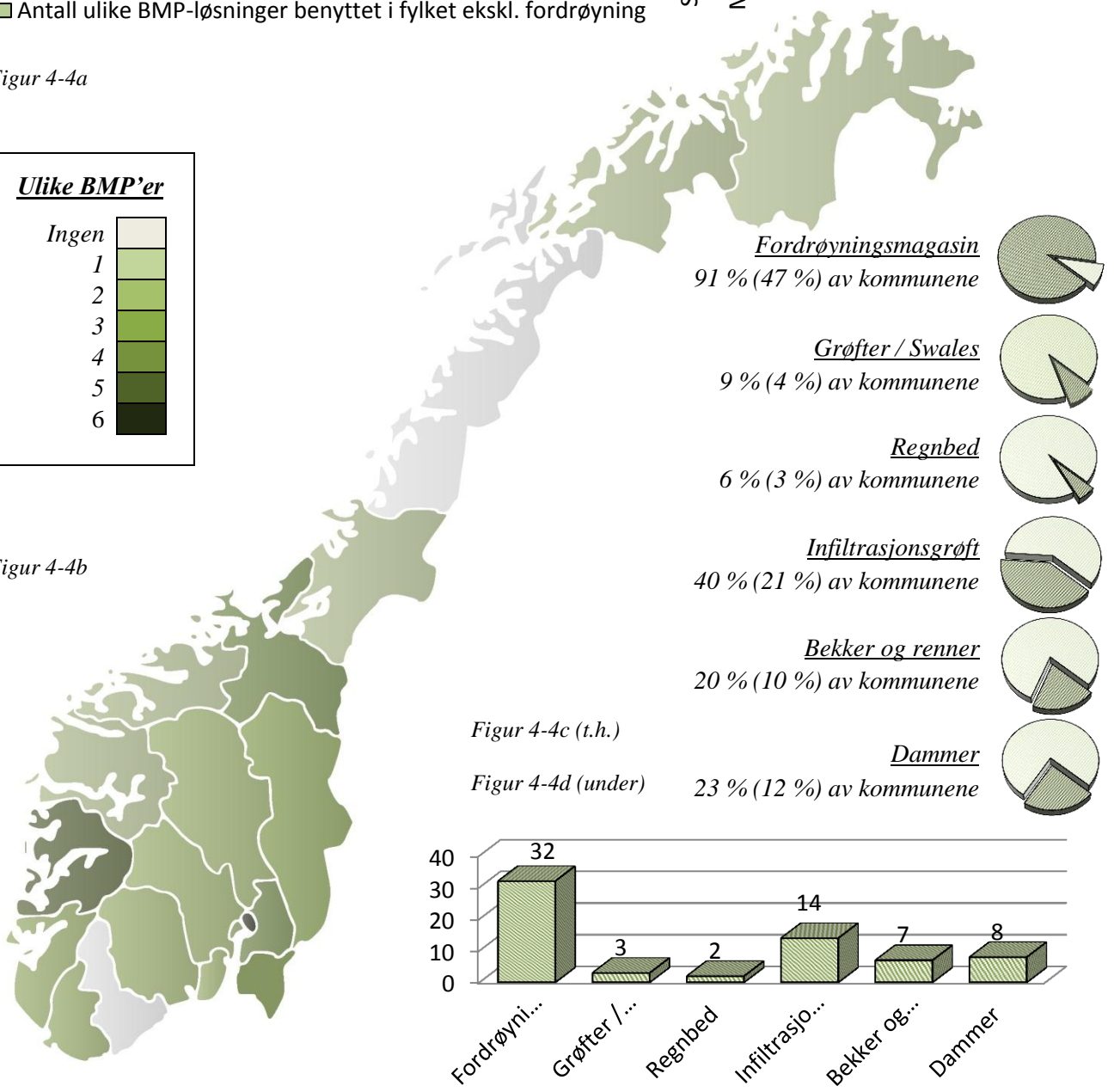
<sup>10</sup> Det oppfordres til infiltrasjon *generelt* og ikke en spesifikk infiltrasjonsløsning; som infiltrasjonsgrøfter.



Figur 4-4a

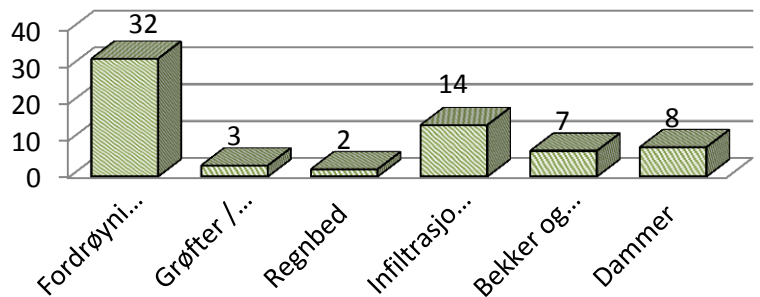


Figur 4-4b



Figur 4-4c (t.h.)

Figur 4-4d (under)



Figur 4-4: Bruk av ulike BMP-løsninger i kommunene

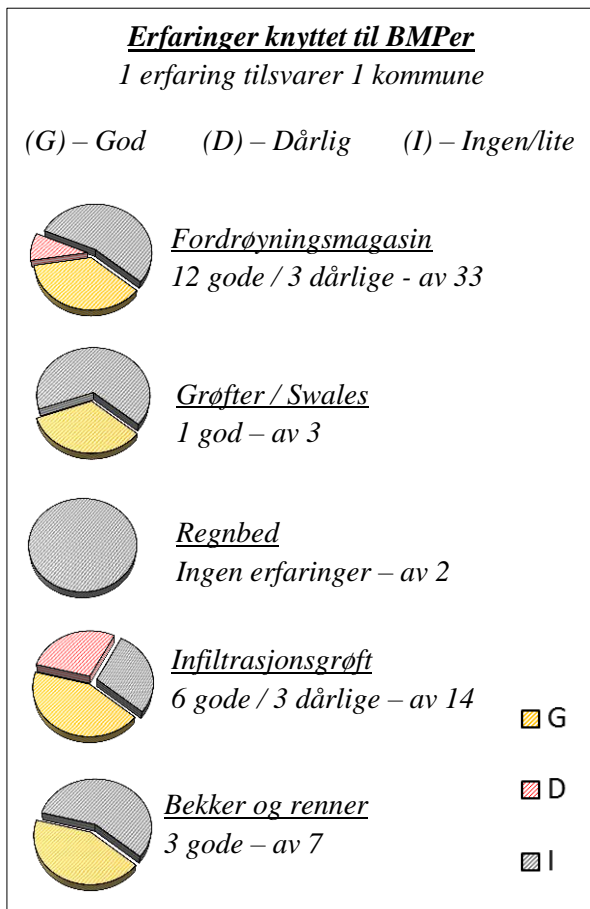
- a) Antall ulike BMP-løsninger fordelt på fylke, inkl. og ekskl. fordrøyningsmagasin
- b) Antall ulike BMP-løsninger fordelt på fylke, inkl. fordrøyningsmagasin illustrert geografisk.
- c) Andel av spurte kommuner som benytter spesifikk BMP
- d) Antall kommuner fordelt på BMP

## 4.4 Kommunale erfaringer knyttet til BMP'ene

Det finnes generelt få erfaringer knyttet til alternative overvannhåndteringsmetoder blant de spurte kommunene. Hele 3 av 4 kommuner (51 av de 68) opplyser at de har liten, eller ingen, erfaringer knyttet til bruken av BMP. Ekskluderer vi de kommunene som ikke benytter alternative metoder opplyser fremdeles 17 kommuner at de ikke har tilstrekkelige erfaringsdata. Det utgjør omtrent halvparten av BMP-kommunene.

Den utbredte mangelen på erfaringer skylles i all hovedsak at dette er et nytt fagområde, men kan også ses i sammenheng med kravene og påleggene som settes til private utbyggere. Flere kommuner opplyser at de ikke har erfaringsdata ettersom private utbyggere både bygger og drifter løsningene selv. Mangelen på kommunale erfaringer ser likevel ikke ut til å hindre ønske om implementering av slike løsninger på det kommunale overvannsnett, og flere opplyser at de planlegger fremtidig bruk av alternativ overvannshåndtering.

Positive erfaringer registreres også blant 19 % av de spurte kommunene (37 % av BMP-kommunene). Det fremgår ikke noen spesiell, gjengående positiv erfaring blant kommunene. At kommunen har gode erfaringer med sine implementerte BMP-løsninger tolkes som at «de fungerer som tiltenkt».



De negative tilbakemeldingene viser seg i all hovedsak å skylles gjentetting av pukkmagasiner og gjentetting av infiltrasjonsløsninger. Slike løsninger vil ikke kunne spyles eller slamsuges, og må skiftes ut for å gjenoppnå tiltenkt funksjon. 6 kommuner melder om problemer knyttet til dette.

Erfaringer knyttet til de spesifikke BMP-løsningene (Figur 4-5) er utledet fra tilbakemeldingene om erfaring, og fra opplysninger om hvilke metoder som er benyttet i kommunen. Dersom en kommune opplyser at det blir brukt fordrøyningsmagasin, og dammer til håndtering av overvann, og opplyser om at de har gode erfaringer, antas dette å gjelde begge BMP-løsningene med mindre annet fremkommer spesifikt.

Figur 4-5: Erfaringer knyttet til de ulike BMP-løsningene

Som vi ser av Figur 4-5 er de fleste erfaringene knyttet til fordrøynings- og infiltrasjonsløsningene, det er også disse det er registrert negative erfaringer på. Når det gjelder de positive og negative tilbakemeldingene er det for lite data til at vi kan knytte noe særlig erfaring til den enkelte BMP-løsning. Vi kan likevel merke oss at *fordrøyningsmagasin* som er mest benyttet, og over lengst tid, også har de fleste gode tilbakemeldingene. Dette kan tyde på at kommunene med tiden har lært av driftserfaringene til hverandre og gått over fra pukkmagasiner til store betongrør og plastkassetter, hvor det er mulig å spyle og rense.

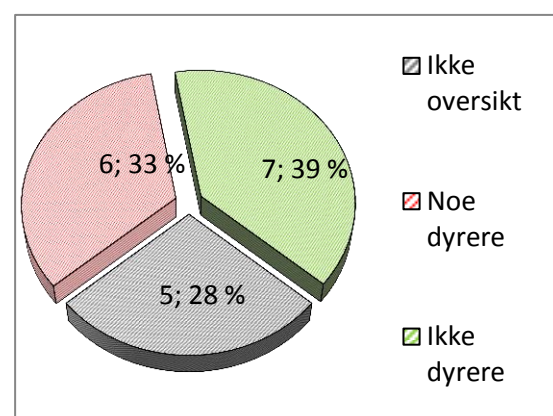
Figuren under viser ingen geografisk sammenheng i fordelingen av de gode eller dårlige erfaringene. Med unntak av Østfold, Akershus, og Telemark, hvor det er registrert mer enn 2 kommuner med positive erfaringer, er erfaringene spredt enkeltvis i vilkårlige fylker i sørlige del av Norge. Vi kan merke oss at i Vestfold, og Vest-Agder er registrert både positive og negative tilbakemeldinger knyttet til bruken av alternativ overvannshåndtering.

Erfaringene fremstår som svært kommunespesifikke, og kan være et resultat av ulik praksis mellom kommunene både når det gjelder utforming og metodevalg. Mangel på erfaringsdata kan også avhenge av hvorvidt ansvaret er lagt over på private utbyggere.

Sammenligner vi Figur 4-2e med Figur 4-7e ser vi at erfaringsdataene øker<sup>11</sup> med innbyggertallet, på samme måten som BMP-bruken øker. Dette er en selvsagt et naturlig resultat av at man må *bruke* løsningene for å få erfaringsdata. Samtidig kan det tyde på at det er de største kommunene som har innført slike løsninger i kommunal regi, og dermed har oversikt. Vi skal likevel merke oss at kommuner med liten, eller ingen, erfaring er dominerende i nesten alle gruppene. Et eksempel er Oslo kommune, som til tross for stort fokus på alternativ overvannshåndtering og en utvidet bruk av alle former for overflateløsninger, opplyser at de ikke har særlige erfaringer knyttet til løsningene.

Et annet aspekt knyttet til erfaringer, er kostnader. Kostnader, og spesielt differansekostnader (jfr. kapittel 8.1.2) vil være svært viktig. Tilbakemeldingene varierer mye også her.

Av de 18 kommunene som kommenterte kostnader knyttet til BMP-løsningene i deres kommune, opplyste 7 kommuner at de alternative metodene ikke ble noe dyrere, 6 kommuner opplyste om økte kostnader, mens 5 opplyste at de ikke hadde oversikt over kostnadsbildet.



Figur 4-6: Kostnadserfaringer

<sup>11</sup> Søylen med lite/ingen erfaringer reduseres

Hva som er årsaken til den ulike oppfatningen av kostnadsbilde knyttet til en alternativ overvannshåndtering er noe uklart. En nærliggende forklaring vil være at ulike BMP-løsninger utgjør ulike kostnader. Eksempelvis opplyser Bærum kommune om økte kostnader, og da med henvisning til Fornebu-prosjektet<sup>12</sup> hvor det er konstruert dammer, bekker og renner til å håndtere overvannet. Det er naturlig å forvente at slike systemer vil øke totalkostnadene i forhold til håndtering gjennom et tradisjonelt rørsystem.

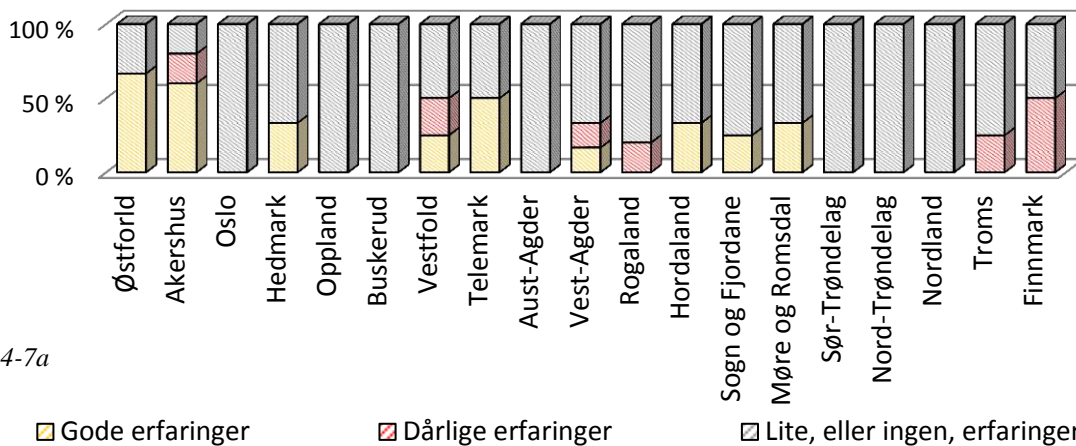
Utenom dette varierer tilbakemeldingene knyttet til samme type løsninger. I kommuner, hvor det benyttes fordrøyningsmagasiner, varierer tilbakemeldingene mellom «*..tilnærmet ingen driftskostnader knyttet til fordrøyningsmagasin..*», «*..dyrt, men alternativet enda dyrere..*», «*..(vil) i enkelte tilfeller (medføre) en ekstrakostnad for utbygger..*»

Dersom man skal forvente en økt bruk av alternative løsninger i norske kommuner, er dette et aspekt det må knyttes mindre usikkerhet til.

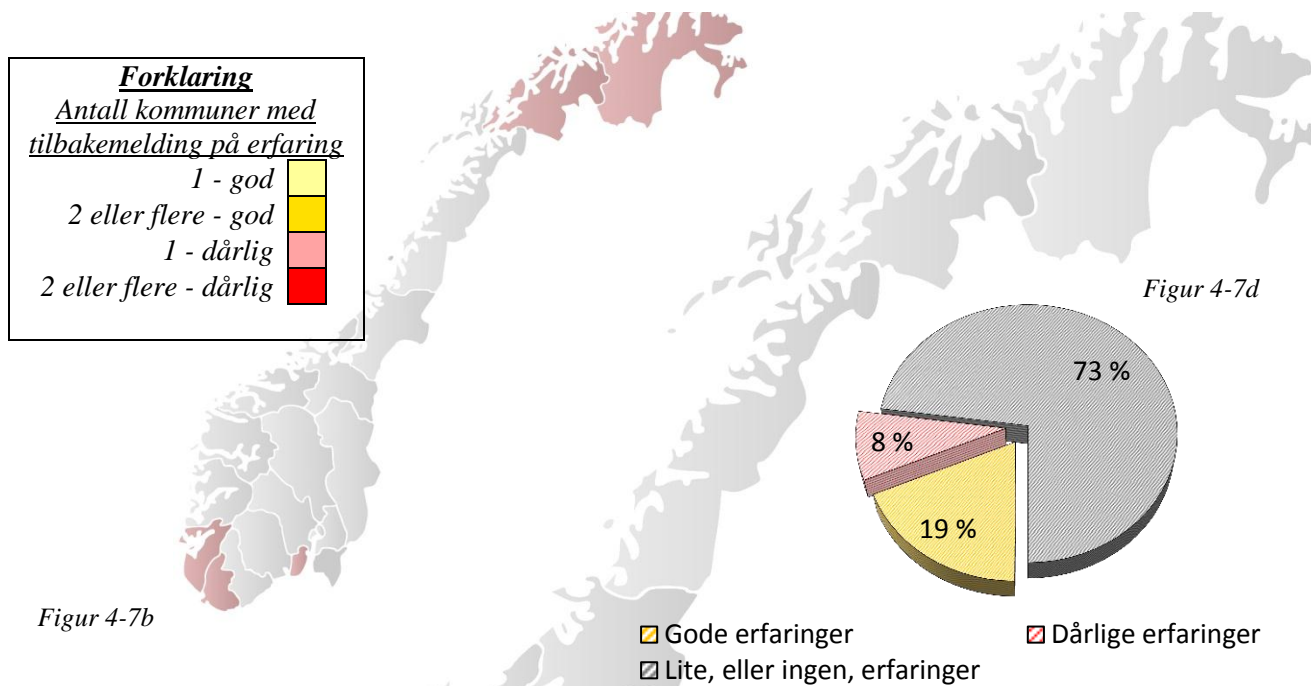
---

<sup>12</sup> (Astebol, Hvitved-Jacobsen, & Simonsen, 2004)



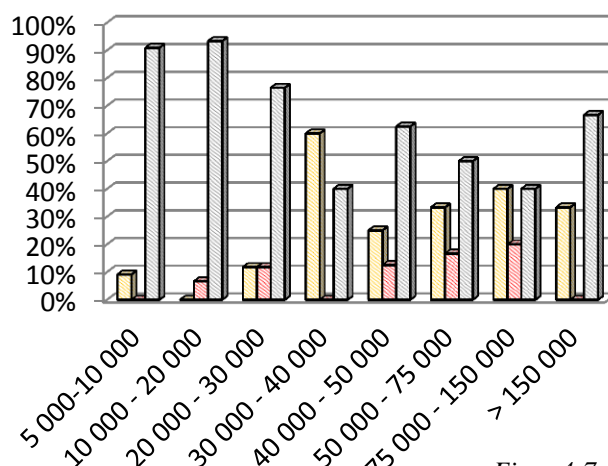


Figur 4-7a



Figur 4-7b

Figur 4-7c



Figur 4-7e

Figur 4-7: Gode og dårlige erfaringer med alternativ overvannshåndtering i kommunene

- a) Adel opplyste erfaringer fordelt på fylker
- b) Fylker hvor det opplyses om dårlige erfaringer, illustrert geografisk
- c) Fylker hvor det opplyses om gode erfaringer, illustrert geografisk
- d) Andel erfaringer av alle spurte kommuner
- e) Erfaringer sortert etter innbyggertall

## 4.5 Årsaker til at det ikke benyttes alternativ overvannshåndtering

---

49 % av kommunene som ble spurt i denne undersøkelsen oppgir at de ikke bruker noen form for alternativ overvannshåndtering i sin kommune. For å kunne finne løsninger som det skal være mulig å implementere over hele Norge, er disse faktorene sentrale i forståelsen av hvorfor man ikke benytter, eller ikke ønsker å benytte seg av, slike alternative metoder.

Av Figur 4-8c ser vi at *kort vei til resipient* utgjør størstedelen av årsakene med 28 %. Det er klart at steder hvor overvannet føres i korte strekninger ut i resipient vil man i mindre grad kjenne påvirkningene fra klimaendringene, og i mindre grad se fordelene med bruken av alternativ overvannshåndtering. Likevel vil en økning i intensiv nedbør kunne medføre en økt spissavrenning, og potensielle overbelastninger.

Tilbakemeldingene er delt opp i 3 hovedgrupper.

### Politiske årsaker

17 % av tilbakemeldingene hadde politisk karakter. Flere kommuner opplyser at alternative løsninger ikke er blitt innført fordi man mangler både ressurser og tid til å planlegge, og følge opp slike løsninger. Andre kommuner viser til at det enda ikke er blitt innført en kommunal overvannsveileder, og at det dermed ikke er fastsatt en kommunal overvannsstrategi.

Selv om kun 5 kommuner begrunnet bruken av tradisjonell håndtering med politiske hindringer, vil det være nærliggende å tro at dette vil være tilfellet i mange av de mindre kommunene i Norge. Det er også nærliggende å tro at mange av de mindre kommunene vil oppleve en økt overvannsproblematikk i årene som kommer. Dersom man skal implementere alternative metoder som et avbøtende tiltak, må løsninger standardiseres, og erfaringer deles.

Det skal nevnes at 11 av de 33 «tradisjonelle kommunene» opplyste at de planla bruk av alternative metoder de nærmeste årene. Dette kan tyde på at man har begynt å få til en erfaringsdeling på tvers av kommunegrensene.

### Tradisjonell håndtering fungerer bra

Flesteparten av kommunene som ikke benytter BMP'er (62 %) opplyser at deres tradisjonelle rørsystemer fungerer så bra at de ikke ser behovet for å innføre alternative håndteringsmetoder. I tillegg til kort vei til elver, bekker, fjorder, og sjø, opplyser flere kommuner at de har et så velldimensjonert avløpsnett, og en så liten nedbørsmengde, at overvannshåndtering ikke utgjør noen utfordring for kommunen.

Som vi ser av Figur 4-8b går slike begrunnelser igjen over nesten hele landet.

Årsakene blir dermed i all hovedsak begrunnet ut fra kapasitet. Nærhet til resipient og et velldimensjonert avløpsnett kan tyde på at hovedfokus er på bortledning, og ikke håndtering. Som det fremgår av kapittel 2.2.2 vil bortledning av overvann i lukkede rørsystemer også ha



andre konsekvenser for nærmiljøet enn potensielle skader ved en overbelastning og flomsituasjon.

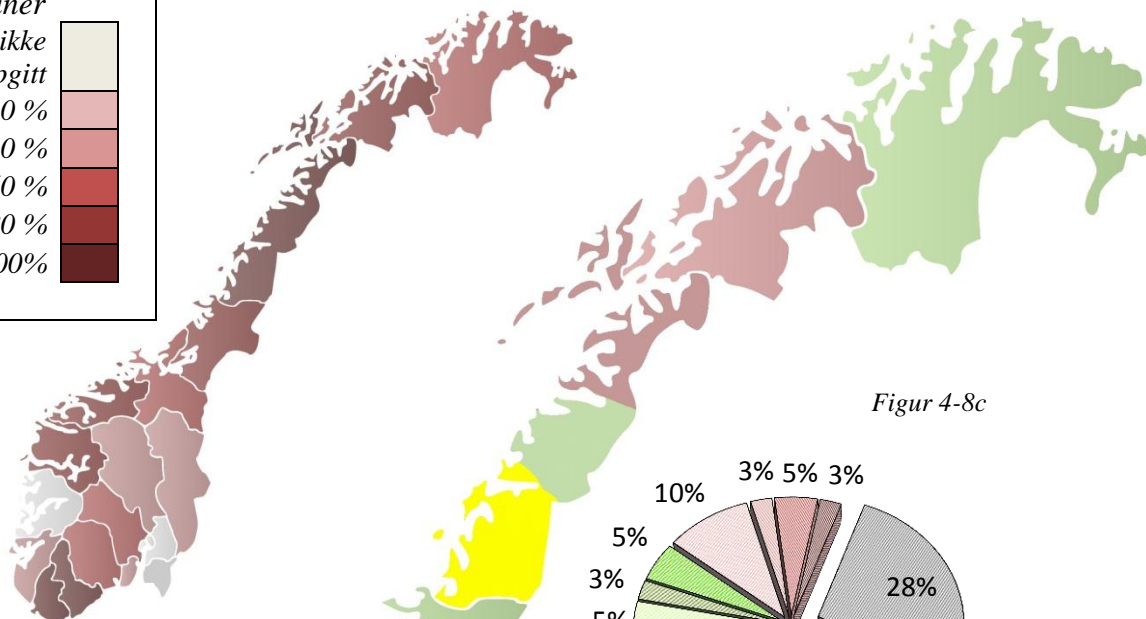
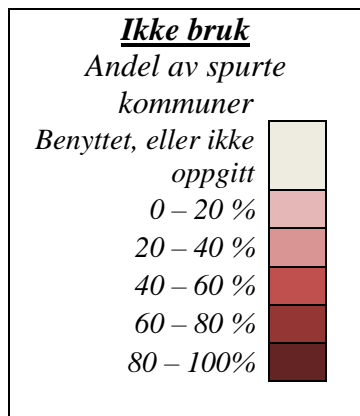
Selv om det opplyses at «*ting fungerer fint slik som det er*» må man stille spørsmålsteget med om de velfungerende avløpssystemene vil fungere like bra med en økning i nedbørsmengde på 10 – 30 %, og om man i større grad bør innføre en «føre-var» praksis allerede i dag.

#### Alternativ overvannshåndtering ikke hensiktsmessig

De siste 21 % gikk ut på at alternativ overvannshåndtering ikke fremstod som et hensiktsmessig alternativ i forhold til tradisjonell håndtering. Dette ble begrunnet ut fra usikkerhet knyttet til både driftsforhold og konsekvenser, samt funksjonalitet knyttet til stedlige forhold. 1 kommune begrunnet også at alternativ håndtering fremstod som dyrere, og at de dermed gikk for tradisjonell håndtering.

Alternativ overvannshåndtering er ment som nettopp et alternativ, og man kan dermed ikke forvente at man skal gå bort i fra kjente og stabile tradisjonelle løsninger dersom alternativet oppfattes som dårligere.

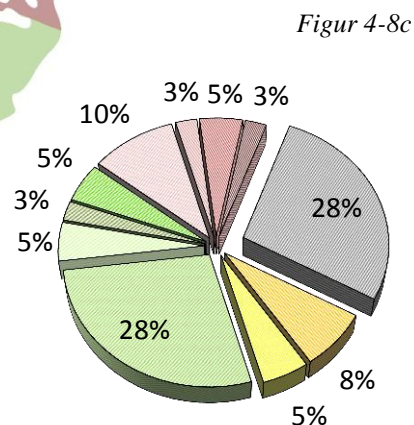
Med tanke på gode internasjonale erfaringer, både vedr. funksjonalitet og økonomi, kan det virke som at mangel på kunnskap knyttet til alternativ overvannshåndtering generelt, og mangel på oversikt over *hvilke* løsninger som finnes, bidrar til at man går for kjente og tradisjonelle løsninger.



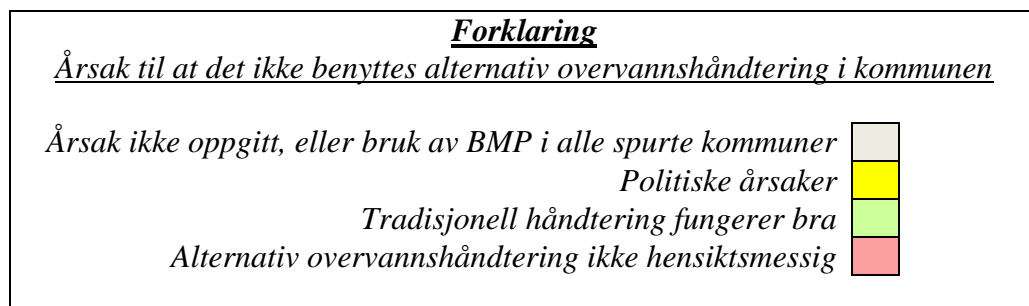
Figur 4-8a



Figur 4-8b



- Ikke oppgitt årsak (28%)
- Politisk (8%)
- Manglende ressurser og tid (5%)
- Kort vei til resipient (28%)
- Benytter enkleste løsning (5%)
- Tilstrekkelig dimensjonert avløpsnett (3%)
- Stort sett gått bra (5%)
- For usikkert (10%)
- Ikke vert hensiktsmessig (3%)
- Dårlige infiltrasjonsforhold (5%)
- Dyrene å håndtere alternativt (3%)



Figur 4-8: Opplyste årsaker til at det ikke benyttes alternative håndteringsmetoder i kommunen

- a) Andel av spurte kommuner i fylket hvor det ikke benyttes alternative løsninger
- b) Opplyste årsaker blant kommunene i fylket
- c) Opplyste årsaker, prosentvis

## 4.6 Kommunale forutsetninger og utfordringer med BMP-løsninger

---

Under gjengis de forutsetningene og utfordringene som blir oppgitt som sentrale av de ulike kommunene.

*Forutsetning* vil i denne sammenheng betyr forhold som må, eller ikke må, være til stede for at en alternativ overvannshåndtering skal være aktuell.

*Utfordringene* er elementer, eller forhold, som oppstår når, eller dersom, en alternativ håndteringsmetode implementeres.

De fremkomne forutsetningene og utfordringene er beskrevet under, og illustrert geografisk etter fylke, samt oppsummert grafisk.

Uavhengig av håndteringspraksis innad i kommunen, har de aller fleste kommunene en formening om forutsetninger og evt. utfordringer knyttet til bruken av alternative metoder i kommunen. I tillegg til erfaringer fra BMP-kommunene om forutsetningene som har ligget til grunn og møtte utfordringer, vil svarene fra de «tradisjonelle» kommunene gi en indikasjon på *hva som må til* for at slike metoder skal implementeres.

Det skiller ikke mellom svar fra BMP-kommunene og de «tradisjonelle», da samtlige forutsetninger og utfordringer bør adresseres og hensynstas. 45 kommuner gav tilbakemelding på deres forutsetninger, og 43 kommuner om deres utfordringer. Det utgjør en prosentandel på hhv. 66 % og 63 %. Ved henvisning til kommunal svarandel (under) er dette andelen av de 45 og 43, og ikke av samtlige 68 kommuner.

### 4.6.1 Forutsetninger

#### Kapasitet / avrenning

Kapasitet viser seg å være den største forutsetningen blant kommunene. Omtrent 69 % av kommunene svarte at en eventuell bruk av alternativ overvannshåndtering forutsatte at det var begrenset kapasitet på overvannsanlegget nedstrøms, eller at dagens bruk var et resultat av for liten kapasitet på det eksisterende ledningsnettet.

Som nevnt tidligere er det i mange kommuner satt utslippskrav til private utbyggere tilsvarende *før* utbygging. Dette tyder på at alternativ overvannshåndtering i dag fremstår som et alternativ til opp-dimensjonering av eksisterende ledningsnett, og med mindre fokus på det hydrologiske kretsløpet (vannbalanse, se under), og vann i by som en ressurs og estetisk element. Vi ser av Figur 4-9a at

Figur 4-9: Forutsetninger illustrert fylkesvis



Figur 4-9a: Kapasitet

kapasitet på eksisterende overvannnett som forutsetning går igjen uavhengig av kommunenes geografiske plassering.

### Vannbalanse

Som nevnt innledningsvis i oppgaven vil bruk av tradisjonell overvannshåndtering kunne senke grunnvannstanden ved en fortetting. 7 % av kommunene opplyser at de ønsket en alternativ håndteringsmetode på steder hvor det var fare for vannbalansen, eller at alternative metoder var innført for å opprettholde vannbalansen.



Figur 4-9b: Vannbalanse

### Hindre skader

En utbygging (fortetting) vil også føre til økte vannhastigheter (intensitet). 16 % av kommunene opplyser at det er valgt alternativ håndtering for å hindre rask avrenning på terreng, samt for å hindre faren for flomskader ved å avlaste det eksisterende ledningsnett.



Figur 4-9c: Hindre skader

På en annen side blir det opplyst om at selve BMP-løsningen ikke må føre til skader for at løsningen skal velges. Bakgrunnen for dette er bekymringer for gjentetting og nedsatt funksjonsevne over tid.

### Stedlige forhold

22 % av kommunene svarer at tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet er en forutsetning for implementering. Flere kommuner påpeker også at både leire og fjell gjør det umulig å innføre noen annen håndteringsmetode enn bortledning i rør.



Figur 4-9d: Stedlige forhold

Stedlige forhold utgjør den nest største forutsetningen. Som vi ser av Figur 4-9d går disse forutsetningene igjen blant kommunene på Østlandet, og i deler av Nord-Norge. Spesielt i Nord-Norge vil det være en forutsetning at infiltrasjonsløsninger også kan fungere under perioder med barfrost.

### Enkelhet

«Enkelhet» omfatter både kostnadsspørsmål, rutiner rundt drift og vedlikehold, og konstruksjonstiltak. Av de spurte kommunene opplyser 13 % av kommunene enkelhet som en forutsetning for implementering. At enkelhet fremheves som en forutsetning av 6 kommuner kan tyde på at alternative håndteringsmetoder oppfattes som usikkert både mht. funksjonsevne, investeringskostnader, og nødvendig drift og vedlikehold.



Figur 4-9e: Enkelhet

### Tilgjengelig areal

Bare 2 % av kommunene svarer at det må være til stede tilgjengelig areal dersom en alternativ overvannshåndtering skal kunne implementeres.

Tilbakemeldingene tyder dermed på at det er andre forhold som ligger til grunn for valg, eller ikke valg, av en alternativ håndtering. Som det fremgår av kapittel 4.6.2 oppfattes likevel arealmangel som en utfordring blant 35 % av kommunene.

At det ikke *må* finnes tilgjengelig areal for en implementering kan tyde på at kommunene vil *ta* arealer dersom det skulle være høyst nødvendig, men at mangel på arealer likevel vil utgjøre en utfordring.

### Erfaring /kunnskap

Av tilbakemeldingene gjøres det inntrykk av at det generelt er lite erfaring og kunnskap rundt temaet alternativ overvannshåndtering. Likevel opplyser kun 4 % av kommunene at erfaringer og kunnskap er en forutsetning. I kategorien inngår både nødvendigheten av retningslinjer og kompetanse blant ansatte i kommunene.

En forutsetning om erfaring og kunnskap innad i kommunen bør ses i sammenheng med *enkelhetsforutsetningen* (over), som er en mye større forutsetning. Med økte kunnskaper og erfaringsdata vil også alternative håndteringsmetoder fremstå enklere.

### Forurensning

13 % av kommunene nevner forurensning som en forutsetning for bruk. Dersom slike metoder skal implementeres innad i kommunen må det sikres at overvannet ikke medfører miljømessige skader.

Krav og forutsetninger knyttet til forurensning tyder på at man i større grad ser på overvann, og spesielt urban overflateavrenning, som et forurenset avløpsvann som må ledes bort fra åpne arealer.

### Oppsummering

De fleste kommunene oppgav flere forutsetninger og utfordringer. Det er derfor i Figur 4-10 og Figur 4-11 skilt mellom % av samtlige svar (sektordiagram), og andel av kommunene som oppgav det gjeldende momentet (søylediagram). Av figurene ser vi at det er forutsetningen om et kapasitetssvakt ledningsnett som utgjør det største forholdet som må være til stede for at alternative håndteringsmetoder skal bygges. Av samtlige tilbakemeldinger utgjør dette 47 %. Stedlige forhold utgjør den nest største forutsetningen med 15 %.



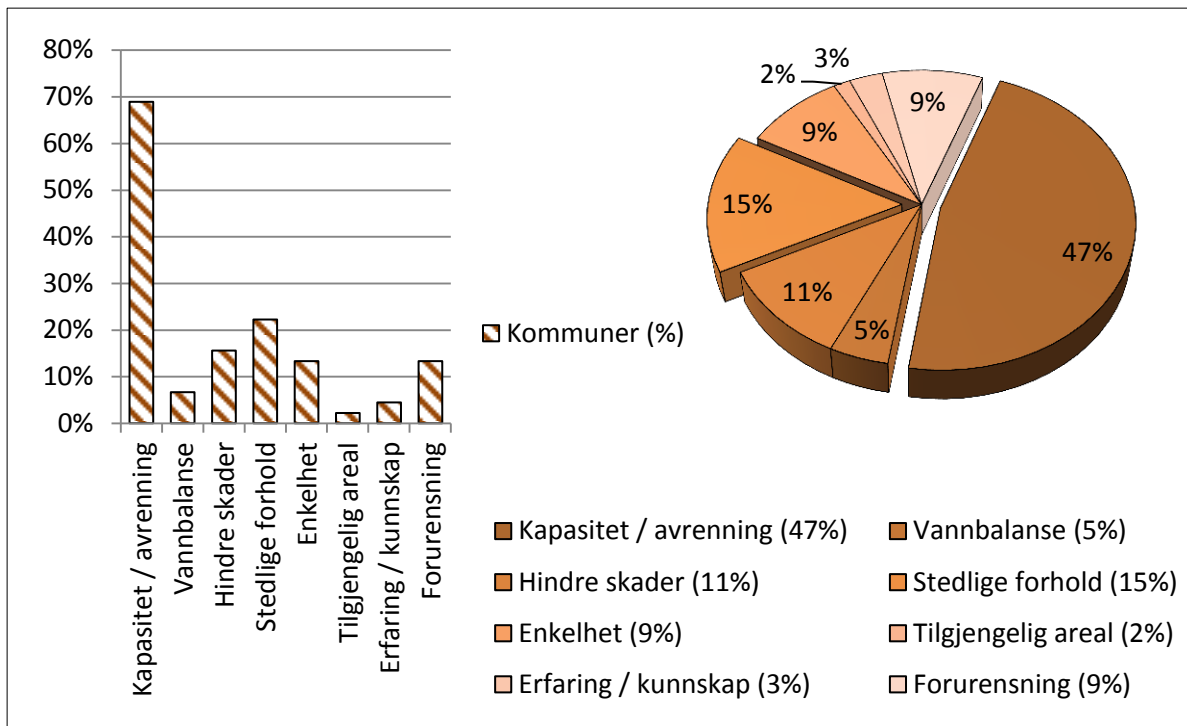
Figur 4-9f: Areal



Figur 4-9g: Erfaring



Figur 4-9h: Forurensning



Figur 4-10 (t.v.): Andel av spurte kommuner som oppgir gjeldende forutsetning for BMP-bruk  
 Figur 4-11 (t.h.): Prosentandel av samlede opplyste forutsetninger

Ut fra de gitte forutsetningene vil følgende forhold være sentrale:

- *Det må være et behov*
- *Det må være funksjonelt gjennomførbart, og da på en enkel måte.*
- *Metoden må ikke medføre skader på verken miljø eller nærliggende konstruksjoner.*

#### 4.6.2 utfordringer

Ingen, eller ikke store, utfordringer

9 av kommunene, eller 21 %, opplyser at de ikke ser noen utfordringer med bruk av alternative håndteringsmetoder for overvann i deres kommune. Svarene blir ikke utdypet videre ut over faktum, men ettersom det i spørsmålet (jfr. Vedlegg B) ble vist til forhold som topografi, klima, og arealmangel, må det være nærliggende å tenke at kommunene ikke opplever utfordringer knyttet til noen av disse forholdene.

Figur 4-12: Utfordringer illustrert fylkesvis



Figur 4-12a: Ingen, eller ikke store

### Mangel på areal

35 % av kommunene opplyser at mangel på arealer er, eller vil være, en utfordring, ved implementering av alternative håndteringsmetoder i deres kommune.

Stort press på arealbruk i urbane områder gjør at man ofte velger nedgravde løsninger som prefabrikkerte fordrøyningsmagasiner. Som tidligere nevnt blir ikke tilgjengelig areal sett på som en forutsetning. At 35 % likevel ser arealmangel som en utfordring kan tyde på at man lettere kan implementere slike håndteringsmetoder i urbane områder dersom de kan utformes arealeffektivt.

### Topografi

Norge er et kupert land med mye fjell. Omtrent en av tre kommuner (30 %) opplyser at topografien vanskeliggjør bruken av andre metoder enn tradisjonell bortledning.

Steder med bratt topografi vil også ha større problemer med å ta unna fremtidige regnskyll, ettersom avrenningen øker med helningen på terrenget og ender opp i dalsøkket hvor ofte bebyggelse finnes. Ved varierte terrengforhold (og grunnforhold) øker behovet for ulike løsninger dersom overvannet skal håndteres. Det øker også behovet for kunnskap innad i organisasjonen.

Utfordringer knyttet til topografi kan dermed ses i sammenheng med kunnskap og enkelhet som til sammen utgjør 12 % av kommunenes forutsetninger (jfr. Figur 4-11).

### Infiltrasjonsforhold

Utfordringer knyttet til stedlig infiltrasjonskapasitet, blir på lik linje med arealmangel, nevnt i 35 % av tilbakemeldingene.

Flere kommuner opplyser at mye fjell og leire i grunn, gjør infiltrasjon vanskelig, og anser ikke kommunen som egnet til annen håndtering enn bortledning i lukkede rørsystemer.

I tillegg til infiltrasjonsevnen til de stedlige massene utgjør barfrost og tele en utfordring på vinterstid.



Figur 4-12b: Mangel på areal



Figur 4-12c: Topografi



Figur 4-12d: Infiltrasjonsforhold



### Kaldt klima

Utfordringer knyttet til klima nevnes i 14 % av tilfellene (av 6 kommuner). Det er da spesielt utfordringer knyttet vinterdrift av slike løsninger. Vi ser spesielt at lange kalde perioder anses som en utfordring i nordlige fylker som Nordland og Troms.

Utfordringer knyttet til klimaet kan også ses i sammenheng med utfordringer knyttet til infiltrasjonsforhold, med tanke på barfrost og tele.

### Grunnvannstand

Utfordringer knyttet til en høytliggende grunnvannstand nevnes i 3 tilfeller. Høytliggende grunnvannstand vanskeliggjør bruken av infiltrasjonsløsninger. Nødvendigheten for å ha en oversikt over disse forholdene anses som en utfordring.

### Politiske utfordringer

Utfordringer knyttet til mangel på regelverk og tverrfaglig planlegging oppgis av 21 % av kommunene som en utfordring. Mangel på standardiserte løsninger gjør at man ofte går for kjente, enkle løsninger. Flere kommuner stiller krav til utslipp på eksisterende ledningsnett, men ikke til *hvordan* overvannet skal fordrøyes eller håndteres.

Til tross for flere krav til private utbyggere utgjør mangel på lovhjemmel en utfordring for en del kommuner. Som nevnt i kapittel 3 finnes det henvisninger og oppfordringer til bruk av alternative metoder flere steder i både norsk og internasjonale regelverk. Det er likevel ikke fastsatt i lov *når, hvordan, og i hvilken grad* slike løsninger kan kreves.

Andre politisk nærliggende momenter inngår i samme kategori. De er tidligere omtalt i kapittel 4.5.

### Oppsummering

I motsetning til de opplyste forutsetningene er utfordringene mer jevnt fordelt mellom kommunene, og tyder på at det er flere forhold som oppleves sentrale, og som går igjen hos flere kommuner.

Som vi ser av Figur 4-13 og Figur 4-14 utgjør *Mangel på areal, infiltrasjonsforhold, og topografi* de tre største utfordringene blant norske kommuner.



Figur 4-12e: Kaldt klima

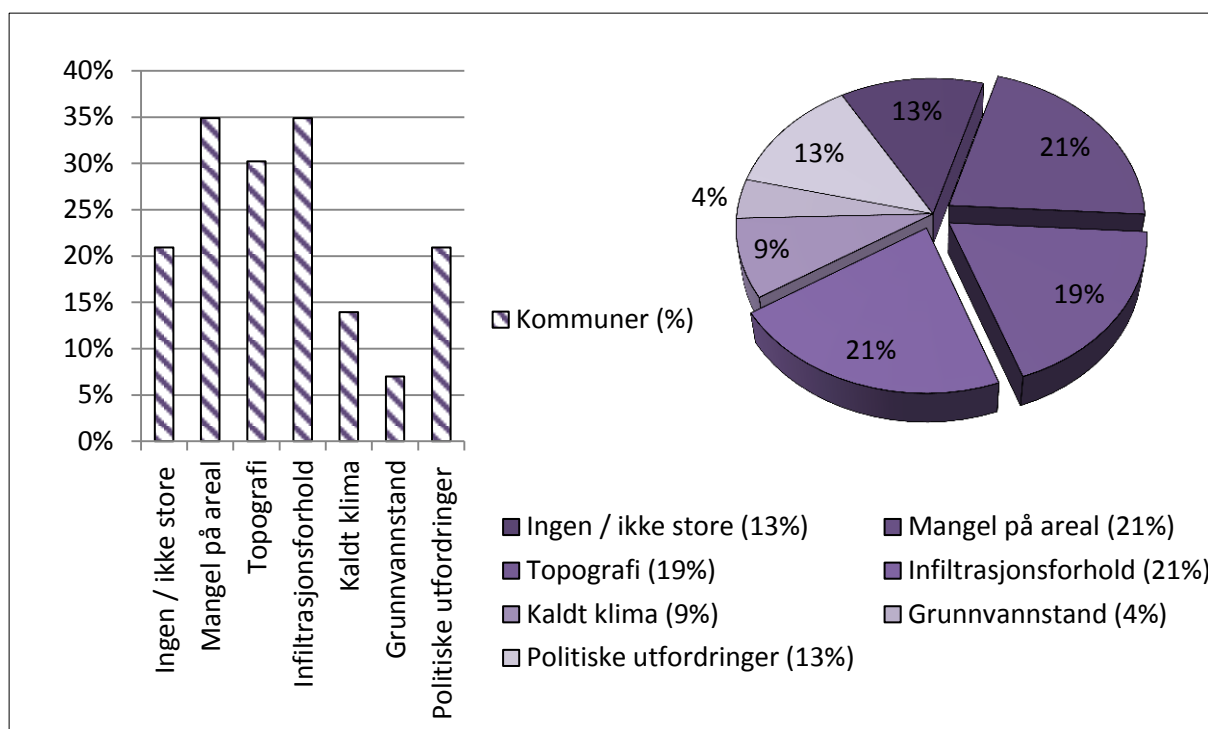


Figur 4-12f:  
Grunnvannstand



Figur 4-12g: Politiske  
utfordringer





Figur 4-13 (t.v.): Andel av spurte kommuner som oppgir gjeldende utfordring ved BMP-bruk  
 Figur 4-14 (t.h.): Prosentandel av samlede opplyste utfordringer

Ut fra dette utgjør følgende utfordringer:

- *Åpne løsninger krever verdifullt areal*
- *Stedlig infiltrasjonskapasitet vanskeliggjør bruken av alternative infiltrasjonsløsninger.*

## 4.7 Oppsummering

Kort oppsummert fremstår alternativ overvannshåndtering som nytt og uprøvd for mange kommuner, hvor størsteparten av den alternative håndteringen handler om fordrøyning i egne magasiner før utslipp på de tradisjonelle rørsystemene.

At en implementering av alternativ overvannshåndtering i byområder kan bidra til å skape bærekraftige og levende urbane uterom fremstår dermed som enten uklart eller nedprioritert. Dette understøttes av en utbredt forutsetning om et kapasitetssvakt ledningsnett for at implementering skal skje.

Enkelte kommuner som Oslo, Bergen og Fredrikstad, har innført egne kommunale overvannsveiledere, og flere har en under opparbeidelse. At disse kommunene i all hovedsak er anlagt sør i Norge kan være en av forklaringene til at alternativ overvannshåndtering fremstår som mest utbredt her, i forhold til nord i landet. Det er nærliggende å tenke seg at

omkringliggende kommuner har dratt erfaring fra disse kommunene, og benyttet seg av dette i egen planlegging.

Alt i alt fremstår usikkerhet og kunnskap som det største hinderet for en landsomfattende implementering. Det mangler nasjonale erfaringer og kunnskaper både om kostnadstall, driftsforhold, type løsninger, og politiske føringer. At man ser økt bruk av BMP-løsninger, og flere ulike løsninger, blant de største kommunene kan tyde på at arbeidet med å samle inn erfaringsdata allerede er startet.

## KAPITTEL 5

# Utfordringer og muligheter i tverrfaglig vegplanlegging

Det finnes mange utfordringer og sentrale problemstillinger rundt temaet alternativ overvannshåndtering. Som vist i forrige kapittel er det, på tross av stadig flere overvannsveiledere, enda stor usikkerhet rundt prosjektering, utforming, og kostnader, knyttet til alternative metoder. Ved implementering av Grønn-gater i det norske gatebildet vil man nå få nye og større utfordringer ved at man håndterer overvann nær vegkonstruksjonen.

Dette kapitlet adresserer ulike sentrale problemstillinger og utfordringer knyttet til det å håndtere overvann fra vegarealer naturlig, og drøfter de mest sentrale utfordringene nevnt av de norske kommunene i kapittel 4. Videre utredes hvordan disse utfordringene kan møtes og løses, slik at man opprettholder en drenert, mekanisk stabilisert overbygning, samtidig som overvannet håndteres bærekraftig og alternativt.

Ved satsning på Grønn-gater, og et tverrfaglig samarbeid mellom VA-etatene og vegavdelingene i kommunene, må tanker, bekymringer, forutsetninger, og utfordringer adresseres og hensynstas.

### 5.1 Tverrfaglig samarbeid

---

Samarbeid vil være en av de største utfordringene knyttet til en tverrfaglig vegplanlegging. Det vil også kunne være en av hovedårsakene til økt verdiskapning. Et tverrfaglig samarbeid betyr kommunikasjon og samspill på tvers av avdelingene. I dag er ofte kommunenes veg- og VA-avdelinger splittet i VAR<sup>1</sup>-avdelinger, og veg- og parkavdelinger, og i enkelte tilfeller i forskjellige bygg.

---

<sup>1</sup> Vann-, avløp-, og renovasjon

Hvem som har ansvaret for overvannet fra veg praktiseres også ulikt. I enkelte kommuner har kommunens VA-etat ansvar, mens det andre steder er vegavdelingen som håndterer avrenningen fra *sine egne* arealer. En implementering av alternativ overvannshåndtering vil blant annet kreve kunnskaper om både geoteknikk (infiltrasjonskapasitet, grunnvannstand, spenningsforhold), hydrologi (regnintensitet, hydrologiske prosesser), biologi (vegetative renssegenskaper), og vegplanlegging (utforming, bæreevne, trafikksikkerhet).

Infrastrukturprosjekter nærmer seg i dag mer og mer kompleksiteten til bygg- og anleggsprosjektene, ved at man i større grad er avhengig av kommunikasjon på tvers av fagdisipliner i prosjekteringsprosessen. Westgaard, Arge, og Moe (2010) beskriver dette slik:

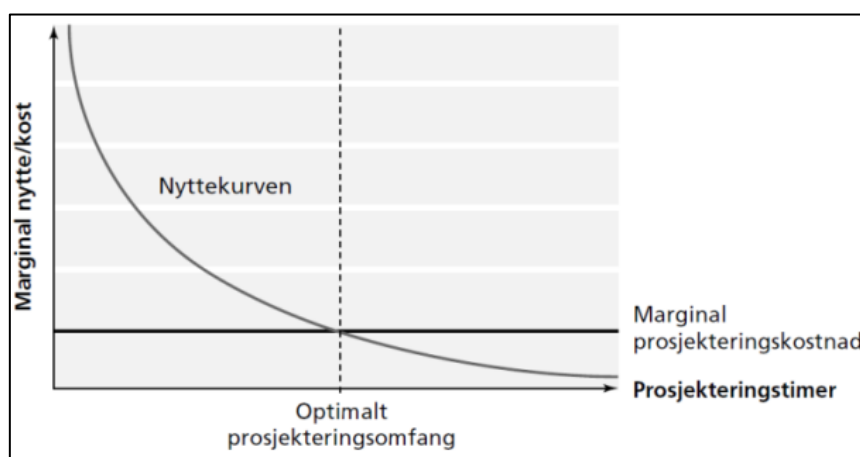
*«Kjernen i en moderne prosjekteringsprosess er verdiskaping, for byggeier og brukere. Dette skal skje gjennom samarbeid og kommunikasjon på tvers av fag, noe som krever gjensidig respekt og tillit for hverandres evner»*

(p. 68)

«Verdi» defineres som «funksjon / kostnad» (Horvli, 2000). Vi kan m.a.o. forklare verdiskaping som prosesser som resulterer i at byggherren oppnår sine ønskede funksjoner<sup>2</sup> til en *lavere pris* enn antatt, eller en *funksjonsforbedring* til samme avtalte pris.

I byggeprosjekter er det anslått at mangel på kommunikasjon, informasjonstap, misforståelser, og forsinkelser utgjør hele 10 % av totalkostnaden (Westgaard et al., 2010). Med utgangspunkt i dette vil det være nærliggende å anta at et godt samarbeid i en tverrfaglig vegplanlegging vil kunne bidra til en verdiskaping ved at prosjektet kan ferdigstilles til en lavere kostnad.

Verdi- og nyttemaksimering er sentrale mål i alle byggeprosjekter. I samferdselsprosjekter vil en verdimaksimering stå svært sentralt i en konseptfase. Her benyttes konsekvensanalyser<sup>3</sup> for å rangere ulike prosjekt-, og løsningsalternativer. En verdimaksimering vil da kunne bidra til at et prosjekt velges over et annet.



Figur 5-1: Optimalt prosjekteringsomfang (Meland, 2000)

<sup>2</sup> Eksempelvis sikring av bæreevne, og avrenning. Jfr. funksjonskrav, Tabell 3-1

<sup>3</sup> Jfr. kapittel 6.1.2

Tverrfaglig prosjektering kan likevel medføre *reduksjon* i nytte. Som Meland (2000) påpeker vil prosjekteringskostnader påvirke de totale prosjektkostnadene dersom *optimalt prosjekteringsomfang* passeres (Figur 5-1). Figuren illustrerer hvordan nyttekurven til et prosjekt reduseres på grunn av for mange prosjekteringstimer. Dersom byggherre (kommune, fylkeskommune, Statens vegvesen), eller rådgivende ingeniør for den saks skyld, ikke innehar tilstrekkelige fagkunnskaper om en tverrfaglig VVA-planlegging, kan kostnader knyttet til prosjekteringen raskt overstige nytteverdien.

I det etterfølgende drøftes de mest sentrale emnene knyttet til en slik tverrfaglig planlegging.

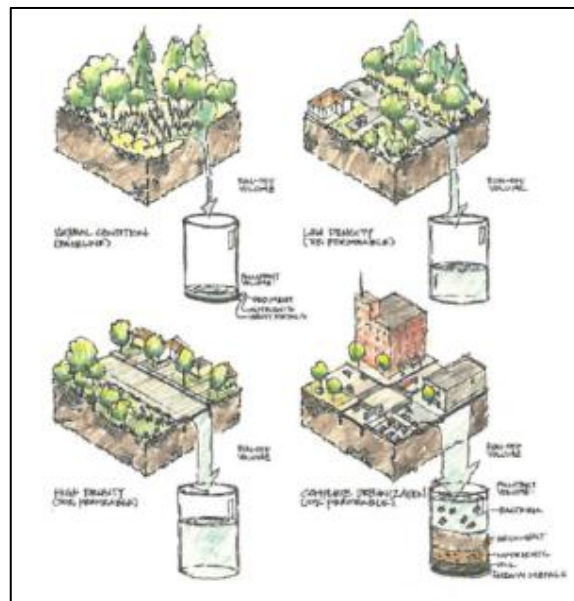
## 5.2 «Det farlige vegvannet»

Utrykket «det farlige vegvannet» kan brukes om flere emner tilknyttet «veg og vann»:

1. Trafikk, og avrenning fra veg, bidrar til spredning av tungmetaller og annen forurensning til overflater, natur, og grunnvann.
2. Skade på vegkonstruksjonen grunnet bæreevnesvikt og telehiv
3. Manglende infiltrasjonskapasitet hindrer håndtering av overvann og kan medføre vann i vegbanen. Ved snøsmelting kan mangelfull håndtering føre til at smeltevannet fryser til igjen på vegarealer og gang- og sykkelstier, og utgjør fare for både bilister, syklistene og fotgjengere

### 5.2.1 Forurenset vegavrenning

Vegtrafikk, både i og utenfor tettbebyggelse, bidrar i dag til diffus forurensning langs norske veger. Som nevnt tidligere kan avrenning fra veger og parkeringsplasser inneholde både tungmetaller, organiske mikroforurensninger, næringsstoffer, og andre suspenderte stoffer. Den forurensete avrenningen transporteres gjennom vegens drenering- og overvannssystem til utløp i resipient. Med en økende urbanisering øker ikke bare mengden spissavrenning, men også forurensningen i vannet.



Figur 5-2: Økning i mengde avrenning og forurensning som følge av urbanisering.

Statens vegvesen oppgir følgende årsaker til forurensning i forbindelse med vegtrafikken (Amundsen & Roseth, 2004):

| <b>FORURENSNING I FORBINDELSE MED VEGTRAFIKKEN</b>                                      |  |
|---|--|
| <i>Anleggsfasen</i>   |  |
| <i>Kilder</i>   | <i>Stoffer</i>   |
| Sprengning, knusing, utgraving, masseforflytning, tunellinjisering                      | Partikler, olje, bensin og kjemikaliespill, nitrogenholdige næringssalter, sur avrenning og metaller fra sulfidholdige bergarter |
| <i>Driftsfasen</i>  |  |
| Forbrenningsprodukter fra drivstoff   | NO <sub>x</sub> , tungmetaller (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn), HC, PAH, dioksiner, benzen, MTBE                                    |
| Slitasjeprodukter fra asfalt og bildekk   | Tungmetaller (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn), PAH, ftalater, partikler  |
| Slitasje og korrosjon av materialer som krombelegg, dekk, galvaniserte detaljer, maling | Tungmetaller (Cu, Zn, Cd)  |
| Salting   | Na og Cl, cyanidforbindelser   |
| Støvbindemiddel på grusveg  | Kalsiumklorid, restprodukter fra tremasseindustrien, bitumenmateriale  |
| Sprøyting av vegrabatter  | Plantevernmidler   |
| Søl av olje, bensin, diesel, spylervæske  | HC, PAH, propylenglykol  |
| Trafikkuhell  | Olje, bensin, kjemikalier ved uhell fra transport av farlig gods   |
| Tunellvask  | Overflate-aktive stoffer, PAH, tungmetaller (Pb, Zn, Cu, V)  |

Tabell 5-1: Forurensning i forbindelse med vegtrafikken ((Rasmussen, Roseth, & Mæhlum, 2002) hentet fra (Amundsen & Roseth, 2004))

Mengden forurensning fra veg vil naturligvis avhenge av mengden trafikk, og man vil derfor være avhengig av flere og bedre rensemetoder desto større ÅDT på vegen. Flere sentrumsområder vil likevel ha konsentrasjoner av tungmetaller (Cd, Cr, Hg, Ni, Pb og Zn) på høyde med veger med ÅDT på 30000 kjt/døgn (Amundsen & Roseth, 2004). Dette gjør at Grønngater i sentrumsområder i enkelte tilfeller må ha renseløsninger tilsvarende som ved motorveg.

Kvaliteten på overflateavrenningen måles etter Klima- og forurensningsdirektoratets (Klif)<sup>4</sup> tilstandsklasser for ferskvann.



Bilde 5-1: Forurenset overvann i oppstuvning ved sluk.

(Bratsbergvegen, Trondheim – 22.05.13)

<sup>4</sup> Den gang Statens Forurensningstilsyn (SFT)

|           |    | Tilstandsklasser [ $\mu\text{g/l}$ ] |               |                     |                |                     |
|-----------|----|--------------------------------------|---------------|---------------------|----------------|---------------------|
|           |    | I<br>"Meget god"                     | II<br>"God"   | III<br>"Mindre god" | IV<br>"Dårlig" | V<br>"Meget dårlig" |
| Fosfor    | P  | < 7                                  | 7 - 11        | 11 - 20             | 20 - 50        | > 50                |
| Nitrogen  | N  | < 300                                | 300 - 400     | 400 - 600           | 600 - 1200     | > 1200              |
| Kobber    | Cu | < 0,6                                | 0,6 - 1,5     | 1,5 - 3             | 3 - 6          | > 6                 |
| Sink      | Zn | < 5                                  | 5 - 20        | 20 - 50             | 50 - 100       | > 100               |
| Kadmium   | Cd | < 0,04                               | 0,04 - 0,1    | 0,1 - 0,2           | 0,2 - 0,4      | > 0,4               |
| Bly       | Pb | < 0,5                                | 0,5 - 1,2     | 1,2 - 2,5           | 2,5 - 5        | > 5                 |
| Nikkel    | Ni | < 0,5                                | 0,5 - 2,5     | 2,5 - 5             | 5 - 10         | > 10                |
| Krom      | Cr | < 0,2                                | 0,2 - 2,5     | 2,5 - 10            | 10 - 50        | > 50                |
| Kvikksølv | Hg | < 0,002                              | 0,002 - 0,005 | 0,005 - 0,01        | 0,01 - 0,02    | > 0,02              |

Tabell 5-2: Klifs tilstandsklasser for ferskvann (Bratli et al., 1997)

| Forventet konsentrasjon av tungmetaller i sentrumsområder |    |     |     |    |    |     |
|---|----|-----|-----|----|----|-----|
| Tungmetall  | Cu | Zn  | Cd  | Pb | Ni | Cr  |
| [ $\mu\text{g/l}$ ]                                       | 30 | 140 | 0,5 | 20 | 10 | 5   |
| Tilstandsklasse   | V  | V   | V   | V  | V  | III |

Tabell 5-3: Forventet konsentrasjon av tungmetaller i overflateavrenning fra sentrumsveg (Lindholm, 2004)

Når en forventet avrenningskonsentrasjon fra sentrumsområder vil være over tilstandsklasse V; «Meget dårlig» for 5 av 6 tungmetaller, illustrerer dette viktigheten med å bruke effektive rensemetoder dersom overvannet skal håndteres alternativt.

At overvann håndteres gjennom bortledning i tradisjonelle lukkede rørsystemer betyr derimot ikke at det forurensede overvannet *håndteres*. Svært få kommuner har satt krav til rensing av sitt overvann, og flere kommunene jobber med å separere sitt felles avløpsnett. Dermed føres det forurensede overvannet fra trafikkerte arealer ut i nærmeste resipient. En implementering av alternative overvannhåndteringsmetoder gjennom et Grønngate-tiltak vil dermed kunne gi en positiv miljøeffekt i forhold til tradisjonell håndtering.

Dersom overvann fraktes i rørsystem til renseanlegg, frivillig eller ufrivillig<sup>5</sup>, vil man kunne oppnå store økonomiske besparelser ved å rense overvannet alternativt og dermed ekskludere mengden overvann til renseanlegg. Jfr. kapittel 8.2.14.

Internasjonale «Green Streets» bruker hovedsakelig *swales*, *infiltrasjonsløsninger*, og biofordrøyningsystemer<sup>6</sup> i det disponible vegarealet til håndtering av overvann (jfr. kapittel 2.4.3).

Overvannet renses da gjennom flere fysiske, kjemiske, og biologiske prosesser (Hvitved-Jacobsen et al., 2010), blant annet ved sedimentering og infiltrering av partikulære forurensninger i systemets filtermedium. Både utforming av grøfta (systemet) og egenskapene

<sup>5</sup> Frivillig dersom man ønsker rensing av overvannet, ufrivillig dersom overvann håndteres i fellessystem

<sup>6</sup> Bioretention Systems (eng)

til filtermediet vil derfor være vesentlig for å oppnå tilstrekkelig rensegrad (Åstebøl, 2007). Vegetative system er gjennom flere litteraturkilder<sup>7</sup> vist å ha gode rensingsegenskaper. Statens vegvesen opplyser at man ved bruk av vegetative sandfiltergrøfter kan oppnå en renseseffekt på mellom 70 – 90 % av forurenset overflateavrenning fra trafikkerte arealer (Åstebøl, 2007). En renseseffekt opp mot 90 % er understøttet av flere internasjonale litteraturkilder (Fletcher, Peljo, Fielding, Wong, & Weber, 2002; Jones & Jha, 2009; MelbourneWater, 2005).

| Forurensninger            | Renseeffekt |
|---------------------------|-------------|
| Suspenderte stoffer (TSS) | 70 – 90 %   |
| Total fosfor              | 50 – 70 %   |
| Tungmetaller              | 70 – 90 %   |
| Organisk stoff            | 70 – 90 %   |

Tabell 5-4: Forventet renseseffekt i sandfiltergrøfter (Åstebøl, 2007, p. 34)

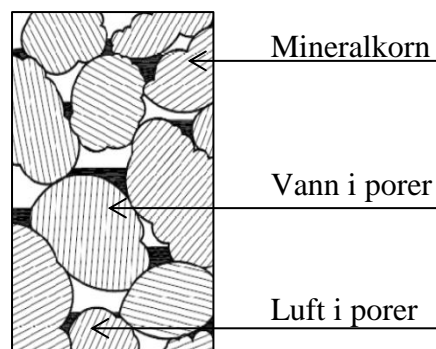
Med utgangspunkt i renseseffekt og forventet konsentrasjon av forurensende stoffer i sentrumsområder, ser vi av Tabell 5-4 at man ved rensing med bio-fordrøyningsystemer kan oppnå betydelig forbedring av tilstand på overvannet. Det vil likevel i enkelte tilfeller være nødvendig å kombinere flere ulike renseløsninger for å oppnå ønsket effekt.

|         |    | Forventet konsentrasjon i sentrumsområder |             | Nedre renseseffekt (70 %) |             | Øvre renseseffekt (90 %) |             |
|---------|----|---|-------------|---------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|         |    | [ $\mu\text{g/l}$ ]                       | [Tilst.kl.] | [ $\mu\text{g/l}$ ]       | [Tilst.kl.] | [ $\mu\text{g/l}$ ]      | [Tilst.kl.] |
| Kobber  | Cu | 30  | V           | 9                         | V           | 3                        | IV          |
| Sink    | Zn | 140                                       | V           | 42                        | III         | 14                       | II          |
| Kadmium | Cd | 0,5                                       | V           | 0,15                      | III         | 0,05                     | II          |
| Bly     | Pb | 20  | V           | 6                         | V           | 2                        | III         |
| Nikkel  | Ni | 10  | V           | 3                         | III         | 1                        | II          |
| Krom    | Cr | 5   | III         | 1,5                       | II          | 0,5                      | II          |

Tabell 5-5: Forventet forbedring av overflateavrenning som følge av rensing i sandfiltergrøfter

### 5.2.2 Strukturell bæreevnesvikt

En av hovedårsakene til skepsisen rundt alternativ overvannshåndtering i nærheten av veg er faren for reduksjon av vegens bæreevne. Ved infiltrasjonsløsninger nær vegkonstruksjonen (vegens overbygning) kan vann trekke inn i strukturen i stedet for å infiltrere og føre til utmatting, krakelering og setninger. Målet er derfor å hindre vann i å trekke *inn* i konstruksjonen fra infiltrasjonsanleggene, og



Figur 5-3: Oppbygging av jordart. Basert på (Aarhaug, 1992, p. 56)

<sup>7</sup> Blant annet (Hvitved-Jacobsen et al., 2010), og (Woods-Ballard et al., 2007)



samtidig sikre at vann som har drenert gjennom asfalten og befinner seg i overbygningen blir drenert *ut*.

Strukturell bæreevnesvikt skyldes som oftest en kombinasjon av vann i overbygningen, og for mye finstoff i konstruksjonens forsterknings-, og bærelag (Aurstad et al., 2011). Denne sammenhengen mellom finstoff, vanninnhold, og overbygningens E-modul<sup>8</sup> er årsaken til at det stilles krav til mengde finstoff i de mekanisk stabiliserte materialene i håndbok 018 – Vegbygging (Statens vegvesen, 2011a). Sammenhengen kan forklares geoteknisk.

En massestruktur inneholder *massekorn, vann, og luft*. Massekornene danner et skjelett ved at de presses sammen og avgir friksjon i kontaktflatene. Rundt hvert massekorn finnes en vannhinne som bidrar til å holde kornene sammen, og mellom kornene finnes små porer av luft (jfr. Figur 5-3). Det er størrelsen på porene (eller massens densitet) som avgjør permeabiliteten i massen, og følgelig dens evne til å drenere bort overflødig vann i porestrukturen. Etersom vanninnholdet i en masse er avhengig av kontaktflateareal, vil en tett vellgradert masse potensiel kunne inneha et større vanninnhold.

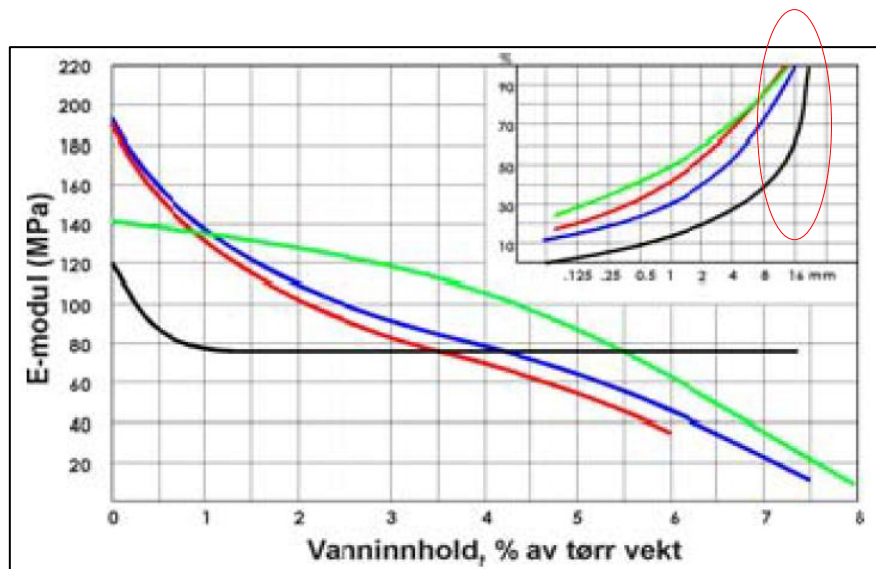
Når en masse påføres trafikkbelastninger, komprimeres massen. Komprimeringen medfører en spenningsøkning i massestrukturen, og tas opp av friksjonen mellom mineralkornene. Det er dette som gir vegen bæreevne.

Dersom massestrukturen har høyt vanninnhold ville den påførte spenningen delvis bli tatt opp av vannet i porestrukturen. Vann, som ikke kan komprimeres, vill derfor bli forsøkt presset ut av massen (drenert ut). Den manglende dreneringsevnen fører til et økt poretrykk i massestrukturen, og vil med vedvarende, eller gjentatt belastning presse mineralkornene fra hverandre. Dette resulterer i redusert friksjon og redusert bæreevne.

Desto høyere vanninnhold og tettere massestruktur, desto større poretrykk genereres. Figuren under illustrerer forholdet mellom spenning og deformasjon, vanninnhold, og finstoff.

---

<sup>8</sup> Omtales også som elastisitetensmodul, og er definert som spenning ( $\sigma$ ) / deformasjon ( $\epsilon$ ). Høy E-modul betyr dermed at påført spenning vil medføre liten deformasjon.



Figur 5-4: Påvirkning av E-modul ved økt vanninnhold i massestruktur. Illustrasjon: Geir Berntsen (Aurstad et al., 2011)

Av figuren ser vi at de vellgraderte massene (grønn, rød, og blå linje) har for lav permeabilitet og får redusert E-modul ved økende vanninnhold. I praksis betyr det at vegen får en større deformasjon ved samme trafikkbelastning, eller samme deformasjon ved en mindre trafikkbelastning. Sort linje er en ensgradert masse med 60 % 6-18 mm (rød sirkel, Figur 5-4), og strukturen er drenerende og stabil selv med vanninnhold over 1 %.

### Teleproblematikk

Telehiv og teleløsninger i vegkonstruksjonen (og i masser generelt) er avhengig av tre faktorer:

1. Vann
2. Frost
3. Telefarlige masser

Som forklart over vil dårlig drenering kunne føre til vann i vegkonstruksjonen. Dårlig drenerende, telefarlige masser (mye finstoff) kan også kapillærsuge<sup>9</sup> vann fra underliggende, stedlige masser og grunnvann opp i konstruksjonen.

Dersom vann befinner seg høyere enn frostpenetreringen (frostfri dybde, telefront) vil det kunne dannes islinser. Disse vil ved frysing gi 10 % volumøkning (Aarhaug, 1992), og vil skyve unna omliggende masse. Dersom vannet ligger høyt nok opp til overflaten kan islinsene føre til ujevnheter i asfalten. For øvrig medfører ikke telen bæreevnesvikt før i teleløsningen, når islinsene tiner, og etterlater seg svake partier. Ettersom massen ofte tiner nedover fra overflaten vil det overskytende vannet ikke dreneres unna, og vi kan få skader grunnet økt poretrykk.

<sup>9</sup> Vann blir sugd opp (*kapillært*) fra grunnvannstand på grunn av fine porer i jorda (Aarhaug, 1992)

Norge har i det siste hatt store problemer med frostsikring av veg, både på grunn av mer vann og større frostpenetrering. Aviser og tidsskrifter skriver ofte om nybygde veger som allerede er blitt ødelagt av tele, og det kan blant annet nevnes følgende tre prosjekter:

- Rv.2 Kløfta – Nybakk. Åpnet i oktober 2007. Teleskader påvist i 2010<sup>10</sup>
- E16 Sandvika – Hønefoss. Åpnet 2009. Teleskader påvis i 2011<sup>11</sup>
- E18 Østfold. Åpnet november 2010. Teleskader påvist mars 2011<sup>11</sup>

Sikring av vegens bæreevne ved beskyttelse mot inntrengning av vann i de mekanisk stabiliserende strukturene er avgjørende for å sikre kapitalverdien for vegnettet. Med sikring av vegkapitalen menes her at vegobjektets tilstandsverdi ikke skal reduseres utover hva som er forventet over en hvis tidsperiode. Dersom vann trekker inn i vegkonstruksjonen vil man kunne få et økt vedlikeholdsbehov, og følgelig en reduksjon av vegens kapital.

Løsningene som fremkommer i kapittel 5.4 tar hensyn til både bæreevne og telemotstand, slik at disse forholdene sikres ved en Grønngate-implementering.

### 5.2.3 Infiltrasjonsevne

I tillegg til sikker drenering vil man ved alternativ overvannshåndtering være avhengig av tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet i den stedlige massen.

Dersom det tradisjonelle bortledningssystemet erstattes av naturlige infiltrasjonsløsninger vil man være helt avhengig av at løsningen fungerer som tiltenkt for å unngå skader på både veg og nærliggende bygninger.

I Norge vil dette by på to utfordringer;

1. Leire og fjell vil mange steder hindre infiltrasjon til grunn, og vann vil kunne trenge inn i vegoverbygningen, eller opp på overflaten. Som nevnt i kapittel 4.6 vil mangel på infiltrasjonskapasitet være en utfordring for bruk av BMP-løsninger.
2. Frost vil store deler av året hindre infiltrasjon. Dette er en spesiell utfordring om våren da snøsmelting skaper stor avrenning på impermeable flater. Smeltevann som ikke ledes bort kan både gi vannskader, og skape farlige forhold dersom vannet ledes ut i vegareal og gang- og sykkelveg for så å fryse.

#### Leir og fjell

En alternativ overvannshåndtering må tilpasses anleggets stedlige forhold. Med dette menes en kartlegging av massens infiltrasjonskapasitet, grunnvannstand, og forventet nedbør mht. stedets topografi (tette flater, bratt fjell etc.).

Som vist på Figur 2-2 vil bruk av vegetative løsninger både forsinke (fordrøye), og redusere (infiltrere) avrenningen. Dersom stedlige forhold vanskeliggjør infiltrasjon, kan alternative

---

<sup>10</sup> <http://www.tu.no/bygg/2010/08/13/ny-motorvei-odelagt-for-alltid>

<sup>11</sup> <http://www.aftenposten.no/nyheter/iriks/article4073219.ece>

løsninger fremdeles sikre fordrøyning, og dermed redusere spissavrenning og påfølgende overbelastning.

### Frossen masse

Infiltrasjonsmassen (filtermediet) i vegetative systemer som *swales*, *filterstriper* og *regnbed* vil fryse ved lengre fryseperioder. Filtermediet vil være velgradert for å kunne ta opp sedimentert forurensing, og vil derfor også ha større vanninnhold enn ensgradert infiltrasjonsmasse (pukk, grus).

Ved slike situasjoner må avrenning fra smeltevann og regnvann gis sikker avrenning. Til nå er det blitt benyttet større dammer/basseng i forbindelse med rensing av vegvann (Statens vegvesen, 2006b). Slike systemer har fordrøyningskapasitet til å ta unna avrenningen. Størrelsen gjør likevel vanskelig å anlegges slike løsninger i urbane områder, og avrenningen må sikres gjennom andre arealgunstige løsninger.

Det foreslås to løsninger til flomreduksjon:

#### 1. Tørr fordrøyning

Områder som ballplasser, parkområder, urbane amfiområder, kan tillates å bli temporært oversvømt ved store regnskyll, eller ved stor snøsmelting. Permeabelt underlag, eller sandfang sikrer drenering ved slutt på regnskyll og/eller smelteperiode.

Områdene kan også brukes til urbant snølager om vinteren. Slike flerbruksareal er svært arealgunstige, og er bygget med gode erfaringer både i Norge og Sverige (Stahre, 2002; Statsbygg, 2004)

#### 2. Prefabrikkerte infiltrasjons/fordrøyningsmagasin

En annen arealgunstig løsning er nedgravde fordrøyningsbasseng. Prefabrikkerte løsninger har porevolum opp mot 95-100 % (Bergen Kommune, 2005), og kan anlegges under fortau og offentlige arealer. Ved riktig belastningsfordeling kan kassettsystemer også tåle trafikklast (Woods-Ballard et al., 2007).

Ved å bruke rørsystem som overløp i de ulike BMP'ene kan man opprettholde avrenning selv med frost i filtermassen. Overløpet kan enten føres ned til drepsrør, eller ned under frostfri dybde. Under frostfri dybde vil filtermediet kunne fungere som tiltenkt.

## 5.3 Arealbruk og implementeringsmuligheter

---

Spørsmål knyttet til arealbruk vil være sentralt når nedgravde rør erstattes med åpne løsninger. Ved implementering av Grønngater i Norge vil det derfor være viktig å finne løsninger som ikke medfører høyere arealbruk enn det som legges til grunn ved prosjektering etter Statens vegvesens håndbok 017 – Veg- og gateutforming (2008b).

Selv om mange hevder at den største forutsetningen for en utvidet bruk av alternative overvannhåndteringsmetoder er at det tidlig må «settes av areal», vil man i vegplanleggingen ha en unik mulighet til å ta i bruk allerede eksisterende tilgjengelig areal.

Areal i form av vegeterte buffersoner, midtrabatter, tette asfalterte flater, trafikkøyer, opphøyde kanaliseringer, og hjørneavrundinger i gatekryss (for å nevne noen), er områder som allerede er inkorporert i vegplanleggingen, og benyttes blant annet som tiltak for å fremme ønsket trafikkavvikling, trafikksikkerhet, og estetisk uttrykk til veien.

Felles for dem alle er at de innrammes av kantstein, og bygges enten konvekse (jfr. Figur 2-7) eller flate. Overflatevannet renner dermed *av* rabattene, og føres *langs* kantstein på veg til nærmeste sandfang og sluk. Når i tillegg enkelte rabattarealer belegges av tette flater reduseres avrenningens konsentrasjonstid ytterligere, og spissavrenningen øker.

Figur 5-2 a-g illustrerer ulike situasjoner i Trondheim, hvor grønrrabatter og vegeterte områder er avgrenset med kantstein eller forhøyet slik at avrenningen havner på veg.

- (a) Asfaltert trafikkøy i kryss. Bildet er tatt i krysset ved Nardosenteret hvor Othilienborgvegen møter Utleirvegen (Fv. 860). Den store asfalterte flaten er opphevet av kantstein, og skaper avrenning ned mot veg. Svingradiusen i krysset oppleves også tilstrekkelig til at det heller ikke vil være nødvendig med overkjørbart areal for tyngre kjøretøy. Her ville det vært fullt mulig å anlegge en regnbed-løsning som vist på Figur 2-10.
- (b) Vegetert buffersone med plantede trær mellom Fv. 860 – Utleirvegen og fortau. Overvann får avrenning mot asfalterte flater, og føres langs kantstein til sluk. Sluk er anlagt på begge sider av bufferen. På Fv. 860 er det oppstått vannansamling i tett sluk. Arealet kan her omformes som en swale (jfr. Figur 2-8) med mer eller mindre vegetasjon, og med innløp gjennom åpninger i kantstein som vist på Figur 5-6.
- (c) Belagt flate i gaterom. Bildet viser start på busslomme i Kongens gate ved Torget, hvor overvann er håndtert i egen sluk. Flaten er fremkommet gjennom utformingen på busslommen, og fremstår som ubenyttet på grunn av et rettvinklet bevegemønster. Overflateavrenningen vil her kunne ledes inn og håndteres i en konstruert regnbed-løsning tilsvarende Figur 2-10, i stedet for i sandfang.
- (d) Vegetert buffersone mellom Fv. 860 Utleirvegen og fortau nær Risvolla. Fortau er anlagt mot buffersone med nedsenket kantstein. På grunn av delvis flat og konveks utforming på buffer er overvann likevel håndtert med sluk på begge sider. Buffer kan omformes til en swale på samme måte som i (b).

- (e) Vegetasjon i gaterommet. Bildet er tatt i krysset Kongens gate / Prinsens gate. Det er plantet mye vegetasjon i form av gatetrær i Trondheim sentrum. Likevel er trærne ofte bygget opp med gatestein slik at overvann får avrenning bort fra treet, og mot nærmeste sluk. I tillegg til at *mer* overvann må håndteres gjennom tradisjonelt ledningsnett blir vann ofte stående i svanker ved trærne. Bilde 5-3b og c illustrerer dette. Området rundt treet kan fremdeles omslutes av kantstein, men bør ha gjennomslipp av overvann gjennom kantstein til en infiltrerende masse.
- (f) Smal vegetert opphøyd kanalisering i krysset mellom Fv. 860 – Utleirvegen og Fv. 862 – Blaklivegen. Overflateavrenning ledes her ned mot kantstein og til kryss. Også her bør utformingen av kanaliseringen opprettholdes, men selve midtpartiet senkes og erstattes av infiltrerende masser. Overvann kan slippes inn gjennom innløpsløsning i kantstein.
- (g) Vegetert buffersone mellom Fv. 885- Bratsbergvegen og fortau nær Nidarvoll. Bufferen er bygget opp i konveks form, og avgrenset med kantstein på begge sider. Situasjonen vil være lik som bilde (b). Som det fremgår av Bilde 5-3d og e, er vann samlet opp *rundt* sluk, og avgrensningen med kantstein gjort at det er samlet seg mye vann i vegbanen. Bilde 5-1 er også hentet fra samme sted, og illustrerer at det også samler seg forurensninger i det oppsamlede overvannet. I en slik situasjon vil det være nærliggende å hevde at eksisterende situasjon ikke bare innebærer *muligheter* for en alternativ overvannshåndtering, men at slike håndteringsmetoder på mange måter vil være *løsningen* på eksisterende situasjon.





Bilde 5-2a



Bilde 5-2b



Bilde 5-2c



Bilde 5-2d



Bilde 5-2e



Bilde 5-2f



Bilde 5-2g

Bilde 5-2: Implementeringsmuligheter i offentlig disponibelt vegareal

Trondheim – 22.05.13

- a) Asfaltert trafikkøy i kryss. (Kryss Othilienborgvegen / Utleirvegen (Fv. 860))
- b) Vegetert buffersone med plantede trær (Fv. 860 – Utleirvegen)
- c) Belagt flate ved busslomme. (Kongens gate ved Torget)
- d) Vegetert buffersone uten trær (Fv. 860 Utleirvegen)
- e) Gatetre (Kryss Kongens gate / Prinsens gate)
- f) Vegetert opphøyd kanalisering (kryss Fv. 860 – Utleirvegen / Fv. 862 – Blaklivegen)
- g) Vegetert buffersone (Fv. 885 - Bratsbergvegen)



Bilde 5-3a



Bilde 5-3b



Bilde 5-3c



Bilde 5-3d



Bilde 5-3e

Bilde 5-3: Oppsamling av vann nær grøntområder på grunn av kant- og belegningsstein

Trondheim 22.05.13

- a) Gatetrær i Kongens gate. Opphøyd med belegningsstein, og avrenning mot renne og sluk
- b) Oppsamling av overvann i renne ved gatetre (Kongens gate)
- c) Oppsamling av overvann i setning ved gatetre (Kongens gate)
- d) Konveks buffer, og lite funksjonell sluk skaper oppsamling av overvann (Fv. 885 - Bratsbergvegen)
- e) Muligheter for bruk av grøntareal på begge sider av oppsamlet overvann (Fv. 885 - Bratsbergvegen)



## 5.4 Utforming av alternative håndteringsmetoder i vegplanleggingen

---

Bruk av kombinerte infiltrasjon og fordrøyningsløsninger i og langs vegsystemer krever en utforming som tar hensyn til alle utfordringene knyttet til «veg og vann». I forhold til bruk av alternative overvannhåndteringsløsninger på privat tomt, og på områder uten stor trafikkbelastning vil det være viktig å sikre at en håndtering av vegavrenningen ikke reduserer vegkapitalen.

Med utgangspunkt i overnevnte sentrale emner, kommunale forutsetninger for bruk, og utfordringer ved bruk, samt potensielle implementeringsmuligheter langs veg, er 5 alternative håndteringsløsninger (BMP-løsninger) designet.

- Swale med tre  
*Swale-løsningen er 4 meter bred, og 50 cm dyp fra vegkant til bunn grøft.*
- Swale uten tre  
*Utformet på samme måte som Swale-løsningen med tre, uten trær i grøfteside og med smalere sandfiltergrøft.*
- Infiltrasjonsgrøft med tre
- Infiltrasjonsgrøft uten tre  
*Infiltrasjonsgrøftene er konstruert 80 cm bred, og med 15 cm dyp fordrøyning.*
- Regnbed  
*Regnbed-løsningen er 2,30 m bredt, og med 15 cm dyp fordrøyning.*

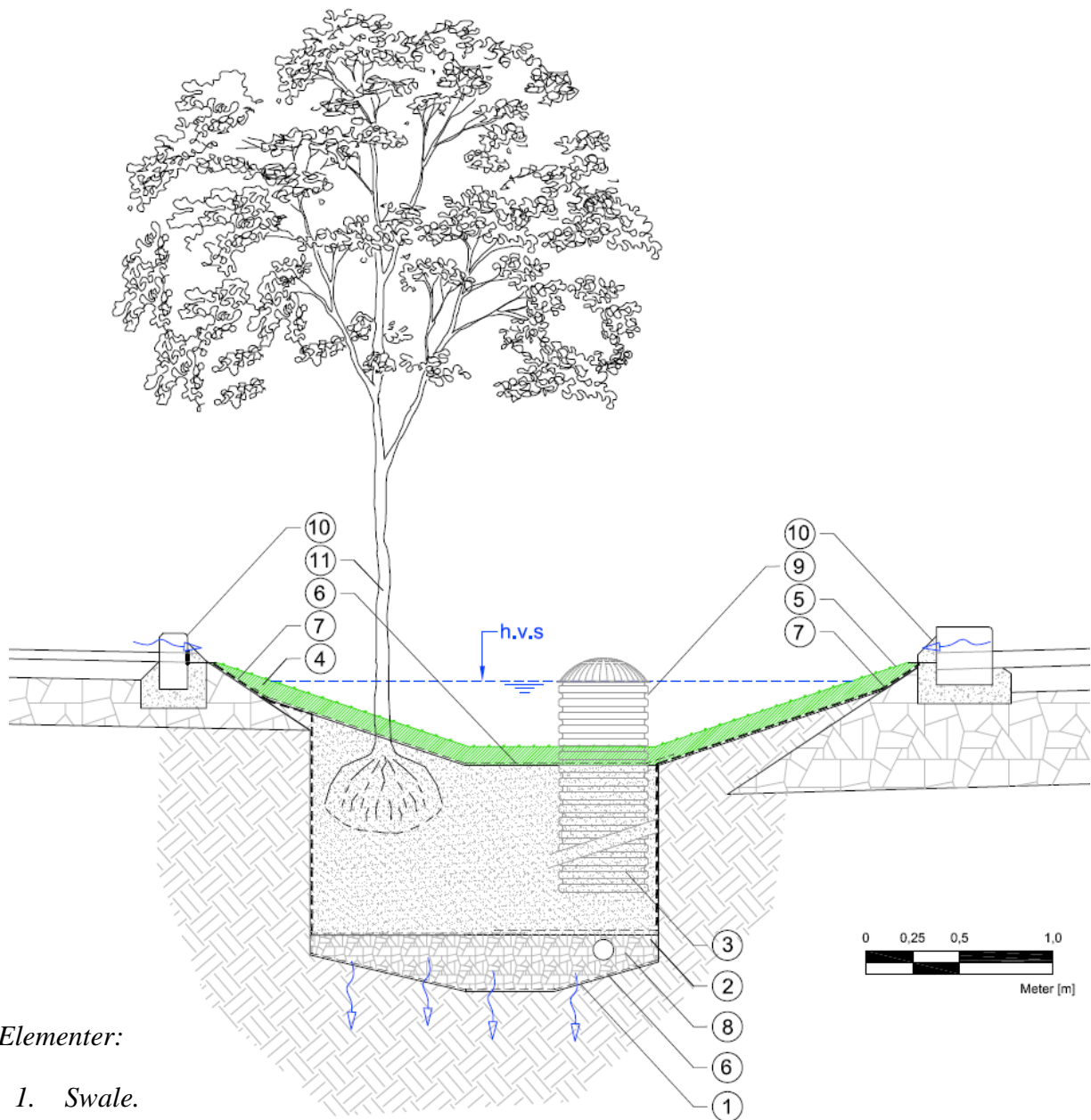
Selv om en av de største fordelene med bruk av BMP-løsninger i et urbant landskap er at de kan utformes til å tilpasse tilgjengelige og passende arealer, er de fem løsningene som benyttes i denne oppgaven gitt et bestemt tverrsnitt.

Dette forenkler prosessen med å kostnadsberegne de enkelte løsningene når flere skal implementeres i et gatesystem.

Alle løsningene er utformet med drenerende masser, og drenerør i bunn. Det vil derfor være mulig å implementere slike løsninger uavhengig om de stedlige massene innehar tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet. Selv om overvannet til slutt ledes bort i et lukket system (drens og overløpsrør) vil utformingen av løsningene, og den drenerende filtermassen, gi en tilstrekkelig fordrøyning til at spissavrenningen reduseres. På den måten blir overvannsproblematikken imøtekommet, og overvann renses gjennom bruken av disse løsningene, selv på steder med liten infiltrasjonskapasitet.

Under forklares de ulike elementene som inngår i de fem BMP'ene.

## 5.4.1 Swale med tre



### Elementer:

1. Swale.
2. Drenerende masser, Pukk 8 – 16 mm.
3. Filtermasse, sandholdig, mineralrik jord
4. Vekstjord/ matjord
5. Gress
6. Permeabel geotekstil.
7. Impermeabel geomembran (HDPE) og rothinder.
8. Drenerør, perforert 110 mm DV.
9. Overløp
10. Kantstein / innløp
11. Tre

Figur 5-5: Tversnitt av Swale med tre

### Punkt 1

Som forklart i kapittel 2.4.3 er en swale en grunn vegetert grøft som sikrer fordrøyning av overvannet og sakte transport etter firetrinnsmetodikken (Stahre, 2006). Avrenningen vil da infiltrere til stedlige masser uten særlig underliggende filtermasse. Infiltrasjonsevnen vil følgelig avhenge av permeabiliteten til de underliggende massene, og vann kan bli stående i grøften over lengre tid.

I forbindelse med håndtering av en forurenset vegavrenning, utformes swalen med underliggende infiltrasjonsgrøft (185 cm ×130 cm). Swalen er utformet med sidehelninger 1:3, og bunnbredde på 100 cm. I utgangspunktet utformes infiltrasjonsgrøften i samme bredde som bunnbredden (jfr. Figur 5-7). I dette tilfellet er den gjort bredere for å sikre tilstrekkelige vekstforhold for de plantede trærne, samtidig som det var ønskelig å anlegge rothinder mellom treet, og overbygningen.

Utformingen gir et stort fordrøyningsvolum dersom lengre nedbørsperioder skulle føre til vannmetting av de underliggende massene (jfr. kapittel 9.6). Den tar også hensyn til utkilingen av vegen, og fortauets forsterkningslag. Ved å hensynta vegens utkiling utfordres ikke vegkantens lastfordelende egenskaper. Det er viktig å påse at anleggelsen av BMP-løsningene ikke går på bekostning av bæreevnen. Dette kriteriet gjør at en swale krever noe plass ved bruk i vegprosjekter.

### Punkt 2,3,4 og 5

Selve oppbyggingen er basert på spesifikasjoner fra CIRIA<sup>12</sup>, og massen tilpasset tilgjengelige masser i Norge.

- 30 cm drenerende masser, pukkk, 8 – 16 mm (punkt 2)
- 90 cm filtermasser, mineraljord (punkt 3)
- 7,5 cm vekstjord, matjord (punkt 4)
- Gressplen (punkt 5)

De tre øverste lagene sikrer rensing av vegavrenningen, mens det nederste drenslaget sikrer videre infiltrasjon til de stedlige massene.

### Punkt 6

For å hindre nedvasking av finstoff til de underliggende massene legges det geotekstil/fiberduk mellom vekstjorden og filtermassen, og rundt de drenerende massene. Den øverste geotekstilen vil også ha en renseeffekt ved at partikulært bundne forurensninger, som overnevnte tungmetaller og mikroforurensninger, til en hvis grad blir tilbakeholdt. Geotekstilen vil også forenkle vedlikeholdsprosessen dersom det øverste laget blir fortettet over tid og må skiftes ut.

---

<sup>12</sup> (Woods-Ballard et al., 2007)

### Punkt 7

Det anlegges en impermeabel geomembran langs siden av grøften, mot overbygningen, og ned til det drenerende laget i bunn. Dette sikrer at vann ikke trenger inn i vegkonstruksjonene dersom det skulle oppstå vannspeil i swalen. Membranen er også rotresistent, og vil hindre at røtter fra de plantede trærne trenger inn i overbygningen.

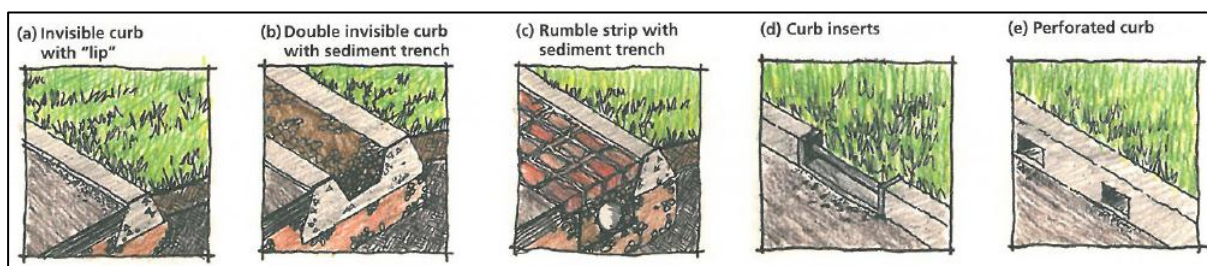
### Punkt 8 og 9

Swalen anlegges med to overløp; sandfangkum, og drenerør, som sikrer en tilstrekkelig håndtering av vegavrenningen. I det nederste drenerlaget er det lagt drenerør (*punkt 8*). Det er valgt å bruke et 110 mm perforert DV rør. Dimensjonen kan oppjusteres dersom man forventer store vannmengder, og har impermeable stedlige masser. Røret er lagt 15 cm over grøftebunn, med helning bort fra røret, noe som sikrer en størst mulig infiltrasjon til de stedlige massene før vannet når overløp.

I swale-løsningens lavbrekk er det satt en overløpskum (*punkt 9*). Denne sikrer at vannmengder over høyeste vannstand som er 35 cm (15 cm under vegkant (Woods-Ballard et al., 2007)) går i overløp og videre til kommunal avløpsledning. Kummen er 425 mm i diameter, i PVC, og anlagt med kuppelrist og sandfang. Drensledning tilkobles sandfang over utløpsledning (200 mm PVC).

### Punkt 10

Avrenningen slippes inn på swalen gjennom nedsenkninger i kantsteinen, og i en høyde 5-10 cm over gresset. Dette hindrer at det bygger seg opp sedimenter som hindrer innløp (Woods-Ballard et al., 2007). Innløp kan selvsagt også sikres gjennom andre metoder (Figur 5-6).

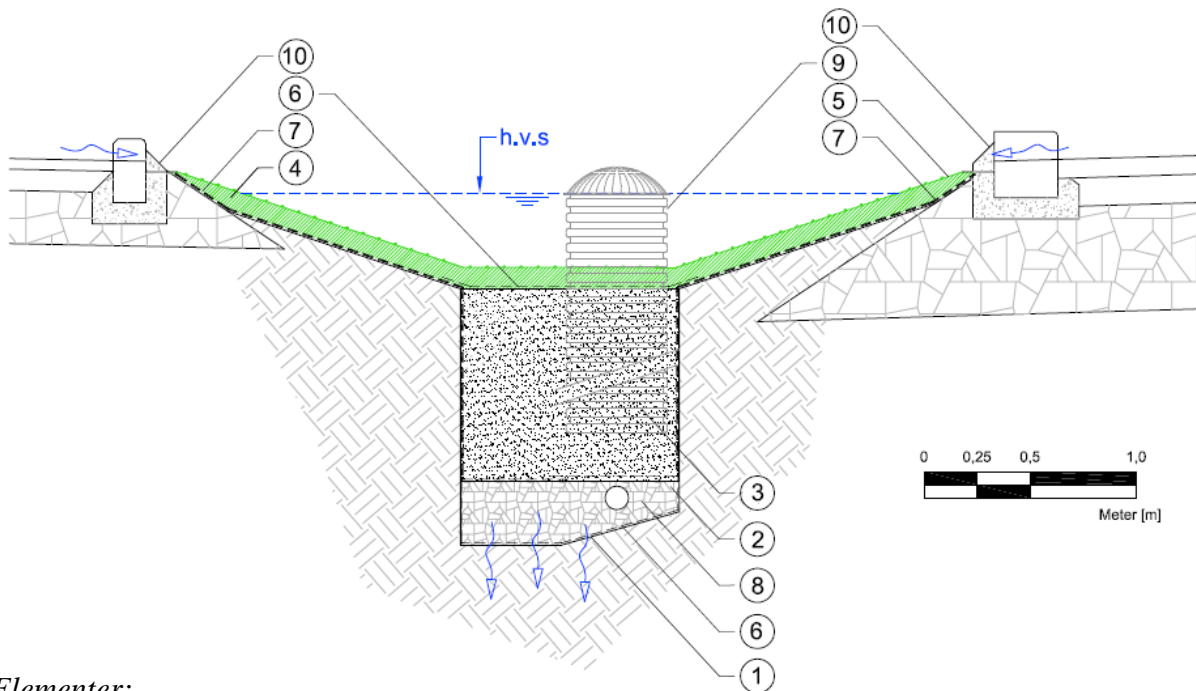


Figur 5-6: Innløpsvennlig kantsteinsutforming (Metro, 2002, p. 54)

### Punkt 11

Tre plantes i grøftevegg, og i den sandholdige, mineralrike filtermassen. En slik masse anbefales av Statens vegvesen som plantemasse (2012). Det må velges tresorter som tåler et høyt vannivå. Treet plantes slik at vegens frie rom opprettholdes.

## 5.4.2 Swale uten tre



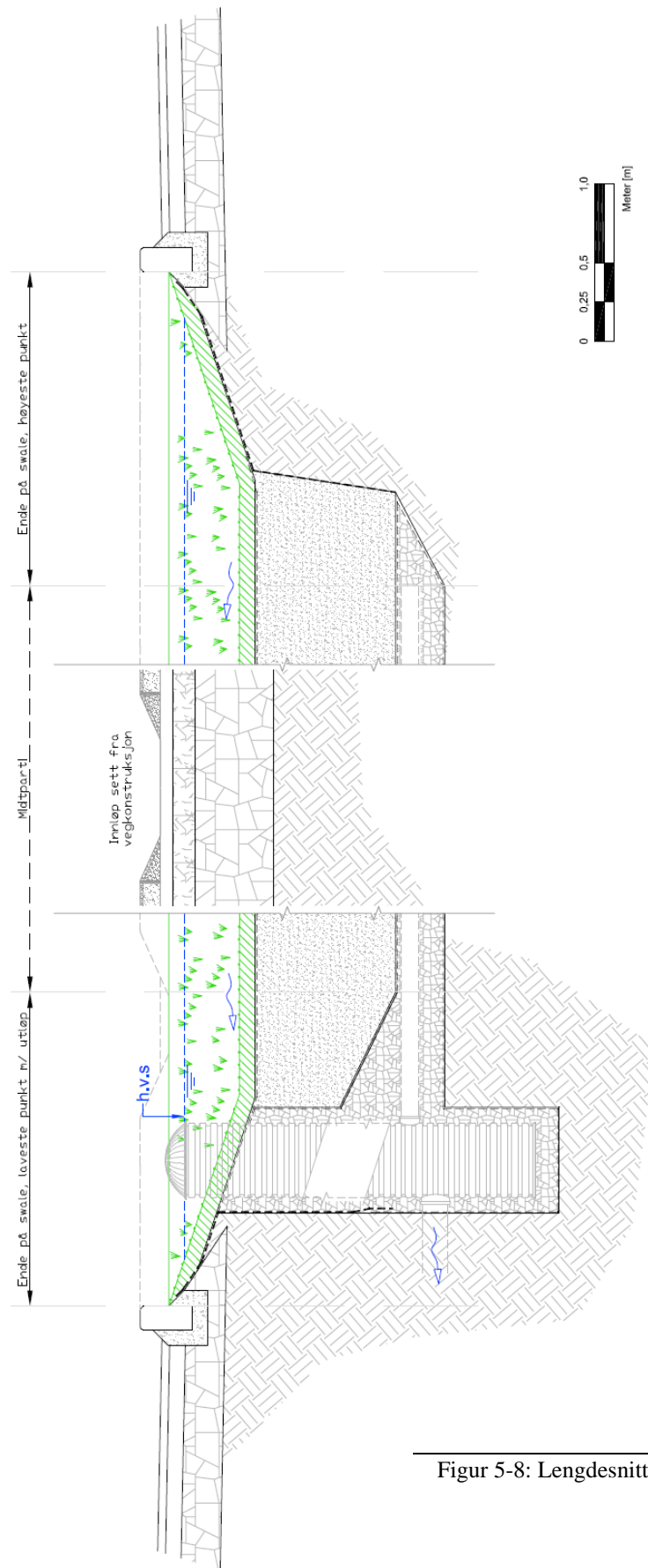
### Elementer:

1. Swale.
2. Drenerende masser, Pukk 8 – 16 mm.
3. Filtermasse, sandholdig, mineralrik jord
4. Vekstjord/ matjord
5. Gress
6. Permeabel geotekstil.
7. Impermeabel geomembran (HDPE) og rothinder.
8. Drenerør, perforert 110 mm DV.
9. Overløp
10. Kantstein / innløp

Figur 5-7: Tverrsnitt av Swale uten tre

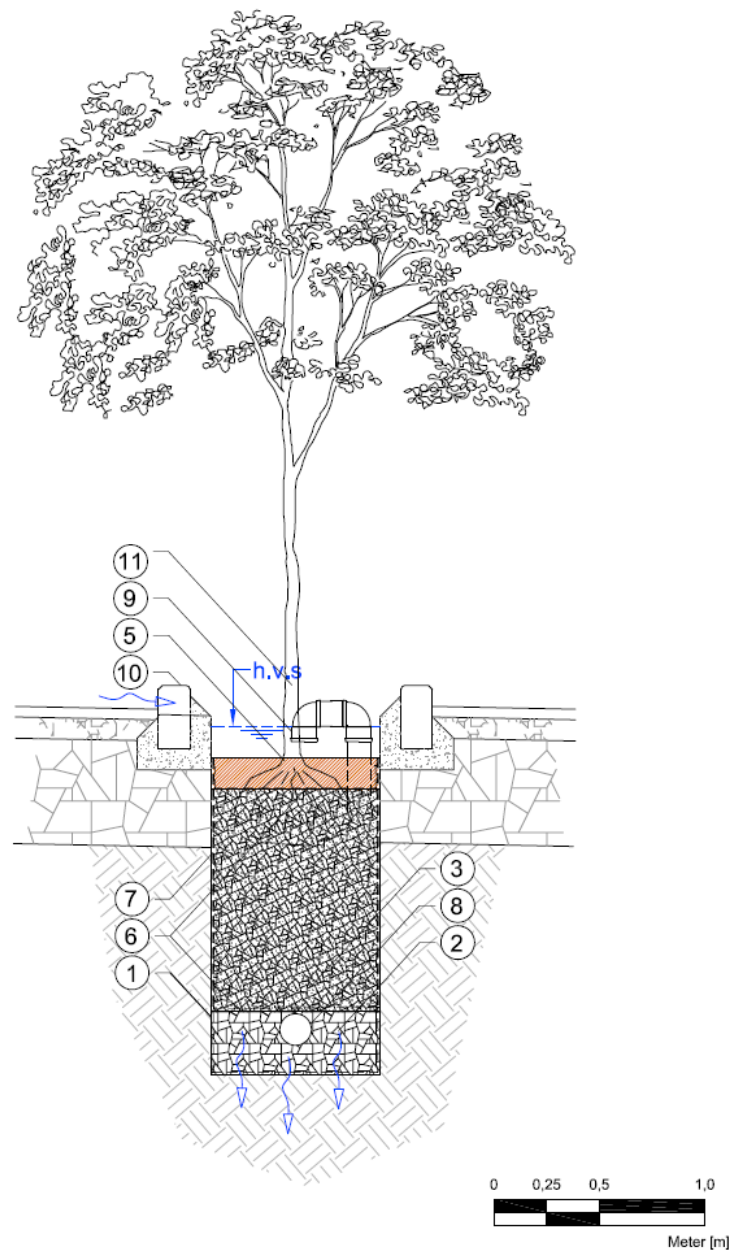
### Punkt 1

Swalen konstrueres i en bredde tilsvarende bunnbredden i grøften på 100 cm. En slik løsning vil være billigere, men vil ha en mindre infiltrasjonskapasitet i forhold til swale løsningen med tre. Fordrøyningskapasitet, ved ekstremvær og vannmetning, er selvsagt den samme. Vi ser av Figur 5-7 at denne løsningen kan brukes på mindre arealer uten at det går utover utkilingen av forsterkningslagene.



