



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2021 30 stp**  
Fakultetet for realfag og teknologi

## **Samfunnsøkonomisk sammenligning av tradisjonell- og naturbasert overvannshåndtering – studieområde Kokstad vest**

Socio-economic comparison of traditional- and  
nature-based stormwater management  
– study area Kokstad vest

Kristine Holskar Hansen  
Industriell økonomi

## Forord

Denne masteroppgaven representerer mitt siste og avsluttende arbeid på studiet INDØK (Industriell Økonomi) ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet. Arbeidet med oppgaven ble utført i perioden fra januar til mai 2021. Det viste seg tidlig at det brede temaet for oppgaven skulle føre til et omfattende arbeid, og at det for mange av områdene som skulle dekkes var lite data på området fra før. Oppgaven kombinerer flere fagfelt. Arbeidet med oppgaven har vært utfordrende, lærerikt og spennende.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Asplan Viak AS. Jeg ønsker å takke Asplan Viak AS for tilgang på prosjektmateriale og god tilrettelegging og veiledning gjennom skrivearbeidet. Videre ønsker jeg også å rette en stor takk til mine dyktige veiledere. Hovedveileder Kim Aleksander Haukeland Paus, førsteamanuensis på fakultet for realfag og teknologi. Og biveileder Ingri Dymbe Birkeland, infrastruktur Vest Asplan Viak AS. Takk for konstruktive og inspirerende innspill og tilbakemeldinger. Jeg ønsker også å rette en stor takk til Ståle Navrud, professor på Handelshøyskolen, for gode og nyttige innspill på området for samfunnsøkonomisk verdsetting.

Oslo, mai 2021



Kristine Holskar Hansen

## Sammendrag

De siste årene har temaet overvann fått økt oppmerksomhet. Klimaendringene medfører økt totalnedbør og høyere intensitet på nedbøren. Samtidig ser vi en økende trend av urbanisering og fortetting av flater i form av bygninger, veier og andre ikke-permeable flater. Dette fører igjen til økte avrenningsvolumer og raskere avrenning. Dette kan skape store skader på infrastruktur, bygninger og anlegg grunnet for liten kapasitet på eldre og eksisterende overvannssystemer. For å unngå at skadene blir for store må vi tilpasse fremtidige planer og systemer etter den nedbøren vi estimerer vil inntreffe. Naturbaserte løsninger kan være en alternativ metode for å håndtere overvannet.

Masteroppgaven utfører en sammenligning av tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning. Tradisjonell overvannsløsning defineres som lukkede, tette løsninger under bakken. Disse løsningene er hovedsakelig ledningsbasert og håndterer vannet ved at det føres ned i sluk og vekk i rør. Naturbaserte overvannsløsninger er overvannstiltak som inkluderer vannsystemer i den overordnede grønnstrukturen. Disse løsningene går under betegnelsen LOD (lokal overvannsdiskonering). LOD innebærer at overvannet håndteres så nær utgangspunktet som mulig, enten ved infiltrasjon, fordrøyning eller ved å lede vannet bort i åpne flomveier.

Oppgaven tar utgangspunkt i studieområde Kokstad vest like ved Flesland flyplass i Bergen. Det er benyttet to modeller for å utføre sammenligningen. En hydrologisk- og hydraulisk modell i SWMM og en samfunnsøkonomisk analyse.

Innledningsvis simuleres ulike nedbørhendelser i SWMM modellen. En modell for før-situasjonen, en modell for tradisjonell overvannsløsning og en modell for naturbasert overvannsløsning. Før-situasjons-modellen er benyttet for å sette krav om maksimal avrenning ut av studieområdet etter utbygging. Forutsetningen at tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning har lik kulminasjonsavrenning ut av studieområdet er satt. Deretter benyttes resultatene fra SWMM-modellen videre inn i den samfunnsøkonomiske analysen. Det ble her estimert kostnader og nyttevirkinger av både tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning. Kostnadene er basert på bransjens tall for investerings-, drift- og vedlikeholdskostnader. Nyttevirkingene er beregnet med utgangspunkt i betinget verdsetting og verdioverføringsmetoder. Det er lagt ned mye arbeid rundt verdsetting av nyttefaktorer knyttet til de to løsningene. Til sist i oppgaven oppsummeres alle virkningene.

Resultatene viser at naturbasert overvannsløsning har høyest netto nåverdi (NNV) sammenlignet med tradisjonell overvannsløsning, under de gitte forutsetningene. Den største forskjellen ligger i

nyttevirkningene av tiltakene. Den naturbaserte løsningen har større og flere nyttevirksomheter og dermed høyere NNV. Den største nytten er knyttet til områdeverdier heller enn selve håndteringen av styrtregn/flom. Dette viser at naturbasert løsning fører med seg andre og større positive verdier i tillegg til selve formålet om å håndtere overvannet. Funnene indikerer at det bør forskes mer på nytteverdier som samfunnet vil få av naturbaserte overvannsløsninger. Det må også arbeides med omfordelingstiltak for nytten da utbyggere trenger incentiver til å velge den samfunnsøkonomisk beste løsningen.

## Summary

In the last years the topic of surface water has received increased attention. Climate change leads to increased total precipitation and higher intensity of precipitation. At the same time, we are seeing an increasing trend of urbanization and densification of surfaces in the form of buildings, roads and other non-permeable surfaces. This in turn leads to both increased runoff volumes and faster runoff. This can cause major damage to infrastructure, buildings and facilities due to insufficient capacity on older and existing surface water systems. To prevent the damage from becoming too great, we must adapt future plans and systems to the precipitation we estimate will occur. Nature-based solutions can be an alternative method of managing surface water.

The master's thesis performs a comparison of traditional and nature-based surface water solution. Traditional surface water solution is defined as closed solutions underground. These solutions are mainly pipe-based and handle the water by leading it down into drains and away into pipes. Nature-based surface water solutions are surface water measures that include water systems in the overall green structure. These solutions are called LOD (local surface water management). LOD means that the surface water is handled as close to the starting point as possible, either by infiltration, diversion or by diverting the water away in open floodways.

The thesis is based on the study area Kokstad West, which is located close to Flesland Airport in Bergen. Two models have been used to perform the comparison. A hydrological and hydraulic model in SWMM and a socio-economic analysis.

Initially, various precipitation events are simulated in the SWMM model. A model for the pre-situation, a model for traditional surface water solution and a model for nature-based surface water solution. The pre-situation model has been used to set requirements for maximum runoff out of the study area after being developed. The assumption that traditional and nature-based surface water solution has equal culmination runoff out of the study area has been set. Then the results from the SWMM model are used further into the socio-economic analysis. The costs and benefits of both traditional and nature-based surface water solutions were estimated here. The costs are based on the industry's figures for investment, operating and maintenance costs. The benefits are calculated on the basis of contingent valuation and value transfer methods. A lot of work has been put into valuing utility factors related to the two solutions. At the end of the thesis, all the effects are summarized.

The results show that nature-based surface water solution has the highest net present value (NNV) compared with traditional surface water solution, under the given conditions. The biggest

difference lies in the benefits of the measures. The nature-based solution has greater and more beneficial effects and thus higher NNV. The greatest benefit is related to area-values rather than the actual handling of torrential rain and floods. This shows that nature-based solutions are followed by greater positive values in addition to its basic purpose of managing the surface water. The findings indicate that we should do more research on the benefits that society will receive from nature-based surface water solutions. We must also work with redistribution measures for the benefit, as developers need incentives to choose the socio-economically best solution.

# Innhold

<b>FORORD</b> .....	<b>I</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>II</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>IV</b>
<b>INNHold</b> .....	<b>VI</b>
<b>FIGURER</b> .....	<b>VIII</b>
<b>TABELLER</b> .....	<b>X</b>
<b>FORKORTELSER</b> .....	<b>XII</b>
<b>1 INTRODUKSJON</b> .....	<b>1</b>
1.1 MØTIVASJON OG PROBLEMSTILLING .....	3
1.2 MÅL OG FORSKNINGSSPØRSMÅL .....	3
1.3 STRUKTUR I OPPGAVEN .....	5
<b>2 BAKGRUNN OG TEORI</b> .....	<b>6</b>
2.1 OVERVANN .....	6
2.2 OVERVANNSTILTAK .....	6
2.2.1 Tradisjonelle overvannsløsninger .....	8
2.2.2 Naturbaserte overvannsløsninger .....	10
2.3 BLÅGRØNN FAKTOR .....	17
2.4 OPPSUMMERING AV AKTUELLE OVERVANNSTILTAK .....	18
2.5 KUNNSKAPSSTATUS NASJONALT OG INTERNASJONALT .....	19
2.6 KUNNSKAPSBEHOV .....	20
2.7 FUNKSJONSKRAV OG FAKTORER KNYTTET TIL AVRENNINGEN FRA ET FELT .....	22
2.7.1 Gjentakintervall og IVF-data .....	22
2.7.2 Avrenningsforhold.....	23
2.8 MODELLERING AV HYDROLOGISK- OG HYDRAULISK MODELL .....	24
2.8.1 SWMM – Verktøy for overvannsmodellering .....	24
2.8.2 Symmetrisk blokkhyetogram.....	24
2.9 SAMFUNNSØKONOMISK ANALYSE .....	25
2.9.1 Verdsettingsmetoder og verdioverføring.....	26
2.9.2 Nåverdimetoden .....	28
2.9.3 Vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet .....	29
<b>3 METODE OG STUDIEOMRÅDE</b> .....	<b>30</b>
3.1 KORT OM VALG AV METODE .....	30
3.2 STUDIEOMRÅDET .....	31
3.3 MODELLOPPSETT I SWMM .....	33
3.3.1 Simulerte nedbørhendelser.....	33
3.3.2 Simuleringer av overvannsløsninger.....	35
3.4 SAMFUNNSØKONOMISK ANALYSE .....	37
3.4.1 Forutsetninger og tidshorisont.....	37
3.4.2 Nullalternativ .....	37
3.4.3 Identifisering av alternativer.....	38
3.4.4 Identifisere virkninger.....	39
3.4.5 Tallfeste og verdsette virkninger .....	41
<b>4 RESULTATER</b> .....	<b>58</b>
4.1 SIMULERINGER SWMM RESULTATER.....	58
4.2 SAMFUNNSØKONOMISK ANALYSE RESULTATER .....	61

<b>5</b>	<b>DISKUSJON .....</b>	<b>67</b>
5.1	VURDERE SAMFUNNSØKONOMISK LØNNSOMHET .....	67
5.1.1	<i>Vurdering av de prissatte virkningene .....</i>	67
5.1.2	<i>Vurdering av de ikke-prissatte virkningene .....</i>	68
5.2	METODEDISKUSJON OG USIKKERHET .....	69
5.2.1	<i>Usikkerhet ved SWMM-modellen .....</i>	69
5.2.2	<i>Usikkerhet ved den samfunnsøkonomiske modellen.....</i>	71
5.3	FØLSOMHETSANALYSE AV RESULTATENE .....	77
5.3.1	<i>Følsomhetsanalyse på NNV .....</i>	77
5.4	FORSKNINGSSPØRSMÅLENE .....	80
5.4.1	<i>Hva er forskjellene mellom tradisjonelle og naturbaserte overvannsystemer når både prissatte og ikke-prissatte virkninger hensyntas?.....</i>	80
5.4.2	<i>Hvem blir berørt av virkningene og hvordan fordeler virkningene seg på ulike grupper i samfunnet?.....</i>	82
5.4.3	<i>Hvilken overføringsverdi har resultatene fra studieområdet?.....</i>	85
<b>6</b>	<b>KONKLUSJONER OG VIDERE ARBEID .....</b>	<b>86</b>
	<b>REFERANSER.....</b>	<b>88</b>
	<b>VEDLEGG A - KVALITETSPLAN FOR OMRÅDEREGULERINGSPLAN, KOKSTAD VEST .....</b>	<b>93</b>
	<b>VEDLEGG B – BLÅGRØNN FAKTOR .....</b>	<b>94</b>
	<b>VEDLEGG C – SWMM-DATA.....</b>	<b>95</b>
	<b>VEDLEGG D – RESULTATER ENDRING AV ANALYSEPERIODE.....</b>	<b>96</b>



## Figurer

Figur 1: Illustrasjon av paradigmeskiftet i håndteringen av overvann. (Hanna Haukøya Storemyr, Bymiljøetaten, Oslo kommune (2015); (Paus, 2016, s. 9)).	4
Figur 2: Tre-trinnstrategi for håndtering av overvann. (Paus, 2018, fig. 2).	7
Figur 3: Overvannshjulet som viser inndelingen av naturbaserte- og tradisjonelle overvannsløsninger utarbeidet av Asplan Viak.	8
Figur 4: Prinsippskisse for lukket fordrøyningstank. (Åstebøl, Robba, & Stenvik, 2013)	9
Figur 5: Eksempel på et grønt intensivt sedumtak. (B. C. Braskerud, 2016)	11
Figur 6: Prinsippskisse for grønt tak. (Åstebøl et al., 2013)	11
Figur 7: Infiltrasjonsgrøft langs vei. (Gabriel & Fiil, 2016b)	12
Figur 8: Prinsippskisse for infiltrasjonsgrøft. (Åstebøl et al., 2013)	12
Figur 9: Permeabelt armert gressdekke. (Åstebøl et al., 2013)	13
Figur 10: Prinsippskisse for oppbygningen av et permeabelt dekke. (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015)	13
Figur 11: Eksempel på et regnbed (Åstebøl et al., 2013)	14
Figur 12: Prinsippskisse for regnbed (B. Braskerud & Paus, 2016)	14
Figur 13: Overvannsdam i bebyggelse (Åstebøl et al., 2013)	15
Figur 14: Prinsippskisse for overvannsdam (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015)	15
Figur 15: Skateplass som fungerer som et tilrettelagt oversvømmelsesareal (Åstebøl et al., 2013).	16
Figur 16: Sammensetning av økologisk effektiv overflate og utregning av blågrønn faktor (Fremtidens byer, 2014)	17
Figur 17: IVF-kurve (i mm) for Sandsli (SN50480) for 1-1400 minutter (Observasjonsperiode 1982-2017). Hentet fra Norsk Klimaservicesenter (02.03.2021).	23
Figur 18: Illustrasjon av et symmetrisk blokkhyetogram med beregningssteg på 5 minutter (O. Lindholm, 2015).	24
Figur 19: Inndeling av metoder for verdsetting av miljøgoder basert på individuelle preferanser (Navrud, 2016).	26
Figur 20: Flytdiagram for fremgangsmåten til masteroppgaven.	31
Figur 21: Bildene viser beliggenheten til studieområdet Kokstad vest like ved Flesland flyplass. Det er markert røde sirkler rundt studieområdet. (Asplan Viak, 2013)	31
Figur 22: Historisk bilde av studieområdet Kokstad vest samt områder rundt, fra 2009. Bilde hentet fra 1881 historiske bilder (02.09.2021).	32
Figur 23: Vedtatt prinsippskisse av studieområdet etter ferdig utbygging. Bilde hentet fra Kvalitetsplan for områderegeringsplan, se Vedlegg A Figur 36.	33
Figur 24: Symmetrisk blokkhyetogram for 30-års regnet. Den røde heltrukne linjen viser uten klimafaktor og den stiplede røde linjen viser med klimafaktor på 1,4.	35
Figur 25: Alternative scenarier til fremtidig utnyttelse av studieområdet og områdene rundt (Asplan Viak, 2013).	47
Figur 26: Konsekvensmatrise som benyttes i vurderingen av de ikke-prissatte virkningene (Direktoratet for økonomistyring, 2018).	53
Figur 27: Graf over strømning i utfall nodene for før-situasjon (blå graf), tradisjonell modell (rød graf) og naturbasert modell (rosa graf), ved 30-års regnet. Grafen viser at det er lik kulminasjonsavrenning ut av planområdet i alle tre modellene.	59
Figur 28: Nåverdien av kostnadene for investering-, drift- og vedlikehold. Tradisjonell løsning til venstre og naturbasert løsning til høyre.	62

Figur 29: Grafen viser nåverdien for hver av nyttevirkningene for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning, og samlet total nytte for hver av overvannsløsningene.....	63
Figur 30: Netto nåverdi for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning ved 40-år analyseperiode.....	65
Figur 31: Grafen viser hvordan hver av virkningene påvirker total NNV for tradisjonell overvannsløsning.....	77
Figur 32: Grafen viser hvordan hver av virkningene påvirker total NNV for naturbasert overvannsløsning.....	78
Figur 33: Samlet virkning på NNV for tradisjonell overvannsløsning og naturbasert overvannsløsning. I pessimistisk estimat er alle virkningene regnet med sitt pessimistiske utfall. Det samme, men motsatt, gjelder for optimistisk utfall. ....	79
Figur 34: Sektordiagrammet viser hvor stor andel utbygger får av de prissatte nytte- og kostnadsvirkningene ved både tradisjonell- og naturbasert løsning. Kostnadene er investerings-, drift- og vedlikeholdskostnader. Nyttien er redusert usikkerhet for flom. ....	83
Figur 35: Sektordiagrammet illustrerer hvordan de prissatte nyttevekningene, for naturbasert løsning, fordeler seg andelsvis på andre grupper i samfunnet enn utbygger. ....	84
Figur 36: Kvalitetsplan for områdereguleringsplan, del av Kokstad vest.....	93
Figur 37: Skjema for utregning av delsummer og totalsum av blågrønn faktor for den naturbaserte løsningen. Skjema hentet fra (Fremtidens byer, 2014).....	94
Figur 38: Regional flomberegning beregnet i, og hentet fra, Nevina. ....	95

## Tabeller

Tabell 1: Anbefalt BGF for ulike områdetyper (Fremtidens byer, 2014). .....	17
Tabell 2: Oversikt over overvannstiltak, benyttet i oppgaven, med tilhørende tiltaksgruppe og verdi til blågrønn faktor (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015) (Plan og bygningsetaten Oslo kommune, 2020). .....	18
Tabell 3: Gjentakintervall for dimensjonerende vannføring i Bergen kommune (Vann- og avløpsetaten, 2005). .....	22
Tabell 4: Samfunnsøkonomisk lønnsomhetsvurdering for ulike analysetyper (Direktoratet for økonomistyring, 2018). .....	29
Tabell 5: Tabellen illustrerer hvilket regn som er simulert i de ulike SMWW modellene. $K_f$ står for klimafaktor, som er satt til 1,4 i analysen. ....	34
Tabell 6: Simulerte regn med varighet, klimafaktor og intensiteter. ....	34
Tabell 7: Skjematisk oversikt over nytte- og kostnadsvirkninger for tradisjonelle- og naturbasert overvannsløsninger. Utviklet med utgangspunkt i tabell fra (NOU, 2015). ....	39
Tabell 8: Skjematisk oversikt over enhetskostnad per tiltakstype justert til januar-2021-kroner, basert på (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015). Middelestimat er benyttet. ....	41
Tabell 9: Oppsummerende tabell over verdiene ulike studier har estimert for rekreasjon i urban grønnstruktur. ....	46
Tabell 10: Oppsummerende tabell over hva den tradisjonelle løsningen inneholder av overvannstiltak og kvantum. ....	58
Tabell 11: Tabellen viser volum lagret i fordrøyningsmagasinene i tradisjonell løsning ved 30-års regnet. ....	58
Tabell 12: Oppsummerende tabell over hva den naturbaserte løsningen inneholder av overvannstiltak og kvantum. ....	59
Tabell 13: Oversikt over maksimal avrenning ut av hver utfall node og totalt volum for hver utfall node. ....	60
Tabell 14: Tabellen viser oversikt over avrenningskoeffisientene for hver SWMM modell. ....	60
Tabell 15: Tabellen viser differansen i gjennomsnittlig avrenning over året for naturbasert- og tradisjonell overvannsløsning. Differansen er regnet som sparte årlige fremmedvannmengder. .	60
Tabell 16: Nåverdien av kostnadene for investering-, drift- og vedlikehold for tradisjonell overvannsløsning. ....	61
Tabell 17: Nåverdien av kostnadene for investering-, drift- og vedlikeholds for naturbasert overvannsløsning. ....	61
Tabell 18: Oppsummerende tabell for de ulike nyttevirkningene, samt total nytte for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning. ....	64
Tabell 19: Netto nåverdien av tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning over 40 års perspektiv. ....	64
Tabell 20: Vurdering av de ikke-prissatte virkningene ved bruk av pluss-minus metoden. De ikke-prissatte virkningene er vurdert for både tradisjonell- og naturbasert løsning, vist i de hvite kolonnene til høyre. ....	66
Tabell 21: Bruttoliste for usikkerhetsfaktorer ved SWMM-modellen. ....	69
Tabell 22: Bruttoliste for usikkerhetsfaktorer i den samfunnsøkonomiske analysen. ....	71
Tabell 23: Tabellen viser de virkningene som gir størst utslag på NNV for tradisjonell overvannsløsning. ....	77
Tabell 24: Tabellen viser de virkningene som gir størst utslag på NNV for naturbasert overvannsløsning. ....	78

Tabell 25: Nåverdien av investerings-, drift- og vedlikeholdskostnader for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning.....	80
Tabell 26: Oversikt over areal av hvert LID-tiltak modellert i SWMM for naturbasert overvannsløsning.....	95
Tabell 27: NNV for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning med analyseperiode på 80 år. Diskonteringsrenten er på 2 % i tråd med "Veileder i samfunnsøkonomiske analyse". I beregningene er det gjort reinvesteringer for alle tiltak etter endt levetid. ....	96

## Forkortelser

BGF	Blågrønn faktor
DFØ	Direktoratet for økonomistyring
IVF	Intensitet-varighet-frekvens
K <sub>f</sub>	Klimafaktor
LOD	Lokal overvannsdiskonering
NNV	Netto nåverdi
SWMM	Storm Water Management Model
SØA	Samfunnsøkonomisk analyse
T	Gjentaksintervall
VA	Vann og avløp

## 1 Introduksjon

Det er flere grunner til at overvann har fått økt oppmerksomhet de siste årene. Klimaendringene medfører økt totalnedbør og høyere intensitet på nedbøren. Dette kan skape store skader på infrastruktur, bygninger og anlegg grunnet for liten kapasitet på eldre og eksisterende overvannssystemer. For å unngå at skadene blir for store må vi tilpasse fremtidige planer og systemer etter den nedbøren vi estimerer vil inntreffe.

Nedbøren fremover mot 2100 er basert på antagelser om hvordan de menneskeskapte utslippene vil utvikle seg, kalt utslippsscenarioer. Klimaframskrivningene IPCC og Hanssen-Bauer har beregnet gir en tydelig pekepinn på hvilke endringer vi vil se i Norge og globalt (Collins et al., 2013; Hanssen-Bauer et al., 2015). I rapporten Klima i Norge 2100 er den fremtidige nedbørutviklingen basert på middels og høye utslippsscenarioer.

I Norge har middelnedbøren økt med 18 % fra 1990 og frem til 2016 (NOU, 2015). Innen slutten av dette århundre er middelnedbøren estimert til å øke med 18 % sammenlignet med referanseperioden 1971-2000. Antall dager med ekstremnedbør vil øke med hele 89 %. Dette fører til at nedbørintensiteten øker. Som oftest er det intens nedbør over en kort tidsperiode, under et døgn, som forårsaker de største overvannsskadene i urbane strøk. Beregninger viser at kortidsnedbør på 3 timer med gjentaksintervall på 5 år vil øke opp mot 30 % gjennomsnittlig for Norge innen 2100 (Hanssen-Bauer et al., 2015). Dette er en markant økning og er noe vi må ta på alvor fremover i planleggingen av fremtidig overvannshåndtering.

Samtidig ser vi en økende trend av urbanisering og fortetting av flater i form av utbygging av flere bygg, veier og andre ikke-permeable flater. Dette fører igjen til økte avrenningsvolumer og raskere avrenning. Interessekonfliktene kan være store om de verdifulle urbane arealene. Fortetting i byene er gunstig med tanke på å skape en kompakt by med flere boliger i sentrale områder, men økt befolkningsvekst i urbane strøk/byer og tettsteder setter ofte press på grønnstrukturene. Det er knyttet stor usikkerhet til hvordan befolkningstallet vil utvikle seg i Norge fremover. Statistisk sentralbyrå (SSB) har anslått at det vil bli høyest økning i prosent rundt Oslo og på Sør- og Vestlandet (NOU, 2015). En analyse Vista Analyse gjorde i 2015 viser at andelen ubebygget areal i Oslo i perioden 1994-2006 sank med 15,5 %, grunnet befolkningsvekst. Generelt viser statistikken at rundt 20 % av grønnstrukturen i byer og tettsteder i Norge har blitt bygget ned fra 1990 til 2009 (Magnussen, Reinvang, & Løset, 2015).

Skadekostnadene av overvann, har i takt med beskrevet klimautvikling, kostet kommune-Norge mange millioner kroner på grunn av skader på bygninger, infrastruktur og anlegg. Dette gjelder særlig i urbane bystrøk og er en utfordring de fleste byer i Norge står ovenfor i dag og vil møte i økende grad i tiden fremover. Utvalget til NOU 2015 har regnet ut at i perioden 2008-2014 var skadebeløpet grunnet overvann på 42 milliarder kroner, justert med konsumprisindeks til 2014-verdier, eksklusiv egenandeler (NOU, 2015). Uten forebyggende tiltak kan vi forvente at skadekostnadene vil følge samme utvikling. Utvalget til NOU 2015 har uttalt at skadekostnadene forventes å øke fra 45 til 100 milliarder kroner i løpet av de neste 40 årene (NOU, 2015). Dette belyser hvor viktig det er å klimatilpasse kommuneplaner, reguleringsplaner og overvannssystemer slik at vi forebygger skadevirkningene av overvann i størst mulig grad.

Tradisjonell håndtering av overvann baserer seg på å lede vannet vekk under bakken i rør. Løsningene har fungert opp igjennom årene, men metoden er lite fleksibel og det er svært kostbart ved behov for utvidelser. Klimaendringene, fortetting og befolkningsvekst medfører at ledningssystemet ikke lenger har kapasitet til å håndtere den kommende mengden overvann. Nedbygging av natur, som følger av fortetting, fører til tap av biologisk mangfold og naturlige rekreasjonsområder for befolkningen. Ledningene som tidligere er lagt er dimensjonert ut ifra kunnskap om nedbørforhold og befolkningsvekst i nærområdet og tar derfor i liten grad hensyn til klimaendringer eller fortetting av området. Likevel er ledningene som er lagt beregnet for å ligge i 100 år. Et sitat av Albert Einstein sier at «Dagens problem kan ikke løses gjennom å tenke på samme måte som da vi skapte dem».

Naturbaserte overvannsløsninger har de siste årene fått økt oppmerksomhet. I 2018 ble det vedtatt, i Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning, at det bør vurderes naturbaserte løsninger ved utbygginger. Det står også at det skal begrunnes hvorfor dette eventuelt ikke benyttes (Lovadata, 2018). Med naturbaserte overvannsløsninger menes tiltak for overvannshåndtering i tilknytning til grønne områder (Hernes, 2018). Noen eksempler på naturbaserte løsninger er blå tak, regnbed, åpne vannspeil, bekkeåpning, gressplen, trær og busker. Det er knyttet flere andre positive funksjoner til naturbaserte løsninger, som økt biologisk mangfold, rekreasjon og vannkvalitet, for å nevne noen. Konkrete og mer utfyllende definisjoner og funksjoner beskrives i kapittel 2.2.2. For å håndtere fremtidens utfordringer rundt overvann er det behov for å se fremover i et helhetlig perspektiv etter bærekraftige løsninger. En annen tilnærming til overvannshåndtering kan bidra til en bedre byutvikling, der naturlige dekker og områder får plass i det stadig mer kompakte bybildet. Dette tilfredsstillende både tekniske krav som stilles i en byutvikling, i form av vannhåndtering, og er positivt for mennesker og det biologiske mangfoldet.

## **1.1 Motivasjon og problemstilling**

Denne masteroppgaven skal derfor ta for seg en sammenligning av tradisjonell overvannshåndtering og naturbasert overvannshåndtering. Sammenligningen skal skje ut ifra et samfunnsøkonomisk perspektiv hvor både prissatte og ikke-prissatte virkninger regnes med over et tidsperspektiv på 40 år. Med virkninger menes konsekvenser eller effekter av ulike tiltak. Et tiltak kan ha positive og negative virkninger. Eksempler kan være kostnader og nytter. Oppgaven ønsker å inkludere virkninger som kan verdsettes i kroner og virkninger som det ikke kan settes en kroneverdi på.

Bransjen har behov for mer kunnskap rundt håndtering av overvann. Det er knyttet usikkerhet til om naturbaserte løsninger kan erstatte tradisjonelle løsninger. Spørsmålet er om det er den tradisjonelle løsningen som er best, eller om vi velger denne løsningen av "gammel vane". Ved å bruke samfunnsøkonomiske analyseverktøy vil oppgaven finne sammenlignbare nåverdier for tradisjonelle- og naturbaserte overvannsløsninger.

## **1.2 Mål og forskningsspørsmål**

Det overordnede målet med oppgaven er å sammenligne tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning for å se hvilken løsning som kommer best ut i et samfunnsøkonomisk perspektiv. Som VA-konsulent står man ofte ovenfor prosjekter med kompliserte løsninger og hvor flere parter med ulike interesser er involvert. Det er derfor viktig at det blir tatt beslutninger på bakgrunn av fakta og forskning, ikke av "gammel vane".

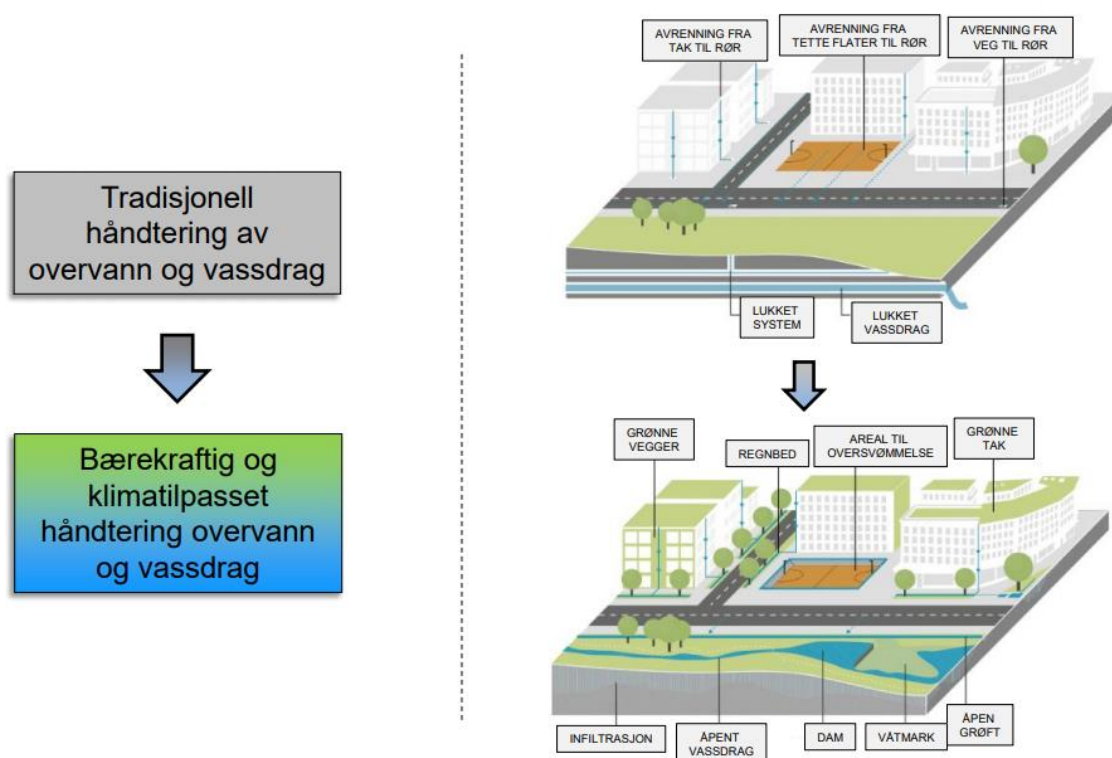
For å vite om en annen løsning er bedre over et lengre perspektiv, må man undersøke og sammenligne løsningene mot hverandre. Ved å illustrere forskjeller i kostnad, nytte og sårbarhet kan man få et bedre grunnlag for å anbefale løsninger og større motivasjon for å velge og investere i nye løsninger.

Det er flere fagfolk i bransjen som er positive til naturbaserte løsninger, og som snakker om et "paradigmeskifte" innen overvannshåndtering. En illustrasjon av dette er vist i Figur 1. Her er tanken at overvannsystemene, som ligner på naturens egne systemer, vil være bedre enn den tradisjonelle måten å håndtere overvannet på. Denne oppgaven vil besvare hvilke kostnader og nytte naturbasert overvannshåndtering vil gi i forhold til tradisjonell overvannshåndtering. Oppgaven vil også forsøke å finne svar på hva som er de største kostnadene og hva som er de største nyttene for de ulike løsningene.

I oppgaven vil det være fokus på et langtidsperspektiv. Selv om investeringskostnadene muligens er dyrere på kort sikt, kan det hende at bildet ser annerledes ut over et lengre tidsperspektiv.



Med et helhetlig perspektiv forstås her en helhetlig forvaltning av vannets kretsløp, fra oppsamling til resipient, hvor effekter på rekreasjonsområder, økonomi, biologi og miljø blir hensyntatt.



Figur 1: Illustrasjon av paradigmeskiftet i håndteringen av overvann. (Hanna Haukøya Storemyr, Bymiljøetaten, Oslo kommune (2015); (Paus, 2016, s. 9)).

Med bakgrunn i oppgavens målsetting og innledende problemstilling listes det her opp tre forskningsspørsmål som masteroppgaven forsøker å besvare:

---

**Spørsmål 1:** Hva er forskjellene mellom tradisjonelle og naturbaserte overvannssystemer når både prissatte og ikke-prissatte virkninger hensyntas?

---

**Spørsmål 2:** Hvem blir berørt av virkningene og hvordan fordeler virkningene seg på ulike grupper i samfunnet?

---

**Spørsmål 3:** Hvilken overføringsverdi har resultatene fra studieområdet?

---

### **1.3 Struktur i oppgaven**

Oppgaven er skrevet i IMRaD-stil med introduksjon, metode, resultat og diskusjon, før den avsluttes med en konklusjon og anbefalinger til videre arbeid. Like etter innledningen er det lagt til et bakgrunnskapittel med det nødvendige teoretiske grunnlaget for å sikre en felles forståelse av situasjoner og begreper, samt belyse hvor vi står i dag og hvilken kunnskap vi stadig søker etter. Masteroppgaven er i høy grad tverrfaglig. Den inneholder elementer av overvannsteknikk, modelleringer og økonomiske beregninger.