Figur 5-8: Lengdesnitt av Swale-løsning

### 5.4.3 Infiltrasjonsgrøft med tre



Elementer:

1. Infiltrasjonsgrøft.
2. Drenerende masser, Pukk 8 – 16 mm.
3. Skjelettjord, «structural soil».
4. (Drenerende topplag, Pukk 11 – 16 mm e.l. – gjelder 5.4.4)
5. Organisk topplag, Bark.
6. Permeabel geotekstil.
7. Impermeabel geomembran (HDPE) og rothinder.
8. Drensrør, perforert 110 mm DV.
9. Overløp
10. Kantstein / innløp/utløp
11. Tre.

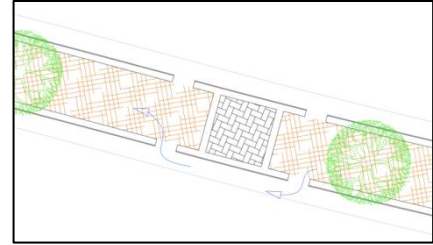
Figur 5-9: Tverrsnitt av Infiltrasjonsgrøft med tre



Opprettholdelse av bæreevnen gjennom bevaring av utkilingen gjør det utfordrende å ta i bruk arealer mindre 1,5 m i bredde. Veger anlegges ofte med rabatter helt ned i 1 m bredde. Forsterkningslagene mellom kjørebanelene, eller kjørebane og fortau, er da lagt som et sammenhengende lag for å sikre bæreevne helt inn mot kantstein.

For å kunne ta i bruk også slike arealer utformes infiltrasjonsgrøfter etter samme prinsipp som «flow-through-planter», hvor avrenningen føres inn på et lukket areal og infiltreres, eller går i overløp ved store vannmengder. Dersom vannhastighetene blir for store kan det anlegges grøftefrie soner (jfr. Figur 5-10).

Infiltrasjonsgrøftene er konstruerte med mekanisk stabiliserende masser, noe som gjør at bæreevnen i vegens overbygning opprettholdes.



Figur 5-10: «Flow-through-planter». Grøftefrie soner reduserer vannhastighet i bratt vertikalkurvatur

### Punkt 1

Figur 5-9 viser en utforming av en 1 m bred rabatt (ytterkant kantstein – ytterkant kantstein), og er 145 cm dyp.

Infiltrasjonsgrøften er utformet slik at den gir både infiltrasjon og fordrøyning av avrenningen. Ved bruk av infiltrasjonsgrøft som rabatt i veganlegg vil grøftas vertikalkurvatur til en hvis grad følge gatens kurvatur, og overløpsordninger må anlegges i lavbrekk.

### Punkt 2,3 og 5

Grøften er utformet med mekanisk stabiliserende dreneringsmasser, og et organisk drenerende topplag.

- 30 cm drenerende masser, pukkk, 8 – 16 mm (punkt 2)
- 100 cm skjelettjord (punkt 3)
- 15 cm bark (punkt 5)

For å sikre tilstrekkelig vekstforhold for de plantede trærne brukes skjelettjord. Skjelettjord er et rotvennlig forsterkningslag, internasjonalt kjent under navnet «*structural soil*», og er en sammensetning av ubundne granulære materialer, og mineraljord. Pukkk legges ut i 30 cm tykkelse, og komprimeres etter gitte krav. Det påføres videre vekstjord som vaskes ned i lag på 2 cm (Embrén, Alvem, Stål, & Orvesten, 2009). Dette gir tilstrekkelig blanding av jord og luft i skjelettstrukturen, som gir gode vekstvilkår for trær. Samtidig vil kompakteringen sikre en tilstrekkelig bæreevne i vegkonstruksjonen.

### Punkt 6

På samme måte som i overnevnte løsninger benyttes geotekstil/fiberduk for å hindre inntrengning av stedlige masser i de drenerende massene. Geotekstil legges rundt dreneringsmassen i bunn, og fungerer som separasjonslag mellom den og skjelettjorden. Det anlegges også fiberduk mellom det organiske topplaget og skjelettjorden. Dette for å sikre at



finstoff fra vegavrenningen og barken ikke trenger gjennom og tetter porestrukturen til skjelettjorden.

#### Punkt 7

Rotresistent geomembran brukes for å hindre inntrengning av vann og røtter i de tilliggende forsterkningslagene, og legges ned til det drenerende bunnlaget.

#### Punkt 8,9 og 10

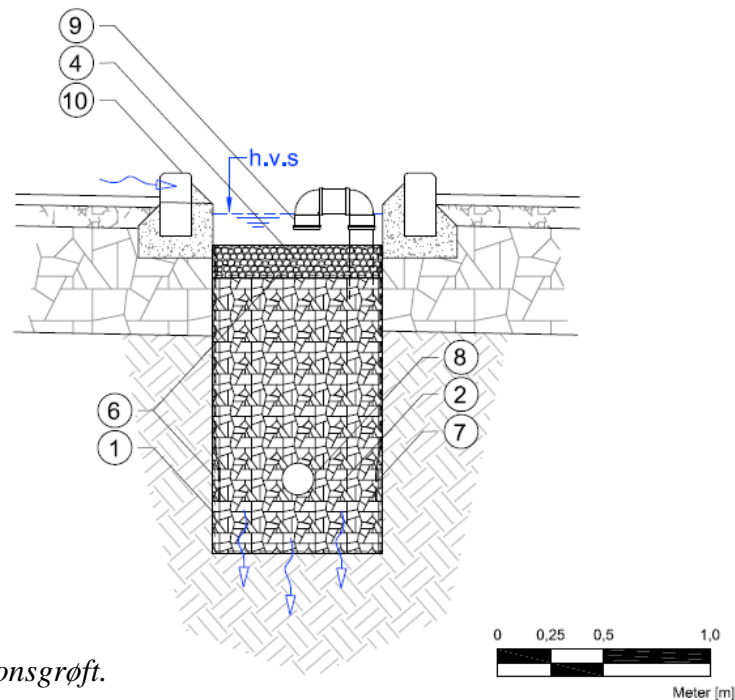
Infiltrasjonsgrøften har 3 overløp. Dreneringsrør (*punkt 8*), 110 mm perforert DV er lagt 15 cm fra bunn for å optimalisere infiltrasjonen videre til de stedlige massene. Ved vannmetting, eller regnintensiteter større enn infiltrasjonsevnen vil fordrøyningsvolumet fylles opp. For å sikre en maksimal vannstand på 15 cm er det konstruert en overløpsanordning. Overløpet består av 2 stk. 90° bend i skjøtemuffe tilkoblet et 150 mm PVC-rør (*punkt 9*). Overløpet er i dette tilfellet tilkoblet drenerørret, men kan med fordel tilkobles nærliggende overvannsledning eller sandfangskum.

Ved vannmengder utover dette vil innløpet (*punkt 10*) i kantsteinen også fungere som overløp. Innløp skjer gjennom hull i kantstein på 30 cm i hver sin ende, eller etter behov.

#### Punkt 11

Tre plantes i skjelettjorden, og dekkes med bark. Treet må tåle vannspeil i grøften.

#### 5.4.4 Infiltrasjonsgrøft uten tre



##### *Elementer:*

1. Infiltrasjonsgrøft.
2. Drenerende masser, Pukk 8 – 16 mm.
3. (Skjelettjord, «structural soil» - gjelder 5.4.3)
4. Drenerende topplag, Pukk 11 – 16 mm e.l.
5. (Organisk topplag, Bark - gjelder 5.4.3)
6. Permeabel geotekstil.
7. Impermeabel geomembran (HDPE) og rothinder.
8. Drensrør, perforert 110 mm DV.
9. Overløp, tilkobles drensrør i gren.
10. Kantstein / innløp/utløp

Figur 5-11: Tverrsnitt av Infiltrasjonsgrøft uten tre

Infiltrasjonsgrøft kan også anlegges uten beplantning. Midtdeler/rabatt/infiltrasjonsområde anlegges da som et gruslagt areal, med avgrensning av kantstein. Grøften fylles da opp med pukk 8 – 16 mm, som sikrer god infiltrasjonsevne.

##### Punkt 4

Som topplag legges 15 cm tykt lag av singel (pukk 11 – 16 mm), som gir et mer estetisk utseende.

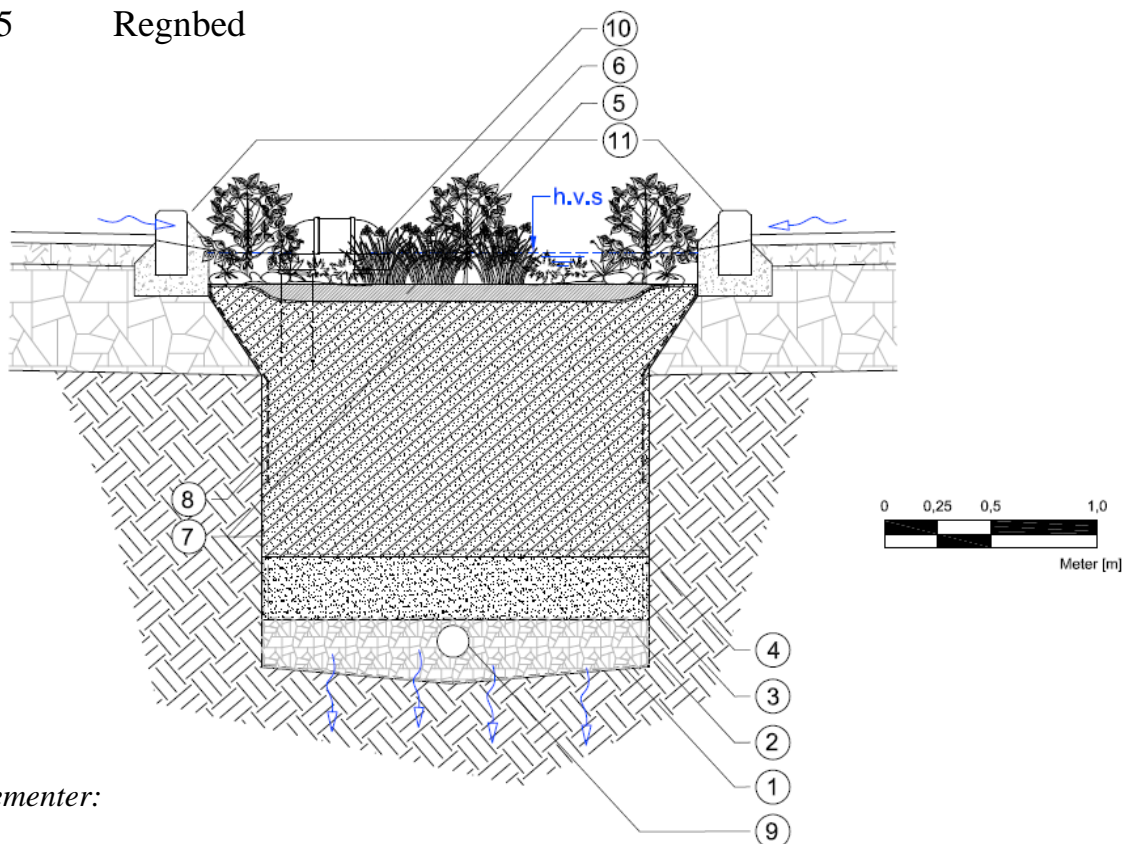
### Punkt 6 og 7

Geotekstil/fiberduk legges i bunn grøft for å skille de drenerende og stedlige massene, og legges i overlapp med geomembranen. Fiberduk legges også under topplaget for å forenkle en evt. utskifting av massen. Geomembranen legges minimum 35 cm under overbygning på tilsluttende vegareal.

### Punkt 8

Dreneringsrøret kan her anlegges i ønsket høyde avhengig av i hvilken grad man ønsker fordrøyning eller infiltrasjon i dreneringsmassen, og av permeabiliteten til de underliggende massene. I dette tilfellet er dreneringsrøret lagt i en høyde 15 cm over bunn grøft.

## 5.4.5 Regnbed



### *Elementer:*

1. Regnbed.
2. Drenerende masser, Pukk 8 – 16 mm.
3. Filtermasse, Steinstøv (kabelsand) 0 – 4 mm
4. Filtermasse, sandholdig, mineralrik jord
5. Organisk topplag, Løvkompost.
6. Beplantning
7. Permeabel geotekstil.
8. Impermeabel geomembran (HDPE) og rothinder.
9. Drensrør, perforert 110 mm DV.
10. Overløp
11. Kantstein / innløp

Figur 5-12: Tverrsnitt av Regnbed

Regnbed er som nevnt i kapittel 2.4.3 et mye brukt element i «Green Streets». Vegetasjonen og filtermediet vil sørge for en høy rensegrad av både tungmetaller og totalt suspenderte stoffer, og gjør at regnbed passer bra til håndtering av vegavrenning.

Figur 5-13 viser en gate i Montreal i Canada, hvor de tradisjonelle sandfangene er erstattet av regnbed.



Figur 5-13: Regnbed erstatter sandfang. Hentet fra: (Thorolfsson, 2011)

#### Punkt 1

Regnbed finnes i mange ulike utforminger, og kan både være designet av landskapsarkitekt til å passe i en «urban setting», eller utgravd av en privatperson på egen tomt. Figur 5-12 viser en løsning, hvor regnbedet anlegges som et rektangulært element langs vegen på lik linje som Figur 5-13.

Regnbedet er anlagt med 1,80 m bredt filtermedium, og utgraves i en dybde på 2,10 m fra vegkant til bunn grøft.

#### Punkt 2,3,4 og 5

Oppbygningen av regnbedet er basert på spesifikasjoner fra CIRIA<sup>13</sup>, og massen er tilpasset tilgjengelige masser i Norge.

- 30 cm drenerende masser, pukkk, 8 – 16 mm (punkt 2)
- 30 cm sandfiltermasser, steinstøv 0 – 4 mm (punkt 3)
- 120 cm filtermasse, mineraljord (punkt 4)
- 7,5 cm organisk topplag, løvkompost (punkt 5)

Den sandholdige, mineralrike jorden må inneholde nok organisk materiale til å sørge for tilstrekkelige vekstforhold for plantene.

#### Punkt 6

Regnbedet beplantes av stauder. Beplantningsplan må vurderes i hvert tilfelle, og det bør velges lokale planter som tåler det aktuelle klimaet. I forbindelse med håndtering av vegavrenning må plantene i tillegg til høy vannstand (og enkelte tørkeperioder) tåle saltsprut.

Plantetettheten vil variere avhengig av hvilke stauder som velges, og med ønsket plantetetthet i regnbedet. For å kunne gjøre kostnadsberegninger knyttet til beplantningen regnes det for enkelhets skyld 8 stauder per kvadratmeter (Ekle, 2013).

#### Punkt 7 og 8

Geotekstil (punkt 7) brukes som separasjonslag for å hindre vandring av finstoff, og reduksjon av permeabiliteten. Det legges fiberduk langs grøftevegg rundt sandfilterlaget, og under det

---

<sup>13</sup> (Woods-Ballard et al., 2007)

organiske topplaget. For hindre inntrengning av vann i overbygningen legges impermeabel geomembran (*punkt 8*) langs grøftesidene og ned til minst 35 cm under vegens overbygning.

### Punkt 9, 10 og 11

På samme måte som infiltrasjonsgrøftene (over) har regnbedet 3 overløp. I det nederste drenglaget legges dreneringsrør (*punkt 9*), 110 mm perforert DV 15 cm fra bunn for å sikre størst mulig infiltrasjon til de underliggende massene. Overløp 150 mm PVC (*punkt 10*) er tilkoblet, og skal sikre at fordrøyd vannmengde ikke overstiger høyeste vannstand på 15 cm (Woods-Ballard et al., 2007). Ved overbelastning av overløp vil innløp fungere som overløp ut i gaten. Innløp (*punkt 11*) skjer gjennom åpninger i kantstein på 30 cm.

-----

Som vist over vil det være fullt mulig å implementere en alternativ overvannshåndtering i norske vegprosjekter. De overnevnte løsningene er utformet på en slik måte at de imøtekommer utfordringer knyttet til norske forhold, og samtidig sikrer bevaring av vegkapitalen.

I de etterfølgende kapitlene ses det på hvorvidt en slik tverrfaglig prosjektering som Grønngater også vil føre til samfunnsøkonomiske besparelser. Dersom man kan håndtere overvann alternativt til en lavere kostnad eller på en bedre måte kapasitetsmessig og/eller miljømessig, vil bruk av alternative BMP'er være ensbetydende med en verdimaksimering i vegplanleggingen.



## DEL III

# **SAMFUNNSØKONOMISK VURDERING**

*«..Klarlegge, synliggjøre, og systematisere..»*





## Innledningsvis

---

Økonomi spiller en betydelig rolle i all offentlig beslutning og bevilgning, og da følgelig også i vegsektoren. Penger til bygging, drift og vedlikehold er en investering for staten, og skal gi avkastning i form av høyere nytteverdi for samfunnet som helhet.

Økonomisk teori lærer oss at det finnes to grunnleggende forutsetninger for økonomiske beslutninger, både samfunnsøkonomisk, bedriftsøkonomisk, og privatøkonomisk (Hoff, 2010). Forutsetningene danner grunnlaget for privatøkonomisk betalingsvillighet, samfunnsøkonomisk lønnsomhet, og økonomiske beslutningsprosesser generelt.

### Forutsetning 1:

*«Samfunnets materiale og immaterielle ønsker, det vil si de varer og tjenester som ønskes av dets innbyggere og institusjoner, er i prinsippet ubegrensede eller umettelige.»*

*(Hoff, 2010, p. 17)*

Hver enkelt av oss har ønsker knyttet til veginvestering, og de er enten ubegrensede eller umettelige. Det kan være seg ønske om direkte motorveg fra huset til jobb. Kollektivfelt 20 m fra huset ditt ned til sentrum slik at du slapp å stå i kø, eller et stort utbygget gang-, og sykkelvegnett slik at barna dine kunne gå trygt til skolen hver morgen, etc. Vi har alle ønsker som medfører nytteverdi for oss.

Det er disse nytteverdiene offentlige institusjoner søker å oppfylle gjennom bevilgninger. De samlede nytteverdiene til samfunnet som helhet danner beslutningsgrunnlaget. Dersom prosjektet utgjør en positiv netto nåverdi (høyere nytte enn kostnad) er prosjektet lønnsomt og bør i prinsippet igangsettes.

Med denne økonomiske tankegangen vil et hvert vegprosjekt med positiv netto nåverdi være *verdt* å sette i gang. Dette forutsetter likevel ubegrenset tilgang på ressurser.

### Forutsetning 2:

*«Det er knapphet på økonomiske ressurser»*

*(Hoff, 2010, p. 17)*

Knapphet på økonomiske ressurser innebærer en begrenset tilgang på både *naturressurser*<sup>1</sup>, *produserte produksjonsmidler*<sup>2</sup>, og *arbeidskraft*<sup>3</sup>

---

Økonomiske ressurser (Hoff, 2010, p. 19)

<sup>1</sup> Naturressurser – råolje, skog, vann, etc.

<sup>2</sup> Produserte produksjonsmidler – Maskiner, bygninger, utstyr, etc.

<sup>3</sup> Arbeidskraft – Både manuelt og kunnskapsbasert arbeidskraft

Ettersom offentlige investeringer omhandles av makroøkonomien, snakker vi om fysiske kapitalfaktorer som økonomisk ressurs, og ikke penger direkte. Knapphet i realkapital og arbeidskraft viser seg likevel som begrensninger i bevilgede penger til ulike offentlige formål gjennom statsbudsjettet.

En begrensning i bevilgning til vegformål gjør at man må foreta en rangering og prioritering blant de ulike vegalternativene, slik at man oppnår høyest mulig avkastning. I dag benyttes økonomiske analyser i stor grad for å beslutte lønnsomheten (nytteverdien i forhold til kostnad) til ulike vegprosjekter.

Nødvendigheten av økonomiske analyser i bevilgningsbeslutninger og beregninger av lønnsomhet, har gjort at Statens vegvesen i dag benytter fastsatte beslutningsprosesser for å bedømme lønnsomhet.

Del III tar for seg det økonomiske aspektet rundt implementering av Grønnegater i vegplanleggingen, gjennom en samfunnsøkonomisk analyse og fastsetting av tilhørende nytte- og kostnadsfaktorer.

Ved bruk av samfunnsøkonomiske prinsipper gjøres objektive konklusjoner om nytte- og kostnadsfaktorer knyttet til implementering av Grønnegater i Norge, slik at man kan foreta rasjonelle beslutninger basert på økonomiske premisser.

Hensikten med oppgavens del III er dermed å vise hvorvidt nytte/kostnadsforholdet til en Grønnegate vil overstige en vanlig prosjektert gate, eventuelt om «ikke-prissatte» konsekvenser må vektlegges i så stor grad at den overstyrer nytte/kostnadsbrøken som signifikant faktor i rangeringen av alternative vegprosjekter.

## KAPITTEL 6

# Samfunnsøkonomisk metode og -teori

## 6.1 Dagens beslutningsprosess

---

*«Hensikten med nytte-kostnadsanalyser er å avdekke det faktagrunnlag som et folkevalgt flertall bør ta hensyn til ved sin beslutningsfatning»*

*(Østre, 2010, p. 6)*

### 6.1.1 Kort historikk

Økonomisk konsekvenskartlegging har vært en sentral del av beslutningsgrunnlaget for offentlige bevilgninger siden slutten av 70-tallet, da finansdepartementet gav ut den første veilederen i samfunnsøkonomiske analyser i 1977 (Finansdepartementet, 2005). Elleve år etter, i 1988, gav Statens vegvesen ut den første håndboken i konsekvensanalyser (2006a).

Sentralt i håndboken var prinsippet om velferdsmaksimering, hvor vegprosjekter med størst nytte/kostnadsbrøk skulle prioriteres over prosjekter med mindre nytte/kostnadsbrøk. Til tross for kravet om konsekvensanalyser som grunnlag for beslutning i vegsektoren viste en gjennomgang av flere rangerte vegprosjekter<sup>1</sup>, utført av vegdirektoratet, at det ikke eksisterte en signifikant sammenheng mellom observert rangering av vegprosjekter og konsekvensanalyser utført for prosjektene (J. Odeck, 1991). Det ble heller ikke funnet en signifikant sammenheng mellom nytte/kostnadsbrøken og positiv virkning på veginvesteringer. Dette tydet på at beslutningsmyndigheten<sup>2</sup> foretok valg på andre premisser enn hva som ble avdekket i konsekvensanalysene.

I 1997 kom finansdepartementet ut med en rapport; (*NOU 1997:27 - Nytt-kostnadsanalyser; Prinsipper for lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor*). Her var hovedformålet å påpeke viktigheten av nytte-kostnadsanalyse som en nødvendig *systematisering, klarlegging og synliggjøring* av alternative tiltak før bevilgning av offentlige midler. Utredningen la grunnlaget for revisjonen i 2005 av veilederen fra 1977 (Finansdepartementet, 2005).

---

<sup>1</sup> Vegprosjekter i Akershus, Hedmark, Sogn og Fjordane, Hordaland, Trons, og Finnmark

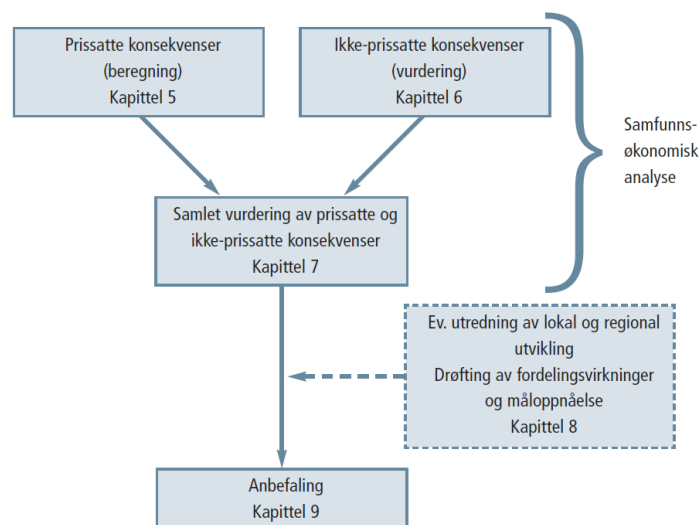
<sup>2</sup> Flertallet i storting eller kommunestyre

Konsekvensutredningens oppgave med «å avdekke faktagrunnlag», og sammenligne ulike alternativer, fordret en analysemetodikk som behandlet alle alternativene på like premisser.

For å gi et sammenligningsgrunnlag mellom ulike alternativer benyttes i dag beregningsverktøyet EFFEKT til konsekvensberegninger, og kalkyleverktøyet ANSLAG til kostnadsoverslag.

### 6.1.2 Beslutningsprosessen

Beslutninger om bevilgninger til veisektoren skjer på bakgrunn av konsekvensanalyser etter Statens vegvesens håndbok 140 – Konsekvensanalyser (2006a).



Figur 6-1: Elementer i konsekvensanalyse (Statens vegvesen, 2006a, p. 60)

En konsekvensanalyse består av tre ulike vurderinger:

1. Vurdering av prissatte konsekvenser (Nytte-kostnadsanalyse)
2. Vurdering av ikke-prissatte konsekvenser
3. Utredning av fordelsvirkninger (eksempelvis politiske interessekonflikter)

De monetære resultatene fra nytte-kostnadsanalysen til de ulike alternativene vurderes opp mot vurderinger av 5 ulike fagtemaer. Andre ikke-monetære konsekvenser drøftes under *lokal og regional utvikling*. Sammen med en drøfting av fordelsvirkninger danner «helhetsinntrykket» / totalvurderingen grunnlag for anbefaling.

### Prissatte konsekvenser

Nytte-kostnadsforholdet vurderer de monetære konsekvensene knyttet til at et alternativ velges over det andre. Dette nytte-kostnadsforholdet settes opp mot investeringskostnaden til alternativet i en «nytte-kostnadsbrøk», eller «netto-nytte per budsjettkrone».

For å beregne kostnads- og nytteverdier brukes beregningsverktøyet EFFEKT (ver. 6). Forenklet kan nytte-kostnadsbrøken beskrives slik:

$$N/K = \frac{\Delta T + \Delta Opr + \Delta Off + \Delta Samf}{I}$$

Hvor:

|               |   |   |
|---------------|---|---|
| $\Delta T$    | - | Endring i trafikant-, og transportbrukernytte |
| $\Delta Opr$  | - | Endring i operatørnytte                       |
| $\Delta Off$  | - | Endring i nytte for det offentlige            |
| $\Delta Samf$ | - | Endring i nytte for samfunnet for øvrig       |
| I             | - | Investeringskostnad                           |

Konsekvensgruppene inneholder følgende komponenter:

| <b>Trafikant- og transportbrukernytte</b>  | <b>Samfunnet for øvrig</b>                        |
|--|---|
| - Distanseavhengig kjøretøykostnader       | <u>Ulykker</u>                                    |
| - Andre utgifter for trafikantene          |   |
| - Tidsavhengige kostnader                  | - Antall ulykker                                  |
| - Ulempekostnader i ferjesamband           | - Ulykkens alvorlighetsgrad                       |
| - Helsevirkninger for gående og syklende   | - Ulykkeskostnader                                |
| - Utrygghet for gående og syklende         | <u>Støy og luftforurensing</u>                    |
| <b>Budsjettvirkning for det offentlige</b> | - Støy  |
| - Investeringskostnader                    | - Lokal luftforurensing                           |
| - Drift- og vedlikeholdskostnader          | - Regional luftforurensing                        |
| - Overføringer                             | - Global luftforurensing                          |
| - Skatteinntekter                          | <u>Restverdi</u>                                  |
| <b>Operatørnytte</b>                       | - Investerings nytte etter analyseperiodens slutt |
| - Kollektivselskaper                       | <u>Skattekostnader</u>                            |
| - Parkeringsselskaper                      |   |
| - Bompengeselskaper                        | - Kostnad ved skattefinansiering                  |
| - Andre private aktører                    |   |

Tabell 6-1: Konsekvensgrupper og identifiserte konsekvensvirkninger i håndbok 140

### Ikke-prissatte konsekvenser

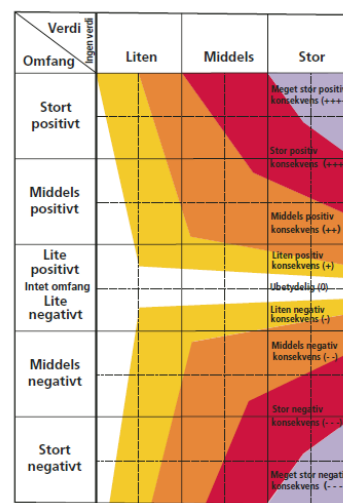
En utbygging av et vegprosjekt vil ofte påvirke andre enn monetære forhold. En utbygging vil eksempelvis kunne påvirke «miljøverdier» som ikke kan verdsettes i penger, og vil derfor trass i høyest nytte-kostnadsbrøk, ikke alltid representere det alternativet som gir høyest velferdsmaksimering for samfunnet.

For å ta hensyn til slike «verdier» vurderes 5 ulike fagtemaer:

Konsekvensen vurderes som en kombinasjon av områdets verdi

- Landskapsbilde / • Kulturmiljø  
bybilde
- Nærmiljø og friluftsliv • Naturressurser
- Naturmiljø

(*Liten, Middels, Stor*), og tiltakets omfang (*Stort positivt, Middels positivt, Lite positivt, Intet omfang, Lite negativt, Middels negativt, Stort negativt*).



Konsekvensene rangeres etter «pluss-minusmetoden», på en 9-delt skala, jfr. Figur 6-2 og Figur 6-3.

Figur 6-2: Konsekvensvifte (Statens vegvesen, 2006a, p. 142)

| Negativ konsekvens |     |    |   | Positiv konsekvens |   |    |     |      |
|--------------------|-----|----|---|--------------------|---|----|-----|------|
| ----               | --- | -- | - | 0                  | + | ++ | +++ | ++++ |

Figur 6-3: Pluss-minusmetoden

## 6.2 Grøngater i dagens beslutningsprosess

Som antydnet i de tidligere kapitlene vil det være flere konsekvenser, både økonomiske og verdimeslige, positive og negative, ved implementering av Grøngater i Norge. Dersom slike prosjekter skal kunne vurderes på samme måte som konvensjonelle prosjekter må disse konsekvensene kunne vurderes og verdsettes gjennom de overnevnte komponentene og faggruppene.

### Prissatte konsekvenser

Grøngater representerer en annen *type* planlegging, snarere enn et nytt trasealternativ, og kan derfor minne om et element i en verdianalyse; hvor hensikten er å implementere løsninger som oppfyller en gitt funksjon til en lavere kostnad, eller høyere verdi til samme kostnad (Horvli, 2000) (jfr. *verdimaksimering* i kapittel 5.1)

Ettersom en Grønngate i utgangspunktet ikke går ut over vegbredde, kurvatur, eller kollektivtilbud vil en nytte-kostnadsanalyse av en Grønngate og en vanlig gate i all hovedsak skille seg ut ved forskjeller i offentlige investeringskostnader, og drift- og vedlikeholdskostnader.

EFFEKT som primært benyttes i overordnet planlegging, vil på et slikt nivå ikke kunne skille mellom en vegstrekning med, eller uten, alternativ overvannshåndtering. Spesifikke konstruksjonskostnader, og drift- og vedlikeholdskostnader som anslås ved anslagsmetoden vil også på utredningsnivå inneholde svært få detaljer (Statens vegvesen, 2011b) og vil dermed ha vanskelig med å skille kostnader knyttet til Grønngate-løsninger og konvensjonelle løsninger uten tidligere referanseprosjekter.

#### Ikke-prissatte konsekvenser

En vurdering av ikke-prissatte konsekvenser vil foregå på samme måte som konsekvensvurdering av konvensjonelle prosjekter.

#### Levetidskostnader

Bruken av konsekvensanalyse for å avdekke samfunnsøkonomiske virkninger av et vegprosjekt vil være standard ved bygging eller utbedring av veger i Statens vegvesens regi, og vil være sentralt ved vurdering av en Grønngate-implementering på urbane gjennomfartsveger.

Ved beslutninger knyttet til kommunale veger og bolig-gater, vil små strekninger utgjøre små og få konsekvenser ved gjennomføring av et tiltak. Resultatet av dette er at man utelater konsekvensanalysen, og går for løsninger som er spesifisert i vegvesenets håndbok 017 (2008b) og håndbok 018 (2011a), eller i egne kommunaltekniske vegnormer.

I en slik beslutningsprosess vil det være forventede investeringskostnader og driftskostnader som spiller en avgjørende rolle. Selv om skjulte og/eller fremtidige samfunnsøkonomiske nytteverdier ved en Grønngate-bygging avsløres og fremheves, vil levetidskostnader<sup>3</sup> og kommunalt finansieringsbehov, mest sannsynlig, være viktigst. Ønsker man mer bruk av alternativ overvannshåndtering i forbindelse med vegprosjekter, og da spesielt i kommunale gater og urbane byområder, er det disse verdiene som må fremheves.

## 6.3 Samfunnsøkonomiske beslutningsprinsipper

---

Samfunnsøkonomiske beslutninger tas på bakgrunn av hvilke nytte- og kostnadsverdier som forventes, og hva som er best for samfunnet som helhet. I samferdselsprosjekter i dag vil

---

<sup>3</sup> Levetidskostnader – Se kapittel 7.2.1

forventede konsekvenser bli identifisert og kvantifisert gjennom den ferdig utarbeidede «oppskriften» i håndbok 140 – Konsekvensanalyser (Statens vegvesen, 2006a).

Av mangel på kostnadsreferanser (referanseprosjekter) vil denne oppskriften ikke gi et tilstrekkelig bilde av alle kostnads- og nyttefaktorer knyttet til alternativ overvannshåndtering i en Grønngate. Disse faktorene må derfor identifiseres og kvantifiseres gjennom bruk av generelle samfunnsøkonomiske vurderingsprinsipper som velferdsmaksimering og betalingsvillighet.

### 6.3.1 Samfunnsøkonomisk effektivitet

Den økonomiske beslutningspolitikken baserer seg i dag på en samfunnsøkonomisk handlemåte. Dette betyr at vi ved bevilgning og allokering av offentlige midler til kollektive goder hever oss over våre egne, og privatøkonomiske interesser, og bevilger penger til prosjekter som gagnar samfunnet som helhet (Vale, 2005).

Som nevnt innledningsvis i del III, er det knapphet på ressurser. Dedekam (2004, p. 23) beskriver økonomien som «..læren om hvordan knappe ressurser kan utnyttes til alternative formål for å tilfredsstille menneskenes behov best mulig.». Samfunnsøkonomien må dermed kunne sies å være læren om hvordan knappe ressurser kan utnyttes for å tilfredsstille samfunnets behov best mulig.

Ettersom ressurstilgangen er knapp fordrer dette en samfunnsøkonomisk effektivitet og kostnadsoptimalisering. Målet er en effektiv ressursallokering, hvor størst mulig samfunnsverdi kan oppnås ved bruk av minst mulig ressurser. Effektivitet omtales ofte som *Pareto-optimalitet*, og defineres på følgende måte:

*«En tilstand er definert som økonomisk effektiv (paretooptimal) hvis det, gitt teknologi og ressursallokering, ikke er mulig å bedre situasjonen for ett individ uten at samtidig minst ett individ får det verre.»*

*(Dedekam, 2002, p. 25)*

Pareto-kriteriet er vanskelig å etterkomme. For å kunne forsvare samfunnsøkonomiske beslutninger, og gjennomføre tiltak som er lønnsomme for samfunnet som helhet, benyttes derfor Kaldor-Hicks-kriteriet.

Kaldor-Hicks-kriteriet, eller Kaldor-Hicks effektivitet, går ut på at et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom minst *en* person får det bedre, og denne forbedringen kan kompensere de påførte ulempene. Et prosjekt oppnår dermed en velferdsøkning dersom  $(\sum \text{Nytte})/(\sum \text{Kostnader}) > 1$

Dersom en Grønngate løsning skal velges over en vanlig prosjektert gate ut fra samfunnsøkonomiske beslutningskriterier må dermed tiltaket medføre en velferdsmaksimering; nytteverdien må overgå kostnadene.



### 6.3.2 Betalingsvillighet og velferdsteori

Håndbok 140 (Statens vegvesen, 2006a) definerer samfunnets velferd i en nytte-kostnadsanalyse, som «*summen av individenes velferd*». Privatøkonomisk tankegang og betalingsvillighet, står derfor sentralt i velferdsteori og verdsetting av samfunnsøkonomiske nytte-kostnadsfaktorer.

«*Indvidenes velferd måles ved deres betalingsvillighet knyttet til et gode*»  
(Statens vegvesen, 2006a, p. 76)

Et individs betalingsvillighet, er nettopp det, hva et individ er villig til å betale for et gode, eller en ekstra enhet, av et gode. Denne økonomiske tankegangen begrunner seg i at et individ, i sum, eller over lengre tid, oppfører seg økonomisk rasjonelt ved at prisen han betaler tilsvarer den nytten han selv føler han oppnår.

Samfunnets velferd måles dermed i samlet betalingsvillighet knyttet til et gode. Av dette forstår vi at måten et gode oppleves og verdsettes i et samfunn, vil påvirke hvorvidt et tiltak fremstår som samfunnsøkonomisk lønnsomt. Sagt med andre ord, må samfunnet *ønske* en Grønngate-løsning dersom bygging skal være samfunnsøkonomisk begrunnet.

Både opplevelsen og verdsettingen av goder avhenger av typen goder, og i økonomien skilles det mellom ekskluderende og rivaliserende goder.

Dedekam (2002) beskriver kriteriene for klassifisering av goder som følger:

*Ikke-ekskludering: Den som har nytte av et gode, kan ikke utelukkes fra å benytte seg av det.*  
*Ikke-rivalisering: Den nytten en person har av godet, reduserer ikke nytten andre har av det.*

Dette gir oss fire ulike typer økonomiske goder.

|               |     | Rivaliserende   |   |
|---------------|-----|---|---|
|               |     | Ja  | Nei   |
| Ekskluderende | Ja  | <i>Individualgoder</i><br>Kapasitetssvak veg med bompenger  | <i>Naturlige monopol</i><br>Kapasitetssterk veg med bompenger |
|               | Nei | <i>Fellesressurser</i><br>Kapasitetssvak veg uten bompenger | <i>Kollektive goder</i><br>Kapasitetssterk veg uten bompenger |

Tabell 6-2: Eksempler på hovedtyper av goder (Dedekam, 2002, p. 353)

#### Rivaliserende og ekskluderende goder

De aller fleste økonomiske goder er individualgoder. Disse godene kan kun konsumeres (brukes) av en person på et gitt tidspunkt, og bruken reduserer nytten til andre konsumenter. I dette eksempelet vil en kapasitetssvak veg gi redusert nytte etter hvert som det danner seg kø på vegen (rivalisering). Samtidig vil bompenger utelukke trafikanter med lavere

reservasjonspris<sup>4</sup> enn bompengesatsen (ekskluderende). De fleste goder som analyseres i en nytte-kostnadsanalyse iht. håndbok 140 er individualgoder verdsatt til markedspris og fordelt mellom aktører<sup>5</sup> (Statens vegvesen, 2006a).

#### Ekskluderende goder

Nytten «brukes ikke opp» med antallet konsumenter, men utelukker personer med lav reservasjonspris.

#### Rivaliserende goder

Godet oppleves som et ikke-omsettelig gratis gode. Nytten av frisk luft og grønnstruktur vil i utgangspunktet oppleves som ubegrenset og gratis, likevel vil luftkvaliteten avhenge av enkelte stedlige faktorer (som eksempelvis mengden trafikk hvor du står). På samme måte vil en vegstrekning uten bompenger vil gi nytte, helt til det oppstår kø.

Samme parallell kan dras til en vegs-, eller et boligfelts overvannssystem. Nytten av at regnvannet fraktes bort oppleves i utgangspunktet som «gratis», men kapasiteten reduseres med økt nedbør eller påkoblede tette flater. Et OV-system er ikke ekskluderende. Vi kan ikke dele opp og selge et rørnett til hver enkelt beboer.

#### Ikke-ekskluderende og ikke-rivaliserende goder

Kollektive goder er hverken rivaliserende eller ekskluderende. I et samfunn vil kollektive goder være militært forsvar, helsevesen, politi, etc. Slike goder vil verken kunne deles opp og selges til hver enkelt, eller brukes opp. Selv om slike fellesgoder er ønsket, og noen ganger helt nødvendige, i et samfunn vil det være vanskelig å avdekke en individuell betalingsvillighet knyttet til disse godene. Ganske enkelt fordi godene vil være tilgjengelige uavhengig om man betaler eller ikke.

### 6.3.3 Kollektive goder og andre ikke-ekskluderende goder

I en vurdering av hvorvidt Grønngate-løsninger er samfunnsøkonomisk lønnsomme i forhold til konvensjonelle vegsystemer vil mye av nytteverdien karakteriseres som kollektive goder, eller ikke-ekskluderende goder. Som nevnt i kapittel 2.1 vil Grønngate-løsninger kunne bidra til blant annet bærekraftige og miljøvennlige forbedringer innenfor *urban grønnstruktur, energi og klima, samfunnsverdier, luftkvalitet*, og ikke minst *en bærekraftig, alternativ overvannshåndtering og flomfarereduksjon*. Formålet er å fremheve prosjekter som kan oppnå økt nytteverdi for samfunnet (Belden & Steele, 2011). At et forbedret bymiljø med mer grønnstruktur, blågrønne løsninger, og et mer flomresistent overvannssystem vil medføre nytte for konsumentene (innbyggerne, fotgjengerne, trafikantene osv.) er selvsagt. Om deres betalingsvillighet for disse godene tilsvarer samfunnets kostnader er likevel ikke så sikkert.

---

<sup>4</sup> Den høyeste prisen en konsument er villig til å betale for et gode. Tilsvarer betalingsvilligheten til en konsument

<sup>5</sup> Jfr. Tabell 6-1

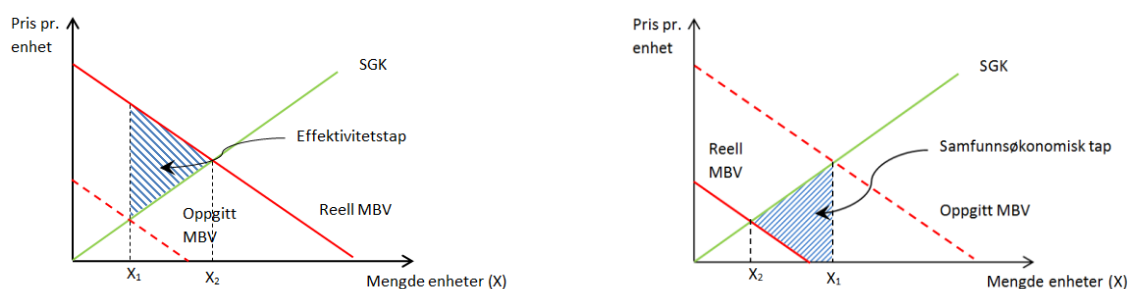
## 6.4 Verdssettingsmetodikk

### 6.4.1 utfordringer med verdsetting av Grønngate-konsekvenser

Utfordringen knyttet til verdsetting av ikke-omsettelige goder, og da spesielt kollektive og ikke-ekskluderende godersom vil prege Grønngate-løsninger er at bruk av uttrykte preferanser ofte medfører fare for «gratispassasjerer» og «julenisseeffekt».

En gratispassasjer er et individ som konsumerer et gode, og opplever nytte, uten å betale for det. Ved kollektive goder kan man ikke ekskludere noen fra å konsumere godet etter at det har blitt finansiert. Forutsatt at individer handler rasjonelt, vil hver enkelt være opptatt av å tilegne seg størst mulig nytte til lavest kostnad. I forbindelse med kollektive goder vil derfor de fleste være mest interessert i at *andre* finansierer produksjonen, noe som fører et «gratispassasjer-problem».

Mer grønnstruktur og en alternativ overvannshåndtering vil i bunn og grunn bli finansiert av økte skatter og avgifter. Dette får folk til å begrense sin uttrykte betalingsvillighet i håp om å slippe skattekostnaden (Dedekam, 2002). Dersom beslutning om å bygge Grønngater i Norge skal basere seg på uttrykte preferanser vil det være fare for at samlet betalingsvillighet fremstår mindre enn hva den opprinnelig er. Man trenger ikke «kjøpe billett» for å dra nytte av verdiene til en Grønngate. Julenisseeffekten, også kalt 1/n-delseffekten (Dedekam, 2002), baserer seg også på tankegangen om at kostnader knyttet til de kollektive godene finansieres av skatter og avgifter. Etersom kostnadene i teorien fordeles på skattebetalerne vil ikke prisen for å oppnå godet være så høy. Ønsket om godet vil lett overdrives.



Figur 6-4: Samfunnsøkonomisk konsekvens av «gratispassasjerproblemet» (t.v.) og «julenisseeffekten» (t.h.). Basert på (Dedekam, 2002, p. 365)

Av Figur 6-4 (t.v.) ser vi hvordan «gratispassasjerproblemet» reduserer arealet mellom SGK<sup>6</sup> og MBV<sup>7</sup> ved for lav oppgitt betalingsvillighet, og dermed det potensielt oppnåelige samfunnsøkonomiske overskuddet (effektivitetstap). Av figuren (t.h.) vil «julenisseeffekten» bidra til overproduksjon (for lav nytte i forhold til kostnadene), og et samfunnsøkonomisk tap.

<sup>6</sup> SGK – Samfunnets grensekostnad. Samfunnets «tilbudskurve» og illustrerer alternativkostnadene.

<sup>7</sup> MBV – Marginal betalingsvillighet. Hva samfunnet er villig til å betale for en ekstra enhet av godet. Samfunnets «etterspørselskurve». Ved skjæring av SGK og MBV finnes samfunnsøkonomisk optimum.

## 6.4.2 Verdssettingsmetoder

I verdsettingen av goder knyttet til en Grønngate-løsning i Norge, vil det derfor i all hovedsak bli fokusert på avslørte preferanser, og hva folk er, eller burde med utgangspunkt i økonomisk rasjonalitet, være villig til å betale for å oppnå ikke-omsettelige og omsettelige fordeler.

Ettersom det ikke finnes effektstudier av alternativ overvannshåndtering i Norge, og lite internasjonalt litteratur, vil verdsettingen begrunnes med bakgrunn i teoretisk og empirisk kunnskap, og anslåtte verdier basert på deskriptiv statistikk. Dette er i henhold til direktoratet for økonomistyrings' håndbok for samfunnsøkonomiske analyser (DFØ, 2010).

Verdsetting etter metodene under tar utgangspunkt i overnevnt teori om forutsatt økonomisk rasjonalitet og samlet betalingsvillighet.

- Markedsprising

*Kalkulasjonspriser, eller markedspriser, benyttes til å verdsette konstruksjonskostnader, og kostnader knyttet til drift- og vedlikehold.*

- Verdssettings- og effektstudie(r)

*Relevante kostnader eller nytteverdier<sup>8</sup>, beskrives, dersom mulig, ved enhetspriser beskrevet i TØI rapport 1053/2010 – Den norske verdsettingsstudien (Samstad et al., 2010). Andre effekter fra internasjonal erfaring vurderes opp mot relevans for norske forhold.*

- Skadekostnader

*Forutsatt økonomisk rasjonalitet vil historiske skadekostnader representere betalingsvillighet for å unngå fremtidige tilsvarende skader. Totale skadekostnader fordeles på et bestemt antall enheter.*

- Hedoniske priser

*Dersom det ikke finnes markedspriser knyttet til et gode, kan godet verdsettes ved å se på etterspørselen etter et nært tilknyttet gode som det finnes markedspriser for. Eksempelvis økning i boligpriser ved implementering av et tiltak (Eriksen, Markussen, & Pütz, 1999).*

- Implisitt verdsetting

*Offentlig verdsetting av ikke-omsettelige goder kan gi en indikasjon på offentlige myndigheters betalingsvillighet for et tilsvarende gode i andre prosjekter. Implisitt prissetting skjer på bakgrunn av «skyggepriser», som kan forklares med at et mindre økonomisk prosjekt B velges over prosjekt A på grunn av positive miljøpåvirkninger. Følgelig vil betalingsvilligheten for det gjeldende miljøtiltaket tilsvare den økonomiske differansen mellom A og B.*

---

<sup>8</sup> Relevante virkninger – Se kapittel 8.1.2

## KAPITTEL 7

# Metode

### 7.1 Oppbygging av samfunnsøkonomisk vurdering

---

Den samfunnsøkonomiske vurderingen gjennomføres iht. veileder for samfunnsøkonomiske analyser utgitt av finansdepartementet. Veilederen (2005) gir føringer om hvordan økonomiske analyser i offentlig forvaltning bør gjennomføres. Det anbefales at følgende momenter inngår:

- Problem- og formålsbeskrivelse
- Spesifisering av tiltak
- Spesifisering av virkninger
- Sammenstilling og vurdering
- Oppfølging og evaluering

#### 7.1.1 Problem og formålsbeskrivelse

Bakgrunn og problemstillinger knyttet til overvannshåndtering i urbane områder er grundig adressert i de foregående kapitlene. Det samme er formålet med bruken av alternativ overvannshåndtering i vegprosjekter gjennom internasjonale «Green Street»-prosjekter, og ønskede mål og virkemidler knyttet til dette.

#### 7.1.2 Spesifisering av virkninger

Det foreligger per i dag ingen bestemte, og kvantifiserte konsekvenser knyttet til en Grønngate på samme måte som håndbok 140 (Statens vegvesen, 2006a) definerer de kvantifiserte konsekvensene knyttet til vegprosjekter. En stor del av denne oppgaven vil derfor være å identifisere og kvantifisere nytte- (fordeler), og kostnadsfaktorer (ulempen).

I henhold i veilederen (2005) og håndbok 140 skilles det mellom kvantitative og kvalitative konsekvenser (prissatte- og ikke-prissatte virkninger). De kvantitative konsekvensene analyseres videre mht. samfunnsøkonomiske prinsipper og gjeldende alternativkostnad knyttet til passende fysiske størrelser.

Verdsetting utføres etter økonomiske prinsipper beskrevet i kapittel 6.4.2. Ved å sammenstille konsekvensene i sammenlignbare enheter (kroner pr. fysisk enhet) vil det være mulig å beregne lønnsomheten til en Grønngate opp mot et basisalternativ i en nytte-kostnadsanalyse.


### Spesifisering av investeringskostnader

Investeringskostnader knyttet til de ulike BMP-løsningene, samt elementer i tradisjonell overvannshåndtering, er beregnet ut fra estimert arbeidsomfang og enhetspriser fra Statens vegvesens kostnadsbank.

Kostnadsbanken er en database som styres av byggherreseksjonen i Statens vegvesen. Databasen er bygget opp av kostnader fra prissatte anbud (tilbud fra entreprenører) på prosjekter i Statens vegvesens regi, og er etablert for å gi sikrere kostnadsoverslag ved gjennomregning av tilbudsgrunnlag.

Arbeidsomfanget er estimert ut fra de skisserte løsningene i kapittel 5.4, og delt inn i prosesser iht. Statens vegvesens håndbok 025 – Prosesskode 1 (2007). På denne måten vil investeringskostnadene kunne beregnes etter enhetspriser hentet fra kostnadsbanken. Ved å gjøre dette oppnår man et realistisk kostnadsbilde knyttet til en norsk Grønngate-implementering.

Enhetskostnadene som er benyttet i beregningene er hentet ut i kostnadsbankrapporter (Figur 7-1).

|  |   | <b>Kostnadsbankrapport</b>  |                   |                         |                |
|---|---|---|-------------------|-------------------------|----------------|
|   |   | <b>Gjennomsnittlige prosesskostnader fra billigste 3 (2) tilbud</b> |                   |                         |                |
|   |   |   |                   | Kostnader i 2012 kroner |                |
| <b>41.11 Graving, opplasting, transport og utlegging</b>                            |   |   |                   |                         |                |
| <i>Prosjekt</i>   | <i>Tilbud</i>                               | <i>Mengde</i>   | <i>Enhetspris</i> | <i>Enhetspris</i>       | <i>Kostnad</i> |
| E18 Gulli - Langåker  | K2 E18 Holmene - Tassebekk                  | 600,00 m3   | 96                | 96                      | 57 621         |
| E18 Gulli - Langåker  | K3 E18 Tassebekk - Langåker                 | 2 400,00 m3   | 49                | 49                      | 118 296        |
| E18 Langåker - Bommestad  | Fv. 256 ts og gs-tiltak (gamle E18)         | 250,00 m3   | 132               | 132                     | 33 119         |
| E18 Sky - Langangen   | E18 Sky - Langangen: veg, bru og tunnel     | 1 170,00 m3   | 82                | 82                      | 96 325         |
| E6 Brenna - Kapskarmo   | E6 Brenne-Kapskarmo                         | 5 310,00 lm   | 58                | 58                      | 308 355        |
| E6 Gardemoen - Biri FP3 Strandlykkja  | FP3 Strandlykkja-Kleverud/Labbdalen E6 Do   | 400,00 m3   | 63                | 63                      | 25 296         |
| E6 Hålogalandsbrua med tilførselsvege   | E6 Hålogalandsbrua - tilførselsveger og Træ | 900,00 m3   | 99                | 99                      | 89 328         |
| E6 Majahaug-Flyum   | E6 Majahaug-Flyum                           | 320,00 lm   | 152               | 152                     | 48 783         |
| E8 Lavangsdalen midtrekkverk  | Lavangsdalen midtdeleer                     | 300,00 m  | 113               | 113                     | 33 840         |
| Fv 199 Sørums-Stange kirke  | Fv 199 Sørums-Stange kirke                  | 150,00 m3   | 123               | 123                     | 18 499         |
| Fv 274 Mellomvasselv - Leiren   | Utbedring av Fv274 Mellomvasselv - Leiren   | 4 998,00 m  | 60                | 60                      | 301 056        |
| Fv 491 Fjell x fv 766 - Bøle, forsterknin   | Fv. 491 Fjell - Bøle                        | 400,00 m3   | 150               | 150                     | 59 886         |
| Fv. 509 Valøy - Lyngsnes  | Fv. 509 Valøy - Lyngsnes, forsterkningsarb  | 500,00 m3   | 140               | 140                     | 69 868         |
| Fv 78 Brattlia - Leirosen   | Fv 78 Halsøya-Hjartåsen                     | 1 100,00 m  | 117               | 117                     | 128 333        |
| Fv 78 Brattlia - Leirosen   | Fv 78 Holand-Brattlia                       | 55,00 m   | 409               | 409                     | 22 499         |
| Fv 78 Brattlia - Leirosen   | Fv 78 Brattlia-Leirosen                     | 610,00 m  | 135               | 135                     | 82 254         |
| Rv. 2 Fulu - Gulli  | Rv. 2 Fulu-Gulli veg                        | 1 190,00 m3   | 81                | 81                      | 96 464         |
| Rv. 2 Gulli - Kongsvinger   | Rv. 2 Gulli - Kongsvinger                   | 8 550,00 m3   | 47                | 47                      | 402 769        |
| Rv 7 Ramsrud - Kjeldsbergsvingene   | Rv 7 Ramsrud - Kjeldsbergsvingene           | 3 077,00 m3   | 54                | 54                      | 165 965        |
| <b>Gjennomsnitt for prosess</b>   |   |   |                   | <b>114</b>              | <b>113 608</b> |

Figur 7-1: Eksempel på kostnadsbankrapport

Som vi ser av bildet, oppgir rapporten (som gjelder prosess 41.11) hvilke mengder og enheter som er oppgitt i anbudene for de ulike prosjektene, og hvilke enhetspriser og kostnader som er fremkommet ved innlevering av tilbud. Enhetsprisene som er oppgitt er beregnet som gjennomsnitt fra de 3 eller 2 billigste tilbudene per prosjekt.

De oppgitte prisene (2012 kroner) tar ikke hensyn til stedlige faktorer som kan påvirke prisen utover hva som beskrives i prosesskodene. Basert på de oppgitte tallene beregnes derfor et lavt, middels, og høyt kostnadsestimert som brukes i beregningene i denne oppgaven.

Ettersom det ikke er nok data til å utføre en sannsynlighetsfordeling baseres estimatene på følgende forutsetninger:

- *Lavt estimat: Tilsvarende enhetsprisen som 90 % av enhetsprisene fra kostnadsbankrapporten overgår. Det antas m.a.o. at det da kun er 10 % sannsynlig at enhetsprisen vil være lavere enn oppgitt verdi.*
- *Middelverdi: Tilsvarende gjennomsnittet av de gjenværende enhetsprisene når de 10 % laveste og 10 % høyeste enhetsprisene fra kostnadsbankrapporten er ekskludert.*
- *Høyt estimat: Tilsvarende enhetsprisen som 10 % av enhetsprisene fra kostnadsbankrapporten overgår. Det antas da at det kun er 10 % sannsynlig at enhetsprisen overgår den oppgitte verdien.*

Det er utarbeidet en egen kostnadsdatabase som brukes i kostnadsberegningene (jfr. elektronisk vedlegg E-01 - Kostnadsdatabase og investeringskostnadsberegninger)

### 7.1.3 Spesifisering av tiltak

I veilederen (2005) anbefales det å beskrive samtlige tiltak som kan være lønnsomme i forhold til basisalternativet<sup>9</sup>. I denne analysen vurderes en alternativ vegplanlegging i form av en Grønngate, opp mot en konvensjonell vegplanlegging med tradisjonell overvannshåndtering.

Basisalternativet representerer dagens situasjon, eller fremtidig situasjon dersom gjeldende tiltak<sup>10</sup> ikke blir gjennomført. Basisalternativet skal gjelde i hele analyseperioden, og vil dermed inkludere fremtidig nødvendige tiltak.

*Alternativ 0:* Vegplanlegging med konvensjonell overvannshåndtering etter gjeldende normer og dimensjoneringsregler, med evt. oppdimensjonering for å håndtere fremtidige klimaendringer.

Dersom Grønngater skal være en fremtidsrettet og bærekraftig vegplanlegging må den gi et samfunnsøkonomisk konsekvensforhold som er bedre enn basisalternativet.

Ved spesifisering av tiltak bør *alle relevante alternativer* beskrives (Finansdepartementet, 2005). I en vegplanleggingssituasjon vil alternativ overvannshåndtering kunne oppnås gjennom et flertall av BMP-kombinasjoner. Disse kombinasjonene, og lønnsomheten knyttet

---

<sup>9</sup> Omtales ofte som 0-alternativet

<sup>10</sup> I dette tilfellet en Grønngate m/ alternativ overvannshåndtering

til disse, vil være avhengig av stedlige forhold. Det vil ikke være mulig å beregne lønnsomhet opp mot *samtlig*e mulige alternative kombinasjoner.

Det tas derfor utgangspunkt i en case-studie, hvor det designes en Grønngate-løsning som beregnes opp mot et basisalternativ. For å måle økonomiske forskjeller mellom tradisjonell og alternativ overvannshåndtering er overvannsberegninger for case-området lagt til grunn for nødvendig håndteringselementer. På den måten vil man kunne kostnadsberegne nødvendig lengde konvensjonelt ledningsnett opp mot nødvendig alternativt håndteringsareal.

Med utgangspunkt i nødvendig håndtering, fremkomne drift og vedlikeholdskostnader, og estimerte investeringskostnader fra kostnadsbanken, beregnes levetidskostnadene for de ulike håndteringene. Levetidskostnadene, som er neddiskontert til nåverdi, er grunnlag for nytte-kostnadsanalysen.

## 7.2 Nytte/kostnadsanalyse

---

### 7.2.1 Beregningsgrunnlag

#### Nåverdikriteriet

For å gi en total systematisk oversikt over økonomiske konsekvenser som påløper i et prosjekt over en lengre tidsperiode benyttes *nåverdimetoden*.

Nåverdimetoden baserer seg på prinsippet om alternativkostnad. Bakgrunnen for denne fremgangsmåten er at fremtidig påløpte kostnader og nytter (i kroner) har en annen verdi enn om de påløpte i dag. Ved å investere penger i et samferdselsprosjekt oppgir samfunnet en potensiell risikofri renteinntekt ved å investere pengene i statsobligasjoner (J. Odeck, 2003), og dermed en potensielt *bedre* anvendelse av investeringen.

Den alternative anvendelsen beskrives i økonomisk analyse som alternativkostnaden. Eksempelvis vil nåverdien av en kostnad (eller nytte) på 100 000 kroner 10 år ut i analyseperioden verdsettes (neddiskonteres) til 61 391 kroner<sup>11</sup> med en kalkulasjonsrente på 5 %. Kalkulasjonsrenten representerer den samfunnsøkonomiske alternativkostnaden (DFØ, 2010), og innføres dermed som et kriterium for samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Med andre ord er et tiltak lønnsomt for samfunnet dersom det gir avkastning høyere eller lik alternativkostnaden.

---

<sup>11</sup>  $NV = 100\,000 \times 1 / \left[ (1 + 0,05) \right]^{10} = 61391,325$



### Kalkulasjonsrente

Kalkulasjonsrenten som benyttes i denne oppgaven er på **4,5 %**, og består av en risikofri realrente på 2,0 %, og et risikotillegg på 2,5 %. Dette er iht. anbefalinger fra samferdselsdepartementet om avkastningskrav for vegprosjekter (Statens vegvesen, 2006a). Kalkulasjonsrenten har stor innvirkning på samlet lønnsomhet til et vegprosjekt, hvor en høy kalkulasjonsrente vil favorisere billige prosjekter med høye fremtidige drift og vedlikeholdskostnader. Store investeringer i startfasen vil også lettere overgå den samlede nytten av tiltaket, og dermed bli kjent ulønnsomt<sup>12</sup>.

### Analyseperiode og restverdi

Det benyttes en analyseperiode på **25 år**, hvor diskontert kostnader og nytte av tiltaket beregnes. Analyseperiode på 25 år er iht. Statens vegvesens håndbok 140 – konsekvensanalyser (2006a).

### Levetidskostnader

Levetidskostnader, eller *Life Cycle Cost (eng.)*, er de samlede kostnader som påløper over hele tiltakets levetid. Dette innebærer at tiltakets investeringskostnader summeres med forventede drift og vedlikeholdskostnader over hele analyseperioden. For å kompensere for resterende nytte utover analyseperioden beregnes en restverdi som kommer til fratrukk fra kostnadene.

$$\begin{aligned} \text{Levetidskostnad} &= \\ \text{Investeringskostnad} + \sum \text{drift - og vedlikeholdskostnader} - \text{evt. restverdi} & \\ \text{Restverdi} &= \\ \frac{\text{Antatt levetid for tiltaket (år)} - \text{analyseperiode(år)}}{\text{Antatt levetid for tiltaket (år)}} \times \text{Investeringskostnad (kr)} & \end{aligned}$$

I vurderingen av hvorvidt en implementering av alternative overvannhåndteringsløsninger (BMP'er) vil være samfunnsøkonomisk konkurransedyktig i forhold til et tradisjonelt ledningsnett, står levetidskostnadsvurderinger sterkt. Årsaken til dette er at man trass i lave investeringskostnader forventer høye drift og vedlikeholdskostnader på BMP-løsninger i forhold til et rørnett. I tillegg prosjekteres tradisjonelle rørsystemer i dag for å sikre tilstrekkelig funksjonalitet over en levetid på 100 år. Dette fører til at det i løpet av en analyseperiode vil være en betydelig høyere restverdi knyttet til et ledningsnett, enn naturlige løsninger som forventes å ha lavere levetid.

---

<sup>12</sup> Kalkulasjonsrenten lå fra 70-tallet og frem til 2000-tallet på 7 %, og ble i 2003 økt til 8 % (J. Odeck, 2003). Den ble i 2006 ble senket til dagens nivå på 4,5 % for lettere å oppnå «lønnsomme» vegprosjekter

## 7.2.2 Sammenstilling og vurdering

### Prissatte konsekvenser

For å sammenstille de identifiserte nytte- og kostnadsfaktorene utføres en nytte-kostnadsanalyse. Analysen utføres etter kjente samfunnsøkonomiske prinsipper, hvor både kostnader og nytte gjennom hele levetiden diskonteres til netto nåverdi i sammenligningsåret (i denne beregningen, år 0).

Neddiskonteringen gjør det mulig å sammenligne kostnadene og nytten knyttet til investeringen.

Netto nåverdi beregnes over analyseperioden på 25 år:

$$\text{Netto nåverdi} = -I_0 + \frac{N_1 - K_1}{(1+r)^1} + \frac{N_2 - K_2}{(1+r)^2} + \frac{N_3 - K_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{N_{25} - K_{25}}{(1+r)^{25}}$$

Eller:

$$NNV = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{N_t - K_t}{(1+r)^t}$$

Hvor:

$I_0$ : Investeringskostnad som påløper i år 0 (sammenligningsåret)

$N$ : Årlig nytte (verdsatt i kroner)

$K$ : Årlig kostnad (verdsatt i kroner)

$r$ : Kalkulasjonsrente

$n$ : Analyseperioden (år)

$t$ : tid (år)

Netto nåverdi vil gjennom beregningene vise om nytten er større enn kostnadene gitt samfunnets avkastningskrav, og hvorvidt prosjektet er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

For å få en indikasjon på alternativenes samfunnsøkonomiske effektivitet beregnes netto nåverdi per budsjettkrone, og viser forventet avkastning per investert krone.

$$\text{Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)} = \frac{\text{Netto nåverdi (NNV)}}{\text{nåverdi av statlige utbetalinger}}$$

Dersom beregningene av Grønngate-alternativet medfører en positiv NNB målt opp mot basisalternativene, vil dette tyde på at bygging av Grønngaten vil være lønnsomt i caseområdet. Det vil også, på generelt grunnlag, indikere at bygging av gater med konvensjonelt ledningsnett vil kunne medføre et effektivitetstap for samfunnet.

### «Grønngatemodellen»

De identifiserte, kvantifiserte, og verdsatte virkningene er samlet i en database, som med utgangspunkt i stedlige faktorer for caseområdet, danner grunnlaget for nytte-kostnadsberegningen.

Nytte-kostnadsanalysen er utformet som en modell, og kalt «Grønngatemodellen». Dette er gjort slik at stedlige input kan korrigeres for å illustrere innvirkningene av de ulike konsekvensene. Ved å endre input vil man i tillegg til å avdekke usikkerhet, i større eller mindre grad, kunne beregne netto nåverdi og økonomisk lønnsomhet for en Grønngate-implementering andre steder enn det valgte case-området.

I oppgaven vil modellen bli brukt til beregning av netto nåverdi, og netto nåverdi per budsjettkrone. Den vil også være et hjelpemiddel til å avdekke usikkerhet i en scenarioanalyse (*what-if-analyse*), hvor endring av ulike input utgjør ulike scenarioer som vil kunne påvirke samlet netto nåverdi.

Grønngatemodellen finnes som elektronisk vedlegg E-03 - *Nytte-kostnadsanalyse og Grønngatemodell*.

### Ikke-prissatte konsekvenser

Utredningen av de ikke-prissatte konsekvensene skjer på samme måte som de prissatte, ved at de måles opp mot basisalternativet. De ikke-prissatte konsekvensene vurderes mht. *verdi, omfang, og konsekvens* (jfr. kapittel 6.1.2).

- *Verdi*: Vurdering av hvor verdifullt et område eller miljø er
- *Omfang*: Hvilke endringer antas tiltaket å medføre for de ulike miljøene og områdene, og i hvilken grad.
- *Konsekvens*: Sammenstilling av de to overnevnte. Avveining mellom de fordeler og ulemper tiltaket vil medføre.

Sammenstillingen av de kvalitative verdiene presenteres i tabell, og måles opp mot den beregnede netto-nåverdien av de verdsatte konsekvensene.

### Vurdering

Samfunnsøkonomisk lønnsomhet representerer enn velferdsmaksimering for samfunnet. I valg av alternativ må derfor både prissatte-, og ikke-prissatte konsekvenser knyttet til et alternativ måles mot hverandre. Den samlede vurderingen vil være svært sentral i utredningen om hvorvidt Grønngater bør implementeres som en bærekraftig vegplanlegging i Norge.

### Oppfølging og evaluering

Basert på samlet vurdering og fremkomne resultater konkluderes det, og det gis anbefalinger til videre arbeid.



## KAPITTEL 8

# Identifisering og vurdering av virkninger ved Grønngater

Alternativ overvannshåndtering i urbane områder og som element i vegplanleggingen vil medføre både prissatte-, og ikke-prissatte konsekvenser både for grupper innenfor det offentlige og det private.

Som nevnt vil konsekvenser knyttet til Grønngate-løsninger i svært liten grad bli omfattet av de kvantifiserte konsekvensene i Statens vegvesens håndbok 140 – Konsekvensanalyser (Statens vegvesen, 2006a). Ved å utelukke samfunnsvirkninger fra den samfunnsøkonomiske analysen vil man ikke med sikkerhet kunne fastslå en samfunnseffektiv ressursallokering, eller en sikker prosjektprioritering.

I dette kapitlet beskrives, kvantifiseres, og verdsettes derfor forventede virkninger ved implementering av Grønngate-løsninger i Norge.

## 8.1 Berørte samfunnsgrupper og virkninger

---

### 8.1.1 Berørte samfunnsgrupper

På bakgrunn av beskrivelsen og problemformuleringen i oppgavens del I og II, forventes følgende samfunnsgrupper (aktører) å bli berørt av tiltaket (Figur 8-1).

Samfunnsgruppene deles inn i fire aktørgrupper.

| <b>Identifiserte aktørgrupper</b> | <b>Håndbok 140</b>                     |
|-----------------------------------|--|
| Det offentlige                    | <i>Det offentlige</i>                  |
| Private konsumenter               | <i>Trafikanter og transportbrukere</i> |
| Næringsvirksomheter               | <i>Operatører</i>                      |
| Samfunnet for øvrig               | <i>Samfunnet for øvrig</i>             |

---

Tabell 8-1: Identifiserte aktørgrupper i Grønngatevurderingen og etter Håndbok 140 - Konsekvensanalyser



Figur 8-1: Berørte samfunnsgrupper (aktører) ved implementering av et Grønn-gate-tiltak

Som det fremgår av Tabell 8-1 er aktørgruppene «Trafikanter og transportbrukere», og «Operatører» fordelt på nye aktørgrupper i denne analysen; «Private konsumenter» og «Næringsvirksomheter». Ettersom Grønn-gate-løsninger forventes å gi virkninger utover virkninger i håndbok 140, gir disse aktørgruppene et mer helhetlig konsekvensbilde.

Aktørgruppen «Operatører» omfatter operatørselskaper som står for offentlig transportvirksomhet eller forvaltning av infrastruktur for transport (Statens vegvesen, 2006a). Grønn-gate-løsninger vil i all hovedsak gi virkninger for annen næringsvirksomhet. Nytte-, og kostnadsvirkninger som påføres kollektiv-, bompeng-, og parkeringsselskaper vil ikke være avhengig av hvorvidt det benyttes alternativ overvannshåndtering og/eller mer grønnstruktur, og vil følgelig ikke utgjøre relevante differansekostnader som inkluderes i analysen.

Tradisjonelle trafikanter- og transportbrukerkostnader (eller nytte) knyttet til godstransport og persontransport fordeles hhv. på aktørgruppene «Næringsvirksomheter» og «Private konsumenter».

### 8.1.2 Relevante virkninger

*«Alle **relevante** virkninger for alle berørte grupper og for hvert enkelt tiltak skal beskrives verbalt og tallfestes i fysiske størrelser så langt som mulig»  
(DFØ, 2010, pp. 11, min utheving)*

I analysen hensynstas kun relevante virkninger, hvor differansekostnaden<sup>1</sup>, eller differansenytten mellom Grønngate-alternativet og basisalternativet avgjør hvorvidt denne typen vegplanlegging er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

I bedriftsøkonomisk beslutningsteori beskrives relevante og irrelevante kostnader som:

*«..relevante kostnader (er) [...] fremtidige kostnader som påløper på grunn av et bestemt forslag. [...] Kostnader (eller for den saks skyld inntekter) som forblir uendret uavhengig av de alternativene som foreligger, er følgelig irrelevante og kan ses bort fra.»*

*(Hoff, 2010, p. 407)*

I den samfunnsøkonomiske analysen fokuseres det på de virkningene som utgjør monetære differanser (nytte-kostnadsanalysen), og kvalitative differanser (pluss-minusmetoden). Et økt konsumentoverskudd som følge av at eksisterende veg bygges om fra to-felt til 4 felt med forbedret kollektivtilbud, vil dermed ikke inkluderes i denne analysen, ettersom det antas at virkningene er identiske også i en Grønngate-løsning. Med utgangspunkt i de identifiserte aktørgruppene beskrives følgende relevante samfunnsøkonomiske virkninger ved en Grønngate-løsning:

---

<sup>1</sup> «En differansekostnad er kostnadsdifferansen mellom to alternativer» (Hoff, 2010, p. 412)

| <b>Relevante virkninger for «Det offentlige»</b><br><i>-ved implementering av Grønngate-løsninger</i>      |  |
|--|--|
| <b>Aktørgruppe</b>   | <b>Samfunnsøkonomiske virkninger</b>   |
| VA-avdelinger  | Infiltrering og fordrøyning av avrenning fra vegarealer vil rense det forurensede overvannet før det evt. fraktes til resipient. Fordrøyning av avrenningen vil redusere faren for overbelastning og utslipp av overvann som følge av dette. Bedre vannkvalitet. |
|  | Energikostnader knyttet til pumpestasjoner og rensestasjoner reduseres ved at overvann i større grad håndteres naturlig og alternativt.  |
|  | Reduserte drift- og vedlikeholdskostnader knyttet til bortfall av tradisjonelt rørsystem   |
| Veg-avdelinger   | BMP-løsningene langs vegen krever jevnlig vedlikehold for å opprettholde ønsket funksjonsevne.   |
|  | Skade på vegkonstruksjonen på grunn av overbelastning i overvannsnett. Alternativt overvannshåndtering reduserer sannsynligheten for overbelastning, men øker sannsynligheten for mangelfull drenering.  |
|  | Permeable dekker vil infiltrere vann på bakken, og redusere nødvendig saltforbruk på vinterstid.   |
|  | Reduserte transportkostnader ved vintervedlikehold. Swales og steder med tørr fordrøyning utgjør nærliggende lagringsplasser for snø ved snømåking.  |
| Kommunen for øvrig   | Ekspropriasjonskostnader ved arealkrevende BMP-løsninger.  |
|  | Investeringskostnader knyttet til bygging av veganlegget   |
|  | Kostnader knyttet til tverrfaglig planleggingsarbeid.  |
| <b>Relevante virkninger for «Næringsvirksomheter»</b><br><i>-ved implementering av Grønngate-løsninger</i> |  |
| <b>Aktørgruppe</b>   | <b>Samfunnsøkonomiske virkninger</b>   |
| Bedrifter  | Økte trafikantkostnader (tidskostnader pga. omkjøring eller kø) ved oversvømmelse og stengning av veger.   |
|  | Større fokus på miljø, og miljøvennlige tiltak skaper attraktive arbeidsplasser. Fokus på miljø og estetikk kan øke sysselsettingen til bedrifter i/langs en Grønngate.  |
| Forsikringselskaper  | En bedre overvannshåndtering gir reduserte utbetalinger på grunn av reduserte vannskader (overbelastning av overvannsnett).  |



| <b>Relevante virkninger for «Private konsumenter»</b><br>-ved implementering av Grønngate-løsninger |   |
|---|---|
| <b>Aktørgruppe</b>  | <b>Samfunnsøkonomiske virkninger</b>  |
| Trafikanter   | Økte trafikantkostnader (tidskostnader pga. omkjøring eller kø) ved oversvømmelse og stengning av veger.  |
| Beboere   | Økt boligverdi som resultat av grønnstruktur og et sammenhengende gang- og sykkelnett i nabolaget.  |
|   | Påvirket energibruk ved at det plantes trær nær boligen. Skyggelegging reduserer nedkjølingsbehov om sommeren, og trær som vindskjerming reduserer behov for oppvarming |
| Gående  | Økte helsemessige effekter grunnet mer attraktivt gangnett.   |
|   | Redusert utrygghetsfølelse grunnet mer attraktivt gangnett.   |
| Syklende  | Økte helsemessige effekter grunnet mer attraktivt sykkelnett.   |
|   | Redusert utrygghetsfølelse grunnet mer attraktivt sykkelnett.   |
| Deltagere i det sosiale uterom  | Økte opplevelsese-, og rekreasjonsverdier knyttet til mer blå-grønn struktur langs veganlegget.   |
| <b>Relevante virkninger for «Samfunnet for øvrig»</b><br>-ved implementering av Grønngate-løsninger |   |
| <b>Aktørgruppe</b>  | <b>Samfunnsøkonomiske virkninger</b>  |
| Samfunnet for øvrig   | Plantning av trær og annen grønnstruktur vil forbedre luftkvaliteten og redusere totalt utslipp CO <sub>2</sub> .   |
|   | Bruk av permeabel asfalt fungerer støyreduserende. Besparelser knyttet til forbedring av helse.   |
|   | Endring i ulykkeskostnader som resultat av at det plantes flere trær, og annen grøntstruktur, langs vegen.  |
|   | Nytte ut over analyseperioden (Restverdi)   |
|   | Skattekostnad   |

Tabell 8-2: Relevante virkninger for identifiserte aktørgrupper

Virkningene oppsummeres som økonomiske indikatorer i Tabell 8-3:

| Økonomiske indikatorer                     |                 |
|--|-----------------|
| <i>Indikator</i>                           | <i>Kapittel</i> |
| Investeringskostnader                      | 8.2.2           |
| Drift- og vedlikeholdskostnader            | 8.2.3           |
| Rehabiliteringskostnader                   | 8.2.4           |
| Skattekostnad                              | 8.2.5           |
| Restverdi                                  | 8.2.6           |
| Grunnerverv og ekspropriasjonskostnad      | 8.2.7           |
| Forsikringsutbetalinger                    | 8.2.8           |
| <i>Indikator</i>                           | <i>Kapittel</i> |
| Boligverdi                                 | 8.2.9           |
| Helsekostnader                             | 8.2.10          |
| Lokal, regional og global luftforurensning | 8.2.11          |
| Trafikantkostnader                         | 8.2.12          |
| Ulykkes- og sikringskostnader              | 8.2.13          |
| Forbruk av energi                          | 8.2.14          |

Tabell 8-3: Økonomiske indikatorer

## 8.2 Kvantifisering og verdsetting

---

I dette kapittelet er det forsøkt å fremheve økonomiske konsekvenser knyttet til bruken av Grønngater og alternativ overvannshåndtering. Tallene er fremkommet gjennom generaliseringer, erfaringsverdier, internasjonal litteratur, og forskning knyttet til andre enn norske forhold.

Flere av de fremkomne kostnadene vil kunne variere innad i kommunene avhengig av avtaler, ordninger, samt stedlige forhold som topografi og klima. Der hvor det har vært mulig er slike forhold hensyntatt.

**Det er viktig å poengtere at de økonomiske kostnadene som fremkommer i det videre må betraktes som potensielle og mulige effekter av en Grønngate-implementering, og ikke som eksakte kostnader og nytteverdier knyttet opp mot gjennomføring av et Grønngate-prosjekt.**

Alle kostnader er gitt i 2012-kroner.

### 8.2.1 Sannsynlighet for kostnad

En stor del av nytteverdien ved implementering av Grønngater baserer seg på reduserte kostnader knyttet til skader som overbelastede overvannssystemer har forårsaket. Dette er store kostnader som kun påløper ved oversvømmelse, og er eksempelvis:

- Rehabiliteringskostnader av veg
- Forsikringsutbetalinger
- Trafikantkostnader

For å inkludere disse kostnadene i en samfunnsøkonomisk analyse beregnes det årlig sannsynlighet for at en hendelse som medfører skade inntreffer. Faktoren beregnes i forhold til hva sannsynligheten for overbelastning ville vært ved bruk av tradisjonelt ledningsnett. Differansen i sannsynlighet multiplisert med konsekvenskostnad gir årlig differansekostnad som inkluderes i den samfunnsøkonomiske analysen.

Norsk Vann anbefaler bruk av gjentaksintervall<sup>2</sup> på 20 og 30 år i hhv. boligområder og bysenter/industriområder (Lindholm et al., 2008). Dette er dimensjoneringsgrunnlag, og inputdata i IVF-kurver<sup>3</sup> som brukes i bestemmelsen av dimensjonerende nedbørsmengde (l/s.ha). Statens Vegvesen anbefaler et gjentaksintervall på 100 år for overvannsledning og terrenggrøfter langs veg uten omkjøringsmuligheter. Det spesifiseres likevel at ved tilknytning til kommunale eller lokale overvannssystemer skal kommunale retningslinjer følges (Statens vegvesen, 2011a).

---

<sup>2</sup> Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet (1 gang i løpet av «n» år)

<sup>3</sup> IVF – kurve: *Intensitet-Varighet-Frekvenskurve*

Sannsynligheten for årlig oversvømmelse ved 25 års gjentakintervall blir dermed 0,04. Det ses da bort fra at et 25-års regn i fremtiden sannsynligvis vil skje oftere enn 1 gang per 25 år på grunn av klimaendringene.

I utgangspunktet vil det samme dimensjoneringsgrunnlaget foreligge ved prosjektering av en alternativ håndteringsmetode, og dermed vil heller ikke årlig sannsynlighet for oversvømmelse endres. Dersom allerede regulerede grøntarealer tas i bruk, eksempelvis at konvekse rabatter utformes til swales eller infiltrasjonsgrøfter, vil *arealet* være styrende for den hydrauliske kapasiteten.

Eksempelvis vil en swale med kapasitet på 50 års gjentakintervall vil da innebære en årlig sannsynlighet for oversvømmelse på 0,02. Differansekostnaden knyttet til implementeringen av den alternative håndteringsmetoden vil dermed bli  $(0,04 - 0,02) * \text{kostnad av aktuell konsekvens}$ . Stedlige forhold og eksisterende overvannssystem vil selvsagt være avgjørende for ved hvilket gjentakintervall konsekvenser vil oppstå. Dette må derfor analyseres i egne kapasitetssimuleringer, og flomanalyser.

## 8.2.2 Investeringskostnader

Relevante investeringskostnader knyttet til en Grønngate-implementering vil være:

- Konstruksjonskostnader knyttet til valgte BMP-løsninger
  - *Materialer, arbeid, og transport*
- Differansekostnader av resterende konstruksjonskostnader for hele prosjektet
  - *Reduserte kostnader knyttet til bortfall av tradisjonelle elementer som rørsystem, grønnstruktur og fortausarealer.*

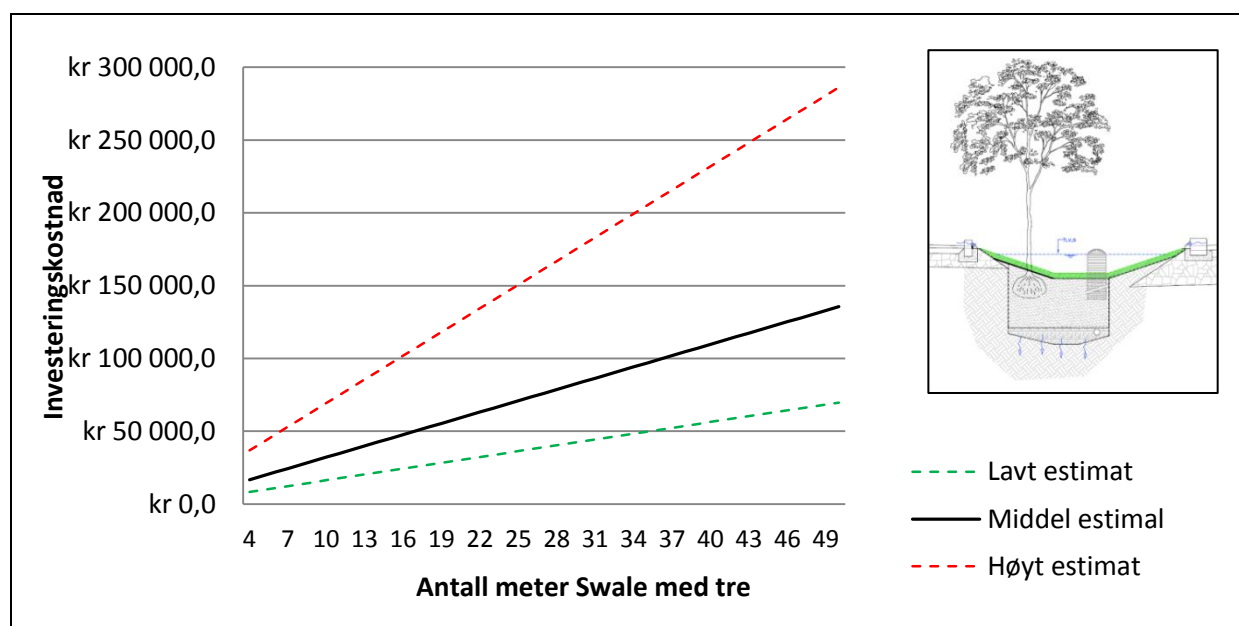
Kostnadsberegning av nye og bortfalte elementer er beregnet med tall fra Statens vegvesens kostnadsbank (jfr. kapittel 7.1.2).

Investeringskostnadene knyttet til BMP-løsningene i Grønngaten presenteres med en engangskostnad og med kostnad per løpemeter. Engangssummen er kostnader knyttet til de to endeavslutningene, hvor arbeid og materialer skiller seg fra det normale tverrsnittet. Kostnadsberegningen er gjort ut fra konstruert tverrsnitt (kapittel 5.4) og fremstår derfor som kroner per løpemeter. De tradisjonelle elementene er kun beregnet som kostnad per løpemeter. Både tradisjonelle ledningsnett og fortausareal vil i all hovedsak være kontinuerlige (uten endeavslutninger).

Estimert arbeidsomfang finnes som Vedlegg D, og detaljert kostnadsberegning i elektronisk vedlegg E-01 – «Kostnadsdatabase og investeringskostnadsberegninger».

### Swale med tre

| Arbeider, inkl. utlegging og transport                              | Engangssum   |                 |                 | Pris pr. løpemeteter |               |               |
|---|--|-----------------|-----------------|----------------------|---------------|---------------|
|   | Lav  | Middel          | Høy             | Lav                  | Middel        | Høy           |
| Utgraving   | 627,9  | 1298,3          | 2738,8          | 204,9                | 423,7         | 893,8         |
| Fjerning av masser  | 360,7  | 1117,6          | 2418,2          | 117,7                | 364,7         | 789,2         |
| Pukk 8 – 16 mm  | 651,8  | 982,2           | 1611,6          | 87,2                 | 131,4         | 215,6         |
| Innkjøpt vekstjord  | 494,7  | 807,0           | 1194,4          | 432,6                | 705,7         | 1044,4        |
| Innkjøpt matjord  | 163,2  | 353,9           | 1354,6          | 39,4                 | 85,4          | 327,0         |
| Såing av grasplen   | 114,2  | 278,3           | 440,6           | 27,6                 | 67,2          | 106,4         |
| Fiberduk  | 168,0  | 246,1           | 621,6           | 59,1                 | 86,6          | 218,7         |
| Geomembran  | 560,5  | 648,4           | 1071,1          | 123,9                | 143,3         | 236,8         |
| Planting av trær  | 793,6  | 1949,2          | 5275,2          | 198,4                | 487,3         | 1318,8        |
| Drensledning  | 43,0   | 87,6            | 269,0           | 43,0                 | 87,6          | 269,0         |
| Sandfangkum   | 4355,0   | 8937,6          | 19 858,0        |                      |               |               |
| <b>Investeringskost:</b>  | <b>8332,7</b>  | <b>16 706,4</b> | <b>36 853,0</b> | <b>1333,8</b>        | <b>2582,9</b> | <b>5419,6</b> |
| Investeringskostnad ( $I_0$ ) per lengdemeter swale med tre ( $x$ ) |  |                 |                 |                      |               |               |
| Lavt estimat  | $I_0 = 8332,7 + 1333,8(x), \quad x \geq 4 \text{ m}$   |                 |                 |                      |               |               |
| Middel estimat  | $I_0 = 16 706,4 + 2582,9(x), \quad x \geq 4 \text{ m}$ |                 |                 |                      |               |               |
| Høyt estimat  | $I_0 = 36 853,0 + 5419,6(x), \quad x \geq 4 \text{ m}$ |                 |                 |                      |               |               |

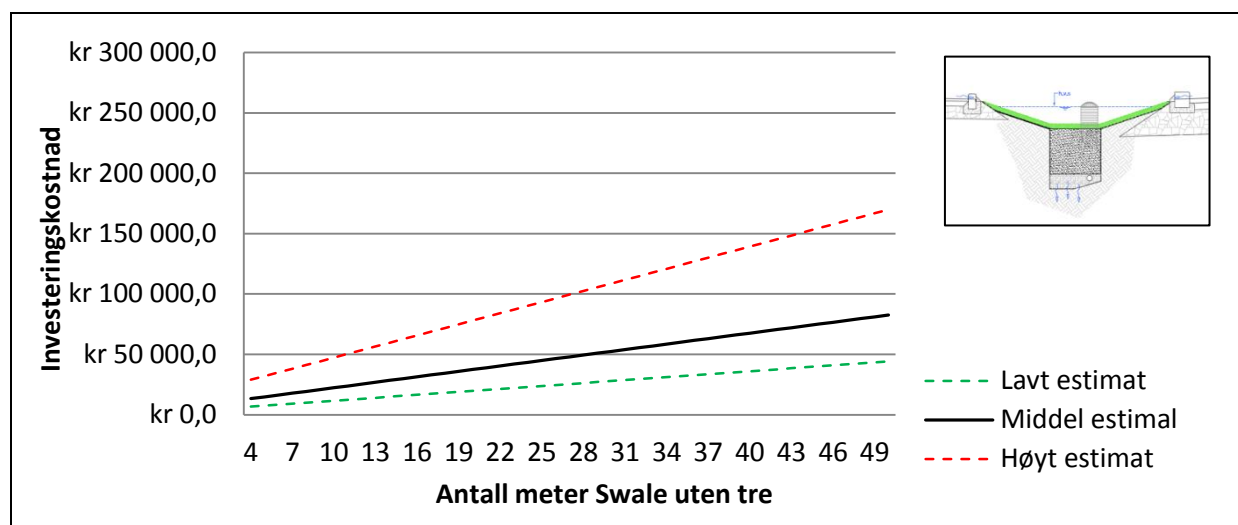


Tabell 8-4: Investeringskostnad, Swale med tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemeteter  
 Figur 8-2: Investeringskostnad, Swale med tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 4-50 m lengde

Som vi ser av kostnadsgrafene (Figur 8-2) vil en 50 m lang swale med tre hver 5 meter, ut fra estimerte kostnader og arbeidsomfang, ha en investeringskostnad mellom 69700,- og 286 200,-

### Swale uten tre

| Arbeider, inkl. utlegging og transport                               | Engangssum   |                 |                 | Pris pr. løpemet |               |               |
|--|--|-----------------|-----------------|------------------|---------------|---------------|
|  | Lav  | Middel          | Høy             | Lav              | Middel        | Høy           |
| Utgraving  | 501,0  | 1036,0          | 2185,3          | 155,6            | 321,7         | 678,6         |
| Fjerning av masser   | 287,8  | 891,8           | 1929,5          | 89,4             | 276,9         | 599,1         |
| Pukk 8 – 16 mm   | 316,1  | 476,3           | 781,6           | 56,7             | 85,4          | 140,1         |
| Innkjøpt vekstjord   | 274,9  | 448,4           | 663,6           | 224,7            | 366,5         | 542,4         |
| Innkjøpt matjord   | 163,2  | 353,9           | 1354,6          | 39,4             | 85,4          | 327,0         |
| Såing av grasplen  | 114,2  | 278,3           | 440,6           | 27,6             | 67,2          | 106,4         |
| Fiberduk   | 101,6  | 148,8           | 375,9           | 35,6             | 52,2          | 131,7         |
| Geomembran   | 562,3  | 650,5           | 1074,4          | 141,7            | 163,9         | 270,7         |
| Drensledning   | 43,0   | 87,6            | 269,0           | 43,0             | 87,6          | 269,0         |
| Sandfangkum  | 4355,0   | 8937,6          | 19 858,0        |                  |               |               |
| <b>Investeringskost:</b>   | <b>6719,1</b>  | <b>13 309,2</b> | <b>28 932,4</b> | <b>813,5</b>     | <b>1506,7</b> | <b>3065,0</b> |
| Investeringskostnad ( $I_0$ ) per lengdemeter swale uten tre ( $x$ ) |  |                 |                 |                  |               |               |
| Lavt estimat   | $I_0 = 6719,1 + 813,5(x), \quad x \geq 4 \text{ m}$    |                 |                 |                  |               |               |
| Middel estimat   | $I_0 = 13 309,2 + 1506,7(x), \quad x \geq 4 \text{ m}$ |                 |                 |                  |               |               |
| Høyt estimat   | $I_0 = 28 932,4 + 3065,0(x), \quad x \geq 4 \text{ m}$ |                 |                 |                  |               |               |



Tabell 8-5: Investeringskostnad, Swale uten tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemet

Figur 8-3: Investeringskostnad, Swale uten tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 4-50 m lengde

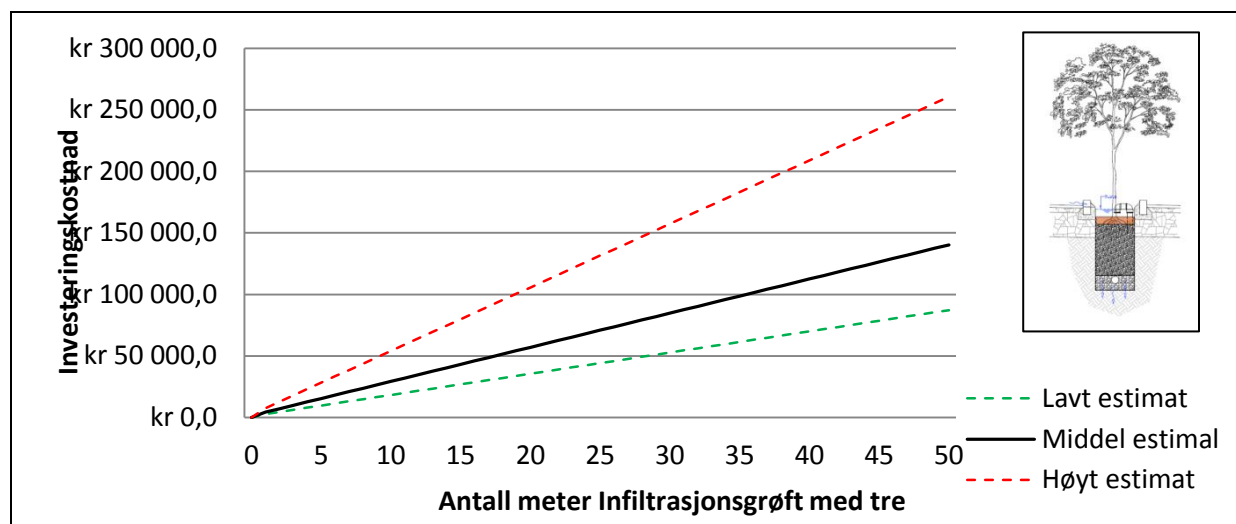
En swale uten tre fremstår som et noe billigere alternativ, med en tynnere filtergrøft og ingen beplantning. På grunn av den reduserte mengden filtermasse vil dette alternativet kunne ha noe dårligere infiltrasjonsevne enn en swale med tre. Utformingen gjør likevel at man oppnår god fordrøyningssevne. Alt i alt vil dermed swale uten tre kunne håndtere avrenning og ekstremnedbør til omtrent halvparten av prisen. Av kostnadsgrafen (Figur 8-3) ser vi at en 50 m swale uten tre vil ha en investeringskostnad på mellom 44 100,- og 169 900,-, og er 25 600 – 116 300 kroner billigere enn en swale løsning med tre.

### Infiltrasjonsgrøft med tre

| Arbeider, inkl. utlegging og transport | Engangssum    |               |               | Pris pr. løpemeteter |               |               |
|--|---------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|
|  | Lav           | Middel        | Høy           | Lav                  | Middel        | Høy           |
| Utgraving                              |               |               |               | 68,2                 | 140,9         | 297,3         |
| Fjerning av masser                     |               |               |               | 39,2                 | 121,3         | 262,5         |
| Pukk 8 – 16 mm                         |               |               |               | 48,0                 | 72,3          | 118,6         |
| Skjelettjord                           |               |               |               | 280,0                | 400,5         | 534,4         |
| Utlegging av bark                      |               |               |               | 36,8                 | 63,6          | 130,4         |
| Fiberduk                               | 4,8           | 7,0           | 17,8          | 30,0                 | 44,0          | 111,0         |
| Geomembran                             | 54,5          | 63,1          | 104,2         | 68,2                 | 78,9          | 130,3         |
| Drensledning                           |               |               |               | 43,0                 | 87,6          | 269,0         |
| Kantstein                              | 912,0         | 1279,5        | 1992,0        | 912,0                | 1279,5        | 1992,0        |
| Planting av trær                       |               |               |               | 198,4                | 487,3         | 1318,8        |
| Overløp (OV-ledn.)                     | 102,0         | 176,6         | 338,4         | 68,2                 | 140,9         | 297,3         |
| <b>Investeringskost:</b>               | <b>1073,3</b> | <b>1526,2</b> | <b>2452,4</b> | <b>1723,6</b>        | <b>2775,7</b> | <b>5164,2</b> |

| Investeringskostnad ( $I_0$ ) per lengdemeter infiltrasjonsgrøft med tre ( $x$ ) |   |
|--|---|
| Lavt estimat   | $I_0 = 1073,3 + 1723,6(x), \quad x > 0$ |
| Middel estimat   | $I_0 = 1526,2 + 2775,7(x), \quad x > 0$ |
| Høyt estimat   | $I_0 = 2452,4 + 5164,2(x), \quad x > 0$ |

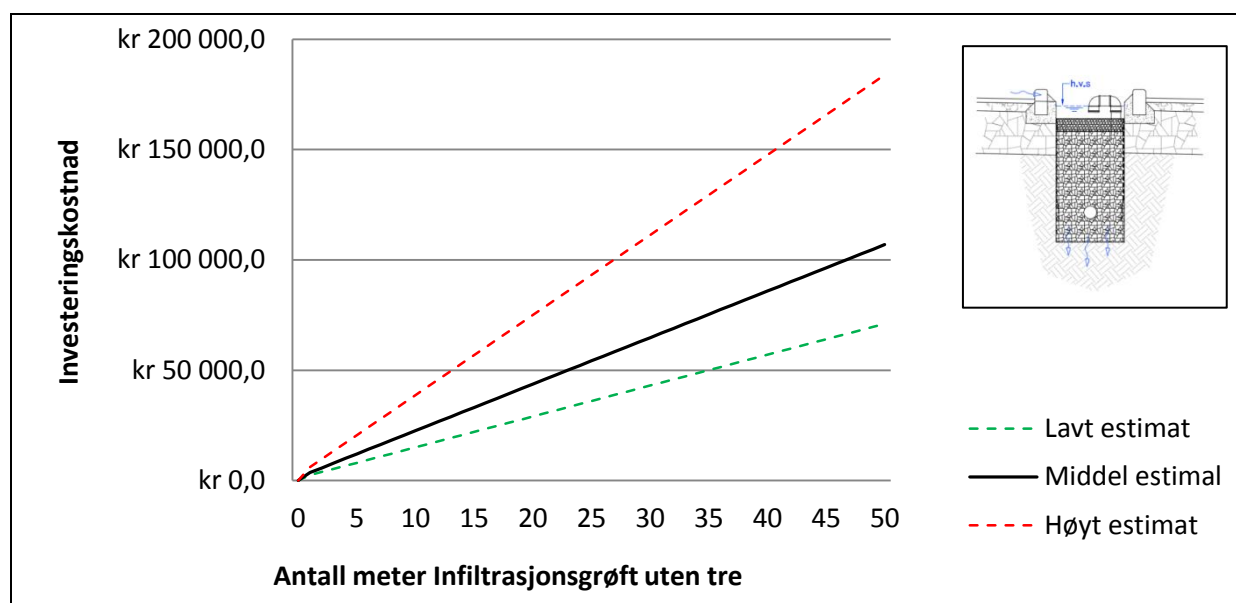


Tabell 8-6: Investeringskostnad, Infiltrasjonsgrøft med tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemeteter  
 Figur 8-4: Investeringskostnad, Infiltrasjonsgrøft med tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 0-50 m lengde

Bruken av skjelettjord og beplantning av trær gjør at løsningen fremstår som en noe bekostet løsning i forhold til håndteringsarealet. 50 m infiltrasjonsgrøft med tre vil ut fra estimerte kostnader og arbeidsomfang, ha en investeringskostnad mellom 87 300,- og 260 700,-.

### Infiltrasjonsgrøft uten tre

| Arbeider, inkl. utlegging og transport  | Engangssum                              |               |               | Pris pr. løpemeteter |               |               |
|---|---|---------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|
|   | Lav                                     | Middel        | Høy           | Lav                  | Middel        | Høy           |
| Utgraving   |   |               |               | 68,2                 | 140,9         | 297,3         |
| Fjerning av masser  |   |               |               | 39,2                 | 121,3         | 262,5         |
| Pukk 8 – 16 mm  |   |               |               | 222,4                | 335,1         | 549,8         |
| Pukk 11 – 16 mm   |   |               |               | 24,4                 | 33,3          | 46,0          |
| Fiberduk  | 4,8                                     | 7,0           | 17,8          | 22,0                 | 32,2          | 81,4          |
| Geomembran  | 54,5                                    | 63,1          | 104,2         | 68,2                 | 78,9          | 130,3         |
| Drensledning  |   |               |               | 43,0                 | 87,6          | 269,0         |
| Kantstein   | 912,0                                   | 1279,5        | 1992,0        | 912,0                | 1279,5        | 1992,0        |
| Overløp (OV-ledn.)  | 102,0                                   | 176,6         | 338,4         |                      |               |               |
| <b>Investeringskost:</b>  | <b>1073,3</b>                           | <b>1526,2</b> | <b>2452,4</b> | <b>1399,2</b>        | <b>2108,7</b> | <b>3628,1</b> |
| Investeringskostnad ( $I_0$ ) per lengdemeter infiltrasjonsgrøft uten tre ( $x$ ) |   |               |               |                      |               |               |
| Lavt estimat  | $I_0 = 1073,3 + 1399,2(x), \quad x > 0$ |               |               |                      |               |               |
| Middel estimat  | $I_0 = 1526,2 + 2108,7(x), \quad x > 0$ |               |               |                      |               |               |
| Høyt estimat  | $I_0 = 2452,4 + 3628,1(x), \quad x > 0$ |               |               |                      |               |               |



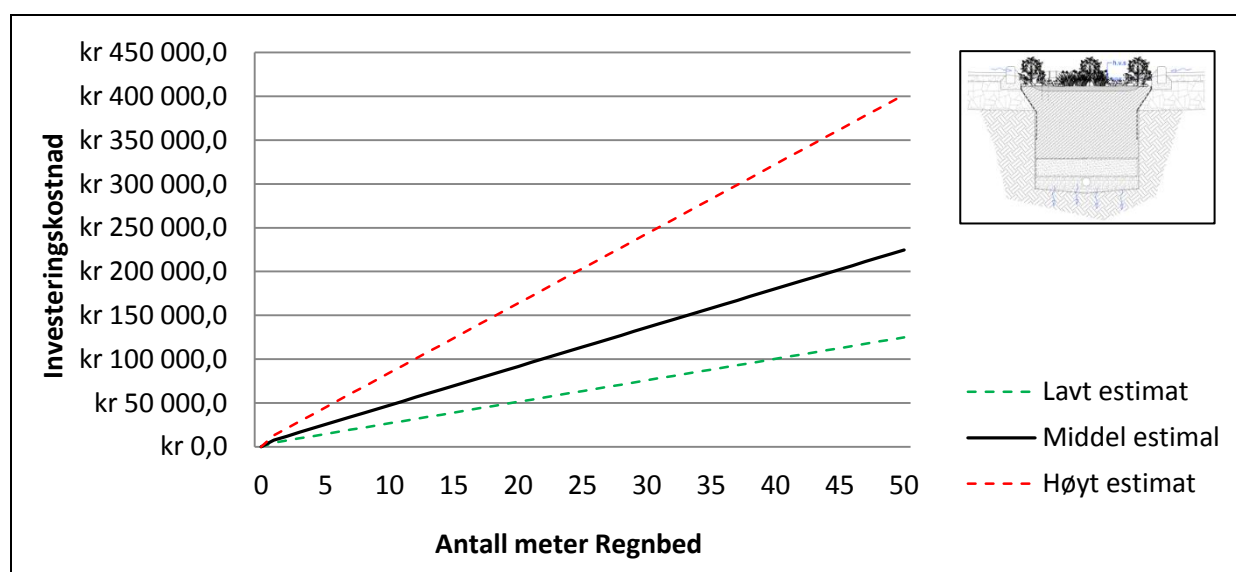
Tabell 8-7: Investeringskostnad, Infiltrasjonsgrøft uten tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemeteter

Figur 8-5: Investeringskostnad, Infiltrasjonsgrøft uten tre (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 0-50 m lengde

Infiltrasjonsgrøft uten tre benytter pukk som infiltrasjonsmasse, og vil dermed være et billigere alternativ per løpemeteter enn infiltrasjonsgrøften med skjelettjord og trær. Kantstein av naturstein vil likevel trekke løpemeteterprisen noe opp, og en lengde på 50 m er estimert til å ha en investeringskostnad på mellom 71 000,- og 183 900,-.

## Regnbed

| Arbeider, inkl. utlegging og transport                        | Engangssum                              |               |               | Pris pr. løpemeter |               |               |
|---|---|---------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|
|   | Lav                                     | Middel        | Høy           | Lav                | Middel        | Høy           |
| Utgraving   |   |               |               | 201,2              | 415,9         | 877,4         |
| Fjerning av masser  |   |               |               | 115,6              | 358,0         | 774,7         |
| Pukk 8 – 16 mm  |   |               |               | 100,3              | 151,1         | 247,9         |
| Filterlag   |   |               |               | 47,9               | 115,0         | 172,2         |
| Innkjøpt mineraljord  |   |               |               | 549,7              | 896,7         | 1327,1        |
| Løvkompost  |   |               |               | 94,3               | 163,0         | 334,2         |
| Fiberduk  | 28,6                                    | 41,9          | 105,8         | 94,9               | 139,0         | 351,1         |
| Geomembran  | 120,3                                   | 139,2         | 230,0         | 68,2               | 78,9          | 130,3         |
| Drensledning  |   |               |               | 43,0               | 87,6          | 269,0         |
| Kantstein   | 2006,4                                  | 2814,9        | 4382,4        | 912,0              | 1279,5        | 1992,0        |
| Beplantning   |   |               |               | 224,0              | 742,4         | 1456,0        |
| Overløp (OV-ledn.)  | 153,0                                   | 264,9         | 507,6         |                    |               |               |
| <b>Investeringskost:</b>                                      | <b>2308,3</b>                           | <b>3260,9</b> | <b>5225,8</b> | <b>2450,9</b>      | <b>4427,2</b> | <b>7931,8</b> |
| Investeringskostnad ( $I_0$ ) per lengdemeter regnbed ( $x$ ) |   |               |               |                    |               |               |
| Lavt estimat  | $I_0 = 2308,3 + 2450,9(x), \quad x > 0$ |               |               |                    |               |               |
| Middel estimat  | $I_0 = 3260,9 + 4427,2(x), \quad x > 0$ |               |               |                    |               |               |
| Høyt estimat  | $I_0 = 5225,8 + 7931,8(x), \quad x > 0$ |               |               |                    |               |               |



Tabell 8-8: Investeringskostnad, Regnbed (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemeter

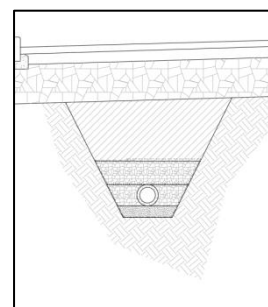
Figur 8-6: Investeringskostnad, Regnbed (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 0-50 m lengde

Regnbed fremstår som den dyreste BMP'en (per løpemeter) ut fra de estimerte arbeidsomfang, med en investeringskostnad på mellom 124 900,- og 401 800,- for 50 løpemeter med 2,3 m bredt regnbed. Etersom regnbed vil kunne gi god rensing av avrenning fra trafikkerte arealer må kostnaden vurderes opp mot dette, og opp mot håndteringskapasitet.



### Tradisjonell overvannsrør

Bruk av alternativ overvannshåndtering vil medføre besparelser knyttet til bortfall av tradisjonelt overvann/dreneringssystem og tilhørende elementer. Forutsatt at det ikke allerede er etablert et lukket rørsystem, vil besparelsene i konstruksjonskostnader gi nytteverdi for en Grønngate.



Figur 8-7: Tradisjonell overvannsrør

Kostnadene, og da nytteverdien, vil avhenge av dimensjon på overvannsrør. Under er det derfor beregnet investeringskostnader knyttet til dimensjoner mellom 150 mm og 800 mm (> 600 mm) iht. håndbok 025.

Besparelser knyttet til det tradisjonelle ledningsnettet vil avhenge av hvorvidt spillvannsledning og vannledning skal/må anlegges i samme grøft. Alternativ overvannshåndtering vil ikke utelukke en slik kostnad. Det tenkes derfor at overvannsrør anlegges kun for håndtering av vegavrenningen.

Tverrsnittet viser en tradisjonell overvannsrør under veg. Kostnader vil selvsagt også avhenge av material på overvannsrør, og dybde på overvannsrør. I dette tilfellet er det tatt utgangspunkt i minimum overdekning på 1,5 m og et overvannsrør av betong. Når det gjelder kostnader knyttet til rørmateriale, tar ikke prosesskoden (Statens vegvesen, 2007) hensyn til dette. Variasjonen i pris må derfor antas å være inkludert i de tre estimatene. Overvannsrør tilkobles overvannskum ved maksimal avstand på 80 m. Kostnader knyttet til dette kommer utenom.

| Investeringskostnad per lengdemeter grøft (x) |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dimensjon [mm]                                | 150    | 200    | 250    | 300    | 400    | 500    | 600    | 800    |
| Lavt estimat                                  | 452,3  | 526,0  | 625,3  | 733,6  | 986,7  | 1463,8 | 1707,6 | 2195,3 |
| Middelestimat                                 | 918,4  | 1025,9 | 1216,0 | 1376,1 | 1772,0 | 2433,7 | 2903,6 | 4002,7 |
| Høyt estimat                                  | 1720,0 | 1920,1 | 2223,7 | 2465,7 | 3177,3 | 4331,0 | 5402,2 | 6971,0 |

Tabell 8-9: Investeringskostnad per lengdemeter tradisjonell overvannsrør (150 mm – 800 mm)

Foruten selve grøftetverrsnittet og rørmateriale kommer kostnader knyttet til nedsetting av sandfang og inspeksjonskummer (overvannskummer).

### Sandfang

| Arbeider, inkl. utlegging og transport | Pris pr. stk   |                 |                 |
|--|----------------|-----------------|-----------------|
|  | Lav            | Middel          | Høy             |
| Sandfangkum                            | 6540,0         | 11 122,6        | 22 043,0        |
| Utvidelse for kum                      | 345,0          | 995,1           | 2400,0          |
| <b>Investeringskost:</b>               | <b>6 885,0</b> | <b>12 117,7</b> | <b>24 443,0</b> |

Tabell 8-10: Investeringskostnad, Sandfangkum

### Inspeksjonskum

| Arbeider, inkl. utlegging og transport | Pris pr. stk |                 |               |
|--|--------------|-----------------|---------------|
|  | Lav          | Middel          | Høy           |
| Inspeksjonskum                         | 6812         | 11 639,4        | 21 698        |
| Utvidelse for kum                      | 345          | 995,1           | 2400          |
| <b>Investeringskost:</b>               | <b>7 157</b> | <b>12 634,5</b> | <b>24 098</b> |

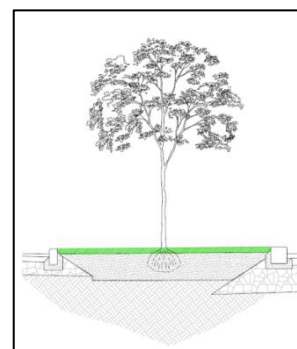
Tabell 8-11: Investeringskostnad, Inspeksjonskum - Overvannskum

Som det fremgår av tallene i tabell Tabell 8-10 og Tabell 8-11, som er hentet fra kostnadsdatabasen, vil investeringskostnader knyttet til sandfang og overvannskummer ligge mellom 7000 – 24 000,- per kum. Med hensyn til krav om maksimal avstand mellom overvannskummer på 80 m og et sandfang per 400 m<sup>2</sup> avrenningsareal vil kummer utgjøre en vesentlig del av investeringskostnadene knyttet til konvensjonell overvannshåndtering.

Investeringskostnadene viser følgelig at man vil kunne spare mye ved å redusere og fordrøye spissavrenningen, slik at man kan neddimensjonere nødvendig ledningsdimensjon, eller ekskludere bruken av tradisjonell overvannshåndtering i et område i sin helhet.

### Grønrrabatt

| Arbeider, inkl. utlegging og transport | Pris pr. løpemeter |               |               |
|--|--------------------|---------------|---------------|
|  | Lav                | Middel        | Høy           |
| Utgraving                              | 97,3               | 201,2         | 424,4         |
| Fjerning av masser                     | 55,9               | 173,2         | 374,7         |
| Innkjøpt vekstjord                     | 831,7              | 1356,8        | 2008,0        |
| Innkjøpt matjord                       | 40,0               | 86,8          | 332,0         |
| Såing av grasplen                      | 28,0               | 68,2          | 108,0         |
| Fiberduk                               | 40,7               | 59,6          | 150,6         |
| <b>Investeringskost:</b>               | <b>1093,6</b>      | <b>1945,7</b> | <b>3397,6</b> |

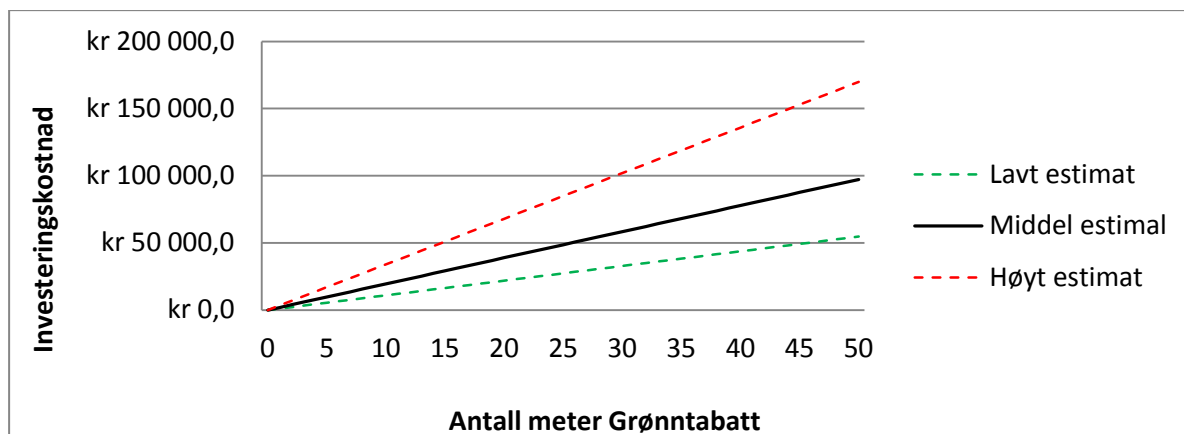


Figur 8-8: Tradisjonell grønrrabatt

Tabell 8-12: Investeringskostnad, Tradisjonell grønrrabatt (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per løpemeter

For å inkludere kostnadene knyttet til den tradisjonelle utformingen av grønrrabattene kostnadsberegnes også dette. Dette er kostnader som vil påløpe dersom man opparbeider grøntområder som flate eller konvekse rabatter i stedet for håndteringsområder for overvann.

Disse kostnadene vil kunne påløpe som en nytteverdi for beregningen av en Grønngate-løsning. Desto høyere investeringskostnaden knyttet til tradisjonell eller planlagt løsning er, desto høyere vil nytteverdien per investert krone være for en bygget Grønngate ettersom kostnadsdifferansen mellom de to alternativene blir mindre. Beregningene er gjort ut fra forutsetning om at rabattene graves ut i dybde på 60 cm, og stedlige masser transportert bort.



Figur 8-9: Investeringskostnad, Tradisjonell grønntabatt (lavt-, middel-, og høyt estimat) - 0-50 m lengde

### Trær

Planting av trær er inkludert i kostnadsberegningen av BMP-løsningene med tre over, og kostnadsberegnes derfor også i en tradisjonell, «vanlig», løsning. På samme måte som grønntabattene vil disse investeringskostnadene falle bort dersom plantingene skjer i overvannhånderingsarealer i stedet. I beregningene er det tatt utgangspunkt i utgraving av et plantehull på 3,5 m<sup>3</sup>, med gjenfylling av vekstjord rundt rotklumpen. Dette er iht. vegvesenets minimumskrav på 3 m<sup>3</sup> for gateplantinger (Statens vegvesen, 2007). På samme måte som ved beregning av BMP-løsningene med trær ekskluderes ikke volumet til rotklumpen fra masseberegningen av vekstjord. Dette volumet antas å gå i komprimering og annet svinn.

Ettersom grønntabatten allerede er utgravd i 60 cm, av nødvendig 100 cm dybde, og gjenfylt med vekstjord (jfr. over), vil det kostnadmessig være forskjellig på om trærne er plantet i grønntabatter eller utenfor.

| Arbeider, inkl. utlegging og transport | Tre i grønntabatt |               |               | Tre utenfor grønntabatt |               |                |
|--|-------------------|---------------|---------------|-------------------------|---------------|----------------|
|  | Lav               | Middel        | Høy           | Lav                     | Middel        | Høy            |
| Utgraving                              | 65,8              | 136,1         | 287,0         | 164,5                   | 340,1         | 717,5          |
| Fjerning av masser                     | 37,8              | 117,1         | 253,4         | 94,5                    | 292,8         | 633,5          |
| Innkjøpt vekstjord                     | 334,6             | 545,8         | 807,8         | 836,5                   | 1364,6        | 2019,5         |
| Planting av trær                       | 992,0             | 2436,5        | 6594,0        | 992,0                   | 2436,5        | 6594,0         |
| Utlegging av bark                      |                   |               |               | 161,0                   | 278,3         | 570,5          |
| Fiberduk                               |                   |               |               | 148,0                   | 216,8         | 547,6          |
| <b>Investeringskost:</b>               | <b>1430,2</b>     | <b>3235,5</b> | <b>7942,2</b> | <b>2396,5</b>           | <b>4929,1</b> | <b>11082,6</b> |

Tabell 8-13: Investeringskostnad, Trær i og utenfor grønntabatt (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per tre

Investeringskostnaden knyttet til planting av trær er estimert til å ligge mellom 1400,- og 8000,- og 2400,- og 11 100,- per tre hhv. i og utenfor grønntabatt. Sammenligner vi 50 m

grønrrabatt med 10 stk. plantede trær med 50 m «swale med tre» vil BMP løsningen være mellom 1000 – 36300 kroner dyrere.

Med utgangspunkt i investeringskostnadene knyttet til grøntområder og gatetrær ser vi at investeringskostnad i form av differansekostnad vil være betydelig lavere dersom gaten allerede er prosjektert med en noe omfattende grønnstruktur.

### Overbygning, fortau

I likhet med kostnadsberegningen av grønrrabatter (over) kostnadsberegnes også investeringskostnad knyttet til etablering av fortausareal. Dersom implementering av BMP-løsninger planlegges i en tidligfase vil dette medføre bortfall av investeringskostnader knyttet til oppbygging av fortausoverbygningen. Ivesteringskostnadene er beregnet ut fra et fortau med belegningsstein, 10 cm bærelag, og 40 cm forsterkningslag. Nytteverdi knyttet til bortfall av overbygning vil følgelig være svært områdespesifik og vil variere mellom hvert enkelt prosjekt. Belegningssteinbelagt fortau er i dette tilfellet kostnadsberegnet.

| Arbeider, inkl. utlegging og transport | Pris pr. m <sup>2</sup> |               |               |
|--|-------------------------|---------------|---------------|
|  | <i>Lav</i>              | <i>Middel</i> | <i>Høy</i>    |
| Utgraving                              | 28,7                    | 59,3          | 125,1         |
| Fjerning av masser                     | 16,5                    | 51,0          | 110,4         |
| Avretting av planum                    | 6,0                     | 7,7           | 10,0          |
| Belegningsstein                        | 436                     | 895,5         | 1383          |
| Fiberduk                               | 7,0                     | 10,2          | 17,0          |
| Forsterkningslag, kult                 | 58,0                    | 84,0          | 116,8         |
| Bærelag, Fk                            | 17,1                    | 25,1          | 33,4          |
| Kantstein                              | 456,0                   | 639,8         | 996,0         |
| <b>Investeringskost:</b>               | <b>1025,2</b>           | <b>1772,6</b> | <b>2791,7</b> |

Tabell 8-14: Investeringskostnad, Fortausoverbygning (lavt-, middel-, og høyt estimat) – per m<sup>2</sup> fortausareal

### «Retrofitting»

De overnevnte nytteverdiene forutsetter implementering ved nybygging. Dersom en alternativ overvannshåndtering tilpasses og implementeres i eksisterende anlegg vil disse nytteverdiene falle bort, og investeringskostnadene knyttet til håndteringsmetodene vil mer eller mindre tilsvare estimert investeringskostnad. Med bakgrunn i klimaendringer og forventet økt nedbør, snakkes det internasjonalt mer og mer om «*retrofitting to manage surface water*» (Digman et al., 2012), hvor enten byfornyning brukes til å implementere alternative overvannshåndteringsløsninger og øke stedets flomresistente egenskaper, eller nødvendigheten for en alternativ overvannshåndtering åpner muligheter for en urban stedsfornyning. En «retrofitting» vil gi virkninger i en nytte-kostnadsberegning ved at man i mindre grad får nytteverdi av bortfalte tradisjonelle elementer.

### Prosjekteringskostnader

En implementering av Grønngater vil også kunne påvirke prosjekteringskostnader.

I dag dimensjoneres drenering og overvannsystemene i veganlegg etter den rasjonelle metode, og rør dimensjoneres etter beregnet vannmengde og fall på overvannsledning. I gater hvor overvann fra veg samles opp og ledes bort gjennom sandfang, plasseres sandfang med avstand slik at de håndterer avrenning fra et areal på 400 m<sup>2</sup>.

Ved bruk av alternativ overvannshåndtering må stedlige masse og infiltrasjonsevne måles og kalkuleres. I forbindelse med veganlegg må også bæreevne og stabilitet sikres. Når åpne løsninger benyttes, krever dette også planlegging i form av utseende, estetikk, og arealbruk. Flere kommuner har uttrykket at mangel på kompetanse og ressurser er årsak til at det ikke planlegges flere prosjekter med alternativ overvannshåndtering i deres kommuner (jfr. kapittel 4.5). Ettersom det heller ikke finnes utarbeidede retningslinjer, og standardiserte løsninger i tilknytning til veganlegg, vil dette med all sannsynlighet gjenvises i økte prosjekteringskostnader til det spesifikke prosjektet. Det må likevel antas at differansekostnaden mellom tradisjonell og alternativ overvannshåndtering vil avta ettersom det fremkommer erfaringsdata fra flere prosjekter i Norge.

På den annen side vil bruken av naturlige overflateløsninger (BMP'er) redusere behovet for detaljtegninger (plan- og profilttegninger (VA), kumskisser, m.m.). Redusert tegningsproduksjon vil medføre lavere prosjekteringskostnader. Samtidig vil dimensjoneringen av BMP-løsningene skje på samme beregningsgrunnlag som for et tradisjonelt ledningsnett. Kostnader knyttet til prosjekteringen vil være svært prosjektspesifikk, og det vil følgelig ikke være mulig å kalkulere en generell prosjekteringskostnad.

### Rigg og drift

Det antas ingen differanse i utførende entreprenørs rigg og driftskostnader. Kostnader knyttet til midlertidige bygninger, vinterkostnader på anlegg, og miljøtiltak vil ikke påvirkes av overvannhåndteringsmetode. Heller ikke kostnader knyttet til anleggsveger eller trafikkavvikling vil utgjøre differansekostnader.

### 8.2.3 Drift og vedlikeholdskostnad

Bygging av Grønngate-løsninger vil innebære årlige drift- og vedlikeholdskostnader knyttet til BMP-løsningene. Samtidig vil årlige drift- og vedlikeholdskostnader knyttet til det tradisjonelle ledningssystemet reduseres.

### Tradisjonell overvannshåndtering i ledningsnett

Kommunens kostnader knyttet til drift, vedlikehold, og kapitalinvesteringer av det tradisjonelle avløpsnettet dekkes gjennom gebyrer. Gebyrsatsene fastsettes etter selvkostprinsippet, noe som betyr at gebyrene ikke skal overstige kommunens totale kostnader over en tidsperiode på 3-5 år (Berge & Mellem, 2012).

Gebyrgrunnlaget består av samlede driftsutgifter og kapitalkostnader, fratrukket eventuelle inntekter (jfr. Tabell 8-15). Kommunene vil følgelig søke å oppnå en finansiell dekningsgrad på 100 %, for å få dekket alle sine drifts-, og kapitalkostnader.

På bakgrunn av dette antas det at nasjonalt gebyrgrunnlag, over en lengre tidsperiode, tilsvarer kostnadene knyttet avløpsledningsnett.

Gjennom Kommune Stat Rapporteringsprogrammet, «KOSTRA», er det landsdekkende gebyrgrunnlaget for de siste 3 årene (2009 – 2011)<sup>4</sup> summert opp til:

| År   | Driftsutgifter | Kapitalkostnader | Andre inntekter | Gebyrgrunnlaget |
|------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 2009 | 3 606 465,5    | 1 765 794,3      | 185 074,5       | 5 187 185,3     |
| 2010 | 3 742 752,7    | 1 843 738,5      | 163 433,8       | 5 423 057,4     |
| 2011 | 4 016 689,4    | 1 952 487,1      | 242 211,3       | 5 726 965,2     |

Tabell 8-15: Grunnlag for landsdekkende gebyrgrunnlag. Hentet fra tabell A14 (Berge & Mellem, 2012)  
Omregnet fra 2011 til 2012 kroner

Total lengde avløpsnett var i 2011 på 51 000 km (SSB, 2012). Av dette var:

- 15 300 km separate overvannsledningers
- 7 600 km fellesledninger (felles spillvann og overvann)

Ledningsnett som behandler og transporterer overvann utgjør dermed 22 900 km, og 44,9 % av samlet avløpsnett. Det foreligger ikke detaljerte utgiftstall knyttet til de tre ulike hovedtypene avløpsledninger, og det forutsettes at kostnader knyttet til ledningsnett med overvann står for 44,9 % av de totale kostnadene.

Dette gir årlig kostnad:

$$\frac{(5\,726\,965\,200 \times 0,449)}{22\,900\,000} = \frac{2\,571\,407\,374,8 \text{ kr}}{22\,900\,000 \text{ m ledningsnett}} = \mathbf{112,29 \text{ kr /m}}$$

I et nytt ledningsnett vil det naturlig oppstå færre rehabiliteringsbehov enn i et gammelt eksisterende ledningsnett. Det påløper likevel drift og vedlikeholdsoppgaver som spyling, rensing, tilstandskontroll, tetthetsprøving, etc. både sporadisk og årlig. Kostnaden inkluderer også gjennomsnittlig *fremtidig* behov. Det er derfor valgt å inkludere denne i analyseberegningene.

#### Alternativ overvannshåndtering - BMP-løsninger

Det er per i dag<sup>5</sup> ikke utarbeidet erfaringstall knyttet til drift- og vedlikeholdsoppgaver av BMP-løsninger i Norge. For å gjøre en estimering av forventede årlige kostnader brukes internasjonal litteratur, og deres erfaringer.

Royal HaskoningDHV (2012) utgav i juli 2012 en rapport med kapital- og drift og vedlikeholdskostnader knyttet til ulike BMP komponenter i Storbritannia. Både jevnlige og

<sup>4</sup> Det foreligger enda (mars, 2013) ikke innrapporterte tall fra 2012

<sup>5</sup> Mars, 2013

sporadiske kostnader er summert til forventede årlige kostnader. Ved flere kilder er det beregnet gjennomsnitt.

Kostnadene som er beregnet for et britisk klima antas relevant også for norske forhold. Alle kilder brukt som kostnadsreferanser i rapporten er basert på britiske forhold.

| BMP-løsninger <sup>6</sup> | 2011 enhetskostnad (£) |               |            | Enhet                         |
|----------------------------|------------------------|---------------|------------|-------------------------------|
|                            | <i>Lav</i>             | <i>Median</i> | <i>Høy</i> |                               |
| Swales                     | 0,1                    | 0,1           | 0,1        | m <sup>2</sup> overflateareal |
| Regnbed                    | 0,6                    | 1,3           | 1,9        |                               |
| Infiltrasjonsgrøft         | 0,3                    | 0,8           | 1,3        | m <sup>3</sup> lagret volum   |

Tabell 8-16: Drift og vedlikeholdskostnader knyttet til BMP-løsninger. (HaskoningDHV, 2012, p. 17)

Kostnadene omregnes fra britiske pund (GBP) til norske kroner (NOK)<sup>7</sup>. Det korrigeres også for lønnsvekstforskjeller mellom Storbritannia og Norge. Det antas da et proporsjonalt forhold mellom anleggskostnad og brutto lønn. Storbritannia ligger (i 2010) på et lønnsnivå 28 % lavere enn i Norge (Svennebye, 2011), og en korrigering vil gi et riktigere anslag av forventede drift- og vedlikeholdskostnader ved norske anlegg. Kostnadene økes<sup>8</sup> med 39 %.

| BMP-løsninger      | 2011 enhetskostnad (NOK) |               |            | Korrigert årlig enhetskostnader etter lønnsnivå (2012NOK) |               |            | Enhet                         |
|--------------------|--------------------------|---------------|------------|---|---------------|------------|-------------------------------|
|                    | <i>Lav</i>               | <i>Median</i> | <i>Høy</i> | <i>Lav</i>  | <i>Median</i> | <i>Høy</i> |                               |
| Swales             | 0,89                     | 0,89          | 0,89       | 1,24  | 1,24          | 1,24       | m <sup>2</sup> overflateareal |
| Regnbed            | 5,3                      | 11,48         | 16,77      | 7,37  | 15,96         | 23,31      |                               |
| Infiltrasjonsgrøft | 2,65                     | 7,06          | 11,48      | 3,68  | 9,81          | 15,96      | m <sup>3</sup> lagret volum   |
| Permeable dekker*  |                          |               |            | 19,94   | -             | 21,05      | m <sup>2</sup> vegareal       |
| Trær**             | 3 års vedlikehold        |               |            | 93,0  | 259,3         | 752,7      | Stk.                          |
|                    | 279                      | 777,8         | 2258       |   |               |            |                               |

Tabell 8-17: Korrigerte drift og vedlikeholdskostnader etter norsk lønnsnivå. Omregnet fra 2011 til 2012 kroner

\* Kostnader knyttet til rensing og spyling av porøse dekker er hentet fra forsøk utført på Rv 170 ved Bjørkelangen våren 2007. Her ble det benyttet en rensesmaskin «Frimokar» disponert av Oslo lufthavn Gardemoen. Kostnader for selve vasking/spyleoperasjonen kom på 8-9 kr/m<sup>2</sup>. Inkludert arbeidsvarsling og putebil, havnet totalkostnaden på 18-19 kr/m<sup>2</sup> vegareal

<sup>6</sup> Swales – Swales (eng), Infiltrasjonsgrøft – Infiltration trench (eng), Regnbed – Retention pond (eng), Permeable dekker – Permeable pavement(eng).

<sup>7</sup> 1 GBP = 8.75991 NOK, 18.03.13 – 09:55

<sup>8</sup> Korreksjonsfaktor: (100/72 = 1,38889) 1,39.

(Horvli, 2009) – Omregnet fra 2007 kroner til 2012 kroner tilsvarer dette en total kostnad på 19,94 – 21,05 kr/m<sup>2</sup>.

\*\*Kostnader knyttet til vedlikehold av trær er hentet fra Statens vegvesens kostnadsdatabank (jfr. Vedlegg D.1). Kostnadsanslaget gjelder for vedlikehold av 3 år, og utbetales med 1/3 per år (Statens vegvesen, 2007).

Ved bruk av SUDS eller BMP-løsninger i håndtering av vegavrenning, vil trafikk generere støv, stein, partikler, og søppel som vil øke vedlikeholdsbehovet for å opprettholde funksjonaliteten. Spesielt, for norske forhold, vil piggdekkslitasje kunne generere finstoff som tetter og reduserer infiltrasjonsevnen til nærliggende BMP'er. Slike forhold vil selvsagt påvirke drift- og vedlikeholdskostnadene, og det må forbindes usikkerhet til hvilke faktiske kostnader som vil påløpe ved implementering langs et veganlegg i Norge.

### Vegkonstruksjon og arealer

Grønngater vil også kunne påvirke kostnader knyttet til drift og vedlikehold av vegelementer.

I forbindelse med håndtering av vegavrenning påløper det kostnader knyttet til dreneringssystemet som slamsuging, spyling og rensk, reparasjon av drens og avløpssystem, samt tining av kulvert og sluk (Thomassen, 2005).

Hvorvidt de alternative håndteringsmetodene legges med felles dreneringsledning sammen med vegkonstruksjonen vil variere for hvert tilfelle, og det antas derfor at en slik implementering vil gi minimale utslag på vegdreneringens drift og vedlikeholdskostnader.

Vegkonstruksjonens drift og vedlikeholdskostnad inkluderer også vedlikehold av grøntarealer.

Den årlige kostnaden beregnes iht. formel gitt i EFFEKT (Statens vegvesen, 2008a), og kommer til fratrukk i beregningene de steder hvor grøntarealene er omgjort til swale-, eller andre BMP-løsninger:

$$K = 0,0006 \times L \times F_U \times (2 \times T_s - 15) \times (0,054 \times \text{ÅDT} - 67)$$

Hvor:

*L* = Lengden på grøntarealet

*F<sub>U</sub>* = Faktor avhengig av utbyggingsgrad:

(1 for utbyggingsgrad 3, 0,5 for utbyggingsgrad 2, 0,1 for utbyggingsgrad 1)

*T<sub>s</sub>* = Gjennomsnittstemperatur i mai, juni, juli og august, beregnes ut fra meteorologistasjon:

Dersom  $T_s \leq 7,5$  settes 7,5 (dvs.  $K=0$ )

Dersom  $T_s \geq 7,5$  settes 12,5

*ÅDT* = Årsdøgntrafikk:

Dersom  $\text{ÅDT} \leq 5\,000$ , settes  $\text{ÅDT} = 5\,000$

Dersom  $\text{ÅDT} \geq 20\,000$ , settes  $\text{ÅDT} = 20\,000$

Drift og vedlikeholdskostnad av selve vegdekket, og overbygning beregnes som en samlet sum av fortau og vegareal, og beregnes avhengig av lengde veg og antall kjørefelt (Statens



vegvesen, 2008a). Ettersom implementerte BMP-løsninger i all hovedsak vil bli plassert i fortau hvor dekket har minimal slitasje, antas denne kostnaden for å være minimal og inkluderes ikke i analysen.

#### 8.2.4 Rehabiliteringskostnader

Vannmasser i vegbanen kan medføre svært store skader på en vegkonstruksjon, og kan medføre store kostnader knyttet til rehabilitering.

Bildene<sup>9</sup> under er hentet fra Telemarksavisen *Telen*, og viser skader på vegkonstruksjoner etter byflommen i Notodden i juli 2011. Av bildene ser vi hvordan vannmassene har vasket ut både slitelag, bærelag, og forsterkningslag. Skadeomfanget vil selvsagt avhenge av vannmasser, vegoverbygning, og hvorvidt vegen brukes som flomveg.



Figur 8-11: Skader på veg på grunn av flom<sup>9</sup>



Figur 8-10: Utvasking av bærelag og forsterkningslag som følge av vann i vegbanen<sup>9</sup>

En mer forekommende konsekvens av vann langs vegbanen er krakeleringer i vegkanten. Dette kan likevel ikke sies å være direkte forårsaket av ekstremvær, og vil mest sannsynlig ha årsak i for dårlig drenering langs vegen. Ved ekstremvær, og overbelastning av overvannsnett vil vann i og langs vegbanen kunne skape skader avhengig av vær-situasjonen, topografi, og utformingen av vegen. Ved bratt helning og store vannmengder vil dette kunne føre til utvaskinger som vist på bildene over. Dersom vannmengder «blir stående» i vegbanen kan dette føre til inntrengning av vann i bærelag og forsterkningslag, samt dra med seg finstoff og føre til strukturell bæreevnesvikt i etterkant (jfr. kapittel 5.2.2).

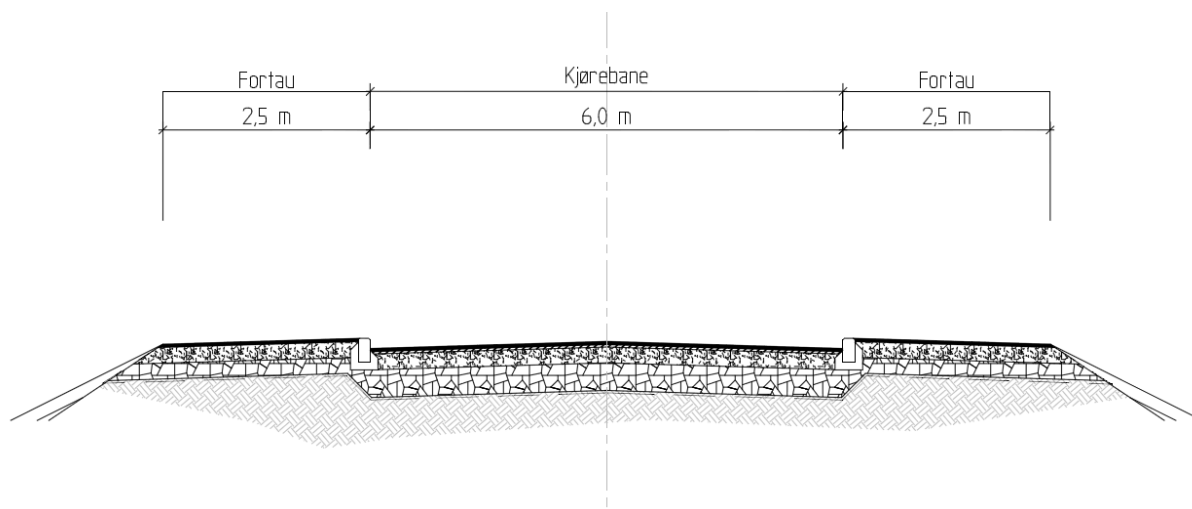
Kostnader knyttet til rehabilitering av veg ved overbelastning av overvannsnett inkluderes ikke i den samfunnsøkonomiske analysen, ettersom det antas å være for stor usikkerhet knyttet til *hvilke* kostnader som vil påløpe, og når. Grøngater, og alternativ overvannshåndtering, vil ikke hindre skader ved de største ekstremværshendelsene, og en skadekostnad vil dermed være vanskelig å beregne.

I en beslutningsprosess bør en likevel være klar over at slike kostnader kan oppstå, og at de kan reduseres ved hjelp av alternativ overvannshåndtering. For å illustrere disse potensielle

<sup>9</sup> <http://www.telen.no/bildegalleri/nyheter-bildegalleri/mandag-etter-flommen-1.6383978/1.6384010>

kostnadene kostnadsberegnes et tenkt tilfelle, hvor det tenkes at rehabiliteringen etter et 200 års regn medfører en total masseutskifting.

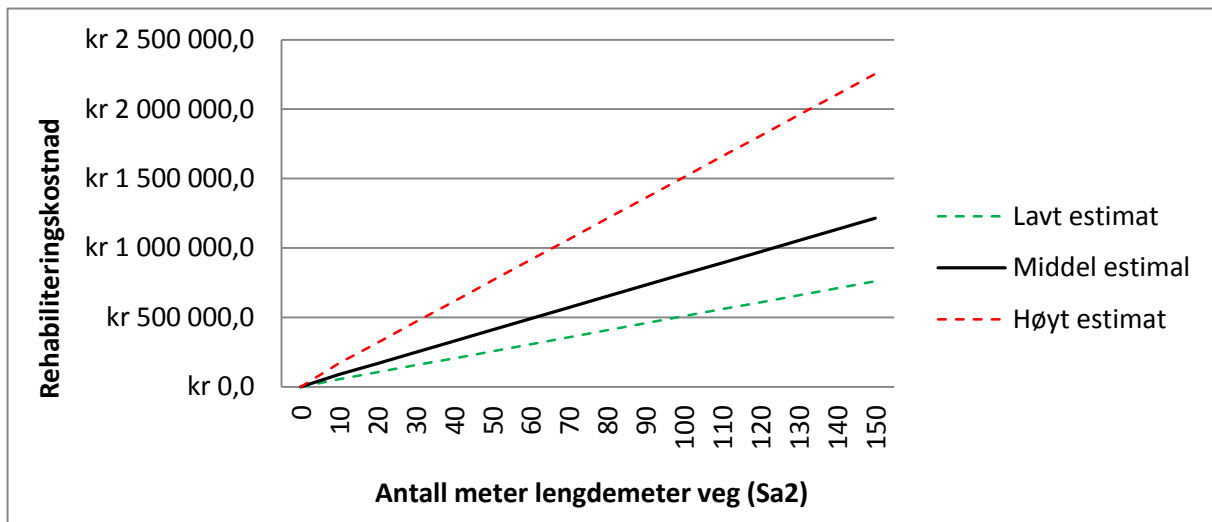
Arbeidene beskrives av Statens vegvesens prosesskoder, og kostnadsberegnes etter tall fra kostnadsdatabanken. Grunnlag for beregningene finnes i Vedlegg D.8. Gaten er en typisk kommunal gate, 11 m vegbredde inkl. fortau (2,5 m) på begge sider avgrenset av kantstein. Gaten tilsvare gatetype: Sa2 (alternativ 2) iht. Statens vegvesens håndbok 017 (2008b).



Figur 8-12: Skissert normalprofil – Sa2 (alternativ 2)

| Arbeider, inkl. utlegging og transport | Engangssum (utkiling) |                |                 | Pris pr. løpemeter |                |                 |
|--|-----------------------|----------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|
|  | Lav                   | Middel         | Høy             | Lav                | Middel         | Høy             |
| Riving av asfaltdekke                  | 93,0                  | 227,9          | 558,0           | 165,0              | 404,3          | 990,0           |
| Skjæring av asfaltdekke                | 968,0                 | 2087,8         | 6710,0          |                    |                |                 |
| Fresing av asfaltdekke                 | 275,0                 | 1121,7         | 2849,0          |                    |                |                 |
| Utgraving av eks.e veg                 | 102,2                 | 211,4          | 445,9           | 272,6              | 563,7          | 1189,0          |
| Fjerning av masser                     | 58,7                  | 182,0          | 393,7           | 156,6              | 485,2          | 1049,8          |
| Fjerning av kantstein                  |                       |                |                 | 82,0               | 187,5          | 340,0           |
| Avretting av planum                    |                       |                |                 | 36,0               | 46,0           | 60,0            |
| Fiberduk kl. 3                         |                       |                |                 | 103,0              | 149,8          | 250,1           |
| Forsterkningslag 22/120                | 164,6                 | 238,4          | 331,4           | 404,6              | 586,1          | 814,7           |
| Bærelag, Fk                            | 212,0                 | 311,7          | 414,2           | 377,9              | 555,5          | 738,1           |
| Bindlag, Agb 11                        | 215,5                 | 293,1          | 578,7           | 307,8              | 418,7          | 826,7           |
| Slitelag, Agb 11                       | 396,9                 | 521,7          | 1059,4          | 435,0              | 571,7          | 1161,0          |
| Slitelag, Agb 8                        | 507,5                 | 667,0          | 1354,5          | 362,5              | 476,4          | 967,5           |
| Klebing                                | 54,8                  | 95,9           | 191,8           | 34,0               | 59,5           | 119,0           |
| Kantstein av naturstein                |                       |                |                 | 912,0              | 1 279,5        | 1 992,0         |
| Drensledning ≤ 120 mm                  |                       |                |                 | 86,0               | 175,1          | 538,0           |
| <i>Sum</i>                             | <i>3 048,3</i>        | <i>5958,5</i>  | <i>14 886,5</i> | <i>3 734,9</i>     | <i>5 959,0</i> | <i>11 035,8</i> |
| <b>inkl. 35 % rigg og drift</b>        | <b>4 115,2</b>        | <b>8 043,9</b> | <b>20 096,8</b> | <b>5 042,2</b>     | <b>8 044,6</b> | <b>14 898,4</b> |

Tabell 8-18: Rehabiliteringskostnader – Utskifting av Sa2-veg.



Figur 8-13: Rehabiliteringskostnader dersom tverrsnitt på Sa2-veg må skiftes ut i gitt lengde

### 8.2.5 Skattekostnader

I henhold til Finansdepartementets veileder i samfunnsøkonomiske analyser (2005) beregnes det en skattekostnad på 20 % på offentlige investeringstiltak. Skattekostnaden inkluderes for å motvirke det effektivitetstapet som oppstår ved en skatteøkning, noe som vil være en kostnad for samfunnet.

For å finne statens netto finansieringsbehov må merverdiavgiften, som er en inntekt for staten, trekkes fra de samlede investeringer, og drift- og vedlikeholdskostnader. I oppgaven antas det at det er i gjennomsnitt 6 % mva. på disse kostnadene. Dette er iht. nåværende forutsetninger gjort av Statens vegvesen (James Odeck, 2013). Skattekostnad beregnes av gjenværende nettobeløp i nytte-kostnadsanalysen.

### 8.2.6 Levetid og restverdi

Restverdien vil være *bokført verdi* av investeringen ved analyseperiodens slutt, forutsatt lineær avskrivning av investeringskostnaden over investeringens økonomiske levetid. Anslått levetid på overvannshåndteringsmetode (konvensjonell og alternativ) er derfor en vesentlig faktor i beregningen av samfunnsøkonomisk lønnsomhet av de to alternativene.

Økonomisk levetid defineres i bedriftsøkonomien som «*Det antall år bedriften kan forvente at investeringen produserer en positiv kontantstrøm*» (Hoff, 2010, p. 404). I den videre analysen settes økonomisk levetid lik *funksjonell* levetid, m.a.o. «*..den perioden anlegget forventes å fylle den funksjon det er tiltenkt på planleggingstidspunktet*» (Statens vegvesen, 2006a, p. 80).

Omfattende vedlikehold betyr i denne sammenheng en total masseutskifting og nye påløpte investeringskostnader.

### Tradisjonelt overvannssystem

|              |        |
|--------------|--------|
| Ledningsnett | 100 år |
|--------------|--------|

Ledningsnett som anlegges i dag prosjekteres for å sikre tilfredsstillende funksjonalitet, og driftssikkerhet med lave kostnader knyttet til drift og vedlikehold, i over 100 år (Ødegaard et al., 2012). Levetiden forutsetter tilstrekkelig kapasitet. Ved hyppige overbelastninger, pga. økt nedbør, anses ledningsnettet for ikke-funksjonelt, og må utskiftes.

### Alternativt overvannssystem

|       |       |
|-------|-------|
| Swale | 50 år |
|-------|-------|

Swale-løsninger antas å ha en levetid på 50 år (Stagge & Davis, 2006) før det kreves omfattende vedlikehold.

|                    |       |
|--------------------|-------|
| Infiltrasjonsgrøft | 30 år |
|--------------------|-------|

Studie av filtergrøfter i København viser til en levetid på 30 år før omfattende vedlikehold (Bergman et al., 2011).

|         |       |
|---------|-------|
| Regnbed | 50 år |
|---------|-------|

Regnbed antas å ha en levetid på 50 år (EPA, 2000) før det kreves omfattende vedlikehold.

|                  |        |
|------------------|--------|
| Permeable dekker | 2-3 år |
|------------------|--------|

Permeable dekker antas å ha en levetid på 2-3 år under norske forhold (Horvli, 2009).

## 8.2.7 Grunnerverv og ekspropriasjonskostnader

En av ulempene ved bruk av åpne løsninger i forhold til et konvensjonelt ledningssystem er økt arealbruk. I byer og tettsteder vil ofte tilgjengelig areal være bestemmende for hvilke løsninger som velges, og et skjult ledningssystem vil fort være å foretrekke. Dersom Grønnogater skal implementeres i by og tettsteder vil dette kreve større grunnerverv til vegformål. Implementeringen medfører dermed en samfunnsøkonomisk kostnad i form av redusert nytteverdi for de berørte partene. Det vil da være snakk om stripeerverv (erverv av deler av eiendom), og ikke boliginnløsning. En boliginnløsning på grunn av areal til overvannshåndtering vil være svært usannsynlig.

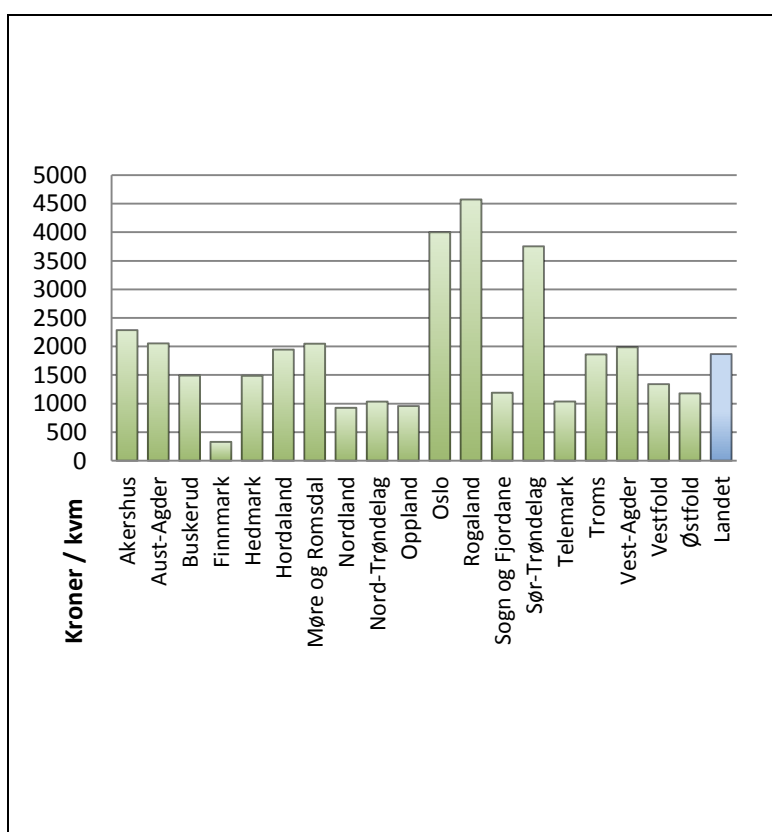
Ved ufrivillig avståing av eiendom (ekspropriasjon) skal grunneieren kompenseres med vederlag for avstått eiendom, og for skade og ulempe på gjenværende eiendom. Kompensasjonen fastsettes etter salgsverdi, bruksverdi, eller attkjøpsverdi (ekspropriasjonserstatningslova §§ 3 og 4). På bakgrunn av dette antas det at erstatningen vil tilsvare det samfunnsøkonomiske nyttetapet.

Grunnerverv skjer enten gjennom minnelig avtale<sup>10</sup>, eller ved vedtak om ekspropriasjon. Fastsettelse av erstatningsbeløp (vederlag) skjer da hhv. gjennom avtaleskjønn eller ekspropriasjonsskjønn. Kompensasjon etter ekspropriasjonserstatningslova gjelder da ikke ved inngåelse av minnelig avtale (ekspropriasjonserstatningslova § 1). Statens vegvesen legger likevel til grunn ekspropriasjonsrettslige regler ved sitt erstatningstilbud. En masteroppgave utført ved UMB (Rovik, 2011) viser til at vegvesenet tilbydde høyere erstatningsbeløp for stripeerverv av boligeiendom inntil 100 m<sup>2</sup> i 65 % av tilfellene. Differansen i erstatningssum var likevel liten.

Det er derfor nærliggende å anta at vederlaget vil ligge rundt gjeldende tomtepriser i området.

### Tomtepriser per kvm (2013)

| Fylke            | Kr/m <sup>2</sup> |
|------------------|-------------------|
| Akershus         | 2289              |
| Aust-Agder       | 2056              |
| Buskerud         | 1493              |
| Finnmark         | 331               |
| Hedmark          | 1489              |
| Hordaland        | 1948              |
| Møre og Romsdal  | 2050              |
| Nordland         | 928               |
| Nord-Trøndelag   | 1037              |
| Oppland          | 959               |
| Oslo             | 4002              |
| Rogaland         | 4576              |
| Sogn og Fjordane | 1192              |
| Sør-Trøndelag    | 3756              |
| Telemark         | 1039              |
| Troms            | 1863              |
| Vest-Agder       | 1989              |
| Vestfold         | 1343              |
| Østfold          | 1181              |
| <b>Landet</b>    | <b>1869</b>       |



Figur 8-14: Tomtepriser per kvm (2013) - fylkesfordelt

Figur 8-14 viser gjennomsnittlig tomtepris<sup>11</sup> sortert på fylke per mars 2013. Vi ser at tomteprisene varierer mellom 331 kr/m<sup>2</sup> i Finnmark til 4576 kr/m<sup>2</sup> i Rogaland. Det er ikke funnet tall på tomter med sentrumsbeliggenhet. Slike tomter vil ofte bli kjøpt opp av tomteutviklingsselskaper. Det er derfor usikkert hvordan dette vil påvirke tomteprisene. På

<sup>10</sup> Minnelig avtale – Avtale mellom grunneier og Statens vegvesen

<sup>11</sup> Av mangel på ny og oppdatert tomteprisstatistikk er prisene beregnet som gjennomsnitt tomteannonsene på FINN.no mellom 100-700 m<sup>2</sup> per 28.03.13. Ved antall over 25 ble de 25 nyeste benyttet. – Tall omregnet fra 2013 kroner – 2012 kroner

den annen side vil grunnerverv <100 m<sup>2</sup> måtte antas å redusere den totale tomteverdien minimalt. *Samfunnsøkonomisk kostnad* =

$$\text{Tomtepris [kr/m}^2\text{]} \times \text{Totalt ervervet grunn til overvannshåndtering [m}^2\text{]}$$

Kostnaden er en engangskostnad, og beregnes sammen med statlig investeringskostnad. Av lov om oreigning av fast eiendom (oreigningslova) heter det:

«Vedtak eller samtykke kan ikke gjerast, eller gjevast utan det må reknast med at inngrepet **tvillaust er til meir gagn enn skade**»

(§2, min utheving)

Om grunnerverv til alternativ håndtering av overflateavrenning fra veg kan ansees som forsvarlig etter nevnte paragraf bør diskuteres og nytte-kostnadsberegnes, i hvert enkelt tilfelle. Det er etter kandidatens mening et stort potensiale for alternativ overvannshåndtering på arealer innenfor offentlig disponibelt vegareal, og det bør tilstrebes bruk av disse arealene før det tilsys til grunnerverv.

## 8.2.8 Forsikringsutbetalinger

Økende ekstremvær, og overbelastninger av det dårlig dimensjonerte og vedlikeholdte overvanns-, og dreneringsnett, gjør at forsikringsselskaper betaler ut store erstatningsbeløp. For samfunnet koster ekstremvær og naturskader milliarder av kroner hvert år.

### Naturskadeerstatning – NASK (FNO, 2012)

- Norsk naturskadepool: 1910 millioner kroner (2011)
- Statens naturskadefond: 280 millioner kroner (2011)

### Vannskadeerstatning – VASK (FNO)

| Overvannsskader <sup>12</sup> | 2010     | 2011     | 2012     | Gjennomsnitt (2010-2012) |
|-------------------------------|----------|----------|----------|--------------------------|
| <i>Privat</i>                 |          |          |          |                          |
| Erstatning (1000 kr)          | 344 221  | 552 401  | 364 390  | 420 337                  |
| Antall skader                 | 9 297    | 14 136   | 8 999    | 10 811                   |
| Kostnad / skade               | 37 025,- | 39 078,- | 40 492,- | 38 882,-                 |
| <i>Bedrift</i>                |          |          |          |                          |
| Erstatning (1000 kr)          | 91 015   | 124 907  | 73 335   | 96 419                   |
| Antall skader                 | 1 534    | 2 062    | 1 313    | 1636                     |
| Kostnad / skade               | 59 332,- | 60 576,- | 55 853,- | 58 924,-                 |
| <i>Sum</i>                    |          |          |          |                          |
| Erstatning (1000 kr)          | 435 236  | 677 308  | 437 725  | 516 756                  |
| Antall skader                 | 10 831   | 16 198   | 10 312   | 12 447                   |
| Kostnad / skade               | 40 184,- | 41 814,- | 42 448,- | 41 517,-                 |

Tabell 8-19: Antall overvannsskader og erstatningsbeløp - 2010-2012

<sup>12</sup> Skader på følgende installasjoner og fra følgende kilder utgjør overvannsskader; *Installasjon: Utvendig vann- og avløpsanlegg + vanninnt. utenfra gjennom grunn, og over grunn. Kilde: Nedbør. Smeltevann. Grunnvann. Årsak: Prosjekteringsfeil + Stopp i avløp. Tilbakeslag + Ytre påvirkning + Drenering*



Naturskadeerstatning dekkes gjennom 0,07 % av brannforsikringssummen<sup>13</sup>. Man er på den måten sikret mot skader flom, storm, og andre store naturskader, kan påføre bolig og eiendom.

Vannskader med årsak i for dårlig dimensjonert eller vedlikeholdt avløpsnett regnes derimot ikke som naturskader. Slike skader dekkes av den enkeltes boligforsikring. En forventet økning i ekstremvær, et vedlikeholdsetterslep på avløpsnettet på 110 millioner (RIF, 2010) og en økende kostnad per skadeutbetaling, øker sannsynligheten for fremtidig økning i forsikringspremie. Ut fra samfunnsøkonomisk rasjonalitet bør samfunnets årlige betalingsvillighet for utbedring av avløpsnettet tilsvare omtrent 517 millioner, eller 41 517,- per skade.

Hvorvidt en bolig eller et forretningsbygg blir rammet, eller tar skade, av et overbelastet overvannssystem avhenger av flere stedlige forhold som blant annet topografi, regnintensitet, grunnforhold etc.. Samfunnsøkonomiske kostnader eller besparelser beregnes dermed differanse i årlige skadeutbetalinger med kostnad per bolig/forretning. Det antas *en* skade per bolig/forretning *per* flomsituasjon/overbelastning.

Årlige kostnader estimeres dermed til:

- Økt/reduert sannsynlighet for årlig overbelastning ( $p$ ) \* 38 882 kr/skade \* antall nærliggende boliger
- Økt/reduert sannsynlighet for årlig overbelastning ( $p$ ) \* 58 924 kr/skade \* antall nærliggende forretningsbygg

### 8.2.9 Boligverdi

Et individs velferd kan måles i betalingsvillighet knyttet til godet (jfr. kapittel 6.3.2). Samfunnsøkonomisk verdi av en Grønngate-implementering kan dermed verdsettes ved å se på etterspørselen etter nærliggende boliger i forhold til boliger ved en tradisjonell gate. Hedonisk boligprising vil dermed kunne gi en indikasjon på opplevd nytte.

Grønnstruktur, attraktive uterom, og andre miljøfaktorer er avgjørende ved valg av bolig. I en flytte- og bomotivundersøkelse utført av Norsk institutt for by- og regionforskning (NIBR) oppgav 21 % av de spurte at steds- og miljøfaktorer var avgjørende ved flytting, og 31 % at dette var avgjørende for at de ble boende (Juvkam, Sørli, & Texmon, 2010). Av steds- og miljømotivene opplyste 47 % «natur og friluftsmuligheter», 44 % «lite støy og forurensning», og 41 % «bra klima», som årsak eller delvis årsak til flyttingen og bosettingen.

I en studie utført av Ward, MacMullan, and Reich (2008) i Seattle ble det funnet at naturlig overvannshåndtering økte boligprisene i det gjeldende nabolaget med 3,5 – 5,0 %. Voicu og Been (2008) estimerte en økning i boligverdier på hele 9,4 % ved implementering av grønne parkområder 5 år etter bygging.

Det har ikke lyktes kandidaten å finne boligprisstudier knyttet opp mot grøntareal ved norske forhold. En gate med større innslag av grønnstruktur og blå-grønne områder vil likevel, også i

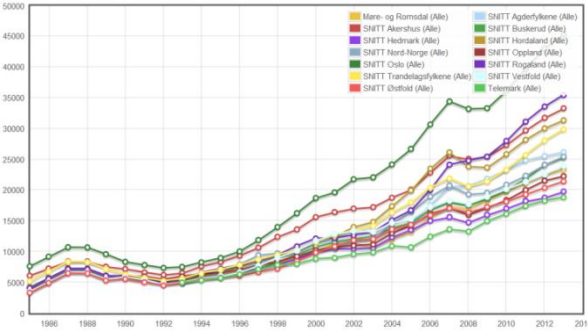
---

<sup>13</sup> <http://www.naturskade.no/no/Hoved/Forside/Bakgrunnsinformasjon-om-poolordningen/>

Norge, kunne bidra til å øke boligprisene. Det er heller ikke tvil om at attributter som grønnstruktur og alternativ overvannshåndtering vil innvirke i forhold til totalopplevelsen av en gate. Dette vil bidra positivt i rekruttering av interessenter til et objekt(bolig), noe som legger grunnlaget for å oppnå høyere utsalgspris (Valstad, 2013). Valstad, som er analysesjef i Eiendomsmegler 1- Midt-Norge, peker blant annet på en forventet boligprisøkning på boliger langs Innherredsveien i Trondheim. Gaten vil innen 2014, som en del av miljøpakken i Trondheim, bli omgjort til en miljøgate og få økt grønnstruktur og redusert trafikk<sup>14</sup>.

På grunn av den sterke boligetterpørselen i Norge påvirkes boligkjøp i størst grad av hva folk har råd til, og dermed vil ikke betalingsevnen direkte avhenge av nærliggende grønnstruktur. Dersom gaten tiltrekker seg flere interessenter kan man likevel oppnå høyere boligpriser enn gater hvor slike attributter ikke er til stede (Valstad, 2013).

For å inkludere denne nytteverdien i analysen ble det tatt kontakt med regionskontorene til Eiendomsmegler 1 i Oslo, Midt-Norge, og SR<sup>15</sup>. Av mailkontakt ble det anslått en økning i boligprisene på 3 % (Halgunset, 2013) til 5 % (Bertelsen, 2013) som et resultat av mer grønnstruktur og en økt kvalitet på uteområdene/gatearealene. 3-5 % samsvarer med resultat funnet av Ward et al. (2008). I analysen antas en boligprisøkning på 4 %. Nyttverdi er listet opp i Tabell 8-20. Norsk Eiendomsmeglerforbund, NEF oppgir følgende boligpriser per 1. januar 2013.

| Forventet økning i boligpriser (alle typer bolig)                                   |                                     |                 |                |
|---|-------------------------------------|-----------------|----------------|
| Boligprisenes utvikling over tid i Norge  | Kroner pr m <sup>2</sup> (01.01.13) |                 |                |
|   | Område                              | Dagens priser   | +4 % Nyttverdi |
|  | Agderfylkene                        | 25 994,4        | 1039,8         |
|   | Akershus                            | 33 088,8        | 1323,6         |
|   | Buskerud                            | 25 148,5        | 1005,9         |
|   | Hedmark                             | 19 660,2        | 786,4          |
|   | Hordaland                           | 31 162,1        | 1246,5         |
|   | Møre og Romsdal                     | 23 228,6        | 929,1          |
|   | Nord-Norge                          | 25 328,3        | 1013,1         |
|   | Oppland                             | 22 137,1        | 885,5          |
|   | Oslo                                | 45 077,6        | 1803,1         |
|   | Rogaland                            | 35 281,7        | 1411,3         |
|   | Telemark                            | 18 750,1        | 750,0          |
|   | Trøndelagsfylkene                   | 29 699,8        | 1188,0         |
|   | Vestfold                            | 23 786,7        | 951,5          |
|   | Østfold                             | 21 282,2        | 851,3          |
|   | <b>Landet</b>                       | <b>27 116,2</b> | <b>1084,6</b>  |

Tabell 8-20: Dagens (2013) boligpriser<sup>16</sup>, og forventet økning som følge av Grønngate-tiltak  
Omregnet fra januar 2013 kroner til 2012 kroner

<sup>14</sup> Boligprisøkningen her antas hovedsakelig å skyldes en halvering av ÅDT

<sup>15</sup> Rogaland, Hordaland, Sunnhordaland og Agderfylkene

<sup>16</sup> <http://www.nef.no/xp/pub/topp/boligprisstatistikk>



Avhengig av område antas implementering å ha en positiv nyttevirkning på nærliggende boliger tilsvarende

$$\begin{aligned} \text{Nytteøkning, boligverdi [kr]} \\ = \text{Nytteverdi}_{\text{område}}[\text{kr/m}^2] \times \text{Nærliggende boligareal [m}^2] \end{aligned}$$

Merk at konsekvenser som reduserte flomskader (8.2.8), forbedret luftkvalitet (8.2.11), og redusert energibehov (8.2.14) kan bidra til økt betalingsvillighet, og vil følgelig kunne påvirke boligprisingen over. Ettersom disse konsekvensene er omhandlet i de nevnte kapitlene og beregnet som egne poster i analysen vil det kunne forekomme dobbelttelling av nytten/kostnaden.

Både Valstad (2013), Halgunset (2013), og Bertelsen (2013) ved Eiendomsmegler 1, Midt-Norge, Oslo, og SR peker på vanskeligheten ved å estimere en boligprisøkning knyttet til nærliggende blå-grønne områder.

### 8.2.10 Helsekostnader

Det er liten tvil om at mer fysisk aktivitet fører til økte helsegevinster.

Både gjennom norsk- og internasjonal litteratur vises det til forebygging av en rekke sykdommer som hjertekarsykdommer, diabetes type 2, høyt blodtrykk, muskel og skjelettlidelser, osteoporose, psykiske lidelser, og ulike kreftformer (Helsedepartementet, 2002-2003).

En reduksjon av sykefravær og alvorlig sykdom vil føre til en nyttegevinst for samfunnet. Følgende tall ligger til grunn i EFFEKT-beregningene.

| Reduserte kostnader               | Kr/km |
|-----------------------------------|-------|
| Kortvarig sykefravær for gående   | 2,90  |
| Kortvarig sykefravær for syklende | 1,50  |
| Alvorlig sykdom for gående        | 5,20  |
| Alvorlig sykdom for syklende      | 2,60  |

Tabell 8-21: Helsegevinster benyttet i dagen beregninger (Statens vegvesen, 2006a)

Summert ville dette gitt reduserte helsekostnader for gående og syklende på hhv. 8,10 og 4,10 kr/km. I analysen er det valgt å bruke tall fra den norske verdsetningsstudien (Veisten, Flügel, & Ramjerdi, 2010), hvor tallgrunnlaget fra Sælensminde (2004) og håndbok 140 (Statens vegvesen, 2006a) er oppdatert. Her er det beregnet en netto positiv helseeffekt<sup>17</sup> for syklende

<sup>17</sup> Sælensminde tok i sine beregninger utgangspunkt i en netto positiv helsegevinst på 50 % både for gående og syklende



Figur 8-15: Helseutfordringen (Departementene, 2005)

og gående på hhv. 30 % og 15 %. Velferdseffekt og realøkonomisk kostnad er satt til 3,14 kr/km<sup>18</sup> for både gående og syklende.

Gjennom regjeringens handlingsplan for fysisk aktivitet 2005-2009 (Departementene, 2005) fremheves nærmiljø, grønnstruktur, og et tilrettelagt transportsystem for gående og syklende som viktige faktorer i målet om å øke den fysiske aktiviteten. Ettersom bruken av Grønngater er nytt, finnes det få litteraturkilder som viser økningen av fysisk aktivitet knyttet til slike «vegeterte» gatesystemer.

For å anslå helsegevinst knyttet til en Grønngate-implementering brukes tall fra (Dill et al., 2010), hvor det ble utført en spørreundersøkelse blant beboere langs to gater hvor deler av gaten ble omgjort til en «Green Street».



Figur 8-16: 92<sup>nd</sup> Green Street (t.v.) og 92<sup>nd</sup> kontroll (t.h.) (Dill et al., 2010)



Figur 8-17: 104<sup>th</sup> Green Street (t.v.) og 104<sup>th</sup> kontroll (t.h.) (Dill et al., 2010)

|  | 92 <sup>nd</sup><br>Green<br>Street | 92 <sup>nd</sup><br>kontroll | 104 <sup>th</sup><br>Green<br>Street | 104 <sup>th</sup><br>kontroll | Gj.snitt<br>Green<br>Street | Gj.snitt<br>kontroll |
|--|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Gjennomsnittlig antall gåturer per måned | 27                                  | 20                           | 19                                   | 18                            | 23                          | 19                   |
| % økning ift. kontroll                   | 35 %                                | -                            | 6 %                                  | -                             | 21 %                        | -                    |

Tabell 8-22: Økning i antall gåturer ved implementering av Green Street-tiltak (Dill et al., 2010)

I Norge (2009) foretar en person daglig 0,74 reiser til fots<sup>19</sup> og 0,14 på sykkel, med en gjennomsnittlig reiselengde på hhv. 1,7 og 4,0 km (Vågane, Brechan, & Hjorthol, 2011). Dette gir en reiselengde per person per dag på 1,26 km til fots, og 0,56 km på sykkel.

Forutsatt en gjennomsnittlig økning i antall gåturer på 21 %, og samme økning i sykkeltureturer, vil en implementering av Grønngater kunne gi 0,26 km lengre turer til fots, og 0,12 km lengre sykkeltureturer per berørt person per dag.

Årlig helsegevinst per person blir dermed:

$$365 \frac{\text{dager}}{\text{år}} \times \left[ \left( 0,26 + 0,12 \frac{\text{km}}{\text{dag}} \right) \times \left( 3,14 \frac{\text{kr}}{\text{km}} \right) \right] = 437,56 \text{ kr/person.år}$$

<sup>18</sup> 3,00,- (2009 kroner) iht. (Veisten et al., 2010)

<sup>19</sup> Sammenlignet med tabell (over) utgjør dette ca. 22 gåturer per måned

Årlig nytte per bolig<sup>20</sup> blir :

$$437,56 \text{ kr/person. år} \times 2,2 \frac{\text{personer}}{\text{bolig}} = \mathbf{962,63 \text{ kr/bolig. år}}$$

(Ved bruk av tall fra hb140 ville årlig helsegevinst utgjort 948 kr/person og 2086 kr/bolig.)

### 8.2.11 Lokal, regional, og global luftforurensning

Det knyttes kostnader til lokal og regional luftforurensning. I byer og tettsteder vil luftforurensning fra vegtrafikk innebære svevestøv (PM<sub>10</sub>) og utslipp av nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>). Eksponering kan over tid føre til luftveislidelser, økt risiko for kreft, hjerte- og karsykdommer, økt sykkelighet og dødelighet, samt nedsatt trivsel pga. støv, skitt, og lukt (Statens vegvesen, 2006a). På bakgrunn av dette verdsettes liv, helse, og trivsel ved å beregne forventet skadekostnad.

I en verdsetningsstudie utført av Sweco, for TØI om lokal og regional luftkvalitet, anbefales følgende enhetskostnader for utslipp av ett kg PM<sub>10</sub> og nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) (Magnussen, Navrud, & SanMartin, 2010). Tallene er basert på Klifs<sup>21</sup> LEVE-prosjekt (SFT, 2000), og verdsetting av et statisk liv (VSL)<sup>22</sup> og et tapt leveår (VOLY)<sup>23</sup>. Dette er kostnader som vanligvis ikke inkluderes i en nytte-kostnadsberegning av et vegprosjekt, men som vil ha samfunnsøkonomiske skjulte virkninger.

|                      | Skadekostnad, kr per kg utslipp |           |        |                                    |  |                                  |                   |               |
|----------------------|---------------------------------|-----------|--------|------------------------------------|--|----------------------------------|-------------------|---------------|
|                      | Partikler (PM <sub>10</sub> )   |           |        | Nitrogenoksider (NO <sub>x</sub> ) |  |                                  |                   |               |
|                      | Storby                          |           |        | Andre større byer                  | Tettsteder med mer enn 15 000 innbyggere | Storby (Oslo, Bergen, Trondheim) | Andre større byer | Andre områder |
| Alle transportmidler | 3673                            |           |        | 1673                               | 449                                      | 204                              | 102               | 51            |
|                      | Oslo                            | Trondheim | Bergen |                                    |  |                                  |                   |               |
|                      | 3979                            | 3979      | 2959   |                                    |  |                                  |                   |               |

Tabell 8-23: Anbefalte enhetsverdier for skadekostnader ved luftforurensning (Magnussen et al., 2010)  
Omregnet fra 2010 kroner til 2012 kroner

Implementering av Grønngater medfører økt bruk av trær og vegetasjon som, gjennom absorbering i blader og intersepsjon av luftbårne partikler, reduserer andelen luftforurensning (Nowak, Crane, & Stevens, 2006). Nytteverdien av redusert forurensning beregnes som unngått skadekostnad etter Tabell 8-23.

<sup>20</sup> Gjennomsnittlig bosatt per bolig (2011) er 2,2.

(Kilde: <http://www.ssb.no/befolkning/statistikker/fobbolig/hvert-10-aar/2013-02-26#content>)

<sup>21</sup> Den gang SFT – Statens forurensningstilsyn

<sup>22</sup> VSL - Value of a Statistical Life

<sup>23</sup> VOLY - Value of a Life Year Lost

Av mangel på norske studier, tas det utgangspunkt i tall fra det amerikanske landbruksdepartementet (McPherson et al., 2007). Tallene gjelder et representativt lite løvtre (Kwanzan cherry) i et nordøstlig klima.

Størrelse og utforming antas å være lik den norske spisslønnen, som er en typisk vegplante (R. V. Statens vegvesen, 2012)



Figur 8-18 (t.v.) Kwanzan cherry (McPherson et al., 2007)



Figur 8-19 (over) Spisslønn (R. V. Statens vegvesen, 2012)

| Årlig kg luftforurensning tatt opp, og unngått per «lite tre» |       |       |       |       |       |       |       |       |                    |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
| Luftforurensning  | År 5  | År 10 | År 15 | År 20 | År 25 | År 30 | År 35 | År 40 | Gjennomsnitt 40 år |
| NO <sub>2</sub>   | 0,016 | 0,038 | 0,059 | 0,077 | 0,094 | 0,108 | 0,120 | 0,132 | 0,082              |
| PM <sub>10</sub>  | 0,005 | 0,022 | 0,043 | 0,066 | 0,085 | 0,087 | 0,088 | 0,089 | 0,059              |

Tabell 8-24: Årlig kg luftforurensning tatt opp, og unngått per «lite tre» (McPherson et al., 2007)  
Tallene er omregnet fra lbs til kg<sup>24</sup>

Av tabellen ser vi at årlig opptak øker med antall år og størrelsen på treet. I analysen beregnes årlig nytte etter gjennomsnittsverdi over 40 års perioden. Med utgangspunkt i årlig gjennomsnittlig kg opptak gir dette en årlig nytte per tre.

|                      | Årlig nytte (kr) per tre      |           |        |                   |  |                                 |                   |               |
|----------------------|-------------------------------|-----------|--------|-------------------|--|---------------------------------|-------------------|---------------|
|                      | Partikler (PM <sub>10</sub> ) |           |        |                   | Nitrogenoksider (NO <sub>x</sub> )       |                                 |                   |               |
|                      | Storby                        |           |        | Andre større byer | Tettsteder med mer enn 15 000 innbyggere | Storby; Oslo, Bergen, Trondheim | Andre større byer | Andre områder |
| Alle transportmidler | 216,7                         |           |        | 98,7              | 26,5                                     | 16,7                            | 8,4               | 4,2           |
|                      | Oslo                          | Trondheim | Bergen |                   |  |                                 |                   |               |
|                      | 234,7                         | 234,7     | 174,6  |                   |  |                                 |                   |               |

Tabell 8-25: Årlig nytte per tre, gitt skadekostnad og forventet opptak av luftforurensning

Gress, planter, og annen vegetasjon som brukes i swales, regnbed, filterstriper, og andre fordrøyning- og infiltrasjonsløsninger vil også ha en direkte innvirkning på den lokale luftkvaliteten mht. PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, og O<sub>3</sub>. Slike vegetative system vil på samme måte som trær ta opp forurensning gjennom absorbering og intersepsjon, og omtales ofte som en bys «grønne

<sup>24</sup> 1lb = 0,4536 kg

lunger». Statens vegvesen (1994) anerkjenner vegetasjons betydning på luftforurensningen, men peker på mangelfull kunnskap knyttet til tallfesting av disse effektene<sup>25</sup>.

For å inkludere den positive effekten knyttet til vegetasjon langs veg brukes opptakstall knyttet til grønne tak. Grønne tak er vegetative taksystemer, benyttet som lokale overvannhåndteringstiltak. Grønne tak antas å ha mange av de samme vegetative egenskapene som regnbed og gresskleddes swales og filterstriper.

Tabell 8-26 viser årlig opptak av gress og pantedeckede overflater, beregnet som gjennomsnitt og presentert som kg/m<sup>2</sup>.år

|                       | NO <sub>2</sub>         | PM <sub>10</sub>        | O <sub>3</sub>          |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Kg/m <sup>2</sup> .år | 26,4 * 10 <sup>-4</sup> | 13,2 * 10 <sup>-4</sup> | 51,5 * 10 <sup>-4</sup> |

Tabell 8-26: Årlig kg luftforurensning tatt opp, og unngått per m<sup>2</sup> vegetert flate (Yang, Yu, & Gong, 2008)

|                      | Årlig nytte (kr) per m <sup>2</sup> vegetert areal |           |        |                                    |  |                                 |                   |               |
|----------------------|--|-----------|--------|------------------------------------|--|---------------------------------|-------------------|---------------|
|                      | Partikler (PM <sub>10</sub> )                      |           |        | Nitrogenoksider (NO <sub>x</sub> ) |  |                                 |                   |               |
|                      | Storby   |           |        | Andre større byer                  | Tettsteder med mer enn 15 000 innbyggere | Storby; Oslo, Bergen, Trondheim | Andre større byer | Andre områder |
| Alle transportmidler | 4,8  |           |        | 2,2                                | 0,6                                      | 0,5                             | 0,3               | 0,1           |
|                      | Oslo   | Trondheim | Bergen |                                    |  |                                 |                   |               |
|                      | 5,3  | 5,3       | 3,9    |                                    |  |                                 |                   |               |

Tabell 8-27: Årlig nytte m<sup>2</sup> vegetert flate, gitt skadestnad og forventet opptak av luftforurensning

Global luftforurensning omhandler utslipp av CO<sub>2</sub> og N<sub>2</sub>O, hvor utslippene omregnes til CO<sub>2</sub>-ekvivalenter og kostnadsberegnes. Det benyttes tall fra etatsgruppen Klimakur 2020 (SFT, 2009), hvor det er anslått fremtidige kvotepriser av utslipp CO<sub>2</sub> ekvivalenter på bakgrunn av samfunnsøkonomiske innvirkninger. Tabell 8-28 viser et estimert *middelprisscenario*.

| CO <sub>2</sub> -ekvivalenter, kr per tonn |                 |                 |
|--|-----------------|-----------------|
| 2015                                       | 2020            | 2030            |
| 220 kr per tonn                            | 335 kr per tonn | 836 kr per tonn |

Tabell 8-28: Forventede kostnader per tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2015, 2020, og 2030  
Omregnet fra Euro kroner til NOK (2012 kroner)

I dagens konsekvensberegninger knyttes kostnader, til utslipp av tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, til forventet økt eller redusert trafikkarbeid. Ettersom det i en Grønngate-implementering antas et

<sup>25</sup> Det er heller ikke lyktes kandidaten å finne litteratur knyttet til gress og vegetasjons opptaksevne av luftforurensning

upåvirket trafikkarbeid i forhold til konvensjonell løsning, vil nytte eller kostnad knyttet til utslipp CO<sub>2</sub> avhenge av benyttet vegetasjon.

Trær og annen vegetasjon bruker karbondioksid (CO<sub>2</sub>) i fotosyntesen og omdanner karbondioksid til oksygen og organisk materiale. Følgelig vil bruk av vegetasjon kunne redusere det totale utslipp CO<sub>2</sub>.

Tabell under viser opptakseegenskaper til samme type løvtre som over. Tallene er omregnet fra lbs til tonn<sup>26</sup>. På lik linje som for lokal luftforurensning antas grønne tak å ha mange av de samme vegetative egenskapene som gressklede, vegetative flater.

En studie utført av Getter, Rowe, Robertson, Cregg og Andresen (2009) viser til en gjennomsnittlig årlig karbonfangst, ved 8 grønne tak i Michigan og Maryland, USA, på 162 ± 11,7 g/m<sup>2</sup> vegetert areal.. Forventet redusert g CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup> vegetert areal blir da 594g (5,9 \* 10<sup>-4</sup> tonn)<sup>27</sup>.

| Årlig tonn luftforurensning tatt opp, og unngått per «lite tre» |         |       |       |         |       |       |         |       |             |
|---|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------------|
| Luftforurensning  | År 5    | År 10 | År 15 | År 20   | År 25 | År 30 | År 35   | År 40 | Snitt 40 år |
| CO <sub>2</sub>   | 0,013   | 0,030 | 0,047 | 0,062   | 0,076 | 0,087 | 0,097   | 0,107 | 0,065       |
|   | 2       | 4     | 2     | 1       | 2     | 5     | 5       | 0     | 3           |
| Årlig nytte (kr) per tre  |         |       |       |         |       |       |         |       |             |
|   | 2015    |       |       | 2020    |       |       | 2030    |       |             |
|   | 14,3 kr |       |       | 21,8 kr |       |       | 54,6 kr |       |             |
| Årlig nytte (kr) per m <sup>2</sup> vegetert areal              |         |       |       |         |       |       |         |       |             |
|   | 2015    |       |       | 2020    |       |       | 2030    |       |             |
|   | 0,1 kr  |       |       | 0,2 kr  |       |       | 0,5 kr  |       |             |

Tabell 8-29: Årlig tonn CO<sub>2</sub> tatt opp, og unngått per «lite tre», og årlig nytte per vegetert areal og «lite tre».

## 8.2.12 Trafikantkostnader

Overbelastning av tradisjonelt overvannsnett vil ikke bare kunne forårsake skadekostnader (jfr. kapittel 8.2.4 og 8.2.8). I forbindelse med overvannshåndtering nær veg vil overbelastning og flom kunne føre til stengte veger, og tids- og ulempekostnader for trafikanter.

Verdsettingen av det totale samfunnsøkonomiske nyttetapet vil avhenge av forsinkelsestiden, reisehensikten, hvorvidt det finnes omkjøringsmuligheter, og avstanden på denne.

Håndbok 140 (Statens vegvesen, 2006a) oppgir følgende enhetskostnader (kr/persontime) knyttet til spart reisetid for korte reiser <100 km. Vi ser at kostnader knyttet til stengte veger, i tillegg til omkjøringsmuligheter, også vil avhenge av reisemiddel.

<sup>26</sup> 1lb = 4,536\*10<sup>-4</sup> tonn

<sup>27</sup> 1 gram karbon utgjør 3,67 g karbondioksid. 1 mol CO<sub>2</sub> = 1 mol C + 2 mol O. (1\*12,0)g C + (2\*16,0)g O = 44g CO<sub>2</sub> → 1 g C = (44/12) = 3,66667 g CO<sub>2</sub>



| Reisehensikt          | Lett bil | Buss | Gang/sykkel |
|-----------------------|----------|------|-------------|
| <i>Tjenestereise</i>  | 198      | 155  | 68          |
| <i>Til/fra arbeid</i> | 57       | 56   | 68          |
| <i>Fritid</i>         | 53       | 36   | 68          |

Tabell 8-30: Verdsatte tidskostnader (kr/person/time) i Håndbok 140 (Statens vegvesen, 2006a, p. 94)

Det finnes lite litteratur knyttet til samfunnsøkonomiske konsekvenser på grunn av flomstengte veger. Bråthen, Husdal, and Rekdal (2008) i Møreforskning anslår, i en økonomisk verdistudie av rassikring, at nasjonal nyttevirkning av rassikring ligger i størrelsesorden 125 millioner kroner årlig. Av dette er 65 millioner kroner økte trafikantkostnader (omkjøringskostnader) på grunn av rasstengte veger.

Tallene for rasstengte veger kan ikke direkte sammenlignes med flomstengte veger, men gir en indikasjon på at det kan knyttes stor samfunnsøkonomisk nytte av å sikre åpne veger og regularitet. I urbane områder antas kostnadene å være vesentlig mindre ved flomstengning av veg. De fleste rasutsatte områder har lange, eller ingen, omkjøringsmuligheter som gir høye kostnader. Urbane byområder vil ofte ha en eller flere omkjøringer, noe som følgelig begrenser trafikantkostnadene.

Konsekvensene vil følgelig variere avhengig av omkringliggende vegsystem, ÅDT, og kollektivtilbud. For å finne forventet reduksjon i trafikanters konsumentoverskudd gjøres beregninger vha. transportmodell. Transportmodellen vil i tillegg til å beregne tidskostnader som følge av tvunget omkjøring, også beregne økt eller redusert konsumentoverskudd ved en evt. endret reisemiddelfordeling.

Dersom en lenke<sup>28</sup> stenges på grunn av flom vil dette omdirigere trafikk på de øvrige lenkene i området, noe som vil føre til kø og økte tids- og ulempekostnader også for de øvrige trafikantene på de påvirkede lenkene. I motsetning til en permanent stengning av veg vil et overbelastet overvannsnett kunne forårsake plutselige endringer i trafikkmønsteret. En slik plutselig endring gjør at trafikanter ikke får særlig tid til å endre reisevaner og valgt reisemiddel. Ved beregning i transportmodellen må stengingen av vegen beregnes som en permanent løsning. Endringen i det samfunnsøkonomiske overskuddet vil dermed kunne avvike noe fra den virkelige endringen.

Årlige kostnader, eller nytte, knyttet til bruk av Grønngater beregnes ut fra økt/reduisert sannsynlighet for overbelastning multiplisert med tidskostnad per stengning. Det antas en gjennomsnittlig stengetid på 24 timer.

### 8.2.13 Ulykkes- og sikringskostnader

Om en alternativ håndtering av overvannet vil påvirke ulykkesfrekvensen på en vegstrekning avhenger av hvilke elementer som implementeres langs vegen. Gresslagte swales, regnbed,

<sup>28</sup> Vegstrekning mellom to nodepunkter (jfr Vedleggsfigur F-1)

eller infiltrasjonsgrøfter vil ikke gjøre større skade ved utforkjøring enn ved en konvensjonell gateutforming og sideanlegg. I flere «Green Streets» plantes det derimot trær som urbant estetisk element, og pga. dets interseptive hydrologiske egenskaper (jfr. kapittel 2.3.1).

Trær langs vegen er de objektene som blir oftest påkjørt, og som samtidig medfører de mest alvorlige ulykkene. «Kollisjon med fast gjenstand», utgjør en andel på 4,7 % drepte og 14,9 % hardt skadde (TØI, 2000a). Det er knyttet store samfunnsøkonomiske tall opp mot ulykkesskader, hvor et dødsfall og en meget alvorlig skadd koster samfunnet hhv. 26,5 og 18,1 millioner kroner (Statens vegvesen, 2006a). Ettersom det ikke er funnet direkte sammenheng mellom planting av trær i urbane områder, og økning i ulykker har det ikke vært mulig å estimere en ulykkeskostnad per meter, eller per plantet tre. Som ulykkeskostnad beregnes derfor kostnader knyttet til tiltak for å opprettholde samme ulykkesnivå som konvensjonell gate (uten trær).

I håndbok 231 – Rekkverk (Statens vegvesen, 2011c) settes det krav til sikkerhetssone langs veg hvor det ikke skal finnes sidehindre som kan utgjøre personskade ved påkjørsel. Planting av trær<sup>29</sup> nærmere enn bestemt sikkerhetsavstand vil da gi krav om rekkverk eller annen sikring. Ved planting av trær ved veg med 70 sone, eller høyere, må det beregnes rekkverk.

| Trafikksikkerhetstiltak | Enhetskostnad (NOK) |            |     |
|-------------------------|---------------------|------------|-----|
|                         | Lav                 | Sannsynlig | Høy |
| Stålskinnerekkverk      | 348                 | 406        | 464 |

Tabell 8-31: Investeringskostnad for stålskinnerekkverk som trafikksikkerhetstiltak (Statens vegvesen, 2005)  
Omregnet fra 2004 kroner til 2012 kroner

Trær langs vegen vil også kunne gi skygge som kan skape glatte partier og en økning i ulykkesfrekvens. Samtidig kan trær gi inntrykk av smalere vegbredde, som reduserer fartsnivået og ulykkesfrekvensen. Disse konsekvensene er ikke kvantifisert. Vegetative flater vil også fungere som separasjonsflate mellom vegtrafikken og myke trafikanter. Det er ikke funnet effektberegning av et slikt tiltak.

Implementering av Grønngater i sentrumsnære byområder må derfor kunne antas *ikke* å påvirke ulykkeskostnadene i forhold til normal situasjon.

## 8.2.14 Forbruk av energi

### Pumpe- og rensestasjoner

VA-sektoren bruker betydelige mengder energi på drift og vedlikehold av vann- og avløpsnett. På bakgrunn av innrapporterte KOSTRA-tall har MiSA – miljøsystemanalyse estimert et fysisk forbruk på 840 GWh, hvorav 49 % brukes til innsamling av avløpsvann (avløpsnett) og avløpsrensing (Larsen, 2011).

<sup>29</sup> Trær med diameter over 15 cm målt 40 cm over terreng (Statens vegvesen, 2011c)



Som nevnt i kapittel 8.2.3 finnes det omtrent 7 600 km fellesledninger, noe som tyder på at det flere steder føres overvann til avløpsrenseanlegg. Ved å fordrøye og infiltrere overvann før det evt. føres videre i AF-ledning vil man kunne redusere energibehovet i de berørte pumpe-, og rensestasjonene.

Steder hvor overvann føres inn på fellesledning vil dermed få en nyttevirkning knyttet til sparte energikostnader ved redusert mengde overvann. Antatt gjennomsnittlig innkjøpspris for tjenesteytende sektor, inkl. nettleie og el-avgift, vurderestil 0,75 kr per kWh<sup>30</sup>. (Larsen, 2011).

Redusert energibehov vil også redusere kostnader knyttet til utslipp CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Det er estimert et utslipp på 186 g CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per produsert kWh (Larsen, 2011) Vann og avløpsetaten i Oslo har de siste 3 årene hatt følgende energiforbruk knyttet til innsamling av avløpsvann og avløpsrensing:

| [kWh/m <sup>3</sup> behandlet avløpsvann] | 2010 | 2011 | 2012 | Gjennomsnitt (10-12) |
|---|------|------|------|----------------------|
| Strømforbruk for avløpsrensing            | 0,24 | 0,24 | 0,25 | 0,24                 |
| Strømforbruk fra transport av avløpsvann  | 0,13 | 0,14 | 0,12 | 0,13                 |
| Samlet strømforbruk                       | 0,37 | 0,38 | 0,37 | 0,37                 |

Tabell 8-32: Energibruk til innsamling av avløpsvann og avløpsrensing i Oslo kommune 2010-2012 (OsloKommune, 2013)

Med utgangspunkt i disse tallene, samt kostnader knyttet til utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (2015-kostnad - Tabell 8-28), vil nytte knyttet til redusert energiforbruk ved redusert overvannsmengde utgjøre:

$$0,37 \frac{kWh}{m^3} \left[ \left( 0,75 \frac{kr}{kWh} \right) + \left( 186 \frac{g CO_2-ekv.}{kWh} \times \frac{220 kr/tonn CO_2-ekv.}{1\,000\,000 g/tonn} \right) \right]$$

$$= \mathbf{0,29 \text{ kr/m}^3 \text{ red. overvann}}$$

Årlig nytte vil følgelig avhenge av valgt håndteringsmetode og stedlige forhold.

### Boliger

Grønngater kan redusere energibehovet til nærliggende bebyggelse gjennom planting av trær.

Trær kan både redusere oppvarmingsbehov om vinteren (for øvrig også om sommeren) ved å skjerme og redusere vindhastighet inn mot husveggen, og på den måten redusere varmetap og gjennomtrekk. Behovet for elektrisk nedkjøling kan også reduseres ved å skygge for solen, og nedkjøling av lufttemperaturen gjennom evapotranspirasjon (McPherson et al., 2007).

I Norge antas det, pga. det kalde klimaet, at nytteverdi i all hovedsak vil knyttes opp mot en reduksjon i oppvarmingsbehov. I dag bygges stadig flere lavenergi- og passivhus, hvor tak, vegger, og vinduer konstrueres for minst mulig varmetap, og oppvarmingsbehov. Det kan

<sup>30</sup> Omregnet fra 2009 kroner til 2012 kroner

derfor settes spørsmålsteget med i hvor stor grad offentlige gatetrær vil redusere oppvarmingsbehovet ytterligere.

Ettersom gjennomsnittlig energiforbruk til oppvarming for privatboliger og yrkesbygg hhv. er på 201 og 283 kWh/m<sup>2</sup>.år (Lavenergiutvalget, 2009) inkluderes en nytteverdi knyttet til redusert energibruk i analysen. Til sammenligning vil et lavenergi- og passivhus ha et årlig maksimalt energiforbruk på 15 – 45 kWh/m<sup>2</sup><sup>31</sup>.

| Årlig netto spart energi per «lite tre» plassert ved gate eller park |      |       |       |       |       |       |       |       |                       |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|
|  | År 5 | År 10 | År 15 | År 20 | År 25 | År 30 | År 35 | År 40 | Gjennomsnitt<br>40 år |
| kWh  | 8,5  | 19,6  | 30,5  | 40,2  | 49,2  | 56,6  | 63,0  | 69,2  | 42,2                  |

Tabell 8-33: Årlig netto spart energi per «lite tre» plassert ved gate eller park (McPherson et al., 2007)  
Omregnet fra kBtu til kWh<sup>32</sup>

Det antas en innkjøpspris på 0,75 kr/kWh inkl. nettleie og elavgift (som i 8.2.14)<sup>33</sup>, utslipp på 186 g CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per produsert kWh (Larsen, 2011), og kostnader knyttet til utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter på 220 kr/tonn CO<sub>2</sub> (jfr. Tabell 8-28). Årlig nytte knyttet til redusert energibruk i boliger per plantet tre blir dermed:

$$42,2 \frac{kWh}{tre} \left[ \left( 0,75 \frac{kr}{kWh} \right) + \left( 186 \frac{g CO_2-ekv.}{kWh} \times \frac{220 \text{ kr/tonn } CO_2-ekv.}{1\,000\,000 \text{ g/tonn}} \right) \right] = 33,4 \text{ kr/tre}$$

### 8.2.15 Ikke medtatte virkninger

Følgende virkninger er blitt vurdert ikke å gi nytte eller kostnadsvirkninger under norske forhold, og er følgelig ikke medtatt i den samfunnsøkonomiske analysen.

#### Bruk av salt til vintervedlikehold

Bruk av permeable dekker, og da spesielt permeabel asfalt som håndteringsmetode i vegplanlegging, vil påvirke mengden salt som påføres gjennom vintervedlikeholdet. Porøs asfalt<sup>34</sup>, som ofte har et hulrom på 15 – 20 %, vil på grunn av sin relativt åpne struktur ha dårligere varmeledningsevne og varmemagasineringssevne enn vanlig asfalt og følgelig fryse lettere (Horvli, 2009).

Det er strid i litteraturen om hvorvidt bruken av porøs asfalt vil føre til en økning eller reduksjon i årlig saltforbruk. I et forsøk utført over to vintre (06-07 og 07-08) ved universitetet i New Hampshire ble det funnet en gjennomsnittlig 75 % reduksjon i årlig

<sup>31</sup> Gjelder ved årsmiddeltemperatur  $\geq 6,3$  °C og oppvarmingsareal  $\geq 250$  m<sup>2</sup> (NS 3700:2010 - Kriterier for passivhus og lavenergihus. Boligbygninger)

<sup>32</sup> 1kBtu = 0,2931 kWh

<sup>33</sup> Til sammenligning ligger kraftpris i Trondheim kommune per 25.03.13 mellom 37,25 – 44,92 øre/kWh. Nettleie og forbruksavgift ligger på hhv. 20,5 og 14,2 øre/kWh ved Trønderenergi (2013). Totalpris mellom 71,95 – 79,62 øre/kWh

<sup>34</sup> Porøs asfalt kalles også ofte for drengasfalt

saltforbruk på porøs asfalt (Houle, 2006). Dette understøttes av Kevern, Schaefer, og Wang (2009) som viser til en redusert gjenfrysingsrisiko på permeable betongdekker ved at vannet infiltreres øyeblikkelig.

I en nylig rapport utgitt av det danske vegdirektoratet, DRD<sup>35</sup> (2012) om erfaringer knyttet til porøs asfalt i Tyskland (Bayern), Sveits, Nederland og Frankrike vises derimot det motsatte. Følgende erfaringer knyttet til saltforbruk ble rapportert fra de gjeldende vegmyndighetene:

|                             | Tyskland                  | Sveits               | Nederland                    | Frankrike             |
|-----------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|
| Saltforbruk på porøs asfalt | 50 % ekstra salt benyttet | Ekstra salt benyttet | 30-40 % ekstra salt benyttet | Ingen data rapportert |

Tabell 8-34: Europeisk rapporterte erfaringer knyttet til saltforbruk på porøs asfalt (DRD, 2012)

Gjennom Statens vegveses etatsprogram «Miljøvennlige vegdekker» ble det i mellom 2006 – 2008 gjennomført forsøk på porøse dekker på ulike teststrekninger (E6 ved Stange og Rv 170 ved Bjørkelangen). Resultatene viste her ingen signifikant forskjell verken i dekkets termiske egenskaper, eller en økning i frekvens/behov for salttiltak (Horvli, 2009). På grunn av dette, og en generell tilbakeholdenhet med å bruke porøs asfalt på norske veger, er det i denne oppgaven valgt ikke å inkludere en kostnadsendring knyttet til saltbruk på porøs asfalt.

#### Utrygghetskostnader

Håndbok 140 (Statens vegvesen, 2006a) bruker tall fra Sælensminde (Sælensminde, 2002) på å verdsette utrygghetskostnader knyttet til ferdsel langs veg, og kryssing av veg. Disse kostnadene er verdsatt til hhv. 2,10 kr/km og 1,00 kr/kryssing.

Kostnadene vil gi en indikasjon på økt samfunnsøkonomisk nytte ved å etablere gang- og sykkelsti eller fortau steder hvor myke trafikanter må ferdes langs vegen, samt å legge bedre til rette for kryssing av veg. Hvorvidt en implementering av Grønngater, og en evt. gresslagt separasjonsflate mellom kjørebane og fortau/gang- og sykkelsti, kan redusere utrygghetskostnadene videre er usikkert. Det antas derfor at den reduserte usikkerheten knyttet til ferdsel og kryssing av veg viser seg gjennom økning i antall gå- og sykkelturner. Nytteverdien antas derfor inkludert i helsekostnadene over.

#### Støyplagekostnader

Dette kapitlet er inkludert ettersom reduksjon i støyplagekostnader fremstår i ulik internasjonal litteratur som et av insitamentene for bygging av «Green Streets» (CNT, 2010; Foster, Lowe, & Winkelmann, 2011). Bakgrunnen for dette er bruken av porøs asfalt som element i alternativ overvannshåndtering.

Porøs asfalt vil på grunn av sin åpne struktur ha lydisolerende egenskaper. Nylagt drengasfalt vil kunne gi en støyreduksjon på mellom 4 – 7 dB (Horvli, 2009) avhengig av type og tykkelse. I Norge verdsettes hver enkelt «svært støyplaget person» med 12 400 kroner (2005-

<sup>35</sup> DRD - Danish Road Directorate

prisnivå) (Statens vegvesen, 2008a). Det er følgelig store potensielle økonomiske besparelser knyttet til bruk av porøs asfalt.

På grunn av generert støv fra spesielt piggdekk, har forsøk i Norge vist at porøse dekker kun gir mellom 1-2,5 dB reduksjon ved slutten av levetiden (2-3 år). Spyling med «Frimokar» som nevnt i kapittel 8.2.3 gav heller ingen særlig forbedring i støyreduksjonen, og det er av Transportøkonomisk institutt beregnet at det må være mellom 125 og 825 berørte boliger/km (avhengig av type, tykkelse, ÅDT og antall kjørefelt) for å oppnå en nytte/kostnadsbrøk på over 2 (Horvli, 2009).

Implementering av Grønngater vil også bety bruk av mer grønnstruktur og trær langs vegbanen. Gressflater vil ha bedre støyabsorberende egenskaper enn tette flater, og mellom veg og beregningspunkt kan støy reduseres. 5 m tett vegetasjon vil da kunne gi 2 dB reduksjon i A-verdi, og 50 m 3-6 dB (SFT, 2005). Følgelig vil planting av trær i midtrabatt, eller mellom bebyggelse og veg, gi ingen eller svært liten støyreduserende effekt.

### 8.2.16 Ikke-kvantifiserte økonomiske konsekvenser

Grønngater medfører også konsekvenser som vanskelig lar seg kvantifisere og dele i marginale enhetskostnader. Slike skjulte kostnader vil på lik linje med de overnevnte konsekvensene ha økonomisk innvirkning på den totale samfunnsøkonomien, men vil ofte utelates fra nytte/kostnadsanalysen.

Konsekvensene havner heller ikke under noen av de «ikke-prissatte» kategoriene etter håndbok 140 (kapittel 6.1.2), da de vil utgjøre *økonomiske* konsekvenser.

#### Tverrfaglig planlegging

En kombinert veg- og overvannsplanlegging vil kreve økt ressursbruk knyttet til tverrfaglig planleggingsarbeid. Et slikt planleggingsarbeid vil både kreve flere planleggingsmøter og økt korrespondanse på tvers av sektorene, hvor både areal-, veg-, og vann og avløpsavdelingene møtes i tidligfasen for å komme frem til de beste løsningene (jfr. kapittel 5.1).

Intern differansekostnad mellom tverrfaglig- og tradisjonell planlegging vil følgelig være svært avhengig av tilgjengelig kompetanse innad i kommunen, tidligere samarbeids- og planleggingsrutiner på tvers av sektorene, og prosjektspesifikk kompleksitet m.m.

#### Miljøgifter til vannforekomster

En reduksjon av tilførte miljøgifter til vannforekomster kan gi positive nyttevirkninger i form av både reduserte helsekostnader og miljøskadekostnader.

Alternativ overvannshåndtering vil kunne redusere antall sykedager både gjennom rensing av overvannet før videreføring til resipient, og gjennom fordrøyning av overflateavrenning. På denne måten reduseres kontakten mellom mennesker og forurenset overvann, hhv. gjennom utslipp av renere overvann, og redusert sannsynlighet for overbelastning og flom. Reduserte sykedager nevnes som en samfunnsmessig fordel ved bruk av bærekraftige tiltak mot overvannsproblematikken (Lindholm et al., 2008).

Det finnes ikke konkrete syketall eller kostnader knyttet til eksponering av forurenset overflatevann, noe som gjør det vanskelig å kvantifisere. Påvirkningen vil også variere med grad av forurensning, tilstand på eksisterende ledningsnett, topografi, og andre stedsbestemte faktorer.

#### Driftskostnader i vintervedlikehold

Åpne løsninger til håndtering av overvann kan også fungere som lagringsplass for snø om vinteren. Selv om infiltrasjonsevnen vil være redusert, og muligens fraværende under vinterstid, vil løsningene ha et fordrøyningsvolum som gjør dem egnet til håndtering også av snø.

I flere byområder må snø kjøres bort pga. mangel på lagringsareal. Avhengig av mengde snø, tilgjengelig areal for lagring, og avstand til eksisterende snødeponi, vil en implementering av åpne overvannssystemer kunne gi innsparinger i vinterdriftskostnader.

Oppsamlet snø fra gater og fortauer kan inneholde svært mye stein og sand. Ved snøsmelting kan denne massen tette filtermediet, og redusere infiltrasjonsevnen. Bruk av åpne håndteringsløsninger til snølagring må derfor vurderes opp mot potensielt økte vedlikeholdskostnader.



## KAPITTEL 9

# Grønngateprosjektering – et «case»

For å illustrere nytte- og kostnadsverdiene knyttet til en implementering av Grønngater, og en alternativ håndtering av vegavrenning, analyseres et gateanlegg mht. de identifiserte virkningene i kapittel 8.

### 9.1 Caseområde

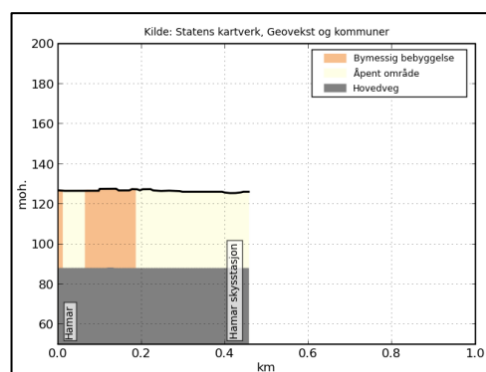
#### 9.1.1 Bakgrunn

Som caseområde er det valgt å bruke deler av Fv. 222 – Strandgata, i Hamar kommune. Gaten, som er en tofeltsveg på omtrent 450 m og med parkeringsfelt på nordlige side, er relativt slak og grenser mot et parkområde (sør) (jfr. Figur 9-1 og Figur 9-2).

Bakgrunnen for valg av denne gaten er den nylige opprustingen av gatestrekningen, hvor både fortauene blir utvidet og grønnsstruktur innlemmet som en rabatt mellom kjørebane og oppholdsareal

Til tross for anleggelse av ny grønnsstruktur, og nærhet til eksisterende parkområder, er arealene avgrenset med kantstein og overvannet ført til nærmeste sluk/sandfang.

I planleggingen av hvordan gaten kan utformes med en alternativ overvannshåndtering er det tatt utgangspunkt i samme areal som er avsatt i opprustingen, og vil følgelig vise hvordan overvannet fra vegområdet kunne blitt håndtert alternativt uten ekstra arealbrukskostnader.



Figur 9-1: Oppmålt lengdeprofil, Strandgata.  
Kilde: Statens kartverk



Figur 9-2: Planlagt ny gatestruktur (HamarKommune, 2012)

### 9.1.2 Forutsetninger og antakelser

Et eksisterende vegområde vil inneha flere faktorer som påvirker nytteverdien av en alternativ overvannshåndtering. Eksempelvis vil et overdimensjonert eksisterende overvannsnett redusere og potensielt eliminere behovet for en alternativ overvannshåndtering. På samme måte vil helninger og belegninger på tilsluttende arealer kunne redusere dimensjonerende overvannsmengde til et beregningspunkt.