## **2 Bakgrunn og teori**

### **2.1 Overvann**

Overvann er avrenning av nedbør og vann fra snøsmelting på overflater av tak, veier og andre tette flater (Magnussen, Wingstedt, Rasmussen, & Reinvang, 2015). Forhold som avgjør hvor mye overvann som oppstår og hvordan overvannet oppfører seg er nedbør-mengde og -intensitet, geografi, topografi og overflatestruktur. Derfor kan en nedbørhendelse med en viss størrelse og intensitet føre til svært ulike konsekvenser på to ulike steder. Fortetting, klimaendringer og mer intens nedbør er drivere for økt avrenning.

Overvann som opptrer i volumer ut over det dagens infrastruktur har kapasitet til å håndtere, kan medføre store skader. Tidligere i historien har overvann blitt sett på som en ulempe og et problem. Det er først i de senere årene at det har blitt fokus på å utnytte overvann som en ressurs. Den tradisjonelle overvannshåndteringen baserer seg på å lede regnvannet ned i avløpsrørene for så å bli sendt til renseanlegget. Dette medfører at renseanleggene rens store mengder vann som egentlig ikke trengs å renses, noe som er dyrt i et samfunnsøkonomisk perspektiv.

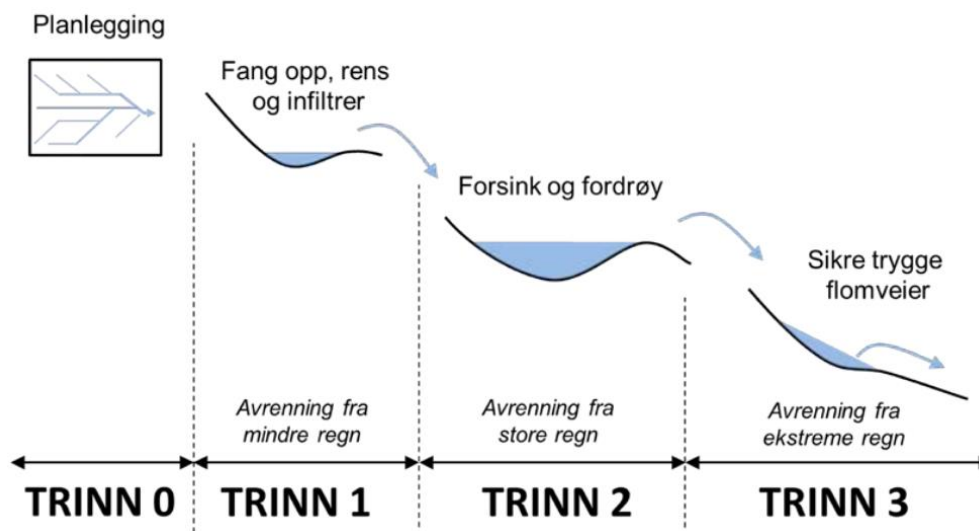
Med økende grad av urbanisering er fortetting noe vi må håndtere på riktig måte. Resultater fra en studie utført i Leipzig fra 1870-2003 fant at 75 % av nedbøren rant av som overvann i områder av byen som var tilnærmet tette (Aarrestad et al., 2015). Tilnærmet tette overflater vil her si 80-100% andel ugjennomtrengelige flater. Studiet viste også og at fordampingen ble redusert betydelig i samme områder. Disse resultatene viser at avrenningen øker med økende andel tette flater og at prosesser som infiltrasjon, fordampning og fordrøyning er noe som må tilrettelegges for.

### **2.2 Overvannstiltak**

Overvannstiltak er en fellesbetegnelse på tiltak for å infiltrere, fordrøye, transportere og behandle overvann (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015). Ofte skilles det mellom tradisjonell overvannshåndtering og lokal overvannshåndtering. Som nevnt er de tradisjonelle overvannsløsningene hovedsakelig ledningsbasert og håndterer vannet ved at det føres ned i sluk og vekk i rør. Lokal overvannshåndtering benevnes også som lokal overvannsdisponering med forkortelsen LOD. Utrykket dukket opp på 70-tallet (Endresen, 1998). LOD innebærer at overvannet skal håndteres så nær utgangspunktet som mulig, enten ved infiltrasjon, fordrøyning eller ved å lede vannet bort i åpne flomveier.

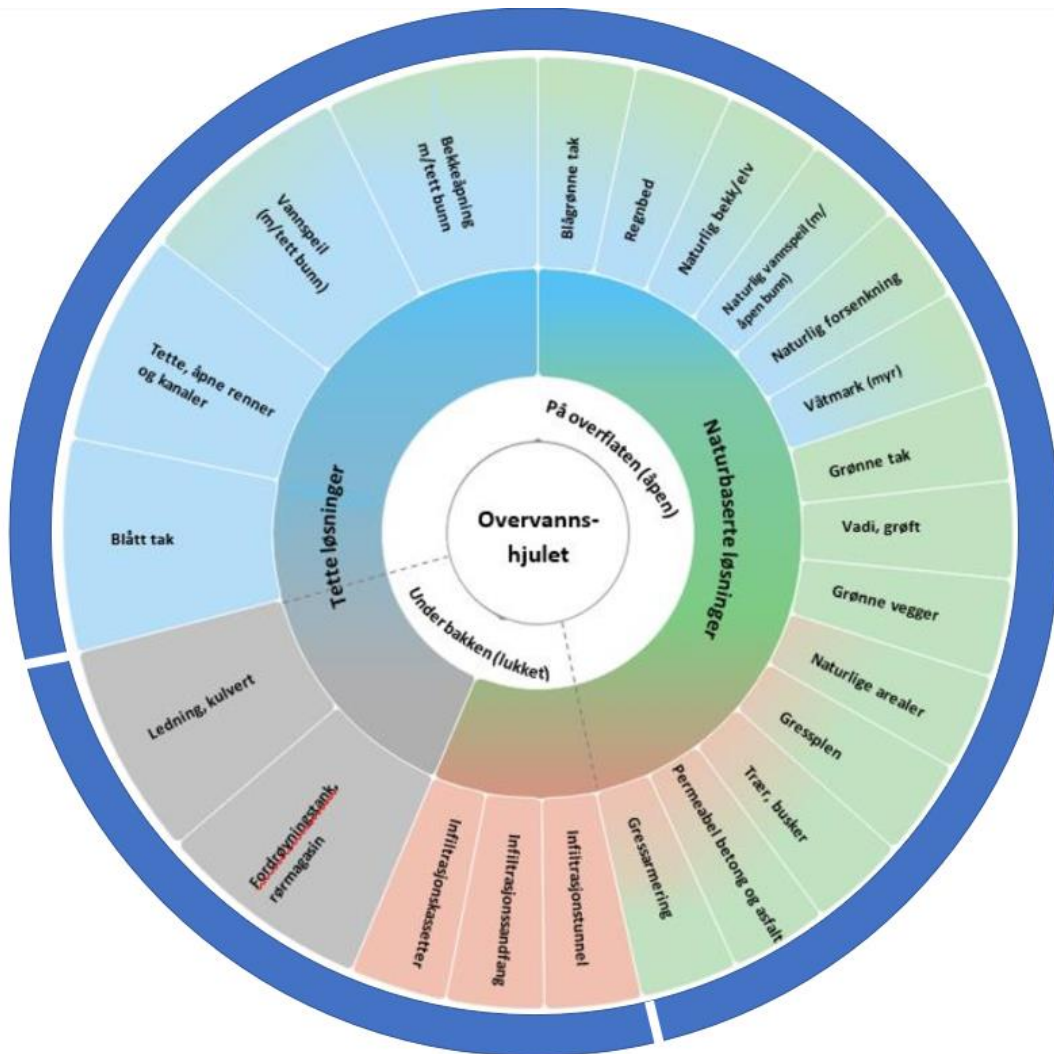
Norsk Vann har utarbeidet en metode som skal bedre overvannshåndteringen, kalt tre-trinnstrategien (O. Lindholm et al., 2008). Prinsippet er at man infiltrerer mindre regn, kalt trinn 1 regn. I trinn 2 skal større regnhendelser forsinkes og fordrøyes. Trinn 3 går ut på å sikre trygge

flomveier for ekstreme regnhendelser. Infiltrasjon av overvann er nedbørvannets nedtrengning gjennom jordoverflaten. Fordrøyning er midlertidig lagring av overvann. Tilført vann holdes tilbake i et magasin eller lignende ved stor avrenning, for å minske avrenningstoppene nedstrøms (O. Lindholm et al., 2008). Figur 2 viser en oversikt over tre-trinnstrategien. Veilederen viser til generelle anbefalinger og må tilpasses hvert enkelt område lokalt ved bruk.



Figur 2: Tre-trinnstrategi for håndtering av overvann. (Paus, 2018, fig. 2).

Det finnes mange ulike typer overvannstiltak. Figur 3 under viser en inndeling utarbeidet av Asplan Viak, samt grensene mellom de ulike kategoriene. Figuren omhandler de fleste tradisjonelle- og naturbaserte tiltakene som er mest benyttet. De tiltakene som er aktuelle for denne oppgaven bli beskrevet nærmere i kapittel 2.2.1 og 2.2.2 under.



Figur 3: Overvannshjulet som viser inndelingen av naturbaserte- og tradisjonelle overvannsløsninger utarbeidet av Asplan Viak.

### 2.2.1 Tradisjonelle overvannsløsninger

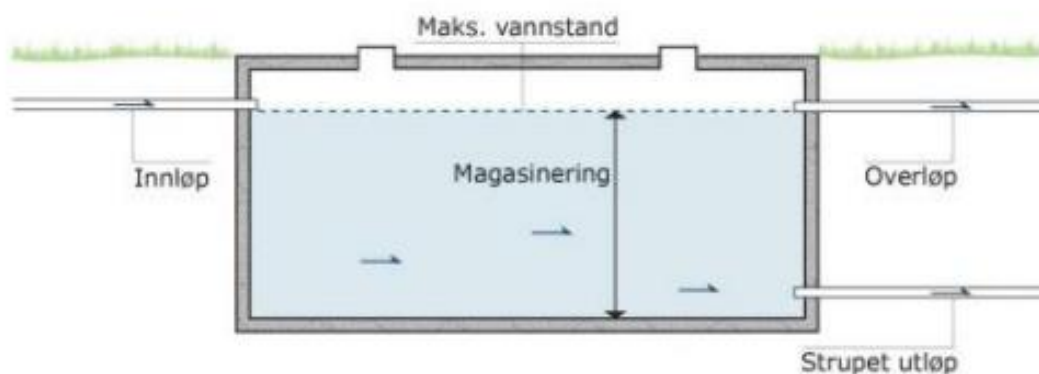
Som nevnt er tradisjonelle overvannsløsninger hovedsakelig ledningsbasert, hvor det transporterer og fordrøyer overvannet. Under følger en nærmere beskrivelse av hvert av de tradisjonelle overvannstiltakene som oppgaven benytter:

#### Rørsystemer

Tradisjonelt har rørene håndtert både spillvann og overvann, kalt fellessystem, og fraktet dette til renseanleggene. Ved store regnhendelser og sprengt kapasitet blir vannet sendt ut i overløp uten å renses. I Norge dominerer fellessystem i stor grad, men det etterstrebes separatsystem, hvor spillvann og overvann fraktes i ulike rør. Dette for å minimalisere forurensningsutslipp og unødvendige rensekostnader, men arbeidet er kostbart, tidkrevende og ofte inngrepene i et bybilde, og det vil ta lang tid før det er separatsystem over alt. Drift- og vedlikeholdsarbeidet går ut på å rense rørene og tette lekkasjer.

### Lukket fordrøyningsbasseng

I et lukket fordrøyningsbasseng blir vannet samlet midlertidig i magasiner under bakken. Bassenget har et strupet utløp, som vil si at det har en redusert utløpskapasitet. Formålet er å minske risikoen for oversvømmelse. Utløpsvannet infiltreres, føres til offentlig ledningsnett eller utslipp til vassdrag. Det finnes både fordrøyningsbasseng laget av betong, plastrør og kassettløsninger. Figur 4 illustrerer en prinsippskisse for et fordrøyningsbasseng. Drift- og vedlikeholdsarbeidet går ut på å kontrollere inn- og utløpsåpninger og fjerne slam fra bassenget (Hernes, 2018).



Figur 4: Prinsippskisse for lukket fordrøyningsbasseng. (Åstebøl, Robba, & Stenvik, 2013)

### *2.2.2 Naturbaserte overvannsløsninger*

Når overvannstiltakene inkluderer vannsystemer i den overordnede grønnstrukturen, betegnes de som naturbaserte løsninger (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015). Naturbaserte overvannsløsninger går under LOD. Åpne naturbaserte overvannsløsninger skaper positive effekter for naturmiljø i tillegg til skadeforebygging. Vista Analyse (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015) har sett på hvilke positive effekter som er knyttet til åpne overvannsløsninger. Effektene er forbundet til selve vannhåndteringen som infiltrere, fordrøye og avlede overvann. Andre positive effekter er tilknyttet skadeforebygging, rensing av eventuelt forurenset vann og tilrettelegging for gjenbruk av vann til vanning. Åpne overvannsløsninger gir også fordeler til økosystemtjenester knyttet til vegetasjon og naturmangfold (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015).

I Norge har rekreasjonsverdien av grønnstruktur i byer blitt estimert til i overkant av 2 milliarder kroner i året (Magnussen, Reinvang, et al., 2015). Større arealer med grønnstruktur gir gevinster som økt naturmangfold, lek og trivsel i nærområdet. I urbane strøk har naturbaserte områder stor verdi og er fine steder for rekreasjon og opphold til fysisk aktivitet. Dette er viktig for den fysiske og psykiske helsen til både barn og voksne. Mennesket er et sosialt vesen og naturlige møteplasser ute har stor verdi og er med på å fremme sosiale relasjoner. Matproduksjon og hagebruk er eventuelt også noe som kan være følger. Ved at området blir mer attraktivt kan boligverdiene øke og potensielt også verdiskapingen i næringslivet i området.

Infiltrasjon ved lokal overvannsdiskonering kan også redusere forurensing og opprettholde grunnvannsnivået, som igjen kan forhindre setningsskader på infrastruktur og bygninger. Grøntarealer og vannspeil er estetiske innslag i bybildet.

Gjenåpning av lukkede bekker kan øke naturmangfoldet, dyre- og plantelivet. Forekomsten av planter og dyr i byområder blir verdsatt av mennesker. Åpne vannspeil, bekker, grøntområder er med på å styre flere økosystemtjenester som å regulere lokal temperatur og luftfuktighet. Vegetasjonen binder svevestøv og CO<sub>2</sub>. Den grønne vegetasjonen, som trær og busker, er med på å dempe lyden i urbane strøk ved at den blir absorbert. Dette er et mer estetisk og mykere alternativ for støydemping i byer enn de tradisjonelle støyveggene med harde flater (NOU, 2015). Studieområdet Kokstad vest er et utbyggingsområde som ligger nær Flesland flyplass og følgelig har en del støy.

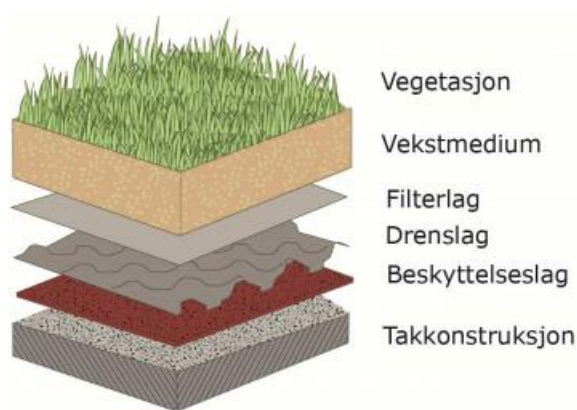
Naturbaserte overvannsløsninger som oppgaven omhandler, er:

## Grønne tak

Grønne tak er tak som er dekket av vegetasjon som sedum, stauder, moser, trær eller busker. Vegetasjonen gjør at det blir en reduksjon i avrenningen både i volum og i intensitet. Grønne tak deles inn i tre kategorier etter mengden vekstjord de inneholder. De tre kategoriene er ekstensive tak, semi-intensive tak og intensive tak, og har ulik evne til å tilbakeholde vann. Grønne tak gir et grønnere bymiljø, økt biodiversitet, økt levetid på taket, bedre luftkvalitet og temperaturregulering i bygningen. Drift- og vedlikeholdsarbeidet er avhengig av hvilken type vegetasjon som blir anlagt (B. C. Braskerud, 2016). Figur 5 og Figur 6 viser et eksempel på et grønt tak og oppbygningen.



Figur 5: Eksempel på et grønt intensivt sedumtak. (B. C. Braskerud, 2016)



Figur 6: Prinsippskisse for grønt tak. (Åstebøl et al., 2013)

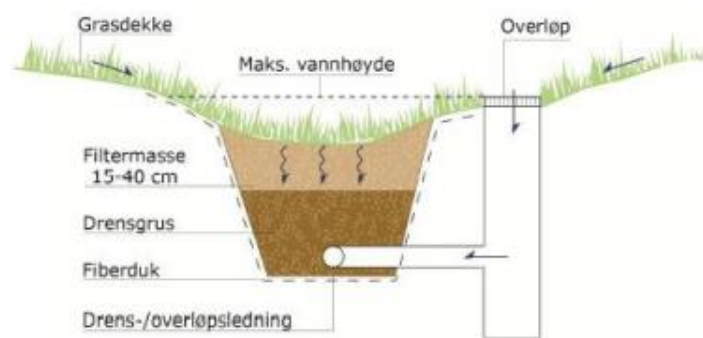


## Infiltrasjonsgrøft

Infiltrasjonsgrøft, også betegnet vadier, er illustrert i Figur 7 og Figur 8. En infiltrasjonsgrøft er en langsgående vegetert forsenkning som tar imot overvann fra områdene rundt, ofte vei og gater. Overvannet blir liggende på overflaten til det infiltrerer ned i grunnen. Overløpet blir benyttet til å fylle jordmagasinet nedenfra og opp ved tele i bakke. Drensledningen fører vannet til overvannssystemet i nærheten (Gabriel & Fiil, 2016b). Drift- og vedlikeholdsoppgavene er normalt stell av det vegeterte dekket og sørge for at overløpspunkter er åpne.



Figur 7: Infiltrasjonsgrøft langs vei. (Gabriel & Fiil, 2016b)



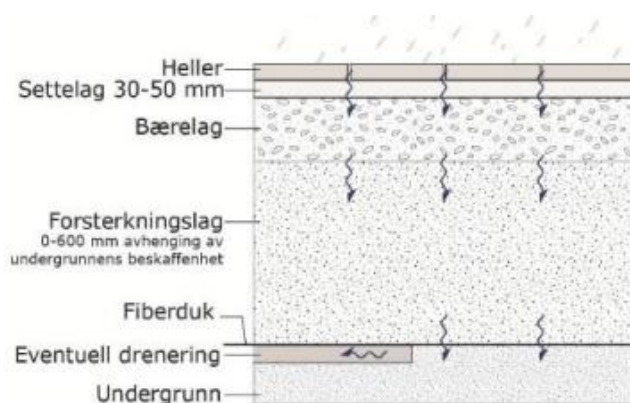
Figur 8: Prinsippskisse for infiltrasjonsgrøft. (Åstebøl et al., 2013)

## Permeable dekker

Permeable dekker er flater hvor overvann kan trenge igjennom og ned i grunnen. Dette tiltaket er best egnet i områder hvor det er lite forurensning og på vinterstid er det viktig å strø med grove nok strømidler (2-5mm). Permeable dekker kan bygges opp ved full infiltrasjon, delvis infiltrasjon og ingen infiltrasjon til grunnen. Dette er avhengig av magasineringskapasitet i forsterkningslaget, grunnvannsforhold, forurensning og grunnforhold. Permeabiliteten avtar med tiden grunnet gjentetting av overflaten. Permeable dekker kan være bygget opp av armert gressdekke eller belegningsstein. Drift- og vedlikeholdsoppgavene er rengjøring og påfylling av finpukk for å sikre infiltrasjonskapasiteten (Myhr & Lippestad, 2016). Figur 9 og Figur 10 viser et eksempel på permeabelt dekke og oppbygningen.



Figur 9: Permeabelt armert gressdekke. (Åstebøl et al., 2013)



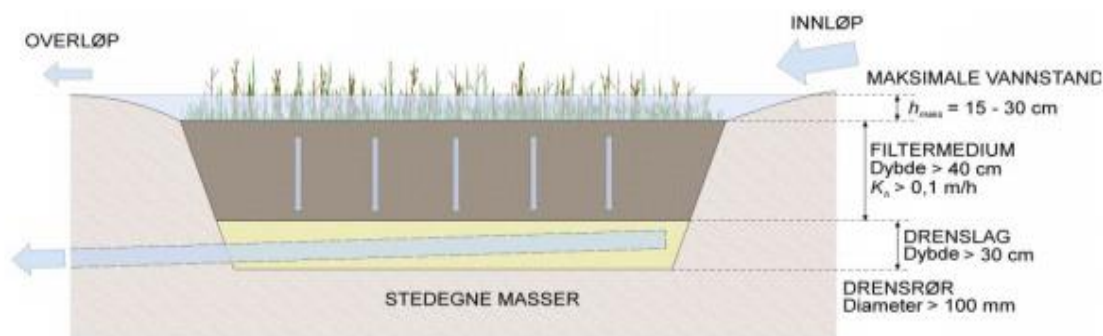
Figur 10: Prinsippskisse for oppbygningen av et permeabelt dekke. (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015)

## Regnbed

Regnbed er en beplantet permeabel forsenkning i terrenget som kan lagre vann på overflaten og infiltrere vannet til grunnen (B. Braskerud & Paus, 2016). Figur 11 illustrerer et ferdig regnbed og Figur 12 viser prinsippskissen i profil for et regnbed. Vannspeilet i regnbedet varierer mellom nedbørhendelser, og vegetasjonen må derfor tåle å stå i vann og tørke. Overvannet som ikke blir infiltrert blir ledet via drensledninger til vassdrag eller til et lukket overvannssystem. Fordeler med tiltaket er at filtermediene rensar overvannet og regnbedet reduserer intensiteten på avrenningen. Drift- og vedlikeholdsoppgavene er spesielt viktige i startfasen for at vegetasjonen skal etablere seg. Annet arbeid er vanning i tørre perioder, bekjempe ugress, gjødsling og fjerning av eventuelt slam.



Figur 11: Eksempel på et regnbed (Åstebøl et al., 2013)



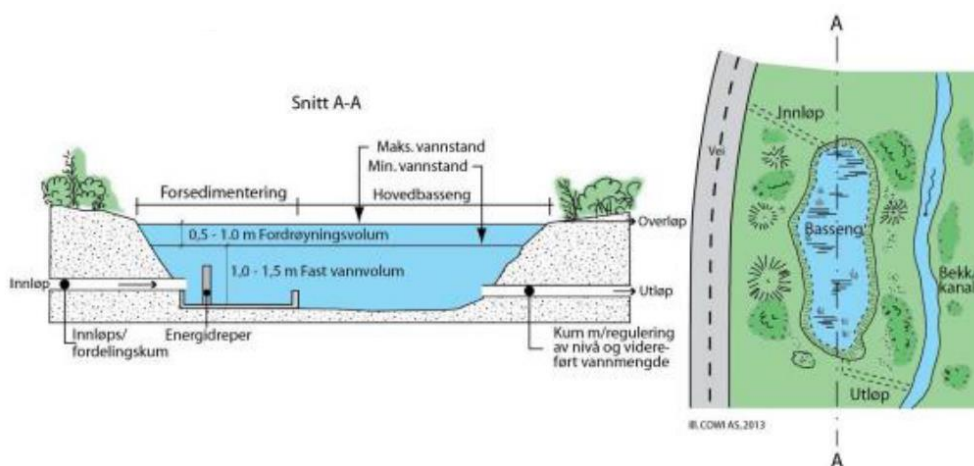
Figur 12: Prinsippskisse for regnbed (B. Braskerud & Paus, 2016)

## Overvannsdam

En overvannsdam er en våt dam med permanent vannspeil, et tørrværsvolum. Bassenget er i tillegg dimensjonert for et volum til fordrøyning av overvann fra avrenning (Åstebøl et al., 2013). Prinsippet til overvannsdammen er at den mottar avrenning fra områdets harde flater under en nedbørhendelse. Samtidig slippes tilsvarende mengde vann ut av bassenget, som har opphav fra en tidligere nedbørhendelse. Vannspeil i tørrværsvolum med dybde 0,2-0,5 m kalles våtmark. Overvannsdammer bør ha en vanndybde på 1-1,5 m, og dykket inn- og utløp for sikring av drift på vinterstid. Overvannsdammer har en renseeffekt på overvannet. Drift- og vedlikeholdsoppgavene er kontroll av inn- og utløp og slamfjerning. Figur 13 og Figur 14 illustrerer prinsippskisse og ferdig anlagt overvannsdam.



Figur 13: Overvannsdam i bebyggelse (Åstebøl et al., 2013)



Figur 14: Prinsippskisse for overvannsdam (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015)

### Areal tilrettelagt for oversvømmelse

Arealer som er tilrettelagt for flerbruk kan benyttes av mennesker i tørrvær og som fordrøyningsbasseng under store nedbørhendelser (Gabriel & Fiil, 2016a). Et eksempel på flerfunksjonelt overvannsareal er vis i Figur 15. På denne måten kan man unngå store oversvømmelser og begrense flompåvirkningen i vassdrag, ved å holde vannet tilbake i kontrollerte omgivelser. Bassenget tømmes helt etter hver nedbørhendelse gjennom et strupet utløp. Arealer tilrettelagt for oversvømmelse kan benyttes i idrettsanlegg, parker og byrom. Drift- og vedlikeholdsoppgavene er svært enkle ved å hovedsakelig tilse at inn- og utløpsarrangement er åpent samt kontrollere erosjonsforholdene i bassenget.



Figur 15: Skateplass som fungerer som et tilrettelagt oversvømmelsesareal (Åstebøl et al., 2013).

### 2.3 Blågrønn faktor

Blågrønn faktor (BGF) er et planleggingsverktøy for å sikre forutsigbarhet for utbygger med tanke på krav til uterom av vannhåndtering, biodiversitet og vegetasjon (Fremtidens byer, 2014). Tidligere har det blitt utarbeidet lignende planverktøy i både Sverige og Tyskland. Den norske versjonen bygger på disse og hensyntar norske årstidsvariasjoner og geologi.

Blågrønn faktor har som hovedmål å sikre bedre lokal naturbasert struktur i landskap og bygninger i tettbygde områder. BGF er et kvantitativt planverktøy hvor det brukes poengsetting av ulike naturbaserte effekter til å bevare og tilrettelegge for slike kvaliteter i fremtidens byutvikling. BGF kan benyttes i planlegging av landskaps-, byromprosjekter og byggprosjekter. Verdsettingen av de forskjellige kvalitetene gis ut ifra en skala fra 0 til 1, hvor areal med høy naturbasert verdi får høyeste score, 1. For å regne ut BGF benyttes formel vist i Figur 16 og skjema vist i Vedlegg B. Her fylles informasjon om blå og grønne kvaliteter i tillegg til de tilhørende arealene inn, og regnearket regner så ut blågrønn faktor ved følgende formel:

$$BGF = \frac{\text{økologisk effektiv overflate}}{\text{totalt tomteareal}}$$

The diagram illustrates the components of the ecological effective area. It shows a box labeled 'FLATER' containing 'BLÅGRØNNE FLATER'. To the right, a box labeled 'TILLEGSKVALITETER' contains 'GRØNNE TILLEGSKVALITETER' and 'BLÅ TILLEGSKVALITETER'. A plus sign is between the two boxes, and an equals sign follows, leading to a box labeled 'ØKOLOGISK EFFEKTIV OVERFLATE'. An arrow points from the numerator of the formula to the 'ØKOLOGISK EFFEKTIV OVERFLATE' box.

Figur 16: Sammensetning av økologisk effektiv overflate og utregning av blågrønn faktor (Fremtidens byer, 2014)

Naturbaserte flater er alle flater som tilfører blå eller grønne kvaliteter. Med tilleggskvaliteter menes blå og grønne kvaliteter som går utover selve flatens kvaliteter, slik som busker, trær, regnbed og grønne vegger. Samme areal kan regnes med flere ganger om det har flere tilleggskvaliteter (Fremtidens byer, 2014).

Kravet til minimum BGF varierer for hvilket område arealet befinner seg i. Studieområdet Kokstad vest regnes som tett by/sentrumsområde. Veileder byggesak for blågrønn faktor anbefaler følgende minimumskrav for ulike typer områder vist i Tabell 1:

Tabell 1: Anbefalt BGF for ulike områdetyper (Fremtidens byer, 2014).



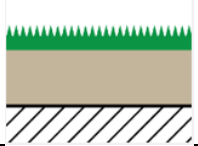
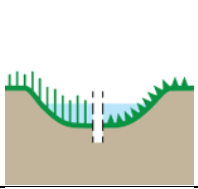
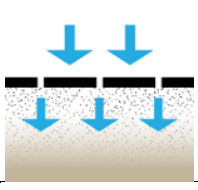
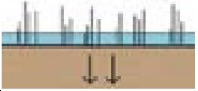
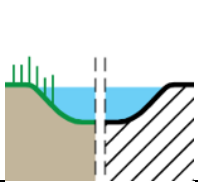
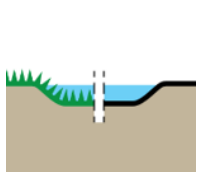
Områdetype	Minimumsverdi BGF
Prosjekter i tett by/sentrumsområde	0,7
Prosjekter i ytre by/småhusbebyggelse/rekkehus/åpen blokkbebyggelse	0,8
Offentlige gater og plasser	0,3



## 2.4 Oppsummering av aktuelle overvannstiltak

Tabell 2 viser en oppsummering av overvannstiltakene som er benyttet i oppgaven. Den viser hvilket trinn i tre-trinnstrategien tiltakets funksjon dekker. Noen tiltak dekker flere trinn, avhengig av hvordan tiltaket er utformet og eksisterende forhold. Tabellen viser også hvilken enhetsverdi tiltaket gir per m<sup>2</sup>, for utregning av blågrønn faktor.

Tabell 2: Oversikt over overvannstiltak, benyttet i oppgaven, med tilhørende tiltaksgruppe og verdi til blågrønn faktor (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015) (Plan og bygningsetaten Oslo kommune, 2020).

	Overvannsløsning	Tiltaksgruppe: 1 – Infiltrasjon 2 – Fordrøyning 3 – Flomvei (4 – Transport)	Enhetsverdi For estimering av BGF Verdi per m <sup>2</sup>
	Rørsystemer	4	0
	Lukket fordrøyningsbasseng	2	0
	Grønne tak	1, 2	0,4
	Infiltrasjonsgrøft	1, 2, (3)	1
	Permeable dekker	1, 2	0,3
	Regnbed	1, 2	4
	Overvannsdam	(1), 2	2
	Areal tilrettelagt for oversvømmelse	2, (3)	1

## 2.5 Kunnskapsstatus nasjonalt og internasjonalt

Det er flere som har sett på kostnader og nytte tilknyttet overvann og overvannstiltak.

Ragni Rønneberg Hernes har sett på kostnader ved lokale overvannstiltak og sammenlignet ulike løsninger (Hernes, 2018). I oppgaven hennes er det ikke tatt med drift, vedlikehold og levetid av løsningene. Basert på kost/nytte-verdiene til Hernes viser det seg at det er den tradisjonelle løsningen med lukkede fordrøyningsanlegg som er den mest gunstige løsningen. Hun understreker imidlertid at det er mange aspekter og nytteverdier ved de naturbaserte løsningene som ikke kommer frem da de ikke er vurdert i hennes oppgave. Denne masteroppgaven vil benytte kostnadstallene Hernes har samlet inn fra bransjen, og i tillegg se på drift, vedlikehold, levetid og nytte-effekter av naturbaserte løsninger over et 40-års perspektiv.

Cowi og Vista Analyse skrev rapporten "Kostnader og nytte ved overvannstiltak" i 2015 (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015). Utgangspunktet for rapporten var å få frem nytteverdi og kostnader for samfunnet ved tiltak mot overvann. Rapporten sier at ved mindre vannmengder vil lokale overvannstiltak ofte være billigere enn konvensjonelle tiltak. Men ved store avrenningsarealer og vannmengder vil konvensjonelle tiltak være det billigste. Her er det benyttet en samfunnsøkonomisk analyse for vurderingene. Sammenligningen er gjort på et generelt grunnlag, og de påpeker at det er vanskelig å sammenligne på generelt grunnlag grunnet store variasjoner i tallene for begge løsningene. Denne oppgaven har likhetstrekk med rapporten over, men tar for seg to konkrete overvannsløsninger som sammenlignes i forhold til lønnsomhet.

I 2020 ble det skrevet en case-studie i tidsskriftet "Journal of Sustainable Water in the Built Environment" som vurderer de økonomiske fordelene ved naturbasert infrastruktur (Hamann, Blecken, Ashley, & Viklander, 2020). I studien benyttes to verktøy for verdsetting av fordelene knyttet til fasiliteter, nærmiljøverdier og helse. Verktøyene er B£ST (Benefit Estimation Tool) og TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). Begge disse utfører økonomisk verdsetting basert på svært forenklet verdioverføring (benefit transfer) i form av standardiserte gjennomsnittlige nasjonale enhetsverdier eller indikatorer. Verdioverføringen skjer fra tidligere verdsettingsstudier som har brukt "avslørte" og "oppgitte" preferansemetoder (Stated og Revealed Preference metoder).

Caset omhandler et nyutviklet landområde i Luleå i Sverige. Rapporten kommer frem til at de viktigste økonomiske fordelene med det nyutviklede området var relatert til særtrekk ved området, hjemverdier, helse og sosial samhørighet, heller enn "stormwater" (flom/styrtregn). Negative økonomiske konsekvenser ble også vurdert. Her er det karbonbinding og biologisk mangfold som



får høyest kostnad grunnet tap av grønne områder og trær. Metodene B&ST og TEEB gav innbyrdes ulike resultater. Kategoriinndelingene de bruker er ikke like, og det går derfor ikke an å ukritisk sammenligne resultater fra de to verktøyene. For case-området Luleå er det benyttet SWMM for å vurdere den hydrologiske og hydrauliske ytelsen til hvert alternativ. I denne masteroppgaven vil SWMM også nyttes. Det er også mange av de samme problemstillingene som blir vurdert. Også i denne oppgaven blir det nyttet verdioverføringsmetoder, men ut fra andre betingelser og forhold enn hva som er nyttet for B&ST og TEEB i Sverige.