For å fremheve virkningene ved å planlegge en gate som en Grønngate med alternativ overvannshåndtering, gjøres en del forutsetninger og antakelser.

I tillegg til at det tas utgangspunkt i den «nye» gatestrukturen (jfr. Vedlegg C) gjøres følgende forutsetninger:

- Vegen bygges som ny, uten eksisterende anlegg i veg. Eksisterende overvannsledning forutsettes nær kapasitetsgrense, og er ikke dimensjonert til å ta i mot spissavrenning fra nytt vegareal.
- Overvann fra tilsluttende takarealer, påkoblede veger og avrenning fra høyereliggende områder forutsettes oppsamlet og avskåret oppstrøms vegen.
- Dimensjonerende nedbør beregnes kun ut fra vegarealene (kjørebane, parkeringsfelt, rabatt, og fortau).

På grunn av disse forutsetningene anses caseområdet som et «typeområde» snarere enn et spesifikt prosjekt.

### 9.1.3 Alternativene

På bakgrunn av generaliseringene prosjekteres og kostnadsberegnes et Grønngatealternativ mot to basisalternativer:

- Alternativ 0.1: *Avrenningen håndteres gjennom ny OV-ledning i gaten.*
- Alternativ 0.2: *Eks. ledningsnett oppdimensjoneres fra 500 mm. Ny 600 mm legges i veg.*
- Alternativ 1: *Avrenningen håndteres alternativt, og gaten prosjekteres som Grønngate.*



## 9.2 Hydraulisk dimensjonering

---

### 9.2.1 Beregning

Dimensjonerende overvannsmengde finnes ved bruk av den rasjonelle formel.

$$Q = \varphi \times i \times A \times K_f$$

Hvor:

|           |  |              |
|-----------|--|--------------|
| $Q$       | = Dimensjonerende vegavrenning / overvannsmengde | [l/s]        |
| $\varphi$ | = Avrenningskoeffisient                          | [ubenevnt]   |
| $i$       | = Dimensjonerende nedbørsintensitet              | [l/s.ha]     |
| $A$       | = Nedslagsfelt, feltareal                        | [hektar(ha)] |
| $K_f$     | = Klimafaktor                                    | [ubenevnt]   |

Dimensjonerende nedbørsintensitet finnes ved bruk av IVF-kurve (Vedlegg E.1) fra målestasjon i Hamar kommune. Det brukes et gjentakintervall på 25 år iht. anbefalinger fra Norsk Vann.

Som avrenningsfaktor beregnes midlere veiet avrenningsfaktor ( $\varphi = (\varphi_1 \times A_1 + \dots + \varphi_n \times A_n) / A$ ). På denne måten vil bruk av mer grønnstruktur i vegbildet redusere den totale mengden overvann ut i gaten. Følgende avrenningskoeffisienter benyttes, og er iht. håndbok 018 (Statens vegvesen, 2011a):

|                 |                 |  |
|-----------------|-----------------|--|
| Asfalt          | $\varphi = 0,8$ | Settes ikke til høyeste verdi grunnet relativt flat områdestruktur.  |
| Belegningsstein | $\varphi = 0,7$ | Flat områdestruktur og permeable masser i fugene.  |
| Grusveg         | $\varphi = 0,6$ | Kan ha stor infiltrasjonsevne. Høy grad av finstoff og frost vil gi stor avrenning i teleløsningsperioden. |
| Parkområder     | $\varphi = 0,2$ | Det meste av avrenningen vil bli håndtert i grøntområdene.   |

#### Tilrenningstid

Tilrenningstiden<sup>1</sup> ( $t_s$ ) beregnes ut fra formel gitt i håndbok 018 (Statens vegvesen, 2011a) for urbane felt:

$$t_s = 0,02 \times L^{1,15} \times H^{-0,39}$$

Hvor:

|       |                                       |       |
|-------|---------------------------------------|-------|
| $t_s$ | = Tilrenningstid                      | [min] |
| $L$   | = Lengde av avrenningsfelt            | [m]   |
| $H$   | = Høydeforskjellen i avrenningsfeltet | [m]   |

---

<sup>1</sup> Tilrenningstid omtales i håndbok 018 som konsentrasjonstid ( $t_k$ )

Beregning av maksimalavrenning fra små felt (< 2 – 5 km<sup>2</sup>) vil gi minimale forskjeller i tid mellom påført nedbør og generert avrenning. Regnvarigheten settes derfor lik konsentrasjonstiden. Ved dimensjonering av konvensjonelt overvannsnett vil konsentrasjonstiden tilsvare tilrenningstid ( $t_s$ ) + total tid i ledning ( $t_{ledning}$ ), avhengig av lengde på rørstrekket ( $l$ ) og vannhastigheten ( $v$ ).

$$t_k = t_s + \sum \frac{l_i}{v_i}$$

Vegens nedslagsfelt bestemmes ut fra vertikalgeometrien, og vegens tverrprofil. Høyder er hentet fra konstruert trådmodell<sup>2</sup>. Områdene som genererer avrenning inn mot vegbanen er vist på Figur 9-3, og er delt opp i 9 soner som gir avrenning mot hvert sitt knutepunkt (nedsatt overvannskum i alternativ 0).



Figur 9-3: Soneinndeling og fastsatte knutepunkt

De 9 sonene deles videre opp i mindre avrenningsfelt, og avgrenses etter plassering av sandfang som fungerer som utløpspunkt. Sandfangene er plassert i vegens lavbrekk. På den måten opprettholdes samme håndtering av vegavrenningen ved alternativ håndtering som ved konvensjonell.

Avrenningen fra de mindre feltene (Figur 9-4) vil utgjøre dimensjonerende vannmengde for BMP-løsningene i Grønnngaten. Her vil tilrenningstiden ( $t_s$ ) tilsvare konsentrasjonstiden ( $t_k$ ) i beregningene, og settes lik regnvarigheten. Ved tilrenning fra flere delfelt brukes samlet areal og den største tilrenningstiden i beregningene. Små delfelt gir korte konsentrasjonstider som medfører intensiv nedbør.

<sup>2</sup> Trådmodell er hentet fra teknisk prosjekt. Prosjekterende: COWI AS

Klimafaktor ( $K_f$ ) er satt til 1,4 jfr. kapittel 3.2.1.



Figur 9-4: Avrenningsfelt

#### Avrenningskoeffisient ( $\phi$ )

| Avrenningsfelt | Areal [ha] |                 |      |            | SUM         | $\phi$      |
|----------------|------------|-----------------|------|------------|-------------|-------------|
|                | Asfalt     | Belegningsstein | Grus | Parkområde |             |             |
| Sum            | 0,35       | 0,33            | 0,08 | 0,06       | <b>0,82</b> | <b>0,70</b> |

Tabell 9-1: Areal og gjennomsnittlig avrenningskoeffisient ( $\phi$ )

Gjennomsnittlig avrenningskoeffisient for alle avrenningsfelt brukes ved dimensjonering av konvensjonelt ledningsnett, mens avrenningskoeffisient for hvert enkelt felt brukes i dimensjoneringen av BMP'ene. Komplette beregninger av avrenningskoeffisienter for feltene 1.1 – 9.2 finnes i Vedlegg E.2. Ved implementering av «grønne» håndteringsløsninger vil man steder, hvor annet areal enn eksisterende grøntområder benyttes, få en redusert avrenningskoeffisient for det gjeldende avrenningsområdet. Noe som igjen vil føre til reduserte dimensjonerende vannmengder og nødvendig håndteringsareal, som på sin side vil øke koeffisienten igjen.

For å unngå en slik «loop» dimensjoneres BMP'ene etter avrenningskoeffisient for områdene før implementering.

## 9.2.2 Hydraulisk kapasitet til BMP-løsningene.

De alternative håndteringsløsningene baserer overvannshåndteringen på fordrøyning og infiltrasjon, og dimensjoneres for å håndtere en gitt *nedbørmengde* ( $m$ ), og ikke *avrenning* ( $l/s$ ) som et rørsystem dimensjoneres mot.

I forhold til påført avrenning ( $l/s$  eller  $m^3/s$ ), vil filtermediets (den infiltrerende massen) konduktivitet ( $m/s$ ) over håndteringsarealets flate ( $m^2$ ) avgjør nødvendig fordrøyningsvolum ut over den antatte regnvarigheten.

### Regnbed

Følgende formel brukes til bestemmelse av nødvendig håndteringsareal for regnbed (Braskerud, 2013):

$$A_{\text{regnbed}} = \frac{A_{\text{felt}} \times \varphi \times P_{\text{dim}}}{h_{\text{maks}} + K_h \times t_s}$$

Hvor:

|                      |   |              |
|----------------------|---|--------------|
| $A_{\text{regnbed}}$ | = Nødvendig overflateareal                        | $[m^2]$      |
| $A_{\text{felt}}$    | = Nedslagsfelt, feltareal                         | $[m^2]$      |
| $\varphi$            | = Avrenningskoeffisient                           | $[ubenevnt]$ |
| $P_{\text{dim}}$     | = Dimensjonerende nedbørmengde                    | $[m]$        |
| $h_{\text{maks}}$    | = Maksimal vannstand før overløp                  | $[m]$        |
| $K_h$                | = Filtermediets mettede hydrauliske konduktivitet | $[m/s]$      |
| $t_s$                | = Dimensjonerende tilrenningstid / regnvarighet   | $[s]$        |

Nødvendig areal beregnes ut fra bredde på filtermedium, som er 1,80 m. Ettersom regnbedet er tilpasset vegens utkiling, og er 2,30 m i bredde, vil det faktisk bygde regnbedarealet fremstå større enn hva som er nødvendig. Areal blir da 28 % større enn beregnet nødvendig areal. Dette påvirker likevel ikke investeringskostnaden hvor dette er gitt av tverrsnittet.

Regnbedet konstrueres med overløp 15 cm over overflaten, og mettet hydraulisk konduktivitet settes til 0,000002 m/s iht. krav og anbefalinger i den britiske overvannsmanualen (Woods-Ballard et al., 2007). Til sammenligning mot norske forhold ble mettet hydraulisk konduktivitet i forskningsregnbedet på Risvollan i Trondheim målt til å være mellom 0,4 cm/time og 2,8 cm/time gjennom året (Dalen, 2012). Dette tilsvarer verdier på mellom 0,0000011 og 0,0000077 m/s.

Dimensjonerende nedbørsintensitet [ $l/s.ha$ ] hentes fra IVF-kurve, og omregnes til nedbørmengde<sup>3</sup> [ $m$ ]:

$$P_{\text{dim}} = \frac{0,006i \times t_s}{1000} \times K_f$$

Hvor:

|       |                                     |              |
|-------|-------------------------------------|--------------|
| $i$   | = Dimensjonerende nedbørsintensitet | $[l/s.ha]$   |
| $K_f$ | = Klimafaktor                       | $[ubenevnt]$ |

<sup>3</sup> 1,0 mm/min = 166,7 l/sha  $\rightarrow$  (1/166,7)\*Q [ $l/s.ha$ ]\* $t_s$  [ $min$ ] = Nedbør [ $mm$ ]

## Swale

Swales dimensjoneres på samme måte som åpne grøfter og kanaler vha. Mannings formel:

$$Q = M \times A \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

Hvor:

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| $Q =$ Grøftens vannføring     | $[m^3/s]$     |
| $M =$ Mannings tall           | $[m^{1/3}/s]$ |
| $A =$ Tverrsnitt av grøften   | $[m^2]$       |
| $R =$ Hydraulisk radius (A/P) | $[m]$         |
| $I =$ Lengdefall av grøfta    | $[m/m]$       |
| $P =$ våt omkrets av grøfta   | $[m]$         |

Swalen dimensjoneres til å kunne håndtere dimensjonerende vannføring i vegetasjonshøyde. Ved beregning av våt omkrets settes vannspeilhøyde til 10 cm<sup>4</sup>. Mannings tall (M) settes til 20 m<sup>1/3</sup>/s, og ligger da mellom «Jord med lett vegetasjon» og «jord med kraftig vegetasjon» iht. håndbok 018 (Statens vegvesen, 2011a).

Ved bruk av eksisterende grøntareal til «swale-håndtering» vil arealet (utformingen) bestemme kapasiteten, i motsetning til bestemmelse av nødvendig utforming etter dimensjonerende vannføring. Teoretisk fordrøyningskapasitet ved ekstrem vannføring er beregnet i kapittel 9.6.

## Infiltrasjonsgrøft

Infiltrasjonsgrøftene håndterer vegavrenningen gjennom infiltrasjon og perkolasjon i grøftemassene, og ved fordrøyning i grøftemediets porevolum. Håndterbar nedbørintensitet uten fordrøyningsmuligheter vil dermed avhenge av infiltrasjonsmassens hydrauliske konduktivitet. En infiltrasjonsgrøft med knuste steinaggater og lite finstoff vil dermed kunne håndtere et større nedbørsvolum på samme areal som en grøft med finere filtermasser. På den måten kan tilgjengelig areal være bestemmende for hvilken infiltrasjonsmasse som bør velges, gitt dimensjonerende nedbørintensitet.

Ettersom infiltrasjonsgrøftene er planlagt med underliggende drenering vil det være infiltrasjonsmassens konduktivitet som er dimensjonerende, og ikke den stedlige underliggende massen. Det antas at drenerørret tar unna avrenningen før man oppnår vannmetting i infiltrasjonsgrøften.

Infiltrasjonsgrøftene i denne oppgaven (kapittel 5.4.3 og 5.4.4), er utformet på ulik måte, og vil gi ulik infiltrasjon. CIRIA anbefaler at infiltrasjonsgrøfter (*eng: filter trenches*) dimensjoneres etter samme kriterier som permeabel asfalt, dette for å sikre tilstrekkelig infiltrasjon slik at oppstuvning og dammer ikke dannes (Woods-Ballard et al., 2007). Som et

---

<sup>4</sup> I 10 cm høyde vil gress sikre tilstrekkelig rensing. Swale bør utformes slik at normalsituasjon ikke overstiger denne høyden (Woods-Ballard et al., 2007).

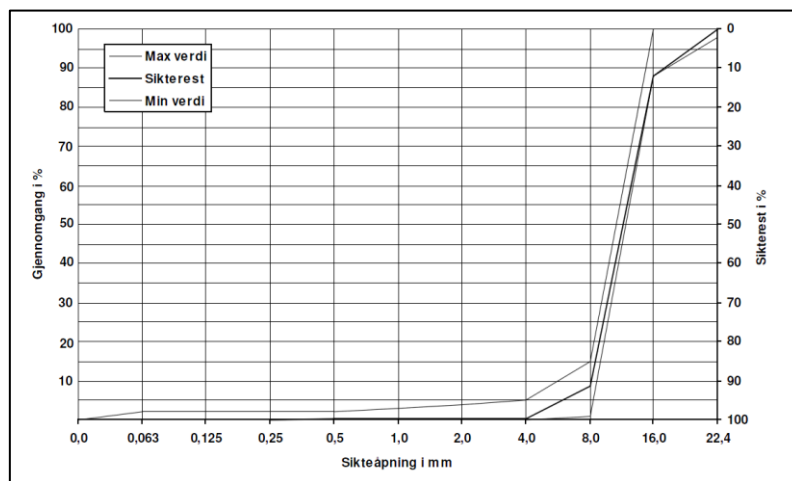
sikkerhetstiltak i forbindelse med håndtering nær veg, er infiltrasjonsgrøftene designet med fordrøyning og overløp. Det anses derfor som nærliggende at nødvendig infiltrasjonsgrøfteareal finnes med samme formel som regnbed, med egne konduktivitetsverdier.

Dreneringsmassens (Pukk 8 – 16 mm) hydrauliske konduktivitet beregnes av kornfordelingskurve og etter Hazen's likning:

$$K = 0,01157 \times (d_{10})^2 \quad \text{krever at } \frac{d_{60}}{d_{10}} < 5$$

Hvor:

$K$  = Hydraulisk konduktivitet (permeabilitetsverdi) [m/s]  
 $d_{10}$  = Kornstørrelsen svarende til vektprosenten 10 % [mm]  
 $d_{60}$  = Kornstørrelsen svarende til vektprosenten 60 % [mm]



Figur 9-5: Siktekurve, Grovt tilslag 8/16 mm<sup>5</sup>

Basert på kornfordelingskurve (Figur 9-5), finnes  $(d_{10}) = 8,1$ ,  $(d_{60}) = 12,5$

$$K_{8/16} = 0,01157 \times (8,1)^2 = 0,76 \text{ m/s} \quad (12,5/8,1 = 1,54 < 5)$$

Det legges inn en sikkerhetsfaktor på 10 grunnet redusert permeabilitet i fiberduk.

$$K_{(8/16)} = 0,76/10 = 0,076 \text{ m/s}$$

Permeabiliteten til skjelettjorden forutsettes å være  $> 24''/\text{time}$  (Haffner, Bassuk, Grabosky, & Trowbridge, 2007). Det tilsvarer en permeabilitet på 0,61 m/time. Det brukes samme sikkerhetsfaktor her.

$$K - \text{Skjelettjord} = 0,000169/10 = 0,0000169 \text{ m/s}$$

Det antas at det organiske topplaget (bark) gir samme infiltrasjon som den underliggende skjelettjorden på grunn av sin grove sammensetning.

<sup>5</sup> Siktekurve hentet fra: <http://www.forsand-sandkompani.no/doc/Singel%208-16.pdf>

## 9.3 Tradisjonell håndteringsmetode

### 9.3.1 Nytt ledningsnett – Alternativ 0.1

Basisalternativ 0.1 baserer seg på håndtering av overvann fra vegarealene gjennom et nytt tradisjonelt ledningsnett. Alternativet illustrerer dermed investeringskostnader som påløper dersom det ikke finnes et eksisterende ledningsnett, og/eller vegavrenningen må håndteres gjennom nye overvannsrør ned mot et påkoblingspunkt (knutepunkt 7, jfr. Figur 9-3). Avrenningen håndteres gjennom sandfang og hjelpesluk, og med påkobling på ledningsnett.

På grunn av den flate topografien er dimensjonerende vannmengder prosjektert ut fra at ledningsnettets legges med jevnt minimum fall på 5 ‰ fra knutepunkt 1 til knutepunkt 7, og fra knutepunkt 8 til knutepunkt 7. Hvorvidt overvannsmengdene er store nok til å gi selvrensing er ikke beregnet, og evt. kostnader knyttet til dette må antas å være inkludert i ledningsnettets drift og vedlikeholdskostnader (jfr. kapittel 8.2.3).

Mellom knutepunktene er vannføring beregnet suksessivt etter hvert som nærliggende sandfang og hjelpesluk er påkoblet. Basert på beregninger (Vedlegg E.4) vil følgende dimensjoner være nødvendig for håndtering av vegavrenningen.

| Ledningsstrek | Lengde [m] | Dimensjonerende vannmengde (Q) [l/s] | Fall [‰] | Rørdimensjon (D <sub>i</sub> ) [mm] |                         |                       |
|---------------|------------|--------------------------------------|----------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------|
|               |            |                                      |          | D <sub>i</sub> -nødvendig           | D <sub>i</sub> -minimum | D <sub>i</sub> -valgt |
| L 1-2         | 80,0       | 32,7                                 | 5        | 250                                 | 150 <sup>6</sup>        | <b>300</b>            |
| L 2-3         | 27,9       | 35,3                                 | 5        | 250                                 |                         | <b>300</b>            |
| L 3-4         | 73,1       | 40,6                                 | 5        | 250                                 |                         | <b>300</b>            |
| L 4-5         | 80,1       | 51,3                                 | 5        | 300                                 |                         | <b>300</b>            |
| L 5-6         | 76,5       | 51,8                                 | 5        | 300                                 |                         | <b>300</b>            |
| L 6-7         | 49,8       | 52,8                                 | 5        | 300                                 |                         | <b>300</b>            |
| L 8-7         | 43,9       | 18,3                                 | 5        | 200                                 |                         | <b>200</b>            |

Tabell 9-2: Dimensjonerende vannmengde og valgt rørdimensjon i alternativ 0.1

Sandfang og hjelpesluk påkobles med 150 mm overvannsrør. Følgende elementer legges til grunn ved beregning av investeringskostnad for basisalternativ 0.1 (jfr. kapittel 8.2.2).

|  | Enhet | Antall |
|--|-------|--------|
| Tradisjonell overvannsrør – OV - diameter 150 mm | m     | 93,8   |
| Tradisjonell overvannsrør – OV - diameter 200 mm |       | 43,9   |
| Tradisjonell overvannsrør – OV - diameter 300 mm |       | 387,4  |
| Overvannskum                                     | stk.  | 7      |
| Sandfang   |       | 16     |
| Hjelpesluk                                       |       | 12     |

Tabell 9-3: Elementer i alternativ 0.1

<sup>6</sup> 150 mm er minimumsdimensjon for kommunal overvannsledning i Hamar kommune. (Kilde: va-norm.no)



### 9.3.2 Oppdimensjonering av eksisterende ledningsnett – Alternativ 0.2

Alternativ 0.2 innføres som et alternativ til basisalternativet. Alternativet forutsetter på samme måte som 0.1 at vegen bygges som ny, men at man i stedet for å legge ny overvannsledning nå oppdimensjoner den eksisterende overvannsledningen i området, og legger en ny større overvannsledning i veg.

Alternativet illustrerer dermed en situasjon hvor eksisterende ledningsnett finnes, men ikke har kapasitet nok til å ta unna økt spissavrenning. Økt spissavrenning kan her være et resultat av økt nedbørintensitet, eller en utbygging/gjentetting av permeable flater. I dette tilfellet er det bygging av veg som skaper økt spissavrenning, og alternativ 0.2 er ment å illustrere hvilke økte investeringskostnader man kan forvente ved bruk av store ledningsdimensjoner, i forhold til de mindre nødvendige dimensjoner i alternativ 0.1.

Ledningsnettet oppdimensjoneres fra  $\varnothing 500$  til  $\varnothing 600$  mm. Bakgrunnen for dimensjonsvalg er at det i dag blir benyttet en  $\varnothing 600$  mm overvannsledning til håndtering av overvann i Strandgata. Overvannsrøret fungerer her som avskjærende ledning for de høyereliggende områdene, og kan håndtere overvannsavrenning mellom  $280 - 450 \text{ l/s}^7$  gitt ledningsfall på 5 ‰.

Vegavrenningen (30-50 l/s) vil alene ikke medføre en oppdimensjonering med mindre man ligger helt på kapasitetsgrensen ( $\sim 280 \text{ l/s}$ ). For enkelhetsskyld forutsetter vi derfor at vi ligger helt på kapasitetsgrensen og at den økte avrenningen fra vegarealene utløser et utskiftingsbehov. Overvannskummer skiftes ut, og sandfangkummer og hjelpesluk bevares.

Følgende elementer legges dermed til grunn ved beregning av alternativ 0.2.

|  | Enhet | Antall |
|--|-------|--------|
| Tradisjonell overvannsgrøft – OV - diameter 150 mm | m     | 93,8   |
| Tradisjonell overvannsgrøft – OV - diameter 600 mm |       | 431,3  |
| Overvannskum                                       | stk.  | 7      |

Tabell 9-4: Elementer i alternativ 0.2

Merk at alternativ 0.2 ikke tar for seg oppdimensjonering i eksisterende veg. I de aller fleste tilfeller vil eksisterende anlegg være lagt i asfalterte veg-, og fortausarealer. En slik operasjon vil gi økte kostnader i form av rivning og reetablering av dekker, samt økte samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til trafikantkostnader og trafikkavvikling. Selve vegarealet vil da heller ikke være årsak til en økt spissavrenningen, og en påfølgende oppdimensjonering. Situasjonen i mange kommuner er likevel slik at man er nødt å oppdimensjonere ledningsnett i veg på grunn av fortetting av arealer oppstrøms.

<sup>7</sup> Grovt anslått ut fra trykktapsdiagram: Colebrooks formel for betongrør ( $k=1,0 \text{ mm}$ )



## 9.4 Alternativ håndteringsmetode, «Green Street» - Alternativ 1

Vegen projekteres som en Grønngate med alternativ overvannshåndtering. Overvannet håndteres gjennom følgende BMP-løsninger, og utformes som vist i kapittel 5.4:

- Regnbed
- Swale med tre
- Swale uten tre
- Infiltrasjonsgrøft med tre
- Infiltrasjonsgrøft uten tre

BMP'ene er plassert slik at de tar opp avrenningen i vegens lavbrekk, og erstatter planlagt sandfang.

Valg av løsning er basert på eksisterende situasjon, og på tilgjengelige arealer. Det tilstrebes å skape en helhetlig grønstruktur gjennom hele vegstrekningen. Plassering og valg av BMP'er er beskrevet og forklart under (jfr. Figur 9-6 og Figur 9-7). Ved nevnte delfelt refereres det til Figur 9-4.



Figur 9-6: Steder hvor BMP-løsninger anlegges i Grønngaten – Alternativ 1

#### 9.4.1 Beskrivelse

*Alle drensoverløp (regnbed og infiltrasjonsgrøfter) tilkobles vegens drenering som ledes til nærmeste overvannskum nedstrøms.*

1. Det anlegges et regnbed mellom eksisterende parktrær. Regnbedet implementeres som et bed i mellom eksisterende gatetrær. Regnbedet håndterer avrenning fra felt 1.2 og halve 2.2. Det antas at bedet vil erstatte deler av planlagt bed mellom punkt 3 og 4 i alternativ 0 (jfr. Vedlegg C)
2. Avrenningen fra felt 1.1 håndteres gjennom en infiltrasjonsgrøft uten tre. Grøften anlegges ut mot veg, og i prosjektert bredde på 0,8 m. For å unngå å ta opp mye areal fra fortau velges infiltrasjonsgrøft som er den smaleste håndteringsløsningen. Eksisterende parkområde på andre siden av vegen bidrar til grønnstruktur langs vegen, og grøft *uten* tre velges derfor.
3. Håndtering av resterende avrenning fra felt 2.2 skjer i infiltrasjonsgrøft uten tre. Fortaubredde på 2,0 m og nærhet til eksisterende grønnstruktur ligger til grunn for valg av løsning.
4. Avrenning fra felt 2.4 håndteres gjennom 6 stk. regnbed. Håndteringen er delt opp i flere arealer for å unngå å oppta planlagte parkeringsplasser.
5. Avrenningen fra felt 2.3 og halve 2.1 håndteres i en smal infiltrasjonsgrøft uten tre langs vegen. Nærhet til bygninger, og et ønske om å opprettholde et bredt fortau, som opprinnelig planlagt, ligger til grunn for løsningsvalg.
6. Regnbed anlegges i overgangen mellom «shared space» og steinsatt område (jfr. Vedlegg C). Regnbedet blir slik et naturlig grøntelement langs vegen, og håndterer avrenningen fra hele felt 2.5.
7. Regnbed anlegges i fortau, og håndterer avrenning fra felt 4.1. Nødvendig håndteringsareal fordeles på to regnbed. Ettersom det håndteres overvann fra parkeringsplass er regnbed, som gir best rensing, valgt.
8. Planlagt grønnrabatt utformes som en swale uten tre, i planlagt bredde på 4,0 m. Avrenning fra felt 4.2 og 3.0 føres inn på swalen gjennom åpninger i kantstein. Swalen har bunnpunkt og overløp i nordlige ende med fall på 7 ‰. Overløp tilkobles eksisterende overvannsnett. Swalen ligger nær eksisterende trær, og det anses som overflødig med beplantning også i swalen.
9. Grønnrabatt utformes som swale med tre, og håndterer avrenning fra felt 5.2 og halve felt 5.4. Swalen anlegges med trær i grøftevegg for å opprettholde grønnstrukturen langs vegen. Swalen har avrenning mot sørøst med fall på 7 ‰. Overløp antas å bli tilkoblet eksisterende avløpsledning.
10. Overvann fra felt 4.3 og 5.1 håndteres i infiltrasjonsgrøft med tre langs veg. Grøften tilpasses planlagt bussholdeplass, og velges for å oppta minst mulig av areal i fortau. Infiltrasjonsgrøft med tre velges ettersom det er få eksisterende trær plantet langs vegen.
11. Planlagt grønnstruktur gjøres om til regnbed og håndterer avrenning fra halve felt 5.4 og felt 5.3
12. Ettersom lavbrekk ligger midt i krysset Strandgata/Håkons gate bør tverrfall legges slik at avrenning fra felt 5.3 ledes inn mot anlagt regnbed (punkt 11).

13. 4 regnbed plasseres i fortau, og håndterer avrenning fra felt 5.5. Regnbed velges for å få god rensing av overvannet, samt opprettholde en kontinuerlig grønnstruktur på høyre side av vegen.
14. Grønrrabatt utformes til swale med tre, og håndterer avrenning fra felt 5.6 og 6.2. Plantede trær opprettholder vegens grønne profil. Swalen har fall på 7 ‰ mot sørøst, og overløp tilkobles på samme måte som beskrevet i punkt 9.
15. 3 regnbed plasseres i fortau og håndterer avrenning fra felt 6.1. Regnbed er valgt av samme årsak som i punkt. 13.
16. Smalt regnbed anlegges mellom fortau og parkeringsfelt. Regnbedet håndterer avrenning fra felt 6.3.
17. Avrenning fra felt 6.4 håndteres gjennom infiltrasjonsgrøft med tre. Løsningen er smal og tar ikke mye av fortauarealet. Samtidig opprettholdes grøntbeltet med trær langs vegen.
18. Infiltrasjonsgrøft med tre velges av samme årsak som i punkt 17, og håndterer avrenning fra felt 7.2.
19. Regnbed anlegges i fortau, og håndterer avrenning fra felt 7.1. Håndteringsarealet deles opp i 5 stk. regnbed for å unngå å oppta parkeringsplasser. Fordelingen gir en kontinuitet i grønnstrukturen på høyre side, samt god rensing av avrenning fra parkering.
20. Avrenning fra felt 8.1 håndteres av regnbed. Håndteringen deles opp i 5 stk. regnbed av samme årsaker som punkt 19.
21. Felt 8.2 håndteres av infiltrasjonsgrøft uten tre. Løsningen uten tre velges ettersom man beveger seg bort fra den utvidede gaten, og mot eksisterende gate. Løsningen fungerer som en overgang fra Grønngate til vanlig gate.
22. Felt 9.1 håndteres på samme måte, og av samme årsak som punkt 21.
23. Felt 9.2 håndteres på samme måte, og av samme årsak som punkt 21.

#### 9.4.2 Dimensjonering av BMP-løsningene

Ut fra planlagt plassering, beregnede dimensjonerende overvannsmengder, og beskrevet kapasitetsberegninger, er nødvendig håndteringsareal for de valgte BMP-løsningene beregnet. Løsningene har et bestemt tverrsnitt (jfr. kapittel 5.4), og nødvendig *areal* omregnes derfor til nødvendig *lengde*. Detaljerte beregninger finnes i Vedlegg E.5. De tre «swale»-løsningene har mye større kapasitet enn dimensjonerende vannmengde, og vil gi fordrøyning ved ekstremvær.

Gaten prosjekteres som en Grønngate med følgende BMP-løsninger:

- 29 stk. regnbed
- 4 stk. infiltrasjonsgrøft med tre
- 6 stk. infiltrasjonsgrøft uten tre
- 2 stk. swale med tre
- 1 stk. swale med tre

## Utforming av BMP-løsninger

| <i>Regnbed</i>                     |                   |                                      |                             |   |
|------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|-----------------------------|---|
| Referansepunkt<br>(jfr. 9.4.1)     | Nødvendig areal   | Bredde                               | Antall BMP'er               | Nødvendig<br>lengde per BMP-<br>løsning |
|                                    | [m <sup>2</sup> ] | [m]                                  |                             | [m]                                     |
| 1                                  | 5,98              | 1,80 (2,30)                          | 1                           | 3,32                                    |
| 4                                  | 10,95             |                                      | 6                           | 1,01                                    |
| 6                                  | 13,58             |                                      | 1                           | 7,54                                    |
| 7                                  | 4,68              |                                      | 2                           | 1,30                                    |
| 11 (12)                            | 14,09             |                                      | 1                           | 7,83                                    |
| 13                                 | 10,18             |                                      | 4                           | 1,42                                    |
| 15                                 | 9,32              |                                      | 3                           | 1,73                                    |
| 16                                 | 1,94              |                                      | 1                           | 1,08                                    |
| 19                                 | 9,09              |                                      | 5                           | 1,01                                    |
| 20                                 | 8,93              |                                      | 5                           | 0,99                                    |
| <i>Infiltrasjonsgrøft med tre</i>  |                   |                                      |                             |   |
| 10                                 | 16,74             | 0,80                                 | 2                           | 10,46                                   |
| 17                                 | 1,31              |                                      | 1                           | 1,64                                    |
| 18                                 | 6,33              |                                      | 1                           | 7,91                                    |
| <i>Infiltrasjonsgrøft uten tre</i> |                   |                                      |                             |   |
| 2                                  | 0,06              | 0,80                                 | 1                           | (0,08) 0,5                              |
| 5                                  | 0,35              |                                      | 1                           | (0,44) 0,5                              |
| 3                                  | 0,09              |                                      | 1                           | (0,11) 0,5                              |
| 21                                 | 0,12              |                                      | 1                           | (0,15) 0,5                              |
| 22                                 | 0,04              |                                      | 1                           | (0,06) 0,5                              |
| 23                                 | 0,04              |                                      | 1                           | (0,05) 0,5                              |
| <i>Swale med tre</i>               |                   |                                      |                             |   |
| Referansepunkt<br>(jfr. 9.4.1)     | Gitt lengde [m]   | Tilført vannmengde [m <sup>3</sup> ] | Kapazität [m <sup>3</sup> ] |   |
|                                    |                   |                                      | <i>V<sub>dim</sub></i>      | <i>V<sub>maks</sub></i>                 |
| 9                                  | 48                | 3,65                                 | 6,24                        | 34,44                                   |
| 14                                 |                   | 4,76                                 |                             |   |
| <i>Swale uten tre</i>              |                   |                                      |                             |   |
| 8                                  | 45                | 2,40                                 | 5,85                        | 32,29                                   |

Tabell 9-5: Utforming av BMP-løsninger. Nødvendig areal og nødvendig lengde

### Kommentarer

Av Tabell 9-5 ser vi at det er stor variasjon i nødvendig håndteringsareal. Foruten swale-løsningene som er utformet etter ønsket buffer/grønnrabatt på 4 m, vil bruken av regnbed kreve mest areal per m<sup>3</sup> håndtert overvann.

I dette tilfellet er det valgt å dele opp regnbed-arealene i like størrelser med jevne mellomrom langs vegen. Dette bidrar til en kontinuitet i grønnstrukturen langs vegen samtidig som man unngår å oppta parkeringsarealer. Ettersom regnbedene utformes med kantstein, fiberduk og geomembran m.m. i kantene vil en slik løsning være noe dyrere enn om man hadde håndtert hele avrenningen i et større regnbed.

Hvorvidt man ønsker å oppta parkeringsarealer til overvannshåndtering må være opp til hver enkelt kommune. Man må da ta hensyn til en mulig reduksjon i konsumentoverskudd som resultat av dette. På den annen side vil man fint kunne benytte regnbed, eller andre håndteringsmetoder, til å utøve en restriktiv parkeringspolitikk i sentrumsnære områder.

Infiltrasjonsgrøftene uten tre fremstår som svært effektive til håndtering av vegavrenning, og krever i mange tilfeller ikke mer areal enn en vanlig vegsluk på grunn av den store infiltrasjonsevnen. Et lite overflateareal vil også gjøre det lett, og billig, å skifte ut fiberduk og topplag ved fortetting.

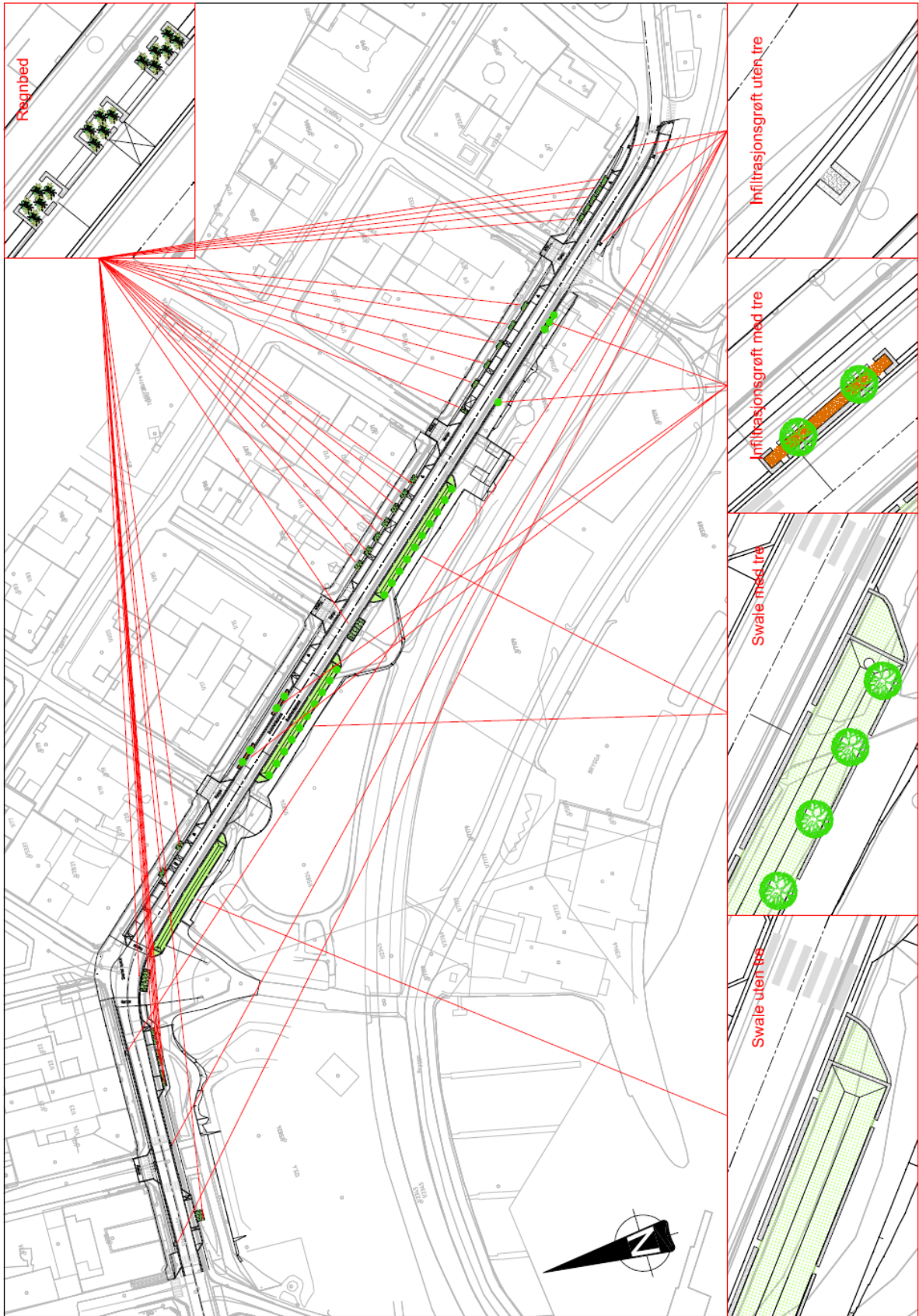
Dersom vi snur på dette, og infiltrasjonsgrøften prosjekteres større (*eller lengre*) vil den kunne håndtere store avrenningsmengder. Infiltrasjonsgrøften vil følgelig kunne håndtere ekstremvær gjennom fordrøyning på overflaten, og i massestrukturen. Dimensjonerende blir da overløpets evne til å ta unna overskytende vannmengder.

For å oppnå tilstrekkelig rensing kreves det likevel større areal, grunnet tettere filtermasse og en lengre infiltrasjonstid. Det er likevel fullt mulig å implementere slike løsninger i et gatebilde. Løsningene som er valgt kan benyttes (nesten) uavhengig av stedlige grunnforhold så lenge drenerøret i bunn har høyere kapasitet (l/s eller m/s) enn infiltrasjonsmassens permeabilitet. Man oppnår dermed fordrøyning av overvannet og en reduksjon av spissavrenningen på relativt lite areal.

Dersom man ønsker å ta hensyn til stedlig infiltrasjonsforhold, og undersøke muligheten for å anlegge løsninger uten bunnrenering, bør dette modelleres gjennom ulike regnscenarier.

Som beskrevet i punkt 8, 9 og 14 tilkobles overløpene i de tre swale-løsningene eksisterende ledningsnett. Som vist i Figur 5-8 tilkobles overløpet eksisterende overvannsnett med ø200 mm overvannsrør. Avstanden mellom swale-løsningene og det eksisterende nettet vil selvsagt variere fra prosjekt til prosjekt. For å inkludere disse kostnadene medberegnes 45 m tradisjonell ledningsgrøft i alternativ 1.

Det antas dermed, i dette tilfellet, at overløpet kan tilkobles med gjennomsnittlig 15 m per swale.



Figur 9-7: Alternativ 1 - Grønngaten



## 9.5 Andre nytte/kostnadselementer

Basert på identifiserte nytte- og kostnadsfaktorer i kapittel 8 og planlagt håndteringsløsning (Tabell 9-5), vil følgende elementer inngå i nytte-kostnadsanalysen i tillegg til investeringskostnad og drift- og vedlikeholdskostnad knyttet til de alternative løsningene.

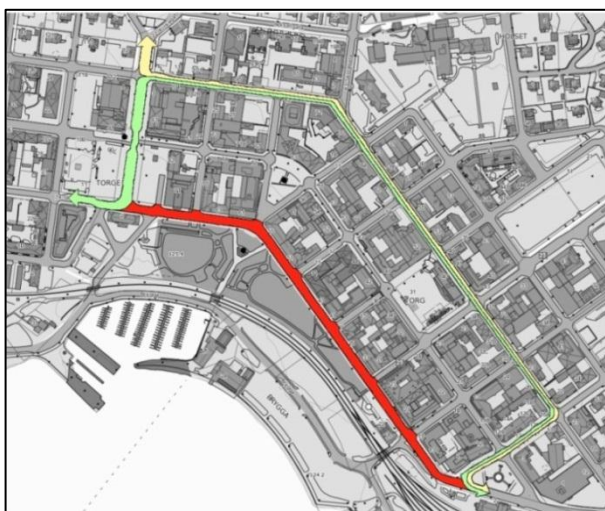
### 9.5.1 Prosjekteringskostnad

Prosjekteringskostnaden er generelt kommentert i kapittel 8.2.2. I dette tilfellet er differansen mellom prosjekteringskostnadene for de to alternativene antatt å være så små, at differansekostnaden noe forenklet settes lik 0.

Bakgrunnen for denne antakelsen er at man i til begge basisalternativer får reduserte prosjekteringskostnader i form av forventet redusert tegningsproduksjon (detaljtegninger). Ettersom det også i stor grad er satt av, og/eller finnes, tilgjengelige arealer som kan brukes vil heller ikke dette øke planleggingskostnadene vesentlig. På lik linje med en «normal» utforming av grøntområdene må design, plassering og utforming av BMP-løsningene også bestemmes. Alternativ 1 forutsetter en planlegging allerede i tidligfasen (tverrfaglig prosjektering), noe som gjør at de planlagte grønnstrukturene kan planlegges som BMP'er allerede fra starten av.

De ekstra kostnadene som forventes påløpt ved utforming for å sikre tilstrekkelig håndtering av overvannet langs veg ift. bortledning i sluk, samt økte kostnader knyttet til prosjektering av ukjente løsninger, antas å falle bort på grunn av reduserte kostnader knyttet til overnevnte forhold.

### 9.5.2 Trafikantkostnad



Figur 9-8: Omkjøring ved stengning av Strandgata

Trafikantkostnadene beregnes ved bruk av utarbeidede transportmodeller i Norge. Etterspørselsmodellen som er estimert for hele landet, og utarbeidet av Sintef, er delt inn i fem mindre regionale transportmodeller (RTM). For å begrense beregningstiden ytterligere er RTM-modellen delt inn i delområdemodeller (DOM). Beregninger av nyttevirkninger i en delområdemodell skal i størst mulig grad gi samme virkning som med full regionalmodell (Tørset, Malmin, Ness, & Levin, 2008).

I oppgaven brukes delområdemodell for Hedmark og Oppland (DOM\_HedOpp).

Hele Strandgata (markert rødt) forutsettes stengt, og trafikken omdirigeres til Grønnegata<sup>8</sup> (markert gult og grønt), to kvartaler nord for Strandgata (jfr. Figur 9-8).

Delområdemodellen beregnes i beregningsverktøyet CUBE, hvor Strandgata beskrives som gågate, og følgelig stenges for motorisert person-, og godstrafikk.

Strandgata har stor gjennomkjøring av kollektivtrafikk, og vil utgjøre en vesentlig del av trafikantnytteendringen ved stenging av gaten. For å unngå å beregne konsumentoverskuddet av «stoppede» kollektivruter endres kollektivrutebeskrivelsen for lav- og rushtrafikk ved å endre lenkenes nodenummer slik at trafikken omdirigeres.

Endring i konsumentoverskudd som følge av at vegen stenges for motorisert trafikk:

| Endring i konsumentoverskudd (2012 kr/døgn) |               |                |           |             |                  |
|---|---------------|----------------|-----------|-------------|------------------|
|   | Tjenestereise | Til/fra arbeid | Fritid    | Godstrafikk | Σ                |
| Bilfører                                    | -11 242,7     | -10 598,8      | -30 180,2 | -1677,8     | -53 699,4        |
| Bilpassasjer                                | -578,1        | -400,4         | -2509,9   | 0,0         | -3488,3          |
| Kollektiv                                   | -2729,4       | -2463,9        | -9996,6   | 0,0         | -15 189,9        |
| Gang  | 0,0           | 0,0            | 0,0       | 0,0         | 0,0              |
| Sykkel                                      | 0,0           | 0,0            | 0,0       | 0,0         | 0,0              |
| Σ   | -14 550,2     | -13 463,0      | -42 686,7 | -1677,8     | <b>-72 377,7</b> |

Tabell 9-6: Endring i konsumentoverskudd (kr/døgn) ved stengning av Strandgata

Stengning av gaten vil føre til en reduksjon i konsumentoverskudd på 72 377,7 kroner per døgn. Forutsatt gjennomsnittlig stengetid på 24 timer ved en flomsituasjon (jfr. kapittel 8.2.12), vil dette også tilsvare den samfunnsøkonomiske trafikantkostnaden per flomsituasjon.

### 9.5.3 Andre elementer

#### Boligareal

De fleste bygningene langs den aktuelle delen av Strandgata i Hamar kommune er forretningsbygg. Det er ikke funnet å være en like stor sammenheng mellom økning i forretningspriser som i boligpriser, noe som kan forklares med at det er andre attributter som virker inn på etterspørselen av slike bygg enn nærhet til grøntområder. Eiendomsinformasjon fra kartverket<sup>9</sup> oppgir at 5 eiendommer er registrert som boligbygg eller som annen forretningsbygning med adresserte leiligheter. Basert på antall etasjer med leiligheter, og målt boligareal, inngår 4035 m<sup>2</sup> boligareal i nytte/kostnadsberegningen.

<sup>8</sup> Gaten heter «Grønnegata», og må ikke forveksles med alternativ 1, «Green Street»-løsningen, som i oppgaven generelt omtales som «Grønnegaten»

<sup>9</sup> <http://www.seeiendom.no>



### Antall boliger

Bygningene har totalt 51 registrerte boliger.

### Antall forretningsbygg

Samtlige bygg som vender ut mot Strandgata er butikker og/eller kontor og forretningsbygg. 35 forretningsbygg i første etasje inngår i beregningene.

### Antall trær

Alternativ 0: Foruten eksisterende vegetasjon er det planlagt planting av 30 nye trær i basisalternativene (jfr. Vedlegg C).

Alternativ 1: Det er prosjektert 28 trær i Grønngaten (jfr. Figur 9-7).

Differansen inkluderes i nytte-kostnadsberegningen.

### Vegetert areal

Følgende arealer påvirkes i alternativene og er benyttet i beregningene:

- Alternativ 0: 584,1 m<sup>2</sup>

Arealet tilsvarer rabatt-areal + areal hvor regnbed 1 og 11 anlegges. Disse anlegges i grønnstruktur.

- Alternativ 1: 652,7 m<sup>2</sup>

Arealet tilsvarer swale-areal + samlet regnbed-areal. Infiltrasjonsgrøftene regnes ikke som vegeterte.

Annet vegetert areal (som vist i Vedlegg C) vil være gjeldende for begge alternativ, og vil ikke inkluderes i differanseberegningene.

## 9.5.4 Irrelevante elementer

Følgende identifiserte elementer kommer ikke til anvendelse:

- Grunnervervskostnad
  - o *Alle BMP-løsninger er plassert på kommunalt eide arealer, og innenfor offentlig disponibelt vegareal. Jfr. kapittel 2.4.3.*
- Ulykkeskostnader
  - o *Strandgata får fartsgrense 30 km/t etter den planlagte opprustningen (alternativ 0). Beplantningen langs vegen vil dermed ikke utgjøre noe ulykkesrisiko.*
- Energikostnad for pumpe og rensestasjoner
  - o *Alt overvann håndteres gjennom separate overvannsledninger, og vegavrenningen ledes ikke til pumpe eller rensestasjon.*

## 9.6 Sannsynlighet for overbelastning

Differansefaktor knyttet til sannsynlighet for overbelastning er generelt omtalt i kapittel 8.2.1, og er sentralt mht. årlige forsikringsutbetalinger, trafikantkostnader, og rehabiliteringskostnader.

I dette case-eksempelet beregnes sannsynligheten for overbelastning ut fra fordrøyningsvolum til de implementerte swale-løsningene. Disse BMP'ene er konstruert ut fra allerede regulerte grøntarealer, og ikke dimensjonert etter gjentaksintervall.

Resterende BMP'er er dimensjonert etter samme gjentaksintervall som det tradisjonelle ledningsnett. Det forventes derfor ingen økning, eller reduksjon, i sannsynligheten for overbelastning ved disse løsningene.

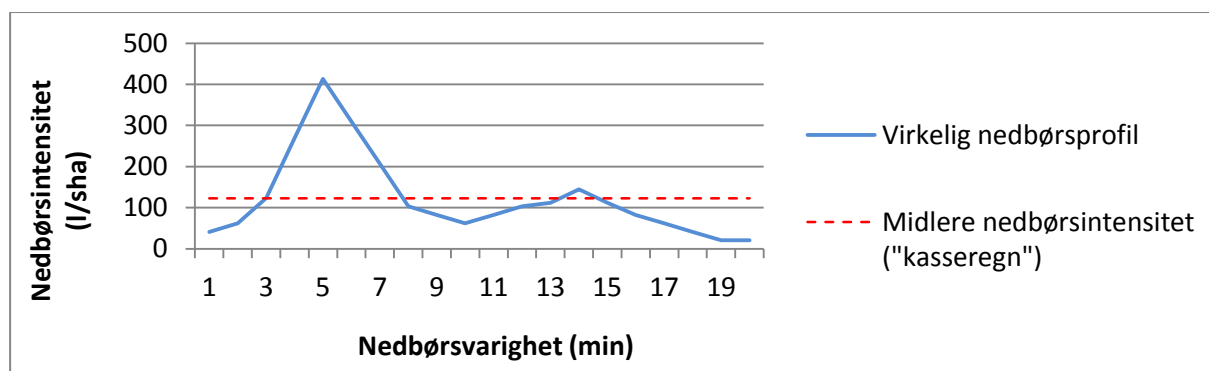
Swale-løsningenes funksjonsevne er fremkommet gjennom modellering i US-EPAs overvannsmodelleringsprogram, SWMM (*Storm Water Management Model*).

På grunn av kandidatens manglende kunnskaper knyttet til denne programvaren, er tall og figurer i kapittel 9.6.2 og 9.6.3 fremkommet etter beregninger utført av Hans Vebjørn Kristoffersen ved COWI AS' avdeling Vann i Stavanger.

### 9.6.1 Kristoffersen-regnet

I beregningene er det benyttet et konstruert *Kristoffersen-regn*, i stedet for det tradisjonelle *kasseregnet* som ligger til grunn i IVF-kurvene. Kristoffersen-regnet er utviklet av Hans Vebjørn Kristoffersen, og presentert gjennom en masteroppgave ved NTNU i 2010 (Kristoffersen, 2010).

I motsetning til kasseregnet, som representerer midlere nedbørintensitet, tar Kristoffersen-regnet utgangspunkt i *reell* nedbørsituasjon.



Figur 9-9: Kasseregnet og virkelig nedbørsprofil

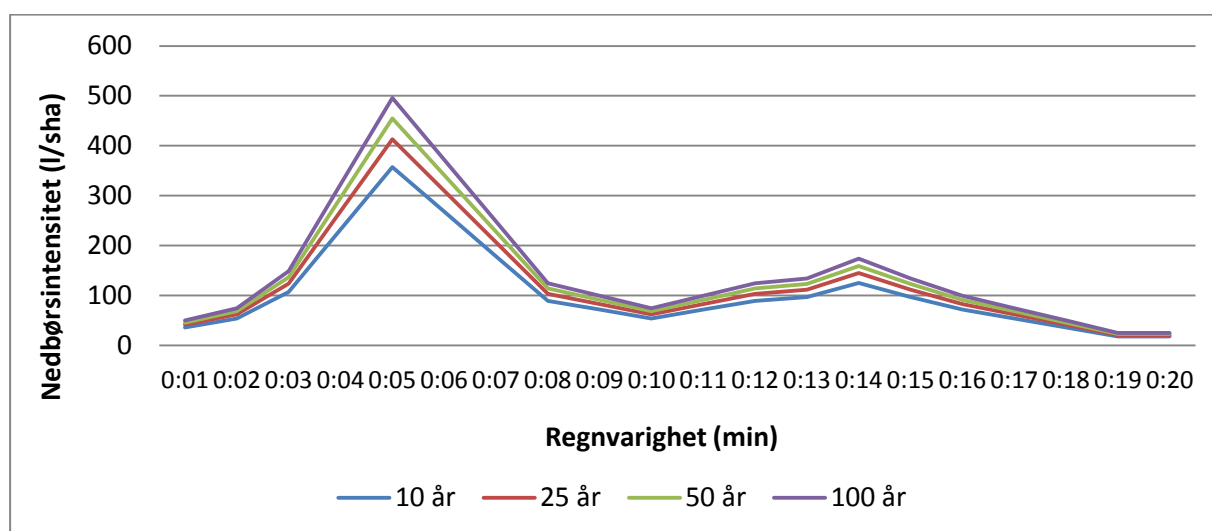
Figur 9-9 viser hvordan en målt nedbørsituasjon, over en periode på 20 minutter, omdannes til et midlere kassereg. I en IVF-kurve ville dette 25års-regnet med nedbørsvarighet på 20 minutter bli registrert som 123 l/s.ha, som også vil være dimensjoneringsgrunnlaget. Som det fremgår av figuren vil man reelt oppleve intensiteter på opp over 400 l/s.ha. Ved bruk av Kristoffersen-regnet tas det hensyn til maksimale intensitetsverdier.

Merk at det i oppgaven for øvrig er benyttet rasjonell formel og «kassereg» til dimensjonering av både tradisjonelt ledningsnett og BMP-løsninger.

## 9.6.2 Grunnlag for beregningene

Vannhøyder og volum beregnes for en swale løsning med 40 m<sup>2</sup> grøftebunn, og 150 m<sup>2</sup> overflateareal (ved overløp). Noe som omtrent tilsvarer utformingen til de 3 swale-løsningene benyttet i alternativ 1.

Det forutsettes tilført avrenning fra en tett flate på 500 m<sup>2</sup>, gjennom et 20 minutters Kristoffersen-regn for Hamar. Det er beregnet nedbørsmengder for gjentakintervall på 10, 25, 50 og 100 år.

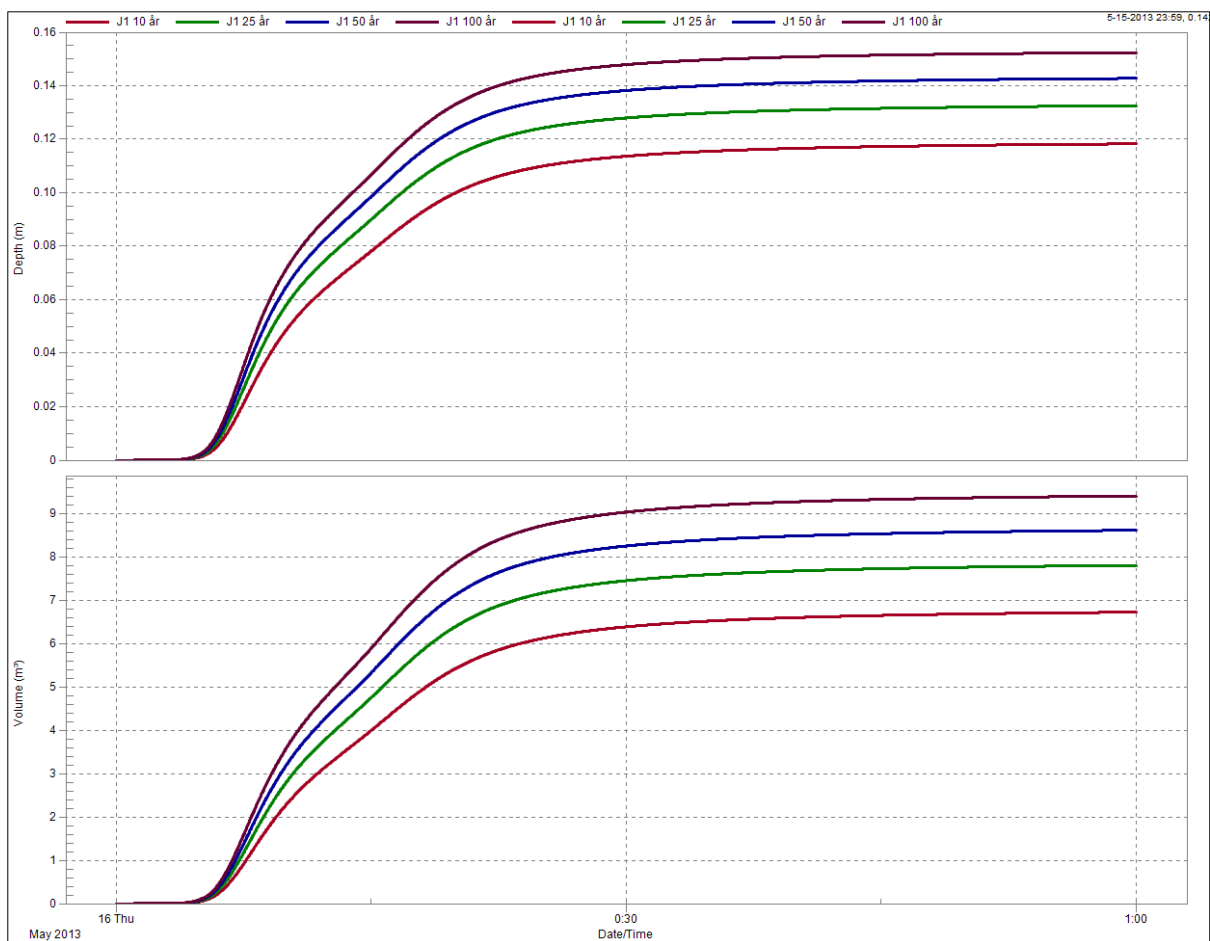


Figur 9-10: Kristoffersen-regn for Hamar. 10-100 års regn

## 9.6.3 Beregninger

Beregningene er illustrert i figur, hvor vannhøyde i swalen ved de gitte gjentakintervallene er vist i øverste figur, og akkumulert overvannsvolum i nederste.

Som det fremgår av figuren vil man med gitt utforming av swale oppnå et vannspeil på litt over 15 cm ved et 100 års regn. Dette er fremdeles 20 cm fra prosjektert overløpskant. Tallene viser at de utformede swale-løsningene vil ha god fordrøyningssevne ved et 20 minutters regn. I løpet av nedbørsperioden vil det samles et overvannsvolum på ca. 9,5 m<sup>3</sup>. Fra tidligere beregninger (Tabell 9-5) vet vi at swale-løsningene har et maksimalt fordrøyningsvolum på mellom 32,3 - 34,4 m<sup>3</sup> før overløp.



Figur 9-11: Akkumulert avrenning (m<sup>3</sup>) (nederste figur) og vanddybde i swale (m) (øverste figur) ved 20 minutters Kristoffersen-regn (10-100 års regn)

Et 20 minutters 100års regn med avrenning fra 500 m<sup>2</sup> vil dermed kun gi 28-29 % belastningsgrad per swale. Da er det heller ikke medberegnet infiltrasjon, og beregningen vil på den måten være konservativ ved at den illustrerer et vannmettet, eller gjentettet, filtermedium.

For å sammenligne er det også utført beregninger av en mindre swale-løsning (20 m<sup>2</sup> grøftebunn, og 45 m<sup>2</sup> overflate v/overløp). Heller ikke ved en slik utforming vil overvann gå i overløp ved et 20 minutters 100 års regn (vannhøyden når 34 cm) (jfr. Vedlegg E.6).

#### 9.6.4 Sannsynlighet

På bakgrunn av beregningene fremstår swale-løsningene som svært kapasitetssterke ved fordrøyning og håndtering av avrenning fra tilleggende arealer. Selv ved et konservativt 20 minutters regn med 100 års nedbørsintensitet vil vannmengde ikke nå overløp.

Ved en overbelastning av de resterende BMP-løsningene, og en potensiell flomsituasjon, vil overvannet få avrenning ned mot swale-løsningene. Innløp gjennom åpninger i kantsteinen sikrer at avrenningen håndteres i swale i stedet for oppstuvning langs husvegg.

For å anslå en årlig sannsynlighet for overbelastning for hele området, ut fra analysen av den ene BMP'en og et avrenningsfelt på 500 m<sup>2</sup>, kan vi noe forenklet si at de tre swale-løsningene vil ha en total kapasitet før overløp på 101 m<sup>3</sup>, og vil kunne håndtere et 20 minutters 100 årsregn fra omtrent 5300 m<sup>2</sup> uten av overvannet går i overløp. Selv et 200 års regn, som vil generere gjennomsnittlig 8 % større vannmengder<sup>10</sup>, vil da kunne håndteres fra et område på ca. 4900 m<sup>2</sup> før overløp.

Strandgata har (vil få<sup>11</sup>) svak hellende vertikalkurvatur mot sørøst. Forutsatt at alt areal vil måtte håndteres av swale-løsningene, utgjør dette et samlet areal på 8214,7 m<sup>2</sup>.

Dersom hele dette arealet håndteres av swale-løsninger uten overløp, ville dette følgelig ha overskredet fordrøyningskapasiteten. Swalene i Grønngate-løsningen er prosjektert med et 0,8 m<sup>3</sup> sandfang, og en 200 mm overløpsledning. Forutsatt at overløpsledningen legges med et fall mellom 10 – 50 ‰, vil denne gi en bortledning på mellom 40 – 100 l/s, noe som utgjør 0,04 – 0,1 m<sup>3</sup>/s. Etter at avrenningen når overløpshøyden på 35 cm, må avrenningen utgjøre mer enn 2,4 – 6,0 m<sup>3</sup> per minutt dersom vannet skal stige utover swale arealet. Dette i tillegg til infiltrasjon og bortledning i dreneringsrør.

Når gulvhøyde på nærliggende bygg også ligger omtrent 1 m høyere enn høyde på overløp, er det nærliggende å anta at det ikke vil oppstå oversvømmelse før man oppnår et regn opp mot 200 års regn. Da vil avstanden til swalene og den store nedbørsmengden kunne gjøre at vann når husvegg før det når overløp.

For å ta hensyn til litt av usikkerheten rundt hvordan de resterende BMP'ene vil oppføre seg under et ekstremvær, antar vi at det ved implementering av Grønngate-løsningen vil oppstå oversvømmelse ved et 200 års regn. Det utgjør en årlig sannsynlighet på 0,005.

Med utgangspunkt i det tradisjonelle ledningsnett som er dimensjonert for et 25 års regn, og følgelig en årlig sannsynlighet på 0,04, vil dette gi en differanse på 0,035.

I nytte/kostnadsanalysen inngår dermed faktoren **0,035** i beregning av nytteverdier og kostnader knyttet til forsikringsutbetalinger, trafikantkostnader, og rehabiliteringskostnader.

---

<sup>10</sup> Utleddet fra IVF-kurve

<sup>11</sup> Vi antar i alternativene at gaten *vil bli* bygget



## KAPITTEL 10

# Beregninger og resultater

### 10.1 Levetidskostnader og neddiskonterte nytteverdier

---

I nytte-kostnadsanalysen vurderes levetidskostnadene opp mot de forventede nytteverdiene. Levetidskostnadene er eksklusive mva., og vil utgjøre statlig finansieringsbehov og grunnlag for beregning av skattekostnad i analysen. Elementene beregnes først enkeltvis, med utgangspunkt i antall og utforming som gitt i kapittel 9, og sammenstilles til summerte levetidskostnader knyttet til de ulike alternativene.

Kostnadene beregnes over analyseperioden på 25 år, og med kalkulasjonsrente på 4,5 %. Usikkerhet knyttet til verdiene er kommentert i kapittel 10.2.2-10.2.3.

Detaljerte beregninger finnes i Vedlegg F og i elektronisk vedlegg E-03 – «Nytte-kostnadsanalyse og Grønngatemodell».

#### 10.1.1 Alternative BMP-elementer

##### Swale med tre

2 stk. swale på totalt 96 m er kostnadsberegnet.

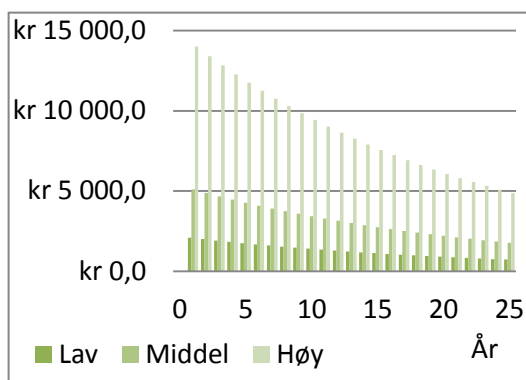
|                                  | Total            |                  |                  |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                  | Lav              | Middel           | Høy              |
| <i>Sum investeringskostnad</i>   | 134 040,1        | 260 711,2        | 550 626,7        |
| Investeringskostnad eks. mva.    | <b>126 452,9</b> | <b>245 954,0</b> | <b>519 459,1</b> |
| <i>Sum årlig D&amp;V-kostnad</i> | 2320,6           | 5646,6           | 15 514,6         |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva.      | <b>2189,2</b>    | <b>5327,0</b>    | <b>14 636,4</b>  |

---

Tabell 10-1: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til 2 stk. Swale med tre

De årlige drift- og vedlikeholdskostnadene neddiskonteres over analyseperioden, og utgjør en samlet kostnad på ca. 32 500,- og 217 000,- for hhv. lavt og høyt estimat. Det er i all hovedsak vedlikeholdskostnad knyttet til de plantede trærne som utgjør differansen mellom lavt og høyt estimat.

Til tross for en noe høy vedlikeholdskostnad knyttet til trærne i swalen, vil det være relativt billig å drifte og vedlikeholde swalen over analyseperioden.



Figur 10-1: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til 2 stk. Swale med tre

| Levetidskostnader             |  |                  |                  |
|-------------------------------|--|------------------|------------------|
|                               | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                  |                  |
|                               | Lav  | Middel           | Høy              |
| Investeringskostnad           | 126 452,9  | 245 954,0        | 519 459,1        |
| Drift- og vedlikeholdskostnad | 32 462,2   | 78 989,2         | 217 031,5        |
| Restverdi                     | -21 037,4  | -40 918,2        | -86 420,0        |
| <b>Sum levetidskostnader</b>  | <b>137 877,7</b>                                     | <b>284 025,0</b> | <b>650 070,6</b> |

Tabell 10-2: Levetidskostnader, 2 stk. Swale med tre

Over analyseperioden er overvannhåndteringstiltaket estimert til å koste mellom 137 900,- og 650 100,-. På grunn av en forventet levetid på 50 år (jfr. kapittel 8.2.6) er det forventet å være en gjenværende nytteverdi på mellom 21 000,- og 86 400,- ved slutten av analyseperioden.

### Swale uten tre

1 stk. swale på 45 m er kostnadsberegnet.

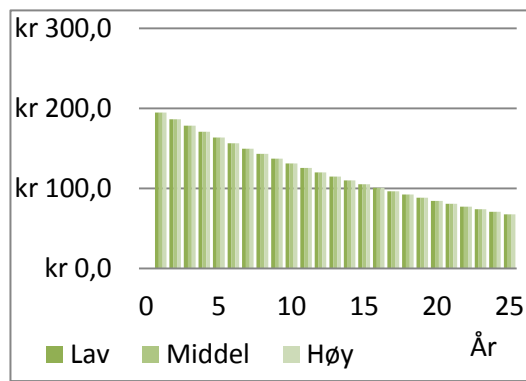
|                                  | Total           |                 |                  |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                                  | Lav             | Middel          | Høy              |
| <i>Sum investeringskostnad</i>   | 40 074,1        | 75 084,9        | 154 598,9        |
| Investeringskostnad eks. mva.    | <b>37 805,7</b> | <b>70 834,8</b> | <b>145 848,0</b> |
| <i>Sum årlig D&amp;V-kostnad</i> | 215,9           | 215,9           | 215,9            |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva.      | <b>203,6</b>    | <b>203,6</b>    | <b>203,6</b>     |

Tabell 10-3: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til 1 stk. Swale uten tre



Som vi ser av Figur 10-2 vil drift- og vedlikeholdskostnadene være vesentlig lavere enn for en swale *med* tre. Summert over 25 år er D&V-kostnadene beregnet til kun å utgjøre ca. 3000 kroner.

Selv om enhetskostnadene knyttet til drift og vedlikehold av overflatearealet er regulert for norske priser fremstår kostnaden som lav.



Figur 10-2: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til 1 stk. Swale uten tre

| Levetidskostnader             |  |                 |                  |
|-------------------------------|--|-----------------|------------------|
|                               | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                 |                  |
|                               | Lav  | Middel          | Høy              |
| Investeringskostnad           | 37 805,7   | 70 834,8        | 145 848,0        |
| Drift- og vedlikeholdskostnad | 3019,7   | 3019,7          | 3019,7           |
| Restverdi                     | -6289,6  | -11 784,5       | -24 264,1        |
| <b>Sum levetidskostnader</b>  | <b>34 535,9</b>                                      | <b>62 070,1</b> | <b>124 603,7</b> |

Tabell 10-4: Levetidskostnader, 1 stk. Swale uten tre

Dersom grønnrabatten utformes som en swale uten tre vil man få en markant reduksjon i levetidskostnadene knyttet til overvannshåndteringen.

Med utgangspunkt i forutsatt D&V-kostnad vil det koste mellom 34 500 – 124 600 kroner over hele analyseperioden, hvor største del av kostnaden er investeringskostnaden.

#### Infiltrasjonsgrøft med tre

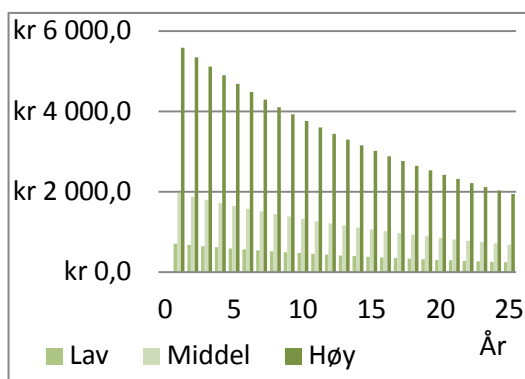
4 stk. infiltrasjonsgrøfter med samlet lengde på 30,5 m er kostnadsberegnet.

|  | Total           |                 |                  |
|--|-----------------|-----------------|------------------|
|  | Lav             | Middel          | Høy              |
| <i>Sum investeringskostnad</i>         | 56 864,1        | 90 765,1        | 167 316,1        |
| <b>Investeringskostnad eks. mva.</b>   | <b>53 645,4</b> | <b>85 627,4</b> | <b>157 845,4</b> |
| <i>Sum årlig D&amp;V-kostnad</i>       | 782,8           | 2177,8          | 6189,6           |
| <b>Årlig D&amp;V-kostnad eks. mva.</b> | <b>738,5</b>    | <b>2054,5</b>   | <b>5839,3</b>    |

Tabell 10-5: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til 4 stk. Infiltrasjonsgrøft med tre

Drift og vedlikeholdskostnadene knyttet til de plantede trærne står for hele 95 – 97 % av de samlede drift- og vedlikeholdskostnadene. D&V-kostnaden knyttet til selve infiltrasjonsgrøften fremstår dermed som noe lav i forhold til erfaringer fra en del norske kommuner med gjentetting av pukk og steinmagasiner.

Gjennom design (fiberduk som separasjonslag), og en levetid på 30 år, er det forsøkt å kompensere for dette. Det bør likevel samles inn erfaringsdata fra norske forhold før man kan bekrefte eller avkrefte et slikt kostnadsestimert.



Figur 10-3: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til 4 stk. Infiltrasjonsgrøft med tre

| Levetidskostnader             |  |                  |                  |
|-------------------------------|--|------------------|------------------|
|                               | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                  |                  |
|                               | Lav  | Middel           | Høy              |
| Investeringskostnad           | 53 645,4   | 85 627,4         | 157 845,4        |
| Drift- og vedlikeholdskostnad | 10 951,2   | 30 464,7         | 86 585,8         |
| Restverdi                     | -2974,9  | -4748,5          | -8753,3          |
| <b>Sum levetidskostnader</b>  | <b>61 621,6</b>                                      | <b>111 343,7</b> | <b>235 677,9</b> |

Tabell 10-6: Levetidskostnader, 4 stk. Infiltrasjonsgrøft med tre

Levetidskostnadene knyttet til de 4 infiltrasjonsgrøftene med tre er estimert til å ligge mellom 61 600,- og 235 700,- over analyseperioden på 25 år. I forhold til håndteringsareal (gitt lengde på 30,5 m og bredde på 0,8 m), fremstår løsningen som dyrere enn swale-løsningene.

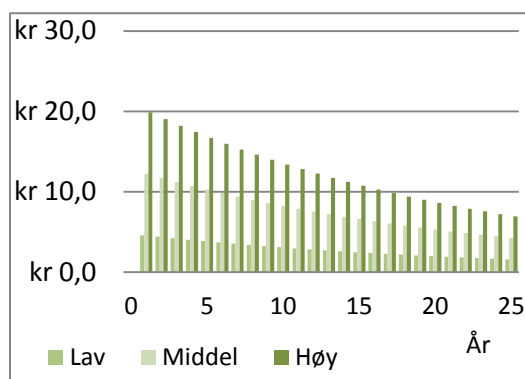
#### Infiltrasjonsgrøft uten tre

6 stk. infiltrasjonsgrøfter med samlet lengde på 3 m er kostnadsberegnet.

|                                  | Total           |                 |                 |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                  | Lav             | Middel          | Høy             |
| <i>Sum investeringskostnad</i>   | 10 637,6        | 15 483,6        | 25 598,6        |
| Investeringskostnad eks. mva.    | <b>10 035,5</b> | <b>14 607,1</b> | <b>24 149,6</b> |
| <i>Sum årlig D&amp;V-kostnad</i> | 5,1             | 13,6            | 22,0            |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva.      | <b>4,8</b>      | <b>12,8</b>     | <b>20,8</b>     |

Tabell 10-7: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til 6 stk. Infiltrasjonsgrøft uten tre

Som det fremgår av Figur 10-4 vil det ut fra gitte enhetskostnader ikke være knyttet særlige D&V kostnader til de 3 meterne med infiltrasjonsgrøft. Til tross for et lite håndteringsareal må det forventes å påløpe kostnader ved gjentetting, spyling, og utskifting av fiberduk over analyseperioden ved implementering nær trafikkerte arealer.



Figur 10-4: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til 6 stk. Infiltrasjonsgrøft uten tre

| Levetidskostnader             |  |                 |                 |
|-------------------------------|--|-----------------|-----------------|
|                               | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                 |                 |
|                               | Lav  | Middel          | Høy             |
| Investeringskostnad           | 10 035,5   | 14 607,1        | 24 149,6        |
| Drift- og vedlikeholdskostnad | 71,3   | 189,7           | 308,2           |
| Restverdi                     | -556,5   | -810,0          | -1339,2         |
| <b>Sum levetidskostnader</b>  | <b>9550,2</b>  | <b>13 986,8</b> | <b>23 118,6</b> |

Tabell 10-8: Levetidskostnader, 6 stk. Infiltrasjonsgrøft uten tre

Samlede levetidskostnader knyttet til de 3 meterne infiltrasjonsgrøft ligger på mellom 9600,- og 23 100,-. Selv om det knyttes stor usikkerhet til drift og vedlikeholdskostnadene, og beregningene gjelder et lite håndteringsareal, må det påpekes at arealet er fremkommet av overvannsberegninger. Løsningen fremstår dermed som både areal- og kostnadsgunstig over analyseperioden.

### Regnbed

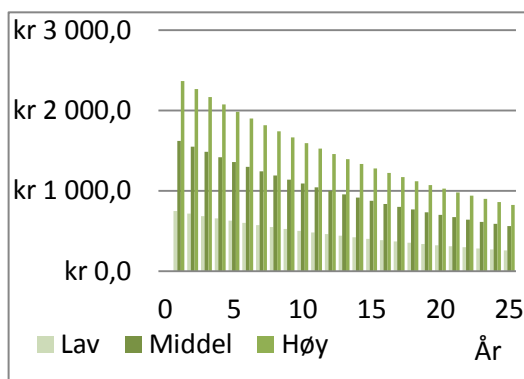
29 stk. regnbed med samlet lengde på 49,3 m er kostnadsberegnet.

|                                  | Total            |                  |                  |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                  | Lav              | Middel           | Høy              |
| <i>Sum investeringskostnad</i>   | 187 772,1        | 312 825,1        | 487 653,6        |
| Investeringskostnad eks. mva.    | <b>177 143,5</b> | <b>295 118,0</b> | <b>460 050,5</b> |
| <i>Sum årlig D&amp;V-kostnad</i> | 828,9            | 1795,0           | 2622,7           |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva.      | <b>782,0</b>     | <b>1693,4</b>    | <b>2474,3</b>    |

Tabell 10-9: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til 29 stk. Regnbed

Til tross for en noe høy investeringskostnad vil regnbed som BMP likevel være konkurransedyktig overfor de andre løsningene på grunn av en relativt liten forventet drift og vedlikeholdskostnad over analyseperioden.

Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader knyttet til de 29 regnbedene som anlegges langs gaten er beregnet til å ligge mellom 11 600,- og 36 700,- summert over analyseperioden. En forventet levetid på 50 år gjør også at det forventes en restverdi på ca. mellom 29 500,- og 76 500,- ved slutt på analyseperioden.



Figur 10-5: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til 29 stk. Regnbed

| Levetidskostnader             |  |                  |                  |
|-------------------------------|--|------------------|------------------|
|                               | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                  |                  |
|                               | Lav  | Middel           | Høy              |
| Investeringskostnad           | 177 143,5  | 29 5118,0        | 460 050,5        |
| Drift- og vedlikeholdskostnad | 11 595,1   | 25 109,5         | 36 688,8         |
| Restverdi                     | -29 470,5  | -49 097,4        | -76 536,4        |
| <b>Sum levetidskostnader</b>  | <b>159 268,1</b>                                     | <b>271 130,1</b> | <b>420 202,9</b> |

Tabell 10-10: Levetidskostnader, 29 stk. Regnbed

## 10.1.2 Tradisjonelle elementer

### Grønnstruktur

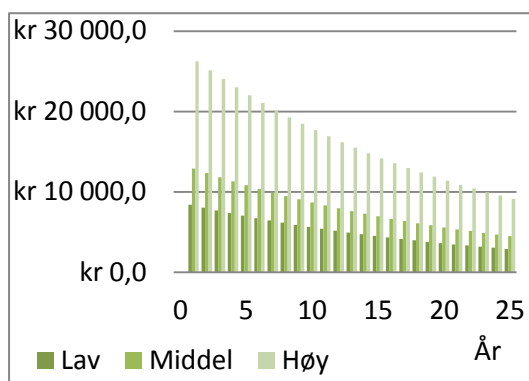
Det er beregnet levetidskostnader av 141 m grønnrabatt (564 m<sup>2</sup>), og 20,1 m<sup>2</sup> annet vegetert areal. Arealene tilsvarer arealene til hhv. de 3 swale-løsningene og arealene til regnbed nr. 1 og 11 (jfr. Tabell 9-5), som anlegges i planlagte grøntområder og bed. Som en forenkling er de 20,1 m<sup>2</sup> forutsatt konstruert på samme måte som den 4 m brede grønnrabatten, og omregnes til lengde grønnrabatt slik at samlet lengde blir 146 m. Totalt 584 m<sup>2</sup>. Inkludert i beregningene er 22 trær i rabatten, og 8 trær som er plantet utenfor rabatt. Samlet 30 trær i alternativ 0 som faller bort ved implementering av alternativ 1.

|                                  | Total            |                  |                  |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                  | Lav              | Middel           | Høy              |
| <i>Sum investeringskostnad</i>   | 210 321,1        | 394 719,7        | 759 493,9        |
| Investeringskostnad eks. mva.    | <b>198 416,2</b> | <b>372 377,1</b> | <b>716 503,7</b> |
| <i>Sum årlig D&amp;V-kostnad</i> | 9299,5           | 14 288,5         | 29 090,5         |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva.      | <b>8773,1</b>    | <b>13 479,7</b>  | <b>27 443,8</b>  |

Tabell 10-11: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til grønnrabatt og annet vegetert areal

Som vi ser av Figur 10-6 vil det påløpe en del drift og vedlikeholdskostnader også ved vanlig utforming av vegeterte rabatter langs veg. Dette reduserer differansekostnadene mellom tradisjonell og alternativt utformet grøntareal.

Over analyseperioden er drift og vedlikeholdskostnadene til 584 m<sup>2</sup> vegetert areal og 30 trær estimert til å ligge mellom 130 100,- og 406 900,-.



Figur 10-6: Neddiskonterte drift- og vedlikeholdskostnader over analyseperioden til grønnrabatt

| Levetidskostnader             |  |                  |                    |
|-------------------------------|--|------------------|--------------------|
|                               | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                  |                    |
|                               | Lav  | Middel           | Høy                |
| Investeringskostnad           | 198 416,2  | 372 377,1        | 716 503,7          |
| Drift- og vedlikeholdskostnad | 130 089,0  | 199 879,5        | 406 942,9          |
| Restverdi                     | -33 009,6  | -61 950,6        | -119 201,3         |
| <b>Sum levetidskostnader</b>  | <b>295 495,6</b>                                     | <b>510 306,0</b> | <b>1 004 245,2</b> |

Tabell 10-12: Levetidskostnader, grønnrabatt

### Fortau

Totalt 37 BMP'er anlegges på areal som opprinnelig er tiltenkt som fortauareal. Samlet utgjør arealene 95,5 m<sup>2</sup>. Dette kostnadsberegnes. Alt fortau og gangareal beregnes som belegningssteinbelagt. Infiltrasjonsgrøft og regnbed i punkt 3 og 4 (jfr. Tabell 9-5) er opprinnelig anlagt i planlagt grusveg (jfr. Vedlegg C). Ettersom det kun er toppdekket som er forskjellig gjøres denne forenklingen i beregningene.

Det er i beregningene forutsatt en levetid på 25 år, ettersom fortauet ikke vil bli utsatt for noe særlig større trafikkbelastning enn fra enkelte vedlikeholdsmaskiner. Levetid lik analyseperiode utgjør en restverdi lik 0..

|                                      | Total           |                  |                  |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
|                                      | Lav             | Middel           | Høy              |
| <i>Sum investeringskostnad</i>       | 97 879,7        | 169 227,1        | 266 519,8        |
| <b>Investeringskostnad eks. mva.</b> | <b>92 339,3</b> | <b>159 648,2</b> | <b>251 433,8</b> |

Tabell 10-13: Investeringskostnad, 95,5 m<sup>2</sup> fortausareal

Summerte investeringskostnader knyttet til bortfall av fortauoverbygning er estimert til å ligge ca. mellom 92 300,- og 251 400,-. Sammenligner vi denne kostnaden, eller nytteverdien, med de samlede investeringskostnadene knyttet til regnbed, som utgjør mesteparten av BMP-

arealet anlagt i fortau, vil differansekostnad kun utgjøre 43 – 46 % av opprinnelig investeringskostnad.

### Tradisjonelt ledningsnett

Som nevnt innledningsvis i kapittelet vil levetidskostnader knyttet til tradisjonelt overvannssystem stå sentralt på grunn av en forventet liten drift og vedlikeholdskostnad og en høy levetid.

Det er iht. alternativ 0.1 og 0.2 beregnet levetidskostnader til:

- 93,8 m ledningsgrøft med 150 mm OV-ledning
- 43,9 m ledningsgrøft med 200 mm OV-ledning
- 387,4 m ledningsgrøft med 300 mm OV-ledning
- 431,3 m ledningsgrøft med 600 mm OV-ledning

|  | Total            |                  |                  |
|--|------------------|------------------|------------------|
|  | Lav              | Middel           | Høy              |
| <i>150 mm</i>                          |                  |                  |                  |
| <i>Sum investeringskostnad</i>         | 42 422,0         | 86 145,6         | 161 335,1        |
| <i>Investeringskostnad eks. mva.</i>   | <b>40 020,7</b>  | <b>81 269,4</b>  | <b>152 202,9</b> |
| <i>Sum årlig D&amp;V-kostnad</i>       | 10 532,8         | 10 532,8         | 10 532,8         |
| <i>Årlig D&amp;V-kostnad eks. mva.</i> | <b>9936,6</b>    | <b>9936,6</b>    | <b>9936,6</b>    |
| <i>200 mm</i>                          |                  |                  |                  |
| <i>Sum investeringskostnad</i>         | 23 090,5         | 45 038,9         | 84 290,2         |
| <i>Investeringskostnad eks. mva.</i>   | <b>21 783,5</b>  | <b>42 489,6</b>  | <b>79 519,1</b>  |
| <i>Sum årlig D&amp;V-kostnad</i>       | 4929,5           | 4929,5           | 4929,5           |
| <i>Årlig D&amp;V-kostnad eks. mva.</i> | <b>4650,5</b>    | <b>4650,5</b>    | <b>4650,5</b>    |
| <i>300 mm</i>                          |                  |                  |                  |
| <i>Sum investeringskostnad</i>         | 284 181,1        | 533 119,3        | 955 216,1        |
| <i>Investeringskostnad eks. mva.</i>   | <b>268 095,4</b> | <b>502 942,8</b> | <b>901 147,2</b> |
| <i>Sum årlig D&amp;V-kostnad</i>       | 43 501,1         | 43 501,1         | 43 501,1         |
| <i>Årlig D&amp;V-kostnad eks. mva.</i> | <b>41 038,8</b>  | <b>41 038,8</b>  | <b>41 038,8</b>  |

Tabell 10-14: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til tradisjonelt ledningsnett i alternativ 0.1

Investeringskostnaden per meter ledningsgrøft varierer selvsagt stort mellom de ulike rørdimensjonene, og antall meter planlagt trase. Drift og vedlikeholdskostnadene på 112,3 kr/m er forenklet satt til å gjelde uavhengig av ledningsdimensjon og estimat.

D&V-kostnaden som er estimert og brukt i disse beregningene har tatt utgangspunkt i påløpte kostnader over en gitt lengde ledningsnett. Følgelig vil kostnaden også omfatte det gamle og nedslitte ledningsnettet. Nylagte rør vil trolig ha en god del lavere D&V-kost i løpet av analyseperioden enn hva som fremgår her, noe som i en nyttekostnadsanalyse vil fremstå som fordelaktig. Det må likevel forventes en progressiv økning i D&V-kostnadene etter analyseperioden og frem mot levetidens slutt. Ved å ekskludere disse kostnadene fra

beregningene, og ikke beregne med en gjennomsnittskostnad som det er gjort i denne oppgaven, vil man vanskeligere få gjennomslag for andre driftssikre, alternative løsninger.

| Levetidskostnader             |  |                    |                    |
|-------------------------------|--|--------------------|--------------------|
|                               | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                    |                    |
|                               | Lav  | Middel             | Høy                |
| Investeringskostnad           | 329 899,7  | 626 701,7          | 1 132 869,2        |
| Drift- og vedlikeholdskostnad | 824 832,8  | 824 832,8          | 824 832,8          |
| Restverdi                     | -82 325,8  | -156 392,1         | -282 705,2         |
| <b>Sum levetidskostnader</b>  | <b>1 072 406,7</b>                                   | <b>1 295 142,4</b> | <b>1 674 996,8</b> |

Tabell 10-16: Levetidskostnader, tradisjonelt ledningsnett i alternativ 0.1

Til tross for at levetiden på 100 år fører til en forventet restverdi på mellom 82300,- og 282 700,- vil levetidskostnader for rør og rørgrøft alene (uten kummer) havne på mellom 1,07 – 1,67 millioner kroner.

|  | Total            |                    |                    |
|--|------------------|--------------------|--------------------|
|  | Lav              | Middel             | Høy                |
| <i>150 mm</i>                          |                  |                    |                    |
| <i>Sum investeringskostnad</i>         | 42 422,0         | 86 145,6           | 161 335,1          |
| <i>Investeringskostnad eks. mva.</i>   | <b>40 020,7</b>  | <b>81 269,4</b>    | <b>152 202,9</b>   |
| <i>Sum årlig D&amp;V-kostnad</i>       | 10 532,8         | 10 532,8           | 10 532,8           |
| <i>Årlig D&amp;V-kostnad eks. mva.</i> | <b>9936,6</b>    | <b>9936,6</b>      | <b>9936,6</b>      |
| <i>600 mm</i>                          |                  |                    |                    |
| <i>Sum investeringskostnad</i>         | 736 487,9        | 1 252 315,3        | 2 329 951,6        |
| <i>Investeringskostnad eks. mva.</i>   | <b>694 799,9</b> | <b>1 181 429,5</b> | <b>2 198 067,6</b> |
| <i>Sum årlig D&amp;V-kostnad</i>       | 48 430,7         | 48 430,7           | 48 430,7           |
| <i>Årlig D&amp;V-kostnad eks. mva.</i> | <b>45 689,3</b>  | <b>45 689,3</b>    | <b>45 689,3</b>    |

Tabell 10-17: Investeringskostnad og årlig drift- og vedlikeholdskostnad til tradisjonelt ledningsnett i alternativ 0.2

Tabell 10-17 viser investerings-, og drift- og vedlikeholdskostnader knyttet til ledningsnett benyttet i alternativ 0.2. Økt rørdimensjon vil medføre en økning i investeringskostnadene på 107 – 123 % i forhold til alternativ 0.1. En økt restverdi gjør at økningen av levetidskostnader fremstår noe mindre. Samlet utgjør ledningsnettet i alternativ 0.2 en økning i levetidskostnadene på 28 – 55 %

| Levetidskostnader             |  |                    |                    |
|-------------------------------|--|--------------------|--------------------|
|                               | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                    |                    |
|                               | Lav  | Middel             | Høy                |
| Investeringskostnad           | 734 820,6  | 1 262 698,9        | 2 350 270,4        |
| Drift- og vedlikeholdskostnad | 824 832,8  | 82 4832,8          | 824 832,8          |
| Restverdi                     | -183 373,0   | -315 103,9         | -586 505,2         |
| <b>Sum levetidskostnader</b>  | <b>1 376 280,5</b>                                   | <b>1 772 427,8</b> | <b>2 588 598,1</b> |

Tabell 10-18: Levetidskostnader, tradisjonelt ledningsnett i alternativ 0.2

Overvannskummer, sandfangkummer, og hjelpesluk vil øke den samlede investeringskostnaden og forventet restverdi. Det er antatt at drift og vedlikehold av kummer er inkludert i kostnadene til ledningsnett, med samme levetid som selve ledningsnett. Kostnaden er beregnet ut fra 7 stk. overvannskummer, 16 stk. sandfangkummer, og 12 stk. hjelpesluk.

| Levetidskostnader            |  |                  |                  |
|------------------------------|--|------------------|------------------|
|                              | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                  |                  |
|                              | Lav  | Middel           | Høy              |
| <i>Overvannskum</i>          |  |                  |                  |
| Investeringskostnad          | 47 263,2   | 83 435,4         | 159 137,7        |
| Restverdi                    | -11 794,4  | -20 821,1        | -39 712,5        |
| <b>Sum levetidskostnader</b> | <b>35 468,8</b>                                      | <b>62 614,3</b>  | <b>119 425,2</b> |
| <i>Sandfangkum</i>           |  |                  |                  |
| Investeringskostnad          | 103 924,5  | 182 908,7        | 368 950,9        |
| Restverdi                    | -25 934,2  | -45 644,5        | -92 071,0        |
| <b>Sum levetidskostnader</b> | <b>77 990,4</b>                                      | <b>137 264,2</b> | <b>276 880,0</b> |
| <i>Hjelpesluk</i>            |  |                  |                  |
| Investeringskostnad          | 40 267,9   | 71 013,1         | 104 558,5        |
| Restverdi                    | -10 048,8  | -17 721,2        | -26 092,4        |
| <b>Sum levetidskostnader</b> | <b>30 219,1</b>                                      | <b>53 291,9</b>  | <b>78 466,1</b>  |

Tabell 10-19: Levetidskostnader, kummer og sluk

Av Tabell 10-19 ser vi at det er store kostnader knyttet bare til inntaksløsningen for overflateavrenningen. Det estimeres at det vil koste mellom 108 000,- og 355 500,- over hele vegstrekningen. Med tanke på at man i en alternativ situasjon slipper overvannet inn gjennom åpninger i kantstein er dette relativt store beløp.

#### *Overløpsrør – OV 200 mm*

I tillegg til de overnevnte tradisjonelle elementene kostnadsberegnes også 45 m med tradisjonell overvannsledning, som benyttes til påkobling av overløpskummene i de tre swale-



løsningene. Overløp legges med ledningsdimensjon  $\varnothing 200$  mm, og kostnadene beregnes som ledningsgrøft.

| Levetidskostnader             |  |                  |                  |
|-------------------------------|--|------------------|------------------|
|                               | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                  |                  |
|                               | Lav  | Middel           | Høy              |
| Investeringskostnad           | 22 329,3   | 43 554,2         | 81 511,6         |
| Drift- og vedlikeholdskostnad | 70 686,5   | 70 686,5         | 70 686,5         |
| Restverdi                     | -3714,8  | -7245,9          | -13 560,7        |
| <b>Sum levetidskostnader</b>  | <b>89 301,0</b>                                      | <b>106 994,8</b> | <b>138 637,4</b> |

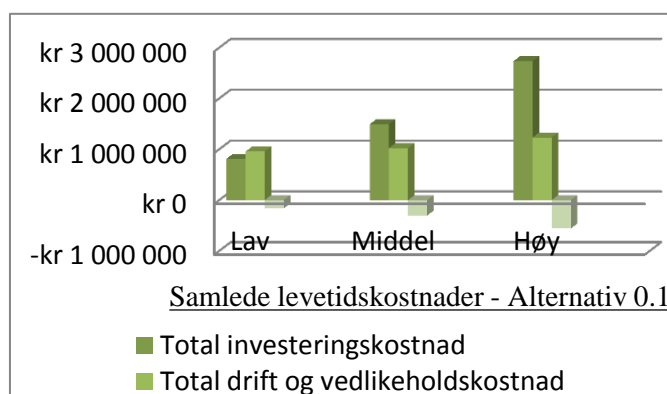
Tabell 10-20: Levetidskostnader, 45 m overløpsrør  $\varnothing 200$  mm

### 10.1.3 Alternativ 0.1

De overnevnte levetidskostnadene utgjør grunnlaget for samlede levetidskostnader knyttet til tiltakene i alternativ 0.1.

| Elementer                |                |        |
|--------------------------|----------------|--------|
|                          | Enhet          | Antall |
| OV- $\varnothing 150$ mm | m              | 93,8   |
| OV- $\varnothing 200$ mm | m              | 43,9   |
| OV- $\varnothing 300$ mm | m              | 387,4  |
| Overvannskum             | stk.           | 7,0    |
| Sandfang                 | stk.           | 16,0   |
| Hjelpesluk               | stk.           | 12,0   |
| Grønnstruktur            | m <sup>2</sup> | 584,1  |
| Fortauareal              | m <sup>2</sup> | 95,5   |

Tabell 10-21: Elementer i alternativ 0.1



Figur 10-7: Samlede levetidskostnader – Alternativ 0.1

De samlede levetidskostnadene knyttet til alternativ 0.1 er estimert, og beregnet, til å ligge mellom 1,60 – 3,41 millioner kroner. Levetidskostnadene til en normal utforming av grønnstrukturen langs vegen og fortau de stedene hvor det i alternativ 1 er planlagt BMP'er er også inkludert i kostnadene.

| Levetidskostnader – Alternativ 0.1 |  |                    |                    |
|------------------------------------|--|--------------------|--------------------|
|                                    | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                    |                    |
|                                    | Lav  | Middel             | Høy                |
| Investeringskostnad                | 812 110,8  | 1 496 084,2        | 2 733 453,7        |
| Drift- og vedlikeholdskostnad      | 954 921,8  | 1 024 712,3        | 1 231 775,7        |
| Restverdi                          | -163 112,7   | -302 529,5         | -559 782,3         |
| <b>Sum levetidskostnader</b>       | <b>1 603 919,9</b>                                   | <b>2 218 267,0</b> | <b>3 405 447,1</b> |

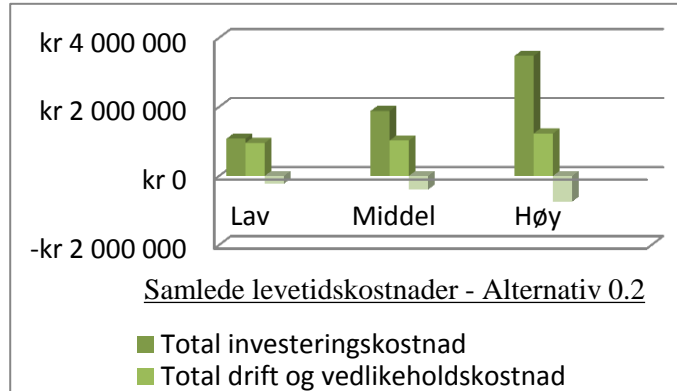
Tabell 10-22: Samlede levetidskostnader – Alternativ 0.1

### 10.1.4 Alternativ 0.2

De samlede levetidskostnadene knyttet til alternativ 0.2 er beregnet på samme måte som for alternativ 0.1. Som nevnt i kapittel 9.3.2 antas det at overvannskummer blir skiftet ut sammen med en oppdimensjonering, mens sandfangkummene og hjelpeslukene bevares.

| Elementer     |                |        |
|---------------|----------------|--------|
|               | Enhet          | Antall |
| OV- ø150 mm   | m              | 93,8   |
| OV- ø600 mm   | m              | 431,3  |
| Overvannskum  | stk.           | 7,0    |
| Grønnstruktur | m <sup>2</sup> | 584,1  |
| Fortausareal  | m <sup>2</sup> | 95,5   |

Tabell 10-23: Elementer i alternativ 0.2  
Figur 10-8: Samlede levetidskostnader – Alternativ 0.2



| Levetidskostnader – Alternativ 0.2 |  |                    |                    |
|------------------------------------|--|--------------------|--------------------|
|                                    | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                    |                    |
|                                    | Lav  | Middel             | Høy                |
| Investeringskostnad                | 1 072 839,3  | 1 878 159,6        | 3 477 345,6        |
| Drift- og vedlikeholdskostnad      | 954 921,8  | 1 024 712,3        | 1 231 775,7        |
| Restverdi                          | -228 177,0   | -397 875,7         | -745 419,0         |
| <b>Sum levetidskostnader</b>       | <b>1 799 584,1</b>                                   | <b>2 504 996,3</b> | <b>3 963 702,3</b> |

Tabell 10-24: Samlede levetidskostnader – Alternativ 0.2

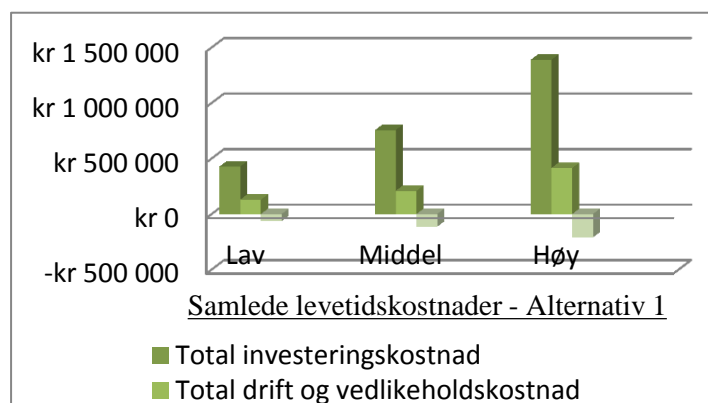
### 10.1.5 Alternativ 1

Alternativ 1 beskriver den alternative overvannshåndteringen i Strandgata, eller caseområdet, og er en sammenstilling av de overnevnte levetidskostnadene knyttet til BMP-løsningene.

Alternativ 1 beskriver levetidskostnadene knyttet til Grønnngaten.

| Elementer          |       |        |
|--------------------|-------|--------|
|                    | Enhet | Antall |
| Regnbed            | stk.  | 29     |
| Swales med tre     | stk.  | 2      |
| Swales uten tre    | stk.  | 1      |
| Inf.grøft med tre  | stk.  | 4      |
| Inf.grøft uten tre | stk.  | 6      |
| ø200 mm            | m     | 45     |

Tabell 10-25: Elementer i alternativ 1



Figur 10-9: Samlede levetidskostnader – Alternativ 1

| Levetidskostnader – Alternativ 1 |  |                  |                    |
|----------------------------------|--|------------------|--------------------|
|                                  | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                  |                    |
|                                  | Lav  | Middel           | Høy                |
| Investeringskostnad              | 427 412,3  | 755 695,6        | 1 388 864,2        |
| Drift- og vedlikeholdskostnad    | 128 786,0  | 208 459,3        | 414 320,5          |
| Restverdi                        | -64 043,7  | -114 604,5       | -210 873,7         |
| <b>Sum levetidskostnader</b>     | <b>492 154,6</b>                                     | <b>849 550,4</b> | <b>1 592 311,0</b> |

Tabell 10-26: Samlede levetidskostnader – Alternativ 1

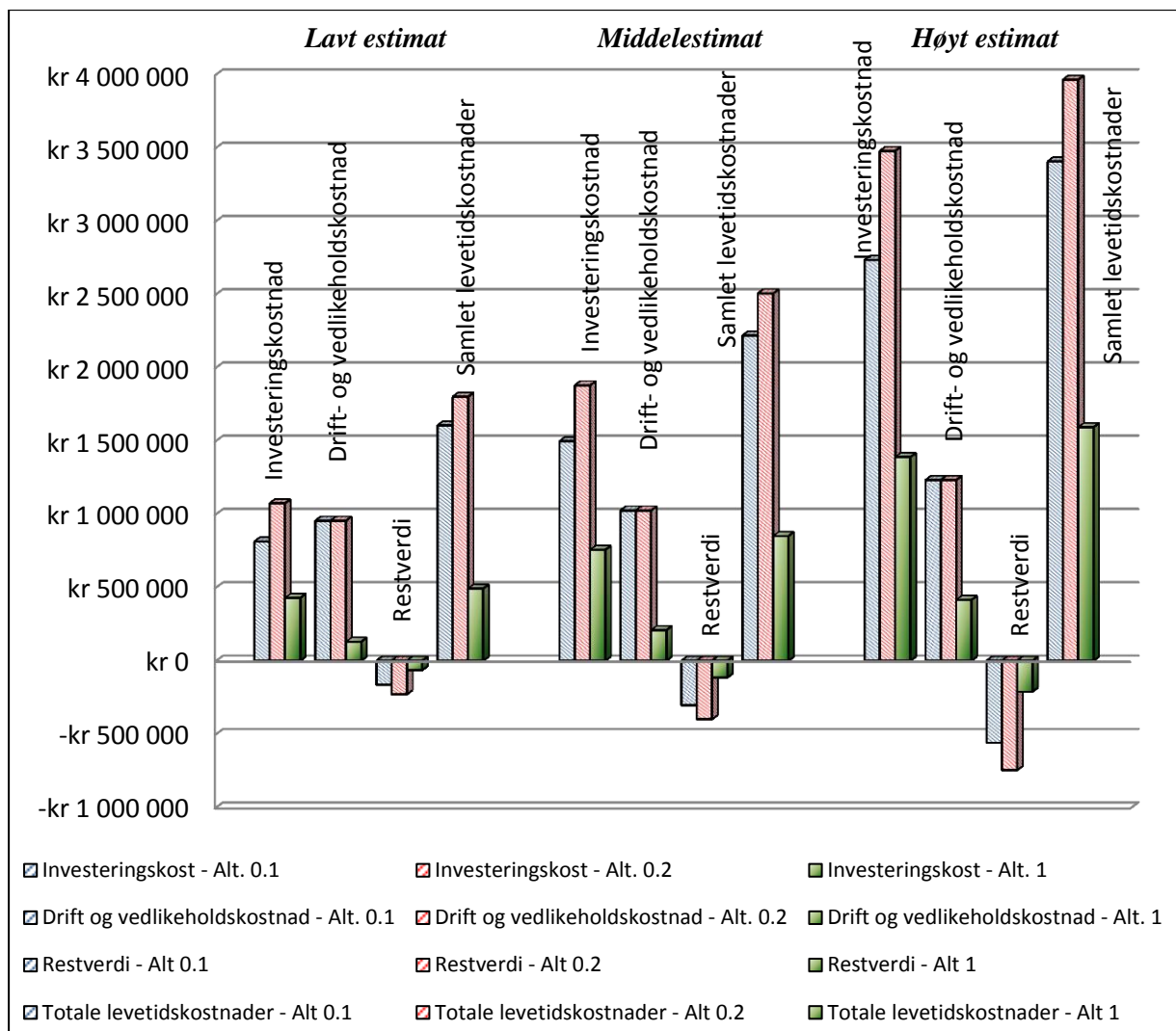
Som det fremgår av Tabell 10-26 vil levetidskostnadene knyttet til en Grønngate-prosjektering av Strandgata ligge på mellom 0,49 – 1,59 millioner kroner over analyseperioden. Dette er betydelig lavere enn for de to tradisjonelle alternativene som begge passerer 1,6 og 3,4 millioner ved hhv. lavt og høyt estimat.

Måler vi alternativene opp mot hverandre fremstår Alternativ 1 – Grønngate som et 53,2 – 69,3 % rimeligere alternativ enn håndtering av overvann etter nødvendig tradisjonell ledningsdimensjon, og 59,8 – 72,7 % rimeligere enn om eksisterende ledningsnett skulle bli oppdimensjonert fra ø500 mm til ø600 mm.

| Levetidskostnader - Alternativdifferanser |  |               |               |
|---|--|---------------|---------------|
|   | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |               |               |
|   | Lav  | Middel        | Høy           |
| Levetidskostnad – Alt. 0.1                | 1 603 919,9  | 2 218 267,0   | 3 405 447,1   |
| Levetidskostnad – Alt. 0.2                | 1 799 584,1  | 2 504 996,3   | 3 963 702,3   |
| Levetidskostnad – Alt. 1                  | 492 154,6  | 849 550,4     | 1 592 311,0   |
| <b>% differanse Alt 1 – Alt. 0.1</b>      | <b>69,3 %</b>  | <b>61,7 %</b> | <b>53,2 %</b> |
| <b>% differanse Alt 1 – Alt. 0.2</b>      | <b>72,7 %</b>  | <b>66,1 %</b> | <b>59,8 %</b> |

Tabell 10-27: Differanser i levetidskostnader

Figur 10-10 viser en sammenstilling hvor kostnadselementene og en samlet levetidskostnad er vist for alle alternativene, over de tre estimatene.



Figur 10-10: Kostnadsdifferanser mellom alternativene

Som det fremgår av Figur 10-10 fremstår alternativ 1 som billigere både med sammenligning med investeringskostnadene, D&V-kostnadene, og med de samlede levetidstekstnadene.

Kostnadsberegningen har tatt utgangspunkt i nødvendig håndteringselementer knyttet til Strandgata, det aktuelle case-området. Ettersom området er slakt hellende, vil dette slå ut i større rørdimensjon, og følgelig de samlede kostnadene.

Drift og vedlikeholdstekstnadene i alternativ 1 kan også økes betraktelig før man oppnår samme neddiskonterte kostnad som i de to 0-alternativene. Tross usikkerhet knyttet til dataene fremstår alternativ 1, og Grønngate-prosjekteringen, som det billigste alternativet mht. levetidstekstnader.

## 10.1.6 Andre neddiskonterte nytteverdier og kostnadselementer

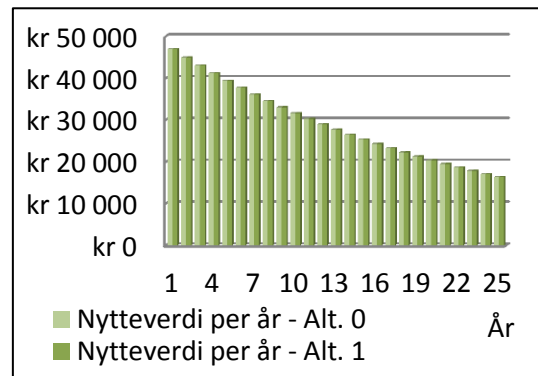
Nytteverdier som påløper årlig må på samme måte som drift- og vedlikeholdskostnadene neddiskonteres over hele analyseperioden til sammenligningsåret (år 0) for å hensynta den samfunnsøkonomiske alternativkostnaden.

Beregningsgrunnlag, og diskonteringsberegninger finnes i elektronisk vedlegg E-03 – «Nytte-kostnadsanalyse og Grønngatemodell»

### Helsekostnader

Sparte helsekostnader er omtalt i kapittel 8.2.10 og er knyttet opp mot økt aktivitetsnivå pga. mer grønnsstruktur rundt boligområdene.

Som vi ser av Figur 10-11 vil man kunne oppnå årlige nytteverdier opp mot 50 000 kroner. Neddiskontert over analyseperioden på 25 år utgjør dette en samlet nytteverdi på omtrent 728 000 kroner.



Figur 10-11: Neddiskonterte helsekostnader

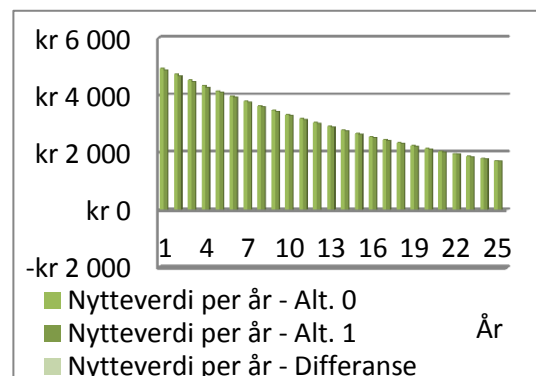
Nytteverdien er knyttet opp mot *økning* i grøntareal i gaten, og vil følgelig avhenge av grønnsstruktur i basisalternativet. Strandgata har mye eksisterende grønnsstruktur, og er planlagt med gatetrær og vegeterte rabatter. I grønngatemodellen<sup>1</sup> er det lagt inn et kriterium på at samlet grøntareal (vegetert areal og antall trær) må økes med minimum 35 % dersom nytteverdien skal komme til anvendelse i alternativ 1. Dersom økningen er under dette kommer nytteverdien til anvendelse også i basisalternativene, og følgelig vil differansekostnaden bortfalle.

På grunn av en reduksjon på 2 trær fra 30 planlagte til 28 (-7 %), og en økning i vegetert areal fra 584 m<sup>2</sup> til 653 m<sup>2</sup> (+12 %) er gjennomsnittlig økning i grøntareal på 3 %. Samlet nytteforskjell settes derfor lik 0.

### Luftforurensning

Den årlige nytten knyttet til reduserte utslipp av svevestøv, nitrogenoksider og karbondioksid er beregnet på bakgrunn av antall trær og vegetert areal i de to (tre) alternativene. Se kapittel 8.2.11 for nærmere omtale.

Som nevnt over vil antall trær reduseres, og vegetert areal økes, i dette tilfellet. Ut fra de planlagte vegetasjonsområdene i alternativene får alternativ 0 en årlig nytteverdi 5165,3 kroner, og alternativ 1 en årlig nytteverdi på 5101,5 kroner.



Figur 10-12: Neddiskonterte luftforurensningskostnader

<sup>1</sup> Grønngatemodellen finnes i elektronisk vedlegg E-03. Se for øvrig kapittel 7.2.2 og Vedlegg G.1

Summert over analyseperioden utgjør dette hhv. 76 592 kroner og 75 646 kroner.

Ved implementering av Grønngate-alternativet påføres samfunnet derfor en kostnad på 64 kroner årlig ved at det plantes mindre trær. Differansekostnaden utgjør 946 kroner over 25 år, og må anses som ubetydelig i det store bildet.

### Energikostnader

Energikostnadene omtales i kapittel 8.2.14 og avhenger av redusert mengde overvann til AF og spart energiforbruk i boliger. På samme måte som luftforurensningskostnadene avhenges det av grønnstrukturen langs gaten.

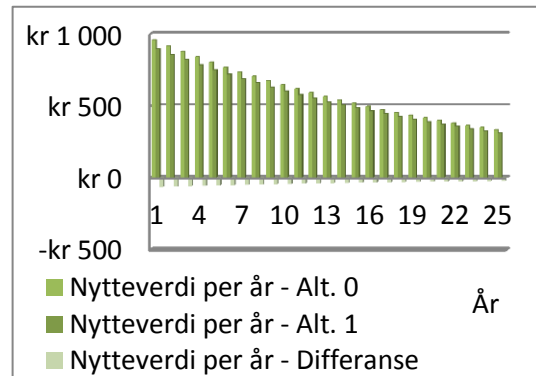
Energibesparelsen i boliger er knyttet til antall trær langs gaten, og vi får følgelig en årlig *kostnad* knyttet til alternativ 1 ettersom antall trær reduseres.

Energibesparelsen er beregnet til å utgjøre 1001,- og 934,- årlig i hhv. alternativ 0 og 1. Samlet utgjør dette 14 846,- og 13 856,-, og en redusert nytteverdi på 990,- ved Grønngate-implementeringen.

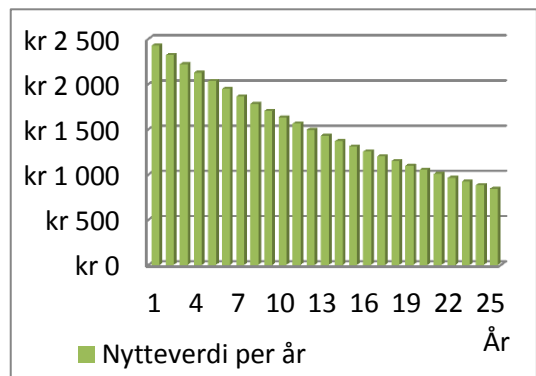
### Boligverdi

En annen nytteverdi som avhenger av ny og eksisterende grønnstruktur langs gaten er boligverdien. Med flere høyhus, og et samlet boligareal på 4035 m<sup>2</sup> utgjør nytteverdien 3,17 millioner kroner. Sett i sammenheng med levetidskostnaden knyttet til tiltakene er denne stor. Til sammenligning vil man bare med 1 % økning i boligprisene oppnå en nytteverdi på 0,79 millioner kr. Det er i grønngatemodellen gjort samme forutsetning for økning i boligverdi som for helsekostnadene, hvor det forutsettes at samlet grøntareal må øke med minimum 35 % for at man skal oppnå nyttevirkning. Følgelig faller også denne nytteverdien bort i vårt tilfelle.

En del nytteverdier knyttet til implementering og prosjektering av Grønngater vil altså komme til anvendelse også ved vanlig vegeterte gater og miljøgater. Følgelig vil man kunne oppnå større netto nytte-brøk<sup>2</sup> dersom man erstatter en vanlig planlagt gate uten omfattende grønnstruktur, med en Grønngate.



Figur 10-13: Neddiskonterte energikostnader



Figur 10-14: Neddiskonterte trafikantkostnader

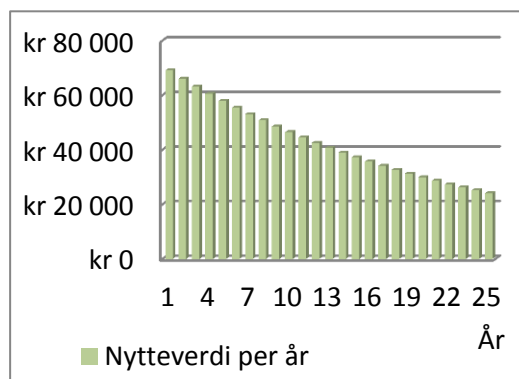
<sup>2</sup> Netto nytte-brøk omtales også som netto nåverdi per budsjettkrone (NNB), og fungerer som lønnsomhetsindikator for prosjektberegninger, ettersom den viser avkastningen i forhold til investeringen, og ikke bare det samfunnsøkonomiske nytteoverskuddet (netto nåverdi)

### Trafikantkostnader

Nytteverdi knyttet til trafikantkostnader fremkommer som differanse i sannsynlighet for overbelastning/oversvømmelse ( $p$ ) multiplisert med kostnader knyttet til en slik flomsituasjon. Det fremgår av kapittel 9.5.2 at en flomsituasjon vil gi en reduksjon i konsumentoverskudd på 72 377,7 kroner. Med utgangspunkt i en  $p$  på 0,035 (jfr. kapittel 9.6.4) gir dette en årlig *spart* kostnad på 2533,2 kroner. Neddiskontert over analyseperioden utgjør dette en total samfunnsøkonomisk nytteverdi på 37 563,1 kroner.

### Forsikringsutbetalinger

Årlig skadekostnad er bestemt ut fra *en* skade per nærliggende bolig og forretning, multiplisert med differansen i overbelastningssannsynlighet ( $p$ ). Det er registrert 35 forretninger, i første etasje, langs den gjeldende strekningen i Strandgata. Med en gjennomsnittlig skadekostnad på 58 923,8,- utgjør dette en total samfunnsøkonomisk kostnad på 2 062 333,5 kroner per flomsituasjon. Gitt differanse i sannsynlighet for overbelastning på 0,035, får vi en årlig nytteverdi på 72 181,7 kroner. Neddiskontert over analyseperioden utgjør dette en samlet nytte på 1 070 324,9 kroner.



Figur 10-15: Neddiskonterte forsikringsutbetalinger

### Skattekostnad

Skattekostnad beregnes som 20 % av samlede investeringer, og drift- og vedlikeholdskostnad.

| <b>Beregnet skattekostnad</b>        |                  |                  |                  |
|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                      | Lav              | Middel           | Høy              |
| <i>Alternativ 0.1</i>                |                  |                  |                  |
| Total investeringskostnad            | 812 110,8        | 1 496 084,2      | 2 733 453,7      |
| Total drift og vedlikeholdskostnad   | 954 921,8        | 1 024 712,3      | 1 231 775,7      |
| Beregningsgrunnlag for skattekostnad | 1 767 032,6      | 2 520 796,6      | 3 965 229,4      |
| <b>Skattekostnad (20 %)</b>          | <b>353 406,5</b> | <b>504 159,3</b> | <b>793 045,9</b> |
| <i>Alternativ 0.2</i>                |                  |                  |                  |
| Total investeringskostnad            | 1 072 839,3      | 1 878 159,6      | 3 477 345,6      |
| Total drift og vedlikeholdskostnad   | 954 921,8        | 1 024 712,3      | 1 231 775,7      |
| Beregningsgrunnlag for skattekostnad | 2 027 761,1      | 2 902 872,0      | 4 709 121,3      |
| <b>Skattekostnad (20 %)</b>          | <b>405 552,2</b> | <b>580 574,4</b> | <b>941 824,3</b> |
| <i>Alternativ 1</i>                  |                  |                  |                  |
| Total investeringskostnad            | 427 412,3        | 755 695,6        | 1 388 864,2      |
| Total drift og vedlikeholdskostnad   | 128 786,0        | 208 459,3        | 414 320,5        |
| Beregningsgrunnlag for skattekostnad | 556 198,3        | 964 154,9        | 1 803 184,8      |
| <b>Skattekostnad (20 %)</b>          | <b>111 239,7</b> | <b>192 831,0</b> | <b>360 637,0</b> |

Tabell 10-28: Beregnet skattekostnad – Alle alternativ



## 10.2 Nytte-kostnadsanalyse av verdsatte virkninger

På bakgrunn av levetidskostnadene, og andre identifiserte og neddiskonterte nytte- og kostnadsverdier, beregnes netto nåverdi for alternativene.

### 10.2.1 Netto nåverdiberegning

Netto nåverdi knyttet til implementering av en Grønngateløsning (Alternativ 1) beregnes opp mot begge basisalternativene (Alternativ 0.1 og 0.2).

#### Alternativ 1- Grønngate vs. Alternativ 0.1 – Tradisjonelt ledningsnett

| Netto nåverdi (NNV)                          |                    |                    |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                    |                    |
| <i>Sparte investering – Alternativ 0.1</i>   |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 812 110,8          | 1 496 084,2        | 2 733 453,7        | 1 680 549,6        |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 954 921,8          | 1 024 712,3        | 1 231 775,7        | 1 070 469,9        |
| Skattekostnad                                | 353 406,5          | 504 159,3          | 793 045,9          | 550 203,9          |
| <i>Sparte kostnader</i>                      |                    |                    |                    |                    |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           |
| Restverdi                                    | 64 043,7           | 114 604,5          | 210 873,7          | 129 840,6          |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte helsekostnader                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Boligverdi                                   | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>3 292 370,9</b> | <b>4 247 448,3</b> | <b>6 077 037,0</b> | <b>4 538 952,1</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2        | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0          | 208 459,3          | 414 320,5          | 250 522,0          |
| Skattekostnad                                | 111 239,7          | 192 831,0          | 360 637,0          | 221 569,2          |
| <i>Utgåtte nytteverdier – Alternativ 0.1</i> |                    |                    |                    |                    |
| Restverdi                                    | 163 112,7          | 302 529,5          | 559 782,3          | 341 808,2          |
| <i>Annen differanse i kost.virkninger</i>    |                    |                    |                    |                    |
| Luftforurensing                              | 945,7              | 945,7              | 945,7              | 945,7              |
| Sparte energikostnader                       | 989,7              | 989,7              | 989,7              | 989,7              |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>832 486,1</b>   | <b>1 461 450,9</b> | <b>2 725 539,5</b> | <b>1 673 158,8</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>2 459 884,7</b> | <b>2 785 997,4</b> | <b>3 351 497,5</b> | <b>2 865 793,2</b> |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>4,4</b>         | <b>2,9</b>         | <b>1,9</b>         | <b>2,6</b>         |

Tabell 10-29: Netto nåverdi, Alternativ 1 vs. Alternativ 0.1



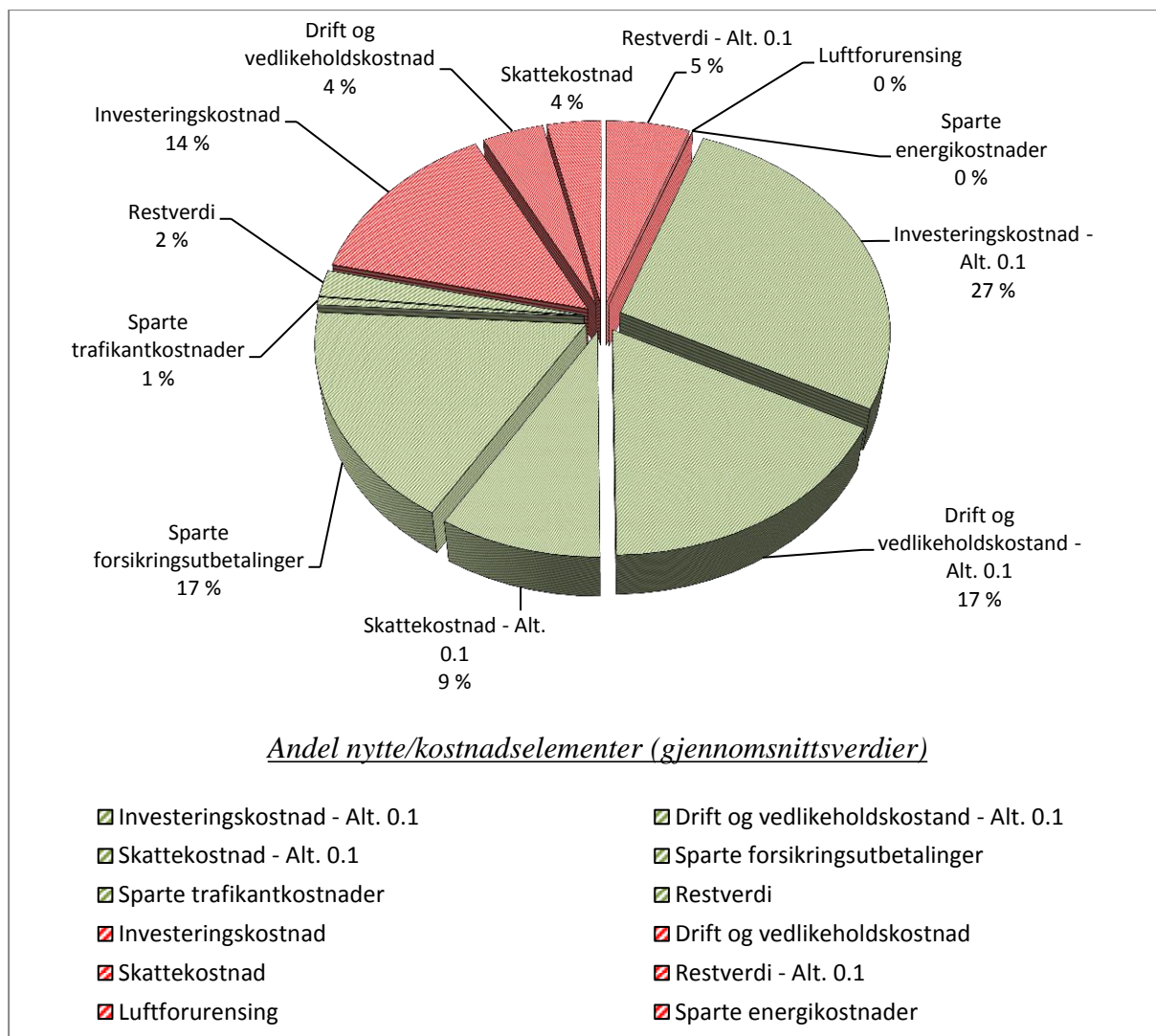
Implementering av en Grønngate-løsning som alternativ til håndtering av overvann gjennom tradisjonelt ledningsnett, vil utgjøre en samlet netto nytteverdi på mellom 3,29 – 6,08 millioner kroner i hhv. lavt og høyt estimat.

Kostnadsvirkningene knyttet til implementeringen er estimert til å være mellom 0,83 – 2,73 millioner kroner. Gjennom nytte-kostnadsberegningen fremstår dermed Grønngate-alternativet som det beste alternativet med en nettonåverdi på mellom 2,46 -3,35 millioner kroner.

Med utgangspunkt i investeringskostnadene og fremtidig forventede drift- og vedlikeholdskostnader ser vi av lønnsomhetsindikatoren<sup>3</sup> at tiltaket vil ha en netto nåverdi per budsjettkrone på mellom 4,4 og 1,9 avhengig av hhv. lavt og høyt estimat. Tiltaket vil m.a.o. gi en avkastning på mellom 4 kroner og 40 øre, og 1 krone og 90 øre, per krone som investeres i Grønngate-tiltaket. Figur 10-16 illustrerer hvilke elementer som gir størst bidrag i nåverdiberegningen.

---

<sup>3</sup> Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)



Figur 10-16: Forventet andel nytte- og kostnadsvirkninger ved Grønngate-tiltak målt mot alternativ 0.1

Figuren viser klart at de forventede nyttevirkningene overstiger kostnadene knyttet til implementeringstiltaket. Vi ser også at den største nytteverdien er bortfalte kostnader knyttet til etablering og drift av en tradisjonell overvannshåndtering.

I forhold til de identifiserte nyttevirkningene til en Grønngate-implementering vil sparte forsikringsutbetalinger utgjøre størstedelen. Dette er konsistent med det utbredte fokuset på bruken av alternative metoder som flomreducerende tiltak i flere overvannsveiledere. Vi kan merke oss at estimert nytteverdi knyttet til reduserte forsikringsutbetalinger alene vil overgå estimerte investeringskostnader og fremtidige drift og vedlikeholdskostnader til Grønngate-implementeringen i både lavt og middels estimat.

Alternativ 1- Grønnngateløsning vs. Alternativ 0.2– Oppdimensjonering av tradisjonelt ledningsnett

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   |                    |                    |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                    |                    |
| <i>Sparte investering – Alternativ 0.2</i>   |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 1 072 839,3        | 1 878 159,6        | 3 477 345,6        | 2 142 781,5        |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 954 921,8          | 1 024 712,3        | 1 231 775,7        | 1 070 469,9        |
| Skattekostnad                                | 405 552,2          | 580 574,4          | 941 824,3          | 642 650,3          |
| <i>Sparte kostnader</i>                      |                    |                    |                    |                    |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           |
| Restverdi                                    | 64 043,7           | 114 604,5          | 210 873,7          | 129 840,6          |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte helsekostnader                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Boligverdi                                   | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>3 605 245,1</b> | <b>4 705 938,8</b> | <b>6 969 707,2</b> | <b>5 093 630,4</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2        | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0          | 208 459,3          | 414 320,5          | 250 522,0          |
| Skattekostnad                                | 111 239,7          | 192 831,0          | 360 637,0          | 221 569,2          |
| <i>Utgåtte nytteverdier – Alternativ 0.2</i> |                    |                    |                    |                    |
| Restverdi                                    | 228 177,0          | 397 875,7          | 745 419,0          | 457 157,2          |
| <i>Annen differanse i kost.virkninger</i>    |                    |                    |                    |                    |
| Luftforurensing                              | 945,7              | 945,7              | 945,7              | 945,7              |
| Sparte energikostnader                       | 989,7              | 989,7              | 989,7              | 989,7              |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>897 550,4</b>   | <b>1 556 797,0</b> | <b>2 911 176,2</b> | <b>1 788 507,9</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>2 707 694,7</b> | <b>3 149 141,8</b> | <b>4 058 531,0</b> | <b>3 305 122,5</b> |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>4,9</b>         | <b>3,3</b>         | <b>2,3</b>         | <b>3,0</b>         |

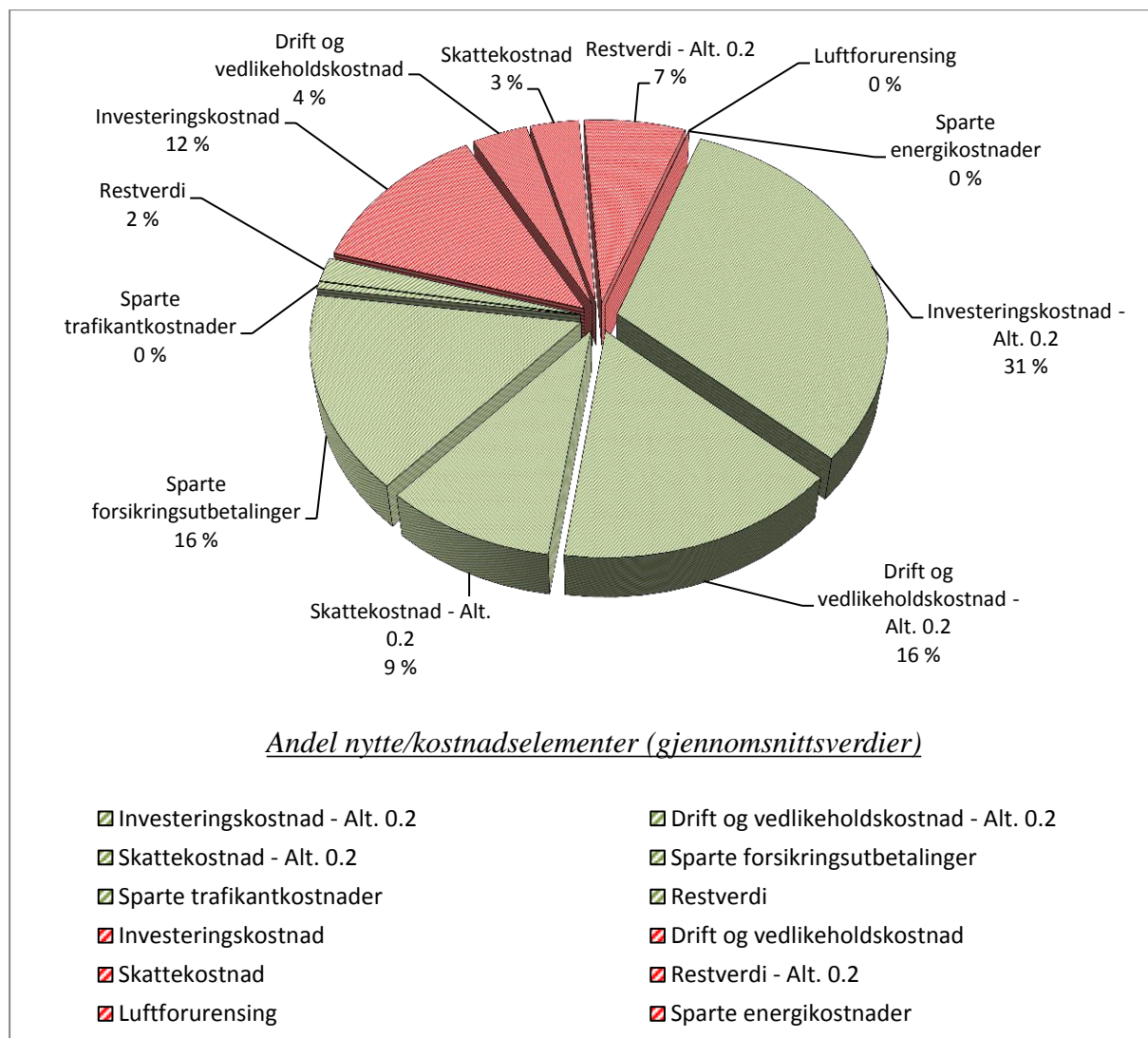
Tabell 10-30: Netto nåverdi, Alternativ 1 vs. Alternativ 0.2

Alternativ 1 fremstår også som mer lønnsomt i forhold til håndtering av overvann gjennom en oppdimensjonering av eksisterende ledningsnett.

Tiltaket vil gi en samlet netto nytteverdi på mellom 3,61 – 6,97 millioner kroner, og en samlet kostnadsvirkning på mellom 0,90 – 2,91 millioner kroner. Dette gir en samlet netto nåverdi på mellom 2,71 millioner og 4,06 millioner. Tiltaket fremstår også som mer lønnsomt i forhold overnevnte netto nåverdiberegning med en avkastning på mellom 2,3 og 4,9.

Merk at de to nåverdiberegningene knyttet til Alternativ 1 vs. Alternativ 0.1 og Alternativ 1 vs. Alternativ 0.2 ikke representerer to konkurrerende tiltaksalternativer, men to ulike utgangssituasjoner. Lønnsomhetsindikatoren illustrerer dermed ikke hvilket tiltak som bør

velges over de andre, men illustrerer at det vil påløpe en enda *større* samfunnsøkonomisk avkastning dersom tiltaket velges i stedet for en nødvendig oppdimensjonering. Ettersom det beregnes med differansekostnader, vil NNB illustrere samfunnsøkonomisk avkastning på investeringen i en alternativ overvannshåndtering og ikke på vegprosjektet i sin helhet.



Figur 10-17: Forventet andel nytte- og kostnadsvirkninger ved Grønngate-tiltak målt mot alternativ 0.2

Økningen i avkastning skyldes i all hovedsak økte investeringskostnader knyttet til oppdimensjoneringen, som nå bortfaller. Gjennomsnittlig oppnås det for de to tiltakene en samlet netto nåverdi på 2,87 og 3,31 millioner kroner, og en økt avkastning på 2 kroner og 60 øre og 3 kroner per investert budsjettkrone, for hhv. alt.1 vs. alt. 0.1 og alt.1 vs. alt. 0.2.

### 10.2.2 Hypotetisk tiltaksberegning

Som vi ser av tabellene (Tabell 10-29 og Tabell 10-30) er mange av de identifiserte nyttevirkningene knyttet til implementering av en Grønngate-løsning utelatt på grunn av mye

planlagt vegetasjon og grøntarealer i basisalternativene. Til tross for samfunnsøkonomiske nyttevirksomheter utgjør differansevirksomheten mellom alternativene kun en liten verdi, eller 0.

For å illustrere hvilke verdier som kan påløpe ved en Grønngate-implementering er alternativ 1 vs. 0.1 beregnet uten de bortfalte nytteverdier på grunn av grønnstruktur i alternativ 0.

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   |                    |                    |                     |                    |
|--|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                 | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                     |                    |
| <i>Sparte investering – Alternativ 0.1</i>   |                    |                    |                     |                    |
| Investeringskostnad                          | 812 110,8          | 1 496 084,2        | 2 733 453,7         | 1 680 549,6        |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 954 921,8          | 1 024 712,3        | 1 231 775,7         | 1 070 469,9        |
| Skattekostnad                                | 353 406,5          | 504 159,3          | 793 045,9           | 550 203,9          |
| <i>Sparte kostnader</i>                      |                    |                    |                     |                    |
| Sparte energikostnader                       | 13 856,2           | 13 856,2           | 13 856,2            | 13 856,2           |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9         | 1 070 324,9        |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1            | 37 563,1           |
| Sparte helsekostnader                        | 727 976,3          | 727 976,3          | 727 976,3           | 727 976,3          |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |                    |                    |                     |                    |
| Restverdi                                    | 64 043,7           | 114 604,5          | 210 873,7           | 129 840,6          |
| Boligverdi                                   | 3 173 150,7        | 3 173 150,7        | 3 173 150,7         | 3 173 150,7        |
| Luftforurensing                              | 75 646,0           | 75 646,0           | 75 646,0            | 75 646,0           |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>7 283 000,1</b> | <b>8 238 077,5</b> | <b>10 067 666,2</b> | <b>8 529 581,3</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                     |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2         | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0          | 208 459,3          | 414 320,5           | 250 522,0          |
| Skattekostnad                                | 111 239,7          | 192 831,0          | 360 637,0           | 221 569,2          |
| <i>Utgåtte nytteverdier – Alt. 0.1</i>       |                    |                    |                     |                    |
| Restverdi                                    | 163 112,7          | 302 529,5          | 559 782,3           | 341 808,2          |
| <i>Annen differanse i kost.virkninger</i>    |                    |                    |                     |                    |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>830 550,7</b>   | <b>1 459 515,4</b> | <b>2 723 604,0</b>  | <b>1 671 223,4</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>6 452 449,4</b> | <b>6 778 562,1</b> | <b>7 344 062,2</b>  | <b>6 858 357,9</b> |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>11,6</b>        | <b>7,0</b>         | <b>4,1</b>          | <b>6,2</b>         |

Tabell 10-31: Netto nåverdi, hypotetisk tiltaksberegning

Denne hypotetiske beregningen er ment å illustrere hvilke samfunnsøkonomiske nytteverdier som kan påløpe dersom en gate bygges som en Grønngate istedenfor konvensjonell gate uten mye grønnstruktur, og med et tradisjonelt overvannsnnett.

Som vi ser av Tabell 10-31 vil man kunne oppnå samfunnsøkonomiske nyttevirksomheter på mellom 7,28 og 10,07 millioner kroner. Dette er 3,99 millioner kroner *mer* enn tidligere beregnet. Samlet nettonåverdi påløper seg til mellom 6,45 – 7,34 millioner kroner, og utgjør en netto nåverdi per budsjettkrone på mellom 11,6 og 4,1 i hhv. lavt og høyt estimat. Vi kan

altså forvente å få økte samfunnsøkonomiske gevinster tilsvarende omtrent 4 til 12 ganger hva det koster å implementere og drifte en alternativ overvannshåndtering.

Av nytteverdiene utgjør her 4 % økning i boligverdi den klart høyeste nytteverdien, og er resultat av den høye boligprisen i Norge. Vi ser også at forventet økning i helsegevinst i form av mer gå og sykkelturner utgjør over 728 000,-, og 75 600,- i form av forbedret luftkvalitet.

### 10.2.3 Synliggjøring av usikkerhet

Mangel på norske erfaringer gjør at vi enda ikke har data som kan understøtte hvilke kostnader og nytteverdier som vil påløpe som følge av en Grønngate-implementering. Det må derfor knyttes en god del usikkerhet til de estimerte og benyttede verdiene i nettonåverdberegningen.

For å synliggjøre denne usikkerheten er det utført en forenklet scenarioanalyse («*what-if*»-analyse), ved endring av ulike input-verdier. Usikkerhet knyttet til investeringskostnadene antas å være innlemmet i de tre estimatene.

Scenarioene beregnes opp mot alternativ 0.1 som utgjør den minste investeringskostnaden, og følgelig den minste nytteverdien, i forhold til alternativ 1. Under beskrives scenarioene med input-endringer, og tabell med samlet nytte- og kostnadsvirkninger, samt NNV og NNB. Komplette beregninger finnes som Vedlegg H.

#### Følgende 9 scenarioer beregnes og kommenteres:

- Ingen virkninger utenom investeringskostnader, D&V-kostnad, skattekostnad, og restverdi.
- D&V-kostnad knyttet til BMP'ene, og alternativ 1, femdobles i forhold til tidligere.
- Fiberduk og topplag til samtlige BMP'er skiftes ut annet hvert år.
- Alt BMP-areal anlegges i planlagt fortau.
- Alt BMP-areal anlegges i planlagt grønnstruktur.
- Ingen påvirkning fra eksisterende anlegg («retrofitting»)
- Alt BMP-areal må eksproprieres (grunnerverv).
- Sparte forsikringsutbetalinger kun for forretninger utenfor swale.
- Påløpte rehabiliteringskostnader av veg ved flom

### Boligverdi, helsekostnader, og luftforurensning

Nytte-kostnadsverdiene knyttet til både boligverdi, helsekostnader, og luftforurensning er svært usikre. Om man vil oppnå en økning i boligprisene på grunn av omkringliggende grønnstruktur vil avhenge av etterspørselen. Om man i tillegg vil oppnå en økning på hele 4 % *dersom* dette skjer, er også uklart. Helsekostnadene er også beregnet ut fra en antatt økning i gå- og sykkelturner på 21 %. Dersom kun 1 % økning oppnås vil dette kun utgjøre 34 700,- i stedet for 728 000,-.

Den faktiske nytteverdien knyttet til luftforurensning avhenger av størrelsen på trærne. I oppgaven er det forutsatt planting av «små» gatetrær. Dersom trærne plantes større vil også verdien kunne øke. Tallene er basert på en amerikansk undersøkelse, og vil kunne avvike ved norske forhold.

Usikkerheten knyttet til disse verdiene drøftes ikke videre ettersom de utgjør svært lav, eller ingen, differanseverdi mellom alternativene.

### Scenario 1: Ingen eksterne nytte-, eller kostnadsvirkninger

Scenarioet illustrerer de estimerte kostnadsforskjellene mellom de to alternativene uten hensyn til andre samfunnsvirkninger enn projektkostnader. Scenario 1 illustrerer dermed de samfunnsøkonomiske virkninger dersom tiltaket, av ulike årsaker, ikke skulle medføre andre nytteverdier enn bortfall av tradisjonelle levetidskostnader.

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         |             |             |             |              |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Scenario 1</i>                  |             |             |             |              |
|                                    | Lav         | Middel      | Høy         | Gjennomsnitt |
| Sum netto nytte                    | 2 184 482,9 | 3 139 560,3 | 4 969 149,0 | 3 431 064,1  |
| Sum kostnadsvirkninger             | 830 550,7   | 1 459 515,4 | 2 723 604,0 | 1 671 223,4  |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         | 1 353 932,2 | 1 680 044,9 | 2 245 545,0 | 1 759 840,7  |
| <b>NNV per budsjettkrone (NNB)</b> | 2,4         | 1,7         | 1,2         | 1,6          |

Tabell 10-32: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 1

Scenarioet oppnår en positiv netto nåverdi på mellom 1,35 og 2,25 millioner kroner. Grønngaten fremstår dermed som det mest lønnsomme alternativet selv om man ikke inkluderer andre nyttevirksomheter til tiltaket.

Lønnsomhetsindikatoren viser at man ved å velge alternativ overvannshåndtering over tradisjonell håndtering vil oppnå en økt avkastning på mellom 1,2 og 2,4 kroner per investert budsjettkrone.

### Scenario 2: Femdobling av drift- og vedlikeholdskostnadene til BMP-løsningene.

Det knyttes stor usikkerhet til hvilke drift- og vedlikeholdskostnader som vil påløpe ved implementering av BMP-løsninger nær veg. Tallene som er benyttet er hentet fra internasjonale studier, men tar ikke hensyn til om løsningene anlegges langs ved veg, eller



ikke. Scenario 2 illustrerer beregnet nåverdi dersom reelle D&V-kostnader vil være 5 ganger så store som antatt. Det anses av kandidaten som urealistisk at drift- og vedlikeholdskostnadene vil øke utover dette. Andre nytte- og kostnadsverdier påløper som ellers.

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         |             |             |             |              |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Scenario 2</i>                  |             |             |             |              |
|                                    | Lav         | Middel      | Høy         | Gjennomsnitt |
| Sum netto nytte                    | 3 292 370,9 | 4 247 448,3 | 6 077 037,0 | 4 538 952,1  |
| Sum kostnadsvirkninger             | 1 450 658,9 | 2 462 055,8 | 4 714 278,1 | 2 875 664,2  |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         | 1 841 712,0 | 1 785 392,6 | 1 362 758,9 | 1 663 287,8  |
| <b>NNV per budsjettkrone (NNB)</b> | 1,7         | 1,0         | 0,4         | 0,8          |

Tabell 10-33: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 2

Grønngate-alternativet oppnår positiv nettonåverdi også med femdoblede drift- og vedlikeholdskostnader. Av Tabell 10-33 ser vi at økningen i kostnadene vil redusere samlet netto nåverdi med mellom ca. 0,62 – 1,99 millioner kroner i hhv. lavt og høyt estimat.

Netto nåverdi per budsjettkrone utgjør 1,7 og 0,4 kroner, og indikerer at man fremdeles vil oppnå en økt avkastning på mellom 1 krone og 70 øre og 40 øre, dersom man går for alternativ 1. Drift og vedlikeholdskostnadene må økes med 1700 % og 800 % i hhv. lavt og høyt estimat derom man skal oppnå negativ nåverdi.

Scenario 3: Fiberduk og topplag til samtlige BMP'er utskiftes annen hvert år

Scenario 3 bygger videre på usikkerheten knyttet til bruken av BMP'er langs veg. Svevestøv som følge av piggdekkbruk, strøsand, og andre partikler kan bli transportert med trafikken, og vasket ut i de alternative løsningene sammen med avrenningen. Over tid kan dette føre til gjentetting, og redusert funksjonsevne.

Alle BMP-løsningene som er benyttet i alternativ 1 er konstruert med fiberduk under topplag for å hindre småpartikler å trenge ned i filtermediet. Gjentetting av topplaget kan likevel oppstå. Scenario 3 beregner, noe konservativt, netto nåverdi av tiltaket dersom fiberduk og topplag til alle BMP'ene må skiftes ut annet hvert år. Kostnadene er beregnet ut fra tidligere benyttede enhetspriser, og et innkalkulert rigg-, og driftstillegg på 35 %.

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         |             |             |             |              |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Scenario 3</i>                  |             |             |             |              |
|                                    | Lav         | Middel      | Høy         | Gjennomsnitt |
| Sum netto nytte                    | 3 296 291,0 | 4 255 863,0 | 6 098 594,5 | 4 550 249,5  |
| Sum kostnadsvirkninger             | 1 032 914,7 | 1 891 673,4 | 3 827 730,2 | 2 250 772,8  |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         | 2 263 376,3 | 2 364 189,6 | 2 270 864,4 | 2 299 476,8  |
| <b>NNV per budsjettkrone (NNB)</b> | 3,1         | 1,8         | 0,8         | 1,4          |

Tabell 10-34: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 3



Utskifting av fiberduk og topplag for samtlige BMP'er, annet hvert år, vil utgjøre en økning i samlet drift og vedlikeholdskostnad på mellom 167 100,- og 918 700,- over analyseperioden. Som tabellen over viser vil en grønngateimplementering utgjøre positiv netto nåverdi på over 2,26 millioner i alle estimat, og en netto nåverdi per budsjettkrone på 0,8 – 3,1 i hhv. høyt og lavt estimat.

Beregningen tyder på at det i et samfunnsøkonomisk perspektiv vil lønne seg å bruke alternativ overvannshåndtering langs veg, selv om det oppstår gjentetting av topplag og reduksjon i funksjonsevne så ofte som annet hvert år.

Scenario 4: Alt BMP-areal anlegges i planlagt fortau.

Scenario 4 beregnes for å illustrere kostnader og nytteverdier dersom alt BMP-areal blir anlagt i planlagt fortau. Når dette gjøres før bygging vil det vises igjen i *sparte* konstruksjonskostnader knyttet til det konvensjonelle alternativet.

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         |             |             |             |              |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Scenario 4</i>                  |             |             |             |              |
|                                    | Lav         | Middel      | Høy         | Gjennomsnitt |
| Sum netto nytte                    | 3 680 224,0 | 4 988 589,6 | 7 252 014,2 | 5 306 942,6  |
| Sum kostnadsvirkninger             | 807 423,9   | 1 416 860,9 | 2 647 676,7 | 1 623 987,2  |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         | 2 872 800,1 | 3 571 728,6 | 4 604 337,6 | 3 682 955,4  |
| <b>NNV per budsjettkrone (NNB)</b> | 5,2         | 3,7         | 2,6         | 3,3          |

Tabell 10-35: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 4

Som vist av tabellen vil samlet netto nåverdi øke dersom man anlegger alt BMP-areal som erstatning for belagte flater. Årsaken til dette er en lavere levetidskostnad knyttet til BMP'ene i forhold til konstruksjon av fortauets overbygning. Resultatet, som gir en netto nåverdi per budsjettkrone på mellom 2,6 og 5,2, illustrerer at dersom man i en tidligfase implementerer slike håndteringsløsninger som et naturlig element i byens uterom, kan oppnå ytterligere samfunnsøkonomiske besparelser.

Scenario 5: Alt BMP-areal anlegges i planlagt grønnstruktur.

Scenario 5 illustrerer det motsatte av scenario 4, hvor alt BMP-areal er anlagt steder hvor det opprinnelig er planlagt grønnstruktur.

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         |             |             |             |              |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Scenario 5</i>                  |             |             |             |              |
|                                    | Lav         | Middel      | Høy         | Gjennomsnitt |
| Sum netto nytte                    | 3 228 973,8 | 4 126 304,0 | 5 884 979,4 | 4 413 419,1  |
| Sum kostnadsvirkninger             | 836 582,7   | 1 468 739,4 | 2 738 266,7 | 1 681 196,3  |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         | 2 392 391,1 | 2 657 564,6 | 3 146 712,7 | 2 732 222,8  |
| <b>NNV per budsjettkrone (NNB)</b> | 4,3         | 2,8         | 1,7         | 2,5          |

Tabell 10-36: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 5

Som forventet gir scenarioet en noe lavere netto nåverdi enn scenarioet over. Både scenario 4 og 5 påvirkes av at de største nytteverdiene knyttet til grønngateimplementeringen er bortfall av kostnader knyttet til eksisterende anlegg.

Dersom alt BMP-areal anlegges i planlagt grønnstruktur oppnås en netto nåverdi per budsjettkrone på mellom 1,7 og 4,3 i hhv, høyt og lavt estimat.

*Scenario 6: Ingen påvirkning fra eksisterende anlegg («retrofitting»)*

Som vist i Figur 10-16 vil bortfalte nytteverdier knyttet til eksisterende anlegg utgjøre en stor del av netto nytten til grønnगतetiltaket. Scenario 6 beregnes uten disse nytteverdiene, og vil på den måten være tilnærmet en «retrofitting»-situasjon.

Tallene vil kun gi en indikasjon på retrofitting\_ ettersom et eksisterende ledningsnett vil avlaste de nye BMP-løsningene, og redusere nødvendig håndteringsareal. Dette vil på sin side redusere samlet investering, drift- og vedlikeholdskostnader. Dette er ikke beregnet.

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         |             |             |             |              |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Scenario 6</i>                  |             |             |             |              |
|                                    | Lav         | Middel      | Høy         | Gjennomsnitt |
| Sum netto nytte                    | 1 171 931,7 | 1 222 492,5 | 1 318 761,7 | 1 237 728,6  |
| Sum kostnadsvirkninger             | 669 373,4   | 1 158 921,4 | 2 165 757,2 | 1 331 350,7  |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         | 502 558,3   | 63 571,1    | -846 995,5  | -93 622,0    |
| <b>NNV per budsjettkrone (NNB)</b> | 0,9         | 0,1         | -0,5        | -0,1         |

Tabell 10-37: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 6

Tabellen (over) viser at nytteverdien av implementeringen overstiger kostnadene i både lavt- og middelsestimat. I høyt estimat vil investeringskostnadene knyttet til Grønnгaten overstige forventet nytteverdi med 847 000,-.

I tillegg til de beregnede kostnadene vil det påløpe prosjekteringskostnader. Ettersom Grønnгaten her ikke anlegges *istedenfor* en konvensjonell gate, vil differansekostnadene heller ikke gå i 0.. En retrofitting vil også kunne kreve økte investeringskostnader i form av skjæring, bortkjøring og håndtering av asfaltdekker etc., samt økte trafikantkostnader som resultat av stengning av veg.

Det er derfor nærliggende å konkludere med at tiltaket ikke vil utgjøre en positiv nåverdi og være lønnsomt i et nytte-kostnadsperspektiv. Om det vil være sannsynlig at en allerede etablert gate med mye grønnstruktur (tilsvarende en miljøgate e.l.) vil bli ombygget til å håndtere overvannet alternativt, uten at det foreligger et behov for forbedret overvannshåndtering, er noe tvilsomt. Dersom Grønnгaten utformes ut fra en vanlig gate, på lik linje som gater ombygges til miljøgater, vil man i tillegg til de beregnede nytteverdiene kunne få nytteverdi knyttet til økt boligverdi, helsegevinster, forbedret luftkvalitet. Dette vil øke samlet netto nåverdi.

Scenario 7: Alt BMP-areal må eksproprieres (grunnerverv).

Et annet usikkerhetsmoment ved implementering av alternativ overvannshåndtering i urbane områder, er tilgjengelig areal (jfr. kapittel 4.6.2). Scenario 7 illustrerer kostnad/nytten knyttet til tiltaket dersom hele BMP-areal på 679,5 m<sup>2</sup> må eksproprieres.

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         |             |             |             |              |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Scenario 7</i>                  |             |             |             |              |
|                                    | Lav         | Middel      | Høy         | Gjennomsnitt |
| Sum netto nytte                    | 3 289 768,9 | 4 240 193,7 | 6 055 978,2 | 4 528 646,9  |
| Sum kostnadsvirkninger             | 1 977 547,2 | 2 606 512,0 | 3 870 600,6 | 2 818 220,0  |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         | 1 312 221,7 | 1 633 681,7 | 2 185 377,5 | 1 710 427,0  |
| <b>NNV per budsjettkrone (NNB)</b> | 0,9         | 0,9         | 0,8         | 0,8          |

Tabell 10-38: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 7

Grunnerverv av 679,5 m<sup>2</sup> vil gi en økning i kostnadsvirkningene på 1,01 millioner kroner ut fra gitt tomtepris for Hedmark. Ettersom en grunnervervskostnad vil øke det statlige investeringsbehovet er kostnaden fratrukket mva., og inkludert i skattekostnadsberegningene før beregning av netto nåverdi. Av tabellen ser vi at tiltaket utgjør en positiv netto nåverdi på mellom 1,31 og 2,19 millioner kroner i hhv. lavt og høyt estimat. Dette er en reduksjon i opprinnelig netto nåverdi på hhv. 47 % og 35 %. Netto nåverdi per budsjettkrone er derimot redusert med 80 % og 58 % i hhv. lavt og høyt estimat. Ekspropriasjonskostnaden øker statlig investering, og resulterer i lavere lønnsomhet for prosjektet.

Tiltaket oppnår likevel positiv NNB, i forhold til alternativ 0.1. Det positive resultatet tyder på at man fremdeles vil oppnå en samfunnsøkonomisk gevinst selv om nærliggende tomtegrunn må eksproprieres. Til sammenligning vil man med Oslos tomtepris oppnå en NNB på -0,20 og 0,06 i hhv. lavt og høyt estimat. Den samfunnsøkonomiske lønnsomheten vil følgelig avhenge av *hvor* løsningene blir implementert, dersom areal må erverves.

Scenario 8: Sparte forsikringsutbetalinger kun på forretninger utenfor swale.

15 av de 35 registrerte forretningene ligger direkte ovenfor en av swale-løsningene. I beregningene er det forutsatt at avrenningen fra hele gata vil bli fanget opp av swale-løsningene ved et ekstremvær, og følgelig redusere sannsynligheten for flomskader. Scenario 8 forutsetter at kun forretninger nær swale-løsningene vil få reduserte forsikringsutbetalinger.

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         |             |             |             |              |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Scenario 8</i>                  |             |             |             |              |
|                                    | Lav         | Middel      | Høy         | Gjennomsnitt |
| Sum netto nytte                    | 2 680 756,6 | 3 635 834,1 | 5 465 422,8 | 3 927 337,8  |
| Sum kostnadsvirkninger             | 832 486,1   | 1 461 450,9 | 2 725 539,5 | 1 673 158,8  |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         | 1 848 270,5 | 2 174 383,2 | 2 739 883,3 | 2 254 179,0  |
| <b>NNV per budsjettkrone (NNB)</b> | 3,3         | 2,3         | 1,5         | 2,0          |

Tabell 10-39: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 8

Dersom kun de nærliggende forretningene vil bli påvirket av de kapasitetssterke swale-løsningene vil dette redusere forventet nytteverdi med 611 600,- over analyseperioden. Av tabellen over ser vi at tiltaket likevel vil gi positiv netto nåverdi på mellom 1,85 – 2,74 millioner i hhv. lavt og høyt estimat, og en avkastning på mellom 1 krone og 50 øre og 3 kroner og 30 øre per investert tiltakskrone.

#### Scenario 9: Påløpte rehabiliteringskostnader ved overbelastning

I nytte-kostnadsberegningene er rehabiliteringskostnader av veg ved en overbelastning av OV-nett utelatt på grunn av for stor usikkerhet knyttet til tallene. Scenario 9 viser økningen i nytteverdi dersom det i gjennomsnitt må skiftes ut, og rehabilitere, 200 m<sup>2</sup> veg ved en overbelastning. Det tilsvarer 18,2 lengdemeter med 11 m bred Sa2-veg.

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         |             |             |             |              |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Scenario 9</i>                  |             |             |             |              |
|                                    | Lav         | Middel      | Høy         | Gjennomsnitt |
| Sum netto nytte                    | 3 342 085,0 | 4 327 532,9 | 6 228 050,1 | 4 632 556,0  |
| Sum kostnadsvirkninger             | 832 486,1   | 1 461 450,9 | 2 725 539,5 | 1 673 158,8  |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>         | 2 509 598,9 | 2 866 082,0 | 3 502 510,6 | 2 959 397,2  |
| <b>NNV per budsjettkrone (NNB)</b> | 4,5         | 3,0         | 1,9         | 2,7          |

Tabell 10-40: Netto nåverdi av usikkerhetsberegning – Scenario 9

Som det fremgår av tabellen vil de reduserte rehabiliteringskostnader utgjøre en økning i netto nåverdi på mellom 49 700 – 151 000 kroner over analyseperioden i hhv. lavt og høyt estimat. Samlet utgjør dette en økning på omtrent 10 øre per investert budsjettkrone (jfr. Tabell 10-29).

Usikkerhet knyttet til hvorvidt det vil oppstå en nytteverdi av reduserte rehabiliteringskostnader som følge av en Grønngate-implementering, fremstår dermed som lite sentralt i vurdering av tiltakets samfunnsøkonomiske lønnsomhet.

#### Prosjekteringskostnader

I nytte-kostnadsberegningene er prosjekteringskostnadene til de to basisalternativene og alternativ 1 antatt å være like store. I beregningen inngår dermed en differansekostnad på 0. Hvorvidt en Grønngate-implementering vil gi økte prosjekteringskostnader gjennom økt tverrfaglig arbeid er uklart, og det knyttes følgelig usikkerhet til denne kostnadsfaktoren og innvirkningen på samlet netto nåverdi.

Dersom økte prosjekteringskostnader knyttet til Alternativ 1 skal resultere i negativ nåverdi for tiltaket må differansekostnaden overstige beregnet netto nåverdi. Som vi ser av Tabell 10-29 må prosjekteringskostnaden utgjøre mellom 2,46 – 3,35 millioner kroner *mer* enn prosjekteringskostnaden til Alternativ 0.1 dersom tiltaket skal fremstå som ulønnsomt i et nytte-kostnadsperspektiv.

### Ikke kvantifiserte økonomiske konsekvenser

Økte kostnader knyttet til tverrfaglig planlegging vil på mange måter kunne omhandles under prosjekteringskostnadene (over). De samlede kostnadene må fremdeles overstige den positive netto nåverdien.

De andre konsekvensene, som miljøgifter til vannforekomster og transportkostnader til vintervedlikehold, er begge forhold som vil kunne telle *positivt* i favør av en Grønngate-implementering. Usikkerheten knyttet til disse forholdene vil dermed forsterke resultatet med Grønngater som et samfunnsøkonomisk lønnsomt tiltak.

## 10.3 Ikke-verdsatte konsekvenser

---

Internasjonale «Green Streets», som en del av en grønn infrastruktur, er etter design ment å fremme miljø-, og samfunnsmessige verdier gjennom implementering av grønnstruktur i gatebildet (jfr. kapittel 2). Bygging av slike gater vil dermed i utgangspunktet gi positive konsekvenser i forhold til en tradisjonelt designet gate.

I vårt tilfelle måles alternativ 1 - Grønngate opp mot eksisterende alternativ 0, som er planlagt med utvidet grønnstruktur og økt bruk av steinbelegning. De samlede konsekvensene (vurderte forskjellene) vil dermed fremstå som minimale i forhold til de faktiske verdiene som generelt fremmes ved bygging av Grønngater.

Oppsummert vil en Grønngate gi større positive konsekvenser for samfunnet om denne implementeres i stedet for en vanlig gate, enn om en miljøgate erstattes av en Grønngate.

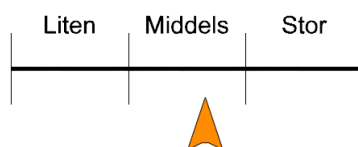
Ettersom vurderingsmetodikken av ikke-prissatte konsekvenser i all hovedsak er ment for å brukes på lengre strekningstraseer, og med ulike trasealternativ, gjøres en forenklet vurdering.

### 10.3.1 Landskapsbilde / bybilde

#### *Beskrivelse og verdivurdering*

Den aktuelle gatestrekningen, Strandgata, ligger som en avgrensning mellom tett bebyggelse i nord, og Strandgateparken i sør. Gaten er en viktig del av Hamars sentrumsområde, hvor det skapte uterommet gir kontakt mellom det urbane bylivet, og det urbane landskapselementet.

Bebyggelsen på nordlige del av gata er i all hovedsak anlagt med forretninger i første etasje, med noen kontorer og boliger i etasjene over. Bygningene varierer både i høyde, byggestil, og alder, hvor deler av den gamle bygningsmassen fremstår som utskiftet av ny bebyggelse. Bygningsmassen utgjør likevel, trass heterogenitet, en kontinuerlig avgrensning mot gaten på grunn av sammenbygde fasader. Parkområdet består av store eksisterende lindetrær som gir gaten et særpreg, og som øker kvalitetsopplevelsen av gaten.

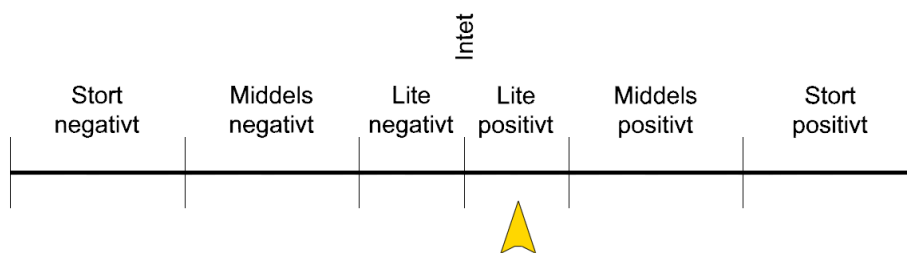


Figur 10-18: Verdivurdering; Landskapsbilde / bybilde

### Omfang

Alternativ 1 følger den planlagte utformingen av gaten, og vil på så måte ikke påvirke bybildet nevneverdig. I utgangspunktet vil en implementering av mer grønnstruktur forbedre gatetverrsnittet ved å gi en optisk ledning og økt kvalitetsopplevelse av gaterommet. Utgangspunktet er likevel her en massiv, utviklet grønnstruktur, og alternativ 1 vurderes å ha ingen virkning utover dette.

Planlagte regnbed på nordlige fortauside vil likevel forbedre den visuelle overgangen mellom urban by og urbant landskap. En økning i grønnstruktur i gatebildet opp mot de store lindetrærne vil gi en forbedret gateopplevelse ettersom det ikke er planlagt mye grønnstruktur på denne siden av gaten (jfr. Vedlegg C).



Figur 10-19: Vurdering av omfang; Landskapsbilde / bybilde

### Konsekvens

Alternativ 1 vil øke grønnstrukturen i noen grad, ellers følge planlagt gatestruktur

|            |                   |
|------------|-------------------|
| Konsekvens | Liten positiv (+) |
|------------|-------------------|

## 10.3.2 Nærmiljø og friluftsliv

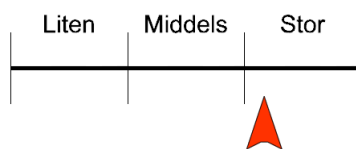
### Beskrivelse og verdivurdering

Strandgaten må her sees i sammenheng med Strandgateparken og hvorvidt gaten fungerer som en barriere for myke trafikanter mellom gaterommet og parkområdet.

Ved opprusting av Strandgata (alternativ 0) er fortauarealene økt, og sambruksområde<sup>4</sup> bygget. Dette forsterker sammenhengen mellom gaten og parkområdet, og forsterker verdier innenfor både nærmiljø og friluftsliv.

<sup>4</sup> «Shared space» (eng.)

Parkområdet er en naturlig del av gatens sørlige side, og må etter opprustingen, anses i større grad for å være en integrert del av Strandgata. Den reduserte barrierewirkningen mot parkområdet gjør at gaten blir et viktig positivt bidrag til områdets nærmiljø og friluftsliv.



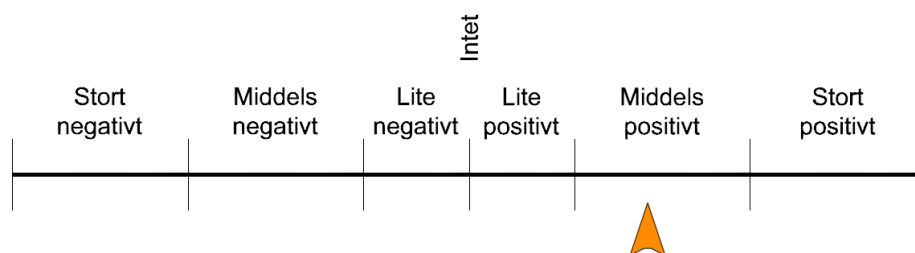
Figur 10-20: Verdivurdering; Nærmiljø og friluftsliv

### Omfang

Som nevnt i kapittel 8.2.10 vil en implementering av grønnstruktur i gatebildet kunne gi helseeffekter ved å fordre økte gå- og sykkelturner. I dette tilfellet vil man i alternativ 0 allerede oppnå en slik konsekvens, og Grønngate-tiltaket vil ikke endre på dette. På grunn utformingen vil man heller ikke endre nevneverdig på områdets barrierewirkning.

Bruk av alternativ overvannshåndtering til håndtering av urban vegavrenning er i liten, eller ingen grad benyttet ved urbane veganlegg i Norge. En implementering av BMP-løsninger vil da i tillegg til å øke gatens attraktivitet også kunne bidra til å øke kommunen, eller stedets, miljøprofil. Flere steder i Sverige, som Malmø og Augustenborg (Stahre, 2002), har bruken av alternativ overvannshåndtering gitt stedet et særpreg, og fungert som identitetsskapende for beboerne. Tiltaket vil dermed øke områdets/gatens attraktivitet og øke områdets identitetsskapende betydning.

Alternativ håndtering krever areal og vil i noen grad redusere bruksmulighetene på de arealene som opptas. BMP-løsningene er i stor grad blitt integrert i eksisterende grønnstruktur og i gateelementer i møbleringssonen, og kan ikke sies å ville påvirke bruksmulighetene til gaten i vesentlig grad. Bruk av vann som en integrert del av gatebildet vil også øke den estetiske opplevelsen av gaterommet. Det vil likevel være viktig å vedlikeholde BMP'ene, ikke bare for å opprettholde funksjonaliteten, men for å opprettholde det estetiske uttrykket.



Figur 10-21: Vurdering av omfang; Nærmiljø og friluftsliv

### Konsekvens

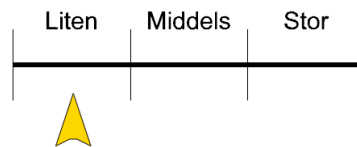
Alternativ 1 vil tross i mye grønnstruktur i eksisterende/planlagt situasjon øke verdier innenfor nærmiljø og friluftsliv.

|            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| Konsekvens | Middels positiv konsekvens (++) |
|------------|---------------------------------|

### 10.3.3 Naturmiljø

#### Beskrivelse

Naturmiljø vil i utgangspunktet ikke medføre store konsekvenser for en liten gatestrekning, og anvendes i utgangspunktet ved inngripen i store natur- og vannområder. Overvannsavrenning fra vegen vil likevel kunne påvirke vannkvaliteten og naturmiljøet til de omkringliggende parkområdene.

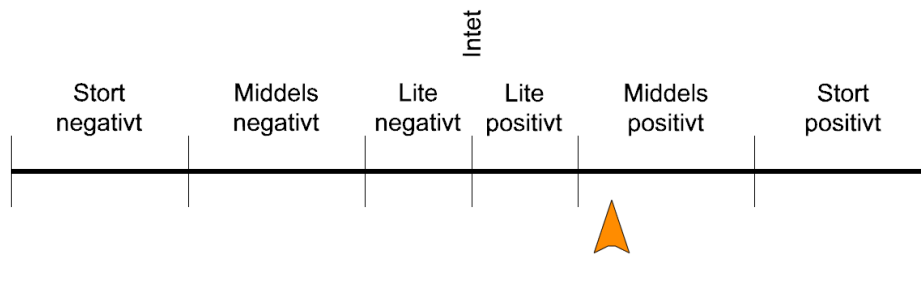


Figur 10-22: Verdivurdering; Naturmiljø

#### Omfang

Som nevnt i kapittel 5.2.1 er overvann ofte forurenset, og kan føre til forurensingsskader på grunnvann og nærliggende vannkilder. BMP-løsningene som benyttes i alternativ 1 er designet med god rensekapasitet og vil på den måten kunne redusere utslipp av forurenset vegavrenning til naturmiljøet. En lokal håndtering av avrenningen vil også gagne naturmiljøet på en større skala, ved at overvannet renses i stedet for å bli sluppet urensert ut i resipient. Gjennom implementering av alternative overvannshåndteringsmetoder vil man ved å opprettholde grunnvannstanden i større grad kunne bevare naturmiljøverdiene i området.

Forurensninger, og skade på naturmiljøet som følge av overbelastning av overvannsnett, vil også kunne reduseres ved økt fordrøyning og reduksjon av spissavrenningen.



Figur 10-23: Vurdering av omfang; Naturmiljø

#### Konsekvens

Alternativ overvannshåndtering bidrar til å opprettholde stedets vannbalanse, og kvaliteten på omkringliggende landskap og natur.

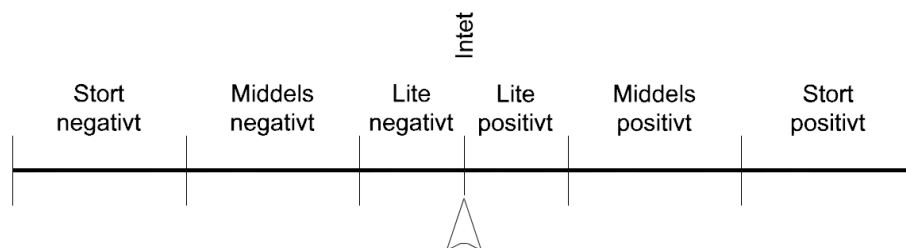
|            |                   |
|------------|-------------------|
| Konsekvens | Liten positiv (+) |
|------------|-------------------|

### 10.3.4 Kulturmiljø, og Naturressurser

De to resterende vurderingstemaene kommer ikke til anvendelse ettersom man i begge alternativene bruker samme trase, og går i eksisterende gateløp. Enkelte boliger i Strandgaten



er registrert i SEFRAK-registeret<sup>5</sup>, som er et landsdekkende register over eldre bygninger og andre kulturminner. Tiltaket vil likevel ikke ha betydelig innvirkning på disse bygningene. Tiltaket er ikke omfattende nok til at det får nevneverdig betydning for naturressursene i området.



Figur 10-24: Vurdering av omfang; kulturmiljø og naturressurser

|            |                |
|------------|----------------|
| Konsekvens | Ubetydelig (0) |
|------------|----------------|

### 10.3.5 Oppsummering

| Fagtema                         | Alternativ 0 | Alternativ 1 – Green Street |
|---------------------------------|--------------|-----------------------------|
| <i>Landskapsbilde / bybilde</i> |              | Liten positiv (+)           |
| <i>Nærmiljø og friluftsliv</i>  |              | Middels positiv (++)        |
| <i>Naturmiljø</i>               |              | Liten positiv (+)           |
| <i>Kulturmiljø</i>              |              | Ubetydelig (0)              |
| <i>Naturressurser</i>           |              | Ubetydelig (0)              |
| Rangering                       | 2            | 1                           |

Tabell 10-41: Oppsummering av ikke-verdsatte konsekvenser

Som det fremgår av tabellen fremstår alternativ 1 som et bedre alternativ til tross for omfattende grønnstruktur også i alternativ 0. De ikke-prissatte konsekvensene utgjør likevel ikke store konsekvenser mellom alternativene, ettersom det er stor likhet mellom alternativene.

<sup>5</sup> <http://www.riksantikvaren.no/sefrak/>

## 10.4 Samlet vurdering

For å vurdere, og kommentere, den samfunnsøkonomiske lønnsomheten til de to tiltaksalternativene sammenstilles de verdsatte og ikke-verdsatte virkningene.

| <b>Sammenstilling av samfunnsøkonomiske virkninger</b> |  |  |
|--|--|--|
|  | <b>Alternativ 1 –<br/>Grønngate<br/>Vs.<br/>Alternativ 0.1</b> | <b>Alternativ 1 –<br/>Grønngate<br/>Vs.<br/>Alternativ 0.2</b> |
| <b>Verdsatte virkninger (gjennomsnittsverdier)</b>     |  |  |
| <i>Nyttevirkninger (nåverdier)</i>                     |  |  |
| - Sparte investeringskostnader                         | 1 680 549,6  | 2 142 781,5  |
| - Sparte drift og vedlikeholdskostnader                | 1 070 469,9  | 1 070 469,9  |
| - Sparte skattekostnader                               | 550 203,9  | 642 650,3  |
| - Sparte forsikringsutbetalinger                       | 1 070 324,9  | 1 070 324,9  |
| - Sparte trafikantkostnader                            | 37 563,1   | 37 563,1   |
| - Restverdi  | 129 840,6  | 129 840,6  |
| <i>Kostnadsvirkninger (nåverdier)</i>                  |  |  |
| - Investeringskostnad                                  | 857 324,0  | 857 324,0  |
| - Drift og vedlikeholdskostnad                         | 250 522,0  | 250 522,0  |
| - Skattekostnad  | 221 569,2  | 221 569,2  |
| - Utgått restverdi                                     | 341 808,2  | 457 157,2  |
| - Økt luftforurensing                                  | 945,7  | 945,7  |
| - Økte energikostnader                                 | 989,7  | 989,7  |
| Netto nåverdi (NNV)                                    | <b>2 865 793,2</b>   | <b>3 305 122,5</b>   |
| Netto nåverdi pr budsjettkrone (NNB)                   | <b>2,6</b>   | <b>3,0</b>   |
| <b>Ikke-verdsatte virkninger</b>                       |  |  |
| - Landskapsbilde / bybilde                             |  | +  |
| - Nærmiljø og friluftsliv                              |  | ++   |
| - Naturmiljø   |  | +  |
| - Kulturmiljø  |  | 0  |
| - Naturressurser                                       |  | 0  |
| Samlet vurdering                                       |  | +  |
| <b>Rangering (hvor 1 er best)</b>                      | <b>1</b>   | <b>1</b>   |

Tabell 10-42: Samlet vurdering; Sammenstilling av samfunnsøkonomiske virkninger

Grønngate-implementeringen (Alternativ 1) fremstår som samfunnsøkonomisk lønnsomt i forhold til både alternativ 0.1 og 0.2, med en lønnsomhet på hhv. 2,6 og 3,0 per investert

budsjettkrone. Tiltaket forventes også å gi økte ikke-verdsatte verdier i form av forbedret bybilde, nærmiljø og friluftsliv, samt økte verdier knyttet til naturmiljø.

Ettersom tiltakene ikke vurderes opp mot hverandre, men mot to ulike basissituasjoner, er begge tiltaksalternativene rangert som nr. 1 i forhold til samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Usikkerhet knyttet til økonomisk utfall av en Grønngate-implementering er estimert gjennom ulike scenarier i kapittel 10.2.3, og vil kunne påvirke hvorvidt det skal anbefales en alternativ håndtering av vegavrenning. Gjennom de 9 ulike scenarioene er netto nåverdi (NNV) beregnet til å ligge mellom -846 995,5 og 4 604 337,6, og netto nåverdi per budsjettkrone (NNB) beregnet til å ligge mellom -0,5 og 5,2. Usikkerhet knyttet til investeringskostnadene er inkludert gjennom beregning i 3 estimat.

#### 10.4.1 Anbefaling

På bakgrunn av den samfunnsøkonomiske vurderingen av de verdsatte og ikke verdsatte virkningene, samt en vurderingen av usikkerhet knyttet til de ulike scenarioene, anbefales en implementering av Alternativ 1 – Grønngate for caseområdet; Strandgata.

Tiltaket er estimert til å gi en avkastning på gjennomsnittlig 2 kroner og 60 øre, og 3 kroner per investert budsjettkrone i forhold til basisalternativ 0.1 og 0.2., og en tradisjonell håndtering av overvannet i gata. Tiltaksimplementeringen vil dermed ikke bare medføre en gjennomsnittlig reduksjon i prosjektkostnadene (direkte nytteverdi)<sup>6</sup> på mellom 1,64 – 2,11 millioner kroner, men en ytterligere økning i samfunnsøkonomisk lønnsomhet på 1,11 millioner over analyseperioden.

#### 10.4.2 Kommentar

Både de estimerte nytteverdiene, kostnadsvirkningene, og ikke-verdsatte virkningene vil variere fra prosjekt til prosjekt. Dette gjør det vanskelig å gi en generell kommentar knyttet til implementering av Grønngater i Norge. Det er også klart at et hvert prosjekt vil ha sine prosjektspesifikke usikkerheter knyttet til bruk av alternativ overvannshåndtering langs ved veg, og at en endelig beslutning må vurderes opp mot dette.

Tallene viser likevel at det knyttes stor nytteverdi til å finne alternativer til en konvensjonell overvannshåndtering, noe som vil være et element i de fleste urbane vegbygginger. Denne kostnaden vil også i stor grad være lineær, og øke med størrelsen på veganlegget. På bakgrunn av det kan man anta at forholdet mellom nytteverdi og kostnader knyttet til konvensjonell og alternativ overvannshåndtering vil holdes konstant relativt uavhengig av lengde på gaten.

I forhold til mange konsekvensanalyser, hvor kostnader beregnes ut fra ulike trasevalg, vil en netto nåverdi på 2,87 og 3,31 millioner kunne fremstå som størrelsesmessig minimal. Det må likevel huskes på at Grønngate-alternativet representerer et alternativ til *overvannshåndteringen* og *utformingen* av en valgt trase, og vil på denne måten kunne bidra

---

<sup>6</sup> Differanse i Investeringskostnader + D&V-kostnader

til økt verdiskapning ved at den gitte funksjonen (overvannshåndteringen) oppnås ved en lavere kostnad.

Beregningen av usikkerhetsscenarioene viser også, noe uforventet, positiv netto nåverdi i samtlige scenarioer, og for nesten alle estimer. Spesielt essensielt er beregningen av scenario 2 og 3 som viser konsekvenser av økt driftsforhold, og økte drift- og vedlikeholdskostnader. Som det fremgår av Tabell 10-33 og Tabell 10-34 vil tiltaket medføre en NNB på mellom 0,4 og 1,7 i hhv. høyt og lavt estimat dersom drift- og vedlikeholdskostnadene femdobles over analyseperioden, og en NNB på mellom 0,8 og 3,1 i hhv. høyt og lavt estimat dersom fiberduk og topplag til samtlige BMP-løsninger må skiftes ut annet hvert år.

Resultatene tyder dermed på at bruken av alternativ overvannshåndtering mest sannsynlig vil gi avkastning i form av samfunnsøkonomiske nytteverdier, selv om tiltaket medfører økte drift og vedlikeholdskostnader utover de verdiene som er benyttet i denne analysen.

Både vurderingen av de verdsatte-, og de ikke-verdsatte virkningene vil avhenge av planlagt utgangspunkt. I vårt tilfelle er utgangspunktet en opprustning Strandgata med økt steinbelegning, grønnstruktur, og økt fortauareal, og vil i stor grad være tilsvarende en miljøgate. Dette utgangspunktet medfører bortfall av forventede nytteverdier, og redusert vurdering av andre urbane verdier og miljø på grunn av stor likhet mellom alternativene (jfr. kapittel 10.2.2 og kapittel 10.3). På mange måter kan man si at en Grønngate vil være en miljøgate med alternativ overvannshåndtering.

#### 10.4.3 Miljøgate eller Grønngate?

I dag ombygges flere hovedgater til miljøgater for å bedre miljø, redusere barrierevirkninger og ulykker, og øke trafiksikkerheten generelt. Trafiksikkerhetshåndboken, utarbeidet av Transportøkonomisk institutt (TØI), omtaler miljøgater som trafiksikkerhetstiltak, men konkluderer i en nytte-kostnadsvurdering (TØI, 2000b) at nytteverdien vil være vesentlig mindre enn kostnadene.

Årsaken til dette er at økte tidskostnader på grunn av redusert hastighet går opp i opp med reduserte ulykkeskostnader på strekningen. At miljøgater likevel bygges flere steder i landet tyder dermed på en betalingsvillighet, og en offentlig skyggeprising<sup>7</sup> av de ikke-verdsatte virkningene, tilsvarende kostnadsdifferansen eller mer.

Når en samfunnsøkonomisk vurdering av et Grønngate-alternativ gir en netto nåverdi på 2,87 og 3,31 millioner i forhold til et miljøgatealternativ, og samtidig innehar de positive effektene til en miljøgate, vil det være nærliggende å foreslå at Grønngater i større grad bør erstatte, eller implementeres som en del av, planlagte miljøgater.

---

<sup>7</sup> (jfr. *implisitt verdsetting* - kap.6.4.2)

## DEL IV

# AVSLUTTNING

*«En reise på tusen mil begynner med ett skritt»*

*(Kinesisk ordtak)*



## KAPITTEL 11

# Feilkilder og andre usikkerhetsfaktorer

Gjennom denne oppgaven er temaet alternativ overvannshåndtering langs/ved veger forsøkt løftet frem i lyset og satt fokus på i et samfunnsøkonomisk perspektiv. I oppgaven er dette nye, og relativt uprøvde, temaet forsøkt utredet ved å identifisere relevante utfordringer, muligheter, og samfunnsøkonomiske nytte/kostnadsvirkninger. Følgelig vil det i en slik oppgave kunne oppstå potensielle feilkilder det vil være viktig å ta hensyn til, og poengtere, før en kritisk tiltaksvurdering.

### Usikre tall fra kostnadsbanken

Usikkerhet knyttet til kostnadstallene er kommentert i kapittel 10.2.2 – 10.2.3. Investeringskostnadene som er fremkommet, estimert, og benyttet i oppgaven er hentet fra Statens vegvesens kostnadsbank. Estimatenes er beregnet ut fra tilgjengelige kostnadsrapporter knyttet til de ulike prosessene. Det er likevel stor forskjell på *antall* tilgjengelige rapporter, og noen av tallene er dermed blitt estimert på et svakere grunnlag enn andre.

Samtidig innrapporteres langt i fra alle vegprosjekter<sup>1</sup>, og det kan følgelig knyttes en usikkerhet til i hvor stor grad tall fra kostnadsbanken vil representere en faktisk situasjon.

### Beregninger kun basert på et case-eksempel.

Kostnadsberegningen, og den samfunnsøkonomiske konklusjonen, baserer seg på kun et case-eksempel. Oppgavens tidsramme har ikke gitt anledning til å kostnadsberegne flere case-områder, og man vil selvsagt oppleve forskjeller i investeringskostnader og differansekostnader avhengig av stedsspesifikke faktorer, og eksisterende anlegg.

Det er samtidig i oppgaven gjort forutsetninger og antakelser knyttet til case-eksempelet for å generalisere problemstillingen, slik at den på en bedre måte illustrerer generelle kostnader og nytteverdier knyttet til temaet alternativ overvannshåndtering langs veg snarere enn spesifikke kostnader knyttet til en slik håndtering i Strandgata, Hamar.

Dette vil være faktorer som må drøftes ved en evt. implementering av Grønngater andre steder i Norge.

---

<sup>1</sup> Kun 205 fullførte sluttrapporter, hvorav 144 er fra perioden 2006 - 2010. (Saxeboel, 2013)

### Tilbakemeldinger fra kommunene

Holdninger, forutsetninger utfordringer, og BMP-bruk, opplyst av de 68 kommunene (kapittel 4) er basert på tilbakemeldinger fra enkeltpersoner i kommunenes VA-avdeling. Disse kan være basert på subjektive meninger, og ikke representere kommunens generelle holdninger.

At det bare er VA-avdelingene som er spurt, gjør at det kun er kandidatens kunnskaper om vegtekniske forhold som har gitt grunnlag for «veg-hensynene» som er tatt ved utforming av BMP-løsningene i oppgaven. Oppgavens tidsramme har også her vært årsak til at det ikke er foretatt undersøkelser blant kommunenes veg- og parkavdelinger.

### Usikkerhet knyttet til fremtidige overvannsmengder og benyttede overvannsberegninger

Et annet stort usikkerhetsmoment som vil påvirke nytte og kostnader knyttet til bruken av alternativ overvannshåndtering, er fremtidige forventede nedbørsmengder. Selv om vi inkluderer klimafaktorer basert på prognoser, og utformer løsninger etter bestemte gjentakintervall, vet vi enda ikke sikkert hvilke nedbørsmengder og intensiteter som vil komme i fremtiden.

Det kan også knyttes usikkerhet til selve overvannsberegningsmetodikken. Dimensjonering av overvannssystemer, både tradisjonelle og alternative, skjer i dag i all hovedsak ved bruk av den rasjonelle formel. Som kort omtalt i kapittel 9.6.1, benytter den rasjonelle formel *kasseregn* og illustrerer dermed kun den gjennomsnittlige nedbørsmengden.

Ved beregning av *faktisk* overvannsmengde, eksempelvis ved bruk av Kristoffersen-regn (Kristoffersen, 2010), vil nødvendig alternativt håndteringsareal (størrelse på BMP'er) øke i forhold til hva som er illustrert i denne oppgaven. Følgelig vil også levetidskostnadene knyttet til disse løsningene øke. Vi må likevel merke av beregning av faktisk overvannsmengde vil også kunne øke nødvendig rørdimensjon på det tradisjonelle ledningsnettet, og dermed redusere den samlede differansekostnaden mellom alternativene.

Felles for alle momentene og den samlede usikkerheten er at det er et stort behov for erfaringer knyttet både til funksjonalitet under norske forhold, driftsforhold, og investeringskostnader. Dette behovet gir føringer for anbefalinger til videre arbeid i kapittel 13.



## KAPITTEL 12

# Konklusjon

Denne oppgaven har vist at det knyttes både utfordringer og potensialer til bruk av alternativ overvannshåndtering i urbane områder, men at det gjennom tverrfaglig planlegging er mulig å imøtekomme disse utfordringene, og implementere slike miljøvennlige og bærekraftige løsninger i et urbant vegprosjekt.

Gjennom et Grønngate-alternativ går man bort fra den tradisjonelle overvannshåndteringen, og tar i større grad i bruk naturlige hydrologiske prosesser som infiltrasjon og fordrøyning til håndtering av overflateavrenningen. Ved å «vrenge» nærliggende grøntområder fra en konveks til en konkav utforming, kan swales, regnbed, eller andre BMP-løsninger, implementeres i tette urbane områder uten særlig arealbruk. Arealeffektive og smale BMP'er, som eksempelvis infiltrasjonsgrøfter, kan anlegges i fortau nær veg, og plasseres i møbleringssonen uten at det går på bekostning av verdifullt areal. Bruk av mekanisk stabiliserte drenerende materialer som pukk og skjelettjord, samt bruk av geomembran og drenerør, muliggjør en grønn og sikker overvannshåndtering nær veg uten at trafikkbelastninger eller inntrengning av vann vil redusere vegens bæreevne og stabilitet.

Integrerte løsninger langs veg gjennom et Grønngate-tiltak kan dermed imøtekomme både anbefalinger gitt av rikspolitiske retningslinjer for samordnet areal og transportplanlegging om økt bruk av grøntområder i vegplanleggingen, utfordringer knyttet til en økende overvannsproblematikk, og kommune-Norges uttrykte utfordringer til mangel på areal, topografi, og stedlig infiltrasjonsforhold.

Den samfunnsøkonomiske analysen viser også at en Grønngate med alternativ overvannshåndtering (alternativ 1), i stedet for en vanlig tradisjonell overvannshåndtering (alternativ 0.1), vil gi en samlet netto nåverdi (NNV) på mellom 2,46 – 3,35 millioner kroner over en analyseperiode på 25 år. Dersom en alternativ overvannshåndtering velges som alternativ til en oppdimensjonering av eksisterende overvannsnett fra ø500 mm til ø600 mm (alternativ 0.2) vil dette utgjøre en netto nåverdi (NNV) på mellom 2,71 – 4,06 millioner.

På grunn av en relativt lav investeringskostnad og forventet drift- og vedlikeholdskostnad, knyttet til de kostnadsberegnete BMP-løsningene, utgjør dette en netto nåverdi per budsjettkrone (NNB) på mellom 1,9 – 4,4 og 2,3 – 4,9 i hhv. de to alternativene.

Valget av Grønngate-alternativet forventes dermed å gi en avkastning på mellom 2 og 5 ganger investeringen. Bruk av integrerte blå-grønne løsninger vil også gi positive konsekvenser i form av ikke-verdsatte virkninger og verdier for et Grønngate-alternativ.

Samlet sett fremstår dermed en tverrfaglig VVA-planlegging som samfunnsøkonomisk fordelaktig.

Til tross for gode internasjonale erfaringer knyttet til «Green Street»- initiativet, vil spørsmålet om Grønngate-metoden representerer en ny type vegplanlegging i Norge, avhenge av hvorvidt norske kommuner er villig til å innlemme en alternativ overvannshåndtering langs sine veier.

Tilbakemeldingene fra norske kommuner tyder på at det er **usikkerhet** knyttet til kostnader og driftsforhold, samt en generell mangel på kunnskaper om hvilke løsninger som *kan* implementeres i et norsk gaterom, som fremstår som det største hinderet for en nasjonal Grønngate-implementering.

Synliggjøring av usikkerhet vil uten tvil være den største utfordringen dersom Grønngate-metoden skal innføres som en ny type vegplanlegging i Norge.

Selv om investeringskostnadene knyttet til både alternative- og tradisjonelle løsninger er fremkommet etter identifiserte arbeidsprosesser, og erfaringskostnader knyttet til disse prosessene fra Statens vegvesens kostnadsbank, vil det være usikkert hvorvidt disse kostnadene vil være gjeldende for alle områder.

I oppgaven er denne usikkerheten imøtekommet ved å utføre alle investeringskostnadsberegninger i både et høyt og lavt estimat. Beregningene illustrerer på denne måten hvilke investeringskostnader som kan påløpe dersom ulike stedlige faktorer, eller en billig eller dyr entreprenør, utgjør høyere eller lavere anbudspris enn forventet.

Kostnader knyttet til drift- og vedlikehold er hentet fra internasjonalt anerkjent litteratur, og oppjustert til et norsk prisnivå. Usikkerheten knyttet til internasjonale tall er forsøkt synliggjort, og imøtekommet, gjennom to scenarioberegninger hvor 1: drift- og vedlikeholdskostnaden antas femdoblet, og 2: fiberduk og topplag til samtlige BMP-løsninger i alternativ 1 må skiftes ut annet hvert år. Resultatene viste at selv med økte drift og vedlikeholdskostnader vil Grønngate-tiltaket gi en gjennomsnittlig netto nåverdi (over alle estimater) på 1,66 millioner og 2,30 millioner kroner for hhv. de 2 scenarioene. Når i tillegg beregningene gir positiv netto nåverdi i både lavt og høyt estimat, fremstår tiltaket på mange måter som samfunnsøkonomisk lønnsomt til tross for denne usikkerheten.

Av oppgaven er det dermed vist at det forbindes større samfunnsøkonomiske nytteverdier enn kostnader til implementering av Grønngater, og til en urban alternativ overvannshåndtering.

Når likevel kun 35 av 68 spurte kommuner opplyser at de bruker en eller annen form for alternativ overvannshåndtering i sin kommune, og 32 av disse (91 %) at håndteringen skjer blant annet, eller kun, gjennom bruk av nedgravde fordrøyningsmagasiner, tyder dette på at alternativ overvannshåndtering oppleves som et *nødvendig* tiltak snarere enn et *ønsket* tiltak. Dette blir understøttet av at 69 % av kommunene opplyser at et kapasitetssvakt ledningsnett,

eller ønske om å begrense påslipp av overvann, er en forutsetning for bruk og implementering av alternativ metoder.

At 62 % av kommunene som ikke benytter seg av BMP'er opplyser at dette enten skyldes at deres tradisjonelle håndtering fungerer bra, eller at bruken av alternative metoder er lite hensiktsmessig, tyder også på at man i liten grad verken ser de kommende utfordringene, bruken av BMP'er som en mulig løsning, eller den samfunnsøkonomiske nytteverdien knyttet til både verdsatte og ikke-verdsatte virkninger.

Dersom et Grønngate-system ikke skal forbli med tanken, må det i større grad legges opp føringer på *hvordan* dette kan gjøres, og *hvor* dette kan gjøres. Føringer, krav, og retningslinjer, knyttet til alternativ overvannshåndtering i norske lover og forskrifter, må innarbeides i standardløsninger som er enkle å anvende. Man kan ikke forvente at små kommuner skal inneha kunnskaper og ressurser til å gjennomføre en tverrfaglig VVA-prosjektering, og heller ikke forvente at de skal påta seg den økonomiske risikoen.

I dag håndteres avrenningen fra vegarealer som beskrevet i Statens vegvesens håndbok 018 – vegbygging (2011a). Skal man i større grad ta i bruk alternative metoder må Statens vegvesen påta seg ansvaret med å utarbeide enkle, sikre, og økonomisk trygge metoder som både håndterer overvannet, sikrer vegkapitalen, og fremmer samfunnsøkonomiske nytteverdier knyttet til blå-grønne områder og vegsystemer.

Paradokset blir likevel at slike beskrivelser og veiledninger baserer seg nettopp på erfaringsdata, som innebærer at man enkelte steder er nødt å bygge Grønngater basert på internasjonale erfaringer, teoretiske beregninger, og kunnskaper knyttet til tverrfaglig planlegging.

Hvorvidt beslutningen om implementering bør gjøres på bakgrunn av en nytte-kostnadsanalyse som det knyttes usikkerhet til, eller på bakgrunn av forventet økning i samfunnsverdier på lik linje som miljøgaten *uavhengig* av kostnader, bør være opp til hver enkelt kommune.

Gjennom oppgaven er det vist at man, trass stor usikkerhet, *vil* kunne håndtere overvann alternativt i et urbant gaterom med et samfunnsøkonomisk positivt resultat. Forhåpentligvis vil dette kunne hjelpe til å inspirere enkelte kommuner til å ta det aller første skritt. Kun på denne måten vil usikkerhet med tiden kunne avdekkes, og kommune-Norge i større grad involveres.

Om Grønngaten i fremtiden forblir en visjon, eller blir en ny type vegplanlegging i Norge, gjenstår dermed å se.



## KAPITTEL 13

# Videre arbeid

Som forslag til videre arbeid, og en videre muliggjørelse og implementering av tverrfaglig vegplanlegging i Norge, anbefales følgende:

- **Utføre forsøk på ulike BMP-løsningers funksjonsevne under norske vegforhold.**

Det bør utføres både laboratorie-, og in-situforsøk knyttet til funksjonsevne over tid. Spesielt bør det ses på i hvilken grad svevestøvpartikler grunnet pikkdekkbruk og sandstrøing om vinteren, vil tette igjen filtermediet i BMP-løsningen og redusere infiltrasjonsevnen. Resultatene vil kunne gi føringer på hvorvidt BMP'ene bør utformes som små fordrøyningsmagasin snarere enn rene infiltrasjonsløsninger, og hvilke drifts- og vedlikeholdsarbeider som vil være nødvendige for å opprettholde ønsket funksjonalitet.

Fremtidige drift- og vedlikeholdskostnader fremstår som den største usikkerhetsfaktoren knyttet til en alternativ overvannshåndtering.

- **Avdekke kostnader knyttet til retrofitting i eksisterende områder.**

Investeringskostnader og andre ulempekostnader knyttet til arbeid i eksisterende veg bør i større grad avdekkes, og inkluderes i nytte-kostnadsberegninger av alternative og tradisjonelle håndteringsmetoder.

- **Undersøke holdninger, forutsetninger og utfordringer ved kommunale veg-, og parkavdelinger.**

På samme måte som holdninger, forutsetninger og utfordringer er undersøkt ved kommunale VA-avdelinger (jfr. kapittel 4), bør dette også avdekkes ved kommunale veg- og parkavdelinger. Det er per i dag usikkert hvor ansvar knyttet til drift- og vedlikehold av slike alternative systemer vil havne dersom de implementeres langs veg. Deres tanker knyttet til både D&V-forhold og andre vegtekniske forhold, vil ytterligere fremheve hvilke forhold som det må, og bør, tas hensyn til dersom man skal håndtere overflateavrenning fra vegarealer alternativt.

- **Utføre tilstandsregistreringer av vegkonstruksjoner hvor det benyttes alternativ overvannshåndtering.**

Tilstandsregistrering med falloddsutstyr (*FWD – Falling Weight Deflectometer*) bør utføres jevnlig langs vegkant hvor BMP-løsning er anlagt. Jevnlige registreringer av vegkonstruksjonens bæreevne vil gi en indikasjon på hvorvidt inntrengning av overvann medfører strukturell bæreevnesvikt, og om svakheten ligger i undergrunnen, forsterkningslaget, eller bærelaget.

I tilfeller hvor BMP-løsningene plasseres så nær veg at man ikke får en naturlig lastfordeling i vegkantens forsterkningslag vil også slike målinger være viktig. Resultatene vil gi føringer knyttet til nødvendig utforming og plassering av BMP'ene.

- **Igangsette et nasjonalt standardiseringsarbeid med bruk av BMP-løsninger ved/langs veg, i regi av Statens vegvesen.**

Arealeffektive BMP-løsninger som kan implementeres i kommunale gate- og uterom, bør standardiseres og innlemmes i egen veiledningshåndbok i Statens vegvesens håndbokserie. Til nå er det kun utarbeidet en veiledning knyttet til bruk av slike løsninger i semi-urbane og rurale områder, og ved større veganlegg (Statens vegvesen, 2006b). Et standardiseringsarbeid knyttet til alternative løsninger ved/langs veg vil bidra til å redusere usikkerheten rundt veg/vann-problematikken, og vil gjøre det lettere for kommuner å kreve, eller velge, slike løsninger i sine kommunale gate- og uterom.

Krav til utforming og plassering bør også innlemmes i eksisterende håndbøker som håndbok 017 – Veg – og gateutforming (Statens vegvesen, 2008b), håndbok 018 – Vegbygging (Statens vegvesen, 2011a), og håndbok 261 - Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging (Statens vegvesen, 2006b).

- **Oppdatere beslutningsmodellene mht. Grønngate-prosjektering.**

Forventede samfunnsøkonomiske virkninger ved en Grønngate-prosjektering bør undersøkes nærmere. Sammen med levetidskostnader knyttet til BMP-løsningene bør dette innlemmes i beslutningsmodellene ANSLAG, EFFEKT og MOTIV. På den måten kan nytteverdiene knyttet til et Grønngate-alternativ måles opp mot andre alternativ i en konsekvensanalyse. Spesielt vil dette være sentralt ved konsekvensutredninger av veger i urbane byområder.

- **Innføre Grønngate-prosjektering som element i verdianalysearbeid.**

Som et tiltak for å fremheve den samfunnsøkonomiske fordelen med Grønngate-prosjektering bør man gjennom verdianalysearbeid foreslå bruk av alternativ overvannshåndtering spesifikt som et kostnadsbesparende tiltak for vegprosjekter. I tillegg til å utføre samme funksjon til en lavere investeringskostnad, vil man også kunne oppnå andre samfunnsøkonomiske nyttevirksomheter.

- **Statlig finansierte forsøksprosjekter.**

Det bør ses på muligheten for å etablere statlig finansierte forsøksprosjekter med bruk av alternativ overvannshåndtering ved/langs veg.

Som det fremgår av oppgaven vil man i stor grad være avhengig av å dra erfaringer fra etablerte prosjekter. Slike erfaringer vil være helt nødvendige for opparbeidelse av standardiserte løsninger og beskrivelser som for mange kommuner vil være en forutsetning for implementering. Statlig finansiering av forsøksprosjekter ville fjernet deler av den økonomiske risikoen knyttet til bygging av en Grønngate.

---

Som ingeniører må vi i større grad tenke alternativ overvannshåndtering i en tidligfase av vegprosjekteringen. Dersom vi gjennom miljøvennlig og tverrfaglig arbeid klarer å implementere Grønnegater i norsk vegplanlegging, vil vi i tillegg til å oppnå samfunnsøkonomiske nyttevirksomheter, bygge blågrønne urbane uterom, og på den måten kunne oppnå uvurderlige nytteverdier knyttet til miljøet, sosiale opplevelser, og økt livskvalitet.

Det er vårt ansvar som ingeniører å forklare politikerne *hvorfor*, og de utførende *hvordan* dette skal gjøres, slik at vi sammen kan hjelpe kommuner og fylker mot en bærekraftig vegplanlegging.

Et skritt av gangen.

---



# Referanseliste

- Aarhaug, O. R. (1992). *Geoteknikk* (1 utgave, 8. opplag 2008 ed.). Oslo: NKI Forlaget.
- Amundsen, C. E., French, H., Haaland, S., Pedersen, P. A., Riise, G., & Roseth, R. (2008). Salt SMART: Miljøkonsekvenser ved salting av veier - en litteraturgjennomgang (Teknologiavdelingen, Trans.) *Rapport*. Oslo: Bioforsk Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB).
- Amundsen, C. E., & Roseth, R. (2004). Utslippsfaktorer for forurensninger fra veg til vann og jord i Norge (U. Miljøseksjonen, Trans.) (pp. 71): Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Arnbjerg-Nielsen, K. (2008). Forventede ændringer i ekstremregn som følge af klimaændringer: IDA Spildevandskomiteen.
- Astebol, S. O., Hvitved-Jacobsen, T., & Simonsen, O. (2004). Sustainable stormwater management at Fornebu--from an airport to an industrial and residential area of the city of Oslo, Norway. *Sci Total Environ*, 334-335, 239-249. doi: 10.1016/j.scitotenv.2004.04.042
- Aurstad, J., Larsen, Ø., Refsdal, G., Berntsen, G., Hoff, I., Lerfald, B. O., & fl., m. (2011). Lærebok: Drift og vedlikehold av veier (m.-o. t. Trafikksikkerhet, Trans.) *VD rapport* (pp. 314). Trondheim: Statens vegvesen, Vegdirektoratet.
- Bastien, N., Arthur, S., Wallis, S., & Scholz, M. (2010). The best management of SuDS treatment trains: a holistic approach. *Water Sci Technol*, 61(1), 263-272. doi: 10.2166/wst.2010.806
- Belden, E., & Steele, N. L. C. (2011). *Green infrastructure and sustainable design for streets: The elmer avenue neighborhood retrofit demonstration*.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. (2006). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Washington, DC: The Conservation Fund.
- Berge, G., & Mellem, K. B. (2012). Kommunale avløp. Ressursinnsats, utslipp, rensing og slamdisponering 2011; Gebyrer 2012 (pp. 98). Oslo: Statistisk sentralbyrå (SSB).
- Bergen Kommune, V. o. a. (2005). Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune (pp. 35). Bergen Kommune: Byrådsavdeling for byutvikling; Vann og avløpsetaten.
- Bergman, M., Hedegaard, M. R., Petersen, M. F., Binning, P., Mark, O., & Mikkelsen, P. S. (2011). Evaluation of two stormwater infiltration trenches in central Copenhagen after 15 years of operation. *Water Science and Technology*, 63(10), 2279-2286.
- Bertelsen, R. (2013). Mailkontakt med Rune Bertelsen, Regionsjef i Eiendomsmegler 1 SR(08.04.13).
- Braskerud, B. C. (2013). *Anlegging av regnbed: en billedkavalkade over 4 anlagte regnbed*. Oslo: NVE.
- Bratli, J. L., Andersen, J. R., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., . . . Aanes, K. J. (1997). Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann *SFT rapport 1468/1997* (pp. 31). Oslo: Norsk institutt for vannforskning (NIVA).
- Bråthen, S., Husdal, J., & Rekdal, J. (2008). Samfunnsøkonomisk verdi av rassikring: Noen beregninger knyttet til verdi av å unngå stengte veier (pp. 59). Molde: Møreforskning Molde AS.
- CNT, C. f. N. T. (2010). *The Value of Green Infrastructure; A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits*.
- Dalen, T. (2012). *Hydrologisk dimensjonering av regnbed i kaldt klima, Risvollan, Trondheim*. (Masteroppgave), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, Trondheim.
- Dedekam, A. (2002). *Mikroøkonomi*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Dedekam, A. (2004). *Makroøkonomi: Samfunnsøkonomi og økonomisk politikk* (4. Utgave ed.). Bergen: Fagbokforlaget.