## **2.6 Kunnskapsbehov**

De siste 10-15 årene har det blitt stadig større oppmerksomhet rundt overvann og klimatilpasninger. I dag stiller kommunene langt flere krav til håndtering av overvann enn tidligere. Gjennom utvidelse av offentlige krav har også behovet for ny kunnskap kommet frem. Norsk vann rapport B26 har identifisert kunnskapsbehov knyttet til overvann og klimatilpasning. Gjennom workshop og spørreundersøkelse har rapporten avdekket at det blant annet er et stort behov i norske kommuner og i bransjen for mer kunnskap rundt overvann og klimatilpasninger knyttet til naturbaserte løsninger (Paus, 2020).

Et av kunnskapsbehovene som kom frem fra B26-rapporten var manglende tall om drift av naturbaserte tiltak som håndterer overvann. I dag har vi lite tall og samlede erfaringer nasjonalt knyttet til drift og vedlikehold av naturbasert overvannshåndtering. Det er også lite kunnskap om hvordan drift av naturbaserte systemer skiller seg fra tradisjonelle systemer kostnadsmessig. Denne oppgaven gir et bilde på hvordan driftskostnadene er i de to løsningene.

Overvann er et samfunnsproblem, men det er i de fleste norske kommuner opp til hver enkelt utbygger hvilken løsning en ønsker å gå for. Det er en utbredt oppfatning at naturbaserte løsninger er mye dyrere enn tradisjonelle løsninger. Noen ser på naturbaserte løsninger som en ren kostnadsdriver, mens andre vil kunne se på samme løsning som kostnadsreducerende. Spørsmålet om naturbaserte løsninger er rene kostnadsdrivere, eller om de kan spare samfunnet for kostnader, er et interessant spørsmål som ikke er helt tydelig besvart av bransjen per i dag.

Bruken av tradisjonelle løsninger er så vidt begynt å bli supplert eller erstattet med naturbaserte løsninger. Men tempoet i implementeringen av naturbasert infrastruktur er fortsatt tregt på grunn av utilstrekkelig støttende forskning, og uklare og komplekse ansvarsområder. Spesielt gjelder dette for vedlikehold. Det er også flere eksempler på ikke-støttende og motstridende lovgivning, mangel på politisk støtte og mangel på kunnskap skal også nevnes (Hamann et al., 2020). En annen utfordring med å få implementert naturbaserte løsninger i stort omfang, er at det krever større areal

enn tradisjonell løsning. I områder med arealknapphet blir dette gjerne nedprioritert til fordel for å kunne bygge, med størst mulig lønnsomhet, på det arealet utbygger har tilgjengelig. Som en konsekvens foretrekker beslutningstakere ofte tradisjonelle løsninger. Det trengs altså tyngre forskning, og mer entydige argumenter, for at de naturbaserte løsningene skal vinne frem. Argumenter som støtter den "vanlige måten å gjøre det på" dominerer i dag. Hamann (2020) sitt studie poengterer at naturbasert infrastruktur gir flere fordeler for mennesker og økosystemer – men at det er lite data om økonomiske fordeler i dag.

## 2.7 Funksjonskrav og faktorer knyttet til avrenningen fra et felt

Ved beregning av dimensjonerende vannmengder til et gitt overvannstiltak er det noen bestemmende parametere som må vurderes og fastsettes. Til sammen brukes disse, i valgt kombinasjon, til å bestemme vannvolumet som skal håndteres. I de følgende avsnittene gjennomgås de mest sentrale av disse faktorene.

### 2.7.1 Gjentakintervall og IVF-data

Gjentaksintervall, også kalt returperiode, er et mål for hvor mange år det i gjennomsnitt er mellom hver gang en bestemt hendelse overskrides (Stenius, Glad, Wang, & Væringstad, 2015). Et regn med gjentakintervall på 100 år, også kalt 100-års nedbør, opptrer i gjennomsnitt hvert 100. år. Hvert år er sannsynligheten 1/100, altså 1%, for en 100-års nedbør. Men det utelukker likevel ikke at to 100-års nedbørhendelser kan inntreffe innenfor et kort tidsrom (Stenius et al., 2015). Bergen kommune har satt krav for dimensjonerende gjentakintervall for ulike områder, vist i Tabell 3. Nedbørintensiteten og nedbørvarigheten er variasjoner som gjør at en 20-års nedbør ikke alltid er lik. Dimensjonerende nedbørvarighet settes som regel til nedbørfeltets konsentrasjonstid. Konsentrasjonstiden til et felt er den tiden det tar for nedbøren å bevege seg gjennom dreneringssystemet fra det fjerneste punktet i nedbørfeltet til utløpet (Stenius et al., 2015). Eksempelvis vil et lite og bratt felt ha mye kortere konsentrasjonstid enn for et større og flatt nedbørfelt. Kortere konsentrasjonstider gir høyere nedbørintensiteter, men det samlede regnvolumet over varigheten blir som regel mindre enn ved større konsentrasjonstider.

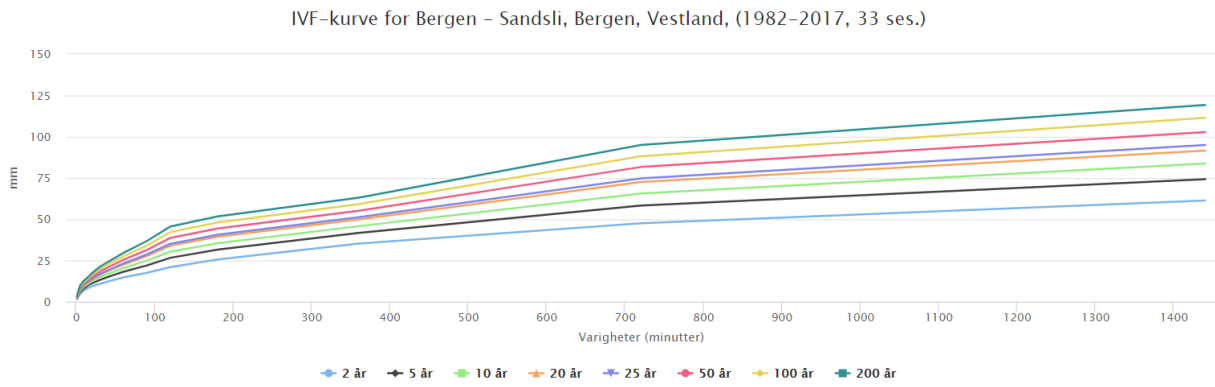
Tabell 3: Gjentakintervall for dimensjonerende vannføring i Bergen kommune (Vann- og avløpsetaten, 2005).

Dimensjonerende regnskylhyppighet (gjentakintervall) <sup>1</sup> (1 i løpet av $n$ år)	Områdetype	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet (gjentakintervall) <sup>2</sup> (1 i løpet av $n$ år)
2 år	Ubebygde område (åpent)	10 år
10 år 20 år	Boligområde - Åpent - Lukket	20 år 30 år
20 år 30 år	By-/sentrumsområde - Åpent - Lukket	30 år 50 år

<sup>1</sup> Det skal ikke oppstå oppstuvning i ledningsnettet for disse dimensjonerende regnskylle

<sup>2</sup> Det skal ikke oppstå oppstuvning til kjellernivå/marknivå for disse gjentakintervall

Intensitet-varighet-frekvens-kurve (IVF) er en kurve som for en bestemt målestasjon viser sammenhengen mellom maksimal regnintensitet for en viss regnvarighet og et visst gjentakintervall (O. Lindholm et al., 2008). IVF-kurver benyttes til å bestemme dimensjonerende verdier for nedbørhendelser. Figur 17 viser et eksempel på en IVF-kurve i millimeter for Sandsli i Bergen, IVF-kurver gir også som liter/sek\*ha.



Figur 17: IVF-kurve (i mm) for Sandsli (SN50480) for 1-1400 minutter (Observasjonsperiode 1982-2017). Hentet fra Norsk Klimaservicesenter (02.03.2021).

### 2.7.2 Avrenningsforhold

For å håndtere overvannet best mulig er det viktig med kunnskap om avrenningsforhold i nedbørfeltet. Nedbørfelt er det arealet som leder vann til et bestemt punkt (NOU, 2015). For å kunne si noe om hvordan nedbøren som faller på et areal, vil omgjøres til avrenning, kreves det kjennskap til topografien og arealdekket i nedbørfeltet. Altså om feltet er bratt eller slakt, om det er naturlige forsenkninger som vil kunne fordrøye vannet eller om det er jevn helning. Det må også vurderes om det er naturlig vegetasjon eller helst tette flater som dominerer. Vurderinger om det skal tas høyde for at grunnen er mett, eller om infiltrasjonskapasiteten er god i området, under den dimensjonerende regnhendelsen, må også utføres. Alt dette kan sammenfattes i avrenningskoeffisient ( $\phi$ ), som er forholdet mellom avrenningen fra et område og nedbøren fra samme område. Koeffisienten er avhengig av faktorer som permeabilitet, feltegenskaper og fallforhold i underlaget. En avrenningsfaktor lik 1 betyr at all nedbør som inntreffer renner av som avrenning, og faktor lik 0 betyr ingen avrenning. Det er knyttet en del usikkerhet til beregningen av avrenningsfaktorene, og disse kan variere i stor grad for samme overflater. For å redusere denne usikkerheten er det viktig å undersøke lokale forhold som topografi, infiltrasjonskapasitet, nedbørintensitet og fremtidig utvikling (NOU, 2015).

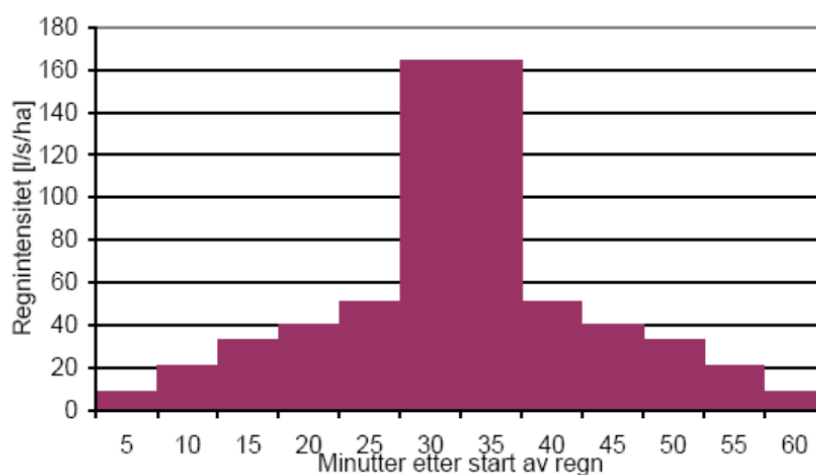
## 2.8 Modellering av hydrologisk- og hydraulisk modell

### 2.8.1 SWMM – Verktøy for overvannsmodellering

Oppgaven benytter programmet SWMM for de hydrologiske beregningene. SWMM (Storm Water Management) er utviklet av USEA (United States Environmental Protection Agency) (Rossman, 2015). SWMM er en kombinert hydrologisk, hydraulisk og vannkvalitetsmodell som benyttes for beskrivelser av urbane overvann- og avløpssystemer samt naturlige felt. Programmet bruker en dynamisk bølgemodell og simulerer enkelthendelser eller lange tidsserier med nedbør. Avrenningskomponentene opererer ut ifra delfelt (subcatchment) som mottar nedbør og genererer avrenning. Ved routing transporterer SWMM avrenningen gjennom et system av kanaler, rør, magasiner og tiltak. SWMM måler avrenningen for hvert delfelt gjennom en simuleringsperiode på flere tidstrinn.

### 2.8.2 Symmetrisk blokkhyetogram

Symmetrisk blokkhyetogram er konstruert nedbør som ofte benyttes i modelleringssammenheng, kalt modellregn. For å konstruere symmetriske blokkhyetogrammer, benyttes IVF-kurver. Det finnes også andre typer modellregn, som trekantnedbør, kasseregn og Chicago-metoden. I denne masteroppgaven benyttes symmetrisk blokkhyetogram for å konstruere nedbør. Sammenlignet med et kasseregn oppnås en mer realistisk maksimal vannføring, regn- og avrenningsforløp ved symmetrisk blokkhyetogram (O. Lindholm & Aune, 1978). For å konstruere et symmetrisk blokkhyetogram hentes nedbørintensiteter fra alle ulike nedbørlengder med valgt beregningssteg. De x mest intense minuttene fra hyetogrammet presenterer nå det samme volumet nedbør som IVF-kurven gjør for varighet på x minutter. På denne måten blir alle nedbørintensiteter med varighet mindre enn varigheten til det symmetriske regnet bevart. Figur 18 viser et eksempel på et blokkhyetogram symmetrisk om midtaksen med 5 minutters beregningssteg.



Figur 18: Illustrasjon av et symmetrisk blokkhyetogram med beregningssteg på 5 minutter (O. Lindholm, 2015).

## 2.9 Samfunnsøkonomisk analyse

Ved en samfunnsøkonomisk analyse beregnes samfunnet sine fordeler og ulemper av en investering eller beslutning. Til forskjell fra bedriftsøkonomiske analyser inkluderes forhold som ikke kan verdsettes i en presis kroneverdi.

En samfunnsøkonomisk analyse består av følgende åtte steg (Direktoratet for økonomistyring, 2018):

1. Beskrive problemet og formulere mål, inkludert beskrivelse av nullalternativet
2. Identifisere og beskrive relevante tiltak
3. Identifisere virkninger
4. Tallfeste og verdsette virkninger
5. Vurdere samfunnsøkonomisk lønnsomhet
6. Gjennomføre usikkerhetsanalyse
7. Beskrive fordelingsvirkninger
8. Gi en samlet vurdering og anbefale tiltak

I steg 1 skal samfunnsproblemet beskrives, utarbeide nullalternativet og formulere samfunns- og effektmål. I steg 2 og 3 skal det identifiseres og beskrives relevante tiltak, og identifisere virkningene av disse. Prissatte konsekvenser kvantifiseres og ikke-prissatte virkninger vurderes kvalitativt i steg 4. I steg 5 utføres normalt en nåverdiberegning og de ikke-prissatte virkningenes bidrag til samfunnsøkonomisk lønnsomhet vurderes. Usikkerhetsfaktorene, sårbarhet og risikoen analyseres i steg 6. Nest siste steg i analysen ser på fordelingsvirkninger. Siste steg gir en samlet vurdering og begrunnelse for anbefalt løsning med tilhørende forutsetninger.

### 2.9.1 Verdsettingsmetoder og verdioverføring

Det er kjent at større investeringsprosjekter innen samferdsel og utbygging ofte vil gi negative konsekvenser for fellesgoder som vann, rekreasjon, biodiversitet, stillhet, økosystemtjenester og folkehelse (Navrud, 2016). Fellesgoder er karakterisert ved at de er ikke rivaliserende, som vil si at den enkeltes nytte ikke forringes av andres nytte fra konsum av godet. De er også karakterisert av at de er ikke-ekskluderende, som vil si at når godet er tilgjengelig er det tilgjengelig for alle. Fellesgoder omsettes derfor ikke i markedet og har ikke markedspriser. Andre økonomiske metoder må derfor til for verdsetting av slike fellesgoder.

Hovedtypene av verdsettingsmetoder for miljøkvalitet og økosystemtjenester er avslørte (Revealed Preferences) og oppgitte preferansemetoder (Stated Preferences), vist i Figur 19. Metodene kan verdsettes på direkte eller indirekte måte. Avslørte preferanser illustrerer befolkningens verdsetting av et miljøgode basert på observert forbrukeratferd. Eiendomsprismetoden, er et eksempel, hvor miljøgodet er innebygget i boligprisen, som uttrykker husstandens nytte samlet sett over tid (nåverdien). Fordelen med avslørte preferanser er at de analyserer faktisk atferd i et eksisterende marked. Men de bygger på et knippe av strenge forutsetninger som sjelden er helt oppfylt, for eksempel at alle som legger inn bud på en eiendom har perfekt informasjon om boligen (Navrud, 2016). Oppgitte preferanser er basert på hypotetisk adferd gjennom å spørre befolkningen om deres betalingsvillighet for en konkret beskrevet endring i miljøgodet i et konstruert hypotetisk marked. Denne metoden har en fordel ved at den kan verdsette fremtidige virkninger. Dette er en stor fordel da de fleste samfunnsøkonomiske analysene er ex ante SØA, det vil si at de blir utført før prosjektet gjennomføres.

	Indirekte	Direkte
Avslørte preferanser (Revealed Preferences - RP)	Transportkostnadsmetoden (Travel Cost Method - TCM)	Markedspriser
	Eiendomsprismetoden (Hedonic Price Method - HPM)	Kostnader ved å erstatte tapte miljøgoder (Replacement Costs -RC)
	Kostnader ved avbøtende tiltak (Avertive Costs - AC) <sup>10</sup>	
Oppgitte preferanser (Stated Preferences - SP)	Valgekspesimenter (Choice Experiments - CE)	Betinget Verdsetting (Contingent Valuation – CV)

Figur 19: Inndeling av metoder for verdsetting av miljøgoder basert på individuelle preferanser (Navrud, 2016).

Basis for samfunnsøkonomiske analyser er velferdsteorien. Her er individets nytte ( $U_i$ ) avhengig av egen inntekt ( $Y_i$ ), markedsprisene ( $\mathbf{p}$ ), samt kvaliteten og mengden av miljøgodene ( $Q$ ). Det er vanlig å bruke husstanden som minste økonomiske enhet for miljøgoder, og benytte individet ved helse- og miljørelaterte effekter. For å måle hva husstanden i er villig til

å betale,  $BV_i$ , for å få en marginal økning i mengde eller kvalitet av et miljøgode fra  $Q^0$  til  $Q^1$ , benyttes formelen nedenfor. Betalingsvilligheten er altså det man er villig til å oppgi av sin inntekt  $Y_i$  for å få den gitte miljøforbedringen og fortsatt være på samme nyttenivå som før endringen (Navrud, 2016). Formel 1 viser formelen for betalingsvillighet.

$$U_i(\mathbf{p}, Q^0, Y_i) = U_i(\mathbf{p}, Q^1, Y_i - BV_i) = U^0 \quad (1)$$

Betalingsvilligheten for å oppnå en marginal forbedring, eventuelt unngå en marginal forverring, av mengden eller kvaliteten av et miljøgode, baseres på ulik bruk. Det kan være basert på egen bruk/nytte av gode, kalt bruksverdi, eller ønske om å bevare godet uten å bruke det - men vite at det finnes, kalt ikke-bruksverdi. Innen disse to hovedkategoriene er det flere nyanser som denne oppgaven ikke går nærmere inn på.

En mye brukt økonomisk metode er verdioverføring (value transfer) fra eksisterende verdsettingsstudier. Her verdsettes virkningene basert på estimer som er gjort for samme gode tidligere. Verdioverføringen kan enten baseres på generelle enhetsverdier eller ny verdioverføring med steds- og prosjektspesifikke virkninger. Det er viktig for begge tilfellene at studiene tar utgangspunkt i oppdaterte verdsettingsmetoder og verdsettingsteknikker for å få pålitelige verdier. Denne metoden har fordeler ved at det er billigere med overføring av verdianslag enn å utføre nye verdsettingsstudier som i tillegg også er tidkrevende. Svakheten ved metoden er at verdianslagene sin usikkerhet øker. Grunnen til dette kan være at flere faktorer er ulike fra studiested til tiltakssted. For eksempel ulike egenskaper ved miljøgodet, endring eller tilgjengelighet på miljøgodet. Det kan også være andre ulike forhold som inntektsnivå, preferanser og utdanning hos de berørte personene i området. Dette er usikkerheter som kommer i tillegg til selve verdierestimert usikkerheten. For å evaluere om denne totale usikkerheten er akseptabel, må det foretas en vurdering av usikkerheten opp mot nytten av spart tid og kostnader av å ikke gjennomføre en ny verdsettingsstudie.



### 2.9.2 Nåverdimetoden

Nåverdimetoden er en praktisk og enkel måte å vurdere investeringer på. Metoden gjør det mulig å sammenligne transaksjoner som påløper på ulike tidspunkt. Dette gjøres ved å neddiskontere fremtidige kontantstrømmer til dagens verdi, som kalles nåverdi. Regelen er at investeringsprosjekter med positiv netto nåverdi vil være lønnsomme. Det vil være motsatt for prosjekter med negativ netto nåverdi, da de er ulønnsomme og ikke bør iverksettes. Ved neddiskontering til en nåverdi benyttes en diskonteringsrente,  $r$ , som avspeiler renteeffekten av investeringene (Direktoratet for økonomistyring, 2018).

Formelen som er benyttet i netto nåverdiberegningene i denne oppgaven er vist i Formel 2 nedenfor:

$$NNV = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

*hvor,*

$NNV$  = netto nåverdi

$I_0$  = investeringsbeløp på tidspunkt 0

$n$  = totalt antall perioder

$t$  = levetid

$C_t$  = prosjektets kontantstrøm på tidspunkt  $t$

$r$  = diskonteringsrenten

### 2.9.3 Vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet

Målet med en samfunnsøkonomisk analyse er å identifisere det investeringsalternativet som gir den største nytten. Dette baseres på prissatte og ikke-prissatte virkninger samt usikkerhet. Tabellen under illustrerer hvordan samfunnsøkonomisk lønnsomhet beregnes for ulike analysetyper. I denne samfunnsøkonomiske analysen (nytte-kostnadsanalyse) nyttes en lønnsomhetsvurdering for prissatte virkninger ved netto nåverdi ( $NNV = NV \text{ nytte} - NV \text{ kostnad}$ ). De ikke-prissatte virkningene er vurdert kvalitativt, ved bruk av pluss-minus metoden. Pluss-minus metoden er beskrevet nærmere i kapittel 3.4.5 .

Tabell 4: Samfunnsøkonomisk lønnsomhetsvurdering for ulike analysetyper (Direktoratet for økonomistyring, 2018).

	SAMFUNNSØKONOMISK LØNNSOMHET	
Analysetyper	Prissatte virkninger	Ikke-prissatte virkninger
	Lønnsomhetsberegning	Lønnsomhetsvurdering
Nytte-kostnadsanalyse	Netto nåverdi (NNV) = (NV nytte) - (NV kostnad)	Kvalitativt
Kostnadseffektivitets-analyse	Nåverdi kostnader	Kvalitativt
Kostnadsvirkningsanalyse	Nåverdi kostnader	Kvalitativt

Tabell 4 viser også lønnsomhetsvurdering for analysetypene kostnadseffektivitetsanalyse og kostnadsvirkningsanalyse, men disse er ikke aktuelle for denne oppgaven. I oppgaven er ikke optimalitet en del av problemstillingen og dermed er ikke kostnadseffektivitetsanalyse aktuelt. Heller ikke kostnadsvirkningsanalysen er aktuell, da prissatte nyttevirkninger er det viktige elementet i analysen.

### **3 Metode og studieområde**

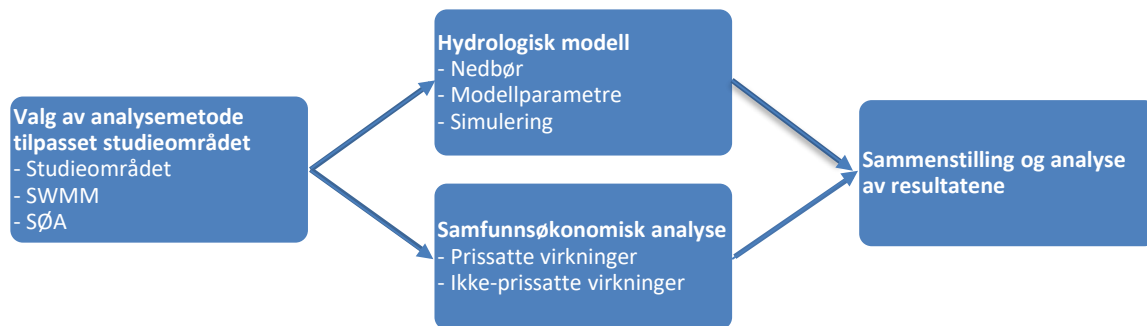
#### **3.1 Kort om valg av metode**

Formålet med oppgaven er å finne ut hvordan tradisjonelle- og naturbaserte overvannsløsninger kommer ut i forhold til hverandre i et samfunnsøkonomisk perspektiv. Et studieområde kalt Kokstad vest, ved Flesland i Bergen kommune, er benyttet for å sammenligne de to ulike løsningene spesifikt. For å sammenligne løsningene er de modellert i en hydrologisk og hydraulisk modell, og det er gjennomført en samfunnsøkonomisk analyse.

Studieområdet, Kokstad vest, er en virkelig og aktuell case og geografisk område. Som mange andre anleggs- og byggeprosjekter i Norge transformeres området fra naturlig terreng, til stor fortetning. Håndtering av overvann i et slikt område er svært aktuelt.

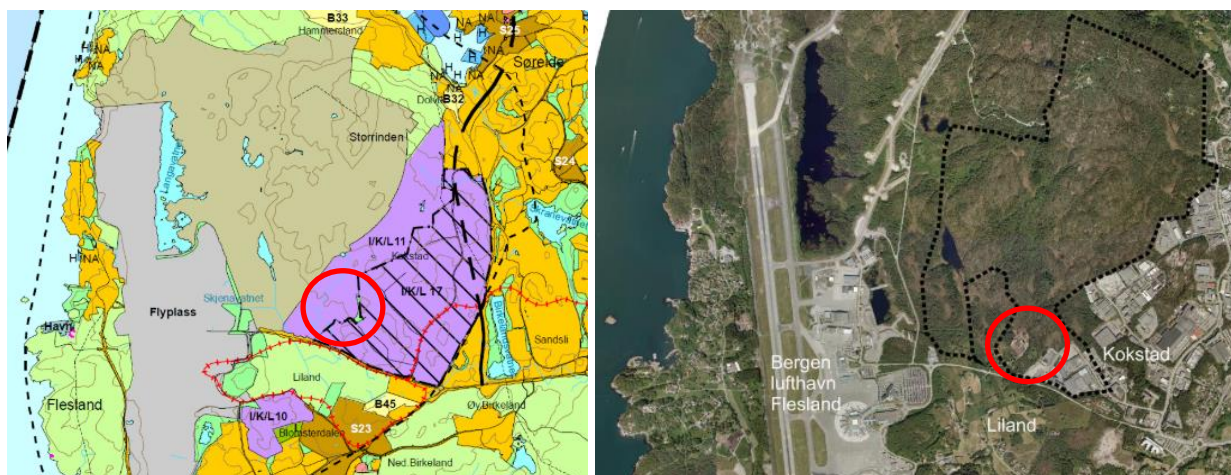
SWMM er benyttet for å gjøre en sammenligning av en tradisjonell- og en naturbasert overvannsløsning. Før-situasjonen er også modellert. Dette er utført for å fastsette et krav til maksimal avrenning ut av feltet etter utbygging. SWMM er valgt som modelleringsverktøy fordi programmet muliggjør sammenligninger av tradisjonelle- og naturbaserte overvannsløsninger. Dette er mulig fordi løsningsvalgene testes under de samme forholdene. Det er mange alternative metoder å gjøre en slik sammenligning, for eksempel kunne Mike Flood vært benyttet. Den rasjonale formel kunne også gjort beregningene for alle tre modellene. For å gjøre beregninger av før-situasjonen kunne oppgaven benytte Nevina eller PQRUT. Men ønsket om å ha alle tre modellene i samme program grunnet likt sammenligningsgrunnlag, avgjorde valget til fordel for SWMM.

For å evaluere løsningene i forhold til hverandre, i et samfunnsøkonomisk perspektiv, er det gjort en samfunnsøkonomisk analyse av løsningene. Her dekkes både de prissatte og de ikke-prissatte virkningene av løsningene over et 40-års perspektiv. Analysen gir et helhetlig bilde av hvilken løsning som vil være best for samfunnet over tid. Gjennomføringsplanen for oppgaven er illustrert under i flytdiagrammet i Figur 20.



Figur 20: Flytdiagram for fremgangsmåten til masteroppgaven.

### 3.2 Studieområdet



Figur 21: Bildene viser beliggenheten til studieområdet Kokstad vest like ved Flesland flyplass. Det er markert røde sirkler rundt studieområdet. (Asplan Viak, 2013)

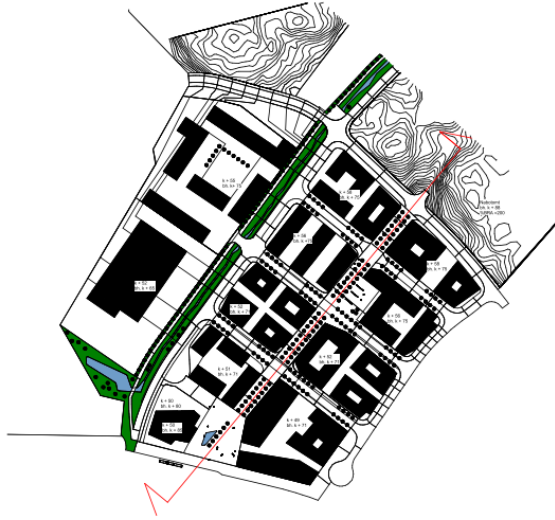
Studieområdet betegnes Kokstad vest og ligger like ved Flesland flyplass i Bergen kommune, vist i Figur 21. Figur 22 viser et historisk bilde av studieområdet og området rundt, fra 2009. Selve studieområdet har et areal på ca. 12 hektar (ha). Nedbørfeltet har et areal på 55 ha. Området er opprinnelig et skogsområde bestående av høye trær, mye vegetasjon og små felt med fjell i dagen. Topografien i feltet er en svak helning mot sør, og med noen knauser. Stemmebekken renner naturlig gjennom studieområdet. Løsmassekartet til NGI viser at hele området er preget av "Bart fjell, stedvis tynt dekke" (NGU, n.d.). Frem til 2014 var området uberørt og naturlig, slik som beskrevet over. I 2014 begynte arbeidet med en 300 m lang vognhall til bruk for bybanen. Både studieområdet og området rundt ble da fortettet i stor grad. Store deler av området ble gjort om til

byggeplass, og det er slik området fremstår i dag. Oppgaven benytter forholdene før 2014 som før-situasjon. Naturinngrepene som er gjort, og som det planlegges for i tiden fremover, påvirker avrenningen. Målet er lavest mulig økning i avrenningen fra studieområdet ved utbygging.



*Figur 22: Historisk bilde av studieområdet Kokstad vest samt områder rundt, fra 2009. Bilde hentet fra 1881 historiske bilder (02.09.2021).*

Studieområdet Kokstad vest skal etter planen utvikles fra omtrent ubebygd friluftsområde til et nytt næringsområde. I reguleringsplanen er det beskrevet at området er regulert til sentrumsformål med hotell, butikker, torg, serveringssteder og parkeringskjellere. Som for flere lignende bynære prosjekter er målet en høy utnyttelsesgrad, arbeidsintensiv virksomhet, attraktive arbeidsplasser, urbane kvaliteter, sosiale møtesteder, torg, parker og gjennomgående grønne innslag i form av parker eller andre former for grønne soner. I Kvalitetsprogrammet for områdereguleringsplanen, vist i Vedlegg A, er det beskrevet hvordan den estetiske kvaliteten skal ivaretas ved hjelp av vann, trær, møblering og belysning. Figur 23 illustrerer vedtatt prinsippsskisse for studieområdet.



Figur 23: Vedtatt prinsippsskisse av studieområdet etter ferdig utbygging. Bilde hentet fra Kvalitetsplan for områdereguleringsplan, se Vedlegg A Figur 36.

På grunn av nærheten til Flesland flyplass er det som følge av støy ikke gitt tillatelser til å bygge boliger i feltet.

Masteroppgaven vil bruke de oppgitte arealene fra områdereguleringsplanen i beregninger knyttet til de tradisjonelle- og naturbaserte overvannsløsningene. Den vedtatte planløsningen blir brukt som et utgangspunkt. Eventuelle forutsetninger knyttet til disse vil komme frem i oppgaven.

### 3.3 Modelloppsett i SWMM

Det er laget modeller av området for å beskrive før-situasjonen. Dette er gjort for å fastsette kravet til maksimal avrenning ut av området for de fremtidige løsningene. Det er en forutsetning gjennom oppgaven at man ikke skal øke belastningen på eksisterende vassdrag og overvannsledninger nedstrøms planområdet sammenlignet med før-situasjonen. Før-situasjon-modellen angir altså maksimal avrenning ut av feltet for både tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning. Det er avgrenset slik at modellen ikke ser på vassdraget ovenfor feltet og vannmengder inn i planområdet. Oppstrøms nedbørfelt er av samme grunn ikke tatt med i beregningene.

#### 3.3.1 Simulerte nedbørhendelser

I oppgaven er det valgt å simulere ulike størrelse og intensitet på nedbørhendelsene. Den hydrologiske modellen bruker et 30-års regn uten klimafaktor som grunnlag for maksimal avrenning ut av delfeltet. Basert på Bergen kommune sin veileder om gjentaksintervall for dimensjonerende vannføring (vist i Tabell 3), skal gjentaksintervallet være 30 år. Dette gjelder for by/sentrumsområde i lukket områdetype. Verdiene fra IVF-statistikken fra Sandsli viser for  $T =$



20 og  $T = 50$ . For å få verdier for  $T = 30$  ble formelen for lineær interpolasjon, vist i Formel 3, benyttet.

$$y(x_*) = y_{k-1} + \frac{x_* - x_{k-1}}{x_k - x_{k-1}} (y_k - y_{k-1}) \quad (3)$$

Nedbørmålingene er hentet fra NVE sin målestasjon Sandsli ([SN50480]) i Bergen kommune. Denne målestasjonen ligger 1 500 meter i luftlinje fra studieområdet, og oppgaven forutsetter med rimelighet at nedbøren vil være gjeldende for studieområdet også.

30-års regnet er simulert for å sette kravet til maksimal avrenning ut av feltet. I tillegg er modellen simulert med en historisk nedbør over de 10 siste årene. Den historiske nedbøren er simulert for å få frem ulikheter i avrenningen mellom løsningene over en 10 års periode. Dette er undersøkt i forbindelse med fremmedvannmengder omtalt senere i oppgaven. Her er middelavrenningen over året beregnet ut fra de 10 siste årene. Tabell 5 og Tabell 6 under viser hvilke regn og hendelser som er simulert for de ulike modellene.