- Departementene. (2005). *Handlingsplan for fysisk aktivitet 2005 – 2009: Sammen for fysisk aktivitet*. Retrieved from [http://www.regjeringen.no/upload/kilde/hod/pla/2004/0001/ddd/pdfv/231922-fa-handlingsplan\\_2005-2009.pdf](http://www.regjeringen.no/upload/kilde/hod/pla/2004/0001/ddd/pdfv/231922-fa-handlingsplan_2005-2009.pdf)
- DFØ, D. f. ø. (2010). *Håndbok for samfunnsøkonomiske analyser Veileder*: Direktoratet for økonomistyring.
- Digman, C. J., Ashley, R. M., Balmforth, D. J., Balmforth, D. W., Stovin, V. R., & W., G. J. (2012). *Retrofitting to manage surface water*. London: CIRIA.
- Dill, J., Neal, M., Shandas, V., Luhr, G., Adkins, A., & Lund, D. (2010). *Demonstrating the Benefits of Green Streets for Active Aging: Final Report to EPA* (U. S. E. P. Agency, Trans.) (pp. 81): Center for Transportation Studies: Institute on Aging. College of Urban and Public Affairs. Portland State University.
- DRD, D. R. D.-V. (2012). *Winter service of porous asphalt; European experience Technical note 123 - 2012* (pp. 34): Danish Road Directorate - Vejdirektoratet.
- Ekle, A. (2013). Mailkontakt med Arvid Ekle, ansvarlig for beplantning av forskningsregnbedet på Risvollan, Trondheim(10.04.13).
- Embrén, B., Alvem, B.-M., Stål, Ö., & Orvesten, A. (2009). *Planting beds in the city of Stockholm - A handbook*: City of Stockholm.
- Entrix, I. (2010). *Portland's Green Infrastructure: Quantifying the Health, Energy, and Community Livability Benefits* (pp. 101): City Of Portland Bureau Of Environmental Services.
- EPA. (2000). *Low Impact Development (LID): A Literature Review*. Washington: United States Environmental Protection Agency (EPA).
- EPA. ((ukjent)). *Green Infrastructure*. Retrieved 23.01.2013, from <http://water.epa.gov/infrastructure/greeninfrastructure/>
- Eriksen, K. S., Markussen, T. E., & Pütz, K. (1999). *Marginale kostnader ved transportvirksomhet TØI rapport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI).
- Ferrier, R. C., & Jenkins, A. (2010). *Handbook of catchment management*: Blackwell Publishing Ltd.
- Finansdepartementet. (2005). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Retrieved from [http://www.regjeringen.no/upload/FIN/Vedlegg/okstyring/Veileder\\_i\\_samfunnsokonomiske\\_analyser.pdf](http://www.regjeringen.no/upload/FIN/Vedlegg/okstyring/Veileder_i_samfunnsokonomiske_analyser.pdf).
- Firehock, K. (2010). *A Short History of the Term Green Infrastructure and Selected Literature*. <http://www.gicinc.org/PDFs/GI%20History.pdf>.
- Fletcher, T. D., Peljo, L., Fielding, J., Wong, T. H. F., & Weber, T. (2002). *The performance of vegetated swales for urban stormwater pollution control*.
- FNO, F. N. (2012, 07.02.2012). 1,9 milliarder i naturskadeerstatninger. from <http://www.fno.no/Fot/arkiv-nyheter/2012/02/Naturskadearet-2011/>
- FNO, F. N. ((ukjent)). *VASK - Vannskadestatistikk (skadeforsikring)*. from <http://www.fno.no/Hoved/Statistikk/skadeforsikring/VASK/>
- Foster, J., Lowe, A., & Winkelman, S. (2011). *The value of green infrastructure for urban climate adaptation: The Center for Clean Air Policy (CCAP)*.
- Getter, K. L., Rowe, D. B., Robertson, G. P., Cregg, B. M., & Andresen, J. A. (2009). Carbon sequestration potential of extensive green roofs. *Environmental Science and Technology*, 43(19), 7564-7570.
- Haffner, T., Bassuk, N., Grabosky, J., & Trowbridge, P. (2007). *Using Porous Asphalt and CU-Structural Soil* (D. o. Horticulture, Trans.). New York: Cornell University: Urban Horticulture Institute.
- Halgunset, J. O. (2013). Mailkontakt med Jon Olav Halgunset, Avdelingsleder, Eiendomsmegler 1 Oslo (21.03.13).
- HamarKommune. (2012). *Fakta - Strandgata* [Press release]. Retrieved from <http://www.hamar.kommune.no/getfile.php/Bilder/Hamar/Artikkelbilder/Organisasjonen/Kultur/5%20-%2012.03.13.pdf>
- HaskoningDHV, R. (2012). *Costs and Benefits of Sustainable Drainage Systems: Committee on Climate Change*.
- Helsedepartementet. (2002-2003). *St.meld. nr. 16 - Resept for et sunnere Norge*.
- Hoff, K. G. (2010). *Bedriftens økonomi* (Vol. 7. utgave). Oslo: Universitetsforlaget.

- Horvli, I. (2000). *NTNU-notat 1152: Verdianalyse*. Trondheim: NTNU. Fakultet for bygg og miljøteknikk; Institutt for veg- og jernbanebygging.
- Horvli, I. (2009). Miljøvennlige vegdekker: Drift og vedlikehold av porøse asfaltdekker (Teknologiavdelingen, Trans.) *Rapport 2545*. Oslo: ViaNova Plan og Trafikk AS.
- Houle, K. M. (2006). *Winter Performance Assessment Of Permeable Pavements: A comparative study of porous asphalt, pervious concrete, and conventional asphalt in a northern climate*. University of New Hampshire, New Hampshire. Retrieved from [http://www.unh.edu/unhsc/sites/unh.edu.unhsc/files/pubs\\_specs\\_info/unhsc\\_houle\\_thesis\\_9\\_0\\_8.pdf](http://www.unh.edu/unhsc/sites/unh.edu.unhsc/files/pubs_specs_info/unhsc_houle_thesis_9_0_8.pdf)
- Hvitved-Jacobsen, T., Vollertsen, J., & Nielsen, A. H. (2010). *Urban and Highway Stormwater Pollution: Concepts and Engineering*. Boca Raton, Florida Taylor and Francis Group, LLC.
- Jones, D., & Jha, M. K. (2009). *Green infrastructure: Assessing the benefits of bioretention over traditional stormwater management*.
- Juvkam, D., Sørli, K., & Texmon, I. (2010). Demografisk utvikling i fem storbyer *NIBR-rapport*. Oslo: Institutt for by- og regionforskning (NIBR).
- Kevern, J. T., Schaefer, V. R., & Wang, K. (2009). Temperature behavior of pervious concrete systems. *Transportation Research Record*(2098), 94-101.
- Kristoffersen, H. V. (2010). *Analyse av overvannssystem; Forus Næringspark - Kapasitet, sikkerhet og sårbarhet*. (Masteroppgave), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, Trondheim.
- Larsen, H. N. (2011). Energianalyse av den kommunale VA - sektoren *MISA rapport* (pp. 10): MISA - Miljøsystemanalyse.
- Lavenergiutvalget. (2009). Energieffektivisering.
- Lindholm, O. (2004). Miljøgifter i overvann fra tette flater *LNR 4775-2004* (pp. 42). Oslo: Norsk institutt for vannforskning (NIVA).
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S. T., Sægrov, S., Jakobsen, G., & Aaby, L. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering *Norsk Vann Rapport 162/2008* (pp. 79): Norsk Vann BA.
- Lindholm, O., Nie, L., & Bjerkholt, J. (2007). Klimaeffektens betydning for oppstuvninger og forurensningsutslipp fra avløpssystemer i byer *IMT-Rapport nr. 16* (pp. 79): Universitetet for miljø- og biovitenskap, UMB.
- Magnussen, K., Navrud, S., & SanMartin, O. (2010). Den norske verdsettingsstudien; Verdien av tid, sikkerhet og miljø i transportsektoren: Luftforurensning *TØI rapport*. Oslo: Sweco.
- McPherson, E. G., Simpson, J. R., Peper, P. J., Gardner, S. L., Vargas, K. E., & Xiao, Q. (2007). Northeast Community Tree Guide; Benefits, Costs, and Strategic Planting *Technical Report*. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Meland, Ø. (2000). *Prosjketeringsledelse i byggeprosessen; Suksesspåvirker eller andres alibi for fiasko?* (Doktoravhandling), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, Trondheim.
- MelbourneWater. (2005). *WSUD engineering procedures: stormwater*. Collingwood VIC, Australia: CSIRO Publishing.
- Metro. (2002). *Green Streets: Innovative Solutions for Stormwater and Steam Crossings* (1st ed. ed.). Portland, OR: Metro.
- Miljøverndepartementet. (1996-1997). *St.meld. nr. 29 - Regional planlegging og arealpolitikk*.
- NCHRP, N. C. H. R. P. (2006). Evaluation of Best Management Practices for Highway Runoff Control. Transportation Research Board.
- . *NOU 1997:27 - Nytte-kostnadsanalyser; Prinsipper for lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor*. (1997). Oslo: Statens forvaltningstjeneste, Statens trykking.
- Nowak, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(3-4), 115-123. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>
- NVE. (2007). EUs flomdirektiv [Press release]. Retrieved from <http://www.nve.no/no/Flom-og-skred/Flomdirektivet/>
- Odeck, J. (1991). Om nytte-kostnadsanalysens plass i beslutningsprosessen i vegsektoren. *Sosialøkonomen*, Nr. 3, 6.

- Odeck, J. (2003). Nye kalkulasjonsrenter gjør samferdselsprosjekter svært ulønnsomme. *Samferdsel*.
- Odeck, J. (2013). Mailkontakt med James Odeck, Senior Forskningsøkonom i Statens vegvesen, Vegdirektoratet (02.05.13).
- Omdal, S. (2012). *Alternative metoder for håndtering av overflatevann i bymessige strøk*. (Prosjektoppgave), Norges teknisk naturvitenskapelige universitet, NTNU.
- OsloKommune. (2013). Vann- og avløpsetaten. Årsberetning for 2012.
- Paus, K. (2012, 12 september). *Blå-grønne løsninger; infiltrasjon og regnbed*. Paper presented at the Overvanns- og ledningsteknologi, NTNU.
- Pittner, C., & Allerton, G. (2010). SUDS for roads (W. P. SUDS, WSP, SEPA, S. Water, S. Enterprise, H. f. Scotland & U. o. A. Dundee, Trans.): SCOTS.
- Rasmussen, G., Roseth, R., & Mæhlum, T. (2002). Overvann fra veger og urbane områder: En oversikt over sammensetning og erfaringer med naturbasert rensetiltak *Jordforsk-rapport 28/02*. Ås: Jordforsk.
- RegClim. (2002). Mer variabelt vær om 50 år. Mer viten om usikkerheter: RegClim - Meteorologisk institutt
- RIF, R. I. F. (2010). State of the Nation: Rådgivende Ingeniørers Forening.
- Rovik, Å. E. (2011). *Grunnerverv og ekspropriasjon - Sammenligning av avtaler og skjønn ved grunnerverv til offentlig veg*. (Masteroppgave), Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB), Ås. Retrieved from [http://brage.bibsys.no/umb/bitstream/URN:NBN:no-bibsys\\_brage\\_25127/1/Rovik%20masteroppgave%202011.pdf](http://brage.bibsys.no/umb/bitstream/URN:NBN:no-bibsys_brage_25127/1/Rovik%20masteroppgave%202011.pdf)
- Samferdselsdepartementet. (2007). *FOR-2007-03-29-363: Forskrift om anlegg av offentlig veg* Retrieved from <http://www.lovdata.no/cgi-wift/lides?doc=/sf/sf/sf-20070329-0363.html>.
- Samstad, H., Ramjerdi, F., Veisten, K., Navrud, S., Magnussen, K., Flügel, S., . . . SanMartin, O. (2010). Den norske verdsetningsstudien *TØI rapport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI) Sweco.
- Saxeboel, G. (2013). Mailkontakt med Geir Saxeboel, Sjefsingeniør i Statens vegvesen, Vegdirektoratet - Byggherreseksjonen. Ansvarlig for kostnadsbanken(16.05.13)
- Sekse, T. (2012). Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer *Norsk Vann Rapport 190/2012* (pp. 48): Norsk Vann BA.
- Selberg, K. A. (2002). *Gaten som by- og stedsformer*. Oslo: Statens vegvesen.
- SFT, S. f. (2000). Helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader av luftforurensning; Luftforurensninger – effekter og verdier (LEVE) *TA-1718/2000*. Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- SFT, S. f. (2005). Veileder til Miljøverndepartementets retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (støyretningslinjen) *TA-2115/2005*: Statens forurensningstilsyn.
- SFT, S. f. (2009). Vurdering av framtidige kvotepriser: En rapport fra etatsgruppen Klimakur 2020 *TA-2545*. Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- SSB, S. s. (2012). Kommunale avløpstjenester, 2011. Retrieved 07.03.2013, from [http://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/var\\_kostr](http://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/var_kostr)
- Stagge, J. H., & Davis, A. P. (2006). Water Quality Benefits of Grass Swales in Managing Highway Runoff: Water Environment Foundation, WEFTEC.
- Stahre, P. (2002). *Recent experiences in the use of BMPs in Malmö, Sweden*.
- Stahre, P. (2006). *Sustainability in urban storm drainage: Planning and examples*. Stockholm: Svenskt Vatten.
- Statens vegvesen, R. V. (2012). *Grøntveileder for Region vest* Retrieved from <http://www.vegvesen.no/attachment/377774/binary/657302>
- Statens vegvesen, V. (1994). Håndbok 169: Vegetasjon ved trafikkårer *Statens vegvesen håndbokserie; Veiledning*: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen, V. (2005). Håndbok 222: Trafikksikkerhetsrevisjoner- og inspeksjoner *Statens vegvesen håndbokserie; Veiledning*: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen, V. (2006a). Håndbok 140: Konsekvensanalyser *Statens vegvesen håndbokserie; Veiledning*: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen, V. (2006b). Håndbok 261: Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging *Statens vegvesen håndbokserie; Veiledning* (Rapportutkast (versjon 7) ed.): Statens vegvesen.

- Statens vegvesen, V. (2007). Håndbok 025: Prosesskode 1 - Standard beskrivelsestekster for vegkontrakter; Hovedprosess 1-7 *Statens vegvesen håndbokserie; Retningslinjer*: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen, V. (2008a). Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6 (U. Vegdirektoratet, Transportanalyseseksjonen, Trans.) *Rapport* (pp. 114): Statens vegvesen, vegdirektoratet.
- Statens vegvesen, V. (2008b). Håndbok 017: Veg- og gateutforming *Statens vegvesen håndbokserie; Normaler*.
- Statens vegvesen, V. (2011a). Håndbok 018: Vegbygging *Statens vegvesen håndbokserie; Normaler*.
- Statens vegvesen, V. (2011b). Håndbok 217: Anslagsmetoden *Statens vegvesen håndbokserie; Retningslinjer*: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen, V. (2011c). Håndbok 231: Rekkverk *Statens vegvesen håndbokserie; Normaler*: Statens vegvesen.
- Statens vegvesen, V. (2012). Nasjonal gåstrategi - Strategi for å fremme gåing som transportform og hverdagsaktivitet (Vegdirektoratet, Trans.) *Statens vegvesens rapporter* (pp. 180): Statens Vegvesen.
- Statsbygg. (2004). Åpne overvannsløsninger - erfaringer og anbefalinger *FoU-prosjekt*. Fornebu.
- Svennebye, L. (2011, 12.09.2012). Lønnsnivå og kjøpekraft i OECD-landene: Vanskelig å sammenlikne kjøpekraft. from <http://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/artikler-og-publikasjoner/vanskelig-aa-sammenlikne-kjopekraft>
- Sælensminde, K. (2002). Gang- og sykkelvegnett i norske byer: Nytte- kostnadsanalyser inkludert helseeffekter og eksterne kostnader av motorisert vegtrafikk *TØI rapport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI).
- Sælensminde, K. (2004). Metodikk for nytte-kostnadsanalyse av tiltak for gående og syklende. Arbeidsdokument Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI).
- Thomassen, A. (2005). Byggekostnadsindeks for veganlegg. Kostnadsundersøkelsen; Vekter og representantvarer 2004 (pp. 45). Oslo: Statistisk sentralbyrå (SSB).
- Thorolfsson, S. T. (2011). *Sandfang*. Faktaark. NTNU. Utgitt, EVU-kurs: Overvanns- og ledningsteknologi 2012.
- Thorolfsson, S. T. (2012). *Overvannsteknologi: Fra rør til areal - Mot mer bærekraftig overvannshåndtering*. Trondheim: Tapir-forlag; Kompendieforlaget.
- TØI, T. i. (2000a). *Trafikksikkerhetshåndboken Kapittel 1.12; Utbedring av vegers sideterreng* Retrieved from <http://tsh.toi.no/index.html?21804>
- TØI, T. i. (2000b). *Trafikksikkerhetshåndboken Kapittel 3.2 Miljøgater* Retrieved from <http://tsh.toi.no/?22047>
- Tørset, T., Malmin, O. K., Ness, S., & Levin, T. (2008). Regional transportmodell for delområder; Brukerveiledning til applikasjon *SINTEF rapport*. Trondheim: SINTEF Teknologi og samfunn.
- Vale, P. H. (2005). *Makroøkonomi: Har vi kontroll med utviklingen?* (3. Utgave 2010 ed.). Oslo: Abstrakt forlag.
- Valstad, J. H. (2013). Maillkontakt med Jan Håvard Valstad, Analysesjef i Eiendomsmegler 1 Midt-Norge(22.03.13).
- Veisten, K., Flügel, S., & Ramjerdi, F. (2010). Den norske verdsettingsstudien; Helseeffekter - Gevinster ved økt sykling og gange *TØI rapport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI).
- Voicu, I., & Been, V. (2008). The effect of community gardens on neighboring property values. *Real Estate Economics*, 36(2), 241-283.
- Vågane, L., Brechan, I., & Hjorthol, R. (2011). Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2009 *TØI rapport*. Oslo: Transportøkonomisk institutt (TØI).
- Ward, B., MacMullan, E., & Reich, S. (2008). THE EFFECT OF LOW-IMPACT-DEVELOPMENT ON PROPERTY VALUES. *Proceedings of the Water Environment Federation*, 2008(6), 318-323. doi: 10.2175/193864708788808348
- Westgaard, H., Arge, K., & Moe, K. (2010). Prosjekteringsplanlegging og prosjekteringsledelse. Oslo.
- Woods-Ballard, B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., & Shaffer, P. (2007). The SUDS manual *CIRIA C697*. London: CIRIA, Construction Industry Research And Information Association.

- Yang, J., Yu, Q., & Gong, P. (2008). Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, 42(31), 7266-7273. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.003>
- Ødegaard, H., Heistad, A., Mosevoll, G., Lindholm, O., Østerhus, S. W., Thorolfsson, S. T., & Sægrov, S. (2012). *Lærebok; Vann- og avløpsteknikk*. Hamar: Norsk Vann.
- Østre, S. (2010). Nyttekostnadsanalyser; Forelesningsnotater i samfunnsøkonomisk prosjektanalyse for offentlig forvaltning. <http://brage.bibsys.no/hhe/retrieve/2059/Nyttekostnadsanalyse%20Stein%20%C3%98stre.pdf>
- Åstebøl, S. O. (2007). Rensing av overvann i byområder: Kompakte renseløsninger (U. Miljøseksjonen, Trans.) *UTB 2007/02* (pp. 57): Statens vegvesen, Vegdirektoratet.

# **VEDLEGG**





# Innhold

## *Vedleggsdelen*

### VEDLEGG A

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>Oppgavetekst</b> ..... | A-1 |
|---------------------------|-----|

### VEDLEGG B

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <b>Mail til kommunene</b> ..... | B-1 |
|---------------------------------|-----|

### VEDLEGG C

|   |     |
|---|-----|
| <b>Illustrasjonsplan – Alternativ 0</b> ..... | C-1 |
|---|-----|

### VEDLEGG D

|  |     |
|--|-----|
| <b>Investeringskostnadsberegninger</b> ..... | D-1 |
|--|-----|

|   |      |
|---|------|
| Vedlegg D.5 Investeringskostnad, tradisjonell overvannsgrøft.....           | D-1  |
| Vedlegg D.1 Enhetskostnader etter prosesskode 1.....                        | D-2  |
| Vedlegg D.2 Investeringskostnad, swale (med og uten tre).....               | D-5  |
| Vedlegg D.3 Investeringskostnad, infiltrasjonsgrøft (med og uten tre) ..... | D-10 |
| Vedlegg D.4 Investeringskostnad, regnbed.....                               | D-12 |
| Vedlegg D.5 Investeringskostnad, tradisjonell overvannsgrøft.....           | D-13 |
| Vedlegg D.6 Investeringskostnad, tradisjonell grønnskrubb og trær .....     | D-15 |
| Vedlegg D.7 Investeringskostnad, belegningssteinareal - fortau .....        | D-17 |
| Vedlegg D.8 Rehabiliteringskostnad av veg .....                             | D-18 |

### VEDLEGG E

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>Overvannsberegninger</b> ..... | E-1 |
|-----------------------------------|-----|

|  |      |
|--|------|
| Vedlegg E.1 IVF-kurve, 12290 Hamar II .....              | E-2  |
| Vedlegg E.2 Areal og avrenningsfaktor.....               | E-3  |
| Vedlegg E.3 Beregning av tilrenningstid.....             | E-4  |
| Vedlegg E.4 Beregning av overvannsmengder.....           | E-5  |
| Vedlegg E.5 Beregning av nødvendig BMP-areal.....        | E-8  |
| Vedlegg E.6 Beregning av Kristoffersen-regn i Hamar..... | E-11 |

## VEDLEGG F

|   |      |
|---|------|
| <b>Levetidskostnadsberegninger</b> .....                          | F-1  |
| Vedlegg F.1 Grunnlag for levetidskostnadsberegninger .....        | F-2  |
| Vedlegg F.2 Levetidskostnad, swale (med tre).....                 | F-3  |
| Vedlegg F.3 Levetidskostnad, swale (uten tre).....                | F-4  |
| Vedlegg F.4 Levetidskostnad, regnbed .....                        | F-5  |
| Vedlegg F.5 Levetidskostnad, infiltrasjonsgrøft (med tre).....    | F-6  |
| Vedlegg F.6 Levetidskostnad, infiltrasjonsgrøft (uten tre).....   | F-7  |
| Vedlegg F.7 Levetidskostnad, tradisjonell overvannsgrøft .....    | F-8  |
| Vedlegg F.8 Levetidskostnad, tradisjonell grønnpark og trær.....  | F-11 |
| Vedlegg F.9 Levetidskostnad, belegningssteinareal – fortau .....  | F-13 |
| Vedlegg F.10 Neddiskontert nytteverdi i år 0, boligverdi .....    | F-14 |
| Vedlegg F.11 Neddiskonterte årlige nytte- og kostnadsverdier..... | F-15 |

## VEDLEGG G

|   |     |
|---|-----|
| <b>Nytte-kostnadsberegninger</b> .....  | G-1 |
| Vedlegg G.1 Grønngatemodellen.....  | G-2 |
| Vedlegg G.2 Alternativ 0.1 – tradisjonell overvannshåndtering.....                  | G-3 |
| Vedlegg G.3 Alternativ 0.2 – oppdimensjonert tradisjonell overvannshåndtering ..... | G-4 |
| Vedlegg G.4 Alternativ 1 – grønngate .....  | G-5 |
| Vedlegg G.5 Alternativdifferanser .....   | G-6 |
| Vedlegg G.6 Nytte-kostnadsberegning – Alternativ 1 vs. Alternativ 0.1.....          | G-7 |
| Vedlegg G.7 Nytte-kostnadsberegning – Alternativ 1 vs. Alternativ 0.2.....          | G-9 |

## VEDLEGG H

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| <b>Usikkerhetsberegninger</b> ..... | H-1  |
| Vedlegg H.1 Scenario 1.....         | H-2  |
| Vedlegg H.2 Scenario 2.....         | H-3  |
| Vedlegg H.3 Scenario 3.....         | H-4  |
| Vedlegg H.4 Scenario 4.....         | H-6  |
| Vedlegg H.5 Scenario 5.....         | H-7  |
| Vedlegg H.6 Scenario 6.....         | H-8  |
| Vedlegg H.7 Scenario 7.....         | H-9  |
| Vedlegg H.8 Scenario 8.....         | H-11 |
| Vedlegg H.9 Scenario 9.....         | H-12 |

# Figurliste

## *Vedleggsdelen*

|   |      |
|---|------|
| Vedleggsfigur D-1: Ende på swale med utløp.....   | D-6  |
| Vedleggsfigur D-2: Ende på swale, høyeste punkt .....   | D-8  |
| Vedleggsfigur D-3: Utgravd tverrsnitt for tre, i og utenfor, grønrrabatt .....                  | D-16 |
| Vedleggsfigur D-4: Overbygning, fortau med belegningsstein.....                                 | D-17 |
| Vedleggsfigur D-5: Overbygning, fortau og kjørebane – grunnlag for rehabiliteringskostnad ..... | D-18 |
| Vedleggsfigur D-6: Utkiling. Kilde: COWI.....   | D-18 |
| Vedleggsfigur E-1: IVF-kurve, 12290 Hamar II.....   | E-2  |
| Vedleggsfigur E-2: Beregnet vannføring i «liten swale» .....                                    | E-12 |
| Vedleggsfigur F-1: Nodepunkter (Strandgata markert rødt, omkjøring i blått) .....               | F-18 |
| Vedleggsfigur G-1: Andel nytte/kostnadselementer - Alternativ 1 vs. Alternativ 0.1 .....        | G-8  |
| Vedleggsfigur G-2: Andel nytte/kostnadselementer - Alternativ 1 vs. Alternativ 0.2 .....        | G-10 |

# Tabelliste

## *Vedleggsdelen*

|  |      |
|--|------|
| Vedleggstabell D-1: Benyttede prosesser og enhetskostnader .....   | D-3  |
| Vedleggstabell D-2: Prosess 42.131 og 46.111 .....   | D-4  |
| Vedleggstabell D-3: Arbeid og investeringskostnadsberegning, midtparti, swale .....                      | D-5  |
| Vedleggstabell D-4: Utgravd areal utover beregnet tverrsnitt, swale - ende med utløp .....               | D-6  |
| Vedleggstabell D-5: Mengde pukk utover beregnet tverrsnitt, swale - ende med utløp .....                 | D-6  |
| Vedleggstabell D-6: Fiberduk og geomembran, swale - ende med utløp .....                                 | D-6  |
| Vedleggstabell D-7: Arbeid og investeringskostnadsberegning, endeavslutning med utløp, swale ...         | D-7  |
| Vedleggstabell D-8: Utgravd areal utover beregnet tverrsnitt, swale - ende .....                         | D-8  |
| Vedleggstabell D-9: Fiberduk og geomembran, swale - ende .....   | D-8  |
| Vedleggstabell D-10: Arbeid og investeringskostnadsberegning, høyeste endeavslutning, swale .....        | D-9  |
| Vedleggstabell D-11: Arbeid og investeringskostnadsberegning, infiltrasjonsgrøft .....                   | D-10 |
| Vedleggstabell D-12: Arbeid og investeringskostnadsberegning, endeavslutning, infiltrasjonsgrøft... D-11 | D-11 |
| Vedleggstabell D-13: Arbeid og investeringskostnadsberegning, regnbed .....                              | D-12 |
| Vedleggstabell D-14: Arbeid og investeringskostnadsberegning, endeavslutning, regnbed .....              | D-12 |
| Vedleggstabell D-15: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 150 mm overvannsgrøft .....                | D-13 |
| Vedleggstabell D-16: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 200 mm overvannsgrøft .....                | D-13 |
| Vedleggstabell D-17: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 250 mm overvannsgrøft .....                | D-13 |
| Vedleggstabell D-18: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 300 mm overvannsgrøft .....                | D-13 |
| Vedleggstabell D-19: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 400 mm overvannsgrøft .....                | D-14 |
| Vedleggstabell D-20: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 500 mm overvannsgrøft .....                | D-14 |
| Vedleggstabell D-21: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 600 mm overvannsgrøft .....                | D-14 |
| Vedleggstabell D-22: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 800 mm overvannsgrøft .....                | D-14 |
| Vedleggstabell D-23: Arbeid og investeringskostnadsberegning, sandfang .....                             | D-15 |
| Vedleggstabell D-24: Arbeid og investeringskostnadsberegning, overvannskum .....                         | D-15 |
| Vedleggstabell D-25: Arbeid og investeringskostnadsberegning, tradisjonell grønnskrubb .....             | D-15 |
| Vedleggstabell D-26: Arbeid og investeringskostnadsberegning, tre i og utenfor grønnskrubb .....         | D-16 |
| Vedleggstabell D-27: Arbeid og investeringskostnadsberegning, fortau .....                               | D-17 |
| Vedleggstabell D-28: Arbeid, rehabilitering av vegens hovedparti .....                                   | D-18 |
| Vedleggstabell D-29: Investeringskostnadsberegning, rehabilitering av vegens hovedparti .....            | D-19 |
| Vedleggstabell D-30: Arbeid og investeringskostnadsberegning, rehabilitering, utkiling .....             | D-19 |
| Vedleggstabell E-1: Areal og avrenningsfaktor for delfeltene .....                                       | E-3  |
| Vedleggstabell E-2: Beregning av tilrenningstid for delfeltene .....                                     | E-4  |
| Vedleggstabell E-3: Dimensjonerende overvannsmengder for konvensjonelt ledningsnett .....                | E-5  |
| Vedleggstabell E-4: Nødvendig rørdimensjon .....   | E-6  |
| Vedleggstabell E-5: Korrigerte vannhastigheter .....   | E-6  |
| Vedleggstabell E-6: Dimensjonerende overvannsmengder for alternative BMP-løsninger .....                 | E-7  |
| Vedleggstabell E-7: Faktorer for arealberegning, regnbed .....   | E-8  |

|   |      |
|---|------|
| Vedleggstabell E-8: Faktorer for kapasitetsberegning, swale .....                               | E-8  |
| Vedleggstabell E-9: Faktorer for arealberegning, infiltrasjonsgrøft med tre .....               | E-9  |
| Vedleggstabell E-10: Faktorer for arealberegning, infiltrasjonsgrøft uten tre .....             | E-9  |
| Vedleggstabell E-11: Nødvendig BMP-areal og lengde .....  | E-10 |
| Vedleggstabell E-12: Kristoffersen-regn for Hamar .....   | E-11 |
| Vedleggstabell F-1: Diskonteringsrente og analyseperiode .....                                  | F-2  |
| Vedleggstabell F-2: Levetid .....   | F-2  |
| Vedleggstabell F-3: Inputdata, Swale med tre .....  | F-3  |
| Vedleggstabell F-4: Investeringskostnad og årlig D&V-kostnad, Swale med tre.....                | F-3  |
| Vedleggstabell F-5: Levetidskostnad, Swale med tre .....  | F-3  |
| Vedleggstabell F-6: Inputdata, Swale uten tre .....   | F-4  |
| Vedleggstabell F-7: Investeringskostnad og årlig D&V-kostnad, Swale uten tre.....               | F-4  |
| Vedleggstabell F-8: Levetidskostnad, Swale uten tre .....                                       | F-4  |
| Vedleggstabell F-9: Inputdata, Regnbed .....  | F-5  |
| Vedleggstabell F-10: Investeringskostnad og årlig D&V-kostnad, Regnbed .....                    | F-5  |
| Vedleggstabell F-11: Levetidskostnad, Regnbed .....   | F-5  |
| Vedleggstabell F-12: Inputdata, Infiltrasjonsgrøft med tre .....                                | F-6  |
| Vedleggstabell F-13: Investeringskostnad og årlig D&V-kostnad, Infiltrasjonsgrøft med tre.....  | F-6  |
| Vedleggstabell F-14: Levetidskostnad, Infiltrasjonsgrøft med tre .....                          | F-6  |
| Vedleggstabell F-15: Inputdata, Infiltrasjonsgrøft uten tre .....                               | F-7  |
| Vedleggstabell F-16: Investeringskostnad og årlig D&V-kostnad, Infiltrasjonsgrøft uten tre..... | F-7  |
| Vedleggstabell F-17: Levetidskostnad, Infiltrasjonsgrøft uten tre .....                         | F-7  |
| Vedleggstabell F-18: Investeringskostnad og årlig D&V-kostnad, Tradisjonelt ledningsnett.....   | F-8  |
| Vedleggstabell F-19: Levetidskostnad, Overvannskum.....   | F-8  |
| Vedleggstabell F-20: Levetidskostnad, Sandfangkum .....   | F-8  |
| Vedleggstabell F-21: Levetidskostnad, Hjelpesluk.....   | F-9  |
| Vedleggstabell F-22: Levetidskostnad, OV 150 mm .....   | F-9  |
| Vedleggstabell F-23: Levetidskostnad, OV 200 mm .....   | F-9  |
| Vedleggstabell F-24: Levetidskostnad, OV 300 mm .....   | F-10 |
| Vedleggstabell F-25: Levetidskostnad, OV 600 mm .....   | F-10 |
| Vedleggstabell F-26: Investeringskostnad, tradisjonell grønnrabatt og tre .....                 | F-11 |
| Vedleggstabell F-27: Inputdata, tradisjonell grønnrabatt og tre.....                            | F-11 |
| Vedleggstabell F-28: Levetidskostnad, tradisjonell grønnrabatt og tre.....                      | F-12 |
| Vedleggstabell F-29: Inputdata, fortau.....   | F-13 |
| Vedleggstabell F-30: Investeringskostnad, fortau.....   | F-13 |
| Vedleggstabell F-31: Inputdata, boligverdi.....   | F-14 |
| Vedleggstabell F-32: Neddiskontert nytte, boligverdi .....                                      | F-14 |
| Vedleggstabell F-33: Inputdata, helsekostnad.....   | F-15 |
| Vedleggstabell F-34: Årlig nytteverdi, helsekostnad .....                                       | F-15 |
| Vedleggstabell F-35: Neddiskontert nytte, helsekostnad .....                                    | F-15 |
| Vedleggstabell F-36: Inputdata, luftforurensning .....  | F-16 |
| Vedleggstabell F-37: Stedlige faktorer, luftforurensning.....                                   | F-16 |
| Vedleggstabell F-38: Årlig nytteverdi, luftforurensning.....                                    | F-16 |
| Vedleggstabell F-39: Neddiskontert nytte, luftforurensning.....                                 | F-16 |
| Vedleggstabell F-40: Inputdata, energikostnad.....  | F-17 |
| Vedleggstabell F-41: Årlig nytteverdi, energikostnad .....                                      | F-17 |
| Vedleggstabell F-42: Neddiskontert nytte, energikostnad .....                                   | F-17 |
| Vedleggstabell F-43: Kollektivruter gjennom Strandgata.....                                     | F-19 |

|  |      |
|--|------|
| Vedleggstabell F-44: Endring i konsumentoverskudd .....  | F-20 |
| Vedleggstabell F-45: Overvannsskader.....  | F-21 |
| Vedleggstabell F-46: Boliger og foretninger i Strandgata.....                                  | F-21 |
| Vedleggstabell F-47: Årlig nytteverdi, forsikringsutbetalinger .....                           | F-21 |
| Vedleggstabell F-48: Neddiskontert nytteverdi, forsikringsutbetalinger .....                   | F-21 |
| Vedleggstabell G-1: Grønngatemodellen .....  | G-2  |
| Vedleggstabell G-2: Investeringskostnad – Alternativ 0.1.....                                  | G-3  |
| Vedleggstabell G-3: Drift og vedlikeholdskostnad – Alternativ 0.1 .....                        | G-3  |
| Vedleggstabell G-4: Restverdi – Alternativ 0.1 .....   | G-3  |
| Vedleggstabell G-5: Investeringskostnad – Alternativ 0.2.....                                  | G-4  |
| Vedleggstabell G-6: Drift og vedlikeholdskostnad – Alternativ 0.2 .....                        | G-4  |
| Vedleggstabell G-7: Restverdi – Alternativ 0.2 .....   | G-4  |
| Vedleggstabell G-8: Investeringskostnad – Alternativ 1.....                                    | G-5  |
| Vedleggstabell G-9: Drift og vedlikeholdskostnad – Alternativ 1 .....                          | G-5  |
| Vedleggstabell G-10: Restverdi – Alternativ 1 .....  | G-5  |
| Vedleggstabell G-11: Alternativsdifferanser.....   | G-6  |
| Vedleggstabell G-12: Beregning av netto nåverdi – Alternativ 1 vs. Alternativ 0.1.....         | G-7  |
| Vedleggstabell G-13: Relevante nytte/kostnadselementer - Alternativ 1 vs. Alternativ 0.1 ..... | G-8  |
| Vedleggstabell G-14: Beregning av netto nåverdi – Alternativ 1 vs. Alternativ 0.2.....         | G-9  |
| Vedleggstabell G-15: Relevante nytte/kostnadselementer - Alternativ 1 vs. Alternativ 0.2.....  | G-10 |
| Vedleggstabell H-1: Beregning av netto nåverdi, scenario 1 .....                               | H-2  |
| Vedleggstabell H-2: Endrede skattekostnader, scenario 2 .....                                  | H-3  |
| Vedleggstabell H-3: Beregning av netto nåverdi, scenario 2 .....                               | H-3  |
| Vedleggstabell H-4: Arbeid knyttet til utskifting av fiberduk og topplag, scenario 3 .....     | H-4  |
| Vedleggstabell H-5: Samlet tiltakskostnad, utskifting av fiberduk og topplag, scenario 3.....  | H-4  |
| Vedleggstabell H-6: Nye levetidskostnader, scenario 3.....                                     | H-5  |
| Vedleggstabell H-7: Endrede skattekostnader, scenario 3 .....                                  | H-5  |
| Vedleggstabell H-8: Beregning av netto nåverdi, scenario 3 .....                               | H-5  |
| Vedleggstabell H-9: Input til Grønngatemodellen, scenario 4 .....                              | H-6  |
| Vedleggstabell H-10: Beregning av netto nåverdi, scenario 4 .....                              | H-6  |
| Vedleggstabell H-11: Input til Grønngatemodellen, scenario 5 .....                             | H-7  |
| Vedleggstabell H-12: Beregning av netto nåverdi, scenario 5 .....                              | H-7  |
| Vedleggstabell H-13: Beregning av netto nåverdi, scenario 6.....                               | H-8  |
| Vedleggstabell H-14: Input til Grønngatemodellen, scenario 7 .....                             | H-9  |
| Vedleggstabell H-15: Endrede skattekostnader, scenario 7 .....                                 | H-9  |
| Vedleggstabell H-16: Beregning av netto nåverdi, scenario 7 .....                              | H-10 |
| Vedleggstabell H-17: Input til Grønngatemodellen, scenario 8 .....                             | H-11 |
| Vedleggstabell H-18: Beregning av netto nåverdi, scenario 8 .....                              | H-11 |
| Vedleggstabell H-19: Input til Grønngatemodellen, scenario 9 .....                             | H-12 |
| Vedleggstabell H-20: Beregning av netto nåverdi, scenario 9 .....                              | H-12 |

## Vedlegg A

### OPPGAVETEKST

---

#### MASTEROPPGAVE

(TBA4940 Veg, masteroppgave)

VÅREN 2013

for

**Stian Omdal**

**Grønngater – En ny type vegplanlegging, eller bare en visjon?**  
*En samfunnsøkonomisk vurdering av tverrfaglig vegplanlegging i Norge*

#### BAKGRUNN

En stadig økende urbanisering og en fremtidig økning i nedbør gjør at vi i større grad kan forvente oss lokale intensive regnskyll som vil overbelaste det tradisjonelle overvannsnett. Flere steder har man begynt å ta i bruk alternative metoder som infiltrasjon og fordrøyning for å håndtere denne avrenningen. I vegplanleggingen i Norge har man i all hovedsak håndtert avrenning fra urbane veisystemer gjennom bortledning i lukkede rør. Veisystemene bidrar dermed til å forsterke intensiteten i urban nedbør, og bidrar til å øke faren for skade på egen konstruksjon og nærliggende bygninger.

I USA har man gjennom et nytt initiativ benyttet en tverrfaglig veg-, vann- og avløpsprosjektering til å håndtere den urbane avrenningen langs vei. Initiativet er kalt «Green Streets».

#### OPPGAVE

Oppgaven skal avdekke muligheter, utfordringer, og forutsetninger for å ta i bruk slike gatesystem i Norge. På bakgrunn av dette skal kandidaten benytte samfunnsøkonomiske prinsipper og teori til å identifisere, kvantifisere og verdsette forventede kostnader og nyttevirkninger.

Kostnadene og nyttevirkningene skal inngå i en nytte-kostnadsanalyse som en del av en samfunnsøkonomisk vurdering av verdsatte-, og ikke-verdsatte virkninger ved et «Green Street»-initiativ.

#### Beskrivelse av oppgaven

Oppgaven skal blant annet omfatte:

- Beskrivelse av «Green Streets» og viktigheten med en slik tverrfaglig planlegging
- Utfordringer ved, og forutsetninger for, bruk av alternativ overvannshåndtering i Norge
- Konsekvenser ved en alternativ overvannshåndtering langs vei

- Forventede virkninger
- Kostnad/nytte-analyse
- Samfunnsøkonomisk vurdering

Det skal legges vekt på å få frem hvilke samfunnsøkonomiske virkninger man kan forvente med en «Green Street»-implementering ved norske forhold, og samtidig avdekke usikkerhet knyttet til den samfunnsøkonomiske vurderingen.

Kandidaten skal selv komme frem til metoder for å illustrere og vurdere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten med bruken av alternativ overvannshåndtering langs norske veger opp mot et gatesystem med bruk av tradisjonell overvannshåndtering (lukket rørsystem og sluk).

### **Målsetting og hensikt**

Hensikten med oppgaven er å avdekke hvorvidt et fokus på en mer miljøvennlig og tverrfaglig prosjektering, gjennom bruken av «Green Streets» i Norge, vil være fordelaktig i et samfunnsøkonomisk perspektiv.

Dersom tiltaket fremstår som samfunnsøkonomisk lønnsomt vil dette indikere at man i større grad bør vurdere å benytte en tverrfaglig VVA-prosjektering ved bygging av norske veier.



## GENERELT

Opgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidingen og selvstendighet i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- forord
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- innholdsfortegnelse inklusive oversikt over figurer, tabeller og vedlegg
- om nødvendig en liste med beskrivelse av viktige betegnelser og forkortelser benyttet
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger.
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.
- besvarelsen skal ha komplett paginering (sidenummerering).

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel. Arbeidet leveres da også med rapportforside og tittelside og om nødvendig med vedlegg som dokumenterer arbeid utført i prosessen med utforming av artikkelen.

Se forøvrig «Råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport». Finnes på <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

### Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

**(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.**

Beskrives her når dette er aktuelt. Se <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

**Helse, miljø og sikkerhet (HMS):**

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>.

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

**Innleveringsfrist:**

Arbeidet med oppgaven starter 14. januar 2013

.

Besvarelsen leveres senest ved registrering i DAIM innen 10. juni 2013 kl 1500.

**Faglærer ved instituttet:** Inge Hoff

**Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:** James Odeck, Vegdirektoratet

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 14.01.2013

Underskrift

Faglærer

# Vedlegg B

## MAIL TIL KOMMUNENE

---

Hei!

Mitt navn er Stian Omdal. Jeg er utdannet ingeniør i teknisk planlegging ved Universitetet i Stavanger, og skriver i vår min mastergrad i vegplanlegging ved NTNU i Trondheim.

I masteroppgaven min vil jeg ta for meg bruken av alternativ overvannshåndtering i forbindelse med vegprosjekter, og da spesielt i urbane strøk. I den forbindelse ønsker jeg å danne en oversikt over bruken av slike metoder i norske kommuner.

Jeg håper du derfor kan ta deg 5 minutter til å svare på denne mailen, og hjelpe meg med å få inn representative data til min masteroppgave.

Mailen er sendt til VA-avdelingen i de 5 største kommunene i samtlige fylker.

Jeg håper du kan svare på disse 4 spørsmålene:

- Er det blitt benyttet andre metoder enn de tradisjonelle metodene med bruk drensør osv. for å håndtere lokal avrenning av overflatevann i tettsteds- og bymessige strøk i din kommune? Ev. hvilke? (Dersom nei, hvorfor ikke?)
- Hva er deres erfaringer knyttet til disse metodene (kostnader, driftsforhold etc.) i forhold til de tradisjonelle løsningene?
- Er det noen forutsetninger dere legger til grunn for valg av en alternativ håndtering av overvannet?
- Byr evt. bruken av slike alternative metoder i deres kommune på noen utfordringer? (topografi, klima, arealmangel, etc..)

Ettersom en del av oppgaven avhenger av denne oversikten, ønskes svar raskest mulig.

På forhånd tusen takk for hjelpen!

Med vennlig hilsen

Stian Omdal  
*Stud. techn. NTN*







# Vedlegg D

## INVESTERINGSKOSTNADSBEREGNINGER

Arealene og mengdene er hentet og beregnet ut fra laget CAD-modell

Enhetsprisene er hentet fra Statens Vegvesens Kostnadsdatabank

Verdiene er grunnlag for investeringskostnader som presenteres i kapittel 8.2.2

Komplette beregninger finnes i elektronisk vedlegg

*VEDLEGG E-01 - Kostnadsdatabase og investeringskostnadsberegninger*

*Datagrunnlag for arealer og mengder i beregningene forklares i  
VEDLEGG E-04-E-07*

- VEDLEGG D.1 ENHETSKOSTNADER ETTER PROSESSKODE 1**
- VEDLEGG D.2 INVESTERINGSKOSTNAD, SWALE (MED OG UTEN TRE)**
- VEDLEGG D.3 INVESTERINGSKOSTNAD, INFILTRASJONGRØFT (MED OG UTEN TRE)**
- VEDLEGG D.4 INVESTERINGSKOSTNAD, REGNBED**
- VEDLEGG D.5 INVESTERINGSKOSTNAD, TRADISJONELL OVERVANNSGRØFT**
- VEDLEGG D.6 INVESTERINGSKOSTNAD, TRADISJONELL GRØNNRABATT OG TRÆR**
- VEDLEGG D.7 INVESTERINGSKOSTNAD, BELEGNINGSSTEINAREAL - FORTAU**
- VEDLEGG D.8 REHABILITERINGSKOSTNAD AV VEG**

**VEDLEGG D.1**
**ENHETSKOSTNADER ETTER PROSESSKODE 1**

*Statens Vegvesens Håndbok 025 – Prosesskode 1(2007)*

*Standard beskrivelsestekster for vegkontrakter, hovedprosess 1 - 7*

Følgende prosesser er benyttet i beregningen av investeringskostnadene

| Prosess     | Enhet  | Kostnadsestimat |             |           |       |
|-------------|--|-----------------|-------------|-----------|-------|
|             |  | Lav (10%)       | Middelverdi | Høy (90%) |       |
| <b>15.4</b> | <b>Riving og fjerning av kantstein m.m.</b>                      |                 |             |           |       |
| 15.41       | Skjæring av faste vegdekker                                      | m               | 46,0        | 81,6      | 164,0 |
| 15.42       | Riving og fjerning av faste vegdekker                            | m <sup>2</sup>  | 16,0        | 42,4      | 121   |
| 15.43       | Opptaking og lagring av kantstein                                | m               | 41          | 93,8      | 170   |
| <b>41.1</b> | <b>Åpne grøfter i løsmasse</b>                                   |                 |             |           |       |
| 41.11       | Graving, opplastning, transport, og utlegging                    | m <sup>3</sup>  | 47          | 97,2      | 205   |
| <b>42.1</b> | <b>Rørgroft i løsmasse</b>                                       |                 |             |           |       |
| 42.11       | Graving  | m <sup>3</sup>  | 37          | 77,0      | 130   |
| 42.13       | Fiberduk   | m <sup>2</sup>  | 10          | 14,7      | 37    |
| 42.131      | Geomembran   | m <sup>2</sup>  | 29,6        | 34,3      | 56,6  |
| 42.14       | Fundament og omfylling for rør                                   | m <sup>3</sup>  | 218         | 328,5     | 539   |
| 42.15       | Gjenfylling med stedlige masser                                  | m <sup>3</sup>  | 31          | 61,0      | 266   |
| 42.16       | Gjenfylling med tilførte masser                                  | m <sup>3</sup>  | 74          | 190,6     | 346   |
| 42.17       | Fjerning av overskuddsmasser                                     | m <sup>3</sup>  | 27          | 83,7      | 181   |
| <b>42.6</b> | <b>Ekstra utvidelse for kummer</b>                               |                 |             |           |       |
| 42.61       | Utvidelse for kummer i løsmasse                                  | stk.            | 345         | 995,1     | 2400  |
| <b>43.1</b> | <b>Drensledning</b>  |                 |             |           |       |
| 43.11       | Diameter ≤ 120 mm  | m               | 43          | 87,6      | 269   |
| 43.12       | Diameter > 120 mm  | m               | 63          | 122,7     | 286   |
| <b>43.2</b> | <b>Overvannsledning</b>  |                 |             |           |       |
| 43.21       | Diameter 150 mm  | m               | 85          | 147,2     | 282   |
| 43.22       | Diameter 200 mm  | m               | 116         | 169,9     | 326   |
| 43.23       | Diameter 250 mm  | m               | 157         | 245,3     | 420   |
| 43.24       | Diameter 300 mm  | m               | 219         | 314,0     | 494   |
| 43.25       | Diameter 400 mm  | m               | 369         | 506,9     | 834   |
| 43.26       | Diameter 500 mm  | m               | 598         | 697,1     | 1134  |
| 43.27       | Diameter 600 mm  | m               | 715         | 922,1     | 1760  |
| 43.28       | Diameter >600 mm   | m               | 967         | 1566,3    | 2502  |
| <b>46.1</b> | <b>Sandfangkummer</b>  |                 |             |           |       |
| 46.11       | Kum 1000 mm betong   | stk.            | 6540        | 11122,6   | 22043 |
| 46.111      | Kum 425 mm PP  | stk.            | 4355        | 8937,6    | 19858 |
| 46.2        | Hjelpesluk   | stk.            | 3557        | 6272,8    | 9236  |
| <b>46.3</b> | <b>Inspeksjonskummer</b>   |                 |             |           |       |
| 46.31       | Kum  | stk.            | 6812        | 11639,4   | 21698 |
| <b>51.3</b> | <b>Avretting, justering og komprimering av planum på jord</b>    |                 |             |           |       |
| 51.31       | Planum på jordfylling  | m <sup>2</sup>  | 6           | 7,7       | 10    |
| 52.2        | Separasjonslag/Filterlag av fiberduk                             | m <sup>2</sup>  | 7           | 10,2      | 17    |
| 53.1        | Forsterkningslag av sand/grus                                    | m <sup>3</sup>  | 87          | 209,1     | 313   |
| <b>53.2</b> | <b>Forsterkningslag av knuste steinmaterialer av puk og kult</b> |                 |             |           |       |



|             |  |                |     |        |      |
|-------------|--|----------------|-----|--------|------|
| 53.22       | Forsterkningslag av knuste steinmaterialer tilført utenfra | m <sup>3</sup> | 145 | 210,1  | 292  |
| 53.3        | Forsterkningslag av sprengt stein                          | m <sup>3</sup> | 47  | 94,3   | 224  |
| 54.1        | Bærelag av knust grus                                      | m <sup>3</sup> | 203 | 277,5  | 383  |
| 54.2        | Bærelag av knuste steinmaterialer, Fk                      | m <sup>3</sup> | 171 | 251,3  | 334  |
| <b>63.1</b> | <b>Riving og skjæring av faste dekker</b>                  |                |     |        |      |
| 63.14       | Riving av asfalt   | m <sup>2</sup> | 15  | 36,8   | 90   |
| 63.15       | Skjæring av faste dekker                                   | m              | 44  | 94,9   | 305  |
| <b>63.2</b> | <b>Fresing av faste dekker</b>                             |                |     |        |      |
| 63.24       | Fresing av asfalt  | m <sup>2</sup> | 25  | 102,0  | 259  |
| <b>65.1</b> | <b>Asfaltdekker bindlag</b>                                |                |     |        |      |
| 65.14       | Bindlag av asfaltgrusbetong (Agb)                          | tonn           | 684 | 930,5  | 1837 |
| <b>65.2</b> | <b>Asfaltdekker slitelag</b>                               |                |     |        |      |
| 65.24       | Slitelag av asfaltgrusbetong (Agb)                         | tonn           | 725 | 952,9  | 1935 |
| 65.4        | Klebing av asfaltdekker                                    | m <sup>2</sup> | 2   | 3,5    | 7    |
| <b>66.4</b> | <b>Vegdekker av belegningsstein og heller</b>              |                |     |        |      |
| 66.41       | Belegningsstein av betong                                  | m <sup>2</sup> | 436 | 895,5  | 1383 |
| <b>67.2</b> | <b>Belegning på opphøyde arealer</b>                       |                |     |        |      |
| 67.21       | Asfaltdekke på fortau/gangbane/trafikkøy                   | tonn           | 818 | 1048,4 | 1705 |
| <b>74.4</b> | <b>Utlegging og bearbeiding av jord</b>                    |                |     |        |      |
| 74.41       | Utlegging og finplanering av vegetasjonsdekke og matjord   | m <sup>2</sup> | 10  | 21,7   | 83   |
| 74.44       | Innkjøpt vekstjord/anleggsgjord                            | m <sup>3</sup> | 239 | 389,9  | 577  |
| <b>74.5</b> | <b>Etablering av grasdekke</b>                             |                |     |        |      |
| 74.51       | Såing av grasareal   | m <sup>2</sup> | 2   | 6,6    | 20   |
| 74.54       | Såing av grasplen  | m <sup>2</sup> | 7   | 17,1   | 27   |
| <b>74.6</b> | <b>Plantearbeider</b>                                      |                |     |        |      |
| 74.61       | Planting av trær   | stk.           | 992 | 2436,5 | 6594 |
| 74.622      | Skjelettjord   | m <sup>3</sup> | 350 | 500,6  | 668  |
| 74.65       | Planting av stauder  | stk.           | 14  | 46,4   | 91   |
| 74.681      | Utlegging av dekkmateriale                                 | m <sup>2</sup> | 46  | 79,5   | 163  |
| <b>74.7</b> | <b>Vedlikehold i 3 år</b>                                  |                |     |        |      |
| 74.73       | Trær   | stk.           | 279 | 777,8  | 2258 |
| <b>75.1</b> | <b>Kantstein</b>   |                |     |        |      |
| 75.11       | Kantstein av naturstein                                    | m              | 456 | 639,8  | 996  |
| 75.12       | Kantstein av betong  | m              | 212 | 332,5  | 536  |

Vedleggstabell D-1: Benyttede prosesser og enhetskostnader

**Prosess 42.131 og 46.111**

Prosess 42.131 og 46.111 er egendefinerte prosesser, og er fremkommet ved at materialkostnader er trukket fra tilsvarende prosesser 42.13 og 46.11. Gjenstående kostnader antas da å være arbeid, montering og transport. Det antas at disse kostnadene er tilsvarende også for de nye prosessene. Materialkostnader for de nye prosessene legges til gjenstående kostnad.

## 42.131 Geomembran

Innkjøpskostnad - fiberduk

9,56 Kr/m<sup>2</sup>

Innkjøpskostnad - geomembran

29,2 Kr/m<sup>2</sup>

Kilde: Brødrene Dahl (Fiberduk kl. 3 - 660 m<sup>2</sup>: 6310,-)

Kilde: Ahlsell (HDPE membran 1,0 mm - 600 m<sup>2</sup>: 17520,-)

|       |                              | Lav  | Middel | Høy   |
|-------|------------------------------|------|--------|-------|
| 42.13 | Fiberduk                     | 10   | 14,7   | 37    |
|       | Arbeid, montering, transport | 0,44 | 5,09   | 27,44 |

|        |                           |       |       |       |
|--------|---------------------------|-------|-------|-------|
| 42.131 | Geomembran, HDPE (1,0 mm) | 29,64 | 34,29 | 56,64 |
|--------|---------------------------|-------|-------|-------|

## 46.111 Kum 425 mm PVC

Innkjøpskostnad - 1000 mm sandfang

8300 Kr/stk.

Innkjøpskostnad - 425 mm PP sandfang

6115 Kr/stk.

Kilde: Skjæveland cementstøperi (Bunnseksj: 4200,- + Kjegle 1900,- + slukrist 2200,-)

Kilde: Brødrene Dahl (SF-kum: 1975,- + kuppelrist 425 mm: 4140,-)

|       |                              | Lav   | Middel  | Høy   |
|-------|------------------------------|-------|---------|-------|
| 46.11 | Kum 1000 mm betong           | 6540  | 11122,6 | 22043 |
|       | Arbeid, montering, transport | -1760 | 2822,6  | 13743 |

|        |               |      |        |       |
|--------|---------------|------|--------|-------|
| 46.111 | Kum 425 mm PP | 4355 | 8937,6 | 19858 |
|--------|---------------|------|--------|-------|

Vedleggstabell D-2: Prosess 42.131 og 46.111

## VEDLEGG D.2                      INVESTERINGSKOSTNAD, SWALE (MED OG UTEN TRE)

Grunnlag for Tabell 8-4 - Tabell 8-5, og Figur 8-2 - Figur 8-3

Utgraving av plantehull, og erstatning av filtermasse med vekstjord hvor treet plantes er ikke kalkulert. Rotklumpen til gatetrærne vil med sitt volum føre til en reduksjon i nødvendig m<sup>3</sup> filtermasse. Forutsatt et volum på ca. 0,11 m<sup>3</sup> (ca. 60 cm i diameter), vil dette ved en planteavstand på 5 m utgjøre et fratrekk i filtermasse på 0,02 m<sup>3</sup> pr. m. Dette ansees for å være neglisjerbart, og inkluderes ikke i beregningen.

| Midtparti - Swale              |  |              |                |               |                |              |                    |               |                |
|--------------------------------|--|--------------|----------------|---------------|----------------|--------------|--------------------|---------------|----------------|
| Materialer                     |  | Swale m/ tre |                |               |                | Swale u/ tre |                    |               |                |
|                                |  | Tverrsnitt   |                | Pr. løpemeter |                | Tverrsnitt   |                    | Pr. løpemeter |                |
|                                |  | Mengde       | Enh            | Mengde        | Enh            | Mengde       | Enh                | Mengde        | Enh            |
| Utgravd tverrsnitt             |  | 4,36         | m <sup>2</sup> | 4,36          | m <sup>3</sup> | 3,31         | m <sup>2</sup>     | 3,31          | m <sup>3</sup> |
| Pukk, 8 – 16 mm                |  | 0,40         | m <sup>2</sup> | 0,40          | m <sup>3</sup> | 0,26         | m <sup>2</sup>     | 0,26          | m <sup>3</sup> |
| Filtermasse                    |  | 1,81         | m <sup>2</sup> | 1,81          | m <sup>3</sup> | 0,94         | m <sup>2</sup>     | 0,94          | m <sup>3</sup> |
| Vekstjord / matjord            |  | 3,94         | m              | 3,94          | m <sup>2</sup> | 3,94         | m                  | 3,94          | m <sup>2</sup> |
| Gressplen                      |  | 3,94         | m              | 3,94          | m <sup>2</sup> | 3,94         | m                  | 3,94          | m <sup>2</sup> |
| Geotekstil, fiberduk: klasse 2 |  | 5,91         | m              | 5,91          | m <sup>2</sup> | 3,56         | m                  | 3,56          | m <sup>2</sup> |
| Geomembran, HDPE               |  | 4,18         | m              | 4,18          | m <sup>2</sup> | 4,78         | m                  | 4,78          | m <sup>2</sup> |
| Tre                            |  |              |                | 0,20          | stk.           |              |                    |               |                |
| Drensrør, perforert 110 mm DV  |  | -            | -              | 1,00          | m              | -            | -                  | 1,00          | m              |
| Prosess                        | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde       | Enh            | Enhetspris    |                |              | Pris pr. løpemeter |               |                |
|                                |  |              |                | Lav           | Mid            | Høy          | Lav                | Mid           | Høy            |
|                                |  |              |                | Swale m/tre   |                |              |                    |               |                |
| 41.11                          | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 4,36         | m <sup>3</sup> | 47,0          | 97,2           | 205,0        | 204,9              | 423,7         | 893,8          |
| 42.17                          | Fjerning av overskuddsmasser           | 4,36         | m <sup>3</sup> | 27,0          | 83,7           | 181,0        | 117,7              | 364,7         | 789,2          |
| 42.14                          | Pukk 8 – 16 mm                         | 0,40         | m <sup>3</sup> | 218,0         | 328,5          | 539,0        | 87,2               | 131,4         | 215,6          |
| 74.44                          | Innkjøpt anleggsjord                   | 1,81         | m <sup>3</sup> | 239,0         | 389,9          | 577,0        | 432,6              | 705,7         | 1044,4         |
| 74.41                          | Utlegging av matjord                   | 3,94         | m <sup>2</sup> | 10,0          | 21,7           | 83,0         | 39,4               | 85,4          | 327,0          |
| 74.54                          | Såing av grasplen                      | 3,94         | m <sup>2</sup> | 7,0           | 17,1           | 27,0         | 27,6               | 67,2          | 106,4          |
| 42.13                          | Fiberduk                               | 5,91         | m <sup>2</sup> | 10,0          | 14,7           | 37,0         | 59,1               | 86,6          | 218,7          |
| 42.131                         | Geomembran                             | 4,18         | m <sup>2</sup> | 29,6          | 34,3           | 56,6         | 123,9              | 143,3         | 236,8          |
| 74.61                          | Planting av trær                       | 0,20         | stk.           | 992,0         | 2436,5         | 6594,0       | 198,4              | 487,3         | 1318,8         |
| 43.11                          | Drensledning ≤ 120 mm                  | 1,00         | m              | 43,0          | 87,6           | 269,0        | 43,0               | 87,6          | 269,0          |
| <b>Sum</b>                     |  |              |                |               |                |              | <b>1333,8</b>      | <b>2582,9</b> | <b>5419,6</b>  |
| Swale u/tre                    |  |              |                |               |                |              |                    |               |                |
| 41.11                          | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 3,31         | m <sup>3</sup> | 47,0          | 97,2           | 205,0        | 155,6              | 321,7         | 678,6          |
| 42.17                          | Fjerning av overskuddsmasser           | 3,31         | m <sup>3</sup> | 27,0          | 83,7           | 181,0        | 89,4               | 276,9         | 599,1          |
| 42.14                          | Pukk 8 – 16 mm                         | 0,26         | m <sup>3</sup> | 218,0         | 328,5          | 539,0        | 56,7               | 85,4          | 140,1          |
| 74.44                          | Innkjøpt anleggsjord                   | 0,94         | m <sup>3</sup> | 239,0         | 389,9          | 577,0        | 224,7              | 366,5         | 542,4          |
| 74.41                          | Utlegging av matjord                   | 3,94         | m <sup>2</sup> | 10,0          | 21,7           | 83,0         | 39,4               | 85,4          | 327,0          |
| 74.54                          | Såing av grasplen                      | 3,94         | m <sup>2</sup> | 7,0           | 17,1           | 27,0         | 27,6               | 67,2          | 106,4          |
| 42.13                          | Fiberduk                               | 3,56         | m <sup>2</sup> | 10,0          | 14,7           | 37,0         | 35,6               | 52,2          | 131,7          |
| 42.131                         | Geomembran                             | 4,78         | m <sup>2</sup> | 29,6          | 34,3           | 56,6         | 141,7              | 163,9         | 270,7          |
| 43.11                          | Drensledning ≤ 120 mm                  | 1,00         | m              | 43,0          | 87,6           | 269,0        | 43,0               | 87,6          | 269,0          |
| <b>Sum</b>                     |  |              |                |               |                |              | <b>813,5</b>       | <b>1506,7</b> | <b>3065,0</b>  |

Vedleggstabell D-3: Arbeid og investeringskostnadsberegning, midtparti, swale

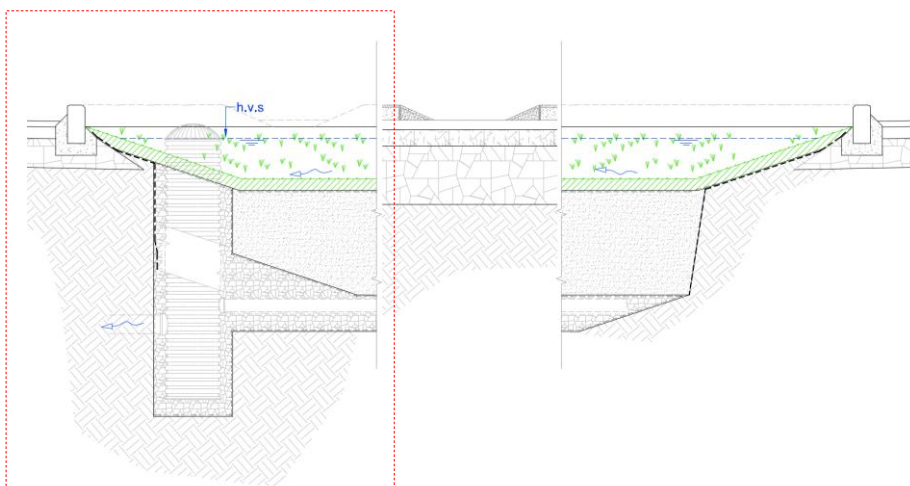
### Kommentarer

Det forutsettes at utgravd eksisterende masse lagres midlertidig ved grøft, og transporteres som overskuddsmasse. I enkelte tilfeller vil stedlige masser, da spesielt matjord, kunne brukes i etableringen. Dette, og transportering av masser til mellomlagring, er ikke inkludert i kostnadsberegningen.

Tverrsnittet (over) antas utgravd i samme bredde som filtermassen (jfr. figurer over). Dette ansees også som mest sannsynlig ved en grøfteutførelse, både av hensyn til størrelse på anleggsmaskiner, og nødvendig plass til arbeidsutførelse.

Utlegging av matjord beregnes som m<sup>2</sup> iht. håndbok 025.

Trær plantes med et mellomrom på 5 m. I beregningen inkluderes derfor arbeidene for 0,4 tre i de 2 m grøft.



Vedleggsfigur D-1: Ende på swale med utløp

#### Beregning av masser ved utløp (overløp)

|       | Bredde på filtergrøft | Utgravd areal utover beregnet tverrsnitt |        |                     |        | m <sup>3</sup>      |
|-------|-----------------------|--|--------|---------------------|--------|---------------------|
|       |                       | Langsgående                              |        | Tverrgående*        |        |                     |
| m/tre | 1,86 m                | 0,90 m <sup>2</sup>                      | 1,41 m | 0,22 m <sup>2</sup> | 1,93 m | 1,69 m <sup>3</sup> |
| u/tre | 1,03 m                | 1,36 m <sup>2</sup>                      |        | 0,22 m <sup>2</sup> | 2,76 m | 2,52 m <sup>3</sup> |

Vedleggstabell D-4: Utgravd areal utover beregnet tverrsnitt, swale - ende med utløp

\* Bredde på swale (3, 79 m) fratrukket bredde på filtergrøft som er inkludert i tverrsnittberegning.

|       | Bredde på filtergrøft | Bredde på kum | Mengde pukk         |        |                     |         | m <sup>3</sup>      |
|-------|-----------------------|---------------|---------------------|--------|---------------------|---------|---------------------|
|       |                       |               | Rundt kum           |        | I resterende grøft  |         |                     |
| m/tre | 1,86 m                | 0,425 m       | 0,70 m <sup>2</sup> | 0,425m | 1,76 m <sup>2</sup> | 1,435 m | 2,82 m <sup>3</sup> |
| u/tre | 1,03 m                |               |                     |        |                     | 0,605 m | 1,36 m <sup>3</sup> |

Vedleggstabell D-5: Mengde pukk utover beregnet tverrsnitt, swale - ende med utløp

Filtermasse vil tilsvare tverrsnittareal ganger bredde på filtergrøft. Areal med geotekstil vil tilsvare omkrets rundt pukk ganger lengde på filtergrøft, pluss 2x tverrsnittareal av pukk som ikke dekkes av geomembran. Geomembran legges rundt hele grøften og i kant på filtergrøft.

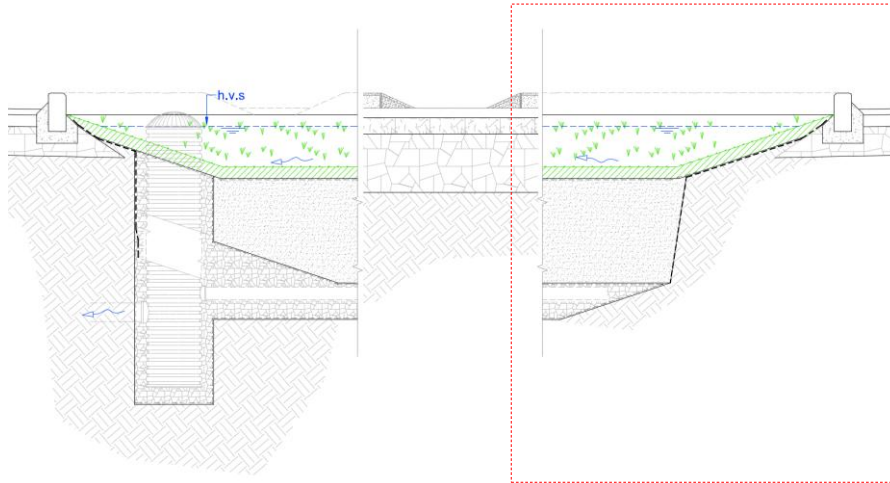
|            | Geotekstil / Fiberduk |                     |                     |                             |                         | Geomembran             |                         |                         |
|------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
|            | Jord/filter           | Filter/pukk         | Pukk/sted.mass      | Sideareal (m <sup>2</sup> ) | Total (m <sup>2</sup> ) | Kant (m <sup>2</sup> ) | Grøft (m <sup>2</sup> ) | Total (m <sup>2</sup> ) |
| Tverrsnitt | 1,45 m                | 1,37 m              | 3,18 m              | 1,74 m <sup>2</sup>         | 12,90                   | 4,96                   | 4,82                    | 9,78                    |
| m/tre      | 2,70 m <sup>2</sup>   | 2,55 m <sup>2</sup> | 5,91 m <sup>2</sup> |                             |                         |                        |                         |                         |
| u/tre      | 1,49 m <sup>2</sup>   | 1,41 m <sup>2</sup> | 3,28 m <sup>2</sup> |                             |                         |                        |                         |                         |

Vedleggstabell D-6: Fiberduk og geomembran, swale - ende med utløp

| Ende på swale – laveste punkt m/ utløp (2,0 m fra kantstein) |  |            |                |                  |        |                |                  |                |                |
|--|--|------------|----------------|------------------|--------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| Materialer   |  | Tverrsnitt |                | Pr. Swale m/ tre |        |                | Pr. Swale u/ tre |                |                |
|  |  | Mengde     | Enh            | Mengde           |        | Enh            | Mengde           |                | Enh            |
| Utgravd tverrsnitt   |  | 3,44       | m <sup>2</sup> | 6,40             | 1,69   | m <sup>3</sup> | 3,54             | 2,52           | m <sup>3</sup> |
| Pukk, 8 – 16 mm  |  |            | m <sup>2</sup> | 2,82             |        | m <sup>3</sup> | 1,36             |                | m <sup>3</sup> |
| Filtermasse  |  | 0,52       | m <sup>2</sup> | 0,97             |        | m <sup>3</sup> | 0,54             |                | m <sup>3</sup> |
| Vekstjord / matjord  |  |            |                | 8,16             |        | m <sup>2</sup> | 8,16             |                | m <sup>2</sup> |
| Gressplen  |  |            |                | 8,16             |        | m <sup>2</sup> | 8,16             |                | m <sup>2</sup> |
| Geotekstil, fiberduk: klasse 2                               |  |            |                | 12,90            |        | m <sup>2</sup> | 7,92             |                | m <sup>2</sup> |
| Geomembran, HDPE   |  |            |                | 9,78             |        | m <sup>2</sup> | 10,00            |                | m <sup>2</sup> |
| Tre  |  |            |                | 0,4              |        | stk.           |                  |                |                |
| Drensrør, perforert 110 mm DV                                |  |            |                | 0,9              |        | m              | 0,9              |                | m              |
| 425 mm PP sandfangkum  |  | 1          | stk.           | 1                |        | stk.           | 1                |                | stk.           |
| Kuppelrist, 425 mm m/skjørt                                  |  | 1          | stk.           | 1                |        | stk.           | 1                |                | stk.           |
| Prosess  | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde     | Enh            | Enhetspris       |        |                | Pris pr. swale   |                |                |
|  |  |            |                | Lav              | Mid    | Høy            | Lav              | Mid            | Høy            |
| <i>Swale m/tre</i>   |  |            |                |                  |        |                |                  |                |                |
| 41.11  | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 8,09       | m <sup>3</sup> | 47,0             | 97,2   | 205,0          | 380,2            | 786,2          | 1658,5         |
| 42.17  | Fjerning av overskuddsmasser           | 8,09       | m <sup>3</sup> | 27,0             | 83,7   | 181,0          | 218,4            | 676,8          | 1464,3         |
| 42.14  | Pukk 8 – 16 mm                         | 2,82       | m <sup>3</sup> | 218,0            | 328,5  | 539,0          | 614,8            | 926,4          | 1520,0         |
| 74.44  | Innkjøpt anleggsjord                   | 0,97       | m <sup>3</sup> | 239,0            | 389,9  | 577,0          | 231,8            | 378,2          | 559,7          |
| 74.41  | Utlegging av matjord                   | 8,16       | m <sup>2</sup> | 10,0             | 21,7   | 83,0           | 81,6             | 177,0          | 677,3          |
| 74.54  | Såing av grasplen                      | 8,16       | m <sup>2</sup> | 7,0              | 17,1   | 27,0           | 57,1             | 139,2          | 220,3          |
| 42.13  | Fiberduk                               | 12,9       | m <sup>2</sup> | 10,0             | 14,7   | 37,0           | 129,0            | 189,0          | 477,3          |
| 42.131   | Geomembran                             | 9,78       | m <sup>2</sup> | 29,6             | 34,3   | 56,6           | 289,9            | 335,4          | 553,9          |
| 74.61  | Planting av trær                       | 0,4        | stk.           | 992,0            | 2436,5 | 6594,0         | 396,8            | 974,6          | 2637,6         |
| 43.11  | Drensledning ≤ 120 mm                  | 1          | m              | 43,0             | 87,6   | 269,0          | 43,0             | 87,6           | 269,0          |
| 46.111   | Sandfangkum                            | 1          | stk.           | 4355,0           | 8937,6 | 19858,0        | 4355,0           | 8937,6         | 19858,0        |
| <b>Sum</b>   |  |            |                |                  |        |                | <b>6797,6</b>    | <b>13607,8</b> | <b>29895,8</b> |
| <i>Swale u/tre</i>   |  |            |                |                  |        |                |                  |                |                |
| 41.11  | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 6,06       | m <sup>3</sup> | 47,0             | 97,2   | 205,0          | 284,8            | 588,9          | 1242,3         |
| 42.17  | Fjerning av overskuddsmasser           | 6,06       | m <sup>3</sup> | 27,0             | 83,7   | 181,0          | 163,6            | 507,0          | 1096,9         |
| 42.14  | Pukk 8 – 16 mm                         | 1,36       | m <sup>3</sup> | 218,0            | 328,5  | 539,0          | 296,5            | 446,8          | 733,0          |
| 74.44  | Innkjøpt anleggsjord                   | 0,54       | m <sup>3</sup> | 239,0            | 389,9  | 577,0          | 129,1            | 210,5          | 311,6          |
| 74.41  | Utlegging av matjord                   | 8,16       | m <sup>2</sup> | 10,0             | 21,7   | 83,0           | 81,6             | 177,0          | 677,3          |
| 74.54  | Såing av grasplen                      | 8,16       | m <sup>2</sup> | 7,0              | 17,1   | 27,0           | 57,1             | 139,2          | 220,3          |
| 42.13  | Fiberduk                               | 7,92       | m <sup>2</sup> | 10,0             | 14,7   | 37,0           | 79,2             | 116,0          | 293,0          |
| 42.131   | Geomembran                             | 10,00      | m <sup>2</sup> | 29,6             | 34,3   | 56,6           | 296,4            | 342,9          | 566,4          |
| 43.11  | Drensledning ≤ 120 mm                  | 1          | m              | 43,0             | 87,6   | 269,0          | 43,0             | 87,6           | 269,0          |
| 46.111   | Sandfangkum                            | 1          | stk.           | 4355,0           | 8937,6 | 19858,0        | 4355,0           | 8937,6         | 19858,0        |
| <b>Sum</b>   |  |            |                |                  |        |                | <b>5786,3</b>    | <b>11553,4</b> | <b>25267,8</b> |

Vedleggstabell D-7: Arbeid og investeringskostnadsberegning, endeavslutning med utløp, swale

Gressplen og vekstjord er noe forenklet beregnet som gresslagt tverrsnitt (3,94 m) \* lengde på gress i endeavslutningene (2,07m) = 8,16m<sup>2</sup>.



Vedleggsfigur D-2: Ende på swale, høyeste punkt

Beregning av masser ved ende (høyeste punkt)

|       | Bredde på filtergrøft | Utgravd areal utover beregnet tverrsnitt |        |                     |        | m <sup>3</sup>      |
|-------|-----------------------|--|--------|---------------------|--------|---------------------|
|       |                       | Langsgående                              |        | Tverrgående*        |        |                     |
| m/tre | 1,86 m                | 0,90 m <sup>2</sup>                      | 0,73 m | 0,62 m <sup>2</sup> | 1,93 m | 1,85 m <sup>3</sup> |
| u/tre | 1,03 m                | 1,36 m <sup>2</sup>                      |        | 0,62 m <sup>2</sup> | 2,76 m | 2,70 m <sup>3</sup> |

Vedleggstabell D-8: Utgravd areal utover beregnet tverrsnitt, swale - ende

\* Bredde på swale (3,79 m) fratrukket bredde på filtergrøft som er inkludert i tverrsnittberegning.

Pukk og filtermasse vil tilsvare tverrsnittareal ganger bredde på filtergrøft.

Areal med geotekstil vil tilsvare omkrets rundt pukk ganger lengde på filtergrøft, pluss 2x tverrsnittareal av pukk som ikke dekkes av geomembran. Geomembran legges rundt hele grøften og i kant filtergrøft.

|            | Geotekstil / Fiberduk |                     |                             |                         | Geomembran             |                         |                         |
|------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
|            | Jord/filter           | Pukk/sted.mass      | Sideareal (m <sup>2</sup> ) | Total (m <sup>2</sup> ) | Kant (m <sup>2</sup> ) | Grøft (m <sup>2</sup> ) | Total (m <sup>2</sup> ) |
| Tverrsnitt | 0,74 m                | 1,26 m              | 0,18 m <sup>2</sup>         | 3,90                    | 6,22                   | 2,91                    | 9,13                    |
| m/tre      | 1,38 m <sup>2</sup>   | 2,34 m <sup>2</sup> |                             | 2,24                    | 6,82                   | 2,15                    | 8,97                    |
| u/tre      | 0,76 m <sup>2</sup>   | 1,30 m <sup>2</sup> |                             |                         |                        |                         |                         |

Vedleggstabell D-9: Fiberduk og geomembran, swale - ende

Tabellen viser de summerte mengdene

| Ende på swale – høyeste punkt (2,0 m fra kantstein) |  |            |                |                  |        |                |                  |               |                |
|---|--|------------|----------------|------------------|--------|----------------|------------------|---------------|----------------|
| Materialer  |  | Tverrsnitt |                | Pr. Swale m/ tre |        |                | Pr. Swale u/ tre |               |                |
|   |  | Mengde     | Enh            | Mengde           |        | Enh            | Mengde           |               | Enh            |
| Utgravd tverrsnitt                                  |  | 1,84       | m <sup>2</sup> | 3,42             | 1,85   | m <sup>3</sup> | 1,90             | 2,70          | m <sup>3</sup> |
| Pukk, 8 – 16 mm                                     |  | 0,09       | m <sup>2</sup> | 0,17             |        | m <sup>3</sup> | 0,09             |               | m <sup>3</sup> |
| Filtermasse   |  | 0,59       | m <sup>2</sup> | 1,10             |        | m <sup>3</sup> | 0,61             |               | m <sup>3</sup> |
| Vekstjord / matjord                                 |  |            |                | 8,16             |        | m <sup>2</sup> | 8,16             |               | m <sup>2</sup> |
| Gressplen   |  |            |                | 8,16             |        | m <sup>2</sup> | 8,16             |               | m <sup>2</sup> |
| Geotekstil, fiberduk: klasse 2                      |  |            |                | 3,90             |        | m <sup>2</sup> | 2,24             |               | m <sup>2</sup> |
| Geomembran, HDPE                                    |  |            |                | 9,13             |        | m <sup>2</sup> | 8,97             |               | m <sup>2</sup> |
| Tre   |  |            |                | 0,4              |        | stk.           |                  |               |                |
| Prosess   | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde     | Enh            | Enhetspris       |        |                | Pris pr. swale   |               |                |
|   |  |            |                | Lav              | Mid    | Høy            | Lav              | Mid           | Høy            |
| <i>Swale m/tre</i>                                  |  |            |                |                  |        |                |                  |               |                |
| 41.11   | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 5,27       | m <sup>3</sup> | 47,0             | 97,2   | 205,0          | 247,7            | 512,1         | 1080,4         |
| 42.17   | Fjerning av overskuddsmasser           | 5,27       | m <sup>3</sup> | 27,0             | 83,7   | 181,0          | 142,3            | 440,9         | 953,9          |
| 42.14   | Pukk 8 – 16 mm                         | 0,17       | m <sup>3</sup> | 218,0            | 328,5  | 539,0          | 37,1             | 55,8          | 91,6           |
| 74.44   | Innkjøpt anleggsjord                   | 1,10       | m <sup>3</sup> | 239,0            | 389,9  | 577,0          | 262,9            | 428,9         | 634,7          |
| 74.41   | Utlegging av matjord                   | 8,16       | m <sup>2</sup> | 10,0             | 21,7   | 83,0           | 81,6             | 177,0         | 677,3          |
| 74.54   | Såing av grasplen                      | 8,16       | m <sup>2</sup> | 7,0              | 17,1   | 27,0           | 57,1             | 139,2         | 220,3          |
| 42.13   | Fiberduk                               | 3,90       | m <sup>2</sup> | 10,0             | 14,7   | 37,0           | 39,0             | 57,1          | 144,3          |
| 42.131  | Geomembran                             | 9,13       | m <sup>2</sup> | 29,6             | 34,3   | 56,6           | 270,6            | 313,1         | 517,1          |
| 74.61   | Planting av trær                       | 0,4        | stk.           | 992,0            | 2436,5 | 6594,0         | 396,8            | 974,6         | 2637,6         |
| <b>Sum</b>  |  |            |                |                  |        |                | <b>1535,1</b>    | <b>3098,7</b> | <b>6957,2</b>  |
| <i>Swale u/tre</i>                                  |  |            |                |                  |        |                |                  |               |                |
| 41.11   | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 4,6        | m <sup>3</sup> | 47,0             | 97,2   | 205,0          | 216,2            | 447,0         | 943,0          |
| 42.17   | Fjerning av overskuddsmasser           | 4,6        | m <sup>3</sup> | 27,0             | 83,7   | 181,0          | 124,2            | 384,8         | 832,6          |
| 42.14   | Pukk 8 – 16 mm                         | 0,09       | m <sup>3</sup> | 218,0            | 328,5  | 539,0          | 19,6             | 29,6          | 48,5           |
| 74.44   | Innkjøpt anleggsjord                   | 0,61       | m <sup>3</sup> | 239,0            | 389,9  | 577,0          | 145,8            | 237,8         | 352,0          |
| 74.41   | Utlegging av matjord                   | 8,16       | m <sup>2</sup> | 10,0             | 21,7   | 83,0           | 81,6             | 177,0         | 677,3          |
| 74.54   | Såing av grasplen                      | 8,16       | m <sup>2</sup> | 7,0              | 17,1   | 27,0           | 57,1             | 139,2         | 220,3          |
| 42.13   | Fiberduk                               | 2,24       | m <sup>2</sup> | 10,0             | 14,7   | 37,0           | 22,4             | 32,8          | 82,9           |
| 42.131  | Geomembran                             | 8,97       | m <sup>2</sup> | 29,6             | 34,3   | 56,6           | 265,9            | 307,6         | 508,1          |
| <b>Sum</b>  |  |            |                |                  |        |                | <b>932,8</b>     | <b>1755,8</b> | <b>3664,6</b>  |

Vedleggstabell D-10: Arbeid og investeringskostnadsberegning, høyeste endeavslutning, swale

De to endepartiene utgjør 2 x 2m av swale-løsningen og totalt 4m.

Midtparti tilsvarer dermed lengde på swale fratrukket 4 m.

**VEDLEGG D.3**
**INVESTERINGSKOSTNAD, INFILTRASJONGRØFT (MED OG UTEN TRE)**

Grunnlag for Tabell 8-6- Tabell 8-7, og Figur 8-4 - Figur 8-5

| Investeringskostnad             |  |                           |                |               |                |                           |                    |               |                |
|---------------------------------|--|---------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------------------|--------------------|---------------|----------------|
| Materialer                      |  | Infiltrasjonsgrøft m/ tre |                |               |                | Infiltrasjonsgrøft u/ tre |                    |               |                |
|                                 |  | Tverrsnitt                |                | Pr. løpemeter |                | Tverrsnitt                |                    | Pr. løpemeter |                |
|                                 |  | Mengde                    | Enh            | Mengde        | Enh            | Mengde                    | Enh                | Mengde        | Enh            |
| Utgravd tverrsnitt              |  | 1,45                      | m <sup>2</sup> | 1,45          | m <sup>3</sup> | 1,45                      | m <sup>2</sup>     | 1,45          | m <sup>3</sup> |
| Pukk, 8 – 16 mm                 |  | 0,22                      | m <sup>2</sup> | 0,22          | m <sup>3</sup> | 1,02                      | m <sup>2</sup>     | 1,02          | m <sup>3</sup> |
| Pukk, 250 – 300 mm (2/3)        |  | 0,53                      | m <sup>2</sup> | 0,53          | m <sup>3</sup> |                           |                    |               |                |
| Vekstjord (1/3)                 |  | 0,27                      | m <sup>2</sup> | 0,27          | m <sup>3</sup> |                           |                    |               |                |
| Pukk, 11 – 16 mm                |  |                           |                |               |                | 0,12                      | m <sup>2</sup>     | 0,12          | m <sup>3</sup> |
| Bark                            |  | 0,80                      | m              | 0,80          | m <sup>2</sup> |                           |                    |               |                |
| Geotekstil, fiberduk: klasse 2  |  | 3,00                      | m              | 3,00          | m <sup>2</sup> | 2,20                      | m                  | 2,20          | m <sup>2</sup> |
| Geomembran, HDPE                |  | 2,30                      | m              | 2,30          | m <sup>2</sup> | 2,30                      | m                  | 2,30          | m <sup>2</sup> |
| Tre                             |  |                           |                | 0,20          | stk.           |                           |                    |               |                |
| Drensrør, perforert 110 mm DV   |  | -                         | -              | 1,00          | m              | -                         | -                  | 1,00          | m              |
| Kantstein                       |  |                           |                | 2,00          | m              |                           |                    | 2,00          | m              |
| Overvannsrør, 150 PVC           |  | 1,00                      | m              |               |                | 1,00                      | m                  |               |                |
| 90° bend, 150mm PVC             |  | 2,00                      | stk.           |               |                | 2,00                      | stk.               |               |                |
| Skjøtemuffe, 150 mm PVC         |  | 2,00                      | stk.           |               |                | 2,00                      | stk.               |               |                |
| Grenrør, 150-150 mm PVC         |  | 1,00                      | stk.           |               |                | 1,00                      | stk.               |               |                |
| Prosess                         | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde                    | Enh            | Enhetspris    |                |                           | Pris pr. løpemeter |               |                |
|                                 |  |                           |                | Lav           | Mid            | Høy                       | Lav                | Mid           | Høy            |
| <i>Infiltrasjonsgrøft m/tre</i> |  |                           |                |               |                |                           |                    |               |                |
| 41.11                           | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 1,45                      | m <sup>3</sup> | 47,0          | 97,2           | 205,0                     | 68,2               | 140,9         | 297,3          |
| 42.17                           | Fjerning av overskuddsmasser           | 1,45                      | m <sup>3</sup> | 27,0          | 83,7           | 181,0                     | 39,2               | 121,3         | 262,5          |
| 42.14                           | Pukk 8 – 16 mm                         | 0,22                      | m <sup>3</sup> | 218,0         | 328,5          | 539,0                     | 48,0               | 72,3          | 118,6          |
| 74.622                          | Skjelettjord                           | 0,80                      | m <sup>3</sup> | 350,0         | 500,6          | 668,0                     | 280,0              | 400,5         | 534,4          |
| 74.681                          | Utlegging av bark                      | 0,80                      | m <sup>2</sup> | 46,0          | 79,5           | 163,0                     | 36,8               | 63,6          | 130,4          |
| 42.13                           | Fiberduk                               | 3,00                      | m <sup>2</sup> | 10,0          | 14,7           | 37,0                      | 30,0               | 44,0          | 111,0          |
| 42.131                          | Geomembran                             | 2,30                      | m <sup>2</sup> | 29,6          | 34,3           | 56,6                      | 68,2               | 78,9          | 130,3          |
| 43.11                           | Drensledning ≤ 120 mm                  | 1,00                      | m              | 43,0          | 87,6           | 269,0                     | 43,0               | 87,6          | 269,0          |
| 75.11                           | Kantstein av naturstein                | 2,00                      | m              | 456,0         | 639,8          | 996,0                     | 912,0              | 1279,5        | 1992,0         |
| 74.61                           | Planting av trær                       | 0,20                      | stk.           | 992,0         | 2436,5         | 6594,0                    | 198,4              | 487,3         | 1318,8         |
| <b>Sum</b>                      |  |                           |                |               |                |                           | <b>1723,6</b>      | <b>2775,7</b> | <b>5164,2</b>  |
| <i>Infiltrasjonsgrøft u/tre</i> |  |                           |                |               |                |                           |                    |               |                |
| 41.11                           | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 1,45                      | m <sup>3</sup> | 47,0          | 97,2           | 205,0                     | 68,2               | 140,9         | 297,3          |
| 42.17                           | Fjerning av overskuddsmasser           | 1,45                      | m <sup>3</sup> | 27,0          | 83,7           | 181,0                     | 39,2               | 121,3         | 262,5          |
| 42.14                           | Pukk 8 – 16 mm                         | 1,02                      | m <sup>3</sup> | 218,0         | 328,5          | 539,0                     | 222,4              | 335,1         | 549,8          |
| 54.1                            | Pukk 11 – 16 mm                        | 0,12                      | m <sup>3</sup> | 203,0         | 277,5          | 383,0                     | 24,4               | 33,3          | 46,0           |
| 42.13                           | Fiberduk                               | 2,20                      | m <sup>2</sup> | 10,0          | 14,7           | 37,0                      | 22,0               | 32,2          | 81,4           |
| 42.131                          | Geomembran                             | 2,30                      | m <sup>2</sup> | 29,6          | 34,3           | 56,6                      | 68,2               | 78,9          | 130,3          |
| 43.11                           | Drensledning ≤ 120 mm                  | 1,00                      | m              | 43,0          | 87,6           | 269,0                     | 43,0               | 87,6          | 269,0          |
| 75.11                           | Kantstein av naturstein                | 2,00                      | m              | 456,0         | 639,8          | 996,0                     | 912,0              | 1279,5        | 1992,0         |
| <b>Sum</b>                      |  |                           |                |               |                |                           | <b>1399,2</b>      | <b>2108,7</b> | <b>3628,1</b>  |

Vedleggstabell D-11: Arbeid og investeringskostnadsberegning, infiltrasjonsgrøft

Infiltrasjonsgrøften omslutes i hver sin ende med kantstein. Denne kostnaden medberegnes som en engangskostnad, og uavhengig av løpemeter konstruert infiltrasjonsgrøft.



Kostnader knyttet til innløp og utløp inkluderes i samme kostnad. Innløp og utløp skjer gjennom åpninger i kantstein på ca. 30 cm.

Bredde på infiltrasjonsgrøft: 1,30 m

Nødvendig mengde kantstein i endeavslutning pr. grøft: 2,60 m

Åpninger: 0,60 m

Det anlegges også geotekstil og geomembran i endeavslutningene.

Tverrsnittareal med geomembran = 0,92 m<sup>2</sup>, tverrsnittareal med geotekstil/fiberduk = 0,24 m<sup>2</sup>

| Prosess    | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |       |       | Pris pr. inf.grøft |               |               |
|------------|--|--------|----------------|------------|-------|-------|--------------------|---------------|---------------|
|            |  |        |                | Lav        | Mid   | Høy   | Lav                | Mid           | Høy           |
| 75.11      | Kantstein av naturstein                | 2      | m              | 456,0      | 639,8 | 996,0 | 912,0              | 1279,5        | 1992,0        |
| 42.13      | Fiberduk                               | 0,48   | m <sup>2</sup> | 10,0       | 14,7  | 37,0  | 4,8                | 7,0           | 17,8          |
| 43.21      | Overvannsledning; d: 150 mm            | 1,20   | m              | 85,0       | 147,2 | 282,0 | 102,0              | 176,6         | 338,4         |
| 42.131     | Geomembran                             | 1,84   | m <sup>2</sup> | 29,6       | 34,3  | 56,6  | 54,5               | 63,1          | 104,2         |
| <b>Sum</b> |  |        |                |            |       |       | <b>1073,3</b>      | <b>1526,2</b> | <b>2452,4</b> |

Vedleggstabell D-12: Arbeid og investeringskostnadsberegning, endeavslutning, infiltrasjonsgrøft

## VEDLEGG D.4      INVESTERINGSKOSTNAD, REGNBED

Grunnlag for Tabell 8-8, og Figur 8-6

| Investeringskostnad            |  |            |                |               |                |        |     |        |     |
|--------------------------------|--|------------|----------------|---------------|----------------|--------|-----|--------|-----|
| Materialer                     |  | Regnbed    |                |               |                |        |     |        |     |
|                                |  | Tverrsnitt |                | Pr. løpemeter |                |        |     |        |     |
|                                |  | Mengde     | Enh            | Mengde        | Enh            | Mengde | Enh | Mengde | Enh |
| Utgravd tverrsnitt             |  | 4,28       | m <sup>2</sup> | 4,28          | m <sup>3</sup> |        |     |        |     |
| Pukk, 8 – 16 mm                |  | 0,46       | m <sup>2</sup> | 0,46          | m <sup>3</sup> |        |     |        |     |
| Steinstøv, 0 – 4 mm            |  | 0,55       | m <sup>2</sup> | 0,55          | m <sup>3</sup> |        |     |        |     |
| Filtermasse                    |  | 2,30       | m <sup>2</sup> | 2,30          | m <sup>3</sup> |        |     |        |     |
| Løvkompst                      |  | 2,05       | m              | 2,05          | m <sup>2</sup> |        |     |        |     |
| Bepantning                     |  |            |                | 16,00         | stk.           |        |     |        |     |
| Geotekstil, fiberduk: klasse 2 |  | 9,49       | m              | 9,49          | m <sup>2</sup> |        |     |        |     |
| Geomembran, HDPE               |  | 2,30       | m              | 2,30          | m <sup>2</sup> |        |     |        |     |
| Drensrør, perforert 110 mm DV  |  | -          | -              | 1,0           | m              |        |     |        |     |
| Kantstein                      |  | -          | -              | 2,0           | m              |        |     |        |     |
| Overvannsrør, 150 PVC          |  | 1,00       | m              |               |                |        |     |        |     |
| 90° bend, 150mm PVC            |  | 2,00       | stk.           |               |                |        |     |        |     |
| Skjøtemuffe, 150 mm PVC        |  | 2,00       | stk.           |               |                |        |     |        |     |
| Grenrør, 150-150 mm PVC        |  | 1,00       | stk.           |               |                |        |     |        |     |

| Prosess    | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |       |       | Pris pr. løpemeter |               |               |
|------------|--|--------|----------------|------------|-------|-------|--------------------|---------------|---------------|
|            |  |        |                | Lav        | Mid   | Høy   | Lav                | Mid           | Høy           |
| 41.11      | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 4,28   | m <sup>3</sup> | 47,0       | 97,2  | 205,0 | 201,2              | 415,9         | 877,4         |
| 42.17      | Fjerning av overskuddsmasser           | 4,28   | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7  | 181,0 | 115,6              | 358,0         | 774,7         |
| 42.14      | Pukk 8 – 16 mm                         | 0,46   | m <sup>3</sup> | 218,0      | 328,5 | 539,0 | 100,3              | 151,1         | 247,9         |
| 53.1       | Filterlag                              | 0,55   | m <sup>3</sup> | 87,0       | 209,1 | 313,0 | 47,9               | 115,0         | 172,2         |
| 74.44      | Innkjøpt anleggsjord                   | 2,30   | m <sup>3</sup> | 239,0      | 389,9 | 577,0 | 549,7              | 896,7         | 1327,1        |
| 74.681     | Utlegging av løvkompst                 | 2,05   | m <sup>2</sup> | 46,0       | 79,5  | 163,0 | 94,3               | 163,0         | 334,2         |
| 42.13      | Fiberduk                               | 9,49   | m <sup>2</sup> | 10,0       | 14,7  | 37,0  | 94,9               | 139,0         | 351,1         |
| 42.131     | Geomembran                             | 2,3    | m <sup>2</sup> | 29,6       | 34,3  | 56,6  | 68,2               | 78,9          | 130,3         |
| 43.11      | Drensledning ≤ 120 mm                  | 1,00   | m              | 43,0       | 87,6  | 269,0 | 43,0               | 87,6          | 269,0         |
| 75.11      | Kantstein av naturstein                | 2,00   | m              | 456,0      | 639,8 | 996,0 | 912,0              | 1279,5        | 1992,0        |
| 74.65      | Planting av stauder                    | 16,00  | stk.           | 14,0       | 46,4  | 91,0  | 224,0              | 742,4         | 1456,0        |
| <b>Sum</b> |  |        |                |            |       |       | <b>2450,9</b>      | <b>4427,2</b> | <b>7931,8</b> |

Vedleggstabell D-13: Arbeid og investeringskostnadsberegning, regnbed

Regnbedet omslutes i hver sin ende med kantstein. Denne kostnaden medberegnes som en engangskostnad.

Innløp og utløp skjer gjennom åpninger i kantstein på ca. 30 cm. Det forutsettes fire åpninger.

Bredde på regnbed: 2,80 m. Nødvendig kantstein i endeavslutning pr. regnbed: 5,60 m. Åpninger: 1,20 m.

Det anlegges også geotekstil og geomembran i endeavslutningene. Tverrsnittareal med geomembran = 2,03 m<sup>2</sup>, tverrsnittareal med geotekstil/fiberduk = 1,43 m<sup>2</sup>

| Prosess    | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |       |       | Pris pr. regnbed |               |               |
|------------|--|--------|----------------|------------|-------|-------|------------------|---------------|---------------|
|            |  |        |                | Lav        | Mid   | Høy   | Lav              | Mid           | Høy           |
| 75.11      | Kantstein av naturstein                | 4,4    | m              | 456,0      | 639,8 | 996,0 | 2006,4           | 2814,9        | 4382,4        |
| 42.13      | Fiberduk                               | 2,86   | m <sup>2</sup> | 10,0       | 14,7  | 37,0  | 28,6             | 41,9          | 105,8         |
| 43.21      | Overvannsledning; d: 150 mm            | 1,80   | m              | 85,0       | 147,2 | 282,0 | 153,0            | 264,9         | 507,6         |
| 42.131     | Geomembran                             | 4,06   | m <sup>2</sup> | 29,6       | 34,3  | 56,6  | 120,3            | 139,2         | 230,0         |
| <b>Sum</b> |  |        |                |            |       |       | <b>2308,3</b>    | <b>3260,9</b> | <b>5225,8</b> |

Vedleggstabell D-14: Arbeid og investeringskostnadsberegning, endeavslutning, regnbed

## VEDLEGG D.5                    INVESTERINGSKOSTNAD, TRADISJONELL OVERVANNSGRØFT

All utgravd masse transporteres bort som overskuddsmasse. Iht. krav til grøfteutførelse fylles friksjonsmasser over ledningssonen. *Grunnlag for Tabell 8-9*

| <i>OV - diameter 150 mm</i> |  |        |                |            |        |       |                    |              |               |
|-----------------------------|--|--------|----------------|------------|--------|-------|--------------------|--------------|---------------|
| Prosess                     | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |        |       | Pris pr. løpemeter |              |               |
|                             |  |        |                | Lav        | Middel | Høy   | Lav                | Middel       | Høy           |
| 42.11                       | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 1,86   | m <sup>3</sup> | 37,0       | 77,0   | 130,0 | 68,8               | 143,3        | 241,8         |
| 42.17                       | Fjerning av overskuddsmasser           | 1,86   | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7   | 181,0 | 50,2               | 155,6        | 336,7         |
| 42.14                       | Pukk 4 – 16 mm                         | 0,56   | m <sup>3</sup> | 218,0      | 328,5  | 539,0 | 122,1              | 184,0        | 301,8         |
| 42.16                       | Gjenfylling med tilførte masser        | 1,26   | m <sup>3</sup> | 74,0       | 190,6  | 346,0 | 93,2               | 240,2        | 436,0         |
| 42.13                       | Fiberduk                               | 3,29   | m <sup>2</sup> | 10,0       | 14,7   | 37,0  | 32,9               | 48,2         | 121,7         |
| 43.21                       | OV-ledn. diameter 150 mm               | 1      | m              | 85,0       | 147,2  | 282,0 | 85,0               | 147,2        | 282,0         |
| <b>Sum</b>                  |  |        |                |            |        |       | <b>452,3</b>       | <b>918,4</b> | <b>1720,0</b> |

Vedleggstabell D-15: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 150 mm overvannsgroft

| <i>OV - diameter 200 mm</i> |  |        |                |            |        |       |                    |               |               |
|-----------------------------|--|--------|----------------|------------|--------|-------|--------------------|---------------|---------------|
| Prosess                     | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |        |       | Pris pr. løpemeter |               |               |
|                             |  |        |                | Lav        | Middel | Høy   | Lav                | Middel        | Høy           |
| 42.11                       | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 2,07   | m <sup>3</sup> | 37,0       | 77,0   | 130,0 | 76,6               | 159,5         | 269,1         |
| 42.17                       | Fjerning av overskuddsmasser           | 2,07   | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7   | 181,0 | 55,9               | 173,2         | 374,7         |
| 42.14                       | Pukk 4 – 16 mm                         | 0,65   | m <sup>3</sup> | 218,0      | 328,5  | 539,0 | 141,7              | 213,5         | 350,4         |
| 42.16                       | Gjenfylling med tilførte masser        | 1,35   | m <sup>3</sup> | 74,0       | 190,6  | 346,0 | 99,9               | 257,4         | 467,1         |
| 42.13                       | Fiberduk                               | 3,59   | m <sup>2</sup> | 10,0       | 14,7   | 37,0  | 35,9               | 52,6          | 132,8         |
| 43.22                       | OV-ledn. diameter 200 mm               | 1      | m              | 116,0      | 169,9  | 326,0 | 116,0              | 169,9         | 326,0         |
| <b>Sum</b>                  |  |        |                |            |        |       | <b>526,0</b>       | <b>1025,9</b> | <b>1920,1</b> |

Vedleggstabell D-16: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 200 mm overvannsgroft

| <i>OV - diameter 250 mm</i> |  |        |                |            |        |       |                    |               |               |
|-----------------------------|--|--------|----------------|------------|--------|-------|--------------------|---------------|---------------|
| Prosess                     | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |        |       | Pris pr. løpemeter |               |               |
|                             |  |        |                | Lav        | Middel | Høy   | Lav                | Middel        | Høy           |
| 42.11                       | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 2,34   | m <sup>3</sup> | 37,0       | 77,0   | 130,0 | 86,6               | 180,2         | 304,2         |
| 42.17                       | Fjerning av overskuddsmasser           | 2,34   | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7   | 181,0 | 63,2               | 195,8         | 423,5         |
| 42.14                       | Pukk 4 – 16 mm                         | 0,78   | m <sup>3</sup> | 218,0      | 328,5  | 539,0 | 170,0              | 256,2         | 420,4         |
| 42.16                       | Gjenfylling med tilførte masser        | 1,47   | m <sup>3</sup> | 74,0       | 190,6  | 346,0 | 108,8              | 280,2         | 508,6         |
| 42.13                       | Fiberduk                               | 3,97   | m <sup>2</sup> | 10,0       | 14,7   | 37,0  | 39,7               | 58,2          | 146,9         |
| 43.23                       | OV-ledn. diameter 250 mm               | 1      | m              | 85,0       | 147,2  | 282,0 | 157,0              | 245,3         | 420,0         |
| <b>Sum</b>                  |  |        |                |            |        |       | <b>625,3</b>       | <b>1216,0</b> | <b>2223,7</b> |

Vedleggstabell D-17: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 250 mm overvannsgroft

| <i>OV - diameter 300 mm</i> |  |        |                |            |        |       |                    |               |               |
|-----------------------------|--|--------|----------------|------------|--------|-------|--------------------|---------------|---------------|
| Prosess                     | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |        |       | Pris pr. løpemeter |               |               |
|                             |  |        |                | Lav        | Middel | Høy   | Lav                | Middel        | Høy           |
| 42.11                       | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 2,57   | m <sup>3</sup> | 37,0       | 77,0   | 130,0 | 95,1               | 198,0         | 334,1         |
| 42.17                       | Fjerning av overskuddsmasser           | 2,57   | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7   | 181,0 | 69,4               | 215,0         | 465,2         |
| 42.14                       | Pukk 4 – 16 mm                         | 0,88   | m <sup>3</sup> | 218,0      | 328,5  | 539,0 | 191,8              | 289,1         | 474,3         |
| 42.16                       | Gjenfylling med tilførte masser        | 1,56   | m <sup>3</sup> | 74,0       | 190,6  | 346,0 | 115,4              | 297,4         | 539,8         |
| 42.13                       | Fiberduk                               | 4,28   | m <sup>2</sup> | 10,0       | 14,7   | 37,0  | 42,8               | 62,7          | 158,4         |
| 43.24                       | OV-ledn. diameter 300 mm               | 1      | m              | 85,0       | 147,2  | 282,0 | 219,0              | 314,0         | 494,0         |
| <b>Sum</b>                  |  |        |                |            |        |       | <b>733,6</b>       | <b>1376,1</b> | <b>2465,7</b> |

Vedleggstabell D-18: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 300 mm overvannsgroft

| OV - diameter 400 mm |  |        |                |            |        |       |                    |               |               |
|----------------------|--|--------|----------------|------------|--------|-------|--------------------|---------------|---------------|
| Prosess              | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |        |       | Pris pr. løpemeter |               |               |
|                      |  |        |                | Lav        | Middel | Høy   | Lav                | Middel        | Høy           |
| 42.11                | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 3,08   | m <sup>3</sup> | 37,0       | 77,0   | 130,0 | 114,0              | 237,3         | 400,4         |
| 42.17                | Fjerning av overskuddsmasser           | 3,08   | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7   | 181,0 | 83,2               | 257,7         | 557,5         |
| 42.14                | Pukk 4 – 16 mm                         | 1,11   | m <sup>3</sup> | 218,0      | 328,5  | 539,0 | 242,0              | 364,6         | 598,3         |
| 42.16                | Gjenfylling med tilførte masser        | 1,75   | m <sup>3</sup> | 74,0       | 190,6  | 346,0 | 129,5              | 333,6         | 605,5         |
| 42.13                | Fiberduk                               | 4,91   | m <sup>2</sup> | 10,0       | 14,7   | 37,0  | 49,1               | 71,9          | 181,7         |
| 43.25                | OV-ledn. diameter 400 mm               | 1      | m              | 85,0       | 147,2  | 282,0 | 369,0              | 506,9         | 834,0         |
| <b>Sum</b>           |  |        |                |            |        |       | <b>986,7</b>       | <b>1772,0</b> | <b>3177,3</b> |

Vedleggstabell D-19: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 400 mm overvannsrør

| OV - diameter 500 mm |  |        |                |            |        |       |                    |               |               |
|----------------------|--|--------|----------------|------------|--------|-------|--------------------|---------------|---------------|
| Prosess              | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |        |       | Pris pr. løpemeter |               |               |
|                      |  |        |                | Lav        | Middel | Høy   | Lav                | Middel        | Høy           |
| 42.11                | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 4,19   | m <sup>3</sup> | 37,0       | 77,0   | 130,0 | 155,0              | 322,8         | 544,7         |
| 42.17                | Fjerning av overskuddsmasser           | 4,19   | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7   | 181,0 | 113,1              | 350,5         | 758,4         |
| 42.14                | Pukk 4 – 16 mm                         | 1,75   | m <sup>3</sup> | 218,0      | 328,5  | 539,0 | 381,5              | 574,9         | 943,3         |
| 42.16                | Gjenfylling med tilførte masser        | 2,09   | m <sup>3</sup> | 74,0       | 190,6  | 346,0 | 154,7              | 398,4         | 723,1         |
| 42.13                | Fiberduk                               | 6,15   | m <sup>2</sup> | 10,0       | 14,7   | 37,0  | 61,5               | 90,1          | 227,6         |
| 43.26                | OV-ledn. diameter 500 mm               | 1      | m              | 85,0       | 147,2  | 282,0 | 598,0              | 697,1         | 1134,0        |
| <b>Sum</b>           |  |        |                |            |        |       | <b>1463,8</b>      | <b>2433,7</b> | <b>4331,0</b> |

Vedleggstabell D-20: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 500 mm overvannsrør

| OV - diameter 600 mm |  |        |                |            |        |       |                    |               |               |
|----------------------|--|--------|----------------|------------|--------|-------|--------------------|---------------|---------------|
| Prosess              | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |        |       | Pris pr. løpemeter |               |               |
|                      |  |        |                | Lav        | Middel | Høy   | Lav                | Middel        | Høy           |
| 42.11                | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 4,81   | m <sup>3</sup> | 37,0       | 77,0   | 130,0 | 178,0              | 370,5         | 625,3         |
| 42.17                | Fjerning av overskuddsmasser           | 4,81   | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7   | 181,0 | 129,9              | 402,4         | 870,6         |
| 42.14                | Pukk 4 – 16 mm                         | 2,06   | m <sup>3</sup> | 218,0      | 328,5  | 539,0 | 449,1              | 676,7         | 1110,3        |
| 42.16                | Gjenfylling med tilførte masser        | 2,27   | m <sup>3</sup> | 74,0       | 190,6  | 346,0 | 168,0              | 432,7         | 785,4         |
| 42.13                | Fiberduk                               | 6,77   | m <sup>2</sup> | 10,0       | 14,7   | 37,0  | 67,7               | 99,2          | 250,5         |
| 43.27                | OV-ledn. diameter 600 mm               | 1      | m              | 85,0       | 147,2  | 282,0 | 715,0              | 922,1         | 1760,0        |
| <b>Sum</b>           |  |        |                |            |        |       | <b>1707,6</b>      | <b>2903,6</b> | <b>5402,2</b> |

Vedleggstabell D-21: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 600 mm overvannsrør

| OV - diameter > 600 mm (800 mm)* |  |        |                |            |        |       |                    |               |               |
|----------------------------------|--|--------|----------------|------------|--------|-------|--------------------|---------------|---------------|
| Prosess                          | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |        |       | Pris pr. løpemeter |               |               |
|                                  |  |        |                | Lav        | Middel | Høy   | Lav                | Middel        | Høy           |
| 42.11                            | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 6      | m <sup>3</sup> | 37,0       | 77,0   | 130,0 | 222,0              | 462,2         | 780,0         |
| 42.17                            | Fjerning av overskuddsmasser           | 6      | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7   | 181,0 | 162,0              | 501,9         | 1086,0        |
| 42.14                            | Pukk 4 – 16 mm                         | 2,64   | m <sup>3</sup> | 218,0      | 328,5  | 539,0 | 575,5              | 867,2         | 1423,0        |
| 42.16                            | Gjenfylling med tilførte masser        | 2,57   | m <sup>3</sup> | 74,0       | 190,6  | 346,0 | 190,2              | 489,9         | 889,2         |
| 42.13                            | Fiberduk                               | 7,86   | m <sup>2</sup> | 10,0       | 14,7   | 37,0  | 78,6               | 115,1         | 290,8         |
| 43.28                            | OV-ledn. diameter > 600 mm             | 1      | m              | 85,0       | 147,2  | 282,0 | 967,0              | 1566,3        | 2502,0        |
| <b>Sum</b>                       |  |        |                |            |        |       | <b>2195,3</b>      | <b>4002,7</b> | <b>6971,0</b> |

Vedleggstabell D-22: Arbeid og investeringskostnadsberegning, 800 mm overvannsrør

\* Ved kostnadsberegning av grøfteutgravingen, og omkringliggende masser er det tatt utgangspunkt i et 800 mm OV-rør.