Tabell 5: Tabellen illustrerer hvilket regn som er simulert i de ulike SMWW modellene.  $K_f$  står for klimafaktor, som er satt til 1,4 i analysen.

Modell	Regnhendelse		
	30-års regn uten $K_f$	30-års regn med $K_f$	Historisk nedbør over 10 år
Historisk modell	X		
Tradisjonell løsning		X	X
Naturbasert løsning		X	X

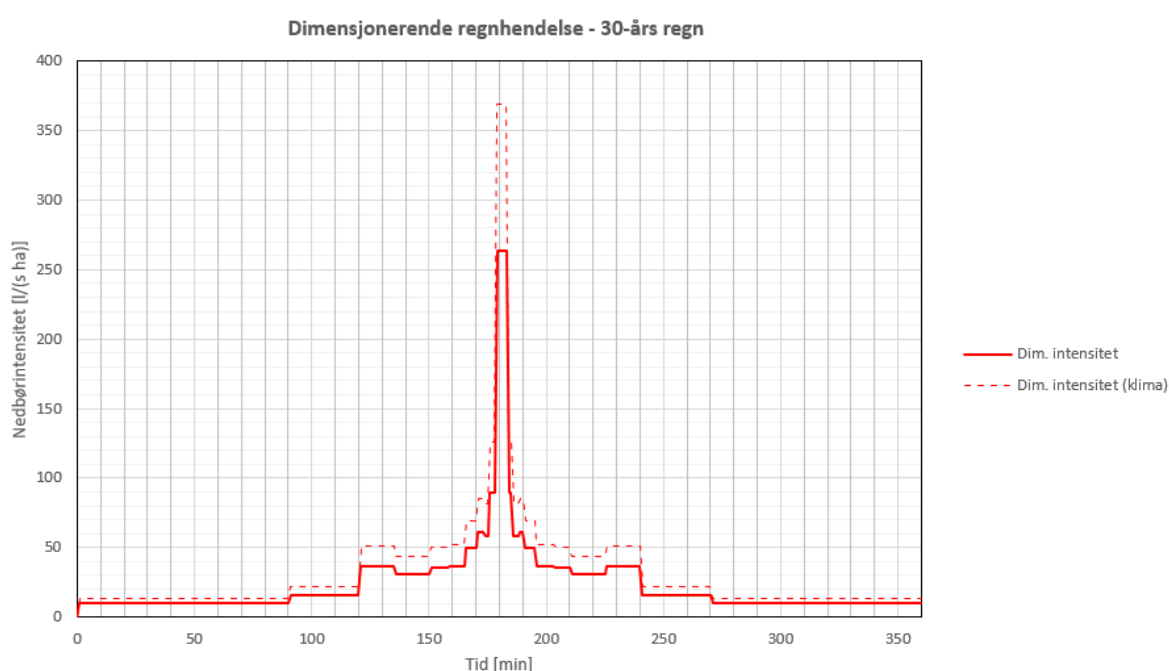
Tabell 6: Simulerte regn med varighet, klimafaktor og intensiteter.

Regn	Varighet [minutter]	$K_f$	Toppintensitet [mm/t]	Gjennomsnittlig intensitet [mm/t]
30-års regn	360	-	94,9	8,6
30-års regn	360	1,4	132,8	12,1
Historisk nedbør over 10 år	10 år	-	26,6	0,24

### Det konstruerte symmetriske blokkhyetogrammet

Nedbøren ble påført modellene i form av symmetriske blokkhyetogrammer. De symmetriske blokkhyetogrammene er konstruert ut ifra IVF-data fra Sandsli. 30-års regnet har varighet på 360 minutter og er simulert med minuttsopløsning. Figur 24 illustrerer det symmetriske hyetogrammet for 30-års regnet. Den historiske nedbøren over 10 år er simulert i timesoppløsning. Det er også tatt hensyn til klimaendringer ved beregning av vannmengder som skal fordrøyes. Klimafaktorene er bestemt ut i fra anbefalinger om klimapåslag for kortidsnedbør (Dyrrdal & Førland, 2019). For 30-års regn i nedbørrike områder er  $K_f$  1,4.

Utarbeiding av det symmetriske regnhyetogrammet er gjort slik som beskrevet i kapittel 2.8.2 .



Figur 24: Symmetrisk blokkhyetogram for 30-års regnet. Den røde heltrukne linjen viser uten klimafaktor og den stiplede røde linjen viser med klimafaktor på 1,4.

### 3.3.2 Simuleringer av overvannsløsninger

SWMM-modellene er bygget opp av delfelt, noder, ledningsnett og LID Controls. Modellene ble konstruert slik det virket hensiktsmessig for oppgavens formål samt ut fra gjeldende krav for Bergen kommune og for å kunne gjøre analyser. Alle modellene ble bygget opp med delfelt med samme areal. Hver modell består av 10 delfelt. Hvert delfelt har sitt sluk, slik at all avrenning fra feltet blir ført til et sluk. Nodene presenterer sluk. Mellom nodene ble det lagt ledninger hvor lengdene ble lagt inn manuelt. Alle modellene har de samme kotehøydene, helning på delfelt (% slope) og Mannings tall for permeable- (N-Perv) og ikke-permeable flater (N-Imperv). Dette er forenklinger som er gjort for å ikke konstruere for detaljerte modeller i forhold til det som er nødvendig for oppgaven. Infiltrasjonsparameterne er anslått ut ifra tabell for "Soil characteristics"



og resultater fra Nevina. Nærmere beskrivelse er vist i Vedlegg C – SWMM-data. Alle modellene ender i en "outfall node" der utløpsledningen ender. Ut av outfall noden er det lik kulminasjonsavrenning for alle modellene. Kartverktøyet Scalgo Live er benyttet for topografi-informasjon. Analysen er gjennomført med utgangspunkt i en sommer/høst situasjon. Om vinteren kan underlaget være frossent, og all nedbør renner av som avrenning. Dette vil gi andre resultater, og oppgaven har valgt å forenkle dette.

Før-situasjons-modellen representerer slik det var før det ble satt i gang med bygging og arbeider på området. Denne modellen er satt opp og kjørt for å få et bilde på hvordan den naturlige avrenningen fra feltet er, slik at dette kan sammenlignes med alternative løsninger. Modellen er konstruert med sikte på at det ikke skal bli økt maksimal avrenning ved utbygginger på studieområdet. Det er forsøkt så godt det lot seg gjøre å estimere andel ugjennomtrengelig flate (% Imperv), gropmagasinering i gjennomtrengelige flater (Dstore-Perv) og i ugjennomtrengelige flater (Dstore-Imperv), samt andel av det ugjennomtrengelige arealet med ingen gropmagasinering (% Zero-Imperv). I denne modellen er det lagt på 30-års regn uten klimafaktor. Avrenningen ut av feltet i denne modellen ved 30-års regn, blir maksimal vannføring ut av feltet i de alternative løsningene.

Både den tradisjonelle- og naturbaserte løsningen er bygget opp med samme andel ugjennomtrengelig overflate (% Imperv), gropmagasinering i gjennomtrengelig (Dstore-Perv) og i ugjennomtrengelig flate (Dstore-Imperv), ugjennomtrengelige areal med ingen gropmagasinering (% Zero-Imperv) og infiltrasjon. Modellene er svært forenklet i forhold til virkeligheten, men hovedpoenget er å få en relativ sammenligning av overvannsløsningene. Så like forenklinger i begge modellene vil gi pålitelige sammenligningsresultater. Modellene er bygget opp likt utenom overvannsystemet for å få frem forskjellene her. Begge modellene ble simulert med 30-års regn med klimafaktor på 1,4 og historisk nedbør over de 10 siste årene.

Den tradisjonelle overvannsløsningen er modellert for å se hvordan tradisjonelle systemer håndterer den gitte vannmengden. Systemet bygges opp slik at maksimal avrenning ut av feltet overholdes. Løsningen er bygget opp med rørsystemer og lukket fordrøyningsbasseng for å ta hånd om den krevde vannmengden. Overvannstiltakene som er nyttet er beskrevet i 2.2.1 Fordrøyningsmagasinene er lagt inn som Storage Unit med dybde og areal tilpasset vannmengdene de må ha kapasitet til. Parameteren *Coefficient* justerer dette og forteller om det funksjonelle forholdet mellom overflate og lagringsdybde.

Den naturbaserte overvannsløsningen er modellert for å se hvordan naturbaserte systemer kan håndtere den gitte vannmengden. Også her skal systemet overholde kravet om maksimal avrenning ut av feltet. Løsningen er bygget opp ved bruk av LID Controls. For hvert delfelt er det lagt inn aktuell LID Controls med tilhørende areal. LID Controls som er benyttet er Bio-Retention Cell (regnbred med 30 cm dybde), Green Roof (grønt tak med 15 cm dybde), Permeable Pavement (permeabelt dekke) og Infiltration Trench (infiltrasjonsgrøft med 10 cm dybde). De tilhørende, nødvendige arealene for å håndtere den krevde vannmengden, er lagt inn på hver LID. Selve overvannstiltakene er beskrevet i kapittel 2.2.2 .

### **3.4 Samfunnsøkonomisk analyse**

#### ***3.4.1 Forutsetninger og tidshorisont***

Utbygging av et større planområde er et stort og detaljrikt prosjekt. Oppgaven fokuserer på noen utvalgte områder og det gjøres forenklinger som blir beskrevet underveis i analysen.

Det forutsettes at prosjektet har oppstartsår 2021 og at investeringer og kostnader vil påløpe fra da. Det vil si at  $T = 0$  i 2021. Analyseperioden er fastsatt til 40 år. Ved fastsetting av analyseperiode i samfunnsøkonomiske analyser etterstrebes det å sette analyseperioden så nær tiltakets faktiske levetid som mulig. Ulike tradisjonelle og naturbaserte overvannsløsninger har svært varierende levetid. De ulike tiltakene har også svært ulik dokumenterbar historikk og datagrunnlagene fra driften varierer også mye. Noen av tiltakene har vi erfaring med i 100-vis av år, for eksempel rørsystemer. Mens andre nyere tiltak har vi erfaring med kun fra de siste 10-20 årene, for eksempel regnbred. I oppgaven har enkelte tiltak levetid lengre enn analyseperioden. I samfunnsøkonomiske analyser er dette vanlig å hensynta ved å beregne en restverdi. Restverdien angir nytte- og kostnadsvirkningene i tidsperioden etter analyseperioden er utløpt og ut tiltakets levetid. I denne oppgaven er dette hensyntatt ved å gjøre en følsomhetsanalyse med lengre analyseperiode. Dette får frem effekten det har på NNV av å inkludere en større del av tiltakets faktiske levetid i analysen.

Diskonteringsrenten er i oppgaven satt til 4 % som anbefalt av Direktoratet for økonomistyring for en analyseperiode på 40 år (Direktoratet for økonomistyring, 2018). Alle kroneverdier i oppgaven er oppgitt i januar 2021-kroner.

#### ***3.4.2 Nullalternativ***

Nullalternativet beskriver dagens situasjon med forsvarlig videre utvikling, der ingen nye tiltak tilføres. Nullalternativet brukes som sammenligningsgrunnlag for å identifisere og beskrive virkninger og tallfeste disse. I denne oppgaven vil nullalternativet være før-situasjonen med naturlig skogsterreng, mye vegetasjon og ingen utbygging. Det er allerede vedtatt at studieområdet

skal bygges ut, og nullalternativet er dermed å forstå som et rent referansealternativ. Nullalternativet er ut over dette behandlet og mer utførlig beskrevet i kapittel 3.2.

Samfunns- og effektmål skal beskrive den nye forbedrede tilstanden som de planlagte tiltakene skal bidra til. Samfunns mål beskriver den positive utviklingen, eller tilstanden, som vi etterstreber innenfor et samfunnsområde (Direktoratet for økonomistyring, 2018). Veilederen fra DFØ beskriver at effektmål skal bygge opp under samfunns målet, og vil være en spesifisering av hva som ønskes oppnådd for målgruppene i tiltakene.

Samfunns målet her er en miljøvennlig og samfunnsøkonomisk håndtering av overvannet, i et område som konverteres fra et ubebygde friluftsområde, til et nytt attraktivt næringsområde. Effektmålet er at belastningen på eksisterende vassdrag og overvannsledninger, nedstrøms planområdet, ikke skal økes i maksimal mengde i forhold til før-situasjonen, når området er ferdig utbygget.

### ***3.4.3 Identifisering av alternativer***

Alternativene som er aktuelle er tradisjonell overvannshåndtering eller naturbasert overvannshåndtering. Disse er beskrevet i kapittel 3.3.2. Den tradisjonelle løsningen innebærer at overvannshåndteringen i utstrakt grad blir håndtert under bakken på tradisjonelt vis. Denne overvannsløsningen består av rørsystemer og lukket fordrøyningsanlegg. Den naturbaserte løsningen innebærer at overvannet blir håndtert i så stor grad som mulig med naturbaserte løsninger. Overvannsløsningen består av grønne tak, regnbed, permeable dekker og infiltrasjonsgrøfter.

Masteroppgaven vil vurdere disse to løsningene opp mot hverandre. Hensikten med dette blir å finne ut hvilken løsning som oppfyller samfunns målet og effektmålet best. Både tradisjonell- og naturbasert løsning skal holde kravet om samme maksimale avrenning som før-situasjonen, ut av området, men på to ulike måter. Resultatene av tiltakssammensetningen av de to løsningene er presentert i kapittel 4.1.

### 3.4.4 Identifisere virkninger

En samfunnsøkonomisk analyse har som mål å vurdere samlet nytte og kostnad til samfunnet som helhet (Boardmann, Greenberg, Vining, & Weimer, 2018). Tabell 7 identifiserer og beskriver de mest sentrale virkningene av tiltakene som skal utredes. Virkningene beskrives som endringer i forhold til nullalternativet.

Tabell 7: Skjematisert oversikt over nytte- og kostnadsvirkninger for tradisjonelle- og naturbasert overvannsløsninger. Utviklet med utgangspunkt i tabell fra (NOU, 2015).

<b>Oversikt over nytte- og kostnadsvirkninger:</b>	
<b>Virkninger</b>	<b>Beskrivelse</b>
<b>Prissatte virkninger</b>	
<b>a. Kostnader</b>	
Investeringskostnader	Innsatsfaktorer: lønnskostnader, tjeneste- og vareinnsats
Drift- og vedlikeholdskostnader	Innsatsfaktorer: lønnskostnader, tjeneste- og vareinnsats
<b>b. Nytte</b>	
Redusert utrygghet for flom	Nytten av at overvannet blir håndtert i form av redusert utrygghet for flom
<i>Virkningene under gjelder kun for naturbasert overvannsløsning</i>	
Verdien av rekreasjon i grønnstruktur i byer	Skaper mulighet for fysisk og sosial aktivitet for folket.
Sparte renskostnader av redusert fremmedvann	Mindre fremmedvannmengder blir sendt til rensanlegg, dette fører til sparte renskostnader.
<b>Ikke-prissatte virkninger</b>	
Estetikk, stedsidentitet og kulturarv	Naturbasert struktur, som bekker og dammer med grønne omgivelser, skaper estetiske verdier og kan bidra til stedsidentitet. Spesielt åpning av bekker kan være med på å bevare kulturarv.
CO <sub>2</sub> -opptak (og lagring)	Grønne elementer bidrar til CO <sub>2</sub> -binding, ved å omdanne CO <sub>2</sub> ved fotosyntese.
Lokal klimaregulering	Vann og vegetasjon kan begge gi skygge/avskjerming og hindre vind som gir en lunere by. Grønne tak virker isolerende og forhindrer varmetap.
Støyreduksjon	Studieområdet ligger like ved en flyplass som avgir en del støy. Både vann og vegetasjon absorberer og reflekterer lydbølger, og virker med det støydempende.
Bedret luftkvalitet	Grønnstruktur binder svevestøv, som renser luften og gir en friskere luft som forhindrer luftveissykdommer som astma/allergier.
Økt biodiversitet (biologisk mangfold)	Både grønnstruktur og vann kan bidra til økt biodiversitet i urbane strøk. Dette kan ha bruks- og ikke-bruksverdi for befolkningen.

Pollinering/frøspredning	Urban grønnstruktur kan skape leveområder for humler og bier som bidrar med pollinering samt fugler og ekorn som sprer frø.
Utrygghetsfølelse	Åpne vannspeil kan bidra til en utrygghetsfølelse i forhold til uhell, drukning og snubling i kanter.
Fleksibilitet	Tiltakenes fleksibilitet ved eventuelle endringer i behov.
Feil montering av tiltak	Ved montering av tiltakene kan det oppstå feil som hindrer tiltakenes hensikt.
Vannkvalitet	Overvann er ofte forurenset. Infiltrasjon i jordmaser er med på å rense overvannet.
Grunnvannstand og vannbalanse	Ved utbygging vil tiltak basert på infiltrasjon opprettholde grunnvannstanden og den naturlige vannbalansen.
Økt attraktivitet på studieområdet	Økt attraktivitet i et område har igjen virkninger på priser og etterspørsel

Ved identifisering av virkninger må det kartlegges og beskrives hvem som blir berørte grupper, og på hvilke måte de berøres og hva som blir forventet varighet for virkningene. Kartlegging av interessegruppene er svært viktig for å synliggjøre problemer og interessekonflikter som kan oppstå.

De største interessegruppene i dette prosjektet er utbygger (beslutningstaker) samt besøkende og ansatte på området. Utbygger blir berørt av størrelsen på investeringene. Disse vil være størst i starten, og etter hvert vil utbygger forhåpentligvis få avkastning på investeringene i form av leieinntekter. Det er rimelig å anta at utbygger vil gjøre sine valg ut fra bedriftsøkonomiske vurderinger. Besøkende til området blir berørt ved at de får et nytt område til oppholdssted, rekreasjon og servering. De samme godene vil tilbys de ansatte medarbeidere på studieområdet, men for denne gruppen er det kun i arbeidstiden at de får nytte av godene. Disse to siste gruppene antas å få like stor opplevelse av nytte gjennom hele analyseperioden.

### 3.4.5 Tallfeste og verdsette virkninger

I Finansdepartementets rundskriv R-109/2014 er det beskrevet at nytte- og kostnadsvirkninger skal verdsettes i kroner og øre så langt det er mulig og fordelaktig (Det kongelige finansdepartement, 2014 s. 2).

#### Prissatte virkninger – Kostnader

Investeringskostnadene og drift- og vedlikeholdskostnadene er basert på enhetspriser som er hentet inn og prisjustert for januar 2021, basert på statistisk sentralbyrås konsumprisindeks (Statistisk sentralbyrå, 2021). Tabell 8 oppsummerer enhetsverdiene på kostnader, drift- og vedlikeholdskostnader samt levetid for de ulike tiltakene.

Tabell 8: Skjematisk oversikt over enhetskostnad per tiltakstype justert til januar-2021-kroner, basert på (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015). Middelestimat er benyttet.

Tiltak	Levetid [år]	Investering enhetspris			Driftskostnader		
		Lavt kostnads-estimat	Midels kostnads-estimat	Høyt kostnads-estimat	Lavt kostnads-estimat	Midels kostnads-estimat	Høyt kostnads-estimat
<b>Tradisjonell overvannsløsning</b>							
Rørkostnader (inkl. graving)	100	3 423,00	13 121,50	22 820,00	96,99	96,99	96,99
Grå tak - PVC takbelegg	25	249,00	257,50	266,00	8,20	12,30	16,40
Lukket fordøyningstank - Støpte basseng	40	8 557,50	9 413,25	10 269,00	57,05	57,05	57,05
<b>Naturbasert overvannsløsning</b>							
Grønne tak - Ekstensive tak	50	456,40	570,50	684,60	2,28	6,85	11,41
Infiltrasjonstiltak - Infiltrasjonsgrøft	40	1 026,90	1 026,90	1 026,90	11,41	11,41	11,41
Infiltrasjonstiltak - Regnbed	40	1 597,40	1 597,40	1 597,40	17,12	17,12	17,12
Fordøyningstiltak - Overvannsdam	40	1 483,30	1 483,30	1 483,30	39,94	39,94	39,94
Permeable flater - Gress	40	57,05	57,05	57,05	11,41	17,12	22,82
Permeable flater - Betongheller	40	399,35	541,98	684,60	11,41	17,12	22,82
Permeable flater - Armert gress med betongheller	40	399,35	484,93	570,50	11,41	17,12	22,82
Permeable flater - Gatestein	40	912,80	1 026,90	1 141,00	11,41	17,12	22,82
Busker / hekk (60 cm)	60	1 625,93	1 625,93	1 625,93	45,64	45,64	45,64
Trær (100 cm)	60	2 196,43	2 196,43	2 196,43	45,64	45,64	45,64

Skattefinansieringskostnader regnes ikke med i oppgaven. Disse sees bort i fra da de forventes å ha en nøytral effekt om de tas med i beregninger i de to overvannsløsningene.

#### Lengre levetid blågrønne tak

Opgaven ønsker å få frem forskjellen mellom tradisjonelle tak og naturbaserte tak.

Det er flere studier som hevder at grønne tak har lengre levetid enn tradisjonelle tak. I rapporten "Grønne tak og styrtregn" av Braskerud skriver han om flere studier som argumenterer for at grønne tak har lengre levetid enn tradisjonelle tak (B. C. Braskerud, 2014).

Fordelen med grønne tak er at det grønne dekket skjermes den vanntette membranen for regn, vind, UV-stråling, snø og tråkk. Det vegeterte dekket sørger for mindre temperaturskiftninger. På et forsøktak i Oslo en dag det var 27 grader i skyggen, ble det målt 33 grader under det grønne taket og 57 grader under takpappen (B. C. Braskerud, 2016). Naturbaserte tak beskytter takmembranen bedre enn tradisjonelle tak, og gir dermed færre lekkasjer.

Erfaringer fra både Tyskland og USA viser at grønne tak øker levetiden til taket betydelig sammenlignet med kun takpapp. Taktypen har ikke vært i bruk lenge nok til å komme med sikre tall, men ofte blir en forlenget levetid på 2 til 3 ganger nevnt.

For å verdsette at grønne tak kan har lengre levetid enn grått tak, er det lagt inn to grå tak som investeringskostnader i analyseperioden for tradisjonell løsning.

## **Prissatte virkninger - Nytte**

For å verdsette prissatte nyttevirkninger benyttes metoden som er beskrevet i "Benefit Transfer Guidelines for CBA in Nordic Countries" (Navrud, 2007).

Virkningene som blir verdsatt på denne måten er verdien av rekreasjon i grønnstruktur i byer, sparte renskostnader grunnet redusert fremmedvannmengde og redusert utrygghet for flom.

Metoden består av 8 trinn:

1. Identifisere endringene i miljøgoder som skal verdsettes ved tiltak
2. Identifisere den berørte gruppen ved tiltak
3. Samle tidligere relevante studier som verdsetter aktuelle verdier
4. Vurdere relevansen og kvaliteten på verdiene i studien for overføring
5. Velge ut og oppsummere relevant data fra studien
6. Verdioverføre estimatene fra studie til området
7. Beregne total nytte eller kostnad
8. Vurdere usikkerheten i studien eller i overføringen

Steg 1 og 2 er utført i kapittel 3.4.3. Følgende del vil ta for seg steg 3 til 6. Steg 7 og 8 er presentert i resultater, kapittel 4.2, og diskusjon, kapittel 5.2.

Miljøgoder inngår ikke i godene som inngår i KPI. Det er derfor viktig å ta med i betraktning at miljøendringer kan ha økt mer eller mindre enn indeksen. KPI brukes i dette tilfellet fordi det finnes ingen bedre måte å regulere endringer over tid for preferanser av miljøgoder.

Regneøvelsene gjøres først og fremst for å få frem de betydelige nytteverdier som ligger i å investere i grønnstrukturer, håndtere overvann og redusere renskostnader. Beregningene må ikke vurderes som eksakte verdier. Hovedpoenget i masteroppgaven er å få til en relativ sammenligning av tradisjonell og naturbasert overvannløsning. En mer robust verdsetting av betalingsvilligheten for Kokstad vest sine nytteverdier vil kreve egne og vesentlig mer omfattende undersøkelser enn det er tilgjengelige ressurser for denne oppgaven.



### 3.4.5.1.1 Verdien av rekreasjon i grønnstruktur i byer

Grønnstruktur kan være viktige rekreasjonsområder i urbane strøk. Mulighet til å kunne oppholde seg utendørs og samles er viktig for helse og trivsel for de fleste mennesker. Grønnstruktur og urban natur gir muligheter for fysisk og sosial aktivitet (Magnussen, Reinvang, et al., 2015). Ved naturbasert overvannsløsning vil studieområdet inneholde en del urban grønnstruktur. Masteroppgaven ønsker å verdsette denne verdien av rekreasjon i grønnstrukturen for å kunne bruke det i en samlet nytte-kostnadsvurdering av prosjektet.

Byene i Norge er relativt små i internasjonal sammenheng, og ofte er det slik at de ligger i nærheten av naturområder. Eksempelvis ligger byfjellene i Bergen nokså nærme byen, og marka er nærme Oslo og Trondheim by.

Det er svært vanskelig å verdsette verdien av grønnstruktur i byer. Det kan være lettere å anslå fritidsbruk, men studier viser at den dominerende verdien for bybefolkningen er rekreasjon. Dette skjer gjennom daglige opplevelsesverdier og mer langsiktig allmenn psykisk og fysisk helse (Barton, Traaholt, Blumentrath, & Reinvang, 2015).

For å verdsette rekreasjon i grønnstruktur i byer benytter denne masteroppgaven verdioverføringsmetoden, (value transfer) fra en tidligere studie. Det tidligere studiet er en meta-analyse av Brander og Koetse fra 2011. Det er så vidt kjent bare gjennomført en nyere undersøkelse på dette i Oslo, og det er derfor valgt å benytte meta-analysen som utgangspunkt (Brander & Koetse, 2011). En meta-analyse er en metode som slår sammen resultater fra mange forskjellige studier slik at det blir mulig å konkludere med en høyere grad av sikkerhet.

Meta-analysen er basert på betinget verdsetting, CV, (contingent valuation) og eiendomsprismetoden, HP, (Hedonic Price method). Betinget verdsetting er at man spør personer direkte om deres betalingsvillighet for å finansiere tiltak som forbedrer eller verner grønnstruktur. I eiendomsprismetoden tas det utgangspunkt i at en bolig er satt sammen med ett sett med attributter og metoden undersøker i hvilken grad hvert attributt påvirker prisen.

Den avhengige variabelen i CV-meta-regresjonen er definert som verdien av urban grønnstruktur per hektar per år i 2003-dollar, og for HP-modellen som den prosentvise endringen i boligpris for en 10 meter reduksjon i avstanden til urban grønnstruktur.

Meta-analysen har tatt for seg folks betalingsvillighet for urbant ubebygget areal i 20 utenlandske studier. Analysen kommer frem til at det er en positiv og signifikant sammenheng mellom verdien

av urban grønnstruktur og befolkningstettheten. Dette vil si at knapphet og lite tilgang på andre urbane grøntområder har betydning. Meta-analysen fant at verdien av urban grønnstruktur ikke varierte betydelig med inntekt. Analysen påpeker at det er viktige regionale forskjeller på områdene og at resultatene varierer noe.

En rapport fra NINA fra 2015 har benyttet overnevnt meta-analysen til verdioverføring for Oslos urbane grøntområder (Barton et al., 2015). De testet ulike verdianslag ved å justere for inntekt per innbygger i Norge, størrelsen på hvert grøntareal samt befolkningstettheten rundt hvert grøntareal. Videre er det også vektet spesielt for rekreasjonsverdier i parker og friområder. Rapporten forutsetter at Oslos befolkning er villig til å betale det samme som befolkningen har sagt de er villige til å betale for grøntarealer i en rekke andre byområder i andre land. Ut ifra dette er verdien rapporten kommer frem til 1 985 kr per år for hver Oslo-borger over 15 år.

Verdianslaget er en forsiktig bruk av meta-analysen siden det vurderer det totale urbane grøntarealet. Hadde hvert enkelt grøntområde blitt verdsatt hver for seg hadde verdien blitt mye høyere, men dette er utenfor datagrunnlaget til meta-analysen.

For å vurdere meta-analysen sin verdsetting trekkes inn tre andre studier for rekreasjon i grøntområder. Rapporten "Verdier av økosystemtjenester i skog i Norge" av Lindhjem og Magnussen tok for seg en liste over fritidsaktiviteter utarbeidet i USA (Lindhjem & Magnussen, 2012). De anslo verdien av en friluftslivsdag i skog var 50-100 kr i 2012-kr. Det er overveiende sannsynlig at verdien av rekreasjon i grønnstruktur i by er lavere. En større dansk studie av alle grøntområder i Danmark, estimerte verdien av en dag i park til et beløp på 30 kr (2015-kr) (Magnussen, Reinvang, et al., 2015). I Svartdalen i Oslo er det gjort en brukerundersøkelse på verdien av rekreasjon i grøntområder i Oslo. Ved å kartlegge brukernes årslønn kom rapporten frem til en verdi for tiden brukt i Svartdalen på 181 kr/time (Magnussen, Reinvang, et al., 2015). Undersøkelsen illustrerer viktigheten av å bevare naturområder som en del av den langsiktige byutviklingen.

Tabell 9 oppsummerer kostnadsestimatene studiene har funnet.

Tabell 9: Oppsummerende tabell over verdiene ulike studier har estimert for rekreasjon i urban grønnstruktur.

Studie	Verdi fra studier	Verdi i 2021-kr	Forklaring
Meta-analysen	1 985 kr/år/pers = 5,4 kr/dag/pers i 2015 kr	2 265 kr/år/pers = 6,2 kr/dag/pers	En dag i urban park
Danmark	30 kr/dag/pers i 2015 kr	34 kr/dag/pers	En dag i urban park
NINA Rapport 894	50-100 kr/dag/pers 2012	61-122 kr/dag/pers	I skog
Svartdalen	181 kr/time i 2014 kr	211 kr/time	En stor park

Effekten som meta-analysen og den danske studien verdsetter, er de samme grønnstrukturene som denne masteroppgaven ser på. Studien i rapporten NINA 894 og fra Svartdalen verdsetter en litt annen kvalitet, nemlig skog og store parkområder. Den danske studien er én enkelt analyse. Meta-analysen baserer seg på flere analyser. Dette styrker meta-analysens validitet. Både den danske studien og meta-analysen er basert på betinget verdsetting som dokumenterer preferansene til beboere, ikke-brukere samt rekreasjonsutøvere (de som oppholder seg der). Av disse grunnene vil meta-analysen bli nyttet i verdioverføringen i denne oppgaven.

Grønnstrukturene som er aktuelle i studieområdet er gressplener, trær og busker, elv, åpne vannspeil og regnbed. Til sammen er dette med på å skape et naturpreget område som en kan oppholde seg i og som gir en rekreasjonsverdi. Dette er et mindre område enn en stor park, og meta-analyse-estimatet bør nedjusteres noe for å hensynta dette og unngå overprising. Studieområdet ligger også like i nærheten av et skogsområde. Dette trekker ned nytteverdien av grøntområdene i studieområdet.

Personene som oppholder seg i, og benytter seg av grønnstrukturen i studieområdet, er hotellgjester, butikk-, næring- og restaurantansatte og gjester til butikker og serveringsteder. Grunnet flystøy er det ikke tillat med boliger i området. Utearealene vil bli benyttet til lunsjsted, oppholdssted, møteplass og vil være innfallsport til skogsarealer like ved.

Verdioverføringen måles ved å legge til grunn betalingsvilligheten for rekreasjon i urban grønnstruktur blant bybefolkningen i andre land. Det forutsettes at Bergens befolkning er villig til å betale det samme som befolkningen har sagt seg villige til å betale for grøntarealer i en rekke andre storbyområder i andre land. Nytteverdien kan overføres til Bergen fra Oslo fordi studiene

ser på grøntarealene som felles goder, tar hensyn til befolkningstallet og tilgangen på grøntarealer. Det er mange likheter mellom byene Oslo og Bergen. Oppgaven forutsetter at menneskene lever livene sine ganske likt i de to byene som begge befolkes av urbane mennesker som antas har like preferanser på friluftsområdet. Verdien av rekreasjon i urban grønnstruktur er estimert til 1 985 kr pr år i gjennomsnitt. Dette tilsvarer 5,50 kr pr dag pr person. Prisjustert med konsumprisindeksen har dette i 2021-kroner en verdi på 2 265 kr pr person pr år, en økning på 14,1% fra 2015 (Statistisk sentralbyrå, 2021). Utgangsverdien avrundes til 6 kr/dag/person. Denne verdien opp- og nedjusteres litt for de ulike brukergruppene.

Det regnes med 60 % belegg på hotellet og 350 rom. Det tilsvarer 210 gjester på hotellet hver dag gjennom hele året. Hotellgjestene har lavere nytteverdi av grøntområdene fordi primærbehovet for fri natur får de dekket der de har sine bostedsadresser. Hotellgjestene får derfor en redusert nytteverdi til 4 kr/dag/pers som følge av dette. Dette tilsvarer 1 460 kr/år/pers.

Totalt: 210 personer \* 1 460 kr/år/pers = 306 600 kr/år.

	NÆRINGSOMRÅDE 450 daa	NÆRINGSOMRÅDE 750 daa
AREALKREVENDE NÆRING 5 arb/daa	2300 arbeidsplasser	3750 arbeidsplasser
ARBEIDSPASSINTENSIV NÆRING 10 arb/daa	4500 arbeidsplasser	7500 arbeidsplasser

Figur 25: Alternative scenarier til fremtidig utnyttelse av studieområdet og områdene rundt (Asplan Viak, 2013).

Oppgavens anslag tar utgangspunkt i det minste næringsområdet og det arbeidsintensive scenarioet beskrevet i Områdereguleringsplanen og plandokumentet, vist i Figur 25. Dette omfatter 450 daa. For studieområdet på 120 daa tilsvarer det en andel på  $120/450 = 0,27$ . Andelen multiplisert med 4 500 arbeidsplasser gir 1 215 arbeidsplasser som blir brukt i verdsettingen. Verdien på 4 kr/dag/pers gjelder for denne gruppen også. Totalt vil de ansatte på området ha en verdi av grønnstrukturen på 1 773 900 kr/år.

Gjester på serveringsteder og lunsjgjester fra næringslivet vil ha en nytteverdi av grønnstrukturer i utearealene i området. Et grønt miljø vil gi en hyggeligere møteplass som tiltrekker seg folk. Det regnes med at det vil være 50 personer som vil benytte seg av dette daglig. Verdien av grøntarealene blir verdsatt til 8 kr/dag/pers. Dette tilsvarer 2 920 kr/år/pers.

50 personer \* 2 920 kr/år/pers = 146 000 kr/år.

Med en hyggelig inngangsportal, og lett tilgang til turområdet Storrinden, forventes dette å føre til økt bruk av turområdet. I og med at studieområdet ligger så tett opptil skogsområdet reduseres verdien av grøntområder og park i studieområdet. Personer som bor eller oppholder seg daglig ved området får bruks- og ikke-bruksverdi av grøntarealene. Det antas at denne gruppen er på 10 personer daglig. Verdien av grøntarealene blir redusert og verdsettes til 2 kr/dag/pers. Dette tilsvarer 730 kr/år/pers.

$10 \text{ personer} * 730 \text{ kr/år/person} = 7\,300 \text{ kr/år}$ .

Verdien av grønnstruktur verdsettes til kr 0 for kortidsgjester til butikker og lager. Dette er fordi deres opphold i studieområdet forventes å bli svært kort.

Totalt vil verdien av grønnstruktur i byer være 2 233 800 kr/år.

### 3.4.5.1.2 Sparte resekostnader grunnet reduksjon av fremmedvann

Oppgaven ønsker også å verdsette nytten av å redusere fremmedvannmengden.

Store mengder fremmedvann i avløpssystemet fører til unødig store forurensningsutslipp, høyere driftskostnader og investeringer i renseanleggene enn det ellers hadde vært behov for (O. G. Lindholm, Bjerkholt, & Lien, 2012). I denne oppgaven defineres fremmedvann som alle vannmengder som ikke kommer fra spillvannsproduksjon. Overvann i spillvannførende ledninger regnes her som fremmedvann. Fremmedvann øker den hydrauliske belastningen på renseanlegget og opptar tilgjengelig kapasitet i ledningsnett slik at overløp oftere forekommer. Dette fører til at renseanlegg, pumpestasjoner og ledningsanlegg må dimensjoneres større enn det som hadde vært nødvendig. Overløpsutslipp fører til at urensset vann slippes ut fra ledningsnett og renseanlegg. Dette øker forurensingen. Forurensede resipienter får store konsekvenser for akvatisk liv. Det kan føre til eutrofiering, i hovedsak av fosfor, gi uønsket begroing, farge og smak på vannet. Dette kan gjøre resipienten uegnet som rekreasjonsområde og drikkevannskilde.

Innlekking av fremmedvann fører til økte driftskostnader fordi det krever økt bruk av kjemikalier og energi på renseanleggene. Dette er behandlingskostnader. Økte mengder fremmedvann krever også større renseanlegg. Dette fører igjen til økte administrasjons- og byggekostnader, og høyere lønnskostnader til ansatte som drifter og vedlikeholder. Ved store vannføringer og overløp er det også knyttet konsekvenser i form av opprydningsarbeider. Det er svært vanskelig å estimere hvor mye som unødvendig legges inn som ekstra investeringskostnader for å håndtere fremmedvann.

I Bergen kommune i 2020 var andelen fremmedvann som kom inn til renseanleggene 77,5 % ifølge Sandra McCarley på epost fra Bergen Vann (S. McCarley, personlig kommunikasjon, 6. april 2021). Norge tar inn en klart høyere andel fremmedvann enn de andre nordiske landene (O. G. Lindholm et al., 2012). Det betyr at det ligger et betydelig innsparingspotensial i å redusere fremmedvannmengdene.

Verdsetting av sparte resekostnader grunnet redusert fremmedvann gjøres med utgangspunkt i Masteroppgaven til Oda Synøve Garaas fra 2018 (Garaas, 2018). Garaas oppsummerer flere estimater for fremmedvann. I denne masteroppgaven benyttes en middelvei av tre estimater for fremmedvann. Det ene estimatet er fra Helen Karstensen sin masteroppgave i 2015 hvor hun kom frem til at marginal driftskostnad for en kubikkmeter avløpsvann var 1,35 - 3,35 kr/m<sup>3</sup> (Karstensen, 2015). Her er rensing, pumping og ekstra kostnader ved tilsyn og opprydning og sparte kostnader av reduserte utslipp av fosfor inkludert. Kristiansand Ingeniørvesen beregnet kostnader av fremmedvann i kommunen i 2012 til å ha en enhetspris på 1,6 kr/m<sup>3</sup> (Misund & Sivertsen, 2012).

I 2015 betalte Stavanger kommune 1,83 kr/m<sup>3</sup> for rensing av avløpsvann (Furre, 2015). De to siste estimatene inkluderer driftskostnader for transport og rensing, kalt behandlingskostnader.

Det anses at tallene fra masteroppgaven til Karstensen er svært overførbare til studieområdet på Kokstad vest, og det antas at det er samme priser i Bergen kommune for rensing. For verdsetting av sparte rensekostnader grunnet mindre fremmedvann vil det benyttes verdioverføring (value transfer) i form av en middelvei av de tre estimatene for fremmedvann justert til 2021-kroner.

Faktorene som har størst betydning for hvordan kostnadene for fremmedvann blir er utslipp av fosfor og hvordan dette utslippet verdsettes. Andre utslagsgivende faktorer er utvidelse av rensenanlegg og ledningsnett, samt om det er kjemisk eller biologisk rensing.

Ved naturbaserte overvannsløsninger blir overvannet tatt hånd om på andre måter som infiltrasjon til grunnen, fordamping eller åpen fordrøyning som forsinker, og man sparer unødvendige rensekostnader. Ved tradisjonelle løsninger vil alt vannet samle seg i rørene og føres til rensenanlegget. Det er derfor ved naturbasert overvannsløsning mulighet for sparte rensekostnader av fremmedvann.

I studieområdet på Kokstad vest er det i dag utslipp rett til havet. Fremtidige planer er at det skal bygges mye ut i dette området, og dette øker sannsynligheten for at vannet i fremtiden vil bli ført til et rensenanlegg. Om studieområdet masteroppgaven tar for seg hadde vært midt i en by hadde alt vannet blitt ført til et rensenanlegg. Ut fra dette forutsetter oppgaven at overvannet fra studieområdet blir ført til et rensenanlegg som fremmedvann.

Ved å benytte en middelvei av de tidligere estimatene for fremmedvann justert til 2021-kr blir det en verdi på 2,24 kr/m<sup>3</sup> (Statistisk sentralbyrå, 2021). Utregning vist på neste side.

Med årlige fremmedvannmengder fra studieområdet Kokstad vest på 117 000 m<sup>3</sup>, vil sparte kostnader for behandling av fremmedvann ved naturbasert løsning være:

$$2,24 \text{ kr/ m}^3 * 117\,000 \text{ m}^3 = 262\,080 \text{ kr/år.}$$

Det har en stor betydning at fosforutslippet minker for hver m<sup>3</sup> som fjernes fra rensenanlegget. En tidligere studie har verdsatt innsparing ved å tilbakeholde utslipp av fosfor ved en sårbar resipient i Asker. Studie av Kristin Jenssen Sola verdsatte det til 16 434 kr/kg, dette i form av rensekostnader i nye rensentiltak som ellers ville blitt nødvendig (Sola, Bjerkholt, Lindholm, & Ratnaweera, 2020). Resipienten til studieområdet har lik økologisk og kjemisk tilstand som den fra studie i Asker

(Vann-Nett, 2016). Det antas at konsentrasjonen av fosfor ut av avløpsanlegget er 0,3 mg Tot-P/l (O. Lindholm, 2017).

Antall kg fosfor som kan spares i utslippet per år er:

$$(0,3 \text{ mg/l} * 117\,000 \text{ m}^3 * 1000) / (1000 * 1000)$$

$$= \text{ca } 35 \text{ kg Tot-P/år}$$

Dette summerer seg til innsparte utgifter på rensetiltak på:

$$35 \text{ kg Tot-P/år} * 16\,434 \text{ kr/kg} = 576\,833 \text{ kr/år}$$

Når de to summene på innsparinger av fremmedvannkostnader legges sammen, blir det

$$= 262\,080 \text{ kr/år} + 576\,833 \text{ kr/år} = 838\,913 \text{ kr/år}.$$

Estimatet for sparte kostnader av rensing av fremmedvann inkluderer behandlingkostnadene, innsparte kostnader ved at fosforutslippet reduseres, ekstra kostnad ved tilsyn og opprydning ved overløp. Estimatet inkluderer ikke ekstra investeringskostnader knyttet til rensaneanlegg, ledningsnett eller pumpestasjoner. Disse er vurdert til å ha en stor betydning og dermed er estimatet i stor grad en underestimert av innsparingen det er mulig å gjøre ved reduksjon av fremmedvann.

#### ***Utrekninger av delsum for kostnad av fremmedvann i 2021 kr:***

*Konsumprisindeks på SSB:*

$$1,6 \text{ kr/m}^3 \text{ i } 2012 = 1,94 \text{ kr/m}^3 \text{ kr i } 2021 \text{ januar}$$

$$1,83 \text{ kr/m}^3 \text{ i } 2015 = 2,09 \text{ kr/m}^3 \text{ i } 2021 \text{ januar}$$

$$1,35 - 3,35 \text{ kr/m}^3 \text{ i } 2015 = 1,54 - 3,82 \text{ kr/m}^3 \text{ i } 2021 \text{ kr januar}$$

*Gjennomsnitt av de tre verdiene:*

$$(1,54 + 3,82) / 2 = 2,68 \text{ kr/m}^3$$

$$(1,94 + 2,09 + 2,68) / 3 = \underline{\underline{2,23667 \text{ kr/m}^3}} = \underline{\underline{2,24 \text{ kr/m}^3}}$$



### 3.4.5.1.3 Redusert utrygghet for flom

I både den tradisjonelle og naturbaserte løsningen for overvann blir overvannet håndtert. Dette har en nytteverdi. Nytteverdien er at man unngår at overvann kommer på avveie og skaper oversvømmelser og flom. Denne oppgaven ønsker å verdsette nytteverdien for å bruke den i en samlet vurdering av nytter og kostnader i prosjektet.

Oversvømmelser og flom kan føre til store materielle skader og psykisk belastning i form av utrygghet for de som har tilknytning til området. Ved å håndtere overvannet på en korrekt måte kan man redusere disse konsekvensene. Oppgaven verdsetter nytteverdien av redusert utrygghet for flom, altså at overvannet blir håndtert, likt for begge løsningene.

Verdsetting av redusert utrygghet for oversvømmelse gjøres med utgangspunkt i masteroppgaven til Siv Linette Grann (Grann, 2011). Studien er basert på betinget verdsetting i to flomutsatte kommuner i Norge. Kostnaden for utrygghet er regnet som differansen på det en husstand er villig til å betale i økt forsikringspremie ved at de får dekket alle materielle kostnader ved flomskade, og det husstanden er villig til å betale i årlige avgifter for at kommunen skal iverksette tiltak som hindrer flomskader. Grann konkluderer med at utrygghetskostnaden ligger i gjennomsnitt på 92 kroner per husstand per år (i 2011-kr).

Det anses at masteroppgaven til Grann er relevant for denne oppgaven og kan benyttes til verdioverføring fordi den tar utgangspunkt i samme urbane områdetype. Det antas at utryggheten for oversvømmelser og flom er universell i urbane områder. Oppgaven antar at betalingsvilligheten for de som ikke er tilknyttet studieområdet er 0. Dette vil gjelde for hotellgjestene. Ulikheter i preferanser og konsekvenser for Grann sin studie og studieområdet blir diskutert i usikkerhetsanalysen i kapittel 5.2.

Utrygghetskostanden fra studien er estimert til å være 92 kr pr husstand pr år (Grann, 2011). Prisjustert med konsumprisindeksen til 2021-kroner er dette 113 kr pr husstand pr år, økning på 22,5% (Statistisk sentralbyrå, 2021).

Studieområdet er et spesielt område fordi det er ingen som kan bosette seg der. Ansatte medarbeidere på studieområdet vil likevel ha stor tilknytning til området og de vil derfor ha stor interesse av at arbeidsplassen unngår driftsstans. Bekymringene for oversvømmelse i eget hjem og oversvømmelse på arbeidsplassen antas å gi like stor bekymring for medarbeiderne.

Det er tidligere anslått 1 215 ansatte på området. Med en verdi på 113 kroner per år per husstand, i denne oppgaven arbeidsplass, blir det  $1\,215 * 113 = 137\,295$  kr/år.

### Ikke-prissatte virkninger

I en samfunnsøkonomisk analyse er det viktig å tallfeste virkningene så nøye som mulig, slik at det går an å sammenligne nytte og kostnad, samt å beregne netto nåverdi (NNV). Ofte vil det også være noen virkninger som er vanskelig eller som det ut ifra en kost-nyttevurdering ikke er mulig å verdsette i en kroneverdi. Disse bør vurderes kvalitativt og er viktig å ta med for å få en helhetlig vurdering.

De ikke-prissatte virkningene vurderes her kvalitativt ved hjelp av pluss-minus metoden fra DFØ sin veileder (Direktoratet for økonomistyring, 2018). I metoden skal virkningene vurderes etter betydning og omfang, som til sammen utgjør en konsekvens. Dette er endringen sett i forhold til nullalternativet, og ved hjelp av en skala basert på pluss og minus vurderes konsekvensen. Skalaen er delt inn i ni og spenner fra meget stor positiv konsekvens (++++), via 0, til meget stor negativ konsekvens (----). Denne metoden bidrar til at de ikke-prissatte virkningene blir mer synlige, dette basert på en systematisk, faglig og enhetlig vurdering. Metoden gir en pedagogisk og oversiktlig fremstilling. Konsekvensmatrisen er illustrert i Figur 26.

Betydning måles ved følgende skala:

Stor – Middels – Liten

Omfang måles ved følgende skala:

Stor positiv – Middels positiv – Lite positiv – Intet – Lite negativ – Middels negativ – Stor negativ

Dette resulterer i konsekvensen etter konsekvensmatrisen vist i Figur 26:

Betydning \ Omfang	Liten	Middels	Stor
Stort positivt	+ / ++	++ / +++	+++ / ++++
Middels positivt	0 / +	++	++ / +++
Lite positivt	0	0 / +	+ / ++
Intet	0	0	0
Lite negativt	0	0 / -	- / --
Middels negativt	0 / -	--	-- / ---
Stort negativt	- / --	-- / ---	--- / ----

Figur 26: Konsekvensmatrise som benyttes i vurderingen av de ikke-prissatte virkningene (Direktoratet for økonomistyring, 2018).

Det er viktig å legge flest mulig objektive kriterier til grunn ved vurderingen.

Enkelte av virkningene under er mulig å prissette, men på grunn av begrensede ressurser er det valgt å kun prissette noen av virkningene. Under følger det en nærmere beskrivelse av de ikke-prissatte virkningene. Vurderingen av betydning, omfang, samt konsekvens er presentert i resultater i kapittel 4.2.

### **Estetikk, stedsindentitet og kulturarv**

Naturbaserte innsalg i urbane områder skaper estetiske tilbud i byen. Ved en naturbasert overvannsløsning fremkommer dette tilbudet. Ved tradisjonell løsning vil dette ikke bli tilført. Estetisk flotte områder tiltrekker seg folk, enten om det er for bolig, oppholdssted eller møteplass. Naturinnsalg som er godt kjent blant befolkningen er med på å skape stedsindentitet og tilhørighet. Næringslivet i studieområdet er avhengig av at folk besøker området, enten bo på hotellet, leie lokaler eller benytte seg av næringstilbudet på området. Den samfunnsøkonomiske nytten er avhengig av hvor mange personer som får nytte av goden.

### **CO<sub>2</sub>-opptak (og lagring)**

Grønn vegetasjon som planter, busker og gress, binder CO<sub>2</sub> fra luften. Dette foregår i fotosyntesen og blir lagret som karbon i røtter, stengel og i jordmassene rundt. Grønne tak og vegger vil derfor være med på å rense luften. Det varierer hvor mye CO<sub>2</sub> de ulike grønne takene binder. Det mest produktive er pilekratt som kan lagre opptil 2 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>2</sup>. Med dette taket er det nødvendig med sterke nok bærekonstruksjoner som igjen har en høyere byggekostnad og større klimafotavtrykk. Denne effekten fremkommer for en naturbasert løsning, men ikke for en tradisjonell overvannsløsning.

### **Lokal klimaregulering**

Lokal klimaregulering er en av økosystemtjenestene som blir tilført ved naturbaserte løsninger. Åpne bekker, vannspeil og grøntområder bidrar med å regulere faktorer som luftfuktighet og temperatur. Om sommeren absorberer vann varme og om vinterstid avgir vann varme (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015). Store busker og trær skaper skyggeområder og luftfuktighet, samt at de luner for vind. En lunere by eller område skaper bedre uteforhold til opphold. Grønne tak virker temperaturstabiliserende på bygningene. Om sommeren er det dermed mindre behov for kjøling i bygget og om vinteren virker det isolerende.

### **Støyreduksjon**

Grønnstruktur som gressplener, busker, trær og naturbaserte elementer virker støydempende. Harde tradisjonelle takflater reflekterer støy, mens grønne tak absorberer lydbølger i den myke overflaten og dermed blir urban støy redusert. Studier viser at det å ha gressplen istedenfor betongflate kan senke støynivået med 3dB (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015). Dette bidrar en

naturbasert løsning med. Like ved studieområdet ligger Flesland flyplass som tidvis skaper mye støy. Støyreducerende tiltak vil derfor være særlig aktuelt her. Nyttene av støyreduksjon vil være avhengig av hvor mange personer som nyter godt av den.

### **Bedret luftkvalitet**

Grønn vegetasjon forbedrer luftkvaliteten ved å filtrere partikler og forurensede gasser som nitrogendioksid, karbonmonoksid og svoveldioksid. Jo større bladareal, jo større rensende effekt. For den tradisjonelle løsningen vil denne virkningen være ubetydelig. Studieområdet er et område som bygges ut som sentrumsformål og det vil være en liten andel store trær. Det vil forekomme en større andel med vegetasjon med mindre bladareal. Dette gjør denne effekten begrenset.

### **Økt biodiversitet**

Spesielt gjenåpning av bekker er viktig for biologisk mangfold. Gjennom studieområdet renner det en bekk som er delvis lagt i rør. Å åpne denne kan skape økt biodiversitet. De fleste mennesker setter pris på planter og dyr, også i urbane områder. For mennesker kan dette ha både bruksverdi, for eksempel se fisker eller ville blomster, og ikke-bruksverdi, vite at det eksisterer. I studieområdet er bekken åpen hele veien i både tradisjonell og naturbasert løsning. Åpning av bekk regnes som en naturbasert løsning. Ved vurderingen av virkningen er økt biodiversitet regnet som større for naturbasert enn for tradisjonell løsning.

### **Pollinering/frøspredning**

Humler og bier er svært viktige for pollinering. Fugler og ekorn er viktig for frøspredning. Vegetasjon i urbane områder kan skape leveområder til insekter og dyr som igjen er viktig for plantelivet. Å ivareta den naturlige pollineringen fra insekter har stor verdi. Flere insekter er utrydningstruet og om vi mennesker skal ta over for pollineringen vil dette ha en stor samfunnsøkonomisk kostnad. Naturbasert løsning med sin vegetasjon vil ha en positiv virkning her.

### **Utrygghetsfølelse**

Åpne vannspeil, som er en del av en naturbasert løsning, kan bidra til utrygghetsfølelse for noen. Dette i form av redsel for at barn skal falle i vannet, snuble i kanter eller fare for uhell. Dette vil nok være en følelse som er sterkest i starten frem til man har vendt seg til elementene. Det vil være viktig å tilrettelegge for trygge løsninger. Totalt sett vil denne virkningen være svært liten i norsk sammenheng.

### **Fleksibilitet**

Det er stor usikkerhet om fremtidens klima og nedbør. Når løsninger som skal benyttes i mangfoldige år velges, vil det være en fordel at de er fleksible. Naturbaserte løsninger er mer tilgjengelig og med det lettere å gjøre om på hvis dimensjoneringen viser seg å være feil. Fleksibilitet har en verdi i seg selv. Dette fordi det vil være lettere å tilpasse til det samfunnet har behov for. Tradisjonell løsninger regnes som mindre fleksible her grunnet begrensningene rørdimensjoner har.

### **Feilmontering av tiltak**

Det er tilfellet at mange naturbaserte løsninger monteres og konstrueres feil. Dette gjør at effekten ved de naturbaserte løsningene enten blir dårligere, gir ingen effekt eller at tiltaket blir ødelagt. Til eksempel vil et regnbed som ikke får tilført vann ikke overleve. Et grønt tak som oversvømmes kan gi store skader på bygningen. Det er lettere å legge merke til feil som blir gjort ved naturbaserte overvannsløsninger enn for løsninger under bakken. Det er mulig det blir gjort feilkoblinger ved tradisjonelle løsninger også, men risikoen for dette er lavere da konstruksjonene er enklere og mer intuitive grunnet lang erfaring på området.

### **Vannkvalitet**

Naturbaserte overvannsløsninger og tradisjonell overvannsløsning skiller seg på virkningen av vannkvalitet. I en tradisjonell løsning vil alt overvannet renne inn i rør og videre til et annet område eller ut i havet. Det er et faktum at overvann ofte inneholder en del forurensede stoffer. I en naturbasert løsning er infiltrasjon og fordrøyning en stor del av prosessen. Infiltrasjon og naturlige nedbrytningsprosesser virker rensende på overvannet ved at forurensede partikler blir filtrert ut i jordsmonnet. Dette gjør til at overvannet som renner ut av området eller i havet har en bedre vannkvalitet enn ved tradisjonell løsning.

### **Grunnvannstand og vannbalanse**

Ved utbygging av områder og fortetting kan vannbalansen og grunnvannstanden bli forstyrret. Om overvannet håndteres i rør via avløpsnett blir den naturlige vannbalansen endret. Grunnvannstanden senkes, og det kan igjen medføre setningsskader på bygg og anlegg. Naturbaserte overvannstiltak kan opprettholde grunnvannstanden i form av tiltak basert på infiltrasjon.

### **Økt attraktivitet på studieområdet**

Økt attraktivitet i et område har igjen virkninger på priser og etterspørsel. Det er flere studier som viser til at boligprisene er høyere nær grønnstruktur og vann. Nora Traaholt analyserte i 2014 hvordan grønnstruktur i Oslo påvirker leilighetspriser (Magnussen, Reinvang, et al., 2015).

Studien viser at en leilighet som ligger helt inntil en park er 5 % dyrere enn en gjennomsnittsleilighet som ligger mer enn 500 meter fra parken. Studien viser også sammenheng med leilighetspriser og nærhet til ferskvann. Leiligheter som er nærmere enn 200 meter fra ferskvann er i snitt 2,4 % dyrere. Dette er studier gjort på boligeiendommer. I studieområdet er det kun næringseiendommer og det er vanskelig å si hvilken direkte effekt vann og grønnstruktur har på prisene her. Men det er grunnlag for å tro at de samme tendensene vil gjelde i studieområdet og at attraktiviteten i området vil øke. Dette er gunstig for utbygger.

### **Alternative måter å eventuelt prissette de ikke-prissatte virkningene på**

De ikke-prissatte virkningene over kan prissettes ved forskjellige verdsettelsesmetoder.

Det går an å bruke CO<sub>2</sub>-avgifter for verdsetting av CO<sub>2</sub>-binding og opptak. Ved å se på hvor mange tonn CO<sub>2</sub> som bindes per m<sup>2</sup> per år og multiplisere med CO<sub>2</sub>-prisen per tonn får man en kroneverdi på nytten. Dette er valgt å ikke gjøre her i denne oppgaven fordi det er svært ulikt hvor mye CO<sub>2</sub> ulike tak binder. Det er ikke avgjort nøyaktig hvilken type grønt tak som skal benyttes. Det finnes flere studier på området, men overføring av slike resultater krever omtrent helt like forhold for at overføringen skal bli pålitelig.

Ved samme metode går det an å prissette andre stoffer forbundet med forurensing. Ved å beregne en sammenheng mellom bundet stoffer i naturbasert infrastruktur kan det beregnes en kroneverdi. For støyreduksjon finnes det også priser. Statens vegvesen har noen verdier for dette. Ved å fastslå en sammenheng mellom støyreduksjon og naturbaserte tiltak kan denne virkningen tallfestes. Lokal klimaregulering kan prissettes ved å se på hvor mye energi som spares til både oppvarming og nedkjøling ved de ulike årstidene med grønt tak.

For de fleste av disse virkningene må de beregnes for hvert enkelt byggeprosjekt. Denne oppgaven detaljprosjekterer ikke og det vil ikke bli mulig å gi nøyaktige nok tall for disse virkningene og de blir derfor behandlet som ikke-prissatte virkninger her.

## 4 Resultater

I denne delen av oppgaven fremheves resultatene fra simuleringene og analysene. Resultatene fra SWMM simuleringene presenteres først, før de samfunnsøkonomiske resultatene presenteres. De samfunnsøkonomiske beregningene har benyttet verktøy fra DFØ til estimering (Direktoratet for økonomistyring, 2021). Resultatene blir presentert med figurer, grafer og tabeller med tilhørende forklarende tekst. I neste kapittel analyseres og diskuteres resultatene nærmere.

### 4.1 Simuleringer SWMM resultater

SWMM modellene for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning er bygget opp slik at de skal etterstrebe å ha lik maksimal avrenning ut av feltet som før-situasjonen. Dette fører til at omfanget og type tiltak vil variere mellom de to løsningene.

#### Tradisjonell løsning

Tabell 10 oppsummerer grovt hvilke overvannstiltak den tradisjonelle løsningen består av, og hvor store mengder det er av hvert tiltak.

Tabell 10: Oppsummerende tabell over hva den tradisjonelle løsningen inneholder av overvannstiltak og kvantum.

Tiltak	Mengde
Rørsystemer	980 m
Fordrøyningsanlegg	3 272 m <sup>3</sup>
Grå tak	28 975 m <sup>2</sup>

Den tradisjonelle løsningen er modellert i SWMM med seks fordrøyningsmagasiner. Tabell 11 illustrerer lagrede vannmengder i de ulike magasinene ved simulering av 30-års symmetrisk regnhyetogram.

Tabell 11: Tabellen viser volum lagret i fordrøyningsmagasinene i tradisjonell løsning ved 30-års regnet.

Fordrøyningsmagasin "Storage unit"	Gjennomsnittlig volum [1000 m <sup>3</sup> ]	Gjennomsnittlig prosent full [%]	Maksimalt volum [1000 m <sup>3</sup> ]	Maksimal prosent full [%]	Maksimal utstrømning [l/s]
4	0,214	1	0,467	1	82,40
5	0,535	1	0,854	2	26,97
6	0,221	1	0,504	1	106,39
7	0,176	0	0,421	1	102,65
8	0,364	1	0,562	1	12,40
9	0,208	2	0,464	4	89,20

## Naturbasert løsning

Tabell 12 oppsummerer grovt hvilke naturbaserte overvannstiltak den naturbaserte løsningen består av, og hvor mange kvadratmeter det er av hvert tiltak.

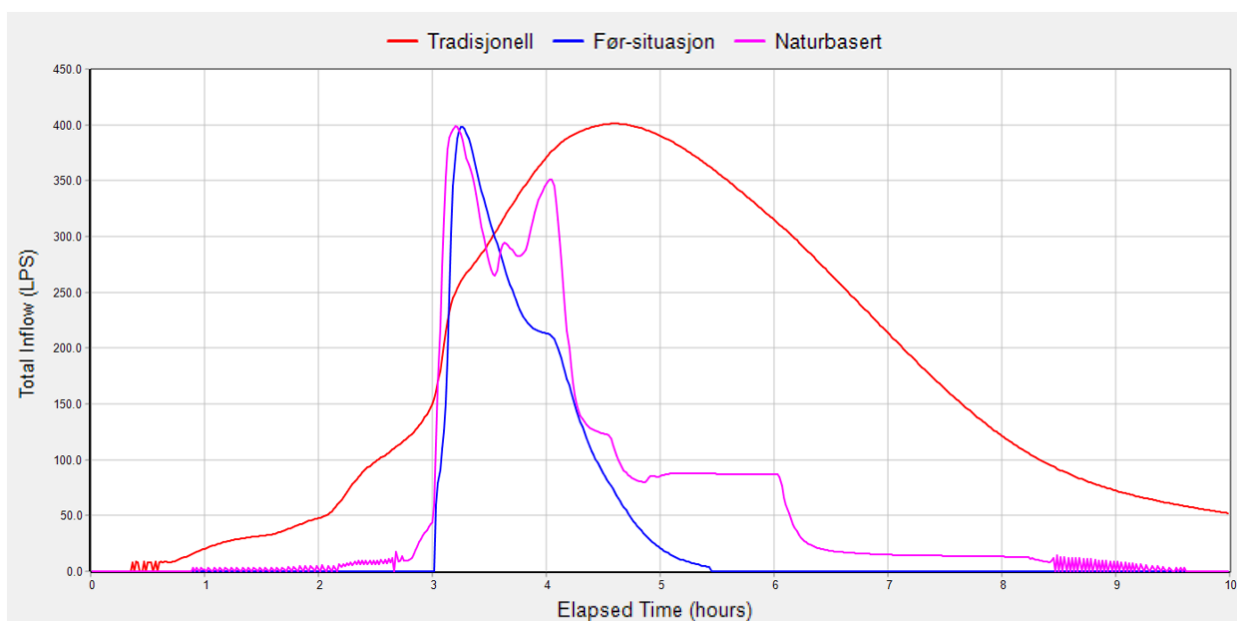
Tabell 12: Oppsummerende tabell over hva den naturbaserte løsningen inneholder av overvannstiltak og kvantum.

Tiltak	Mengde
Grønne tak	28 975 m <sup>2</sup>
Regnbed	2 150 m <sup>2</sup>
Permeable dekker	30 394 m <sup>2</sup>
Infiltrasjonsgrøft	1 025 m <sup>2</sup>

I Vedlegg C – SWMM-data er nøyaktig oversikt over alle LID Controls for alle delfelt illustrert i Tabell 26. Permeable dekker er delt opp i flere ulike LID Controls.

## Sammenligning

Figur 27 viser avrenningen ut av utfall nodene for hver modell. Grafen viser at maksimal avrenning ut av hvert felt er ca 400 l/s ved et 30-års regn. X-aksen viser forløpt tid med enheten timer, og y-aksen viser totale vannmengder i liter per sekund. Det er gropmagasineringen som gjør at avrenningen for før-situasjonen, blå graf, og naturbasert modell, rosa graf, øker så kraftig og brått etter ca 3 timer.



Figur 27: Graf over strømning i utfall nodene for før-situasjon (blå graf), tradisjonell modell (rød graf) og naturbasert modell (rosa graf), ved 30-års regnet. Grafen viser at det er lik kulminasjonsavrenning ut av planområdet i alle tre modellene.



Tabell 13 viser maksimal avrenning og total avrenning ut av hver outfall node. Kulminasjonsavrenningen er lik for alle modellene med ca 400 l/s. Totalt volum varierer hvor før-situasjonen har minst på 1 328 m<sup>3</sup>, og tradisjonell løsning med helt klart størst på 6 331 m<sup>3</sup>.

Tabell 13: Oversikt over maksimal avrenning ut av hver outfall node og totalt volum for hver outfall node.

Outfall Node	Maksimal avrenning [l/s]	Totalt volum [m <sup>3</sup> ]
Tradisjonell løsning	401	6 331
Naturbasert løsning	399	2 189
Før-situasjon	398	1 328

Tabell 14 viser hvordan avrenningskoeffisienten endrer seg i området ved ulik grad av foretting og tiltak. Avrenningskoeffisienten for før-situasjonen er lavest, og den naturbaserte løsningen har en litt høyere koeffisient. Den tradisjonelle løsningen har en svært høy avrenningskoeffisient, grunnet stor andel tette flater.

Tabell 14: Tabellen viser oversikt over avrenningskoeffisientene for hver SWMM modell.

SWMM modell	Avrenningskoeffisient
Tradisjonell overvannsløsning	0,924
Før-situasjons-modell	0,217
Naturbasert overvannsløsning	0,226

### Resultater for fremmedvannmengder

Det er beregnet sparte fremmedvannmengder ved naturbasert løsning i forhold til tradisjonell løsning. For å estimere denne vannmengden er differansen mellom avrenningen fra tradisjonell og naturbasert løsning beregnet. Resultatene er vist i Tabell 15. Dette tilsvarer 117 000 m<sup>3</sup>/år. Estimaten er et middelestimat gjennom året ut ifra det historiske regnet over de 10 siste årene.

Tabell 15: Tabellen viser differansen i gjennomsnittlig avrenning over året for naturbasert- og tradisjonell overvannsløsning. Differansen er regnet som sparte årlige fremmedvannmengder.

Node	Totalt tilførselsvolum over 10 år [liter]	Gjennomsnittlig årlig tilførselsvolum [m <sup>3</sup> /år]
Outfall node - Tradisjonell løsning	2 280 000 000	228 000
Outfall node - Naturbasert løsning	1 110 000 000	111 000
Differanse (tradisjonell – naturbasert)		<b>117 000</b>

## 4.2 Samfunnsøkonomisk analyse resultater

### Totale kostnader

Tabell 16 og Tabell 17 viser oversikt over hver kostnadspost for hhv. tradisjonell- og naturbasert overvannshåndtering. Kostnadene består av investerings-, drift- og vedlikeholdskostnader. Enhetsprisene som er benyttet til utregning er vist i Tabell 8 i kapittel 3.4.5 (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015).