## Investeringskostnad, sandfang

Grunnlag for Tabell 8-10

| Prosess | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh  | Enhetspris |         |        |
|---------|--|--------|------|------------|---------|--------|
|         |  |        |      | Lav        | Mid     | Høy    |
| 46.11   | Sandfangkum                            | 1      | stk. | 6540       | 11122,6 | 22043  |
| 42.61   | Utvidelse for kum i løsmasser          | 1      | stk. | 345,0      | 995,1   | 2400,0 |
|         | <b>Sum</b>                             |        |      | 6885       | 12117,7 | 24443  |

Vedleggstabell D-23: Arbeid og investeringskostnadsberegning, sandfang

## Investeringskostnad, overvannskum

Grunnlag for Tabell 8-11

| Prosess | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh  | Enhetspris |         |         |
|---------|--|--------|------|------------|---------|---------|
|         |  |        |      | Lav        | Mid     | Høy     |
| 46.31   | Inspeksjonskum                         | 1      | stk. | 6812,0     | 11639,4 | 21698,0 |
| 42.61   | Utvidelse for kum i løsmasser          | 1      | stk. | 345,0      | 995,1   | 2400,0  |
|         | <b>Sum</b>                             |        |      | 7157,0     | 12634,5 | 24098,0 |

Vedleggstabell D-24: Arbeid og investeringskostnadsberegning, overvannskum

## VEDLEGG D.6 INVESTERINGSKOSTNAD, TRADISJONELL GRØNNRABATT OG TRÆR

Grunnlag for Tabell 8-12 og Figur 8-9

| Investeringskostnad            |  |             |                |               |                |       |                    |               |               |
|--------------------------------|--|-------------|----------------|---------------|----------------|-------|--------------------|---------------|---------------|
| Materialer                     |  | Grønrrabatt |                |               |                |       |                    |               |               |
|                                |  | Tverrsnitt  |                | Pr. løpemeter |                |       |                    |               |               |
|                                |  | Mengde      | Enh            | Mengde        | Enh            |       |                    |               |               |
| Utgravd tverrsnitt             |  | 2,07        | m <sup>2</sup> | 2,07          | m <sup>3</sup> |       |                    |               |               |
| Vekstjord/anleggsgjord         |  | 3,48        | m <sup>2</sup> | 3,48          | m <sup>3</sup> |       |                    |               |               |
| Matjord                        |  | 4           | m              | 4             | m <sup>2</sup> |       |                    |               |               |
| Gressplen                      |  | 4           | m              | 4             | m <sup>2</sup> |       |                    |               |               |
| Geotekstil, fiberduk: klasse 2 |  | 4,07        | m              | 4,07          | m <sup>2</sup> |       |                    |               |               |
| Prosess                        | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde      | Enh            | Enhetspris    |                |       | Pris pr. løpemeter |               |               |
|                                |  |             |                | Lav           | Mid            | Høy   | Lav                | Mid           | Høy           |
| 41.11                          | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 2,07        | m <sup>3</sup> | 47,0          | 97,2           | 205,0 | 97,3               | 201,2         | 424,4         |
| 42.17                          | Fjerning av overskuddsmasser           | 2,07        | m <sup>3</sup> | 27,0          | 83,7           | 181,0 | 55,9               | 173,2         | 374,7         |
| 74.44                          | Innkjøpt vekstjord/anleggsgjord        | 3,48        | m <sup>3</sup> | 239,0         | 389,9          | 577,0 | 831,7              | 1356,8        | 2008,0        |
| 74.41                          | Utlegging av matjord                   | 4           | m <sup>2</sup> | 10,0          | 21,7           | 83,0  | 40,0               | 86,8          | 332,0         |
| 74.54                          | Såing av grasplen                      | 4           | m <sup>2</sup> | 7,0           | 17,1           | 27,0  | 28,0               | 68,2          | 108,0         |
| 42.13                          | Fiberduk                               | 4,07        | m <sup>2</sup> | 10,0          | 14,7           | 37,0  | 40,7               | 59,6          | 150,6         |
|                                | <b>Sum</b>                             |             |                |               |                |       | <b>1093,6</b>      | <b>1945,7</b> | <b>3397,6</b> |

Vedleggstabell D-25: Arbeid og investeringskostnadsberegning, tradisjonell grønrrabatt

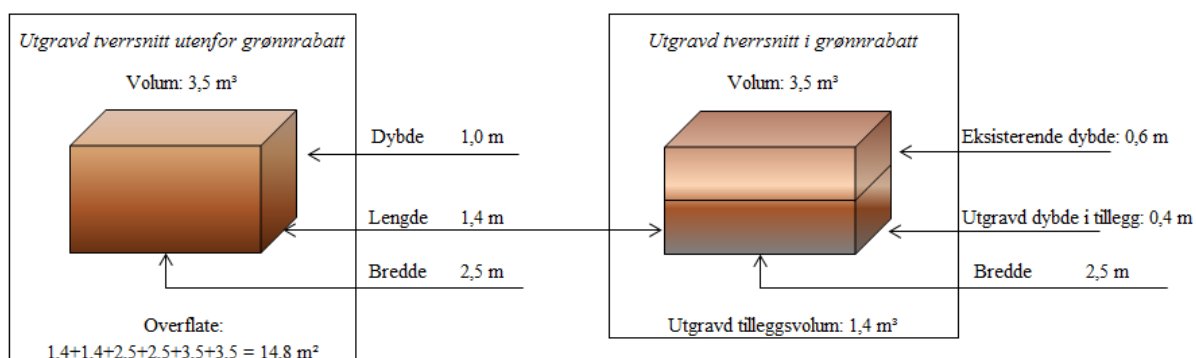
Kostnader knyttet til planting av trær i rabatten kommer utenom. Kostnader knyttet til planting av trær utenfor grønnrabatt, som i fortau, kostnadsberegnes også.

### Investeringskostnader knyttet til planting av trær i, og utenfor, grønnrabatt

Grunnlag for Tabell 8-13

| Investeringskostnad            |  |                   |                |                 |                |                         |                      |                 |                |
|--------------------------------|--|-------------------|----------------|-----------------|----------------|-------------------------|----------------------|-----------------|----------------|
| Materialer                     |  | Tre i grønnrabatt |                |                 |                | Tre utenfor grønnrabatt |                      |                 |                |
|                                |  | Tverrsnitt        |                | Pr. løpemeteter |                | Tverrsnitt              |                      | Pr. løpemeteter |                |
|                                |  | Mengde            | Enh            | Mengde          | Enh            | Mengde                  | Enh                  | Mengde          | Enh            |
| Utgravd tverrsnitt             |  |                   |                | 1,4             | m <sup>3</sup> |                         |                      | 3,5             | m <sup>3</sup> |
| Vekstjord/anleggsgjord         |  |                   |                | 1,4             | m <sup>3</sup> |                         |                      | 3,5             | m <sup>3</sup> |
| Tre                            |  |                   |                | 1,0             | stk.           |                         |                      | 1,0             | stk.           |
| Bark                           |  |                   |                |                 |                | 1                       | m                    | 3,5             | m <sup>2</sup> |
| Geotekstil, fiberduk: klasse 2 |  |                   |                |                 |                |                         |                      | 14,8            | m <sup>2</sup> |
| Prosess                        | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde            | Enh            | Enhetspris      |                |                         | Pris pr. løpemeteter |                 |                |
|                                |  |                   |                | Lav             | Mid            | Høy                     | Lav                  | Mid             | Høy            |
| <i>Tre i grønnrabatt</i>       |  |                   |                |                 |                |                         |                      |                 |                |
| 41.11                          | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 1,4               | m <sup>3</sup> | 47,0            | 97,2           | 205,0                   | 65,8                 | 136,1           | 287,0          |
| 42.17                          | Fjerning av overskuddsmasser           | 1,4               | m <sup>3</sup> | 27,0            | 83,7           | 181,0                   | 37,8                 | 117,1           | 253,4          |
| 74.44                          | Innkjøpt vekstjord/anleggsgjord        | 1,4               | m <sup>3</sup> | 239,0           | 389,9          | 577,0                   | 334,6                | 545,8           | 807,8          |
| 74.61                          | Planting av trær                       | 1,0               | stk.           | 992,0           | 2436,5         | 6594,0                  | 992,0                | 2436,5          | 6594,0         |
| <b>Sum</b>                     |  |                   |                |                 |                |                         | <b>1430,2</b>        | <b>3235,5</b>   | <b>7942,2</b>  |
| <i>Tre utenfor grønnrabatt</i> |  |                   |                |                 |                |                         |                      |                 |                |
| 41.11                          | Graving, grøftedybde < 2,0 m           | 3,5               | m <sup>3</sup> | 47,0            | 97,2           | 205,0                   | 164,5                | 340,1           | 717,5          |
| 42.17                          | Fjerning av overskuddsmasser           | 3,5               | m <sup>3</sup> | 27,0            | 83,7           | 181,0                   | 94,5                 | 292,8           | 633,5          |
| 74.44                          | Innkjøpt vekstjord/anleggsgjord        | 3,5               | m <sup>3</sup> | 239,0           | 389,9          | 577,0                   | 836,5                | 1364,6          | 2019,5         |
| 74.681                         | Utlegging av bark                      | 3,5               | m <sup>2</sup> | 46,0            | 79,5           | 163,0                   | 161,0                | 278,3           | 570,5          |
| 74.61                          | Planting av trær                       | 1,0               | stk.           | 992,0           | 2436,5         | 6594,0                  | 992,0                | 2436,5          | 6594,0         |
| 42.13                          | Fiberduk                               | 14,8              | m <sup>2</sup> | 10,0            | 14,7           | 37,0                    | 148,0                | 216,8           | 547,6          |
| <b>Sum</b>                     |  |                   |                |                 |                |                         | <b>2396,5</b>        | <b>4929,1</b>   | <b>11082,6</b> |

Vedleggstabell D-26: Arbeid og investeringskostnadsberegning, tre i og utenfor grønnrabatt



Vedleggsfigur D-3: Utgravd tverrsnitt for tre, i og utenfor, grønnrabatt

Grønnrabatten planlegges med dybde på 60 cm. Med hensyn til krav om 3,5 m<sup>3</sup> vekstjord rundt hvert tre, og en minimumdybde på 1,0 m, utgraves det ytterligere 40 cm ved planting av tre i grønnrabatt.

Det forutsettes et forenklet utgravd tverrsnitt på 1,0 m x 1,4 m x 2,5 m (= 3,5 m<sup>3</sup>) per tre. Tilleggsvolum utgjør dermed (0,4 x 1,4 x 2,5) = 1,4 m<sup>3</sup>. Ved planting av tre i fortau inkluderes fiberduk rundt det utgravde tverrsnittet.

**VEDLEGG D.7**
**INVESTERINGSKOSTNAD, BELEGNINGSSTEINAREAL -  
FORTAU**
*Grunnlag for Tabell 8-14*

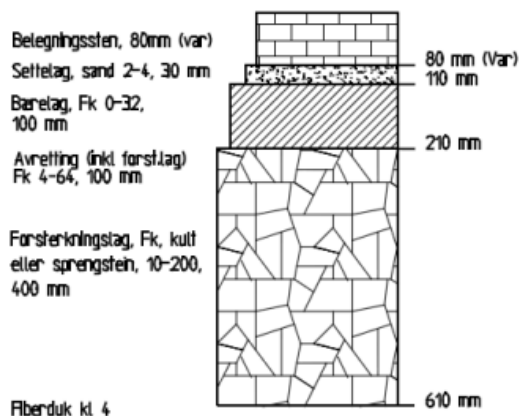
| Investeringskostnad            |  |              |                |                    |                |        |     |        |     |
|--------------------------------|--|--------------|----------------|--------------------|----------------|--------|-----|--------|-----|
| Materialer                     |  | Fortausareal |                |                    |                |        |     |        |     |
|                                |  | Tverrsnitt   |                | Pr. m <sup>2</sup> |                |        |     |        |     |
|                                |  | Mengde       | Enh            | Mengde             | Enh            | Mengde | Enh | Mengde | Enh |
| Utgravd tverrsnitt             |  | 0,61         | m <sup>2</sup> | 0,61               | m <sup>3</sup> |        |     |        |     |
| Pukk, 22 – 120 mm              |  | 0,4          | m <sup>2</sup> | 0,4                | m <sup>3</sup> |        |     |        |     |
| Fk, 0-32 mm                    |  | 0,1          | m <sup>2</sup> | 0,1                | m <sup>3</sup> |        |     |        |     |
| Belegningsstein                |  | 1            | m              | 1                  | m <sup>2</sup> |        |     |        |     |
| Settelag                       |  | 0,03         | m <sup>2</sup> | 0,03               | m <sup>3</sup> |        |     |        |     |
| Kantstein*                     |  |              |                | 1,0                | m              |        |     |        |     |
| Geotekstil, fiberduk: klasse 3 |  | 1            | m              | 1                  | m <sup>2</sup> |        |     |        |     |

| Prosess    | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |       |       | Pris pr. løpemet |               |               |
|------------|--|--------|----------------|------------|-------|-------|------------------|---------------|---------------|
|            |  |        |                | Lav        | Mid   | Høy   | Lav              | Mid           | Høy           |
| 41.11      | Utgraving av eksisterende veg          | 0,61   | m <sup>3</sup> | 47,0       | 97,2  | 205,0 | 28,7             | 59,3          | 125,1         |
| 42.17      | Fjerning av overskuddsmasser           | 0,61   | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7  | 181,0 | 16,5             | 51,0          | 110,4         |
| 51.31      | Avretting av planum                    | 1      | m <sup>2</sup> | 6,0        | 7,7   | 10,0  | 6,0              | 7,7           | 10,0          |
| 66.41      | Belegningsstein av betong              | 1      | m <sup>2</sup> | 436        | 895,5 | 1383  | 436              | 895,5         | 1383          |
| 52.2       | Fiberduk kl. 3                         | 1      | m <sup>2</sup> | 7,0        | 10,2  | 17,0  | 7,0              | 10,2          | 17,0          |
| 53.22      | Forsterkningslag 22/120                | 0,4    | m <sup>3</sup> | 145,0      | 210,1 | 292,0 | 58,0             | 84,0          | 116,8         |
| 54.2       | Bærelag, Fk                            | 0,1    | m <sup>3</sup> | 171,0      | 251,3 | 334,0 | 17,1             | 25,1          | 33,4          |
| 75.11      | Kantstein av naturstein                | 1      | m              | 456,0      | 639,8 | 996,0 | 456,0            | 639,8         | 996,0         |
| <b>Sum</b> |  |        |                |            |       |       | <b>1025,2</b>    | <b>1772,6</b> | <b>2791,7</b> |

Vedleggstabell D-27: Arbeid og investeringskostnadsberegning, fortau

\*1 m kantstein er inkludert i beregningen ettersom fortauarealet ligger inn mot vei, avgrenset av kantstein. Selv om BMP-løsningene er innesluttet av kantstein er kantstein her inkludert i de beregningene. På denne måten oppstår ikke dobbelttelling.

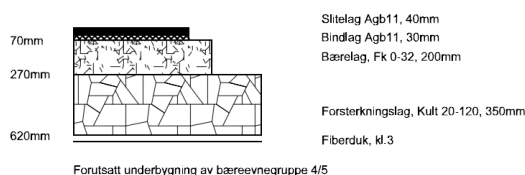


Vedleggsfigur D-4: Overbygning, fortau med belegningsstein

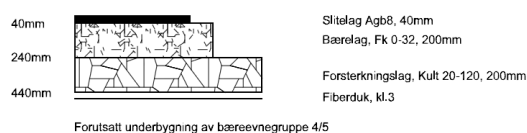
## VEDLEGG D.8

## REHABILITERINGSKOSTNAD AV VEG

### Overbygning, kjørebane



### Overbygning, fortau



Vedleggsfigur D-5: Overbygning, fortau og kjørebane – grunnlag for rehabiliteringskostnad

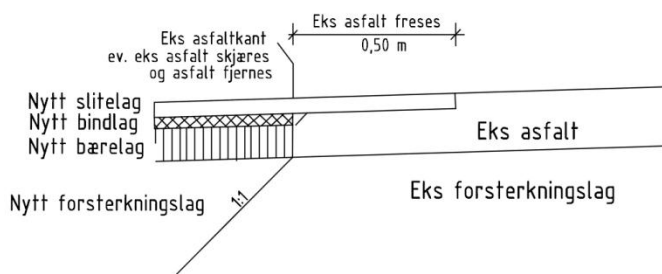
### Kommentarer

Eksisterende masser utgraves og transporteres bort, og erstattes med nye eksterne masser. Skjæring av asfalt skjer langs hele vegbredden i begge sider.

Detaljutkiling i tverrprofilen, nytt dekke i eksisterende veg inkluderes også i kostnadsberegningen.

Kostnadene knyttet til utkiling kommer som en engangskostnad uavhengig av løpemeter veg.

Tverrsnittarealet til utkilingen multipliseres med lengden iht. figur D-6, og med 2 (hver side).



Vedleggsfigur D-6: Utkiling. Kilde: COWI

### Grunnlag for Tabell 8-18

| Hovedparti - Veg               |            |                |               |                |            |                |               |                |
|--------------------------------|------------|----------------|---------------|----------------|------------|----------------|---------------|----------------|
| Materialer                     | Kjørebane  |                |               |                | Fortau(er) |                |               |                |
|                                | Tverrsnitt |                | Pr. løpemeter |                | Tverrsnitt |                | Pr. løpemeter |                |
|                                | Mengde     | Enhet          | Mengde        | Enhet          | Mengde     | Enhet          | Mengde        | Enhet          |
| Utgravd tverrsnitt             | 3,89       | m <sup>2</sup> | 3,89          | m <sup>3</sup> | 2,53       | m <sup>2</sup> | 2,53          | m <sup>3</sup> |
| Pukk, 22 – 120 mm              | 2,21       | m <sup>2</sup> | 2,21          | m <sup>3</sup> | 0,58       | m <sup>2</sup> | 0,58          | m <sup>3</sup> |
| Fk, 0-32 mm                    | 1,16       | m <sup>2</sup> | 1,16          | m <sup>3</sup> | 1,05       | m <sup>2</sup> | 1,05          | m <sup>3</sup> |
| Asfalt, Agb 11                 | 0,42       | m <sup>2</sup> | 0,42          | m <sup>3</sup> |            |                |               |                |
| Asfalt, Agb 8                  |            |                |               |                | 0,2        | m <sup>2</sup> | 0,2           | m <sup>3</sup> |
| Geotekstil, fiberduk: klasse 3 | 6,85       | m              | 6,85          | m <sup>2</sup> | 7,86       | m              | 7,86          | m <sup>2</sup> |
| Drensrør, perforert 110 mm DV  | 2          | stk.           | 2             | m              |            |                |               |                |
| Kantstein                      | 2          | stk.           | 2             | m              |            |                |               |                |

Vedleggstabell D-28: Arbeid, rehabilitering av vegens hovedparti



| Prosess    | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |        |        | Pris pr. løpemeter |               |                |
|------------|--|--------|----------------|------------|--------|--------|--------------------|---------------|----------------|
|            |  |        |                | Lav        | Middel | Høy    | Lav                | Middel        | Høy            |
| 63.14      | Riving av asfaltdekke                  | 11     | m <sup>2</sup> | 15,0       | 36,8   | 90,0   | 165,0              | 404,3         | 990,0          |
| 41.11      | Utgraving av eksisterende veg          | 5,8    | m <sup>3</sup> | 47,0       | 97,2   | 205,0  | 272,6              | 563,7         | 1189,0         |
| 42.17      | Fjerning av overskuddsmasser           | 5,8    | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7   | 181,0  | 156,6              | 485,2         | 1049,8         |
| 15.43      | Fjerning av kantstein                  | 2      | m              | 41,0       | 93,8   | 170,0  | 82,0               | 187,5         | 340,0          |
| 51.31      | Avretting av planum                    | 6      | m <sup>2</sup> | 6,0        | 7,7    | 10,0   | 36,0               | 46,0          | 60,0           |
| 52.2       | Fiberduk kl. 3                         | 14,71  | m <sup>2</sup> | 7,0        | 10,2   | 17,0   | 103,0              | 149,8         | 250,1          |
| 53.22      | Forsterkningslag 22/120                | 2,79   | m <sup>3</sup> | 145,0      | 210,1  | 292,0  | 404,6              | 586,1         | 814,7          |
| 54.2       | Bærelag, Fk                            | 2,21   | m <sup>3</sup> | 171,0      | 251,3  | 334,0  | 377,9              | 555,5         | 738,1          |
| 65.14      | Bindlag, Agb 11                        | 0,45   | tonn           | 684,0      | 930,5  | 1837,0 | 307,8              | 418,7         | 826,7          |
| 65.24      | Slitelag, Agb 11                       | 0,6    | tonn           | 725,0      | 952,9  | 1935,0 | 435,0              | 571,7         | 1161,0         |
| 65.24      | Slitelag, Agb 8                        | 0,5    | tonn           | 725,0      | 952,9  | 1935,0 | 362,5              | 476,4         | 967,5          |
| 65.4       | Klebing                                | 17     | m <sup>2</sup> | 2,0        | 3,5    | 7,0    | 34,0               | 59,5          | 119,0          |
| 75.11      | Kantstein av naturstein                | 2      | m              | 456,0      | 639,8  | 996,0  | 912,0              | 1279,5        | 1992,0         |
| 43.11      | Drensledning ≤ 120 mm                  | 2      | m              | 43,0       | 87,6   | 269,0  | 86,0               | 175,1         | 538,0          |
| <b>Sum</b> |  |        |                |            |        |        | <b>3734,9</b>      | <b>5959,0</b> | <b>11035,8</b> |

Vedleggstabell D-29: Investeringskostnadsberegning, rehabilitering av vegens hovedparti

Utgravde masser utgjør utgravd tverrsnitt, fratrukket asfalt areal ettersom disse inkluderes i prosess 63.14. Se for øvrig elektronisk vedlegg for nærmere detaljer.

| Utkiling i tverrprofilen mot dekke i eksisterende veg (begge sider) |            |                |                |                |            |                |                |                |  |
|---|------------|----------------|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|----------------|--|
| Materialer  | Kjørebane  |                |                |                | Fortau(er) |                |                |                |  |
|   | Tverrsnitt |                | Pr. rehab.jobb |                | Tverrsnitt |                | Pr. rehab.jobb |                |  |
| Utgravd tverrsnitt  | 0,16       | m <sup>2</sup> | 1,87           | m <sup>3</sup> | 0,07       | m <sup>2</sup> | 0,68           | m <sup>3</sup> |  |
| Pukk, 22 – 120 mm   | 0,06       | m <sup>2</sup> | 0,74           | m <sup>3</sup> | 0,04       | m <sup>2</sup> | 0,4            | m <sup>3</sup> |  |
| Fk, 0-32 mm   | 0,07       | m <sup>2</sup> | 0,84           | m <sup>3</sup> | 0,04       | m <sup>2</sup> | 0,4            | m <sup>3</sup> |  |
| Asfalt, Agb 11  | 0,04       | m <sup>2</sup> | 0,53           | m <sup>3</sup> |            |                |                |                |  |
| Asfalt, Agb 8   |            |                |                |                | 0,028      | m <sup>2</sup> | 0,28           | m <sup>3</sup> |  |

| Prosess    | Arbeider, inkl. utlegging og transport | Mengde | Enh            | Enhetspris |        |        | Pris pr. rehab.jobb |               |                |
|------------|--|--------|----------------|------------|--------|--------|---------------------|---------------|----------------|
|            |  |        |                | Lav        | Middel | Høy    | Lav                 | Middel        | Høy            |
| 63.14      | Riving av asfaltdekke                  | 6,2    | m <sup>2</sup> | 15,0       | 36,8   | 90,0   | 93,0                | 227,9         | 558,0          |
| 63.15      | Skjæring av asfaltdekke                | 22,0   | m              | 44,0       | 94,9   | 305,0  | 968,0               | 2087,8        | 6710,0         |
| 63.24      | Fresing av asfaltdekke                 | 11,0   | m <sup>2</sup> | 25,0       | 102,0  | 259,0  | 275,0               | 1121,7        | 2849,0         |
| 41.11      | Utgraving av eksisterende veg          | 2,2    | m <sup>3</sup> | 47,0       | 97,2   | 205,0  | 102,2               | 211,4         | 445,9          |
| 42.17      | Fjerning av overskuddsmasser           | 2,2    | m <sup>3</sup> | 27,0       | 83,7   | 181,0  | 58,7                | 182,0         | 393,7          |
| 53.22      | Forsterkningslag 22/120                | 1,1    | m <sup>3</sup> | 145,0      | 210,1  | 292,0  | 164,6               | 238,4         | 331,4          |
| 54.2       | Bærelag, Fk                            | 1,2    | m <sup>3</sup> | 171,0      | 251,3  | 334,0  | 212,0               | 311,7         | 414,2          |
| 65.14      | Bindlag, Agb 11                        | 0,3    | tonn           | 684,0      | 930,5  | 1837,0 | 215,5               | 293,1         | 578,7          |
| 65.24      | Slitelag, Agb 11                       | 0,5    | tonn           | 725,0      | 952,9  | 1935,0 | 396,9               | 521,7         | 1059,4         |
| 65.24      | Slitelag, Agb 8                        | 0,7    | tonn           | 725,0      | 952,9  | 1935,0 | 507,5               | 667,0         | 1354,5         |
| 65.4       | Klebing                                | 27,4   | m <sup>2</sup> | 2,0        | 3,5    | 7,0    | 54,8                | 95,9          | 191,8          |
| <b>Sum</b> |  |        |                |            |        |        | <b>3048,3</b>       | <b>5958,5</b> | <b>14886,5</b> |

Vedleggstabell D-30: Arbeid og investeringskostnadsberegning, rehabilitering, utkiling



# Vedlegg E

## OVERVANNSBEREGNINGER

Datagrunnlag for planlegging og dimensjonering av tradisjonell og alternativ overvannshåndtering presentert i kapittel 9.

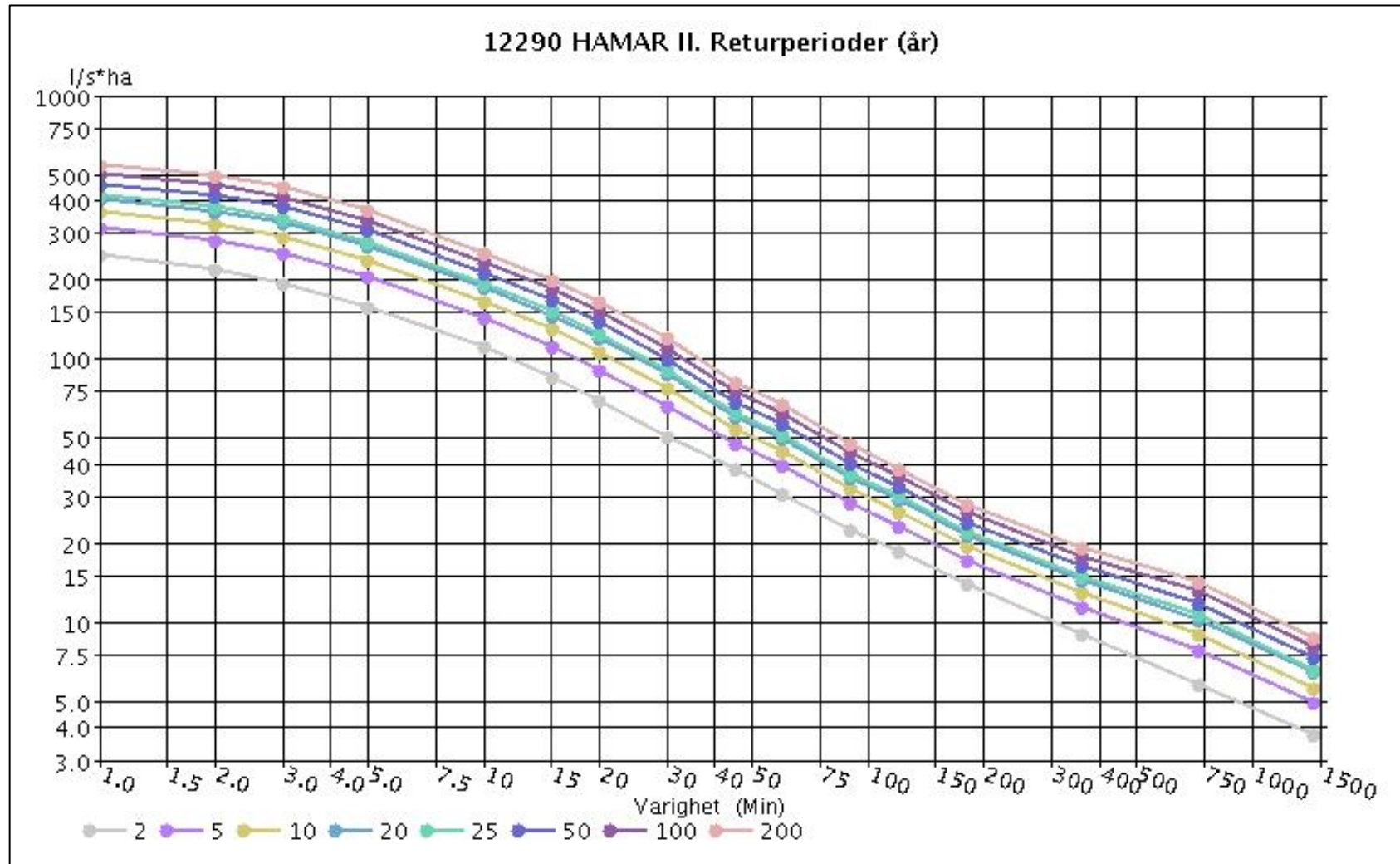
Komplette beregninger finnes i elektronisk vedlegg

*VEDLEGG E-02 - Overvannsberegninger*

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>VEDLEGG E.1</b> | <b>IVF-KURVE, 12290 HAMAR II</b>              |
| <b>VEDLEGG E.2</b> | <b>AREAL OG AVRENNINGSFAKTOR</b>              |
| <b>VEDLEGG E.3</b> | <b>BEREGNING AV TILRENNINGSTID</b>            |
| <b>VEDLEGG E.4</b> | <b>BEREGNING AV OVERVANNSMENGDER</b>          |
| <b>VEDLEGG E.5</b> | <b>BEREGNING AV NØDVENDIG BMP-AREAL</b>       |
| <b>VEDLEGG E.6</b> | <b>BEREGNING AVKRISTOFFERSEN-REGN I HAMAR</b> |

### VEDLEGG E.1 IVF-KURVE, 12290 HAMAR II

- Følgende IVF-kurve er benyttet i overvannsberegningene.
- IVF-kurven er hentet fra eKlima – met.no



Vedleggsfigur E-1: IVF-kurve, 12290 Hamar II

## VEDLEGG E.2 AREAL OG AVRENNINGSFAKTOR

- Følgende arealer og avrenningsfaktorer er beregnet på delfeltene.

| Avrenningsfaktor |                 |         |       |
|------------------|-----------------|---------|-------|
| Asfalt           | Belegningsstein | Grusveg | Gress |
| 0,8              | 0,7             | 0,6     | 0,2   |

| Avrenningsfelt | Areal [ha]  |             |                 |             |             | φ           |
|----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
|                | SUM         | Asfalt      | Belegningsstein | Grus        | Parkområde  |             |
| F1-1           | <b>0,01</b> | 0,01        | 0,01            | 0,00        | 0,00        | 0,75        |
| F1-2           | <b>0,01</b> | 0,01        | 0,00            | 0,01        | 0,00        | 0,70        |
| F2.1           | <b>0,03</b> | 0,01        | 0,02            | 0,00        | 0,00        | 0,74        |
| F2.2           | <b>0,04</b> | 0,02        | 0,00            | 0,02        | 0,00        | 0,70        |
| F2.3           | <b>0,03</b> | 0,01        | 0,02            | 0,00        | 0,00        | 0,74        |
| F2.4           | <b>0,04</b> | 0,02        | 0,01            | 0,01        | 0,00        | 0,72        |
| F2.5           | <b>0,06</b> | 0,01        | 0,05            | 0,00        | 0,00        | 0,71        |
| F3.0           | <b>0,04</b> | 0,02        | 0,01            | 0,00        | 0,01        | 0,66        |
| F4.1           | <b>0,02</b> | 0,01        | 0,01            | 0,00        | 0,00        | 0,76        |
| F4.2           | <b>0,02</b> | 0,01        | 0,00            | 0,00        | 0,01        | 0,49        |
| F4.3           | <b>0,03</b> | 0,01        | 0,02            | 0,00        | 0,00        | 0,74        |
| F4.4           | <b>0,03</b> | 0,01        | 0,00            | 0,01        | 0,00        | 0,62        |
| F5.1           | <b>0,04</b> | 0,01        | 0,02            | 0,00        | 0,00        | 0,73        |
| F5.2           | <b>0,03</b> | 0,01        | 0,00            | 0,01        | 0,01        | 0,53        |
| F5.3           | <b>0,05</b> | 0,02        | 0,03            | 0,00        | 0,00        | 0,74        |
| F5.4           | <b>0,03</b> | 0,02        | 0,00            | 0,01        | 0,01        | 0,60        |
| F5.5           | <b>0,03</b> | 0,02        | 0,02            | 0,00        | 0,00        | 0,75        |
| F5.6           | <b>0,03</b> | 0,01        | 0,00            | 0,01        | 0,01        | 0,53        |
| F6.1           | <b>0,04</b> | 0,01        | 0,02            | 0,00        | 0,00        | 0,74        |
| F6.2           | <b>0,03</b> | 0,01        | 0,00            | 0,01        | 0,01        | 0,61        |
| F6.3           | <b>0,02</b> | 0,01        | 0,01            | 0,00        | 0,00        | 0,75        |
| F6.4           | <b>0,01</b> | 0,01        | 0,01            | 0,00        | 0,00        | 0,75        |
| F7.1           | <b>0,04</b> | 0,02        | 0,02            | 0,00        | 0,00        | 0,76        |
| F7.2           | <b>0,02</b> | 0,01        | 0,01            | 0,00        | 0,00        | 0,75        |
| F8.1           | <b>0,04</b> | 0,02        | 0,02            | 0,00        | 0,00        | 0,75        |
| F8.2           | <b>0,02</b> | 0,01        | 0,01            | 0,00        | 0,00        | 0,76        |
| F9.1           | <b>0,01</b> | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00        | 0,75        |
| F9.2           | <b>0,01</b> | 0,00        | 0,00            | 0,00        | 0,00        | 0,75        |
| <b>Sum</b>     | <b>0,82</b> | <b>0,35</b> | <b>0,33</b>     | <b>0,08</b> | <b>0,06</b> | <b>0,70</b> |

Vedleggstabell E-1: Areal og avrenningsfaktor for delfeltene

### VEDLEGG E.3 BEREGNING AV TILRENNINGSTID

- Tilrenningstiden ( $t_s$ ) beregnes ut fra formel gitt i håndbok 018 – vegbygging for urbane felt

$$t_s = 0,02 \times L^{1,15} \times H^{-0,39}$$

Hvor:

|   |       |
|---|-------|
| $t_s$ = Tilrenningstid                    | [min] |
| $L$ = Lengde av avrenningsfelt            | [m]   |
| $H$ = Høydeforskjellen i avrenningsfeltet | [m]   |

| Avrenningsfelt | Knpkt | Lengde av avrenningsfelt (L) | Høydeforskjell |        |            | $t_s$ |
|----------------|-------|------------------------------|----------------|--------|------------|-------|
|                |       |                              | H1             | H2     | $\Delta H$ |       |
| F1-1           | 1     | 13,80                        | 126,73         | 126,49 | 0,24       | 0,71  |
| F1-2           |       | 6,73                         | 126,73         | 126,50 | 0,23       | 0,32  |
| F2.1           | 2     | 34,50                        | 126,77         | 126,41 | 0,36       | 1,75  |
| F2.2           |       | 34,97                        | 126,72         | 126,42 | 0,30       | 1,91  |
| F2.3           |       | 35,05                        | 126,68         | 126,46 | 0,22       | 2,16  |
| F2.4           |       | 30,46                        | 126,62         | 126,34 | 0,28       | 1,67  |
| F2.5           |       | 27,90                        | 126,83         | 126,48 | 0,35       | 1,38  |
| F3.0           | 3     | 24,18                        | 126,90         | 126,58 | 0,32       | 1,22  |
| F4.1           | 4     | 23,37                        | 126,99         | 126,62 | 0,37       | 1,11  |
| F4.2           |       | 23,52                        | 126,95         | 126,61 | 0,34       | 1,15  |
| F4.3           |       | 30,90                        | 126,99         | 126,60 | 0,39       | 1,49  |
| F4.4           |       | 29,25                        | 126,95         | 126,60 | 0,35       | 1,46  |
| F5.1           | 5     | 34,34                        | 126,90         | 126,38 | 0,52       | 1,51  |
| F5.2           |       | 32,58                        | 126,85         | 126,38 | 0,47       | 1,48  |
| F5.3           |       | 30,22                        | 126,69         | 126,18 | 0,51       | 1,31  |
| F5.4           |       | 28,31                        | 126,62         | 126,18 | 0,44       | 1,29  |
| F5.5           |       | 31,46                        | 126,33         | 126,10 | 0,23       | 1,87  |
| F5.6           |       | 29,26                        | 126,25         | 126,09 | 0,16       | 1,98  |
| F6.1           | 6     | 31,61                        | 126,31         | 125,98 | 0,33       | 1,64  |
| F6.2           |       | 32,59                        | 126,04         | 125,99 | 0,05       | 3,54  |
| F6.3           |       | 17,27                        | 126,32         | 125,77 | 0,55       | 0,67  |
| F6.4           |       | 14,41                        | 126,04         | 125,78 | 0,26       | 0,73  |
| F7.1           | 7     | 34,74                        | 126,10         | 125,52 | 0,58       | 1,46  |
| F7.2           |       | 34,08                        | 125,96         | 125,52 | 0,44       | 1,59  |
| F8.1           | 7     | 33,64                        | 125,86         | 125,28 | 0,58       | 1,41  |
| F8.2           |       | 34,97                        | 125,76         | 125,30 | 0,46       | 1,61  |
| F9.1           | 8     | 8,22                         | 125,92         | 125,74 | 0,18       | 0,44  |
| F9.2           |       | 9,32                         | 126,13         | 125,61 | 0,52       | 0,34  |

Vedleggstabell E-2: Beregning av tilrenningstid for delfeltene

## VEDLEGG E.4 BEREGNING AV OVERVANNSMENGDER

- Beregning av forventede overvannsmengder ved gitte delfelt og knutepunkt

### Dimensjonering av konvensjonelt ledningsnett etter den rasjonelle formel

| Knutepunkt | $\varphi$ | $K_f$ | Avrenning fra felt |     | Areal |          | Lengde |     |      | $v$<br>(m/s) | Konsentrasjonstid |               |       | Intensitet (i) *<br>[l/s.ha] | Q (l/s) |
|------------|-----------|-------|--------------------|-----|-------|----------|--------|-----|------|--------------|-------------------|---------------|-------|------------------------------|---------|
|            |           |       |                    |     | Felt  | $\Sigma$ | fra    | til | m    |              | $t_s$             | $t_{ledning}$ | $t_k$ |                              |         |
| 1          | 0,70      | 1,4   | 1.1                | 1.2 | 0,02  | 0,02     | →      | 1   | 0,0  |              | 0,7               |               | 0,7   | 424,5                        | 10,2    |
| 2.1        |           |       | 2.1                | 2.2 | 0,07  | 0,09     | 1      | 2.1 | 31,7 | 0,09         | 1,9               | 6,16          | 8,8   | 211,7                        | 19,0    |
| 2.2        |           |       | 2.3                | 2.4 | 0,08  | 0,17     | 2.1    | 2.2 | 32,0 | 0,19         | 2,2               | 2,76          | 13,7  | 161,0                        | 26,4    |
| 2          |           |       | 2.5                |     | 0,06  | 0,23     | 2.2    | 2   | 16,4 | 0,31         | 1,4               | 0,89          | 16,0  | 145,2                        | 32,7    |
| 3          |           |       | 3.0                |     | 0,04  | 0,27     | 2      | 3   | 27,9 | 0,40         | 1,2               | 1,17          | 18,4  | 132,5                        | 35,3    |
| 4.1        |           |       | 4.1                | 4.2 | 0,04  | 0,31     | 3      | 4.1 | 16,2 | 0,44         | 1,2               | 0,61          | 20,1  | 123,3                        | 37,8    |
| 4          |           |       | 4.3                | 4.4 | 0,06  | 0,37     | 4.1    | 4   | 56,9 | 0,48         | 1,5               | 1,97          | 23,6  | 111,6                        | 40,6    |
| 5.1        |           |       | 5.1                | 5.2 | 0,07  | 0,44     | 4      | 5.1 | 30,3 | 0,53         | 1,5               | 0,94          | 26,0  | 103,3                        | 44,9    |
| 5.2        |           |       | 5.3                | 5.4 | 0,08  | 0,53     | 5.1    | 5.2 | 28,2 | 0,60         | 1,3               | 0,79          | 28,1  | 96,2                         | 49,6    |
| 5          |           |       | 5.5                | 5.6 | 0,06  | 0,59     | 5.2    | 5   | 21,6 | 0,67         | 2,0               | 0,54          | 30,7  | 88,7                         | 51,3    |
| 6.1        |           |       | 6.1                | 6.2 | 0,07  | 0,66     | 5      | 6.1 | 28,1 | 0,70         | 3,5               | 0,66          | 34,9  | 81,0                         | 52,0    |
| 6          |           |       | 6.3                | 6.4 | 0,03  | 0,68     | 6.1    | 6   | 48,4 | 0,72         | 0,7               | 1,12          | 36,7  | 77,6                         | 51,8    |
| 7.1        |           |       | 7.1                | 7.2 | 0,06  | 0,75     | 6      | 7.1 | 31,6 | 0,70         | 1,6               | 0,75          | 39,0  | 73,3                         | 53,4    |
| 7          |           |       | -                  |     | 0     | 0,75     | 7.1    | 7   | 18,3 | 0,74         |                   | 0,41          | 39,4  | 72,5                         | 52,8    |
|            |           |       |                    |     |       |          |        |     |      |              |                   |               |       |                              |         |
| 8          | 0,70      | 1,4   | 9.1                | 9.2 | 0,02  | 0,02     | →      | 8   | 0,0  |              | 0,4               |               | 0,4   | 435,3                        | 6,6     |
| 7.2        |           |       | 8.1                | 8.2 | 0,06  | 0,08     | 8      | 7.2 | 30,4 | 0,12         | 1,6               | 4,09          | 6,1   | 256,2                        | 18,9    |
| 7          |           |       | -                  |     | 0     | 0,08     | 7.2    | 7   | 13,5 | 0,50         |                   | 0,45          | 6,6   | 248,6                        | 18,3    |

Vedleggstabell E-3: Dimensjonerende overvannsmengder for konvensjonelt ledningsnett

\* Verdiene mellom de gitte regnvarighetene (IVF-kurve) interpoleres

### Valgt rørdimensjon etter dimensjonerende overvannsavrenning

| Ledning | Dimensjonerende<br>vannmengde (Q)<br>[l/s] | Fall [‰] | Rørdimensjon [mm] |             |            |
|---------|--|----------|-------------------|-------------|------------|
|         |  |          | D - nødvendig     | D - minimum | D - valgt  |
| L 1-2   | 32,7                                       | 5        | 250               | 150         | <b>300</b> |
| L 2-3   | 35,3                                       | 5        | 250               |             | <b>300</b> |
| L 3-4   | 40,6                                       | 5        | 250               |             | <b>300</b> |
| L 4-5   | 51,3                                       | 5        | 300               |             | <b>300</b> |
| L 5-6   | 51,8                                       | 5        | 300               |             | <b>300</b> |
| L 6-7   | 52,8                                       | 5        | 300               |             | <b>300</b> |
|         |  |          |                   |             |            |
| L 8-7   | 18,3                                       | 5        | 200               | 150         | <b>200</b> |

Vedleggstabell E-4: Nødvendig rørdimensjon

### Korrigerede vannhastigheter etter valgt rørdimensjon

*Korrigering etter delfyllingskurve*

| Knutepunkt | v    | Q    | D <sub>valgt</sub> | Q <sub>fylt</sub> | Q/Q <sub>fylt</sub> | V <sub>fylt</sub> | V/V <sub>fylt</sub> | v -<br>korrigert |
|------------|------|------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------|
| 1          |      | 10,2 | 300                | 71                | 0,14                | 0,15              | 0,59                |                  |
| 2.1        | 0,08 | 19,0 |                    |                   | 0,27                | 0,27              | 0,72                | 0,09             |
| 2.2        | 0,19 | 26,4 |                    |                   | 0,37                | 0,37              | 0,82                | 0,19             |
| 2          | 0,29 | 32,7 |                    |                   | 0,46                | 0,46              | 0,86                | 0,31             |
| 3          | 0,40 | 35,3 | 300                | 71                | 0,50                | 0,50              | 0,88                | 0,40             |
| 4.1        | 0,44 | 37,8 | 300                | 71                | 0,53                | 0,53              | 0,9                 | 0,44             |
| 4          | 0,48 | 40,6 |                    |                   | 0,57                | 0,58              | 0,93                | 0,48             |
| 5.1        | 0,53 | 44,9 | 300                | 71                | 0,63                | 0,63              | 0,94                | 0,53             |
| 5.2        | 0,59 | 49,6 |                    |                   | 0,70                | 0,70              | 0,96                | 0,60             |
| 5          | 0,68 | 51,3 |                    |                   | 0,72                | 0,73              | 0,97                | 0,67             |
| 6.1        | 0,69 | 52,0 | 300                | 71                | 0,73                | 0,74              | 0,98                | 0,70             |
| 6          | 0,70 | 51,8 |                    |                   | 0,73                | 0,73              | 0,96                | 0,72             |
| 7.1        | 0,70 | 53,4 | 300                | 71                | 0,75                | 0,76              | 0,98                | 0,70             |
| 7          | 0,73 | 52,8 |                    |                   | 0,74                | 0,75              | 0,98                | 0,74             |
|            |      |      |                    |                   |                     |                   |                     |                  |
| 8          |      | 6,6  | 200                | 45                | 0,15                | 0,21              | 0,59                |                  |
| 7.2        | 0,11 | 18,9 |                    |                   | 0,42                | 0,60              | 0,83                | 0,12             |
| 7          | 0,47 | 18,3 |                    |                   | 0,41                | 0,58              | 0,82                | 0,50             |

Vedleggstabell E-5: Korrigerede vannhastigheter



### Dimensjonerende overvannsavrenning og nedbørmengde for hvert delfelt

- Beregningene gir grunnlag for bestemmelse av nødvendig BMP-areal

| Avrenningsfelt | $\phi$ | $K_f$ | Areal (A) | $t_s$<br>[min] | Intensitet (i) * | Q (l/s) | Nedbørmengde, gitt dimensjonerende intensitet  | P (m)  |
|----------------|--------|-------|-----------|----------------|------------------|---------|--|--------|
|                |        |       |           |                | [l/s.ha]         |         |  |        |
| F1-1           | 0,75   | 1,4   | 0,01      | 0,71           | 424,5            | 4,95    | $1,0 \text{ mm/min} = 0,001 \text{ m/min}$<br><br>$\frac{0,001 \text{ m/min}}{60 \text{ s/min}} = 1,667 \times 10^{-5} \text{ m/s}$<br><br>$1,667 \times 10^{-5} \text{ m/s} \times \text{m}^2 = 1,667 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$<br><br>$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}$<br><br>$\frac{1,667 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{0,001} = 1,667 \times 10^{-2} \text{ l/s.m}^2$<br><br>$P_{dim} = \frac{0,006i \times t_s}{1000} \times K_f$ | 0,0025 |
| F1-2           | 0,70   |       | 0,01      | 0,32           | 440,1            | 5,83    |  | 0,0012 |
| F2.1           | 0,74   |       | 0,03      | 1,75           | 383,7            | 11,89   |  | 0,0056 |
| F2.2           | 0,70   |       | 0,04      | 1,91           | 377,5            | 13,76   |  | 0,0060 |
| F2.3           | 0,74   |       | 0,03      | 2,16           | 368,1            | 13,28   |  | 0,0067 |
| F2.4           | 0,72   |       | 0,04      | 1,67           | 386,8            | 16,41   |  | 0,0054 |
| F2.5           | 0,71   |       | 0,06      | 1,38           | 398,1            | 24,55   |  | 0,0046 |
| F3.0           | 0,66   |       | 0,04      | 1,22           | 404,7            | 15,67   |  | 0,0041 |
| F4.1           | 0,76   |       | 0,02      | 1,11           | 409,1            | 10,61   |  | 0,0038 |
| F4.2           | 0,49   |       | 0,02      | 1,15           | 407,3            | 4,65    |  | 0,0039 |
| F4.3           | 0,74   |       | 0,03      | 1,49           | 393,8            | 13,28   |  | 0,0049 |
| F4.4           | 0,62   |       | 0,03      | 1,46           | 395,0            | 9,14    |  | 0,0048 |
| F5.1           | 0,73   |       | 0,04      | 1,51           | 393,2            | 14,91   |  | 0,0050 |
| F5.2           | 0,53   |       | 0,03      | 1,48           | 394,5            | 10,10   |  | 0,0049 |
| F5.3           | 0,74   |       | 0,05      | 1,31           | 401,0            | 21,82   |  | 0,0044 |
| F5.4           | 0,60   |       | 0,03      | 1,29           | 401,9            | 10,35   |  | 0,0043 |
| F5.5           | 0,75   |       | 0,03      | 1,87           | 378,8            | 13,62   |  | 0,0060 |
| F5.6           | 0,53   |       | 0,03      | 1,98           | 374,4            | 8,37    |  | 0,0062 |
| F6.1           | 0,74   |       | 0,04      | 1,64           | 388,2            | 14,27   |  | 0,0053 |
| F6.2           | 0,61   |       | 0,03      | 3,54           | 321,1            | 8,22    |  | 0,0095 |
| F6.3           | 0,75   |       | 0,02      | 0,67           | 426,3            | 7,25    |  | 0,0024 |
| F6.4           | 0,75   |       | 0,01      | 0,73           | 423,9            | 4,53    |  | 0,0026 |
| F7.1           | 0,76   |       | 0,04      | 1,46           | 395,0            | 15,55   |  | 0,0049 |
| F7.2           | 0,75   |       | 0,02      | 1,59           | 389,8            | 10,04   |  | 0,0052 |
| F8.1           | 0,75   |       | 0,04      | 1,41           | 397,1            | 15,85   |  | 0,0047 |
| F8.2           | 0,76   |       | 0,02      | 1,61           | 389,0            | 9,01    |  | 0,0053 |
| F9.1           | 0,75   |       | 0,01      | 0,44           | 435,3            | 3,62    |  | 0,0016 |
| F9.2           | 0,75   |       | 0,01      | 0,34           | 439,4            | 3,50    |  | 0,0012 |

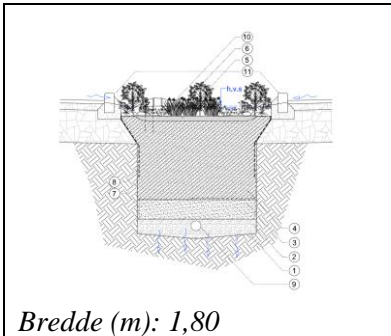
Vedleggstabell E-6: Dimensjonerende overvannsmengder for alternative BMP-løsninger

## VEDLEGG E.5

## BEREGNING AV NØDVENDIG BMP-AREAL

- Basert på beregnede overvannsmengder vil følgende håndteringsareal være nødvendig.
- Nødvendig BMP-areal er grunnlag for utforming av BMP-løsninger

### Kapasitet- og arealberegninger knyttet til den enkelte BMP-løsning

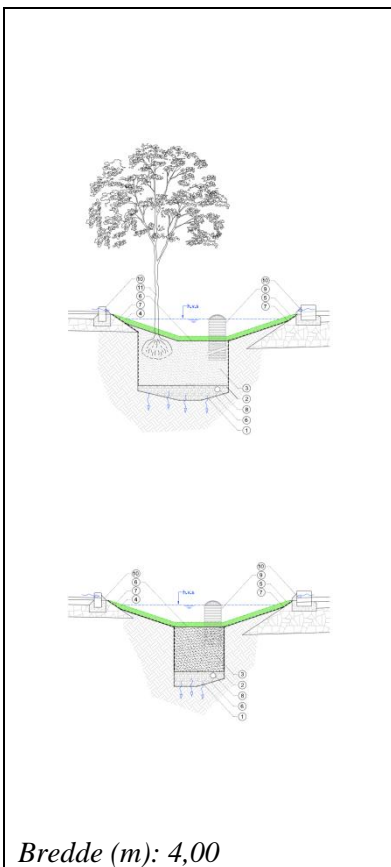


Bredde (m): 1,80

Vedleggstabell E-7: Faktorer for arealberegning, regnbed

| REGNBED  |
|--|
| $A_{regnbed} = \frac{A_{felt} \times \varphi \times P_{dim}}{h_{maks} + K_h \times t_s}$ |

| Faktorer                     |
|------------------------------|
| $h_{maks} = 0,15 \text{ m}$  |
| $K_h = 0,000002 \text{ m/s}$ |



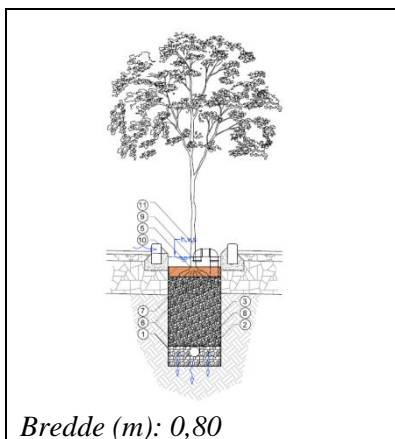
Bredde (m): 4,00

Vedleggstabell E-8: Faktorer for kapasitetsberegning, swale

| SWALE  |
|--|
| $Q = M \times A \times R^{2/3} \times I^{1/2}$   |
| $A = (b \times h_{maks}) + (h_{maks} \times \frac{h_{maks}}{i})$                           |
| $P_{dim} = b + 2 \left( 1 + \left( \frac{1}{i} \right)^2 \times h_{dim}^2 \right)^{0,5}$   |
| $P_{maks} = b + 2 \left( 1 + \left( \frac{1}{i} \right)^2 \times h_{maks}^2 \right)^{0,5}$ |
| $R_{dim} = A/P_{dim}$  |
| $R_{maks} = A/P_{maks}$  |

| Faktorer                                |
|---|
| $M = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$       |
| $A_{dim} = 0,1300 \text{ m}^2$          |
| $A_{maks} = 0,7175 \text{ m}^2$         |
| $R_{dim} = 0,4395219 \text{ m}$         |
| $R_{maks} = 0,2232702 \text{ m}$        |
| $I = 0,007 \text{ m/m}$                 |
| $P_{dim} = 1,6324555 \text{ m}$         |
| $P_{maks} = 3,2135944 \text{ m}$        |
| Bunnbredde (b)<br>= 1,0 m               |
| Sidehelning (i)<br>= 0,33 m/m           |
| Høyde ( $h_{dim}$ ) = 0,1               |
| Høyde ( $h_{maks}$ ) = 0,35             |
| Kapasitet                               |
| $V_{dim} = 0,130 \text{ m}^3/\text{m}$  |
| $V_{maks} = 0,718 \text{ m}^3/\text{m}$ |
| $Q_{dim} = 339,9 \text{ l/s}$           |
| $Q_{maks} = 441,9 \text{ l/s}$          |

\* Høyde ( $h_{dim}$ ) – 10 cm. Tilsvarer høyde på gress i swale, slik at det oppnås en størst mulig rensing av overvannet. Høyde ( $h_{maks}$ ) – 35 cm. Overvann går i overløp.



Bredde (m): 0,80

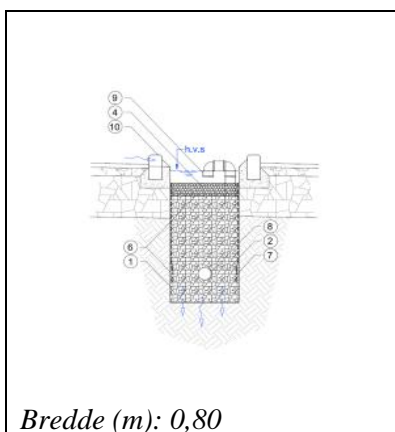
Vedleggstabell E-9: Faktorer for arealberegning, infiltrasjonsgrøft med tre

**INFILTRASJONGRØFT MED TRE**

$$A_{inf.grøft} = \frac{A_{felt} \times \varphi \times P_{dim}}{h_{maks} + K_h \times t_s}$$

*Faktorer*

$h_{maks} = 0,15 \text{ m}$   
 $K_h = 0,0000169 \text{ m/s}$



Bredde (m): 0,80

Vedleggstabell E-10: Faktorer for arealberegning, infiltrasjonsgrøft uten tre

**INFILTRASJONGRØFT UTEN TRE**

$$A_{inf.grøft} = \frac{A_{felt} \times \varphi \times P_{dim}}{h_{maks} + K_h \times t_s}$$

*Faktorer*

$h_{maks} = 0,15 \text{ m}$   
 $K_h = 0,076 \text{ m/s}$

\* Opprinnelig permeabilitetsfaktor ( $K_h$ ) er 0,000169 m/s og 0,76 m/s for hhv. infiltrasjonsgrøftene med tre og uten tre. På grunn av stor usikkerhet knyttet til infiltrasjonsevne er det lagt inn en sikkerhetsfaktor på 10, som gir de benyttede permeabilitetsfaktorene.

**Beregning av nødvendig håndteringsareal, gitt valgt BMP-løsning.**

Håndteringsareal beregnes ut fra formler (over) avhengig av hvilken BMP-løsning som er valgt til å håndtere avrenningen. Løsningene er designet og beregnet ut fra et bestemt tverrsnitt (bredde).

Nødvendig håndteringsareal omregnes derfor til nødvendig lengde

Plassering av BMP'er er vist i Figur 9-6.

Valgt BMP-løsning er vist med fargekode i tabell under:

|                |  |                             |  |
|----------------|--|-----------------------------|--|
| Regnbed        |  | Infiltrasjonsgrøft med tre  |  |
| Swale med tre  |  | Infiltrasjonsgrøft uten tre |  |
| Swale uten tre |  |                             |  |

| Avrenningsfelt | Areal<br>[m <sup>2</sup> ] | φ    | [sek]  | [l/s] | [m]    | Valgt<br>BMP-<br>løsning | Nødvendig<br>håndteringsareal (A) |      | Nødvendig lengde<br>- Gitt bestemt bredde |      | Tilført vannmengde<br>til swale<br>[m <sup>3</sup> ] |
|----------------|----------------------------|------|--------|-------|--------|--------------------------|-----------------------------------|------|---|------|--|
|                |                            |      |        |       |        |                          | [m <sup>2</sup> ]                 | [m]  | [m]                                       | [m]  |  |
| F1-1           | 111,7                      | 0,75 | 42,83  | 4,95  | 0,0025 |                          | 0,06                              |      | 0,08                                      |      |  |
| F1-2           | 135,6                      | 0,70 | 19,07  | 5,83  | 0,0012 |                          | 0,74                              |      | 0,41                                      |      |  |
| F2.1           | 298,3                      | 0,74 | 104,89 | 11,89 | 0,0056 |                          | 0,15                              |      | 0,19                                      |      |  |
| F2.2           | 372,0                      | 0,70 | 114,38 | 13,76 | 0,0060 |                          | 5,24                              | 0,09 | 2,91                                      | 0,11 |  |
| F2.3           | 346,9                      | 0,74 | 129,43 | 13,28 | 0,0067 |                          | 0,20                              |      | 0,25                                      |      |  |
| F2.4           | 418,3                      | 0,72 | 100,25 | 16,41 | 0,0054 |                          | 10,95                             |      | 6,08                                      |      |  |
| F2.5           | 622,4                      | 0,71 | 83,07  | 24,55 | 0,0046 |                          | 13,58                             |      | 7,54                                      |      |  |
| F3.0           | 422,1                      | 0,66 | 72,97  | 15,67 | 0,0041 |                          |                                   |      |   |      | 1,74   |
| F4.1           | 244,8                      | 0,76 | 66,30  | 10,61 | 0,0038 |                          | 4,68                              |      | 2,60                                      |      |  |
| F4.2           | 167,3                      | 0,49 | 69,03  | 4,65  | 0,0039 |                          |                                   |      |   |      | 0,66   |
| F4.3           | 326,9                      | 0,74 | 89,56  | 13,28 | 0,0049 |                          | 7,85                              |      | 9,81                                      |      |  |
| F4.4           | 264,5                      | 0,62 | 87,71  | 9,14  | 0,0048 |                          |                                   |      |   |      | 1,28   |
| F5.1           | 369,6                      | 0,73 | 90,39  | 14,91 | 0,0050 |                          | 8,89                              |      | 11,11                                     |      |  |
| F5.2           | 347,7                      | 0,53 | 88,50  | 10,10 | 0,0049 |                          |                                   |      |   |      | 1,70   |
| F5.3           | 523,4                      | 0,74 | 78,63  | 21,82 | 0,0044 |                          | 11,43                             |      | 6,35                                      |      |  |
| F5.4           | 307,1                      | 0,60 | 77,26  | 10,35 | 0,0043 |                          |                                   | 2,66 |   | 1,48 | 0,67   |
| F5.5           | 340,4                      | 0,75 | 112,34 | 13,62 | 0,0060 |                          | 10,18                             |      | 5,66                                      |      |  |
| F5.6           | 303,1                      | 0,53 | 119,07 | 8,37  | 0,0062 |                          |                                   |      |   |      | 1,89   |
| F6.1           | 354,5                      | 0,74 | 98,12  | 14,27 | 0,0053 |                          | 9,32                              |      | 5,18                                      |      |  |
| F6.2           | 301,1                      | 0,61 | 212,14 | 8,22  | 0,0095 |                          |                                   |      |   |      | 2,87   |
| F6.3           | 163,0                      | 0,75 | 40,12  | 7,25  | 0,0024 |                          | 1,94                              |      | 1,08                                      |      |  |
| F6.4           | 101,7                      | 0,75 | 43,63  | 4,53  | 0,0026 |                          | 1,31                              |      | 1,64                                      |      |  |
| F7.1           | 372,3                      | 0,76 | 87,78  | 15,55 | 0,0049 |                          | 9,09                              |      | 5,05                                      |      |  |
| F7.2           | 245,5                      | 0,75 | 95,63  | 10,04 | 0,0052 |                          | 6,33                              |      | 7,91                                      |      |  |
| F8.1           | 381,0                      | 0,75 | 84,59  | 15,85 | 0,0047 |                          | 8,93                              |      | 4,96                                      |      |  |
| F8.2           | 218,5                      | 0,76 | 96,82  | 9,01  | 0,0053 |                          | 0,12                              |      | 0,15                                      |      |  |
| F9.1           | 79,2                       | 0,75 | 26,41  | 3,62  | 0,0016 |                          | 0,04                              |      | 0,06                                      |      |  |
| F9.2           | 75,8                       | 0,75 | 20,17  | 3,50  | 0,0012 |                          | 0,04                              |      | 0,05                                      |      |  |

Vedleggstabell E-11: Nødvendig BMP-areal og lengde

**VEDLEGG E.6****BEREGNING AVKRISTOFFERSEN-REGN I HAMAR**

Grunnlag for Figur 9-10 og Figur 9-11, jfr. Kapittel 9.6

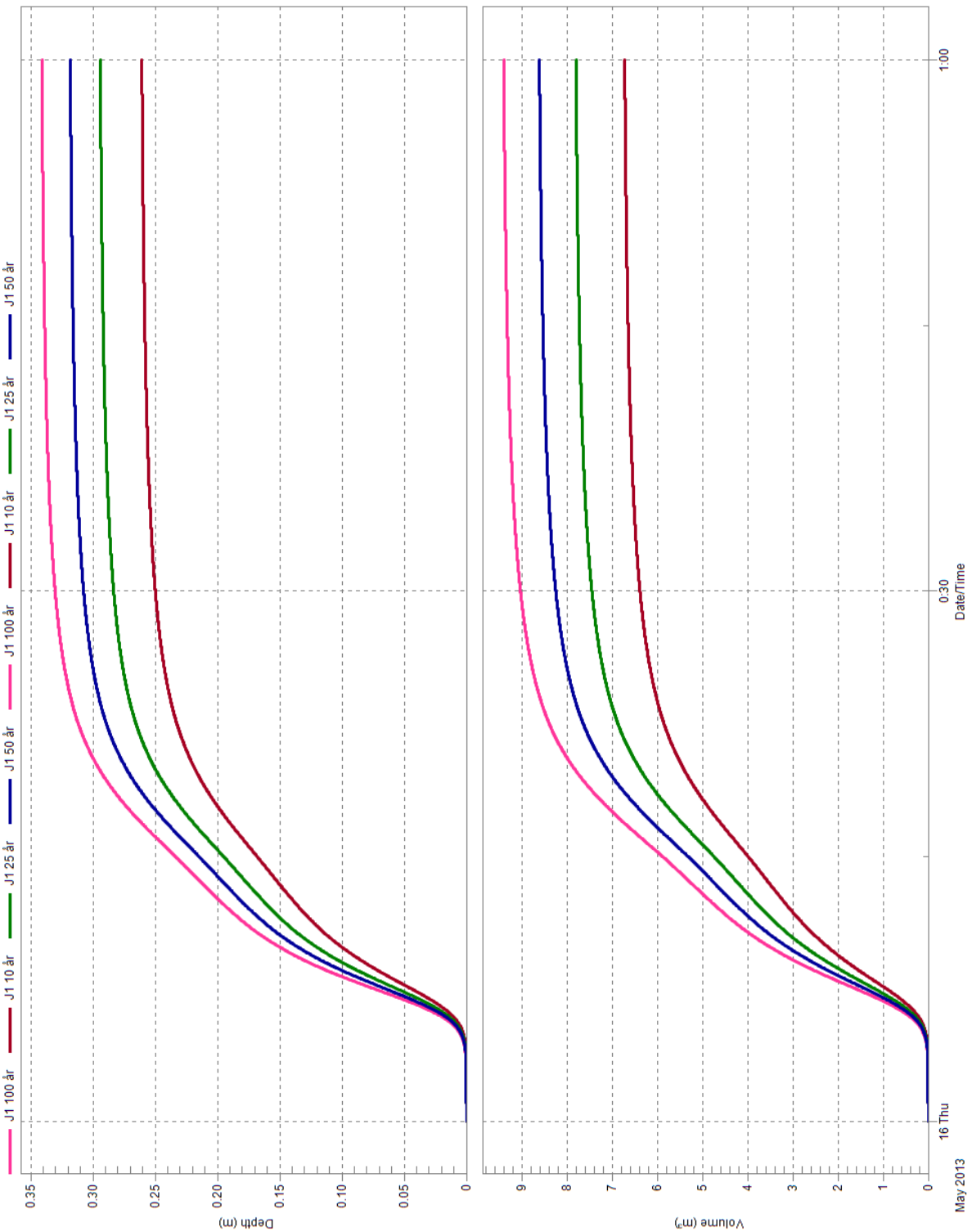
| <b>Kristoffersen-regn</b> |              |              |              |               |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| <i>Tid</i>                | <i>10 år</i> | <i>25 år</i> | <i>50 år</i> | <i>100 år</i> |
| 0:01                      | 36           | 41           | 46           | 50            |
| 0:02                      | 54           | 62           | 68           | 74            |
| 0:03                      | 107          | 124          | 137          | 149           |
| 0:04                      | 232          | 268          | 296          | 322           |
| 0:05                      | 357          | 413          | 455          | 496           |
| 0:06                      | 268          | 310          | 341          | 372           |
| 0:07                      | 179          | 207          | 228          | 248           |
| 0:08                      | 89           | 103          | 114          | 124           |
| 0:09                      | 71           | 83           | 91           | 99            |
| 0:10                      | 54           | 62           | 68           | 74            |
| 0:11                      | 71           | 83           | 91           | 99            |
| 0:12                      | 89           | 103          | 114          | 124           |
| 0:13                      | 96           | 112          | 123          | 134           |
| 0:14                      | 125          | 145          | 159          | 174           |
| 0:15                      | 96           | 112          | 123          | 134           |
| 0:16                      | 71           | 83           | 91           | 99            |
| 0:17                      | 54           | 62           | 68           | 74            |
| 0:18                      | 36           | 41           | 46           | 50            |
| 0:19                      | 18           | 21           | 23           | 25            |
| 0:20                      | 18           | 21           | 23           | 25            |

Vedleggstabell E-12: Kristoffersen-regn for Hamar

*Beregninger av en mindre swale-løsning (20 m<sup>2</sup> grøftebunn, og 45 m<sup>2</sup> overflate v/overløp)*

Akkumulert avrenning (m<sup>3</sup>) (nederste figur) og vanndybde i swale (m) (øverste figur) ved 20 minutters Kristoffersen-regn (10-100 års regn)

Beregninger av en mindre swale-løsning; 20 m<sup>2</sup> grøftebunn, og 45 m<sup>2</sup> overflate v/overløp



Vedleggfigur E-2: Beregnet vannføring i «liten swale»

# Vedlegg F

## **LEVETIDSKOSTNADSBEREGNINGER**

- *OG ANDRE NEDDISKONTERTE KOSTNADER OG NYTTEVERDIER*

Levetidskostnadene er beregnet ut fra estimerte investeringskostnader og forutsatte drift og vedlikeholdskostnader.

Investeringskostnadene er hentet fra Vedlegg D.

Nødvendig antall elementer til tradisjonell og alternativ håndtering er fremkommet etter beregninger av overvannsmengder i Vedlegg E.

Tall presentert i tabeller er beregnet med komplette tall i elektronisk vedlegg. Beregninger kan derfor avvike fra resultatene på grunn av reduserte desimaler.

Komplette beregninger finnes i elektronisk vedlegg

*VEDLEGG E-01 - Kostnadsdatabase og investeringskostnadsberegninger*

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>VEDLEGG F.1</b>  | <b>GRUNNLAG FOR LEVETIDSKOSTNADSBEREGNINGER</b>          |
| <b>VEDLEGG F.2</b>  | <b>LEVETIDSKOSTNAD, SWALE (MED TRE)</b>                  |
| <b>VEDLEGG F.3</b>  | <b>LEVETIDSKOSTNAD, SWALE (UTEN TRE)</b>                 |
| <b>VEDLEGG F.4</b>  | <b>LEVETIDSKOSTNAD, REGNBED</b>                          |
| <b>VEDLEGG F.5</b>  | <b>LEVETIDSKOSTNAD, INFILTRASJONGRØFT (MED TRE)</b>      |
| <b>VEDLEGG F.6</b>  | <b>LEVETIDSKOSTNAD, INFILTRASJONGRØFT (UTEN TRE)</b>     |
| <b>VEDLEGG F.7</b>  | <b>LEVETIDSKOSTNAD, TRADISJONELL OVERVANNSGRØFT</b>      |
| <b>VEDLEGG F.8</b>  | <b>LEVETIDSKOSTNAD, TRADISJONELL GRØNNRABATT OG TRÆR</b> |
| <b>VEDLEGG F.9</b>  | <b>LEVETIDSKOSTNAD, BELEGNINGSSTEINAREAL – FORTAU</b>    |
| <b>VEDLEGG F.10</b> | <b>NEDDISKONTERT NYTTEVERDI I ÅR 0, BOLIGVERDI</b>       |
| <b>VEDLEGG F.11</b> | <b>NEDDISKONTERTE ÅRLIGE NYTTE- OG KOSTNADSVÆRDIER</b>   |

| Levetidsanalyse           |       |
|---------------------------|-------|
| Diskonteringsrente, r (%) | 4,5 % |
| Analyseperiode, A (år)    | 25    |

Vedleggstabell F-1: Diskonteringsrente og analyseperiode

Levetidskostnad

$$\text{Levetidskostnad} = \text{Investeringskostnad} + \sum \text{drift - og vedlikeholdskostnader} - \text{evt. restverdi}$$

Diskontert kostnad eller nytte (nåverdi)

$$\text{Nåverdi}_t = \frac{\text{Kostnad}_t}{(1+r)^t} \text{ eller } \frac{\text{Nytte}_t}{(1+r)^t}$$

Sum diskontert kostnad/nytte over analyseperioden

$$\sum_{t=1}^{25} \frac{\text{Årlig kostnad}}{(1+0,045)^t} \text{ eller } \frac{\text{Årlig nytte}_t}{(1+0,045)^t}$$

Samlet drift og vedlikeholdskostnad påløper hvert år fra år 1 til år 25. Kostnadene neddiskonteres mot år 0.

Restverdi (R)

$$R = I_0 \times \frac{(L - A)/(L)}{(1+r)^A}$$

Restverdi beregnes av estimert investeringskostnad. Verdien kommer til fratrukk i den totale levetidskostnaden. Restverdien som er en nytteverdi er derfor benevnt negativt.

Levetid (L)

| Antatt levetid (L)         |        |
|----------------------------|--------|
| Swale                      | 50 år  |
| Infiltrasjonsgrøft         | 30 år  |
| Regnbed                    | 50 år  |
| Tradisjonelt ledningsnett  | 100 år |
| Tradisjonell grønnstruktur | 50 år  |
| Fortauareal                | 25 år  |

Vedleggstabell F-2: Levetid

Gjennomsnittlig merverdiavgift (mva)

Det antas en gjennomsnittlig merverdiavgift på 6 % av prosjektets investeringskostnader og drift- og vedlikeholdskostnader.



**VEDLEGG F.2**
**LEVETIDSKOSTNAD, SWALE (MED TRE)**

| INPUT-DATA                                |                   |        |
|---|-------------------|--------|
|   | Enh.              | Antall |
| Antall swales                             | stk.              | 2      |
| Total lengde på swale(s)                  | m                 | 96     |
| Gjennomsnittlig lengde pr. swale          | m                 | 48     |
| Vegetert areal per m (eks. endeavslut.)   | m <sup>2</sup> /m | 3,9    |
| Vegetert areal i endeavslutn. per swale   | m <sup>2</sup>    | 15,4   |
| Totalt vegetert areal (inkl. endeavslut.) | m <sup>2</sup>    | 377,5  |
| Total antall trær                         | stk.              | 20     |

Vedleggstabell F-3: Inputdata, Swale med tre

| Investeringskostnad                    |        |          |          |
|--|--------|----------|----------|
| Pris                                   | Lav    | Middel   | Høy      |
| <i>Midtparti (Kr/m)</i>                | 1333,8 | 2582,9   | 5419,6   |
| <i>Ende m/utløp (Kr/BMP)</i>           | 6797,6 | 13 607,8 | 29 895,8 |
| <i>Ende u/utløp (Kr/BMP)</i>           | 1535,1 | 3098,7   | 6957,2   |
| Årlig drift- og vedlikeholdskostnad    |        |          |          |
| <i>Kr/m<sup>2</sup> overflateareal</i> | 1,2    | 1,2      | 1,2      |
| <i>Kr/tre</i>                          | 93,0   | 259,3    | 752,7    |

Vedleggstabell F-4: Investeringskostnad og årlig D&amp;V-kostnad, Swale med tre

**Grunnlag for Tabell 10-1 og Tabell 10-2**

|   | Per swale |           |           | Total            |                  |                  |
|---|-----------|-----------|-----------|------------------|------------------|------------------|
|   | Lav       | Middel    | Høy       | Lav              | Middel           | Høy              |
| <b>Investeringskostnad</b>                      |           |           |           |                  |                  |                  |
| - <i>Midtparti</i>                              | 58 687,3  | 113 649,2 | 238 460,3 | 117 374,6        | 227 298,3        | 476 920,6        |
| - <i>Endeavslutninger</i>                       | 8332,7    | 16 706,4  | 36 853,0  | 16 665,4         | 33 412,9         | 73 706,0         |
| Sum investeringskostnad                         | 67 020,0  | 130 355,6 | 275 313,3 | 134 040,1        | 260 711,2        | 550 626,7        |
| Investeringskostnad eks. mva                    | 63 226,4  | 122 977,0 | 259 729,6 | <b>126 452,9</b> | <b>245 954,0</b> | <b>519 459,1</b> |
| <b>Årlig drift og vedlikeholdskostnad</b>       |           |           |           |                  |                  |                  |
| - <i>Vegetert areal</i>                         | 230,3     | 230,3     | 230,3     | 460,6            | 460,6            | 460,6            |
| - <i>Trær</i>                                   | 930,0     | 2593,0    | 7527,0    | 1860,0           | 5186,0           | 15 054,0         |
| Sum årlig D&V-kostnad                           | 1160,3    | 2823,3    | 7757,3    | 2320,6           | 5646,6           | 15 514,6         |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva                      | 1094,6    | 2663,5    | 7318,2    | 2189,2           | 5327,0           | 14 636,4         |
| Sum diskontert D&V-kostnad over analyseperioden |           |           |           | <b>32 462,2</b>  | <b>78 989,2</b>  | <b>217 031,5</b> |
| Restverdi                                       |           |           |           | <b>-21 037,4</b> | <b>-40 918,2</b> | <b>-86 420,0</b> |
| <b>Sum levetidskostnader</b>                    |           |           |           | <b>137 877,7</b> | <b>284 025,0</b> | <b>650 070,6</b> |

Vedleggstabell F-5: Levetidskostnad, Swale med tre

**Grunnlag for Figur 10-1**
*Lavt estimat*

$$\sum_{t=1}^{25} \frac{2189,2_t}{(1 + 0,045)^t} = 32 462,2$$

*Middel estimat*

$$\sum_{t=1}^{25} \frac{5327,0_t}{(1 + 0,045)^t} = 78 989,2$$

*Høyt estimat*

$$\sum_{t=1}^{25} \frac{14636,4_t}{(1 + 0,045)^t} = 217 031,5$$

**VEDLEGG F.3**
**LEVETIDSKOSTNAD, SWALE (UTEN TRE)**

| INPUT-DATA                                |                   |        |
|---|-------------------|--------|
|   | Enh.              | Antall |
| Antall swales                             | stk.              | 1      |
| Total lengde på swale(s)                  | m                 | 45     |
| Gjennomsnittlig lengde pr. swale          | m                 | 45     |
| Vegetert areal per m (eks. endeavslut.)   | m <sup>2</sup> /m | 3,9    |
| Vegetert areal i endeavslutn. per swale   | m <sup>2</sup>    | 15,4   |
| Totalt vegetert areal (inkl. endeavslut.) | m <sup>2</sup>    | 176,9  |

Vedleggstabell F-6: Inputdata, Swale uten tre

| Investeringskostnad                    |        |          |          |
|--|--------|----------|----------|
| Pris                                   | Lav    | Middel   | Høy      |
| <i>Midtparti (Kr/m)</i>                | 813,5  | 1506,7   | 3065,0   |
| <i>Ende m/utløp (Kr/BMP)</i>           | 5786,3 | 11 553,4 | 25 267,8 |
| <i>Ende u/utløp (Kr/BMP)</i>           | 932,8  | 1755,8   | 3664,6   |
| Årlig drift- og vedlikeholdskostnad    |        |          |          |
| <i>Kr/m<sup>2</sup> overflateareal</i> | 1,2    | 1,2      | 1,2      |

Vedleggstabell F-7: Investeringskostnad og årlig D&amp;V-kostnad, Swale uten tre

Grunnlag for Tabell 10-3 og Tabell 10-4

|   | Per swale |          |           | Total           |                  |                  |
|---|-----------|----------|-----------|-----------------|------------------|------------------|
|   | Lav       | Middel   | Høy       | Lav             | Middel           | Høy              |
| <b>Investeringskostnad</b>                      |           |          |           |                 |                  |                  |
| - <i>Midtparti</i>                              | 33 355,0  | 61 775,7 | 125 666,5 | 33 355,0        | 61 775,7         | 125 666,5        |
| - <i>Endeavslutninger</i>                       | 6719,1    | 13 309,2 | 28 932,4  | 6719,1          | 13 309,2         | 28 932,4         |
| Sum investeringskostnad                         | 40 074,1  | 75 084,9 | 154 598,9 | 40 074,1        | 75 084,9         | 154 598,9        |
| Investeringskostnad eks. mva                    | 37 805,7  | 70 834,8 | 145 848,0 | <b>37 805,7</b> | <b>70 834,8</b>  | <b>145 848,0</b> |
| <b>Årlig drift og vedlikeholdskostnad</b>       |           |          |           |                 |                  |                  |
| - <i>Vegetert areal</i>                         | 215,9     | 215,9    | 215,9     | 215,9           | 215,9            | 215,9            |
| Sum årlig D&V-kostnad                           | 215,9     | 215,9    | 215,9     | 215,9           | 215,9            | 215,9            |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva                      | 203,6     | 203,6    | 203,6     | 203,6           | 203,6            | 203,6            |
| Sum diskontert D&V-kostnad over analyseperioden |           |          |           | <b>3019,7</b>   | <b>3019,7</b>    | <b>3019,7</b>    |
| Restverdi                                       |           |          |           | <b>-6289,6</b>  | <b>-11 784,5</b> | <b>-24 264,1</b> |
| <b>Sum levetidskostnader</b>                    |           |          |           | <b>34 535,9</b> | <b>62 070,1</b>  | <b>124 603,7</b> |

Vedleggstabell F-8: Levetidskostnad, Swale uten tre

Grunnlag for Figur 10-2

Alle estimat:

$$\sum_{t=1}^{25} \frac{203,6}{(1 + 0,045)^t} = 3019,7$$

**VEDLEGG F.4**
**LEVETIDSKOSTNAD, REGNBED**

| INPUT-DATA                         |                   |        |
|------------------------------------|-------------------|--------|
|                                    | Enh.              | Antall |
| Antall regnbed                     | stk.              | 29     |
| Total lengde på regnbed            | m                 | 49,3   |
| Gjennomsnittlig lengde pr. regnbed | m                 | 1,7    |
| Vegetert areal per m regnbed       | m <sup>2</sup> /m | 2,3    |
| Totalt håndteringsreal             | m <sup>2</sup>    | 113,4  |

Vedleggstabell F-9: Inputdata, Regnbed

| Investeringskostnad                    |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|
| Pris                                   | Lav    | Middel | Høy    |
| <i>Midtparti (Kr/m)</i>                | 2450,9 | 4427,2 | 7931,8 |
| <i>Endeavslutning (Kr/BMP)</i>         | 2308,3 | 3260,9 | 5225,8 |
| Årlig drift- og vedlikeholdskostnad    |        |        |        |
| <i>Kr/m<sup>2</sup> overflateareal</i> | 7,3    | 15,8   | 23,1   |

Vedleggstabell F-10: Investeringskostnad og årlig D&amp;V-kostnad, Regnbed

*Grunnlag for Tabell 10-9 og Tabell 10-10*

|   | Per regnbed |          |          | Total            |                  |                  |
|---|-------------|----------|----------|------------------|------------------|------------------|
|   | Lav         | Middel   | Høy      | Lav              | Middel           | Høy              |
| <b>Investeringskostnad</b>                      |             |          |          |                  |                  |                  |
| - Regnbed                                       | 4166,6      | 7526,2   | 7931,8   | 120 830,4        | 218 258,6        | 230 022,8        |
| - Endeavslutning                                | 2308,3      | 3260,9   | 8883,8   | 66 941,7         | 94 566,5         | 257 630,8        |
| Sum investeringskostnad                         | 6474,9      | 10 787,1 | 16 815,6 | 187 772,1        | 312 825,1        | 487 653,6        |
| Investeringskostnad eks. mva                    | 6108,4      | 10 176,5 | 15 863,8 | <b>177 143,5</b> | <b>295 118,0</b> | <b>460 050,5</b> |
| <b>Årlig drift og vedlikeholdskostnad</b>       |             |          |          |                  |                  |                  |
| - Overflateareal                                | 28,6        | 61,9     | 90,4     | 828,9            | 1795,0           | 2622,7           |
| Sum årlig D&V-kostnad                           | 28,6        | 61,9     | 90,4     | 828,9            | 1795,0           | 2622,7           |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva                      | 27,0        | 58,4     | 85,3     | 782,0            | 1693,4           | 2474,3           |
| Sum diskontert D&V-kostnad over analyseperioden |             |          |          | <b>11 595,1</b>  | <b>25 109,5</b>  | <b>36 688,8</b>  |
| Restverdi                                       |             |          |          | <b>-29 470,5</b> | <b>-49 097,4</b> | <b>-76 536,4</b> |
| <b>Sum levetidskostnader</b>                    |             |          |          | <b>159 268,1</b> | <b>271 130,1</b> | <b>420 202,9</b> |

Vedleggstabell F-11: Levetidskostnad, Regnbed

*Grunnlag for Figur 10-5*
*Lavt estimat*

$$\sum_{t=1}^{25} \frac{782,0}{(1 + 0,045)^t} = 11\,595,1$$

*Middel estimat*

$$\sum_{t=1}^{25} \frac{1693,4}{(1 + 0,045)^t} = 25\,109,5$$

*Høyt estimat*

$$\sum_{t=1}^{25} \frac{2474,3}{(1 + 0,045)^t} = 36\,688,8$$

## VEDLEGG F.5 LEVETIDSKOSTNAD, INFILTRASJONGRØFT (MED TRE)

| INPUT-DATA                             |                   |        |
|--|-------------------|--------|
|  | Enh.              | Antall |
| Antall infiltrasjonsgrøft(er)          | stk.              | 4      |
| Total lengde på infiltrasjonsgrøft(er) | m                 | 30,5   |
| Gjen. lengde pr. infiltrasjonsgrøft    | m                 | 7,6    |
| Hulrom                                 | %                 | 30 %   |
| Infiltrasjonsmasse, tverrsnitt         | m <sup>2</sup>    | 1,16   |
| Fordrøyningsvolum per m grøft          | m <sup>3</sup> /m | 0,3    |
| Total antall trær.                     | stk.              | 8      |

Vedleggstabell F-12: Inputdata, Infiltrasjonsgrøft med tre

| Investeringskostnad                 |        |        |        |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| Pris                                | Lav    | Middel | Høy    |
| Midtparti (Kr/m)                    | 1723,6 | 2775,7 | 5164,2 |
| Endeavslutning (Kr)                 | 1073,3 | 1526,2 | 2452,4 |
| Årlig drift- og vedlikeholdskostnad |        |        |        |
| Kr/m <sup>3</sup> lagret volum      | 3,7    | 9,7    | 15,8   |
| Kr/tre                              | 93,0   | 259,3  | 752,7  |

Vedleggstabell F-13: Investeringskostnad og årlig D&V-kostnad, Infiltrasjonsgrøft med tre

### Grunnlag for Tabell 10-5 og Tabell 10-6

|   | Per gj.snitt infiltrasjonsgrøft |          |          | Total           |                  |                  |
|---|---------------------------------|----------|----------|-----------------|------------------|------------------|
|   | Lav                             | Middel   | Høy      | Lav             | Middel           | Høy              |
| <b>Investeringskostnad</b>                      |                                 |          |          |                 |                  |                  |
| - Midtparti                                     | 13 142,7                        | 21 165,0 | 39 376,6 | 52 570,7        | 84 660,2         | 157 506,6        |
| - Endeavslutninger                              | 1073,3                          | 1526,2   | 2452,4   | 4293,3          | 6104,9           | 9809,5           |
| Sum investeringskostnad                         | 14 216,0                        | 22 691,3 | 41 829,0 | 56 864,1        | 90 765,1         | 167 316,1        |
| Investeringskostnad eks. mva                    | 13 411,3                        | 21 406,9 | 39 461,3 | <b>53 645,4</b> | <b>85 627,4</b>  | <b>157 845,4</b> |
| <b>Årlig drift og vedlikeholdskostnad</b>       |                                 |          |          |                 |                  |                  |
| - Fordrøyningsvolum                             | 9,7                             | 25,8     | 42,0     | 38,8            | 103,4            | 168,0            |
| - Trær  | 186,0                           | 518,6    | 1505,4   | 744,0           | 2074,4           | 6021,6           |
| Sum årlig D&V-kostnad                           | 195,7                           | 544,4    | 1547,4   | 782,8           | 2177,8           | 6189,6           |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva                      | 184,6                           | 513,6    | 1459,8   | 738,5           | 2054,5           | 5839,3           |
| Sum diskontert D&V-kostnad over analyseperioden |                                 |          |          | <b>10 951,2</b> | <b>30 464,7</b>  | <b>86 585,8</b>  |
| Restverdi                                       |                                 |          |          | <b>-2974,9</b>  | <b>-4748,5</b>   | <b>-8753,3</b>   |
| <b>Sum levetidskostnader</b>                    |                                 |          |          | <b>61 621,6</b> | <b>111 343,7</b> | <b>235 677,9</b> |

Vedleggstabell F-14: Levetidskostnad, Infiltrasjonsgrøft med tre

### Grunnlag for Figur 10-3

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Lavt estimat} & \text{Middel estimat} & \text{Høyt estimat} \\
 \sum_{t=1}^{25} \frac{738,5}{(1 + 0,045)^t} = 10\,951,2 & \sum_{t=1}^{25} \frac{2054,5}{(1 + 0,045)^t} = 30\,464,7 & \sum_{t=1}^{25} \frac{5839,3}{(1 + 0,045)^t} = 86\,585,8
 \end{array}$$

**VEDLEGG F.6**
**LEVETIDSKOSTNAD, INFILTRASJONGRØFT (UTEN TRE)**

| INPUT-DATA                             |                   |        |
|--|-------------------|--------|
|  | Enh.              | Antall |
| Antall infiltrasjonsgrøft(er)          | stk.              | 6      |
| Total lengde på infiltrasjonsgrøft(er) | m                 | 3      |
| Gjen. lengde pr. infiltrasjonsgrøft    | m                 | 0,5    |
| Hulrom                                 | %                 | 40 %   |
| Infiltrasjonsmasse, tverrsnitt         | m <sup>2</sup>    | 1,16   |
| Fordrøyningsvolum per m grøft          | m <sup>3</sup> /m | 0,5    |

Vedleggstabell F-15: Inputdata, Infiltrasjonsgrøft uten tre

| Investeringskostnad                 |        |        |        |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| Pris                                | Lav    | Middel | Høy    |
| Midtparti (Kr/m)                    | 1399,2 | 2108,7 | 3628,1 |
| Endeavslutning (Kr)                 | 1073,3 | 1526,2 | 2452,4 |
| Årlig drift- og vedlikeholdskostnad |        |        |        |
| Kr/m <sup>3</sup> lagret volum      | 3,7    | 9,7    | 15,8   |

Vedleggstabell F-16: Investeringskostnad og årlig D&amp;V-kostnad, Infiltrasjonsgrøft uten tre

Grunnlag for Tabell 10-7 og Tabell 10-8

|   | Per gj.snitt infiltrasjonsgrøft |        |        | Total           |                 |                 |
|---|---------------------------------|--------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
|   | Lav                             | Middel | Høy    | Lav             | Middel          | Høy             |
| <b>Investeringskostnad</b>                      |                                 |        |        |                 |                 |                 |
| - Midtparti                                     | 699,6                           | 1054,4 | 1814,1 | 4197,6          | 6326,2          | 10 884,3        |
| - Endeavslutninger                              | 1073,3                          | 1526,2 | 2452,4 | 6440,0          | 9157,3          | 14 714,3        |
| Sum investeringskostnad                         | 1772,9                          | 2580,6 | 4266,4 | 10 637,6        | 15 483,6        | 25 598,6        |
| Investeringskostnad eks. mva                    | 1672,6                          | 2434,5 | 4024,9 | <b>10 035,5</b> | <b>14 607,1</b> | <b>24 149,6</b> |
| <b>Årlig drift og vedlikeholdskostnad</b>       |                                 |        |        |                 |                 |                 |
| - Fordrøyningsvolum                             | 0,8                             | 2,3    | 3,7    | 5,1             | 13,6            | 22,0            |
| Sum årlig D&V-kostnad                           | 0,8                             | 2,3    | 3,7    | 5,1             | 13,6            | 22,0            |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva                      | 0,8                             | 2,1    | 3,5    | 4,8             | 12,8            | 20,8            |
| Sum diskontert D&V-kostnad over analyseperioden |                                 |        |        | <b>71,3</b>     | <b>189,7</b>    | <b>308,2</b>    |
| Restverdi                                       |                                 |        |        | <b>-556,5</b>   | <b>-810,0</b>   | <b>-1339,2</b>  |
| <b>Sum levetidskostnader</b>                    |                                 |        |        | <b>9550,2</b>   | <b>13 986,8</b> | <b>23 118,6</b> |

Vedleggstabell F-17: Levetidskostnad, Infiltrasjonsgrøft uten tre

Grunnlag for Figur 10-4

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Lavt estimat} & \text{Middel estimat} & \text{Høyt estimat} \\
 \sum_{t=1}^{25} \frac{4,8}{(1 + 0,045)^t} = 71,3 & \sum_{t=1}^{25} \frac{12,8}{(1 + 0,045)^t} = 189,7 & \sum_{t=1}^{25} \frac{20,8}{(1 + 0,045)^t} = 308,2
 \end{array}$$

**VEDLEGG F.7****LEVETIDSKOSTNAD, TRADISJONELL  
OVERVANNSGRØFT**

Under beregnes levetidskostnadene knyttet til de ulike lengde rørsystem som er benyttet i alt. 0.1 og 0.2

| Investeringskostnad                 |        |        |        |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|
| Pris                                | Lav    | Middel | Høy    |
| OV - d: 150 mm                      | 452,3  | 918,4  | 1720,0 |
| OV - d: 200 mm                      | 526,0  | 1025,9 | 1920,1 |
| OV - d: 300 mm                      | 733,6  | 1376,1 | 2465,7 |
| OV - d: 600 mm                      | 1707,6 | 2903,6 | 5402,2 |
| Årlig drift- og vedlikeholdskostnad |        |        |        |
| Kr/m                                | 112,3  | 112,3  | 112,3  |

Vedleggstabell F-18: Investeringskostnad og årlig D&V-kostnad, Tradisjonelt ledningsnett

Det benyttes den samme estimerte drift- og vedlikeholdskostnaden per meter ledningsgrøft uavhengig av dimensjon og estimat. For kumelementene er det ikke beregnet drift og vedlikeholdskostnad. Det antas at denne kostnaden er inkludert i den estimerte drift og vedlikeholdskostnaden til ledningsnettet. Levetid: 100 år

**Overvannskum**

Grunnlag for Tabell 10-19

| Antall:7                     | Per stk. |          |          | Total           |                 |                  |
|------------------------------|----------|----------|----------|-----------------|-----------------|------------------|
|                              | Lav      | Middel   | Høy      | Lav             | Middel          | Høy              |
| Investeringskostnad          |          |          |          |                 |                 |                  |
| Overvannskum                 | 7157,0   | 12 634,5 | 24 098,0 | 50 099,0        | 88 441,5        | 168 686,0        |
| Investeringskostnad eks. mva | 6751,9   | 11 919,3 | 22 734,0 | <b>47 263,2</b> | <b>83 435,4</b> | <b>159 137,7</b> |
| Restverdi                    |          |          |          | -11 794,4       | -20 821,1       | -39 712,5        |
| <b>Sum levetidskostnader</b> |          |          |          | <b>35 468,8</b> | <b>62 614,3</b> | <b>119 425,2</b> |

Vedleggstabell F-19: Levetidskostnad, Overvannskum

**Sandfangkum**

Grunnlag for Tabell 10-19

| Antall:16                    | Per stk. |          |          | Total            |                  |                  |
|------------------------------|----------|----------|----------|------------------|------------------|------------------|
|                              | Lav      | Middel   | Høy      | Lav              | Middel           | Høy              |
| Investeringskostnad          |          |          |          |                  |                  |                  |
| Sandfangkum                  | 6885,0   | 12 117,7 | 24 443,0 | 110 160,0        | 193 883,2        | 391 088,0        |
| Investeringskostnad eks. mva | 6495,3   | 11 431,8 | 23 059,4 | <b>103 924,5</b> | <b>182 908,7</b> | <b>368 950,9</b> |
| Restverdi                    |          |          |          | -25 934,2        | -45 644,5        | -92 071,0        |
| <b>Sum levetidskostnader</b> |          |          |          | <b>77 990,4</b>  | <b>137 264,2</b> | <b>276 880,0</b> |

Vedleggstabell F-20: Levetidskostnad, Sandfangkum

## Hjelpesluk

Grunnlag for Tabell 10-19

| Antall: 12                   | Per stk. |        |        | Total           |                 |                  |
|------------------------------|----------|--------|--------|-----------------|-----------------|------------------|
|                              | Lav      | Middel | Høy    | Lav             | Middel          | Høy              |
| Investeringskostnad          |          |        |        |                 |                 |                  |
| Hjelpesluk                   | 3557,0   | 6272,8 | 9236,0 | 42 684,0        | 75 273,9        | 110 832,0        |
| Investeringskostnad eks. mva | 3355,7   | 5917,8 | 8713,2 | <b>40 267,9</b> | <b>71 013,1</b> | <b>104 558,5</b> |
| Restverdi                    |          |        |        | -10 048,8       | -17 721,2       | -26 092,4        |
| <b>Sum levetidskostnader</b> |          |        |        | <b>30 219,1</b> | <b>53 291,9</b> | <b>78 466,1</b>  |

Vedleggstabell F-21: Levetidskostnad, Hjelpesluk

## OV - diameter 150 mm

Grunnlag for Tabell 10-14 og Tabell 10-17

| Lengde: 93,8 m                                  | Per meter ledningsgrøft |        |        | Total            |                  |                  |
|---|-------------------------|--------|--------|------------------|------------------|------------------|
|   | Lav                     | Middel | Høy    | Lav              | Middel           | Høy              |
| Investeringskostnad                             |                         |        |        |                  |                  |                  |
| Ledningsnett                                    | 452,3                   | 918,4  | 1720,0 | 42 422,0         | 86 145,6         | 161 335,1        |
| Investeringskostnad eks. mva                    | 426,7                   | 866,4  | 1622,6 | <b>40 020,7</b>  | <b>81 269,4</b>  | <b>152 202,9</b> |
| Årlig drift og vedlikeholdskostnad              |                         |        |        |                  |                  |                  |
| Ledningsnett                                    | 112,3                   | 112,3  | 112,3  | 10 532,8         | 10 532,8         | 10 532,8         |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva                      | 105,9                   | 105,9  | 105,9  | 9936,6           | 9936,6           | 9936,6           |
| Sum diskontert D&V-kostnad over analyseperioden |                         |        |        | <b>147 342,1</b> | <b>147 342,1</b> | <b>147 342,1</b> |
| Restverdi                                       |                         |        |        | <b>-9987,1</b>   | <b>-20 280,6</b> | <b>-37 981,9</b> |
| <b>Sum levetidskostnader</b>                    |                         |        |        | <b>177 375,7</b> | <b>208 330,9</b> | <b>261 563,0</b> |

Vedleggstabell F-22: Levetidskostnad, OV 150 mm

## OV - diameter 200 mm

Grunnlag for Tabell 10-14

| Lengde: 43,9 m                                  | Per meter ledningsgrøft |        |        | Total           |                  |                  |
|---|-------------------------|--------|--------|-----------------|------------------|------------------|
|   | Lav                     | Middel | Høy    | Lav             | Middel           | Høy              |
| Investeringskostnad                             |                         |        |        |                 |                  |                  |
| Ledningsnett                                    | 526,0                   | 1025,9 | 1920,1 | 23 090,5        | 45 038,9         | 84 290,2         |
| Investeringskostnad eks. mva                    | 496,2                   | 967,9  | 1811,4 | <b>21 783,5</b> | <b>42 489,6</b>  | <b>79 519,1</b>  |
| Årlig drift og vedlikeholdskostnad              |                         |        |        |                 |                  |                  |
| Ledningsnett                                    | 112,3                   | 112,3  | 112,3  | 4929,5          | 4929,5           | 4929,5           |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva                      | 105,9                   | 105,9  | 105,9  | 4650,5          | 4650,5           | 4650,5           |
| Sum diskontert D&V-kostnad over analyseperioden |                         |        |        | <b>68 958,6</b> | <b>68 958,6</b>  | <b>68 958,6</b>  |
| Restverdi                                       |                         |        |        | <b>-5436,0</b>  | <b>-10 603,2</b> | <b>-19 843,8</b> |
| <b>Sum levetidskostnader</b>                    |                         |        |        | <b>85 306,1</b> | <b>100 845,0</b> | <b>128 633,8</b> |

Vedleggstabell F-23: Levetidskostnad, OV 200 mm

**OV - diameter 300 mm**

Grunnlag for Tabell 10-14

| Lengde: 387,4 m                                 | Per meter ledningsgrøft |        |        | Total            |                   |                    |
|---|-------------------------|--------|--------|------------------|-------------------|--------------------|
|   | Lav                     | Middel | Høy    | Lav              | Middel            | Høy                |
| Investeringskostnad                             |                         |        |        |                  |                   |                    |
| Ledningsnett                                    | 733,6                   | 1376,1 | 2465,7 | 284 181,1        | 533 119,3         | 955 216,1          |
| Investeringskostnad eks. mva                    | 692,0                   | 1298,3 | 2326,1 | <b>268 095,4</b> | <b>502 942,8</b>  | <b>901 147,2</b>   |
| Årlig drift og vedlikeholdskostnad              |                         |        |        |                  |                   |                    |
| Ledningsnett                                    | 112,3                   | 112,3  | 112,3  | 43 501,1         | 43 501,1          | 43 501,1           |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva                      | 105,9                   | 105,9  | 105,9  | 41 038,8         | 41 038,8          | 41 038,8           |
| Sum diskontert D&V-kostnad over analyseperioden |                         |        |        | <b>608 532,2</b> | <b>608 532,2</b>  | <b>608 532,2</b>   |
| Restverdi                                       |                         |        |        | <b>-66 902,7</b> | <b>-125 508,3</b> | <b>-224 879,4</b>  |
| <b>Sum levetidskostnader</b>                    |                         |        |        | <b>809 724,9</b> | <b>985 966,6</b>  | <b>1 284 799,9</b> |

Vedleggstabell F-24: Levetidskostnad, OV 300 mm

**OV - diameter 600 mm**

Grunnlag for Tabell 10-17

| Lengde: 431,3 m                                 | Per meter ledningsgrøft |        |        | Total              |                    |                    |
|---|-------------------------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|
|   | Lav                     | Middel | Høy    | Lav                | Middel             | Høy                |
| Investeringskostnad                             |                         |        |        |                    |                    |                    |
| Ledningsnett                                    | 1707,6                  | 2903,6 | 5402,2 | 736 487,9          | 1 252 315,3        | 2 329 951,6        |
| Investeringskostnad eks. mva                    | 1610,9                  | 2739,2 | 5096,4 | <b>694 799,9</b>   | <b>1 181 429,5</b> | <b>2 198 067,6</b> |
| Årlig drift og vedlikeholdskostnad              |                         |        |        |                    |                    |                    |
| Ledningsnett                                    | 112,3                   | 112,3  | 112,3  | 48 430,7           | 48 430,7           | 48 430,7           |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva                      | 105,9                   | 105,9  | 105,9  | 45 689,3           | 45 689,3           | 45 689,3           |
| Sum diskontert D&V-kostnad over analyseperioden |                         |        |        | 677 490,8          | 677 490,8          | 677 490,8          |
| Restverdi                                       |                         |        |        | -173 385,9         | -294 823,3         | -548 523,2         |
| <b>Sum levetidskostnader</b>                    |                         |        |        | <b>1 198 904,8</b> | <b>1 564 096,9</b> | <b>2 327 035,1</b> |

Vedleggstabell F-25: Levetidskostnad, OV 600 mm



## VEDLEGG F.8

## LEVETIDSKOSTNAD, TRADISJONELL GRØNNRABATT OG TRÆR

Planlagt grønnstruktur innebærer kostnader knyttet til utforming av arealer som i alternativ 1 blir benyttet til BMP-areal. Vegetert areal tilsvarer den summerte lengden av planlagte swales.