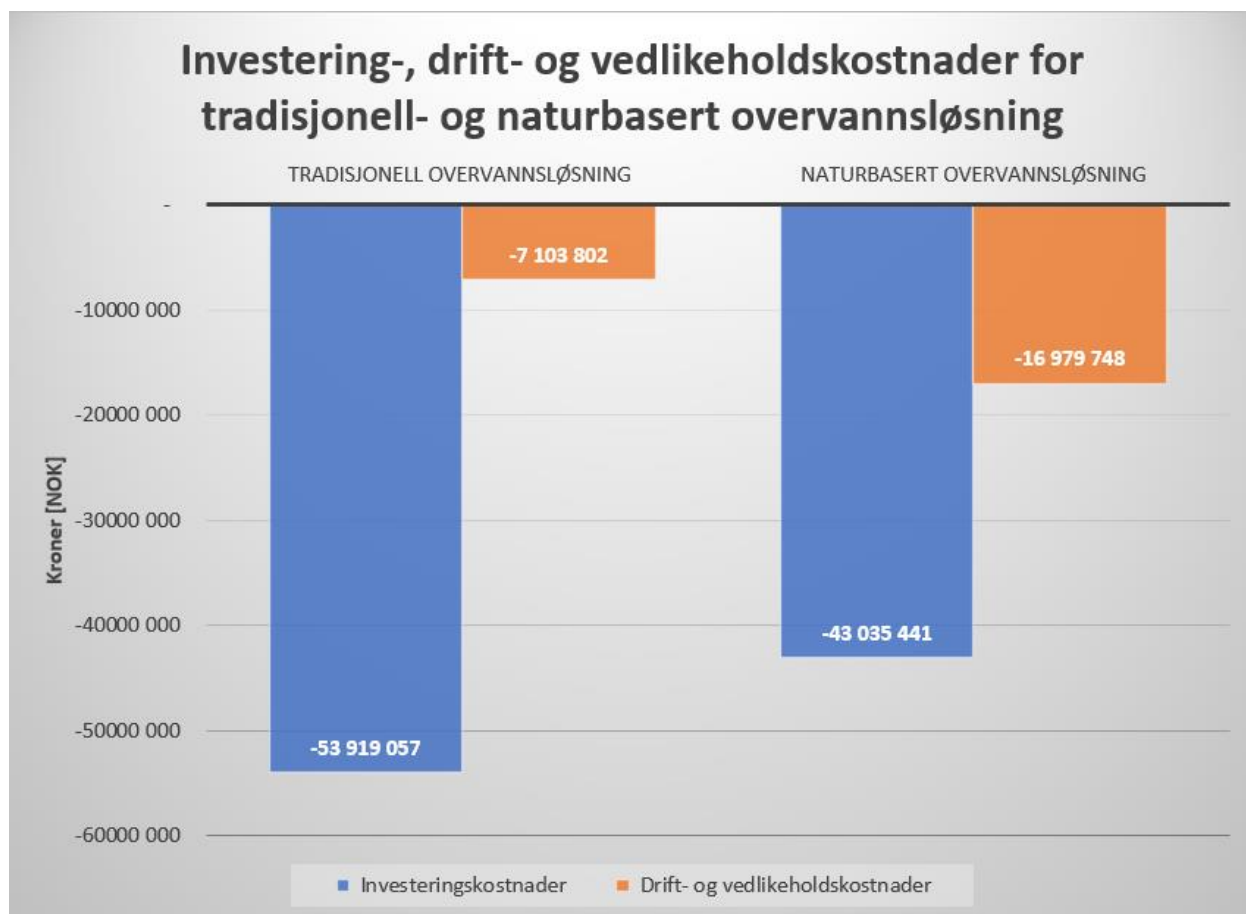
Tabell 16: Nåverdien av kostnadene for investering-, drift- og vedlikehold for tradisjonell overvannsløsning.

Prissatte kostnadsvirkninger	Nåverdi
Rørkostnader investeringskostnader	-12 859 070
Drift rør	-1 861 407
Lukket fordrøyningstank investeringskostnader	-30 800 154
Drift fordrøyningstank	-3 655 797
Grå tak investeringskostnader	-10 259 833
Drift grå tak	-1 586 598
<b>SUM kostnader</b>	<b>-61 022 859</b>

Tabell 17: Nåverdien av kostnadene for investering-, drift- og vedlikeholds for naturbasert overvannsløsning.

Prissatte kostnadsvirkninger	Nåverdi
Grønne tak investeringskostnader	-16 530 238
Drift grønne tak	-3 884 837
Infiltrasjonsgrøft investeringskostnader	-1 052 573
Drift infiltrasjonsgrøft	-229 041
Regnbed investeringskostnader	-3 434 410
Drift regnbed	-720 650
Overvannsdam investeringskostnader	-1 989 105
Drift overvannsdam	-1 048 808
Permeabelt dekke - Gress investeringskostnader	-140 914
Drift Gress	-827 915
Permeable flater - Betongheller investeringskostnader	-8 236 394
Drift Betongheller	-5 093 866
Permeable flater - Armert gress med betongheller investeringskostnader	-3 684 945
Drift armert gress med betongheller	-2 547 099
Permeable flater - Gatestein investeringskostnader	-7 803 413
Drift gatestein	-2 547 099
Busker/hekker investeringskostnader	-97 556
Drift busker/hekker	-53 622
Trær investeringskostnader	-65 893
Drift trær	-26 811
<b>SUM kostnader</b>	<b>-60 015 189</b>

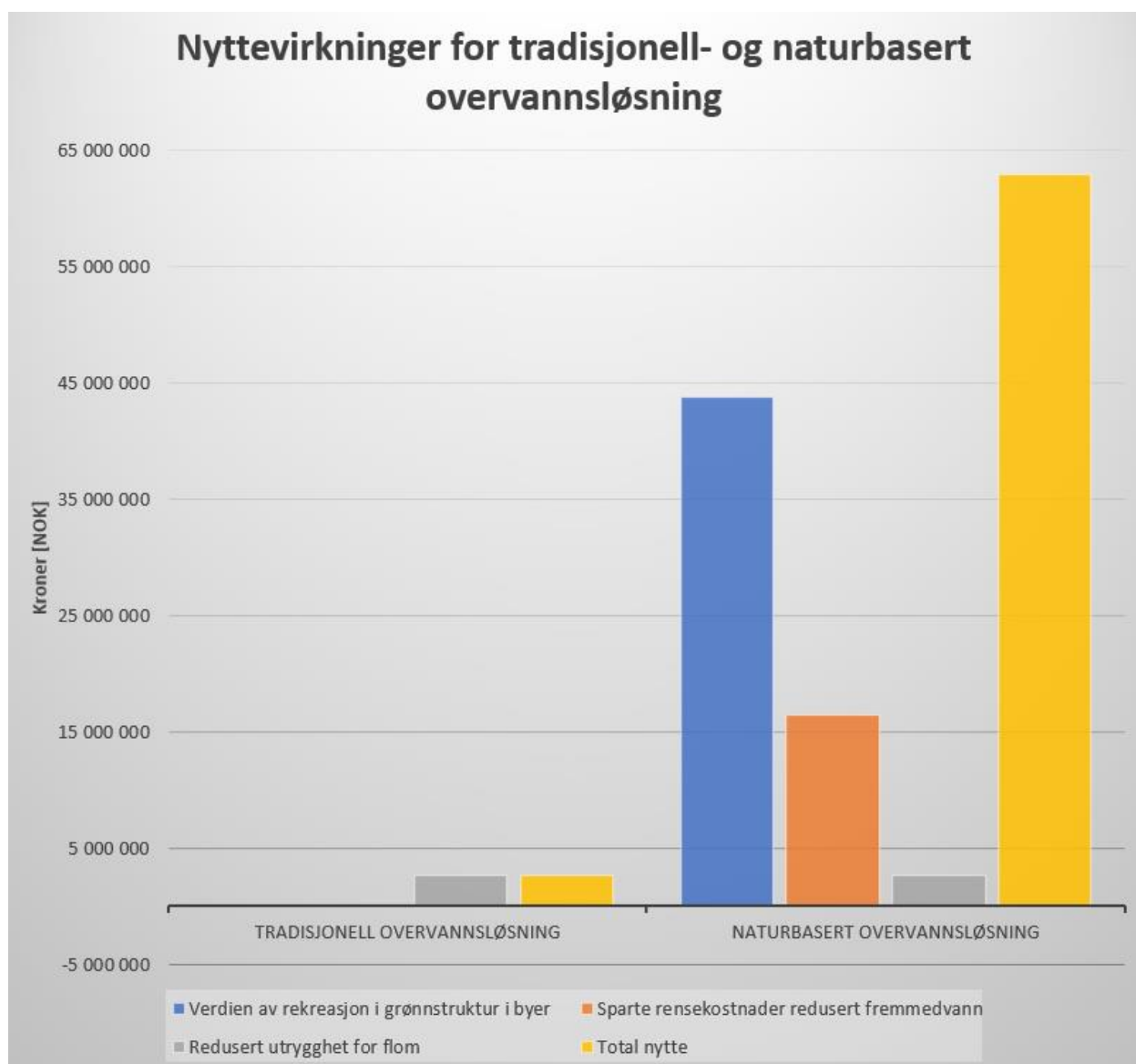
Figur 28 illustrerer grafisk investerings-, drift- og vedlikeholdskostnadene for tradisjonell og naturbasert løsning.



Figur 28: Nåverdien av kostnadene for investering-, drift- og vedlikehold. Tradisjonell løsning til venstre og naturbasert løsning til høyre.

## Total nytteverdi

Figur 29 illustrerer størrelsen på de prissatte nyttevirkningene for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning. Den gule kolonnen viser total nytte for tradisjonell overvannsløsning til venstre, og naturbasert overvannsløsning til høyre.



Figur 29: Grafen viser nåverdien for hver av nyttevirkningene for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning, og samlet total nytte for hver av overvannsløsningene.

Tabell 18 viser den prissatte nyttevirkingen for tradisjonell løsning og de tre prissatte virkningene for naturbasert løsning. Totalt har naturbasert løsning størst nytte.

Tabell 18: Oppsummerende tabell for de ulike nyttevirkningene, samt total nytte for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning.

	Verdien av rekreasjon i grønnstruktur i byer	Sparte renseskostnader grunnet redusert fremmedvann	Redusert utrygghet for flom	Total nytte
<b>Tradisjonell overvannsløsning</b>	-	-	2 688 852	2 688 852
<b>Naturbasert overvannsløsning</b>	43 747 822	16 429 679	2 688 852	62 866 353

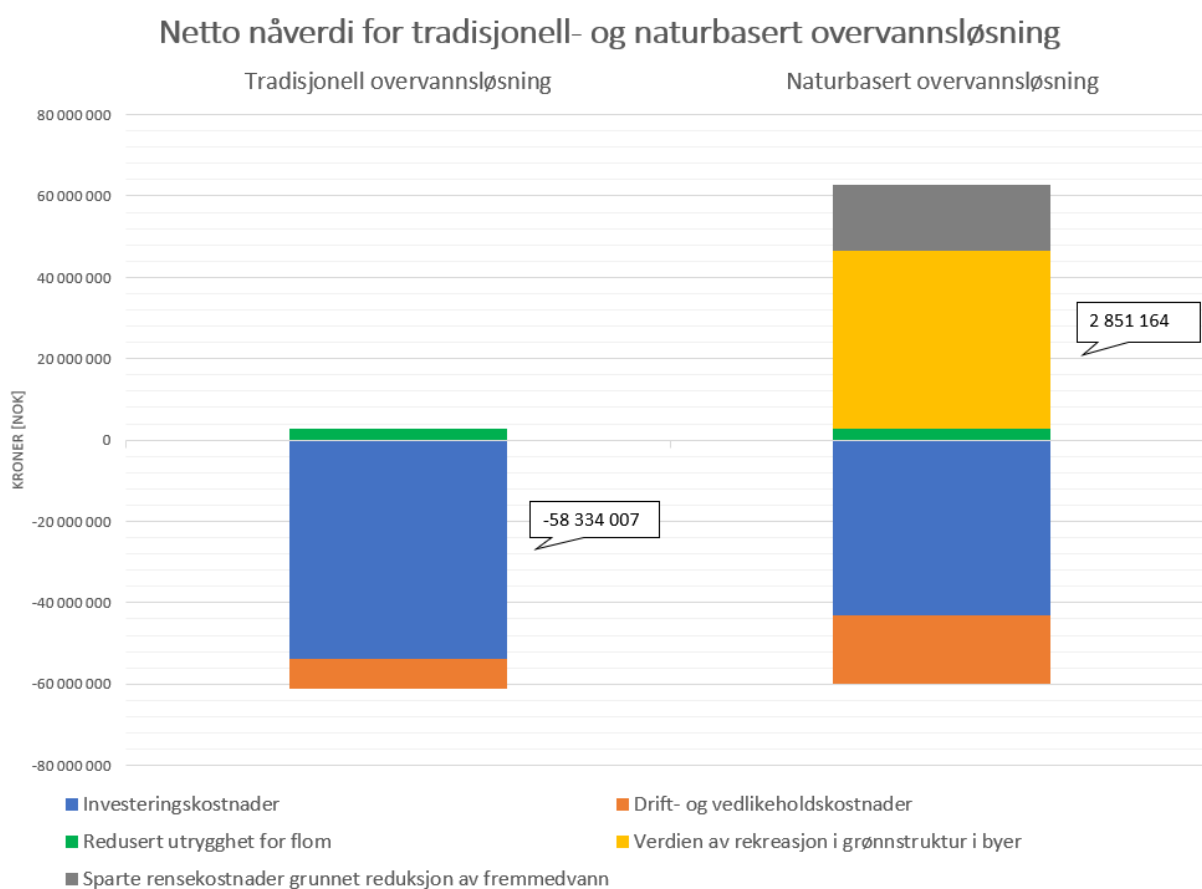
### Netto nåverdi

Samlet netto nåverdi for både tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning er vist i Tabell 19 og illustrert grafisk i Figur 30 under.

Tabell 19: Netto nåverdien av tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning over 40 års perspektiv.

Beskrivelse	Tradisjonell overvannsløsning	Naturbasert overvannsløsning
Investeringskostnader	-53 919 057	-43 035 441
Drift- og vedlikeholdskostnader	-7 103 802	-16 979 748
<b>Totale kostnader</b>	<b>-61 022 859</b>	<b>-60 015 189</b>
Redusert utrygghet for flom	2 688 852	2 688 852
Verdien av rekreasjon i grønnstruktur i byer	0	43 747 822
Sparte renseskostnader grunnet reduksjon av fremmedvann	0	16 429 679
<b>Total nytte</b>	<b>2 688 852</b>	<b>62 866 353</b>
<b>NNV</b>	<b>-58 334 007</b>	<b>2 851 164</b>

Figur 30 viser en grafisk fremstilling av NNV for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning. Fargekodene er knyttet til ulike kostnads- og nytte kategorier med forklarende tekst nederst i figuren.



Figur 30: Netto nåverdi for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning ved 40-år analyseperiode.

## Ikke-prissatte virkninger

Tabell 20 presenterer resultatene av konsekvensene de ikke-prissatte virkningene gir. Konsekvensen er basert på betydning og omfang ved bruk av pluss-minus metoden.

Tabell 20: Vurdering av de ikke-prissatte virkningene ved bruk av pluss-minus metoden. De ikke-prissatte virkningene er vurdert for både tradisjonell- og naturbasert løsning, vist i de hvite kolonnene til høyre.

Virkningens navn	Betydning	Omfang		Konsekvens, relativt til nullalternativet	
		Tradisjonell overvannsløsning	Naturbasert overvannsløsning	Tradisjonell overvannsløsning	Naturbasert overvannsløsning
Estetikk, stedsidentitet og kulturarv	Stor	Ubetydelig/Ingen konsekvens	Stort positivt	0	++++
CO2-opptak (og lagring)	Liten	Lite negativt	Middels positivt	-	++
Lokal klimaregulering	Stor	Ubetydelig/Ingen konsekvens	Stort positivt	0	++++
Støyreduksjon	Middels	Lite negativt	Middels positivt	--	+++
Bedret luftkvalitet	Liten	Lite negativt	Lite positivt	-	+
Økt biodiversitet	Stor	Middels negativt	Stort positivt	----	++++
Pollinering/frøspredning	Middels	Middels negativt	Middels positivt	---	+++
Utrygghetsfølelse	Liten	Lite positivt	Lite negativt	+	-
Fleksibilitet	Middels	Lite negativt	Lite positivt	--	++
Feilmontering av tiltak	Middels	Lite positivt	Lite negativt	++	--
Vannkvalitet	Stor	Middels negativt	Middels positivt	----	++++
Grunnvannstand og vannbalanse	Middels	Middels negativt	Middels positivt	---	+++
Økt attraktivitet på studieområdet	Liten	Ubetydelig/Ingen konsekvens	Lite positivt	0	+

## Blågrønn faktor resultat

Den tradisjonelle løsningen havner på en total blågrønn faktor på 0. Ved valg av en tradisjonell overvannsløsning vil den i seg selv ikke bidra noe ved BGF. Det er naturlig å tenke seg at det også hadde blitt anlagt litt plen og busker ved en tradisjonell løsning, men dette regnes ikke som en del av den tradisjonelle løsningen.

Den naturbaserte overvannsløsningen får en total BGF på 0,40. Utrekningene er lagt ved i Vedlegg B – Blågrønn faktor i Figur 37.

## 5 Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres resultatene masteroppgaven har kommet frem til samt metode og datagrunnlaget som ligger til grunn for resultatene. Det vil bli gjort rede for eventuell usikkerhet og det er utført en følsomhetsanalyse på aktuelle faktorer for å vurdere resultatene. Avslutningsvis besvares forskningsspørsmålene.

### 5.1 Vurdere samfunnsøkonomisk lønnsomhet

#### 5.1.1 Vurdering av de prissatte virkningene

Ved bruk av NNV-metoden beregnes samfunnsøkonomisk lønnsomhet av de prissatte virkningene. Beregningene er gjort med diskonteringsrente på 4 % og analyseperiode på 40 år.

Det er viktig å presisere at nåverdien uttrykker kun verdien av de prissatte virkningene for løsningene. Det kan være viktige ikke-prissatte virkninger som derfor ikke kommer til syne her.

Ut ifra beregningene i denne analysen ble NNV negativ for tradisjonell løsning og positiv for naturbasert løsning.

Den tradisjonelle løsningen er konstruert slik at den håndterer maksimalt like mye avrenning ut av området som den naturbaserte. Grunnen for at den tradisjonelle løsningen ikke kommer bedre ut i denne analysen er fordi den knapt har noen nytteverdier. De positive verdiene som den har, er også identisk med verdiene for den naturbaserte løsningen.

Den naturbaserte løsningen har de største investeringskostnadene. I denne løsningen er det anlagt tiltak slik det virker naturlig og hensiktsmessig for å håndtere kravet. Det er ikke optimalisert hvilke naturbaserte tiltak som er benyttet med tanke på håndteringsevne opp mot kostnaden av tiltakene. Det vil si at det er en god del å spare inn her i investeringskostnader ved å optimalisere. Grunnen for at NNV blir positiv, tross store investeringskostnader, er nytten tiltakene gir i lang tid fremover for mange grupper av mennesker. I denne analysen er verdien av rekreasjon i urbane grøntområder, og sparte kostnader grunnet mindre fremmedvann, blitt vurdert. Dette er nytte som kommer til gode i flere år frem i tid, og nytten berører mange personer. Nyttens av tiltakene varierer mye i forhold til hvor mange personer det antas at nytten kommer til gode. Dette blir studert i følsomhetsanalysen i kapittel 5.3.

Nullalternativet er utgangssituasjonen. Til dette alternativet er det ikke knyttet noen kostnader. Her ligger det nytteverdier i form av skogsområder, biodiversitet, CO<sub>2</sub>-opptak (og lagring), lokal klimaregulering, bedret luftkvalitet, pollinering/frøspredning og vannkvalitet. Disse nytteverdiene antas å være svært mye høyere enn for tradisjonell løsning, og litt høyere enn for naturbasert løsning. Nullalternativet kommer derfor best ut på NNV sånn sett. Men det er allerede vedtatt at



det skal bygges ut i studieområdet, og denne oppgaven ser på hvilket av de to alternativene som er det beste ut ifra forutsetningen om vedtatt utbygging.

### ***5.1.2 Vurdering av de ikke-prissatte virkningene***

I vurderingen av samfunnsmessig lønnsomhet må de ikke-prissatte virkningene også tas med. Vurderingen av de ikke-prissatte virkningene kan påvirke samfunnsøkonomisk lønnsomhet og justere rangeringen av alternativene.

I konsekvensmatrisen i Tabell 20 fra resultater blir det antatt at den tradisjonelle løsningen ikke har noen særlig betydelige ikke-prissatte virkninger. Den naturbaserte løsningen har flere ikke-prissatte virkninger av stor positiv betydning. Virkningene som veier tyngst er økt biodiversitet, estetikk, stedsidentitet og kulturarv og lokal klimaregulering.

For den tradisjonelle løsningen vil de ikke-prissatte virkningene ikke endre særlig på NNV av løsningen. For den naturbaserte løsningen er det flere ikke-prissatte virkninger som er positive, og disse kan påvirke NNV i positiv retning. Betydningen og verdsettingen av disse avgjør hvor mye de påvirker. Dette viser at de ikke-prissatte virkningene ikke endrer på rangeringen av løsningene som er beregnet over.

Grunnet tid og ressurser er ikke disse virkningene blitt prissatt. Pluss-minus metoden indikerer likevel hvilken betydning disse har. Om de hadde blitt prissatt hadde de vært med på å øke NNV av den naturbaserte løsningen mer enn for den tradisjonelle løsningen. Dette blir mer inngående drøftet i metodediskusjon og usikkerhet i kapittel 5.2.2

## 5.2 Metodediskusjon og usikkerhet

### 5.2.1 Usikkerhet ved SWMM-modellen

Det er mange usikkerhetsfaktorer som må håndteres når reelle felt skal modelleres. Usikkerhet fra SWMM-modellen bringes videre inn i den samfunnsøkonomiske analysen som i seg selv har mye usikkerhet bygget inn. Tabell 21 viser en bruttoliste over usikkerhetsfaktorer ved SWMM modellen. Usikkerhetsfaktorene er delt inn i om de antas å påvirke det relative forholdet mellom løsningene, eller om usikkerheten påvirker løsningene likt og forholdet mellom løsningene ikke påvirkes.

Tabell 21: Bruttoliste for usikkerhetsfaktorer ved SWMM-modellen.

Faktor	Usikkerhet knyttet til	Påvirkning
Parametere benyttet i SWMM	<ul style="list-style-type: none"><li>• Topografi</li><li>• Infiltrasjonsparametere</li></ul>	Kan påvirke forholdet mellom løsningene
Nedbøren som simuleres	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nedbørmengder - fremtidens klima</li></ul>	Antas å ikke påvirke forholdet mellom løsningene
Sammensetning av tiltak	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiltaksvalg</li></ul>	
Ser vekk fra nedbørfeltet oppstrøms	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avrenning inn i, og dermed ut av, studieområdet</li></ul>	
Kun sett på to gitte nedbørhendelser i én gitt situasjon	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hvordan denne situasjonen gjenspeiler et helhetlig bilde</li></ul>	

#### Parametere benyttet i SWMM-terreng

Når modellene settes opp, blir det gjort mange antagelser og forenklinger for å få "virkeligheten" inn i SWMM. Dette gjøres gjennom å bestemme verdier på modellparametere. Det er for eksempel usikkerhet knyttet til om topografien som legges inn i modellen gir et reelt bilde av virkeligheten. Det er videre usikkerheter rundt delfeltene når det gjelder å bestemme hvor stor del som vil være tette flater, infiltrasjonsparametere er usikre, og anslåtte kum-høyder påvirker også resultater fra simuleringene. Det er ikke foretatt noen grunnundersøkelser av feltet, og parameterne er derfor anslått med forholdsvis stor usikkerhet. Særlig vanskelig er det å vurdere infiltrasjonsparameteren. Rundt denne hefter det betydelig usikkerhet. Modellen er heller ikke kalibrert. "Conductivity" er satt til 6 mm og er anslått ut ifra sammenlignende beregninger fra Nevina. Nærmere utregning av "Conductivity" er vist i Vedlegg C Figur 38. Små endringer i denne parameteren (6 mm +/- 1 til 3 mm) gir store utslag på avrenningen i feltet. Denne usikkerheten i infiltrasjonskapasiteten påvirker avrenningen ut av før-situasjon-modellen som igjen fastsetter sentrale verdier for de to andre modellene. Det kan også tenkes at en høy infiltrasjonsfaktor vil være til fordel for en naturbasert løsning, da den får økt kapasitet. Mens dette ikke gjelder for tradisjonell løsning grunnet tette flater

og lukkede løsninger. Dette vil derfor kunne påvirke forholdet mellom løsningene til fordel for den naturbaserte løsningen.

### **Nedbøren som simuleres**

Fremtidens nedbørmengder og klima er svært usikkert. Denne usikkerheten vil virke inn på begge løsninger og vil ikke ha noe å si for sammenligningen. I analysen er det lagt på et klimatillegg på 40 %, etter anbefaling av Norsk klimaservicesenter. Klimatillegget kan være realistisk, men det er stor usikkerhet knyttet til dette. Påslagsfaktoren på 40 % er lagt inn i beregningene i SWMM-analysen, og resultater fra simuleringer i verktøyet blir påvirket av den. Med et høyere eller lavere klimatillegg blir de estimerte nedbørmengdene mindre eller større, noe som igjen påvirker tiltakskostnadene for begge løsningene.

### **Sammensetning av tiltak**

Som nevnt er ikke overvannstiltakene optimalisert i forhold til håndteringsevne og kostnad. Det finnes utallige mulige kombinasjoner og sammenstillinger av tiltakene for å oppfylle kravet om lik maksimal avrenning. I oppgaven er det valgt å gjøre dette på én måte. Det er flest kombinasjoner ved den naturbaserte løsningen, og for denne løsningen er usikkerheten følgelig størst. Det vil være store muligheter for areal-omdisponeringer for tiltakene. Slike omdisponeringer vil kunne føre til vesentlig lavere utbyggings- og driftskostnader for overvannshåndteringen. Forskning fra blant annet NTNU har sett på viktigheten av plassering av regnbred i urbane områder (Muthanna, Sivertsen, Kliwer, & Jotta, 2018). Resultatene viser at ved riktig plassering av tiltakene kan tiltaksarealet reduseres betydelig til samme nytte. Optimalisering av tiltak antas å føre til lavere kostnadsestimater enn metodikken i oppgaven tilsier. Dette forutsettes å gjelde for begge løsningene og vil dermed ikke påvirke det relative forholdet mellom dem. Nærmere undersøkelser rundt dette vil kunne fastslå hvor stor usikkerheten er på dette området.

### **Ser vekk fra nedbørfeltet oppstrøms**

I metodikken er det sett vekk i fra nedbørfeltet ovenfor studieområdet. Det vil si at vannmengder inn i området vil kunne være noe mer enn det som er beregnet som utgående vannmengder i SWMM modellen. Dette gjør at analysen kan vise et underestimat på avrenningen ut av feltene. Usikkerheten for oppgaven antas å ikke være så stor fordi den ikke påvirker resultatene noe vesentlig. Dette forutsettes å virke tilnærmet likt for både tradisjonell- og naturbasert løsning og vil derfor ikke påvirke det relative forholdet dem imellom.

### Kun sett på to gitte nedbørhendelser i én gitt situasjon

Analysen har kun tatt for seg et 30-års regn med  $K_f$  på 1,4 og historisk nedbør over de 10 siste årene i beregningene. Det er usikkerhet i forhold til hvor riktig bilde dette gir i forhold til en helhetlig situasjon. Det gjelder også her at usikkerheten vil påvirke løsningene med samme effekt. Usikkerheten vil ikke påvirke det relative forholdet dem imellom.

#### 5.2.2 Usikkerhet ved den samfunnsøkonomiske modellen

Den samfunnsøkonomiske analysen bygger i liten grad på eksakte og presise verdianslag. Dette gjelder både for de prissatte, og i enda større grad for de ikke-prissatte virkningene. Det gjør at det alltid vil være usikkerhet knyttet til denne type økonomiske analyser. Ofte er det betydelige (enorme) datamengder som ligger til grunn for nytteverdiberegningene som analysene frembringer, men i praksis er det ikke mulig å samle all relevant informasjon inn til modellverktøyene. Siden informasjonsgrunnlaget ikke blir fullstendig oppstår det mangler/risiko knyttet til modellsimuleringene.

Tabell 22 viser en bruttoliste over usikkerhetsfaktorer ved SØA-modellen. Også her er usikkerhetsfaktorene delt inn etter hvordan de antas å påvirke det relative forholdet mellom løsningene, eller om usikkerheten påvirker løsningene likt og at forholdet mellom løsningene dermed ikke endres.

Tabell 22: Bruttoliste for usikkerhetsfaktorer i den samfunnsøkonomiske analysen.

Faktor	Usikkerhet knyttet til	Påvirkning
Prissatte kostnader		
- Investeringsestimater	<ul style="list-style-type: none"><li>Lokale forhold i området (grunnforhold og klima)</li></ul>	Kan påvirke forholdet mellom løsningene
- Driftskostnader og levetid	<ul style="list-style-type: none"><li>Begrenset datagrunnlag, både i omfang og tid, for naturbaserte løsninger</li></ul>	
Prissatte nyttevirkninger		
- Redusert utrygghet for flom	<ul style="list-style-type: none"><li>Verdioverføringen (fra boligområde til næringsbygg)</li><li>Hvilke personer som blir berørt og hva deres rolle er</li><li>Usikkerhet i studier som verdiene overføres fra</li></ul>	Antas å ikke påvirke forholdet mellom løsningene
- Verdien av rekreasjon i grønnstruktur i byer	<ul style="list-style-type: none"><li>Preferanser</li><li>Tilstrømning av folk (privat og ansatte)</li><li>Befolkningssammensetning (ulikt nivå på verdsettingen i ulike grupper)</li><li>Usikkerhet i studien verdiene overføres fra</li><li>Begrepsdefinisjon</li></ul>	

- Sparte renseskostnader grunnet mindre fremmedvann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prising av fosforutslipp</li> <li>• Mengder overvann redusert</li> <li>• Nedbørmengder – fremtidig klima</li> <li>• Usikkerhet i studier som verdiene overføres fra</li> </ul>	Kan påvirke forholdet mellom løsningene
Ikke-prissatte virkninger	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vurderingen av hvilken effekt de ikke-prissatte virkningene har på NNV</li> </ul>	

### Investeringsestimater

For alle de materielle investeringskostnadene er det et stort og varierende spenn i kostnadene. Spesielt for de tradisjonelle løsningene er dette spennet stort. For eksempel varierer rørkostnader, inkludert graving, fra 3 000 kr/m til (hele) 20 000 kr/m. Bransjen har god kjennskap til de tradisjonelle løsningene, og aktørene i bransjen har god erfaring med grunn- og gravearbeider og montering. Kostnadsgrunnlaget for materialer er også godt kjent. Grunnforholdene vil variere mellom anleggsområder, og disse spiller en stor rolle for kostnader knyttet til rør og rørlegging. Med fjell i bakken er det anslått at kostnadene stiger med ca. 20 % i forhold til om det hadde vært gravbare masser i grunnen (Magnussen, Wingstedt, et al., 2015).

Kostnadsgrunnlaget for de naturbaserte løsningene er ikke så godt kjent for bransjen. Dette har sammenheng med at erfaringsgrunnlaget er for lite. Men kostnadsspennet er mindre enn for tradisjonelle løsninger. Grunnen til dette er at grunnforholdene i stor grad avgjør hvilke tiltak som er aktuelle og ikke. Regnbed og infiltrerende tiltak krever infiltrerbare masser i grunnen. Dette gjør at kostnadsestimatene for naturbaserte løsninger ikke varierer så mye innenfor samme tiltaksgruppe.

Oppgaven har benyttet middels kostnadsestimat i analysen. Det er knyttet stor usikkerhet til hvilken kostnad de ulike tiltakene vil få i studieområdet. Usikkerhet i forhold til enhetspriser er størst for de tradisjonelle tiltakene. Ved valg av tiltakstyper er det ikke sett på de lokale grunnforholdene i studieområdet. Dette kan føre til at kostnadene for tiltakene kan bli dyrere eller billigere enn estimert i analysen der middelestimatet er lagt til grunn. Dette kan derfor påvirke det relative forholdet mellom løsningene.

### Driftskostnader og levetid

For drift- og vedlikeholdskostnader gjelder det også her at datagrunnlaget for naturbaserte løsninger er mye mindre enn for tradisjonelle løsninger. Dette er derfor et usikkerhetsmoment i analysen. Drift- og vedlikeholdskostnadene for de naturbaserte tiltakene varierer i et spenn, mens de tradisjonelle tiltakene har en fast enhetssum. I analysen er det benyttet et middelestimat for de

naturbaserte løsningene. Ved tilleggsberegninger for lavt og høyt estimat for driftskostnader vil dette kun gi utslag på NNV for naturbaserte total kostnader.

Levetiden benyttet i analysen er også et usikkerhetsmoment. Størst usikkerhet er knyttet til de naturbaserte løsningene. Levetiden er vanskelig å anslå fordi naturbaserte løsninger ikke har eksistert lenge nok til at det er mulig å anslå eksakte verdier.

### **Redusert utrygghet for flom**

Ved verdsetting av redusert utrygghet for flom, er det tatt utgangspunkt i masteroppgaven "Utrygghet for flom – En betinget verdsettingsstudie" (Grann, 2011). Det er antatt i oppgaven at verdioverføring fra studiet til studieområdet er mulig på grunn av like preferanser. Det er usikkerhet knyttet til denne verdioverføringen. Den største usikkerhetsfaktoren er verdioverføringen fra et boligområde til studieområdet hvor det hovedsakelig er næringsbygg. Oppgaven antar at nytten av redusert utrygghet for flom er lik i begge situasjonene. Det kan imidlertid tenkes at nytten blir verdsatt ulikt for ulike typer bebyggelse og formål.

Det er også antatt at nytten for andre enn ansatte medarbeidere på studieområdet er 0. Denne antagelsen kan være feil. Det kan tenkes at andre grupper rundt, for eksempel nedstrøms studieområdet har høyere verdsettelse av at områder oppstrøms ikke blir oversvømt. Bybanetraseen ligger like nedstrøms og vil ha stor nytte av at overvannet blir håndtert på en slik måte at de unngår problemer eller driftsstans.

Grann påpeker at den største faktoren for betalingsvilligheten for flomtiltak er påvirket av hvor utsatt man er for flom. Oppgaven antar at risikoen er lik, og at den verdsettes til samme verdi. Det er mulig at risikoen for flom er svært ulik mellom verdsettingsstudien og studieområdet. Dette hadde påvirket nytteverdien enten til en lavere eller høyere verdi.

Nytten er justert ved konsumprisindeksen til SSB fra 2011- til 2021-kroner. Denne justerer kun for priselastisiteten. Det kan tenkes at verdsettelsen av nytten har endret seg også med tanke på andre faktorer enn kun indeksen. For eksempel har overvann fått et større fokus siden 2011, og det har kommet mer forskning på området om hvordan fremtidens klima vil bli. Dette kan være faktorer som har gjort at nytten i dag hadde blitt verdsatt høyere enn i 2011.

Alle usikkerhetsfaktorene knyttet til verdsettelsen av redusert utrygghet for flom vil påvirke naturbasert- og tradisjonell løsning like mye. De vil ikke påvirke det relative forholdet dem imellom.

## **Verdien av rekreasjon i grønnstruktur i byer**

Nyttevirkningene av rekreasjon i urbane grøntområder ved tiltakene gjort i denne analysen er estimert ved å overføre verdier fra en meta-analyse fra 20 ulike storbyer. Her er det gjort en del antakelser som det knyttes usikkerhet til.

Det er antatt at befolkningen på Kokstad vest har samme preferanser som befolkningen i meta-analysen. Dette kan være feil. Muligheter for at befolkningen ved studieområdet har høyere eller lavere betalingsvillighet for rekreasjon i urbane grøntområder er til stede. Det kan tenkes at befolknings sammensetningen er ulik for meta-analysen og studieområdet. Usikkerhet knyttet til hvordan sammensetningen av personer blir i studieområdet er også stor. Analysen har antatt at det blir i hovedsak hotellgjester, besøkende og ansatte på området. Andelen av de ulike gruppene kan bli annerledes, eller andre grupper kan komme til. Det er knyttet stor usikkerhet til antall personer i de ulike gruppene. Antall personer gir stort utslag på totalverdien og er en viktig usikkerhetsfaktor. Det er også knyttet usikkerhet til vurderingen av verdsettelsen for de ulike brukergruppene. Oppgaven antar at hotellgjester og ansatte på området har lik betalingsvillighet for rekreasjon i grøntområdene. Restaurant og café-gjester har høyest betalingsvillighet og forbigående og naboer har lavest. Dette er antagelser og faktisk betalingsvillighet kan være høyere eller lavere i virkeligheten.

Ved overføring av verdiene ble disse prisjustert til 2021 verdier. Dette er det knyttet usikkerhet til. Betalingsvilligheten kan være en annen i dag enn det den var i 2015. Verdioverføringen er gjort fra verdsetting av samme gode, men det kan være andre forhold rundt godene som er ulike for meta-analysen og studieområdet. For eksempel så er det antatt at nærheten til skogsområder reduserer verdien, og at det er stor avstand til skog i meta-analysen. Andre forhold rundt kan påvirke slik at verdioverføringen ikke blir helt korrekt. I studieområdet er det ikke lov med boliger, dette er noe som skiller forholdene mellom meta-analysen og studieområdet.

Begrepet rekreasjon innebærer en usikkerhet i seg selv. Det kan være ulikt hva personer legger i begrepet rekreasjon. Det kan også være en litt ulik oppfatning av hvordan meta-analysen tolker rekreasjon og hvordan denne masteroppgaven tolker begrepet.

Usikkerheten ved verdsettelse av rekreasjon i urbane grøntområder kan påvirke forholdet mellom tradisjonell og naturbasert løsning. En høy verdi for denne nytten vil gi en høyere NNV for naturbasert løsning og ikke påvirke tradisjonell løsning. Hvor stor påvirkningen blir på det relative forholdet mellom løsningene, kommer an på hvor stor nytten vurderes til å være.

### **Sparte resekostnader grunnet mindre fremmedvann**

Ved overføring av nytteverdien ved sparte resekostnader grunnet mindre fremmedvann er det tatt utgangspunkt i masteroppgaven til Oda Synøve Garaas (2018). Det er antatt at resekostnadene er de samme i Bergen som for et gjennomsnitt av tre estimater fra tre byer i Norge. Det kan tenkes at denne verdien avviker noe fra gjeldende måltall i Bergen.

I verdioverføringen er prisene justert til 2021 kroner, fra verdier fra 2012 til 2018-kroner. Det kan tenkes at kostnadene er noe annet i år 2021 og ikke kun er påvirket av indeksen.

Det er særlig to faktorer som har størst betydning for kostnadene knyttet til fremmedvann. Dette er utslippet av fosfor og hvordan fosfor verdsettes. Verdsettingen av fosfor er gjort med utgangspunkt i studie i Asker av Kristin Jensen Sola. I analysen er det antatt at resipienten til studieområdet har lik økologisk og kjemisk tilstand som den fra studiet i Asker. Ved sårbar resipient er fosfor verdsatt til 16 434 kr/kg. Dette er det knyttet usikkerhet til. Om resipienten har en annen tilstand vil verdien av fosfor i resipienten verdsettes annerledes, og enten bli estimert høyere eller lavere.

I oppgaven er det sett bort i fra ekstra investeringskostnader knyttet til renseanlegg, ledningsnett og pumpestasjoner. Betydningen av disse er vurdert til å være stor, og totalestimatet kan derfor være lavere enn det reelt sett vil være. Dette påvirker usikkerheten i totalestimatet.

Det er knyttet usikkerhet til mengden overvann som er beregnet redusert ved naturbasert løsning i forhold til tradisjonell løsning. Simuleringene er gjort i SWMM ved å beregne midlere verdi over året i løpet av en periode på 10 år. Det er estimert reduserte fremmedvannmengder på 117 000 m<sup>3</sup>/år. Dette kan være et for høyt eller lavt estimat, og det er derfor knyttet usikkerhet til dette.

Hvor mye disse usikkerhetene påvirker det relative forholdet mellom løsningene kommer an på hvor mye denne nytten verdsettes til. En høy verdi for nytten vil føre til at naturbasert løsning får en bedre NNV, mens det ikke vil påvirke den tradisjonelle løsningen sin NNV.

### **Ikke-prissatte virkninger**

I oppgaven er ikke alle virkningene prissatt. Det er knyttet usikkerhet til hvor store verdiene av de ikke-prissatte virkningene er og hvordan de vil påvirke total NNV. Frie markeder er ikke tilgjengelig for disse virkningene. Det gir usikker verdsetting og med det usikre nytteverdianslag. Mange faktorer og preferanser hos aktørene spiller inn, og modelleringsverktøyene vil ikke få tilstrekkelige mengder data til å gi presise resultater. Ut ifra oppsummeringen over ikke-prissatte virkninger, Tabell 20, ser vi at det er overvekt av positive virkninger for naturbasert løsning og



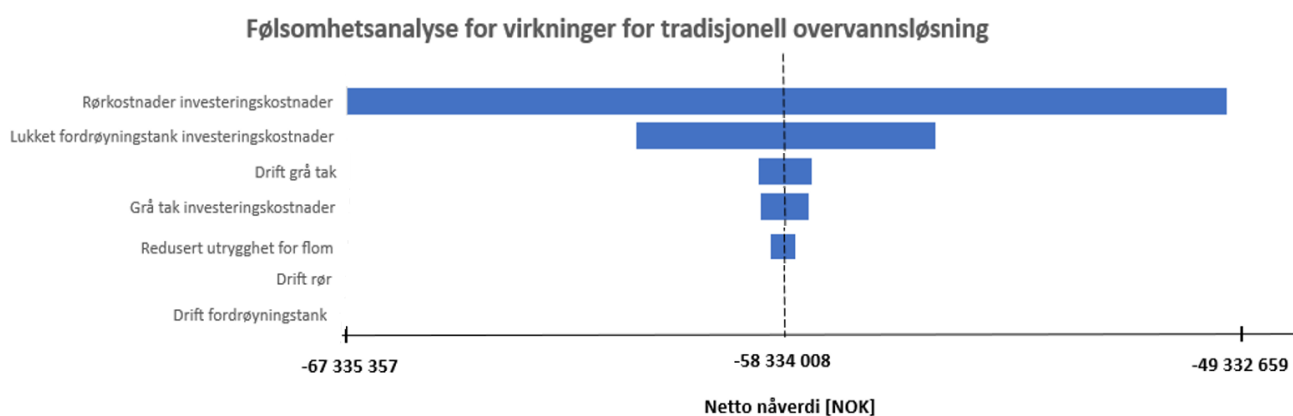
flest negative eller nøytrale virkninger for tradisjonell løsning. Dette tyder derfor på at prissetting, i kroneverdi av ikke-prissatte virkninger, ikke vil endre på rangeringen av løsningene, men kan øke forskjellen mellom løsningene til fordel for naturbasert løsning.

### 5.3 Følsomhetsanalyse av resultatene

Det er utført en følsomhetsanalyse på resultatene fra analysen. I oppgaven er virkningene blitt følsomhetsjustert for hvordan NNV for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning blir påvirket av verdiendringer for kostnader og nytte. I følsomhetsanalysen er det undersøkt hvilket utslag det laveste og høyeste estimatet gir på NNV.

#### 5.3.1 Følsomhetsanalyse på NNV

For tradisjonell løsning er det størst variasjon i rørkostnadene som kan variere med hele 70 %. Ved endring av denne variabelen alene endres NNV for hele løsningen fra -67 millioner til -49 millioner kroner. Dette er et svært stort utslag på total NNV for endring av kun én variabel. En annen virkning som gir stort utslag på NNV, er investeringskostnadene på fordrøyningsmagasinene. Prisene her varierer med +/- 10 % ut ifra middelestimatet. I Figur 31 er det illustrert hvordan hver av de ulike virkningene påvirker total NNV for tradisjonell løsning. Tabell 23 viser en oversikt over de virkningene som har størst påvirkning på NNV for tradisjonell overvannsløsning.

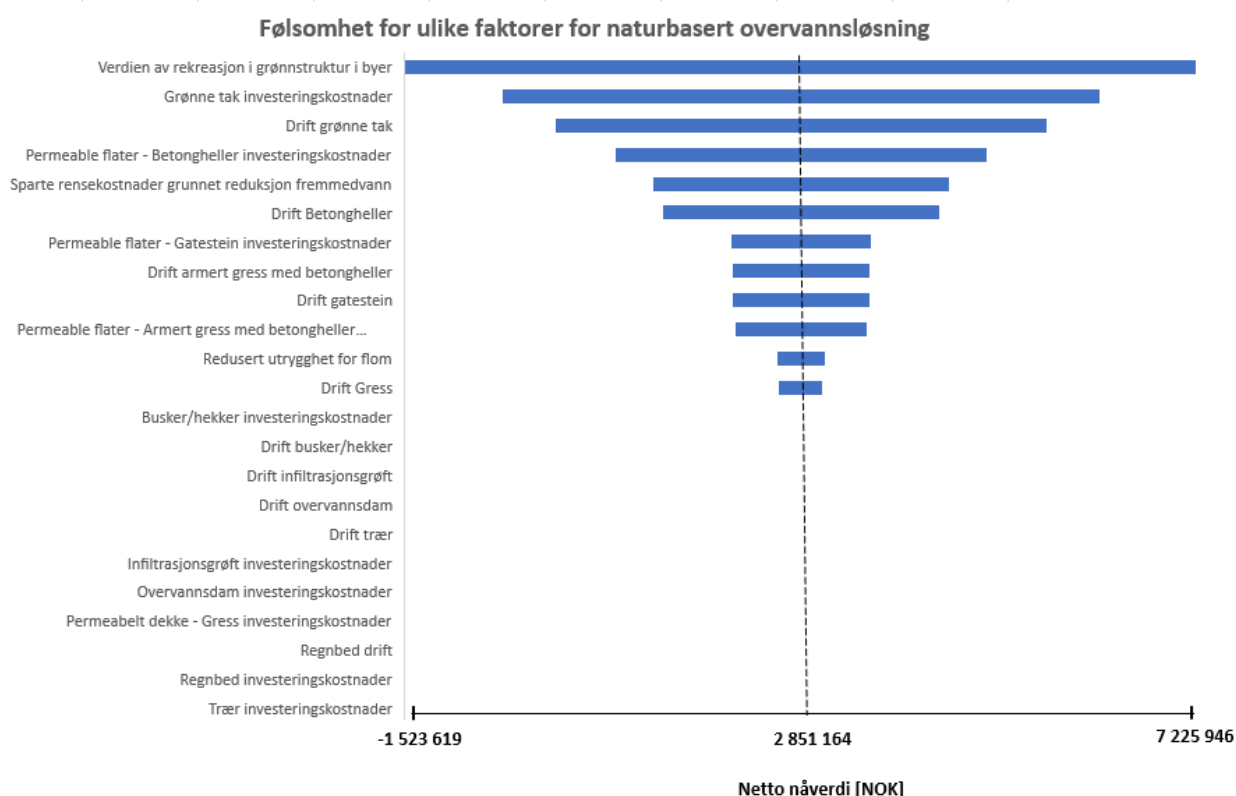


Figur 31: Grafen viser hvordan hver av virkningene påvirker total NNV for tradisjonell overvannsløsning.

Tabell 23: Tabellen viser de virkningene som gir størst utslag på NNV for tradisjonell overvannsløsning.

Virkninger tradisjonell overvannsløsning	Laveste NNV	Middels NNV	Høyeste NNV	Endring ut fra middels NNV
Rørkostnader investeringskostnader	-67 335 357	-58 334 008	-49 332 659	15,4 %
Lukket fordrøyningsstank investeringskostnader	-61 414 023	-58 334 008	-55 253 992	5,3 %

For naturbasert løsning er det verdien av rekreasjon i grønnstruktur i byer som gir størst endring av NNV. Det er vanskelig å si hvordan nytteverdiene kan variere, men det er valgt å endre disse med +/- 10 % for å få et bilde på hvordan disse påvirker NNV. Verdien av rekreasjon i grønnstruktur i byer er den største nyttevirkningen i analysen. Utslag på +/- 10 % vil derfor få stor effekt på NNV. Virkningen som påvirker NNV nest mest er investeringskostnadene av grønne tak. Denne varierer med 20 % opp og ned fra middelestimatet. I Figur 32 er det illustrert hvordan hver av de ulike virkningene påvirker NNV for naturbasert overvannsløsning. Tabell 24 viser en oversikt over de virkningene som har størst effekt på NNV til naturbasert løsning.

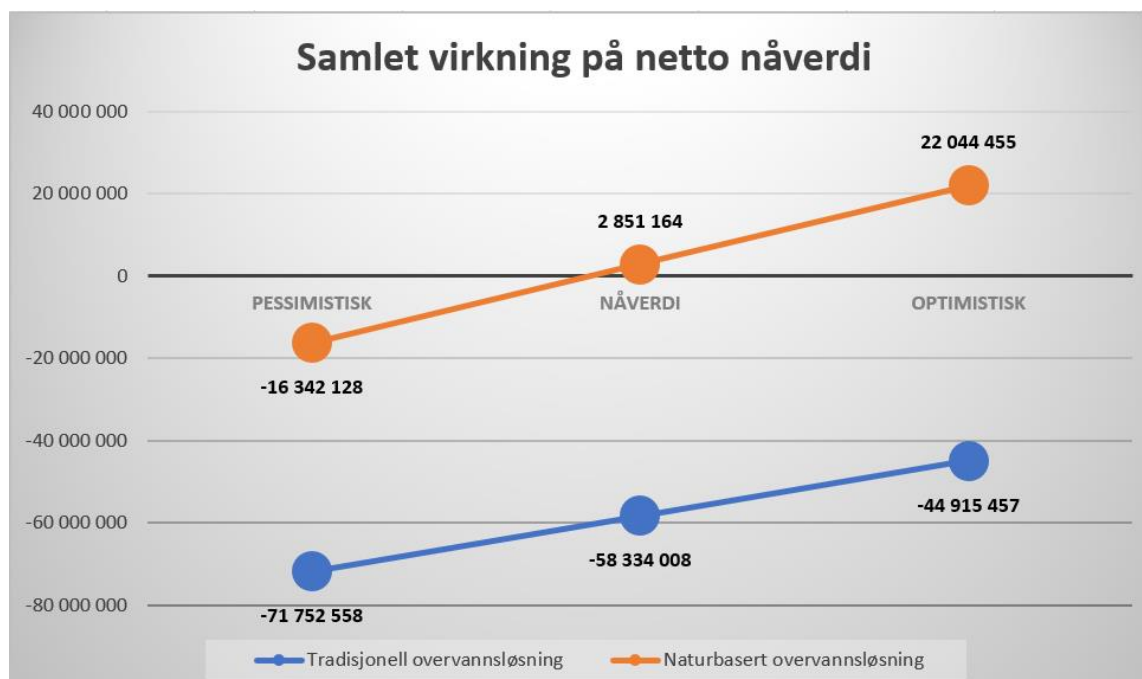


Figur 32: Grafen viser hvordan hver av virkningene påvirker total NNV for naturbasert overvannsløsning.

Tabell 24: Tabellen viser de virkningene som gir størst utslag på NNV for naturbasert overvannsløsning.

Virkninger naturbasert overvannsløsning	Laveste NNV	Middels NNV	Høyeste NNV	Endring ut fra middels NNV
Verdien av rekreasjon i grønnstruktur i byer	-1 523 619	2 851 164	7 225 946	153,4 %
Grønne tak investeringskostnader	-454 884	2 851 164	6 157 211	116,0 %
Drift grønne tak	131 778	2 851 164	5 570 550	95,4 %
Permeable flater - Betongheller investeringskostnader	792 065	2 851 164	4 910 262	72,2 %

Figur 33 viser oversikt over samlet NNV for hver av løsningene når alle virkningene er tatt med for pessimistiske og optimistiske utslag. For det optimistiske estimatet er det hentet inn verdier for alle virkninger. For disse er det nyttet høyeste/mest optimistiske verdiestimat. For det pessimistiske estimatet er det også hentet inn verdier for alle virkninger. For disse er det nyttet laveste/mest pessimistiske verdiestimat. Følsomhetsanalysen viser at NNV er følsom for endringer på virkninger, men at dette ikke påvirker rangeringen mellom tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning. Selv med et pessimistisk utfall på naturbasert løsning, og et optimistisk utfall på tradisjonell løsning, så har naturbasert løsning høyere NNV.



Figur 33: Samlet virkning på NNV for tradisjonell overvannsløsning og naturbasert overvannsløsning. I pessimistisk estimat er alle virkningene regnet med sitt pessimistiske utfall. Det samme, men motsatt, gjelder for optimistisk utfall.

### Endring av analyseperiode

Analyseperioden benyttet i oppgaven er 40 år, men enkelte tiltak har levetid lengre enn analyseperioden. Rørinvesteringene har en levetid på 100 år, grønne tak på 50 år og busker/hekker/trær på 60 år. For å undersøke hvor følsom NNV-beregningene er for endring på analyseperiode er det gjort en følsomhetsanalyse med analyseperiode på 80 år, med 2% diskonteringsrente. Dette får frem effekten lengden på analyseperioden har på NNV, ved å inkludere en større del av anleggenes faktiske levetid i analysen.

Resultatene viser at rangeringen mellom løsningene ikke blir endret med en analyseperiode på 80 år. Dette viser at nytte- og kostnadsvirkningene i tidsperioden etter analyseperioden er utløpt, og ut tiltakets levetid, ikke er utslagsgivende på rangeringen mellom tradisjonell- og naturbasert løsning. Nærmere utregninger og resultater er vist i Vedlegg D i Tabell 27.

## 5.4 Forskningsspørsmålene

### 5.4.1 Hva er forskjellene mellom tradisjonelle og naturbaserte overvannsystemer når både prissatte og ikke-prissatte virkninger hensyntas?

Det er forskjeller mellom tradisjonelle og naturbaserte overvannsystemer for både prissatte og ikke-prissatte virkninger. Den største forskjellen ligger i merverdien naturbaserte løsninger har i forhold til tradisjonelle løsninger. Verdien av redusert utrygghet for flom er lik for begge løsningene. I tillegg har naturbaserte løsninger flere nytteverdier. Av de prissatte virkningene er dette verdien av rekreasjon i urbane grøntområder, og sparte renskostnader grunnet mindre fremmedvann. Det er disse nyttene som gjør at NNV for naturbaserte løsninger blir så mye høyere enn for tradisjonelle løsninger.

I likhet med resultatene som rapporten fra Luleå i Sverige viser (Hamann et al., 2020), kommer også denne masteroppgaven frem til at den største nytten knyttet til overvannsløsningene er knyttet til områdeverdier heller enn selve håndteringen av styrtregn/flom. Den største nytten er verdien av rekreasjon i urban grønnstruktur. Dette viser at naturbasert løsning fører med seg andre og større positive verdier i tillegg til selve formålet om å håndtere overvannet på en trygg måte. Oppgaven får frem kvantifiserte verdianslag for ulike typer av nytte som oppnås gjennom naturbaserte løsninger. Det er ellers vanlig at disse nyttefaktorene blir omtalt på listeform i faglitteraturen. Dette gir en mer vag tilnærming til problemstillingen, og bidrar i liten grad som beslutningsgrunnlag for valg av utbyggingsløsning.

De totale investerings-, drift- og vedlikeholdskostnadene er omtrent helt like for tradisjonelle- og naturbaserte løsninger. Oppgaven har kommet frem til at det er ca 1 million kroner, tilsvarende 1,7 %, dyrere med tradisjonell løsning i studieområdet.

Når det kun gjelder drifts- og vedlikeholdskostnader, er det mer enn dobbelt så dyrt med naturbaserte løsninger. Driftskostnadene for tradisjonell løsning er på 7 103 802 kr og naturbasert er på 16 979 748 kr. Når det gjelder investeringskostnader er tradisjonell løsning dyrest. Kostnadene er vist i Tabell 25 under for begge løsningene.

Tabell 25: Nåverdien av investerings-, drift- og vedlikeholdskostnader for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning.

Beskrivelse	Tradisjonell løsning	Naturbasert løsning
Investeringskostnader	-53 919 057	-43 035 441
Drift- og vedlikeholdskostnader	-7 103 802	-16 979 748
<b>Totale kostnader</b>	<b>-61 022 859</b>	<b>-60 015 189</b>

De ikke-prissatte virkningene endrer ikke på rangeringen av løsningene. Den naturbaserte løsningen har flest og størst positive virkninger sammenholdt med de tradisjonelle løsningene. Ved prissetting av disse virkningene illustrerer pluss-minus metoden at NNV for naturbasert løsning øker mye mer enn for tradisjonelle løsninger. De største ikke-prissatte nyttene for naturbasert løsning er økt biodiversitet, lokal klimaregulering og estetikk, stedsidentitet og kulturarv. Dette er viktige faktorer knyttet til helse, miljø og økosystemtjenester, som man får ved å velge en naturbasert løsning.

Følsomhetsanalysen viser at de variablene som ble testet førte til store endringer for NNV, men den innbyrdes rangeringen mellom løsningene blir ikke endret.

En annen viktig forskjell mellom tradisjonelle- og naturbaserte overvannstiltak er at de naturbaserte tiltakene dekker flere funksjoner i tre-trinnstrategien. Eksempelvis dekker flere av de naturbaserte tiltakene både trinn 1, infiltrasjon, og trinn 2, fordrøyning. Full oversikt er vist i Tabell 2. De tradisjonelle tiltakene dekker ofte kun en funksjon. Dette gjør til at den naturbaserte løsningen blir mer flerfunksjonell og fleksibel.

Den tradisjonelle løsningen har flere flaskehalsen enn den naturbaserte løsningen. Med det menes at det er flere kritiske punkt på den tradisjonelle løsningen som begrenser kapasiteten til løsningen. Dette kan være flaskehalsen som ledning, kummer og tanker. Brudd på en ledning kan føre til store konsekvenser for hele systemet. For den naturbaserte løsningen skal det mye til før hele systemet blir påvirket. Dette gjør at sårbarheten til den tradisjonelle løsningen er større enn for den naturbaserte løsningen. Her er det valgt å ikke gjøre en ROS-analyse på grunn av at det ikke er fokus på hvilke tiltak som skal settes inn for å redusere risiko og sårbarhet. Oppgaven belyser at det er forskjell i sårbarhet på de to løsningene. Dette er det imidlertid svært vanskelig å tallfeste.

#### ***5.4.2 Hvem blir berørt av virkningene og hvordan fordeler virkningene seg på ulike grupper i samfunnet?***

Fordelingsvirkninger beskriver hvordan ulike grupper blir berørt av tiltakene. Noen grupper vil oppleve de positive virkningene av tiltakene, mens noen opplever de negative. Fordelingsvirkningene er svært sentrale i denne analysen, og oppgaven ønsker å hensynta disse i tråd med Finansdepartementets rundskriv R-109/2014. Dette vil være tilleggsinformasjon til beslutningstaker og inngår ikke som en beslutningsparameter (nåverdi) til den samfunnsøkonomiske analysen. Fordelingsvirkningene kan vektlegges ved en eventuell beslutning. Disse får frem hvem som kommer bra og dårlig ut, og hvordan nytte- og kostnadsvirkningene er fordelt mellom ulike grupper i samfunnet.

Utbygger opplever stor negativ virkning knyttet til både tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning. Største negative virkning er ved tradisjonell løsning da denne har størst totale investerings-, drift- og vedlikeholdskostnader. Utbygger er i tillegg (ofte) beslutningstaker og virkningene utbygger opplever blir derfor også vektlagt i stor grad. Den tradisjonelle løsningen har nyttevirkningen av at overvannet blir håndtert, altså redusert utrygghet for flom. Denne nytten kommer utbygger til gode, i form av å unngå materielle skader og driftsstans. Denne nytten er lik for den naturbaserte løsningen og utbygger vil få samme nytte ved begge løsningene.

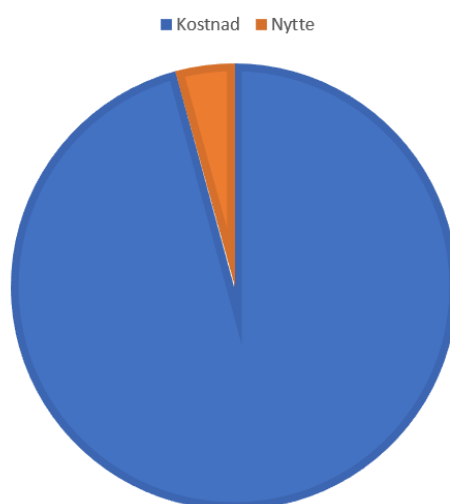
Den naturbaserte løsningen har mange store nyttevirkninger, men det er ikke utbygger som får disse virkningene. Store positive nyttevirkninger er rekreasjon i urbane grøntområder og mange ikke-prissatte virkninger, men disse kommer andre grupper enn utbygger til gode. Nyten av at overvannet blir håndtert, redusert utrygghet for flom, er en positiv virkning for utbygger. Av de ikke-prissatte virkningene vil det være økt attraktivitet som kommer utbygger til gode. Det forekommer ofte feilmontering av naturbaserte løsninger i dag. Det er vanligere med feilmontering av naturbaserte tiltak enn tradisjonelle. Utbygger kan fort da se på naturbasert løsning som et risikofylt valg i forhold til tradisjonell løsning hvor det er bedre kjennskap til montering. Denne usikkerhetsfaktoren er en konsekvens av at naturbaserte løsninger er en nyere metode som i mindre grad er utprøvd. Det kan forventes at monterings- og driftskunnskapen om disse vil øke etter hvert som disse blir mer tatt i bruk av bransjen og etterspurt i markedet.

Mange av de ikke-prissatte virkningene for naturbasert løsning er knyttet til økosystemtjenestene. Disse kommer lokalt til gode i bydelen og/eller i byen. Dette er slik som estetikk, stedsidentitet og kulturarv, lokal klimaregulering, støyreduksjon, bedret luftkvalitet, økt biodiversitet og vannkvalitet. Alle disse godene vil oppleves i stor grad av grupper som besøkende, ansatte medarbeidere eller andre grupper i nærmiljøet. Ingen av disse gruppene har særlige negative

virksomheter knyttet til løsningen. Den verdsette nytten av rekreasjon er også stor og kommer de samme gruppene til gode. I tillegg vil goder som ivaretagelse av planter og dyr og CO<sub>2</sub>-opptak og lagring ha positiv betydning på nasjonalt (globalt) nivå. Det kommer nasjonen til gode at dette blir bevart og forbedret.

Oppsummert beskrives det at nytte- og kostnadsvirkningene er svært skjevfordelt. Dette gjelder for tradisjonell løsning, men enda mer for naturbasert løsning. Utbygger vil oppleve omtrent like store negative virkninger ved tradisjonell- og naturbasert løsning. Når det gjelder prissatt nytte vil utbygger ha omtrent samme nytte av begge løsningene. Men om det inkluderes ikke-prissatte virkninger vil utbygger oppleve størst nytte ved naturbasert løsning. Figur 34 illustrerer hvordan prissatte nytte- og kostnadsvirkninger omtrentlig fordeler seg på utbygger. Sektordiagrammet viser at utbygger får helt klart størst negative virkninger.

#### VIRKNINGENE FOR UTBYGGER VED TRADISJONELL- OG NATURBASERT LØSNING

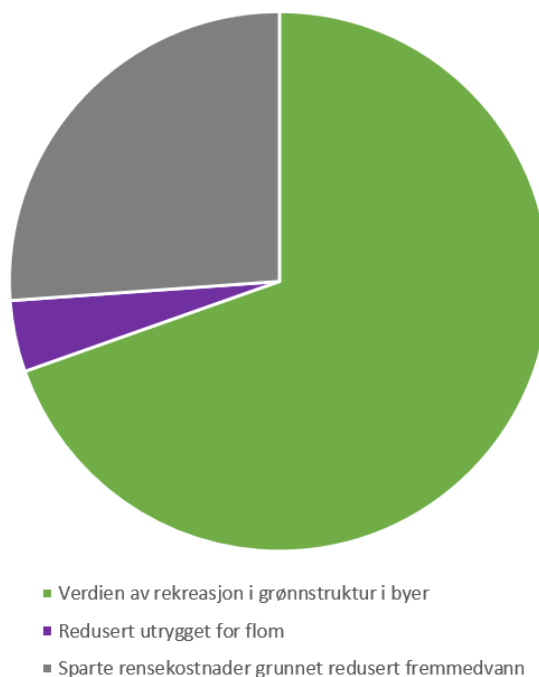


Figur 34: Sektordiagrammet viser hvor stor andel utbygger får av de prissatte nytte- og kostnadsvirkningene ved både tradisjonell- og naturbasert løsning. Kostnadene er investerings-, drift- og vedlikeholdskostnader. Nyten er redusert usikkerhet for flom.

Resten av gruppene i prosjektet, samfunnet og nasjonalt vil helt klart oppleve størst positive virkninger ved naturbasert løsning. Figur 35 viser hvordan de prissatte nyttevirkningene fordeler seg på andre grupper i samfunnet enn utbygger. Disse gruppene får ingen kostnader, men flere nyttevirkninger. Den største nyttevirkingen er verdien av rekreasjon i grønnstruktur i byer, markert med grønn. Den nest største nyttevirkingen er sparte renskostnader grunnet redusert fremmedvannmengder. Den minste nyttevirkingen er redusert utrygghet for flom, illustrert med lilla i sektordiagrammet under.



### Nyttevirkningene for andre grupper enn utbygger ved naturbasert løsning



Figur 35: Sektordiagrammet illustrerer hvordan de prissatte nyttevekningene, for naturbasert løsning, fordeler seg andelsvis på andre grupper i samfunnet enn utbygger.

#### Kompenserende tiltak

Om det er grupper som kommer særlig dårlig ut av virkningene av tiltakene bør det undersøkes om det finnes kompenserende tiltak eller kompenserende aktiviteter for gruppen. Dette kan være økonomiske eller andre tiltak for å kompensere de aktuelle gruppene (Direktoratet for økonomistyring, 2018).

Den naturbaserte løsningen har klart høyest samfunnsøkonomisk nytte. Men gruppen utbygger har store negative virkninger knyttet til tiltaket. For at utbygger skal velge en overvannsløsning med større usikkerhet og en mer ukjent løsning må det kompenserende tiltak til. Kompenserende tiltak kan være høye skattemessige årlige avskrivninger, samt at disse kan komme til fradrag allerede fra investeringstidspunktet. Dette er tiltak som er kjent fra offshore-sektoren, og som har vært formålstjenlige der.

Et annet kompenserende tiltak vil være i forhold til rammeverk. Endrede rammeverk og -regler/forskrifter for overvannshåndtering ved utbygging vil pålegge mer ansvar på utbygger til å ta mer samfunnsansvar. Etter dagens regler kan utbyggere i stor grad velge om de ønsker å ta et samfunnsansvar, med større usikkerhet, eller la være.

Utfordringer knyttet til feilmontering vil bli redusert over tid. Det bør utvikles retningslinjer, prosedyrer og kontrollplaner som gjør at slike feil ikke inntreffer.

#### ***5.4.3 Hvilken overføringsverdi har resultatene fra studieområdet?***

Analysen i oppgaven er gjort på et relativt lite geografisk felt på Vestlandet i Norge. Likevel vil mange av virkningene gjelde for andre geografisk, utbygnings-, eller boligområder også. Flere av virkningene vil være overførbare til de fleste andre områder. Selve hovedkonklusjonen/resultatet, om at naturbasert løsning gir mange flere merverdier enn tradisjonell løsning, har høy overføringsverdi. Det at naturbasert løsning har flere merverdier enn tradisjonell løsning var også noe rapporten fra Luleå i Sverige konkluderte med.

Selve størrelsen på kostnadsestimatene kan ikke overføres direkte. Men samme fremgangsmåte og enhetspriser kan benyttes for å beregne kostnader for andre aktuelle områder. Når det gjelder nyttevirkningene vil svært mange av de prissatte og ikke-prissatte nytteverdiene gjelde for andre områder også. Her vil det også variere hvor store virkningene blir avhengig av preferanser, utgangspunkt og antall personer, men de samme virkningene vil gjelde for de fleste områder.

Studieområdet brukt i analysen er et område hvor det ikke er lov med boliger. Dette gjør at området blir litt annerledes, og et område med masse boliger vil gi litt andre størrelser på nyttevirkningene. Dette er fordi det ofte blir flere personer som får gode av nytten, som gir en høyere nytteverdi for enkelte nyttevirkinger.

Verdsettingen er basert på norske forhold og verdier og vil gjøre seg best i norske sammenhenger. Ved overføring til andre land vil andre preferanser og verdier gjelde.

Den faktoren som påvirker kostnadene på løsningene mest, er grunnforholdene. Dette varierer i stor grad fra område til område. Ved for eksempel mye fjell i grunnen vil kostnadene øke for begge løsningene. Om det er grunnmasser med svært god infiltrasjon, vil det føre til at den naturbaserte løsningen får økt kapasitet mens den tradisjonelle løsningen ikke får det. Dette er faktorer som påvirker kostnadsvirkningene. Nyttevirkningene vil være høyest for naturbasert løsning som igjen bedrer NNV for naturbasert løsning.

Det vil også gjelde at utbygger ofte vil føle at hen står ovenfor en litt større usikkerhet ved valg av naturbasert løsning. Det vil derfor også gjelde flere steder at kompensierende tiltak vil være nødvendig.

## 6 Konklusjoner og videre arbeid

I denne oppgaven har det blitt utført en samfunnsøkonomisk sammenligning av tradisjonell- og naturbasert overvannshåndtering for et studieområde nær Flesland flyplass i Bergen. Analysen er blitt gjort under forutsetning om at begge tiltakene skal håndtere lik kulminasjonsavrenning ut av studieområdet. Resultatene viser at det er den naturbaserte overvannsløsningen som har høyeste netto nåverdi ved et tidsperspektiv på 40 år.