Som en forenkling blir planlagte bed/grøntarealer hvor regnbed anlegges omregnet til "lengde grønnrabatt" etter overflateareal, og kostnader beregnet deretter.

| Investeringskostnad     |        |        |          |
|-------------------------|--------|--------|----------|
| Pris                    | Lav    | Middel | Høy      |
| Grønnrabatt (kr/m)      | 1093,6 | 1945,7 | 3397,6   |
| Tre i grønnrabatt       | 1430,2 | 3235,5 | 7942,2   |
| Tre utenfor grønnrabatt | 2396,5 | 4929,1 | 11 082,6 |

Vedleggstabell F-26: Investeringskostnad, tradisjonell grønnrabatt og tre

| INPUT-DATA                           |                   |       |  |
|--------------------------------------|-------------------|-------|--|
| Antall grønnrabatt(er)               | stk.              | 3,0   | <i>Elementer i beregning av årlig D&amp;V-kostnad</i><br>Gjennomsnittstemperatur (Ts) - 2012<br>Hamar II (12290) (hentet fra e-klima.no)<br>Mai 10,7<br>Juni 13,3<br>Juli 15,5<br>August 14,8<br>Gjennomsnitt 13,6<br>$T_s - \text{Gjennomsnitt} \geq 7,5 = T_s = 12,5$<br>Utbyggingsgrad 3 = $F_u = 1$<br>ÅDT ** (kjt./døgn) 15 000 |
| Total lengde på rabatt(er)           | m                 | 141,0 |  |
| Gj.snitt lengde pr. grønnrabatt      | m                 | 47,0  |  |
| Vegetert areal per m rabatt          | m <sup>2</sup> /m | 4,0   |  |
| Vegetert areal i rabatt              | m <sup>2</sup>    | 564,0 |  |
| Tot. antall trær i rabatten(e)       | stk.              | 22,0  |  |
| Tot. antall trær utenfor rabatt (er) | stk.              | 8,0   |  |
| Annet vegetert areal*                | m <sup>2</sup>    | 20,1  |  |
| Tilsvarende lengde grønnrabatt       | m                 | 5,0   |  |
| Sum vegetert areal                   | m <sup>2</sup>    | 584,1 |  |
| Tilsvarende tot. lengde rabatt       | m                 | 146,0 |  |

Vedleggstabell F-27: Inputdata, tradisjonell grønnrabatt og tre

\* annet vegetert areal tilsvarer arealene til regnbed 1 og 11 som er anlagt i planlagte bed. Arealet omgjøres til tilsvarende lengde med 4 m bred grønnrabatt.

\*\* [<http://www.hamar.kommune.no/getfile.php/Filer/Hamar/090326%20Planbeskrivelse%20redigert%20statens%20vegvesen.pdf>.]

Drift og vedlikeholdskostnad er beregnet etter følgende formel. Se for øvrig kapittel 8.2.3

$$K = 0,006 \times L \times F_u \times (2 \times T_s - 15) \times (0,054 \times \text{ÅDT} - 67)$$

$$\text{Årlig D\&V - kostnad} = 0,006 \times 1 \times (2 \times 12,5 - 15) \times (0,054 \times 15000 - 67) = 44,58 \text{ kr/m}$$

Samlet grøntareal tilsvarer sum av vegetert areal i rabatt (Rabatt) og areal hvor regnbed 1 og 11 anlegges.

Årlig D&V-kostnad for samlet grøntareal = 146,0 m rabatt \* 44,6 kr/m = 6509,5 kr årlig.

Grunnlag for Tabell 10-11 og Tabell 10-12

|   | Per grønnsrabatt / per tre |          |           | Total            |                  |                    |
|---|----------------------------|----------|-----------|------------------|------------------|--------------------|
|   | Lav                        | Middel   | Høy       | Lav              | Middel           | Høy                |
| <b>Investeringskostnad</b>                      |                            |          |           |                  |                  |                    |
| - Rabatt  | 51 399,2                   | 91 447,8 | 159 685,8 | 154 197,6        | 274 343,4        | 479 057,4          |
| - Samlet grøntareal                             |                            |          |           | 159 684,7        | 284 105,9        | 496 104,7          |
| - Trær i grønnsrabatt                           | 1430,2                     | 3235,5   | 7942,2    | 31 464,4         | 71 181,0         | 174 728,4          |
| - Trær utenfor grønnsrabatt                     | 2396,5                     | 4929,1   | 11 082,6  | 19 172,0         | 39 432,8         | 88 660,8           |
| Sum investeringskostnad                         | 55 225,9                   | 99 612,4 | 178 710,6 | 210 321,1        | 394 719,7        | 759 493,9          |
| Investeringskostnad eks. mva                    | 52 099,9                   | 93 974,0 | 168 594,9 | <b>198 416,2</b> | <b>372 377,1</b> | <b>716 503,7</b>   |
| <b>Årlig drift og vedlikeholdskostnad</b>       |                            |          |           |                  |                  |                    |
| - Rabatt  | 2095,3                     | 2095,3   | 2095,3    | 6285,8           | 6285,8           | 6285,8             |
| - Samlet grøntareal                             |                            |          |           | 6509,5           | 6509,5           | 6509,5             |
| - Trær  | 93,0                       | 259,3    | 752,7     | 2790,0           | 7779,0           | 22 581,0           |
| Sum årlig D&V-kostnad                           | 2188,3                     | 2354,6   | 2848,0    | 9299,5           | 14 288,5         | 29 090,5           |
| Årlig D&V-kostnad eks. mva                      | 2064,4                     | 2221,3   | 2686,8    | 8773,1           | 13 479,7         | 27 443,8           |
| Sum diskontert D&V-kostnad over analyseperioden |                            |          |           | <b>130 089,0</b> | <b>199 879,5</b> | <b>406 942,9</b>   |
| Restverdi                                       |                            |          |           | <b>-33 009,6</b> | <b>-61 950,6</b> | <b>-119 201,3</b>  |
| <b>Sum levetidskostnader</b>                    |                            |          |           | <b>295 495,6</b> | <b>510 306,0</b> | <b>1 004 245,2</b> |

Vedleggstabell F-28: Levetidskostnad, tradisjonell grønnsrabatt og tre

Grunnlag for Figur 10-6

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Lavt estimat} & \text{Middel estimat} & \text{Høyt estimat} \\
 \sum_{t=1}^{25} \frac{8773,1}{(1 + 0,045)^t} = 130\,089,0 & \sum_{t=1}^{25} \frac{13\,479,7}{(1 + 0,045)^t} = 199\,879,5 & \sum_{t=1}^{25} \frac{27\,443,8}{(1 + 0,045)^t} = 406\,942,9
 \end{array}$$

**VEDLEGG F.9****LEVETIDSKOSTNAD, BELEGNINGSSTEINAREAL –  
FORTAU**

Konstruksjonskostnad knyttet til fortauets overbygning beregnes for de steder hvor BMP-løsninger anlegges i fortau, og regnes som en besparelse ved Grønngate-implementeringen (alt. 1).

Arealet tilsvarer nødvendig håndteringsareal for samtlige infiltrasjonsgrøfter, og regnbed foruten nr. 1 og 11 som antas anlagt i grønnstruktur. Jfr. Tabell 9-5.

Det antas en levetid på 25 år ettersom dekket ikke vil bli utsatt for noe særlig trafikkbelastning enn av myke trafikanter. En levetid tilsvarende analyseperioden resulterer i bortfall av restverdi.

Implementering av BMP-løsninger i fortau antas ikke å redusere drift og vedlikeholdskostnadene på selve dekket. Det som kommer til bortfall av at det blir mindre fortausareal å vedlikeholde antas «spist opp» av økt tidsforbruk ved rengjøring og drift rundt elementene i fortauet.

| INPUT-DATA   |                     |        |
|--|---------------------|--------|
|  | Enh.                | Antall |
| Antall BMP-løsninger                                   | stk.                | 37     |
| Total m <sup>2</sup> håndteringsareal anlagt på fortau | m <sup>2</sup>      | 95,5   |
| Gjennomsnittlig håndteringsareal pr. BMP               | m <sup>2</sup> /stk | 2,6    |

Vedleggstabell F-29: Inputdata, fortau

*Grunnlag for Tabell 10-13*

|                              | Gjennomsnitt per BMP |        |        | Total           |                  |                  |
|------------------------------|----------------------|--------|--------|-----------------|------------------|------------------|
|                              | Lav                  | Middel | Høy    | Lav             | Middel           | Høy              |
| Investeringskostnad          |                      |        |        |                 |                  |                  |
| <i>Fortau</i>                | 2645,4               | 4573,7 | 7203,2 | 97 879,7        | 169 227,1        | 266 519,8        |
| Investeringskostnad eks. mva | 2495,7               | 4314,8 | 6795,5 | <b>92 339,3</b> | <b>159 648,2</b> | <b>251 433,8</b> |
| Restverdi                    |                      |        |        | <b>0</b>        | <b>0</b>         | <b>0</b>         |

Vedleggstabell F-30: Investeringskostnad, fortau

**VEDLEGG F.10****NEDDISKONTERT NYTTEVERDI I ÅR 0, BOLIGVERDI**

Økning i samfunnsøkonomisk nytte, gjennom økning i boligpriser, som resultat av grønnstruktur utenfor boligene. Nytteverdien inngår som en engangsverdi i år 0. Vi antar da at boligprisene vil øke som følge av planene for en "forgrønning"

For å kompensere for evt. grønnstruktur i basissituasjon, antas det at det må en økning på minst 35 % grøntareal i forhold til eksisterende situasjon før man får en samfunnsøkonomisk nytteverdi i form av boligprisøkning.

Dersom kravet ikke oppfylles antas det at man da også vil ha samme boligprisøkning i alternativ 0.

| INPUT-DATA                             |                   |         |
|--|-------------------|---------|
| Område                                 | Hedmark           |         |
|  | Enh.              | Antall  |
| Nærliggende boligareal                 | m <sup>2</sup>    | 4035    |
| Eiendomspris                           | kr/m <sup>2</sup> | 19660,2 |
| Antatt prisøkning                      | kr/m <sup>2</sup> | 786,4   |
| Trær i Alternativ 0                    | stk.              | 30      |
| Trær i Alternativ 1                    | stk.              | 28      |
| % Økning av trær                       | %                 | -7 %    |
| Vegetert areal i Alternativ 0          | m <sup>2</sup>    | 584,1   |
| Vegetert areal i Alternativ 1          | m <sup>2</sup>    | 652,7   |
| % økte vegeterte arealer               | %                 | 12 %    |
| Gjennomsnittlig økning av grøntområder | %                 | 3 %     |

Vedleggstabell F-31: Inputdata, boligverdi

| Total samfunnsøkonomisk nytte |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Alternativ 0                  | kr 3 173 150,71 |
| Alternativ 1                  | kr 3 173 150,71 |
| <b>Nyttedifferanse</b>        | <b>kr -</b>     |

Vedleggstabell F-32: Neddiskontert nytte, boligverdi

## VEDLEGG F.11 NEDDISKONTERTE ÅRLIGE NYTTE- OG KOSTNADSVERDIER

Under beregnes nytte og kostnadselementer som påløper årlig gjennom hele analyseperioden. Nytte- og kostnadsverdiene påløper fra år 1-25, neddiskonteres til nåverdi for sammenligningsåret (år 0).

Merk at årlig kostnad og nytte knyttet til Tid, Forsikringsutbetalinger, og Rehabiliteringskostnader er fremkommet vha. sannsynlighet for overbelastning ( $p$ )

### Helsekostnader

Reduserte helsekostnader er et resultat av at mer grønnstruktur i gaten øker beboernes aktivitetsnivå. Økningen vil dermed avhenge av grønnstruktur i basissituasjon. For å kompensere for evt. grønnstruktur i basissituasjon, antas det at det må en økning på minst 35 % grøntareal i forhold til eksisterende situasjon før man får en samfunnsøkonomisk nytteverdi i form av reduserte helsekostnader.

| INPUT-DATA                         |        |        |                                  |                |        |
|------------------------------------|--------|--------|----------------------------------|----------------|--------|
| <i>Velferdseffekt</i>              | Enh.   | Antall | <i>Område</i>                    | Enh.           | Antall |
| Velferdseffekt for gående          | kr/km  | 3,1    | Antall nærliggende boliger       | stk.           | 51     |
| Velferdseffekt for syklende        | kr/km  | 3,1    | Gj.snitt. bosatt per bolig       | pers/stk.      | 2,2    |
| <i>Reiser i Norge - RVU (2009)</i> | Enh.   | Antall | Trær i Alternativ 0              | stk.           | 30     |
| Reiser til fots                    | stk.   | 0,74   | Trær i Alternativ 1              | stk.           | 28     |
| Reiser på sykkel                   | stk.   | 0,14   | % Økning av trær                 | %              | -7 %   |
| Gj.snitt. reiselengde, gåturer     | km/stk | 1,7    | Vegetert areal i Alternativ 0    | m <sup>2</sup> | 584,1  |
| Gj.snitt. reiselengde, sykkelturer | km/stk | 4      | Vegetert areal i Alternativ 1    | m <sup>2</sup> | 652,7  |
| <i>Green Street implementering</i> | Enh.   | Antall | % økte vegeterte arealer         | %              | 12 %   |
| Antatt økning i gåturer            | %      | 21 %   | Gj.snitt. økning av grøntområder | %              | 3 %    |
| Antatt økning i sykkelturer        | %      | 21 %   |                                  |                |        |

Vedleggstabell F-33: Inputdata, helsekostnad

### Grunnlag for Figur 10-11

| Årlig samfunnsøkonomisk nytte |           |
|-------------------------------|-----------|
| 437,56                        | kr/Person |
| 962,63                        | kr/Bolig  |
| Alternativ 0                  |           |
| 49 094,01                     | kr/år     |
| Alternativ 1                  |           |
| 49 094,01                     | kr/år     |

Vedleggstabell F-34: Årlig nytteverdi, helsekostnad

Alternativ 1 øker bare planlagt grønnstruktur i gaten med gjennomsnittlig 3 %. Vi antar derfor at nytteverdi i form av reduserte helsekostnader også vil påløpe i basisalternativene. Ettersom vi kun beregner med differansekostnader, vil denne være 0.

| $\sum_{t=1}^{25} \frac{49094,01}{(1 + 0,045)^t} = 727\,976,3$ | Sum diskontert nytte over analyseperioden |               |
|---|---|---------------|
|   | Alternativ 0                              | kr 727 976,30 |
|   | Alternativ 1                              | kr 727 976,30 |
|   | <b>Nyttedifferanse</b>                    | <b>kr -</b>   |

Vedleggstabell F-35: Neddiskontert nytte, helsekostnad

## Luftforurensning

Etablering av grøntareal i byområder vil medføre en samfunnsøkonomisk nytteverdi i form av reduserte utslipp av luftforurensende stoffer. Kostnad, eller nytteverdi, avhenger av differansen i trær og vegetasjon mellom de to alternativene. Som vi ser vil nytten avhenge av plantede trær og vegetert areal. Ettersom 30 trær erstattes av 28 ved implementering av Grønngate- løsningen vil dette medføre en kostnad (negativ nytte). Dette kompenseres delvis av mer vegetert areal.

| INPUT-DATA                         |                       |         |                       |         |                        |        |
|------------------------------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|------------------------|--------|
|                                    | PM <sub>10</sub>      |         | NO <sub>x</sub>       |         | CO <sub>2</sub> (2015) |        |
| Område:                            | Andre større byer     |         |                       |         |                        |        |
| <i>Skadekostnad, kr/kg utslipp</i> | Enh.                  | Antall  | Enh.                  | Antall  | Enh.                   | Antall |
|                                    | kr/kg                 | 1673,1  | kr/kg                 | 102,0   | kr/kg                  | 0,22   |
| <i>Tatt opp luftforurensning</i>   | Enh.                  | Antall  | Enh.                  | Antall  | Enh.                   | Antall |
| - Tre                              | kg/tre.år             | 0,059   | kg/tre.år             | 0,082   | kg/tre.år              | 65,30  |
| - Vegetert areal                   | kg/m <sup>2</sup> .år | 0,00132 | kg/m <sup>2</sup> .år | 0,00264 | kg/m <sup>2</sup> .år  | 0,59   |
| <i>Årlig nytte</i>                 | Enh.                  | Antall  | Enh.                  | Antall  | Enh.                   | Antall |
| - Tre                              | kr/stk.år             | 98,71   | kr/stk.år             | 8,37    | kr/stk.år              | 14,33  |
| - Vegetert areal                   | kr/m <sup>2</sup> .år | 2,21    | kr/m <sup>2</sup> .år | 0,27    | kr/m <sup>2</sup> .år  | 0,13   |

Vedleggstabell F-36: Inputdata, luftforurensning

| Område           |                |        |                |        |                |        |
|------------------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|
|                  | Alt. 0         |        | Alt. 1         |        | Differanse     |        |
| <i>Antall</i>    | Enh.           | Antall | Enh.           | Antall | Enh.           | Antall |
| - Tre            | stk.           | 30     | stk.           | 28     | stk.           | -2     |
| - Vegetert areal | m <sup>2</sup> | 584,07 | m <sup>2</sup> | 652,74 | m <sup>2</sup> | 68,67  |

Vedleggstabell F-37: Stedlige faktorer, luftforurensning

### Grunnlag for Figur 10-12

| Årlig samfunnsøkonomisk nytte   |       |
|---------------------------------|-------|
| <b>Alternativ 0</b>             |       |
| 5165,27                         | kr/år |
| <b>Alternativ 1</b>             |       |
| 5101,49                         | kr/år |
| <b>Nytteverdi ved Grønngate</b> |       |
| -63,78                          | kr/år |

Vedleggstabell F-38: Årlig nytteverdi, luftforurensning

| $\sum_{t=1}^{25} \frac{5165,27}{(1 + 0,045)^t} = 76\,591,77$ $\sum_{t=1}^{25} \frac{5101,49}{(1 + 0,045)^t} = 75\,646,02$ | Sum diskontert nytte over analyseperioden |                   |
|---|---|-------------------|
|   | Alternativ 0                              | kr 76 591,77      |
|   | Alternativ 1                              | kr 75 646,02      |
|   | <b>Nyttedifferanse</b>                    | <b>kr -945,75</b> |

Vedleggstabell F-39: Neddiskontert nytte, luftforurensning

## Energikostnader

Bruk av alternativ overvannshåndtering og beplantning i by og gateområder kan føre til reduserte energikostnader i form av redusert energibruk i pumpe og rensestasjoner, og i form av redusert oppvarmingsbehov i boliger. Nytteverdien knyttet til redusert oppvarmingsbehov avhenger av plantede trær. Ettersom 30 trær erstattes av 28 ved implementering av Grønngate-løsningen vil dette medføre en kostnad (negativ nytte) for alternativ 1.

| INPUT-DATA                               |                    |         |  |                |        |
|--|--------------------|---------|--|----------------|--------|
| <i>Strømpris</i>                         | Enh.               | Antall  | <i>Grønngate-implementering</i>            | Enh.           | Antall |
| Innkjøpspris inkl. nettleie og el-avgift | kr/kWh             | 0,75    | Redusert mengde overvann til fellesledning | m <sup>3</sup> | 0      |
| <i>Skadekostnad, kr/g utslipp</i>        | Enh.               | Antall  | <i>Antall trær</i>                         | Enh.           | Antall |
| CO <sub>2</sub>                          | kr/g               | 0,00022 | Alternativ 0                               | stk            | 30     |
| <i>Estimert utslipp per kWh</i>          | Enh.               | Antall  | Alternativ 1                               | stk            | 28     |
| CO <sub>2</sub>                          | g/kWh              | 186     | Differanse                                 | stk            | -2     |
| <i>Strømforbruk</i>                      | Enh.               | Antall  |  |                |        |
| Per mengde avløpsvann                    | kWh/m <sup>3</sup> | 0,37    |  |                |        |
| <i>Spart energi per tre</i>              | Enh.               | Antall  |  |                |        |

Vedleggstabell F-40: Inputdata, energikostnad

### Grunnlag for Figur 10-13

| Årlig samfunnsøkonomisk nytte |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 0,29                          | kr/m <sup>3</sup> red. overvann |
| 33,37                         | kr/tre                          |
| Alternativ 0                  |                                 |
| 1001,19                       | kr/år                           |
| Alternativ 1                  |                                 |
| 934,45                        | kr/år                           |
| Nytteverdi ved Grønngate      |                                 |
| -66,75                        | kr/år                           |

Vedleggstabell F-41: Årlig nytteverdi, energikostnad

| $\sum_{t=1}^{25} \frac{1001,19}{(1 + 0,045)^t} = 14\ 845,88$ $\sum_{t=1}^{25} \frac{934,45}{(1 + 0,045)^t} = 13\ 856,15$ | Sum diskontert nytte over analyseperioden |                   |
|--|---|-------------------|
|  | Alternativ 0                              | kr 14 845,88      |
|  | Alternativ 1                              | kr 13 856,15      |
|  | <b>Nyttedifferanse</b>                    | <b>kr -989,73</b> |

Vedleggstabell F-42: Neddiskontert nytte, energikostnad





Lenkestrekning (LS<sub>3</sub>):

1400100 – 1400064 – 1400063 – 1402640 – 1403232 – 1400410 – 1400928 – 1403233

Lenkestrekning (LS<sub>4</sub>):

1403233– 1400928 – 1400410 – 1403232 – 1402640 – 1400063 – 1400064 – 1400100

Lengde: 660 m

Omkjøringsruter (OR) for hhv. LS<sub>3</sub> og LS<sub>4</sub>:

3. 1400100 – 1400115 – 1400965 – 1402642 – 1400102 – 1401033 – 1400061 – 1403233

4. 1403233 – 1400061 – 1401033 – 1400102 – 1402642 – 1400965 – 1400115 - 1400100

Ny lengde: 800 m

Differanse: 140 m

Det forutsettes etablert et midlertidig busstopp i node 1400102. Ved innlagt stopp på node 1400928 på LS<sub>3</sub> og LS<sub>3</sub> etableres det også stoppested på ved node 1403233 som erstatning. Forutsatt en fartsgrense på 30 km/t og 30 sekund av/påstigningstid per stoppested, gir dette en ekstra kjøretid på 1 min og 23 sek ved omkjøring for LS<sub>1</sub> og LS<sub>2</sub>, 47 sek ved omkjøring for LS<sub>3</sub> og LS<sub>4</sub>, og 1 min og 17 sek for LS<sub>3</sub> og LS<sub>4</sub> dersom stopp i node 1403233. Forenklet økes samtlige påvirkede ruter med 1 minutt per omkjøring (2 min v/ tur-retur) i lavtrafikk og 2 min i rush (4 min v/ tur-retur).

Følgende kollektivruter er endret i delområdemodellens kollektivrutebeskrivelse.

| Lavtrafikk |                      |     |     | Rushtrafikk |                      |     |     |
|------------|----------------------|-----|-----|-------------|----------------------|-----|-----|
| Rutenr.    | Rutenavn             | LS  | OR  | Rutenr.     | Rutenavn             | LS  | OR  |
| 17         | Elverum- Gjøvik      | 3   | 3   | 17          | Elverum- Gjøvik      | 3   | 3   |
| 1479       | Hamar Skys_Moelv sta | 3   | 3   | 1601        | Hamar Skys_Moelv sta | 3   | 3   |
| 1506       | Hamar BB1-2          | 1   | 1   | 1629        | Hamar BB1-2          | 1   | 1   |
| 1507       | Hamar BB2            | 1   | 1   | 1630        | Hamar BB2            | 1   | 1   |
| 1508       | Hamar BB3            | 3   | 3   | 1631        | Hamar BB3            | 3   | 3   |
| 1509       | Hamar BB4            | 1   | 1   | 1632        | Hamar BB4            | 1   | 1   |
| 1510       | Hamar BB6            | 1   | 1   | 1634        | Hamar BB6            | 1   | 1   |
| 1511       | Hamar BB7            | 2,3 | 2,3 | 1635        | Hamar BB7            | 2,3 | 2,3 |
| 1517       | Hamar Skys_Gjøsbu    | 3   | 3   | 1640        | Brumunddal_Hamar Sky | 2   | 2   |
| 1518       | Hamar Skys_Ormseter  | 3   | 3   | 1642        | Hamar Skys_Gjøsbu    | 3   | 3   |
|            |                      |     |     | 1643        | Hamar Skys_Ormseter  | 3   | 3   |

Vedleggstabell F-43: Kollektivruter gjennom Strandgata

Grunnlag for Tabell 9-6

| Endring i konsumentoverskudd (KO) – per døgn          |           |                |           |         |           |
|---|-----------|----------------|-----------|---------|-----------|
|   | Tjeneste  | Til/fra arbeid | Fritid    | Gods    | Σ         |
| Bilfører  | -10 776,5 | -9535,6        | -27 313,8 | -1784,4 | -49 410,4 |
| Bilpassasjer  | -578,1    | -400,4         | -2509,9   | 0,0     | -3488,3   |
| Kollektiv   | -2729,4   | -2463,9        | -9996,6   | 0,0     | -15 189,9 |
| Gang  | 0,0       | 0,0            | 0,0       | 0,0     | 0,0       |
| Sykkel  | 0,0       | 0,0            | 0,0       | 0,0     | 0,0       |
| Σ   | -14 083,9 | -12 399,9      | -39 820,4 | -1784,4 | -68 088,6 |
| Korreksjon som resultat av færre kjørte km – per døgn |           |                |           |         |           |
|   | Tjeneste  | Til/fra arbeid | Fritid    | Gods    | Σ         |
| Bilfører  | -466,2    | -1063,1        | -2866,3   | 106,6   | -4289,1   |
| Bilpassasjer  | 0         | 0              | 0         | 0       | 0,0       |
| Kollektiv   | 0         | 0              | 0         | 0       | 0,0       |
| Gang  | 0         | 0              | 0         | 0       | 0,0       |
| Sykkel  | 0         | 0              | 0         | 0       | 0,0       |
| Σ   | -466,2    | -1063,1        | -2866,3   | 106,6   | -4289,1   |
| Summert – per døgn                                    |           |                |           |         |           |
|   | Tjeneste  | Til/fra arbeid | Fritid    | Gods    | Σ         |
| Bilfører  | -11 242,7 | -10 598,8      | -30 180,2 | -1677,8 | -53 699,4 |
| Bilpassasjer  | -578,1    | -400,4         | -2509,9   | 0,0     | -3488,3   |
| Kollektiv   | -2729,4   | -2463,9        | -9996,6   | 0,0     | -15 189,9 |
| Gang  | 0,0       | 0,0            | 0,0       | 0,0     | 0,0       |
| Sykkel  | 0,0       | 0,0            | 0,0       | 0,0     | 0,0       |
| Σ   | -14 550,2 | -13 463,0      | -42 686,7 | -1677,8 | -72 377,7 |

Vedleggstabell F-44: Endring i konsumentoverskudd

Gjennomsnittlig stengetid per flomsituasjon er antatt å være et døgn. Differanse i årlig sannsynlighet for overbelastning mellom de to (tre) alternativene er estimert og beregnet til 0,035 – 3,5 %.

Årlig samfunnsøkonomisk nytte (sparte trafikantkostnader):  $72\,377,7 \times 1 \text{ døgn} \times 0,035 = 2533,22$

Grunnlag for Figur 10-13

Sum diskontert nytte over analyseperioden

$$\sum_{t=1}^{25} \frac{2533,22}{(1 + 0,045)^t} = 37\,563,10$$

## Forsikringsutbetalinger

Årlig skadekostnad er bestemt ut fra en skade per bolig og forretning, multiplisert med differanse i sannsynlighet for overbelastning ( $p$ ) før og etter BMP-implementering.

| Overvannsskader |             |             |             |               |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| Privat          |             |             |             |               |
|                 | 2010        | 2011        | 2012        | Snitt         |
| Erstatning (kr) | 344 221 000 | 552 401 000 | 364 390 000 | 420 337 333   |
| Antall skader   | 9 297       | 14 136      | 8 999       | 10 811        |
| Kr/skade        | 37 025      | 39 078      | 40 492      | <b>38 882</b> |
| Bedrift         |             |             |             |               |
|                 | 2010        | 2011        | 2012        | Snitt         |
| Erstatning (kr) | 91 015 000  | 124 907 000 | 73 335 000  | 96 419 000    |
| Antall skader   | 1 534       | 2 062       | 1 313       | 1 636         |
| Kr/skade        | 59 332      | 60 576      | 55 853      | <b>58 924</b> |
| Sum             |             |             |             |               |
|                 | 2010        | 2011        | 2012        | Snitt         |
| Erstatning (kr) | 435 236 000 | 677 308 000 | 437 725 000 | 516 756 333   |
| Antall skader   | 10 831      | 16 198      | 10 312      | 12 447        |
| Kr/skade        | 40 184      | 41 814      | 42 448      | <b>41 517</b> |

Vedleggstabell F-45: Overvannsskader

| Område                              | Enh. | Antall |
|-------------------------------------|------|--------|
| Antall boliger i første etasje      | stk. | 0      |
| Antall forretninger i første etasje | stk. | 35     |

Vedleggstabell F-46: Boliger og forretninger i Strandgata

Differanse i årlig sannsynlighet for overbelastning mellom de to (tre) alternativene er estimert og beregnet til 0,035 – 3,5 %.

$$58\,924 \times 35 \text{ forretninger} \times 0,035 = 72\,181,67$$

Grunnlag for Figur 10-15

| Årlig samfunnsøkonomisk nytte      |       |
|------------------------------------|-------|
| <b>Reduserte boligskader</b>       |       |
| -                                  | kr/år |
| <b>Reduserte forretningsskader</b> |       |
| 72 181,67                          | kr/år |
| <b>Sum reduserte skader</b>        |       |
| 72 181,67                          | kr/år |

Vedleggstabell F-47: Årlig nytteverdi, forsikringsutbetalinger

|   |  |
|---|--|
| $\sum_{t=1}^{25} \frac{72\,181,67}{(1 + 0,045)^t} = 1\,070\,324,91$ | <b>Sum diskontert nytte over analyseperioden</b> |
|   | kr 1 070 324,91                                  |

Vedleggstabell F-48: Neddiskontert nytteverdi, forsikringsutbetalinger



# Vedlegg G

## **NYTTE-KOSTNADSBEREGNINGER**

Nytte-kostnadsberegningene er utført på bakgrunn av identifiserte, kvantifiserte, og verdsatte elementers levetidskostnader, og neddiskonterte verdier

Levetidskostnadene, og andre neddiskonterte verdier, er hentet fra Vedlegg F

Komplette beregninger finnes i elektronisk vedlegg

*VEDLEGG E-01 - Kostnadsdatabase og investeringskostnadsberegninger*

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>VEDLEGG G.1</b> | <b>GRØNNGATEMODELLEN</b>   |
| <b>VEDLEGG G.2</b> | <b>ALTERNATIV 0.1 – TRADISJONELL OVERVANNSHÅNDTERING</b>                     |
| <b>VEDLEGG G.3</b> | <b>ALTERNATIV 0.2 – OPPDIMENSJONERT TRADISJONELL<br/>OVERVANNSHÅNDTERING</b> |
| <b>VEDLEGG G.4</b> | <b>ALTERNATIV 1 – GRØNNGATE</b>  |
| <b>VEDLEGG G.5</b> | <b>ALTERNATIVDIFFERANSER</b>   |
| <b>VEDLEGG G.6</b> | <b>NYTTE-KOSTNADSBEREGNING – ALTERNATIV 1 VS.<br/>ALTERNATIV 0.1</b>         |
| <b>VEDLEGG G.7</b> | <b>NYTTE-KOSTNADSBEREGNING – ALTERNATIV 1 VS.<br/>ALTERNATIV 0.2</b>         |

## VEDLEGG G.1 GRØNNGATEMODELLEN

Følgende elementer (input) inngår i grønnгатemodellen, og kan redigeres ved ønske. Av tabellen ser vi at egenvalgt verdi tilsvarer verdi fra case (jfr. kapittel 9)

| INPUT-DATA                        | Enhet          | Egenvalgt verdi | Verdi fra CASE |
|-----------------------------------|----------------|-----------------|----------------|
| Sans. for overbelastning (P)      | %              | 3,5 %           | 3,5            |
| <b>BMP</b>                        |                |                 |                |
| Antall swale med tre              | stk.           | 2               | 2              |
| Total lengde swale med tre        | m              | 96              | 96             |
| Antall trær i swale               | stk.           | 20              | 20             |
| Antall swale uten tre             | stk.           | 1               | 1              |
| Total lengde swale uten tre       | m              | 45              | 45             |
| Lengde overløpsrør per swale      | m              | 15              | 15             |
| Antall regnbed                    | stk.           | 29              | 10             |
| Total lengde på regnbed           | m              | 49,3            | 49,3           |
| Antall infiltrasjonsgrøft m/ tre  | stk.           | 4               | 4              |
| Total lengde på inf. grøft m/tre  | m              | 30,5            | 30,5           |
| Antall trær i infiltrasjonsgrøft  | stk.           | 8               | 8              |
| Antall infiltrasjonsgrøft u/ tre  | stk.           | 6               | 6              |
| Total lengde på inf. grøft u/tre  | m              | 3               | 3              |
| BMP-areal i grønnstruktur         | %              | 86 %            | 86             |
| BMP-areal i fortau                | %              | 14 %            | 14             |
| <b>KONVENSJONELT LEDNINGSNETT</b> |                |                 |                |
| OV- diameter 150 mm               | m              | 93,8            | 93,8           |
| OV- diameter 200 mm               | m              | 43,9            | 43,9           |
| OV- diameter 300 mm               | m              | 387,4           | 387,4          |
| OV- diameter 600 mm               | m              | 431,3           | 431,3          |
| Overvannskum                      | stk.           | 7               | 7              |
| Sandfang                          | stk.           | 16              | 16             |
| Hjelpesluk                        | stk.           | 12              | 12             |
| <b>OMRÅDE</b>                     |                |                 |                |
| Antall nærliggende boliger        | stk.           | 51              | 51             |
| Antatt økning i gåturer           | %              | 21 %            | 21             |
| Antatt økning i sykkelturer       | %              | 21 %            | 21             |
| Planlagt/oppr. antall trær        | stk.           | 30              | 30             |
| Antall trær i Green Street        | stk.           | 28              | 28             |
| Planlagt/oppr. vegetert areal     | m <sup>2</sup> | 584,1           | 584,1          |
| Vegetert areal i Green Street     | m <sup>2</sup> | 652,7           | 652,7          |
| Redusert overvann til AF          | m <sup>3</sup> | 0               | 0              |
| Antall boliger i 1.etg            | stk.           | 0               | 0              |
| Antall forretninger i 1. etg.     | stk.           | 35              | 35             |
| Nærliggende boligareal            | m <sup>2</sup> | 4035            | 4035           |
| Antatt økning i boligpris         | %              | 4 %             | 4              |
| Ervervet grunn                    | m <sup>2</sup> | 0               | 0              |
| Gjen.snitt stengetid per flom     | døgn           | 1               | 1              |
| <b>ANNET</b>                      |                |                 |                |
| Nødv.veirehabilitering v/ flom    | m <sup>2</sup> | 0               | 0              |
| Behov for rekkverk                | m              | 0               | 0              |

Vedleggstabell G-1: Grønnгатemodellen

## VEDLEGG G.2                      ALTERNATIV 0.1 – TRADISJONELL OVERVANNSHÅNDTERING

Under presenteres summerte levetidskostnader knyttet til elementene som inngår i alternativ 0.1. Kostnadene er eksklusiv merverdiavgift, og tilsvarer statlig finansieringsbehov. Levetidskostnadene representerer verdier som unngås dersom overvannet håndteres alternativt (alternativ 1 – «Grønngate»). Kostnadene vil dermed representere en nytteverdi i forhold til alternativ 1.

Grunnlag for Tabell 10-22 og Figur 10-7

| Investeringskostnad ekskl. skattekostnad |  |                    |                    |
|--|--|--------------------|--------------------|
|  | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                    |                    |
|  | Lav  | Middel             | Høy                |
| OV- diameter 150 mm                      | 40 020,7   | 81 269,4           | 152 202,9          |
| OV- diameter 200 mm                      | 21 783,5   | 42 489,6           | 79 519,1           |
| OV- diameter 300 mm                      | 268 095,4  | 502 942,8          | 901 147,2          |
| Overvannskum                             | 47 263,2   | 83 435,4           | 159 137,7          |
| Sandfang                                 | 103 924,5  | 182 908,7          | 368 950,9          |
| Hjelpesluk                               | 40 267,9   | 71 013,1           | 104 558,5          |
| Grønnstruktur                            | 198 416,2  | 372 377,1          | 716 503,7          |
| Fortausareal                             | 92 339,3   | 159 648,2          | 251 433,8          |
| <b>Sum investeringskostnader</b>         | <b>812 110,8</b>                                     | <b>1 496 084,2</b> | <b>2 733 453,7</b> |

Vedleggstabell G-2: Investeringskostnad – Alternativ 0.1

| Drift- og vedlikeholdskostnad ekskl. skattekostnad |  |                    |                    |
|--|--|--------------------|--------------------|
|  | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                    |                    |
|  | Lav  | Middel             | Høy                |
| OV- diameter 150 mm                                | 147 342,1  | 147 342,1          | 147 342,1          |
| OV- diameter 200 mm                                | 68 958,6   | 68 958,6           | 68 958,6           |
| OV- diameter 300 mm                                | 608 532,2  | 608 532,2          | 608 532,2          |
| Grønnstruktur                                      | 130 089,0  | 199 879,5          | 406 942,9          |
| <b>Sum drift og vedlikeholdskostnader</b>          | <b>954 921,8</b>                                     | <b>1 024 712,3</b> | <b>1 231 775,7</b> |

Vedleggstabell G-3: Drift og vedlikeholdskostnad – Alternativ 0.1

| Restverdi            |  |                   |                   |
|----------------------|--|-------------------|-------------------|
|                      | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                   |                   |
|                      | Lav  | Middel            | Høy               |
| OV- diameter 150 mm  | -9987,1  | -20 280,6         | -37 981,9         |
| OV- diameter 200 mm  | -5436,0  | -10 603,2         | -19 843,8         |
| OV- diameter 300 mm  | -66 902,7  | -125 508,3        | -224 879,4        |
| Overvannskum         | -11 794,4  | -20 821,1         | -39 712,5         |
| Sandfang             | -25 934,2  | -45 644,5         | -92 071,0         |
| Hjelpesluk           | -10 048,8  | -17 721,2         | -26 092,4         |
| Grønnstruktur        | -33 009,6  | -61 950,6         | -119 201,3        |
| Fortausareal         | 0,0  | 0,0               | 0,0               |
| <b>Sum restverdi</b> | <b>-163 112,7</b>                                    | <b>-302 529,5</b> | <b>-559 782,3</b> |

Vedleggstabell G-4: Restverdi – Alternativ 0.1

**VEDLEGG G.3****ALTERNATIV 0.2 – OPPDIMENSJONERT  
TRADISJONELL OVERVANNSHÅNDTERING**

Under presenteres summerte levetidskostnader knyttet til elementene som inngår i alternativ 0.2. Kostnadene er eksklusiv merverdiavgift, og tilsvarer statlig finansieringsbehov. Levetidskostnadene representerer verdier som unngås dersom overvannet håndteres alternativt (alternativ 1 – «Grønngate»). Kostnadene vil dermed representere en nytteverdi i forhold til alternativ 1.

Grunnlag for Tabell 10-24 og Figur 10-8

| Investeringskostnad ekskl. skattekostnad |  |                    |                    |
|--|--|--------------------|--------------------|
|  | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                    |                    |
|  | Lav  | Middel             | Høy                |
| OV- diameter 150 mm                      | 40 020,7   | 81 269,4           | 152 202,9          |
| OV- diameter 600 mm                      | 694 799,9  | 1 181 429,5        | 2 198 067,6        |
| Overvannskum                             | 47 263,2   | 83 435,4           | 159 137,7          |
| Grønnstruktur                            | 198 416,2  | 372 377,1          | 716 503,7          |
| Fortausareal                             | 92 339,3   | 159 648,2          | 251 433,8          |
| <b>Sum investeringskostnader</b>         | <b>1 072 839,3</b>                                   | <b>1 878 159,6</b> | <b>3 477 345,6</b> |

Vedleggstabell G-5: Investeringskostnad – Alternativ 0.2

| Drift- og vedlikeholdskostnad ekskl. skattekostnad |  |                    |                    |
|--|--|--------------------|--------------------|
|  | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                    |                    |
|  | Lav  | Middel             | Høy                |
| OV- diameter 150 mm                                | 147 342,1  | 147 342,1          | 147 342,1          |
| OV- diameter 600 mm                                | 677 490,8  | 677 490,8          | 677 490,8          |
| Grønnstruktur                                      | 130 089,0  | 199 879,5          | 406 942,9          |
| <b>Sum drift og vedlikeholdskostnader</b>          | <b>954 921,8</b>                                     | <b>1 024 712,3</b> | <b>1 231 775,7</b> |

Vedleggstabell G-6: Drift og vedlikeholdskostnad – Alternativ 0.2

| Restverdi            |  |                   |                   |
|----------------------|--|-------------------|-------------------|
|                      | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                   |                   |
|                      | Lav  | Middel            | Høy               |
| OV- diameter 150 mm  | -9987,1  | -20 280,6         | -37 981,9         |
| OV- diameter 600 mm  | -173 385,9   | -294 823,3        | -548 523,2        |
| Overvannskum         | -11 794,4  | -20 821,1         | -39 712,5         |
| Grønnstruktur        | -33 009,6  | -61 950,6         | -119 201,3        |
| Fortausareal         | 0,0  | 0,0               | 0,0               |
| <b>Sum restverdi</b> | <b>-228 177,0</b>                                    | <b>-397 875,7</b> | <b>-745 419,0</b> |

Vedleggstabell G-7: Restverdi – Alternativ 0.2



## VEDLEGG G.4 ALTERNATIV 1 – GRØNNGATE

Summerte levetidskostnader knyttet til bygging og drift av nødvendige alternative håndteringsareal (BMP-løsninger) over hele analyseperioden. Kostnadene er eksklusiv merverdiavgift, og tilsvarer statlig finansieringsbehov.

Grunnlag for Tabell 10-26 og Figur 10-9

| Investeringskostnad ekskl. skattekostnad |  |                  |                    |
|--|--|------------------|--------------------|
|  | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                  |                    |
|  | Lav  | Middel           | Høy                |
| Regnbed                                  | 177 143,5  | 295 118,0        | 460 050,5          |
| Swales med tre                           | 126 452,9  | 245 954,0        | 519 459,1          |
| Swales uten tre                          | 37 805,7   | 70 834,8         | 145 848,0          |
| Infiltrasjonsgrøft med tre               | 53 645,4   | 85 627,4         | 157 845,4          |
| Infiltrasjonsgrøft uten tre              | 10 035,5   | 14 607,1         | 24 149,6           |
| Overløpsledning - Ov 200 mm              | 22 329,3   | 43 554,2         | 81 511,6           |
| <b>Sum investeringskostnader</b>         | <b>427 412,3</b>                                     | <b>755 695,6</b> | <b>1 388 864,2</b> |

Vedleggstabell G-8: Investeringskostnad – Alternativ 1

| Drift- og vedlikeholdskostnad ekskl. skattekostnad |  |                  |                  |
|--|--|------------------|------------------|
|  | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                  |                  |
|  | Lav  | Middel           | Høy              |
| Regnbed  | 11 595,1   | 25 109,5         | 36 688,8         |
| Swales med tre                                     | 32 462,2   | 78 989,2         | 217 031,5        |
| Swales uten tre                                    | 3019,7   | 3019,7           | 3019,7           |
| Infiltrasjonsgrøft med tre                         | 10 951,2   | 30 464,7         | 86 585,8         |
| Infiltrasjonsgrøft uten tre                        | 71,3   | 189,7            | 308,2            |
| Overløpsledning - Ov 200 mm                        | 70 686,5   | 70 686,5         | 70 686,5         |
| <b>Sum drift og vedlikeholdskostnader</b>          | <b>128 786,0</b>                                     | <b>208 459,3</b> | <b>414 320,5</b> |

Vedleggstabell G-9: Drift og vedlikeholdskostnad – Alternativ 1

| Restverdi                   |  |                   |                   |
|-----------------------------|--|-------------------|-------------------|
|                             | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                   |                   |
|                             | Lav  | Middel            | Høy               |
| Regnbed                     | -29 470,5  | -49 097,4         | -76 536,4         |
| Swales med tre              | -21 037,4  | -40 918,2         | -86 420,0         |
| Swales uten tre             | -6289,6  | -11 784,5         | -24 264,1         |
| Infiltrasjonsgrøft med tre  | -2974,9  | -4748,5           | -8753,3           |
| Infiltrasjonsgrøft uten tre | -556,5   | -810,0            | -1339,2           |
| Overløpsledning - Ov 200 mm | -3714,8  | -7245,9           | -13 560,7         |
| <b>Sum restverdi</b>        | <b>-64 043,7</b>                                     | <b>-114 604,5</b> | <b>-210 873,7</b> |

Vedleggstabell G-10: Restverdi – Alternativ 1

## VEDLEGG G.5 ALTERNATIVDIFFERANSER

Beregning av alternativdifferansene er basert på verdier fremkommet i VEDLEGG G2 – G4, og er grunnlag for Tabell 10-27 og Figur 10-10.

| Investeringskostnad ekskl. skattekostnad |  |             |             |
|--|--|-------------|-------------|
|  | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |             |             |
|  | Lav  | Middel      | Høy         |
| Investeringskostnader                    |  |             |             |
| Investeringskost - Alt. 0.1              | 812 110,8  | 1 496 084,2 | 2 733 453,7 |
| Investeringskost - Alt. 0.2              | 1 072 839,3  | 1 878 159,6 | 3 477 345,6 |
| Investeringskost - Alt. 1                | 427 412,3  | 755 695,6   | 1 388 864,2 |
| Drift- og vedlikeholdskostnader          |  |             |             |
| Drift og vedlikeholdskostnad - Alt. 0.1  | 954 921,8  | 1 024 712,3 | 1 231 775,7 |
| Drift og vedlikeholdskostnad - Alt. 0.2  | 954 921,8  | 1 024 712,3 | 1 231 775,7 |
| Drift og vedlikeholdskostnad - Alt. 1    | 128 786,0  | 208 459,3   | 414 320,5   |
| Restverdier                              |  |             |             |
| Restverdi - Alt 0.1                      | -163 112,7   | -302 529,5  | -559 782,3  |
| Restverdi - Alt 0.2                      | -228 177,0   | -397 875,7  | -745 419,0  |
| Restverdi - Alt 1                        | -64 043,7  | -114 604,5  | -210 873,7  |
| Totale levetidskostnader                 |  |             |             |
| Totale levetidskostnader - Alt 0.1       | 1 603 919,9  | 2 218 267,0 | 3 405 447,1 |
| Totale levetidskostnader - Alt 0.2       | 1 799 584,1  | 2 504 996,3 | 3 963 702,3 |
| Totale levetidskostnader - Alt 1         | 492 154,6  | 849 550,4   | 1 592 311,0 |

Vedleggstabell G-11: Alternativdifferanser

### Differanser

#### Alternativ 1 vs. Alternativ 0.1

|                 |                         |   |       |   |        |
|-----------------|-------------------------|---|-------|---|--------|
| Lavt estimat:   | 492 154,6/1 603 919,9   | = | 0,307 | = | 30,7 % |
| - Reduksjon     | 1 – 0,307               | = | 0,693 | = | 69,3 % |
| Middel estimat: | 849 550,4/2 218 267,0   | = | 0,383 | = | 38,3 % |
| - Reduksjon     | 1 – 0,383               | = | 0,617 | = | 61,7 % |
| Høyt estimat:   | 1 592 311,0/3 405 447,1 | = | 0,468 | = | 46,8 % |
| - Reduksjon     | 1 – 0,468               | = | 0,532 | = | 53,2 % |

#### Alternativ 1 vs. Alternativ 0.2

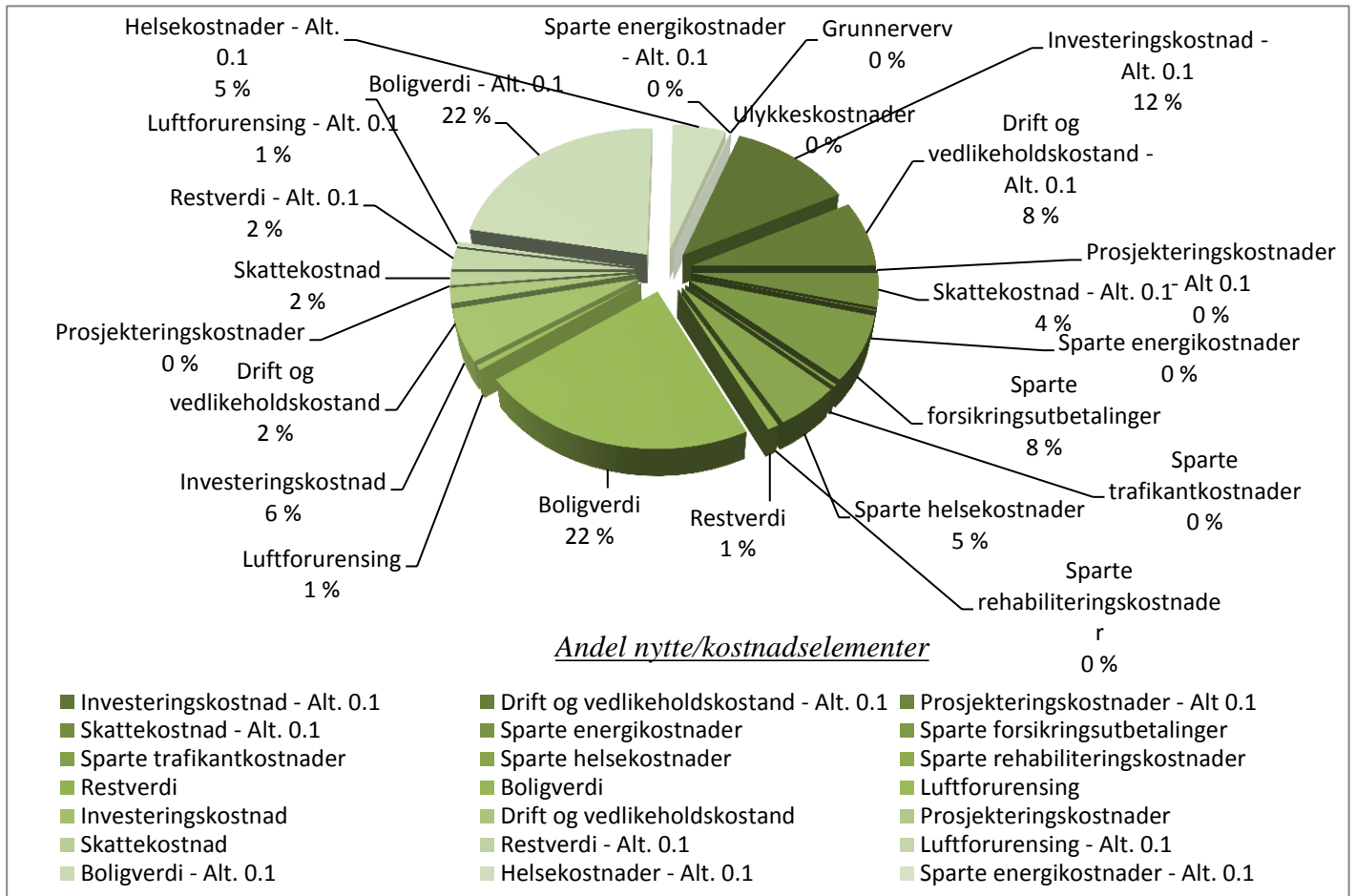
|                 |                         |   |       |   |        |
|-----------------|-------------------------|---|-------|---|--------|
| Lavt estimat:   | 492 154,6/1 799 584,1   | = | 0,273 | = | 27,3 % |
| - Reduksjon     | 1 – 0,273               | = | 0,727 | = | 72,7 % |
| Middel estimat: | 849 550,4/2 504 996,3   | = | 0,339 | = | 33,9 % |
| - Reduksjon     | 1 – 0,339               | = | 0,661 | = | 66,1 % |
| Høyt estimat:   | 1 592 311,0/3 963 702,3 | = | 0,402 | = | 40,2 % |
| - Reduksjon     | 1 – 0,402               | = | 0,598 | = | 59,8 % |

**VEDLEGG G.6**
**NYTTE-KOSTNADSBEREGNING – ALTERNATIV 1 VS.  
ALTERNATIV 0.1**

Kostnader knyttet til alternativ 0.1 vil bortfalle ved en Grønngate-implementering og medtas dermed som en nytteverdi for alternativ 1. Motsatt vil nytteverdier medtas som en kostnad for alternativ 1. Statlige utbetalinger i beregning av NNB tilsvarer her investeringskostnad + drift og vedlikeholdskostnad (prosjekteringskostnad og grunnervervskostnad er lik 0).

| Netto nåverdi (NNV) – [NOK]                  |                    |                    |                     |                    |
|--|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                 | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                     |                    |
| <i>Spart investering - Alternativ 0.1</i>    |                    |                    |                     |                    |
| Investeringskostnad                          | 812 110,8          | 1 496 084,2        | 2 733 453,7         | 1 680 549,6        |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 954 921,8          | 1 024 712,3        | 1 231 775,7         | 1 070 469,9        |
| Prosjekteringskostnader                      | 0,0                | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| Skattekostnad                                | 353 406,5          | 504 159,3          | 793 045,9           | 550 203,9          |
| <i>Spart kostnader</i>                       |                    |                    |                     |                    |
| Sparte energikostnader                       | 13 856,2           | 13 856,2           | 13 856,2            | 13 856,2           |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9         | 1 070 324,9        |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1            | 37 563,1           |
| Sparte helsekostnader                        | 727 976,3          | 727 976,3          | 727 976,3           | 727 976,3          |
| Sparte rehabiliteringskostnader              | 0,0                | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| <i>Andre nytteverdier</i>                    |                    |                    |                     |                    |
| Restverdi                                    | 64 043,7           | 114 604,5          | 210 873,7           | 129 840,6          |
| Boligverdi                                   | 3 173 150,7        | 3 173 150,7        | 3 173 150,7         | 3 173 150,7        |
| Luftforurensing                              | 75 646,0           | 75 646,0           | 75 646,0            | 75 646,0           |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>7 283 000,1</b> | <b>8 238 077,5</b> | <b>10 067 666,2</b> | <b>8 529 581,3</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                     |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2         | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0          | 208 459,3          | 414 320,5           | 250 522,0          |
| Prosjekteringskostnader                      | 0,0                | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| Skattekostnad                                | 111 239,7          | 192 831,0          | 360 637,0           | 221 569,2          |
| <i>Utgåtte nytteverdier - Alternativ 0.1</i> |                    |                    |                     |                    |
| Restverdi                                    | 163 112,7          | 302 529,5          | 559 782,3           | 341 808,2          |
| Luftforurensing                              | 76 591,8           | 76 591,8           | 76 591,8            | 76 591,8           |
| Boligverdi                                   | 3 173 150,7        | 3 173 150,7        | 3 173 150,7         | 3 173 150,7        |
| Helsekostnader                               | 727 976,3          | 727 976,3          | 727 976,3           | 727 976,3          |
| Sparte energikostnader                       | 14 845,9           | 14 845,9           | 14 845,9            | 14 845,9           |
| <i>Andre kostnadsvirkninger</i>              |                    |                    |                     |                    |
| Grunnerverv                                  | 0,0                | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| Ulykkeskostnader                             | 0,0                | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>4 823 115,3</b> | <b>5 452 080,1</b> | <b>6 716 168,7</b>  | <b>5 663 788,0</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>2 459 884,7</b> | <b>2 785 997,4</b> | <b>3 351 497,5</b>  | <b>2 865 793,2</b> |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>4,4</b>         | <b>2,9</b>         | <b>1,9</b>          | <b>2,6</b>         |

Vedleggstabell G-12: Beregning av netto nåverdi – Alternativ 1 vs. Alternativ 0.1



Vedleggsfigur G-1: Andel nytte/kostnadselementer - Alternativ 1 vs. Alternativ 0.1

Størrelsen på de ulike elementene illustrerer viktigheten/påvirkningen i den samlede beregningen av netto nåverdi. Beregningen inkluderer dermed samtlige virkninger

Grunnlag for Figur 10-16

| Relevante nytte/kostnadselementer - Gjennomsnittsverdier   |   |   |                               |                    |
|--|---|---|-------------------------------|--------------------|
| Nytte  |   | Investeringskostnad - Alt. 0.1          | 1 680 549,6                   | 27 %               |
|  |   | Drift og vedlikeholdskostnad - Alt. 0.1 | 1 070 469,9                   | 17 %               |
|  |   | Skattekostnad - Alt. 0.1                | 550 203,9                     | 9 %                |
|  |   | Sparte forsikringsutbetalinger          | 1 070 324,9                   | 17 %               |
|  |   | Sparte trafikantkostnader               | 37 563,1                      | 1 %                |
|  |   | Restverdi                               | 129 840,6                     | 2 %                |
|  | 1 | <b>Sum netto nytte</b>                  | <b>4 538 952,1</b>            | <b>73 %</b>        |
| Kostnad  | 2 | Investeringskostnad                     | 857 324,0                     | 14 %               |
|  | 3 | Drift og vedlikeholdskostnad            | 250 522,0                     | 4 %                |
|  |   | Skattekostnad                           | 221 569,2                     | 4 %                |
|  |   | Restverdi - Alt. 0.1                    | 341 808,2                     | 6 %                |
|  |   | Luftforurensing                         | 945,7                         | 0 %                |
|  |   | Sparte energikostnader                  | 989,7                         | 0 %                |
|  |   | 4                                       | <b>Sum kostnadsvirkninger</b> | <b>1 673 158,8</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV) (1-4)</b>                           |   |   | <b>2 865 793,2</b>            |                    |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB) ((1-4)/(2+3))</b> |   |   | <b>2,6</b>                    |                    |
| Sum  |   |   | 6 212 110,9                   | 100 %              |

Vedleggstabell G-13: Relevante nytte/kostnadselementer - Alternativ 1 vs. Alternativ 0.1

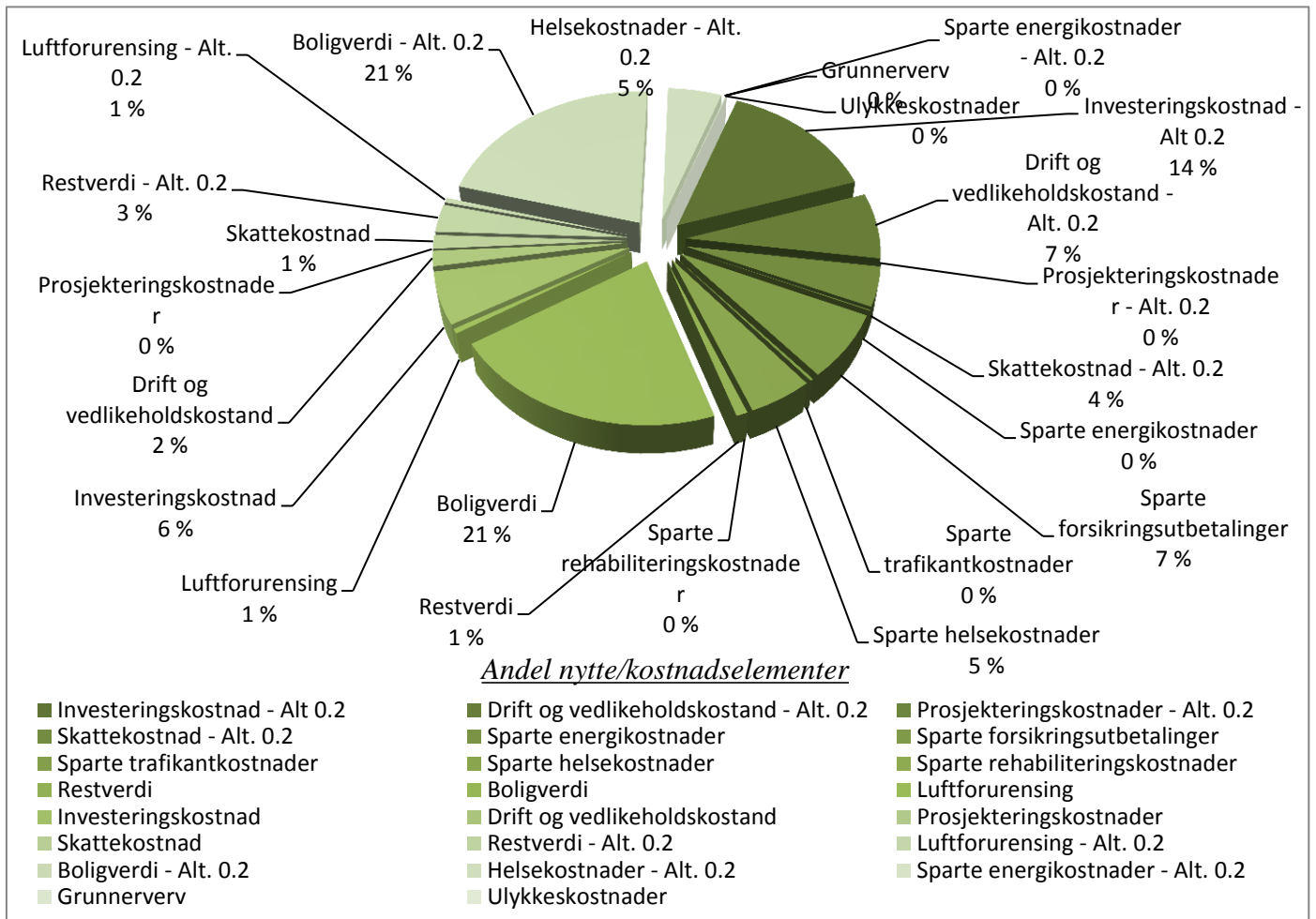
**VEDLEGG G.7**
**NYTTE-KOSTNADSBEREGNING – ALTERNATIV 1 VS.  
ALTERNATIV 0.2**

Kostnader knyttet til alternativ 0.2 vil bortfalle ved en Grønngate-implementering og medtas dermed som en nytteverdi for alternativ 1. Motsatt vil nytteverdier medtas som en kostnad for alternativ 1.

Statlige utbetalinger i beregning av NNB tilsvare her investeringskostnad + drift og vedlikeholdskostnad (prosjekteringskostnad og grunnervervskostnad er lik 0).

| Netto nåverdi (NNV) – [NOK]                  |                    |                    |                     |                    |
|--|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                 | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                     |                    |
| <i>Spart investering - Alternativ 0.2</i>    |                    |                    |                     |                    |
| Investeringskostnad                          | 1 072 839,3        | 1 878 159,6        | 3 477 345,6         | 2 142 781,5        |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 954 921,8          | 1 024 712,3        | 1 231 775,7         | 1 070 469,9        |
| Prosjekteringskostnader                      | 0,0                | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| Skattekostnad                                | 405 552,2          | 580 574,4          | 941 824,3           | 642 650,3          |
| <i>Spart kostnader</i>                       |                    |                    |                     |                    |
| Sparte energikostnader                       | 13 856,2           | 13 856,2           | 13 856,2            | 13 856,2           |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9         | 1 070 324,9        |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1            | 37 563,1           |
| Sparte helsekostnader                        | 727 976,3          | 727 976,3          | 727 976,3           | 727 976,3          |
| Sparte rehabiliteringskostnader              | 0,0                | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| <i>Andre nytteverdier</i>                    |                    |                    |                     |                    |
| Restverdi                                    | 64 043,7           | 114 604,5          | 210 873,7           | 129 840,6          |
| Boligverdi                                   | 3 173 150,7        | 3 173 150,7        | 3 173 150,7         | 3 173 150,7        |
| Luftforurensing                              | 75 646,0           | 75 646,0           | 75 646,0            | 75 646,0           |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>7 595 874,3</b> | <b>8 696 568,0</b> | <b>10 960 336,4</b> | <b>9 084 259,6</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                     |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2         | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0          | 208 459,3          | 414 320,5           | 250 522,0          |
| Prosjekteringskostnader                      | 0,0                | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| Skattekostnad                                | 111 239,7          | 192 831,0          | 360 637,0           | 221 569,2          |
| <i>Utgåtte nytteverdier - Alternativ 0.2</i> |                    |                    |                     |                    |
| Restverdi                                    | 228 177,0          | 397 875,7          | 745 419,0           | 457 157,2          |
| Luftforurensing                              | 76 591,8           | 76 591,8           | 76 591,8            | 76 591,8           |
| Boligverdi                                   | 3 173 150,7        | 3 173 150,7        | 3 173 150,7         | 3 173 150,7        |
| Helsekostnader                               | 727 976,3          | 727 976,3          | 727 976,3           | 727 976,3          |
| Sparte energikostnader                       | 14 845,9           | 14 845,9           | 14 845,9            | 14 845,9           |
| <i>Andre kostnadsvirkninger</i>              |                    |                    |                     |                    |
| Grunnerverv                                  | 0,0                | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| Ulykkeskostnader                             | 0,0                | 0,0                | 0,0                 | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>4 888 179,6</b> | <b>5 547 426,2</b> | <b>6 901 805,4</b>  | <b>5 779 137,1</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>2 707 694,7</b> | <b>3 149 141,8</b> | <b>4 058 531,0</b>  | <b>3 305 122,5</b> |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>4,9</b>         | <b>3,3</b>         | <b>2,3</b>          | <b>3,0</b>         |

Vedleggstabell G-14: Beregning av netto nåverdi – Alternativ 1 vs. Alternativ 0.2



Vedleggsfigur G-2: Andel nytte/kostnadselementer - Alternativ 1 vs. Alternativ 0.2

Grunnlag for Figur 10-17

| Relevante nytte/kostnadselementer - Gjennomsnittsverdier   |   |   |                    |
|--|---|---|--------------------|
| Nytte  |   | Investeringer - Alt. 0.2                | 2 142 781,5   31 % |
|  |   | Drift og vedlikeholdskostnad - Alt. 0.2 | 1 070 469,9   16 % |
|  |   | Skattekostnad - Alt. 0.2                | 642 650,3   9 %    |
|  |   | Sparte forsikringsutbetalinger          | 1 070 324,9   16 % |
|  |   | Sparte trafikanter                      | 37 563,1   1 %     |
|  |   | Restverdi                               | 129 840,6   2 %    |
|  | 1 | <b>Sum netto nytte</b>                  | <b>5 093 630,4</b> |
| Kostnad  | 2 | Investeringer                           | 857 324,0   12 %   |
|  | 3 | Drift og vedlikeholdskostnad            | 250 522,0   4 %    |
|  |   | Skattekostnad                           | 221 569,2   3 %    |
|  |   | Restverdi - Alt. 0.2                    | 457 157,2   7 %    |
|  |   | Luftforurensing                         | 945,7   0 %        |
|  |   | Sparte energikostnader                  | 989,7   0 %        |
|  | 4 | <b>Sum kostnadsvirkninger</b>           | <b>1 788 507,9</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV) (1-4)</b>                           |   | <b>3 305 122,5</b>                      |                    |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB) ((1-4)/(2+3))</b> |   | <b>3,0</b>                              |                    |
| Sum  |   | 6 882 138,3                             | 100 %              |

Vedleggstabell G-15: Relevante nytte/kostnadselementer - Alternativ 1 vs. Alternativ 0.2

# Vedlegg H

## USIKKERHETSBEREGNINGER

Det er foretatt beregninger av netto-nåverdi gitt ulike forutsetninger.

9 ulike scenarioer er beregnet for å avdekke usikkerhet rundt tall og forhold.

Usikkerhetsberegningene er utført *kun* med utgangspunkt i alternativ 0.1, som utgjør den minste nytteverdien.

Komplette beregninger finnes i elektronisk vedlegg

*VEDLEGG E-01 - Kostnadsdatabase og investeringskostnadsberegninger*

|                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| <b>VEDLEGG H.1</b> | <b>SCENARIO 1</b> |
| <b>VEDLEGG H.2</b> | <b>SCENARIO 2</b> |
| <b>VEDLEGG H.3</b> | <b>SCENARIO 3</b> |
| <b>VEDLEGG H.4</b> | <b>SCENARIO 4</b> |
| <b>VEDLEGG H.5</b> | <b>SCENARIO 5</b> |
| <b>VEDLEGG H.6</b> | <b>SCENARIO 6</b> |
| <b>VEDLEGG H.7</b> | <b>SCENARIO 7</b> |
| <b>VEDLEGG H.8</b> | <b>SCENARIO 8</b> |
| <b>VEDLEGG H.9</b> | <b>SCENARIO 9</b> |

## VEDLEGG H.1 SCENARIO 1

Illustrerer kostnadsforskjell mellom alternativ 1 og 0.1, med utgangspunkt at en grønn gateløsning ikke vil utløse samfunnsøkonomiske nytteverdier.

Grunnlag for Tabell 10-32

| Netto nåverdi (NNV)                          |                    |                    |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                    |                    |
| <i>Spart investering - Alternativ 0.1</i>    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 812 110,8          | 1 496 084,2        | 2 733 453,7        | 1 680 549,6        |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 954 921,8          | 1 024 712,3        | 1 231 775,7        | 1 070 469,9        |
| Skattekostnad                                | 353 406,5          | 504 159,3          | 793 045,9          | 550 203,9          |
| <i>Spart kostnader</i>                       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Sparte trafikantkostnader                    | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Restverdi                                    | 64 043,7           | 114 604,5          | 210 873,7          | 129 840,6          |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte helsekostnader                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Boligverdi                                   | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>2 184 482,9</b> | <b>3 139 560,3</b> | <b>4 969 149,0</b> | <b>3 431 064,1</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2        | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0          | 208 459,3          | 414 320,5          | 250 522,0          |
| Skattekostnad                                | 111 239,7          | 192 831,0          | 360 637,0          | 221 569,2          |
| <i>Utgåtte nytteverdier - Alternativ 0.1</i> |                    |                    |                    |                    |
| Restverdi                                    | 163 112,7          | 302 529,5          | 559 782,3          | 341 808,2          |
| <i>Annen differanse i kostnadsvirkninger</i> |                    |                    |                    |                    |
| Luftforurensing                              | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Sparte energikostnader                       | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>830 550,7</b>   | <b>1 459 515,4</b> | <b>2 723 604,0</b> | <b>1 671 223,4</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>1 353 932,2</b> | <b>1 680 044,9</b> | <b>2 245 545,0</b> | <b>1 759 840,7</b> |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>2,4</b>         | <b>1,7</b>         | <b>1,2</b>         | <b>1,6</b>         |

Vedleggstabell H-1: Beregning av netto nåverdi, scenario 1



## VEDLEGG H.2 SCENARIO 2

Illustrerer kostnadsforskjell mellom alternativ 1 og 0.1, dersom drift- og vedlikeholdskostnadene i alternativ 1 viser seg å utgjøre 5 ganger den opprinnelig estimerte kostnaden.

Økte drift og vedlikeholdskostnader vil også medføre økte skattekostnader.

| Skattekostnad                             |                  |                    |                    |
|---|------------------|--------------------|--------------------|
|   | Lav              | Middel             | Høy                |
| Total investeringskostnad                 | 427 412,3        | 755 695,6          | 1 388 864,2        |
| <b>Total drift og vedlikeholdskostnad</b> | <b>643 929,9</b> | <b>1 042 296,7</b> | <b>2 071 602,7</b> |
| Beregningsgrunnlag for skattekostnad      | 1 071 342,2      | 1 797 992,3        | 3 460 466,9        |
| <b>Skattekostnad (20 %)</b>               | <b>214 268,4</b> | <b>359 598,5</b>   | <b>692 093,4</b>   |

Vedleggstabell H-2: Endrede skattekostnader, scenario 2

Grunnlag for Tabell 10-33

| Netto nåverdi (NNV)                          |                    |                    |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                    |                    |
| <i>Spart investering - Alternativ 0.1</i>    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 812 110,8          | 1 496 084,2        | 2 733 453,7        | 1 680 549,6        |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 954 921,8          | 1 024 712,3        | 1 231 775,7        | 1 070 469,9        |
| Skattekostnad                                | 353 406,5          | 504 159,3          | 793 045,9          | 550 203,9          |
| <i>Spart kostnader</i>                       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           |
| Restverdi                                    | 64 043,7           | 114 604,5          | 210 873,7          | 129 840,6          |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte helsekostnader                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Boligverdi                                   | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>3 292 370,9</b> | <b>4 247 448,3</b> | <b>6 077 037,0</b> | <b>4 538 952,1</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2        | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 643 929,9          | 1 042 296,7        | 2 071 602,7        | 1 252 609,8        |
| Skattekostnad                                | 214 268,4          | 359 598,5          | 692 093,4          | 421 986,8          |
| <i>Utgåtte nytteverdier - Alternativ 0.1</i> |                    |                    |                    |                    |
| Restverdi                                    | 163 112,7          | 302 529,5          | 559 782,3          | 341 808,2          |
| <i>Annen differanse i kostnadsvirkninger</i> |                    |                    |                    |                    |
| Luftforurensing                              | 945,7              | 945,7              | 945,7              | 945,7              |
| Sparte energikostnader                       | 989,7              | 989,7              | 989,7              | 989,7              |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>1 450 658,9</b> | <b>2 462 055,8</b> | <b>4 714 278,1</b> | <b>2 875 664,2</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>1 841 712,0</b> | <b>1 785 392,6</b> | <b>1 362 758,9</b> | <b>1 663 287,8</b> |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>1,7</b>         | <b>1,0</b>         | <b>0,4</b>         | <b>0,8</b>         |

Vedleggstabell H-3: Beregning av netto nåverdi, scenario 2

### VEDLEGG H.3 SCENARIO 3

Scenario 3 beregner netto nåverdi av tiltaket dersom fiberduk og topplag til alle BMP'ene må skiftes ut annet hvert år.

Beregningene baserer seg på mengder og enhetspriser oppgitt i Vedlegg D ved utgraving og fjerning av topplag og fiberduk, samt ny fiberduk og topplag. Scenario 3 medfører dermed endringer i levetidskostnadene til samtlige BMP-løsninger som benyttes i alternativ 1 (D&V-kostnad og restverdi).

| Swale med tre                | Samlet mengde  |        | Swale uten tre               | Samlet mengde  |        |
|------------------------------|----------------|--------|------------------------------|----------------|--------|
| Materialer                   | Enh.           | Antall | Materialer                   | Enh.           | Antall |
| Graving og fjerning av masse | m <sup>3</sup> | 33,84  | Graving og fjerning av masse | m <sup>3</sup> | 15,87  |
| Matjord                      | m <sup>2</sup> | 377,56 | Matjord                      | m <sup>2</sup> | 176,96 |
| Gressplen                    | m <sup>2</sup> | 377,56 | Gressplen                    | m <sup>2</sup> | 176,96 |
| Fiberduk                     | m <sup>2</sup> | 201,76 | Fiberduk                     | m <sup>2</sup> | 44,48  |

| Inf.grøft med tre | Mengde         |        | Inf.grøft uten tre | Mengde         |        | Regnbed        | Mengde         |        |
|-------------------|----------------|--------|--------------------|----------------|--------|----------------|----------------|--------|
| Materialer        | Enh.           | Antall | Materialer         | Enh.           | Antall | Materialer     | Enh.           | Antall |
| Grav. og fjern    | m <sup>3</sup> | 3,66   | Grav. og fjern     | m <sup>3</sup> | 0,36   | Grav. og fjern | m <sup>3</sup> | 6,41   |
| Bark              | m <sup>3</sup> | 3,66   | Pukk               | m <sup>3</sup> | 0,36   | Løvkompost     | m <sup>3</sup> | 6,41   |
| Fiberduk          | m <sup>2</sup> | 24,4   | Fiberduk           | m <sup>2</sup> | 2,4    | Stauder        | stk            | 16     |
|                   |                |        |                    |                |        | Fiberduk       | m <sup>2</sup> | 113,39 |

Vedleggstabell H-4: Arbeid knyttet til utskifting av fiberduk og topplag, scenario 3

Det antas at utskifting skjer i år: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, og 24. Den ekstra drift- og vedlikeholdskostnaden neddiskonteres til år 0. Levetiden på topplag og fiberduk settes til 2 år, og det påløper en ekstra restverdi av tiltaket ved år 25.

Samlet tiltakskostnad er fremkommet ved beregning av enhetskostnader knyttet til elementene over. Det er lagt til 35 % rigg og drift kostnader på grunn av ekstraarbeidet (differansekostnad i forhold til alternativ 0)

| Samlet tiltakskostnad |                |                |                |                |                 |                 |               |               |                 |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
|                       | Swale med tre  |                |                | Swale uten tre |                 |                 | Regnbed       |               |                 |
|                       | Lav            | Middel         | Høy            | Lav            | Middel          | Høy             | Lav           | Middel        | Høy             |
| inkl./mva             | 10940,3        | 23734,8        | 62059,0        | 4627,5         | 10 389,8        | 27 237,2        | 2127,0        | 4077,7        | 9170,0          |
| ekskl./mva            | 10321,0        | 22391,3        | 58546,2        | 4365,6         | 9801,7          | 25 695,5        | 2006,6        | 3846,9        | 8650,9          |
| + Rigg/drift          | <b>13933,4</b> | <b>30228,2</b> | <b>79037,4</b> | <b>5893,5</b>  | <b>13 232,3</b> | <b>34 688,9</b> | <b>2708,9</b> | <b>5193,3</b> | <b>11 678,7</b> |

| Samlet tiltakskostnad |                            |               |               |                             |              |              |
|-----------------------|----------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|--------------|--------------|
|                       | Infiltrasjonsgrøft med tre |               |               | Infiltrasjonsgrøft uten tre |              |              |
|                       | Lav                        | Middel        | Høy           | Lav                         | Middel       | Høy          |
| inkl./mva             | 683,2                      | 1311,5        | 2912,1        | 123,7                       | 200,3        | 365,6        |
| ekskl./mva            | 644,5                      | 1237,3        | 2747,3        | 116,7                       | 188,9        | 344,9        |
| + Rigg/drift          | <b>870,1</b>               | <b>1670,3</b> | <b>3708,9</b> | <b>157,6</b>                | <b>255,1</b> | <b>465,7</b> |

Vedleggstabell H-5: Samlet tiltakskostnad, utskifting av fiberduk og topplag, scenario 3

| Samlede levetidskostnader (NOK) - Statlig finansieringsbehov |  |                    |                    |
|--|--|--------------------|--------------------|
|  | Samlet diskontert nåverdi over analyseperioden [NOK] |                    |                    |
|  | Lav  | Middel             | Høy                |
| Total investeringskostnad                                    | 427 412,3  | 755 695,6          | 1 388 864,2        |
| Total drift og vedlikeholdskostnad                           | 295 809,8  | 566 978,1          | 1 332 812,8        |
| Total restverdi  | -67 963,9  | -123 019,1         | -232 431,2         |
| <b>Sum total levetidskostnad</b>                             | <b>655 258,2</b>                                     | <b>1 199 654,6</b> | <b>2 489 245,7</b> |

Vedleggstabell H-6: Nye levetidskostnader, scenario 3

| Skattekostnad                               |                  |                    |                    |
|---|------------------|--------------------|--------------------|
|   | Lav              | Middel             | Høy                |
| <i>Total investeringskostnad</i>            | <i>427 412,3</i> | <i>755 695,6</i>   | <i>1 388 864,2</i> |
| <b>Total drift og vedlikeholdskostnad</b>   | <b>295 809,8</b> | <b>566 978,1</b>   | <b>1 332 812,8</b> |
| <i>Beregningsgrunnlag for skattekostnad</i> | <i>723 222,1</i> | <i>1 322 673,7</i> | <i>2 721 677,0</i> |
| <b>Skattekostnad (20 %)</b>                 | <b>144 644,4</b> | <b>264 534,7</b>   | <b>544 335,4</b>   |

Vedleggstabell H-7: Endrede skattekostnader, scenario 3

Grunnlag for Tabell 10-34

| Netto nåverdi (NNV)                          |                    |                    |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                    |                    |
| <i>Spart investering - Alternativ 0.1</i>    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 812 110,8          | 1 496 084,2        | 2 733 453,7        | 1 680 549,6        |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 954 921,8          | 1 024 712,3        | 1 231 775,7        | 1 070 469,9        |
| Skattekostnad                                | 353 406,5          | 504 159,3          | 793 045,9          | 550 203,9          |
| <i>Spart kostnader</i>                       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           |
| Restverdi                                    | 67 963,9           | 123 019,1          | 232 431,2          | 141 138,1          |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte helsekostnader                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Boligverdi                                   | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>3 296 291,0</b> | <b>4 255 863,0</b> | <b>6 098 594,5</b> | <b>4 550 249,5</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2        | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 295 809,8          | 566 978,1          | 1 332 812,8        | 731 866,9          |
| Skattekostnad                                | 144 644,4          | 264 534,7          | 544 335,4          | 317 838,2          |
| <i>Utgåtte nytteverdier - Alternativ 0.1</i> |                    |                    |                    |                    |
| Restverdi                                    | 163 112,7          | 302 529,5          | 559 782,3          | 341 808,2          |
| <i>Annen differanse i kostnadsvirkninger</i> |                    |                    |                    |                    |
| Luftforurensing                              | 945,7              | 945,7              | 945,7              | 945,7              |
| Sparte energikostnader                       | 989,7              | 989,7              | 989,7              | 989,7              |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>1 032 914,7</b> | <b>1 891 673,4</b> | <b>3 827 730,2</b> | <b>2 250 772,8</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>2 263 376,3</b> | <b>2 364 189,6</b> | <b>2 270 864,4</b> | <b>2 299 476,8</b> |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>3,1</b>         | <b>1,8</b>         | <b>0,8</b>         | <b>1,4</b>         |

Vedleggstabell H-8: Beregning av netto nåverdi, scenario 3

## VEDLEGG H.4 SCENARIO 4

Illustrerer kostnadsforskjell dersom alt BMP-areal anlegges i planlagt fortau eller på andre flater med belegningsstein.

Nytte-kostnadsvirkningene i scenario 4 fremkommer ved følgende endring i Grønngatemodellen (jfr. VEDLEGG G.1 GRØNNGATEMODELLEN).

| Input til grønngatemodell |   |       |    |
|---------------------------|---|-------|----|
| BMP-areal i grønnstruktur | % | 0 %   | 86 |
| BMP-areal i fortau        | % | 100 % | 14 |

Vedleggstabell H-9: Input til Grønngatemodellen, scenario 4

Grunnlag for Tabell 10-35

| Netto nåverdi (NNV)                          |                    |                    |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                    |                    |
| <i>Spart investering - Alternativ 0.1</i>    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 1 226 381,7        | 2 204 761,9        | 3 803 661,5        | 2 411 601,7        |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 863 861,8          | 933 652,3          | 1 140 715,6        | 979 409,9          |
| Skattekostnad                                | 418 048,7          | 627 682,8          | 988 875,4          | 678 202,3          |
| <i>Spart kostnader</i>                       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           |
| Restverdi                                    | 64 043,7           | 114 604,5          | 210 873,7          | 129 840,6          |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte helsekostnader                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Boligverdi                                   | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>3 680 224,0</b> | <b>4 988 589,6</b> | <b>7 252 014,2</b> | <b>5 306 942,6</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2        | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0          | 208 459,3          | 414 320,5          | 250 522,0          |
| Skattekostnad                                | 111 239,7          | 192 831,0          | 360 637,0          | 221 569,2          |
| <i>Utgåtte nytteverdier - Alternativ 0.1</i> |                    |                    |                    |                    |
| Restverdi                                    | 138 050,5          | 257 939,6          | 481 919,5          | 292 636,5          |
| <i>Annen differanse i kostnadsvirkninger</i> |                    |                    |                    |                    |
| Luftforurensing                              | 945,7              | 945,7              | 945,7              | 945,7              |
| Sparte energikostnader                       | 989,7              | 989,7              | 989,7              | 989,7              |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>807 423,9</b>   | <b>1 416 860,9</b> | <b>2 647 676,7</b> | <b>1 623 987,2</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>2 872 800,1</b> | <b>3 571 728,6</b> | <b>4 604 337,6</b> | <b>3 682 955,4</b> |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>5,2</b>         | <b>3,7</b>         | <b>2,6</b>         | <b>3,3</b>         |

Vedleggstabell H-10: Beregning av netto nåverdi, scenario 4

## VEDLEGG H.5 SCENARIO 5

Illustrerer kostnadsforskjell dersom alt BMP-areal anlegges i planlagt grønnstruktur eller rabatter

Nytte-kostnadsvirkningene i scenario 5 fremkommer ved følgende endring i Grønngatemodellen

| Input til grønngatemodell |   |       |    |
|---------------------------|---|-------|----|
| BMP-areal i grønnstruktur | % | 100 % | 86 |
| BMP-areal i fortau        | % | 0 %   | 14 |

Vedleggstabell H-11: Input til Grønngatemodellen, scenario 5

Grunnlag for Tabell 10-36

| Netto nåverdi (NNV)                          |                    |                    |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                    |                    |
| <i>Spart investering - Alternativ 0.1</i>    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 744 395,6          | 1 380 246,3        | 2 558 521,4        | 1 561 054,4        |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 969 806,2          | 1 039 596,7        | 1 246 660,0        | 1 085 354,3        |
| Skattekostnad                                | 342 840,3          | 483 968,6          | 761 036,3          | 529 281,7          |
| <i>Spart kostnader</i>                       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           |
| Restverdi                                    | 64 043,7           | 114 604,5          | 210 873,7          | 129 840,6          |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte helsekostnader                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Boligverdi                                   | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>3 228 973,8</b> | <b>4 126 304,0</b> | <b>5 884 979,4</b> | <b>4 413 419,1</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2        | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0          | 208 459,3          | 414 320,5          | 250 522,0          |
| Skattekostnad                                | 111 239,7          | 192 831,0          | 360 637,0          | 221 569,2          |
| <i>Utgåtte nytteverdier - Alternativ 0.1</i> |                    |                    |                    |                    |
| Restverdi                                    | 167 209,3          | 309 818,1          | 572 509,5          | 349 845,6          |
| <i>Annen differanse i kostnadsvirkninger</i> |                    |                    |                    |                    |
| Luftforurensing                              | 945,7              | 945,7              | 945,7              | 945,7              |
| Sparte energikostnader                       | 989,7              | 989,7              | 989,7              | 989,7              |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>836 582,7</b>   | <b>1 468 739,4</b> | <b>2 738 266,7</b> | <b>1 681 196,3</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>2 392 391,1</b> | <b>2 657 564,6</b> | <b>3 146 712,7</b> | <b>2 732 222,8</b> |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>4,3</b>         | <b>2,8</b>         | <b>1,7</b>         | <b>2,5</b>         |

Vedleggstabell H-12: Beregning av netto nåverdi, scenario 5

## VEDLEGG H.6 SCENARIO 6

Illustrerer kostnadsforskjell dersom BMP-areal implementeres i en gate med eksisterende ledningsnett. Nytteverdiene knyttet til spart investering utelates dermed.

Grunnlag for Tabell 10-37

| Netto nåverdi (NNV)                          |                    |                    |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                    |                    |
| <i>Spart investering - Alternativ 0.1</i>    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          |                    |                    |                    |                    |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 |                    |                    |                    |                    |
| Skattekostnad                                |                    |                    |                    |                    |
| <i>Spart kostnader</i>                       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           |
| Restverdi                                    | 64 043,7           | 114 604,5          | 210 873,7          | 129 840,6          |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte helsekostnader                        | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |
| Boligverdi                                   | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>1 171 931,7</b> | <b>1 222 492,5</b> | <b>1 318 761,7</b> | <b>1 237 728,6</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2        | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0          | 208 459,3          | 414 320,5          | 250 522,0          |
| Skattekostnad                                | 111 239,7          | 192 831,0          | 360 637,0          | 221 569,2          |
| <i>Utgåtte nytteverdier - Alternativ 0.1</i> |                    |                    |                    |                    |
| Restverdi                                    |                    |                    |                    |                    |
| <i>Annen differanse i kostnadsvirkninger</i> |                    |                    |                    |                    |
| Luftforurensing                              | 945,7              | 945,7              | 945,7              | 945,7              |
| Sparte energikostnader                       | 989,7              | 989,7              | 989,7              | 989,7              |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>669 373,4</b>   | <b>115 8921,4</b>  | <b>2 165 757,2</b> | <b>1 331 350,7</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>502 558,3</b>   | <b>63 571,1</b>    | <b>-846 995,5</b>  | <b>-93 622,0</b>   |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>0,9</b>         | <b>0,1</b>         | <b>-0,5</b>        | <b>-0,1</b>        |

Vedleggstabell H-13: Beregning av netto nåverdi, scenario 6

## VEDLEGG H.7 SCENARIO 7

Illustrerer netto nåverdi dersom alt BMP-areal må erverves fra nærliggende tomtearealer.

| Input til grønngatemodell |                |       |   |
|---------------------------|----------------|-------|---|
| BMP-areal i grønstruktur  | m <sup>2</sup> | 679,5 | 0 |

Vedleggstabell H-14: Input til Grønngatemodellen, scenario 7

Tomtepris (Hendmark) er estimert til 1488,6 kr/m<sup>2</sup> (jfr. Figur 8-14)

Økte grunnervervskostnader vil øke det statlige investeringsbehovet, og gi en økning i skattekostnader. Grunnervervskostnaden er også fratrukket antatt gjennomsnittlig mva. på 6 % på lik linje med investeringskostnadene.

| Skattekostnad                        |                  |                  |                  |
|--------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|                                      | Lav              | Middel           | Høy              |
| Total investeringskostnad            | 427 412,3        | 755 695,6        | 1 388 864,2      |
| Total drift og vedlikeholdskostnad   | 128 786,0        | 208 459,3        | 414 320,5        |
| Grunnervervskostnader                | 954 217,6        | 954 217,6        | 954 217,6        |
| Beregningsgrunnlag for skattekostnad | 1 510 415,9      | 1 918 372,5      | 2 757 402,3      |
| <b>Skattekostnad (20 %)</b>          | <b>302 083,2</b> | <b>383 674,5</b> | <b>551 480,5</b> |

Vedleggstabell H-15: Endrede skattekostnader, scenario 7

Grunnlag for Tabell 10-38

| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   |                    |                    |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|  | Lav                | Middel             | Høy                | Gjennomsnitt       |
| <b>Nytteverdier</b>                          |                    |                    |                    |                    |
| <i>Spart investering - Alternativ 0.1</i>    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 812 110,8          | 1 496 084,2        | 2 733 453,7        | 1 680 549,6        |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 952 319,9          | 1 017 457,7        | 1 210 716,8        | 1 060 164,8        |
| Skattekostnad                                | 353 406,5          | 504 159,3          | 793 045,9          | 550 203,9          |
| <i>Spart kostnader</i>                       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        | 1 070 324,9        |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           | 37 563,1           |
| Restverdi                                    | 64 043,7           | 114 604,5          | 210 873,7          | 129 840,6          |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |                    |                    |                    |                    |
| Sparte helsekostnader                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| Boligverdi                                   | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | <b>3 289 768,9</b> | <b>4 240 193,7</b> | <b>6 055 978,2</b> | <b>4 528 646,9</b> |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |                    |                    |                    |                    |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3          | 755 695,6          | 1 388 864,2        | 857 324,0          |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0          | 208 459,3          | 414 320,5          | 250 522,0          |
| Skattekostnad                                | 302 083,2          | 383 674,5          | 551 480,5          | 412 412,7          |
| Grunnerverv                                  | 954 217,6          | 954 217,6          | 954 217,6          | 954 217,6          |
| <i>Utgåtte nytteverdier - Alternativ 0.1</i> |                    |                    |                    |                    |
| Restverdi                                    | 163 112,7          | 302 529,5          | 559 782,3          | 341 808,2          |
| <i>Annen differanse i kostnadsvirkninger</i> |                    |                    |                    |                    |
| Luftforurensing                              | 945,7              | 945,7              | 945,7              | 945,7              |
| Sparte energikostnader                       | 989,7              | 989,7              | 989,7              | 989,7              |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0                | 0,0                | 0,0                | 0,0                |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | <b>1 977 547,2</b> | <b>2 606 512,0</b> | <b>3 870 600,6</b> | <b>2 818 220,0</b> |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | <b>1 312 221,7</b> | <b>1 633 681,7</b> | <b>2 185 377,5</b> | <b>1 710 427,0</b> |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | <b>0,9</b>         | <b>0,9</b>         | <b>0,8</b>         | <b>0,8</b>         |

Vedleggstabell H-16: Beregning av netto nåverdi, scenario 7

Grunnervervskostnader øker det totale statlige finansieringsbehovet (utbetalinger knyttet til tiltaket).

Netto nåverdi per budsjettkrone er dermed lik:

$(NNV)/((Investeringskost. + \&V + \mathbf{Grunnervervskost.}))$



## VEDLEGG H.8 SCENARIO 8

Illustrerer netto nåverdi dersom kun de nærliggende forretningene vil få redusert sannsynlighet for flomskader. 15 av de 35 forretningene ligger nær de planlagte swale-løsningene.

| Input til grønngatemodell     |      |    |    |
|-------------------------------|------|----|----|
| Antall forretninger i 1. etg. | Stk. | 15 | 35 |

Vedleggstabell H-17: Input til Grønngatemodellen, scenario 8

Grunnlag for Tabell 10-39

|  | Lav         | Middel      | Høy         | Gjennomsnitt |
|--|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <b>Nytteverdier</b>                          |             |             |             |              |
| <i>Spart investering - Alternativ 0.1</i>    |             |             |             |              |
| Investeringskostnad                          | 812 110,8   | 1 496 084,2 | 2 733 453,7 | 1 680 549,6  |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 954 921,8   | 1 024 712,3 | 1 231 775,7 | 1 070 469,9  |
| Skattekostnad                                | 353 406,5   | 504 159,3   | 793 045,9   | 550 203,9    |
| <i>Spart kostnader</i>                       |             |             |             |              |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 458 710,7   | 458 710,7   | 458 710,7   | 458 710,7    |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1    | 37 563,1    | 37 563,1    | 37 563,1     |
| Restverdi                                    | 64 043,7    | 114 604,5   | 210 873,7   | 129 840,6    |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |             |             |             |              |
| Sparte helsekostnader                        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0          |
| Boligverdi                                   | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0          |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | 2 680 756,6 | 3 635 834,1 | 5 465 422,8 | 3 927 337,8  |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |             |             |             |              |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3   | 755 695,6   | 1 388 864,2 | 857 324,0    |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0   | 208 459,3   | 414 320,5   | 250 522,0    |
| Skattekostnad                                | 111 239,7   | 192 831,0   | 360 637,0   | 221 569,2    |
| <i>Utgåtte nytteverdier - Alternativ 0.1</i> |             |             |             |              |
| Restverdi                                    | 163 112,7   | 302 529,5   | 559 782,3   | 341 808,2    |
| <i>Annen differanse i kostnadsvirkninger</i> |             |             |             |              |
| Luftforurensing                              | 945,7       | 945,7       | 945,7       | 945,7        |
| Sparte energikostnader                       | 989,7       | 989,7       | 989,7       | 989,7        |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0          |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | 832 486,1   | 1 461 450,9 | 2 725 539,5 | 1 673 158,8  |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | 1 848 270,5 | 2 174 383,2 | 2 739 883,3 | 2 254 179,0  |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | 3,3         | 2,3         | 1,5         | 2,0          |

Vedleggstabell H-18: Beregning av netto nåverdi, scenario 8

## VEDLEGG H.9 SCENARIO 9

Illustrerer netto nåverdi dersom 200 m<sup>2</sup> veiareal må utskiftes ved en flomsituasjon. 200 m<sup>2</sup> tilsvarer 18,2 meter med 11 meter bred Sa2 vei.

| Input til grønnгатemodell      |                |     |   |
|--------------------------------|----------------|-----|---|
| Nødv.veirehabilitering v/ flom | m <sup>2</sup> | 200 | 0 |

Vedleggstabell H-19: Input til Grønnгатemodellen, scenario 9

Grunnlag for Tabell 10-40

|  | Lav         | Middel      | Høy         | Gjennomsnitt |
|--|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <b>Nytteverdier</b>                          |             |             |             |              |
| <i>Spart investering - Alternativ 0.1</i>    |             |             |             |              |
| Investeringskostnad                          | 812 110,8   | 1 496 084,2 | 2 733 453,7 | 1 680 549,6  |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 954 921,8   | 1 024 712,3 | 1 231 775,7 | 1 070 469,9  |
| Skattekostnad                                | 353 406,5   | 504 159,3   | 793 045,9   | 550 203,9    |
| <i>Spart kostnader</i>                       |             |             |             |              |
| Sparte forsikringsutbetalinger               | 1 070 324,9 | 1 070 324,9 | 1 070 324,9 | 1 070 324,9  |
| Sparte trafikantkostnader                    | 37 563,1    | 37 563,1    | 37 563,1    | 37 563,1     |
| Sparte rehabiliteringskostnader              | 49 714,2    | 80 084,5    | 151 013,1   | 93 603,9     |
| Restverdi                                    | 64 043,7    | 114 604,5   | 210 873,7   | 129 840,6    |
| <i>Annen differanse i nytteverdier</i>       |             |             |             |              |
| Sparte helsekostnader                        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0          |
| Boligverdi                                   | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0          |
| <b>Sum netto nytte</b>                       | 3 342 085,0 | 4 327 532,9 | 6 228 050,1 | 4 632 556,0  |
| <b>Kostnadsvirkninger</b>                    |             |             |             |              |
| Investeringskostnad                          | 427 412,3   | 755 695,6   | 1 388 864,2 | 857 324,0    |
| Drift og vedlikeholdskostnad                 | 128 786,0   | 208 459,3   | 414 320,5   | 250 522,0    |
| Skattekostnad                                | 111 239,7   | 192 831,0   | 360 637,0   | 221 569,2    |
| <i>Utgåtte nytteverdier - Alternativ 0.1</i> |             |             |             |              |
| Restverdi                                    | 163 112,7   | 302 529,5   | 559 782,3   | 341 808,2    |
| <i>Annen differanse i kostnadsvirkninger</i> |             |             |             |              |
| Luftforurensing                              | 945,7       | 945,7       | 945,7       | 945,7        |
| Sparte energikostnader                       | 989,7       | 989,7       | 989,7       | 989,7        |
| Prosjekteringskostnad                        | 0,0         | 0,0         | 0,0         | 0,0          |
| <b>Sum kostnadsvirkninger</b>                | 832 486,1   | 1 461 450,9 | 2 725 539,5 | 1 673 158,8  |
| <b>Netto nåverdi (NNV)</b>                   | 2 509 598,9 | 2 866 082,0 | 3 502 510,6 | 2 959 397,2  |
| <b>Netto nåverdi per budsjettkrone (NNB)</b> | 4,5         | 3,0         | 1,9         | 2,7          |

Vedleggstabell H-20: Beregning av netto nåverdi, scenario 9