Det er utført simuleringer av hydrologiske modeller i SWMM med 30-års nedbør med klimafaktor på 1,4 og regnhendelser over de 10 siste årene. Resultatene fra SWMM-simuleringene er benyttet videre inn i en samfunnsøkonomisk analyse. Resultatene viser at investeringskostnadene for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning skiller seg lite. Det vises at det er noe høyere kostnader knyttet til tradisjonell løsning. Den største forskjellen ligger i nyttevirkningene av tiltakene. Den naturbaserte løsningen har langt flere og større nyttevirkinger og dermed høyere NNV. I likhet med forskningsrapporter, som det vises til i oppgaven, konkluderes det med at størst nytte er knyttet til områdeverdier heller enn selve håndteringen av styrtregn/flo. Den største nytten er verdien av rekreasjon i urban grønnstruktur. Nest størst er nytten av sparte renskostnader grunnet reduserte fremmedvannmengder. Dette viser at naturbasert løsning fører med seg andre og større positive verdier i tillegg til selve formålet om å håndtere overvannet. I oppgaven er det lagt mye arbeid i å finne kvantifiserte verdianslag for nytte knyttet til løsningsvalgene. Ellers i faglitteraturen er nyttefaktorer gjerne kun vagt opplyst om på listeform, og de er da uten beløp eller verdiestimer.

Oppgaven illustrerer også store forskjeller mellom tradisjonell- og naturbasert overvannshåndtering når det gjelder ikke-prissatte virkninger. Det er flest positive nyttevirkinger knyttet til helse, miljø og økosystemer for naturbasert løsning. Om flere av de ikke-prissatte virkningene hadde blitt prissatt, ville naturbasert løsning fått enda høyere nytte og dermed høyere NNV enn vist i oppgaven.

Fordelingsvirkningene av nytteverdiene er imidlertid skjevfordelt. Utbygger, brukere av området og samfunnet for øvrig, får svært ulik nytte av virkningene. Særlig gjelder dette for de naturbaserte tiltakene. Utbygger får de største kostnadene ved begge løsningene. Gjennom fordelingsordninger viser oppgaven at utbygger kan kompenseres til en viss grad. Tiltak som kan settes inn kan være skatteinsentiver og endringer i rammer for områdeplaner.

Det er knyttet usikkerhet til analysen. Dette er særlig usikkerhet knyttet til oppbygningen av SWMM-modellen i forhold til infiltrasjonsparameteren. Videre er det usikkerhet rundt

verdiestimeringen av nytte i SØA analysen. I oppgaven er det konkludert med at de fleste av usikkerhetene ikke påvirker det relative forholdet mellom løsningene.

Følsomhetsanalysen viser at netto nåverdi er sensitiv for endringer på virkninger, men at dette ikke påvirker den innbyrdes rangeringen mellom tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning.

Under forutsetning om at begge løsninger skal håndtere lik kulminasjonsavrenning ut av studieområdet, er det vurdert at metodikken har høy overførbarhet til andre geografiske områder. Selve hovedkonklusjonen, om at naturbasert løsning gir flere og høyere merverdier enn tradisjonell løsning, har høy overføringsverdi. Dette er fordi mange av de samme kostnads- og nyttevirkningene som er nevnt i oppgaven vil gjelde også for andre utbyggingsområder.

Det er mange forhold knyttet til en sammenligning av tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning som det er interessant å vurdere nærmere. Av spesiell interesse er prissetting av flere av de ikke-prissatte virkningene. Spesielt kan nevnes økt biodiversitet, lokal klimaregulering og estetikk, stedsindentitet og kulturarv. Ved å ta med nytteverdier også for disse hadde det gitt et enda mer helhetlig og korrekt bilde av NNV og det innbyrdes styrkeforholdet mellom de to løsningene. Det hadde også vært interessant å se flere analyser av denne typen, gjort på andre geografiske områder, for å få et bedre sammenligningsgrunnlag. Dette ville sannsynlig avdekke behov for mer forskning rundt samfunnsøkonomiske nyttefaktorer, som igjen vil bidra til et mer komplett grunnlag for valg av overvannsløsning. For utbyggere vil det være gunstig å utrede skattemessige insentiver knyttet til for eksempel avskrivninger.

Oppsummert konkluderes det med at merverdier for nytte er størst for naturbasert løsning. Dette viser viktigheten av å ta valg basert på forskning og ikke basere beslutninger på "gammel vane". Funnene indikerer at vi bør forske mer på nytteverdier som samfunnet vil få av naturbaserte overvannsløsninger.

## Referanser

- Aarrestad, P. A., Bjerke, J. W., Follestad, A., Jepsen, J. U., Nybø, S., Rusch, G. M., & Schartau, A. K. (2015). *Naturtyper i klimatilpassningsarbeid*. (NINA Rapport 1157). Retrieved from <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M374/M374.pdf>
- Asplan Viak. (2013). *Planbeskrivelse Områdereguleringsplan for Kokstad vest og Storrinden*. Tilgang av Asplan Viak AS.
- Åstebøl, S. O., Robba, S., & Stenvik, G. (2013). *På lag med regnet - Veileder for lokal overvannshåndtering*. Retrieved from [https://prosjekt.fylkesmannen.no/Documents/PlanOppland/Dokumenter/lysark/COWI\\_Veileder\\_overvann\\_27-sept-2013.pdf](https://prosjekt.fylkesmannen.no/Documents/PlanOppland/Dokumenter/lysark/COWI_Veileder_overvann_27-sept-2013.pdf)
- Barton, D. N., Traaholt, N. V., Blumentrath, S., & Reinvang, R. (2015). *Naturen i Oslo er verdt milliarder*. (NINA rapport 1113). Retrieved from <https://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rapport/2015/1113.pdf>
- Boardmann, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost-benefit analysis* (5. utg.). Cambridge: Cambridge university press. <https://doi.org/10.1017/9781108235594>
- Brander, L. M., & Koetse, M. J. (2011). The value of urban open space: meta-analysis of contingent valuation and hedonich pricing results. *J Environ Manage*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.019>
- Braskerud, B. C. (2014). *Grønne tak og styrtregn: Effekten av ekstensive tak med sedumvegetasjon for redusert avrenning etter nedbør og snøsmelting i Oslo*. (rapport nr 65). Retrieved from [http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014\\_65.pdf](http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_65.pdf)
- Braskerud, B. C. (2016). *Grønne tak for flomdemping*. (Oslo kommune versjon 1.0). Retrieved from [https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398678-1453799058/Tjenester og tilbud/Plan%2C bygg og eiendom/Byggesaksveiledere%2C normer og skjemaer/Overvann - Grønne tak for flomdemping.pdf](https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398678-1453799058/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Grønne%20tak%20for%20flomdemping.pdf)
- Braskerud, B., & Paus, K. H. (2016). *Regnbed for lokal flomdemping*. (Oslo Kommune versjon 1.1). Retrieved from [https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398684-1453799062/Tjenester og tilbud/Plan%2C bygg og eiendom/Byggesaksveiledere%2C normer og skjemaer/Overvann - Regnbed for lokal flomdemping.pdf](https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398684-1453799062/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Regnbed%20for%20lokal%20flomdemping.pdf)
- Collins, M., R. Knutti, J., Arblaster, J.-L., Dufresne, T., Fichfet, P., Friedlingstein, X., ... Wehner, M. (2013). Long-term climate change: Projections, commitments and irreversibility. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (Red.),. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group1 to the Fifth Assessment Report of the*

- Intergovernmental Panel on Climate Change.* (s. 1029-1136). Cambridge and New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.024>
- Det kongelige finansdepartement. (2014). *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv.* (Rundskriv-109/14). Retrieved from [http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/tema/statlig\\_økonomistyring/samfunnsøkonomiske-analyser.html?id=438830](http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/tema/statlig_økonomistyring/samfunnsøkonomiske-analyser.html?id=438830)
- Direktoratet for økonomistyring. (2018). *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser.* Retrieved from <https://dfo.no/filer/Fagområder/Utreddinger/Veileder-i-samfunnsøkonomiske-analyser.pdf>
- Direktoratet for økonomistyring. (2021). Verktøy for samfunnsøkonomiske analyser. Retrieved from <https://dfo.no/fagomrader/utredning/verktoy-for-samfunnsøkonomiske-analyser> , Lastet ned 8. mars
- Dyrddal, A. V., & Førland, E. J. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør: Anbefalte verdier for Norge.* (5/2019), Norsk klimaservicesenter. Retrieved from [https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/\\_attachment/14869?\\_ts=16b02bdea3a](https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/_attachment/14869?_ts=16b02bdea3a)
- Endresen, S. (1998). *Lokal og total overvannsdiskonering (LOD/TOD) - Beskrivelser av anlegg , erfaringer mm.* (HYDRA-rapport nr. T03). Retrieved from <http://publikasjoner.nve.no/hydra/rapport/t03.pdf>
- Fremtidens byer. (2014). *Blågrønn faktor - Veileder byggesak.* Retrieved from [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens\\_byer/klimatilpasning/2014/bgf\\_veileder\\_byggesakhoveddelen2014.01.28.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens_byer/klimatilpasning/2014/bgf_veileder_byggesakhoveddelen2014.01.28.pdf)
- Furre, J. (2015). *Overvann og fremmedvann - Hvordan vi arbeider med dette i Stavanger.* Hallingtreff januar 2015. Retrieved from <http://hallingplast.blob.core.windows.net/media/1001/03jarle-furre-overvann-og?fremmedvann-jan2015-ver-2.pdf>
- Gabriel, S., & Fiil, L. (2016a). *Areal tilrettelagt for oversvømmelse.* (Oslo kommune versjon 1.0). Retrieved from [https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398669-1453799054/Tjenester og tilbud/Plan%2C bygg og eiendom/Byggesaksveiledere%2C normer og skjemaer/Overvann - Areal tilrettelagt for oversvømmelse.pdf](https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398669-1453799054/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%20normer%20og%20skjemaer/Overvann-Areal%20tilrettelagt%20for%20oversvømmelse.pdf)
- Gabriel, S., & Fiil, L. (2016b). *Vadi - byens grønne vannveier.* (Oslo kommune versjon 1.0). Retrieved from [https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398699-1453799100/Tjenester og tilbud/Plan%2C bygg og eiendom/Byggesaksveiledere%2C normer og skjemaer/Overvann - Vadi - byens grønne vannveier.pdf](https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398699-1453799100/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%20normer%20og%20skjemaer/Overvann-Vadi-byens%20grønne%20vannveier.pdf)
- Garaas, O. S. (2018). *Økonomiske konsekvenser av fremmedvann i avløpssystemet til Asker kommune.* (Masteroppgave, NMBU, Ås). Retrieved from <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu->

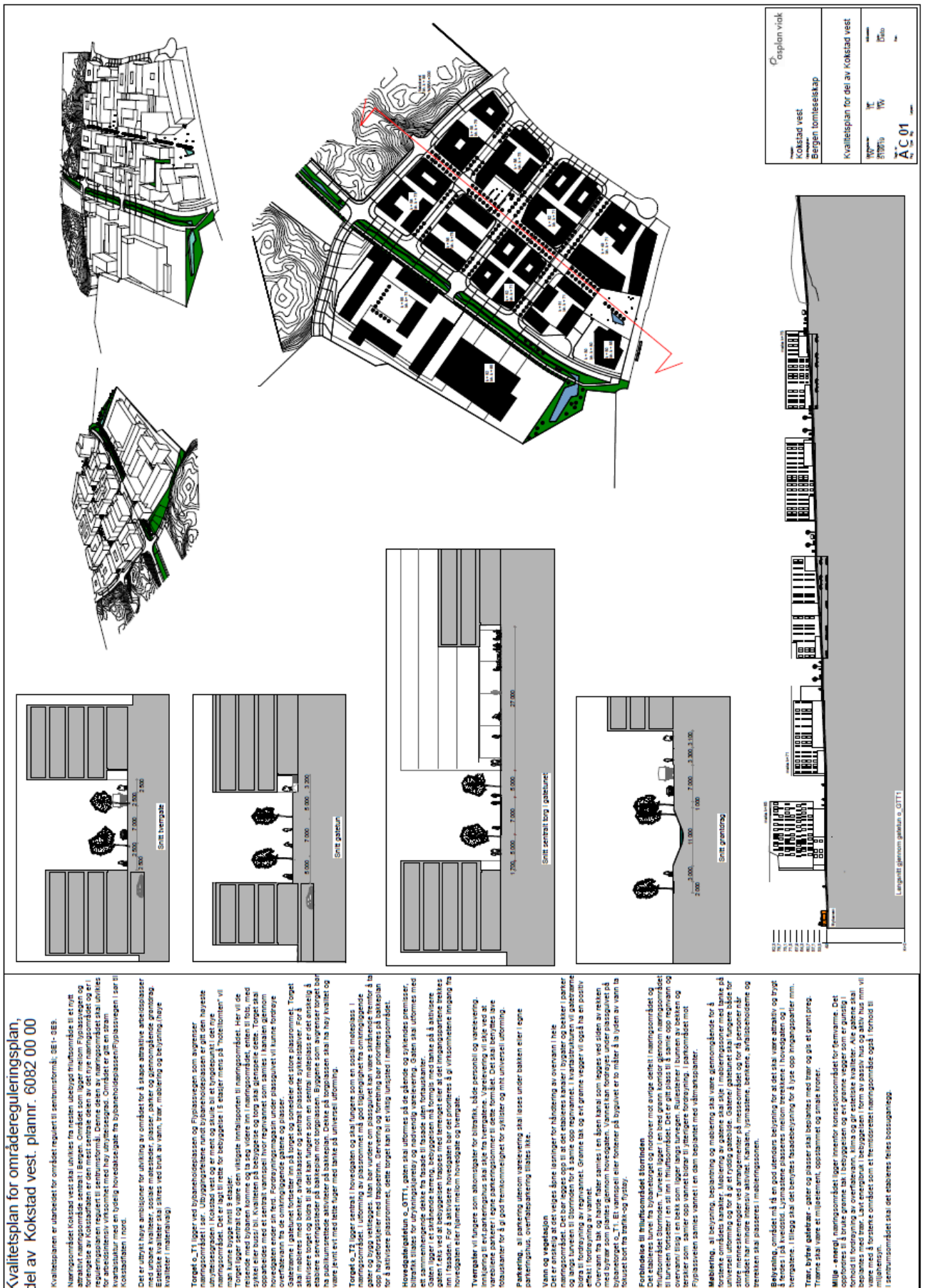
- xmlui/bitstream/handle/11250/2503556/O.S.Garaas-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y  
Grann, S. L. (2011). *Utrygghet for flom -En betinget verdsettingsstudie*. (Masteroppgave, NMBU, Ås). Retrieved from <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/187287>
- Hamann, F., Blecken, G.-T., Ashley, R. M., & Viklander, M. (2020). Valuing the Multiple Benefits of Blue-Green Infrastructure for a Swedish Case Study: Contrasting the Economic Assessment Tools B&ST and TEEB. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, 2020 6(4). <https://doi.org/10.1061/jswbay.0000919>
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., ... Ådlandsvik, B. (2015). *Klima i Norge 2100*. (NCCS report 2/2015). Retrieved from [https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/\\_attachment/6616?\\_ts=14ff3d4eeb8](https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/_attachment/6616?_ts=14ff3d4eeb8)
- Hernes, R. R. (2018). *Kostnader ved lokale overvannstiltak*. (Masteroppgave, NTNU, Trondheim). Retrieved from [https://newwaterways421475860.files.wordpress.com/2019/04/hernes18\\_prosjektoppgave\\_kostnader-ved-lokale-overvannstiltak.pdf](https://newwaterways421475860.files.wordpress.com/2019/04/hernes18_prosjektoppgave_kostnader-ved-lokale-overvannstiltak.pdf)
- Karstensen, H. (2015). *Økonomiske konsekvenser av fremmedvann i avløpssystemet: En casestudie av Bekkelaget rensedistrikt*. (Masteroppgave, NMBU, Ås). Retrieved from <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/294087>
- Lindhjem, H., & Magnussen, K. (2012). *Verdier av økosystemtjenester i skog i Norge*. (NINA rapport 894). Retrieved from <https://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/rapport/2012/894.pdf>
- Lindholm, O. (2015). *Overvannstransport i VA-systemer*. Kurs i Larvik september 2015. Retrieved from <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/utgatt/fm-vestfold/dokument-fmve/kurs-og-konferanser/260915klimatilpasning-i-kommunene/150926-var-smart-oddvar-lindholm-ekstremregn-overvann-og-avlop.pdf>
- Lindholm, O. (2017). Fremmedvann i avløpsledninger. *VA/Miljø-Blad*, 2017(123), 1–8. Retrieved from [https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2017/10/Blad-123\\_29.11.17.pdf](https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2017/10/Blad-123_29.11.17.pdf)
- Lindholm, O., & Aune, B. (1978). Konstruksjon og bruk av nedbørhyetogrammer. *Vann*, 1978, (2), 142–146. Retrieved from [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/1978\\_29949.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/1978_29949.pdf)
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G., & Aaby, L. (2008). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*. (Norsk Vann Rapport 162).
- Lindholm, O. G., Bjerkholt, J. T., & Lien, O. (2012). Fremmedvann i nordiske avløpsledningsnett. *Vann*, 2012(01), 39–48. Retrieved from [https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2012\\_847610.pdf](https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2012_847610.pdf)

- Lovadata. (2018). Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning. Retrieved from <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469> . Hentet 19. mai
- Magnussen, K., Reinvang, R., & Løset, F. (2015). *Økosystemtjenester fra grønnstruktur i norske byer og tettsteder*. (Vista Analyse Rapport 10). Retrieved from [https://www.vista-analyse.no/site/assets/files/5609/va\\_2015-10\\_gr\\_nnstruktur\\_og\\_kosystemtjenester\\_final\\_m\\_mdir\\_nr.pdf](https://www.vista-analyse.no/site/assets/files/5609/va_2015-10_gr_nnstruktur_og_kosystemtjenester_final_m_mdir_nr.pdf)
- Magnussen, K., Wingstedt, A., Rasmussen, I., & Reinvang, R. (2015). *Kostnader og nytte ved overvannstiltak*. (Vista Analyse Rapport 02). Retrieved from <https://www.vista-analyse.no/site/assets/files/5632/kostnaderognyttevedovervannstiltakm305.pdf>
- Misund, A. K., & Sivertsen, F.-A. (2012). *Kommunedelplan - avløp - kortversjon*. Kristiansand kommune. Retrieved from <https://docplayer.me/2408485-Teknisk-ingeniørvesenet-va-avdelingen-kristiansand-ingeniørvesen-kommunedelplan-avlop-kortversjon-dato-2012-05-31.html>
- Muthanna, T. M., Sivertsen, E., Kliwer, D., & Jotta, L. (2018). Coupling field observations and Geographical Information System (GIS)-based analysis for improved Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) performance. *Sustainability (Switzerland)*, *10*(12), 1–13. <https://doi.org/10.3390/su10124683>
- Myhr, K., & Lippestad, S. L. (2016). *Belegningsstein som håndterer overvann*. (Oslo kommune versjon 1.0). Retrieved from [https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398672-1453799055/Tjenester og tilbud/Plan%2C bygg og eiendom/Byggesaksveiledere%2C normer og skjemaer/Overvann - Belegningsstein som håndterer overvann.pdf](https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398672-1453799055/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Belegningsstein%20som%20h%C3%A5ndterer%20overvann.pdf)
- Navrud, S. (2007). Benefit Transefer Guidelines for CBA in Nordic Countries. *Artikkel Skrevet Av Ståle Navrud*, Hentet fra Canvas, emne ECN271 30.03.2021.
- Navrud, S. (2016). Miljøverdsetting. Verdsettingsmetoder og verdioverføring. *Investeringsprosjekter Og Miljøkonsekvenser, 2016*(rapport nr. 48), 26–54. Retrieved from [https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010703/Concept\\_nr48\\_no.pdf/66cfa9b6-fc50-41c3-b18f-0f1aff5a7668?version=1.0](https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010703/Concept_nr48_no.pdf/66cfa9b6-fc50-41c3-b18f-0f1aff5a7668?version=1.0)
- NGU. (n.d.). Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase. Retrieved February 26, 2021, from [http://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/)
- NOU, 2015:16. (2015). *Overvann i byer og tettsteder*. Oslo: Klima- og miljødepartementet. Retrieved from <https://www.regjeringen.no/contentassets/e6db8ef3623e4b41bcb81fb23393092b/no/pdfs/nu201520150016000dddpdfs.pdf>
- Paus, K. H. (2016). *Overvann og blågrønne prinsipper*. [Illustrasjon]. Retrieved from <https://docplayer.me/44264380-Overvann-og-blagronne-prinsipper.html>
- Paus, K. H. (2018). Forslag til dimensjonerende verdier for trinn 1 i Norsk Vann sin tre-trinns



- strategi for håndtering av overvann. *Vannforeningen* 53, (1), 66–77. Retrieved from <https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2018/07/Paus.pdf>
- Paus, K. H. (2020). *Kunnskapsbehov innen overvann og klimatilpasning*. (Norsk Vann Rapport B26) Hamar: Norsk Vann.
- Plan og bygningsetaten Oslo kommune. (2020). *Blågrønn faktor for boliger i Oslo – brukerveiledning for norm*. Retrieved from <https://www.nordrefollo.kommune.no/globalassets/nordre-follo/tjenester/plan-bygg-og-eiendom/byutvikling-og-arealplaner/dokumenter-og-veiledere/blagronn-faktor---brukerveiledning-for-blagronn-faktor-1.pdf>
- Rossman, L. A. (2015). *Storm Water Management Model User'S Manual (Version 5.1)*. Cincinnati: United States Environmental Protection. Retrieved from [https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-02/documents/epaswmm5\\_1\\_manual\\_master\\_8-2-15.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf)
- Sola, K. J., Bjerkholt, J. T., Lindholm, O. G., & Ratnaweera, H. (2020). Analysing consequences of infiltration and inflow water (I/I-water) using cost-benefit analyses. *Water Science and Technology*, 2020(82.7), 1312–1326. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.395>
- Statistisk sentralbyrå. (2021). Konsumprisindeksen. Retrieved from <https://www.ssb.no/kpi>
- Stenius, S., Glad, P. A., Wang, T. K., & Væringstad, T. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. (NVE veileder 7-2015). Retrieved from [https://publikasjoner.nve.no/veileder/2015/veileder2015\\_07.pdf](https://publikasjoner.nve.no/veileder/2015/veileder2015_07.pdf)
- Vann- og avløpsetaten. (2005). *Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune*. Bergen kommune.
- Vann-Nett. (2016). Vann-Nett Portal - inngangsportalen til informasjon om vann i Norge. Retrieved from <https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/0261010600-C>













# Vedlegg A - Kvalitetsplan for områdereguleringsplan, Kokstad vest



Figur 36: Kvalitetsplan for områdereguleringsplan, del av Kokstad vest.

## Vedlegg B – Blågrønn faktor

### For naturbasert løsning:

Oslo		BLÅGRØNN FAKTOR OSLO FOR BOLIGER (BGF-OSLO)			
Prosjekttittel	Adresse (vei-/gatenavn og -nummer)	Tomteareal m <sup>2</sup>	Dag	Måned	År
Kokstad vest	Naturbasert overvannsløsning	120000	1	5	2021
Tiltak	Beskrivelse	Areal/stk	Verdi	BGF	
TERRENG OG FLATER		Areal m <sup>2</sup>	Verdi pr m <sup>2</sup>		
	Grønt terreng	2470	1	0,02	
	Grønne tak	Dette er nye og eksisterende begrodde flater som gressplen, hagemark og tilsvarende på naturlig eller naturlig grunn som ikke er underbygd. Naturlig fjell med oppsprukket overflate inngår. Overvann skal kunne trekke raskt ned i grunnen og ned til grunnvannet, og uteoppholdsarealer skal være velegnet for bruk innen ett døgn etter regn.			
		Grønne tak er vegetasjon som gress o.l. som vokser i jord på tak som takhage eller grøntanlegg på lokk i gårdsrom over garasjeanlegg og tilsvarende. Overvann skal kunne trekke raskt ned i jorden, og uteoppholdsarealer være velegnet for bruk innen ett døgn etter regn. Jordlag med dybde over 80 cm har tiltaksverdi 0,9. Jordlag mellom 40 og 79 cm har tiltaksverdi 0,7. Jordlag mellom 2 og 39 cm har tiltaksverdi 0,4.			
		0	0,9	0,00	
		0	0,7	0,00	
		28975	0,4	0,10	
	Grønne vegger	0	0,4	0,00	
For klatreplanter og andre grønne vegger regnes veggarealet som er tilrettelagt og forventes å være dekket i løpet av fem år. Det kan ikke regnes areal over den tilrettelagte høyden og bredden, og maksimalt inntil ti høydemeter for klatreplanter som er plantet i jord. Jorda skal ha god dybde og volum.					
	Terrengforsenkning	0	1	0,00	
Terrengforsenkning er en fordypning i terreng eller flate, i form av lekeplass, torg o.l., som er opparbeidet for uteopphold, der overvann kan fordrøyes. Overvannet i forsenkningen tømmes primært ved infiltrasjon, sekundært gjennom strupet avløp til avløpsnett. Fordypningen skal være velegnet for uteopphold, lek og lignende innen ett døgn etter regn. Minstedybde er 20 cm.					
	Regnbed og vadi	Regnbed og vadier er blågrønne fordypninger for oppsamling og infiltrasjon av overvann. Regnbed skal være frodige og variert beplantet, og de er særlig egnet for infiltrasjon. Vadier er beplantet, og de er velegnet for oppsamling og avledning. Vann skal infiltreres innen tre timer i regnbed og infiltreres eller ledes vekk innen ett døgn i vadier. Verdien for regnbed er 4 og for vadier 1.			
		2150	4	0,07	
		1025	1	0,01	
	Dammede flater med permanent vannspeil	1341	2	0,02	
Dette er dammer, med eller uten vegetasjon, der overvann fordrøyes. Permanent betyr at det skal være vannspeil mer enn halve året, og dette forutsetter at det etterfylles med magasinert overvann ved behov. Minstedybde er 20 cm.					
	Delvis åpne flater	30394	0,3	0,08	
Delvis åpne overflater sørger for infiltrasjon til grunnen, for eksempel gjennom grus, singel eller betongstein for gressanlegg. Infiltrasjonen forutsetter et underliggende settelag og jordvolum som lar vannet infiltrere og renne unna.					
	Tette flater med avledning til regnbed o.l.	0	0,2	0,00	
Dette inkluderer tette flater som betong, asfalt og takflater, her inngår f.eks. grønne lokk og -tak, der vannet ledes videre til infiltrasjons- og fordrøyningsflater på terreng, for eksempel til regnbed e.l. Det er en forutsetning at tiltaket som mottar vannet, har tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet.					
			Delsum BGF: 0,30		
TRÆR OG BUSKER		Stykk	Verdi pr stk		
	Eksisterende trær	Det skilles på store og små trær ut fra dagens omkrets på stammen målt én meter over terrenget. Hvis trærne har omkrets på mer enn 90 cm, får de en verdi på 25 per stk. Hvis trærne har omkrets under 90 cm, får de en verdi på 12,5 per stk.			
		0	25	0,00	
		0	12,5	0,00	
	Nye trær	Det skilles på store og små trær ut fra fremtidig høyde på trær. Trær som blir høyere enn ti meter, regnes med verdi på 10 per stk. Trær som blir lavere enn ti meter, regnes med verdi på 5 per stk.			
		0	10	0,00	
		30	5	0,00	
			Verdi pr m <sup>2</sup>		
	Busker	60	0,4	0,00	
Tiltaket omfatter felt med busker, hekker, stauder og bunndekker. Arealet regnes i kvadrater: for utbredelse av kroner på busker og hekker, og for plantefelt med stauder og bunndekker. Både eksisterende og nye planter og felt regnes med.					
			Delsum BGF: 0,00		
BLÅGRØNN STRUKTUR		Stykk	Verdi pr stk		
	Styrke blågrønn struktur	2	0,05	0,10	
Tiltaket omfatter blå og grønne elementer på tomten som kobles til eksisterende blågrønn struktur utenfor tomten. Det oppnås 0,05 BGF pr. kobling, for inntil to sider av tomten.					
			Delsum BGF: 0,10		
Utarbeidet av Plan- og bygningsetaten. Versjon 11.12.2019					TOTAL BLÅGRØNN FAKTOR (BGF) 0,40

Figur 37: Skjema for utregning av delsummer og totalsum av blågrønn faktor for den naturbaserte løsningen. Skjema hentet fra (Fremtidens byer, 2014).

## Vedlegg C – SWMM-data

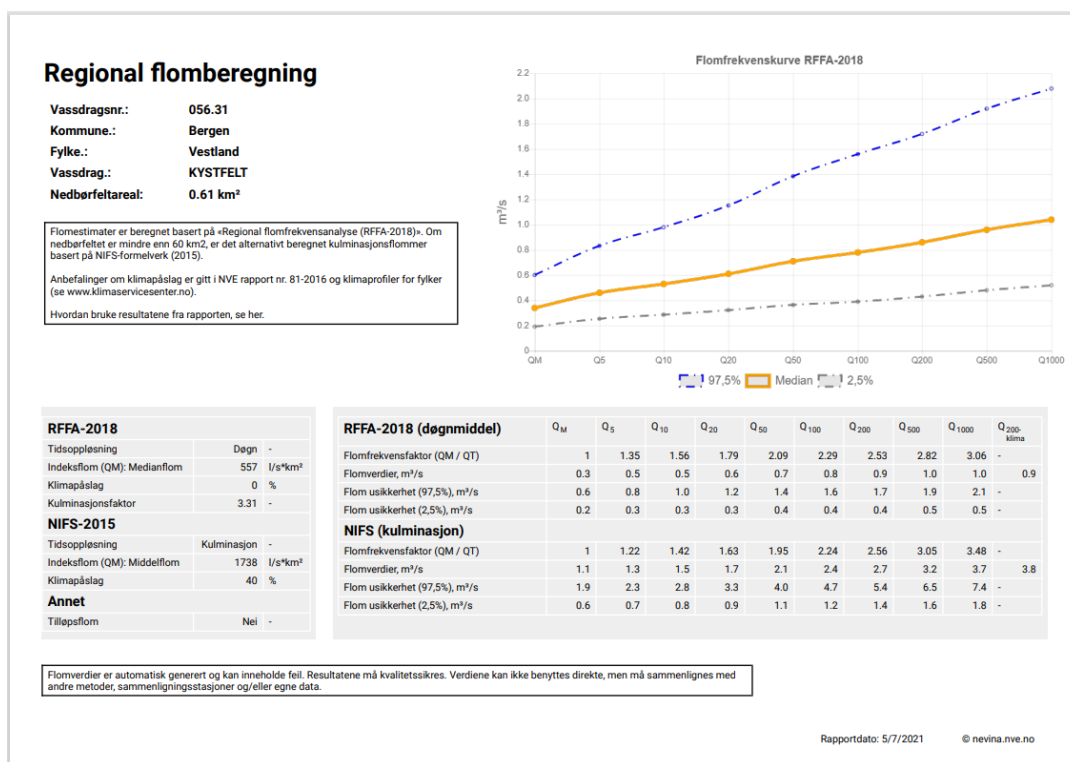
### Tabell over LID arealer:

Tabell 26: Oversikt over areal av hvert LID-tiltak modellert i SWMM for naturbasert overvannsløsning.

	[ha]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
Delfelt	Areal delfelt	Areal delfelt	Areal grønt tak	Areal regnbed	Areal permeabelt dekke	Areal infiltrasjonsgrøft	Overvannsdam	Permeabelt dekke - gress	Permeabelt dekke - betongheller	Permeabelt dekke - armert gress med betongheller	Permeabelt dekke - gatestein
S39	1,6130	16 130	4 500	400	8 000	-					
S40	1,5640	15 640	-	500	1 000	200		4 004			
S41	1,8100	18 100	4 507	400	4 000	-					
S42	1,5650	15 650	5 994	300	1 000	500					
S43	1,2100	12 100	1 500	300	4 005	125					
S44	0,2470	2 470	2 470	-	-	-					
S45	1,0508	10 508	2 396	100	2 995	-					
S46	0,7801	7 801	1 599	-	4 501	-					
S47	1,7167	17 167	6 008	150	4 893	200					
S48	0,4470	4 470	-	-	-	-	1 341	3 129			
<b>Totalt</b>	<b>12,00</b>	<b>120 036</b>	<b>28 975,00</b>	<b>2 150,09</b>	<b>30 394,29</b>	<b>1 025,04</b>	<b>1 341</b>	<b>2 470</b>	<b>15 197,14</b>	<b>7 598,57</b>	<b>7 598,57</b>

### Infiltrasjon:

Delfeltet er analysert i Nevina og 30-års flomverdien (interpolert mellom 20- og 50-årsflom) er brukt for å bestemme parameteren "Conductivity" i SWMM modellene. Døgnmiddelverdien for flomfrekvensfaktoren, vist i Figur 38, ble brukt til å interpolere verdien for 30-års flomverdien. Parameteren "Conductivity" ble deretter justert til 6 mm for å stemme overens med beregnet avrenning ut av feltet ved en 30-års regnhendelse.



Figur 38: Regional flomberegning beregnet i, og hentet fra, Nevina.

## Vedlegg D – Resultater endring av analyseperiode

I Tabell 27 presenteres resultatene fra følsomhetsanalysen utført med lengre analyseperiode.

*Tabell 27: NNV for tradisjonell- og naturbasert overvannsløsning med analyseperiode på 80 år.*

*Diskonteringsrenten er på 2 % i tråd med "Veileder i samfunnsøkonomiske analyse". I beregningene er det gjort reinvesteringer for alle tiltak etter endt levetid.*

Beskrivelse	Tradisjonell overvannsløsning	Naturbasert overvannsløsning
Investeringskostnader	-71 511 686	-60 801 309
Drift- og vedlikeholdskostnader	-25 230 329	-34 280 658
<b>Totale kostnader</b>	<b>-96 742 015</b>	<b>-95 081 967</b>
Rekreasjon i urbane grøntområder	0	88 323 120
Sparte rensekostnader grunnet mindre fremmedvann	0	33 170 119
Redusert utrygghet for flom	4 428 562	4 428 562
<b>Total nytte</b>	<b>4 428 562</b>	<b>125 921 801</b>
<b>NNV</b>	<b>-92 313 453</b>	<b>30 839 834</b>



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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway