



BACHELOROPPGAVE

Overvannshåndtering på Wergeland

Stormwater management at Wergeland

Carl Peder Skavern

Bendik Riis

Håvard Mortensen

BYG150 Bacheloroppgave – Bygg

Institutt for byggfag, Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap

Veileder Høgskulen på Vestlandet: Leiv Petter Mjøs

Veiledere Rambøll: Ingvild Lundebo og Maria Instanes

Dato: 25. mai 2020

Antall ord: 14794

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle

kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. *Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.*

I. Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet som en avsluttende oppgave ved det treårige studiet byggingeniør ved Høgskulen på Vestlandet. Med bakgrunn i felles fag på tvers av forskjellige profil- retninger og interesser ble samarbeidet mellom gruppens medlemmer og Rambøll til høsten 2019. Forslag til oppgave ble gitt etter innledende samtaler med Rambøll over nyttår 2020. Deretter ble oppgaven spisset og avgrenset med hjelp fra veileder Leiv Petter Mjøs fra Høgskulen på Vestlandet, samt kontinuerlige samtaler med Rambøll.

Gjennom vårsemesteret 2020 har gruppen jobbet jevnt med oppgaven. Grunnet utbruddet av koronaviruset (Sars cov-2) i Norge og strenge smitteverntiltak har gruppen måttet arbeide litt annerledes enn planlagt. På tross av dette har arbeidet med oppgaven vært svært lærerikt og gitt en innsikt i vann og avløpsbransjen om overvannshåndtering, et tema som det for tiden rettes mye ressurser mot i lys av klimaendringene.

Vi ønsker å takke veiledere fra både Høgskulen og Rambøll, som også har måttet tilpasse seg smitteverntiltak, for god hjelp og bistand i forbindelse med oppgaven.

II. Sammendrag

Klimaendringene gjør at større nedbørshendelser inntreffer oftere og øker i intensitet. Dette, kombinert med fortetting der den naturlige grunnen erstattes av tette overflater, gjør at avrenningen i sentrumsområder blir stadig større. Det er derfor nødvendig med gode løsninger for å kunne håndtere de økende overvannsmengdene.

Utgangspunktet for denne oppgaven er ny prosjektert sykkelveg med fortau langs Storetveitvegen på Wergeland i Bergen. Oppgaven er utført i samarbeid med Rambøll, firmaet som har prosjektert sykkelvegen. Wergeland er et av flere områder hvor Bergen kommune ønsker økt fortetting. Med sin sentrale beliggenhet og gode kollektivforbindelser, har området et stort potensiale for økt arealutnyttelse.

I denne oppgaven ses det på konsekvensene av økt fortetting i området, med tanke på overvann. Dagens avrenning sammenlignes med fremtidig avrenning. Dimensjoneringen av fremtidig avrenning danner grunnlag for tiltak som presenteres, dimensjoneres og drøftes. Til slutt foreslås det hvilke tiltak som anbefales etablert i området, med utgangspunkt i de analyser som er gjort i arbeidet med oppgaven.

Kommunale og andre offentlige retningslinjer, føringer og normer er gjennom hele oppgaven lagt til grunn når det er utført beregninger og analyser. I tillegg er det hentet data fra andre rapporter og planer. All innsamlet informasjon og data er vurdert selvstendig før de er brukt i denne oppgaven.

Ved endelig forslag til løsninger, har det vært ønskelig å benytte seg av bærekraftige løsninger. Det vil si blågrønne løsninger, der overvannsmengdene i størst mulig grad håndteres lokalt i tråd med treleddstrategien. Det har vist seg vanskelig å håndtere overvannet i området ved å utelukkende benytte seg av blågrønne løsninger. Derfor er det også foreslått å anlegge en overvannsledning som sammen med blågrønne løsninger skal sørge for tilstrekkelig kapasitet.

III. Abstract

Due to climate changes, greater rainfalls occur more frequently in both intensity and quantity. This combined with higher density urban areas where the natural surface is replaced with dense surfaces, increases the water runoff. The key to handle the increased amount of water runoff, is smart and sustainable solutions.

Newly projected pedestrian and cycling facilities along Storetveitvegen at Wergeland in Bergen creates the base of this report. The report has been made in cooperation with Rambøll, the consulting engineer firm that projected the facilities. Wergeland is one of the areas in Bergen where the City council promotes urban growth, due to its central location and already well integrated public transport facilities.

This report looks into how the urban growth in the area will affect the stormwater runoff, where we compare today's runoff values with projected values for the future. These projected values create the foundation of which solutions that is presented, designed and discussed. To conclude the report, we suggest which solutions that will best handle the stormwater in the area, based on our research.

Guidelines and design manuals given by public authorities has been used for analysis and calculations throughout the whole report. On top of that, data from other studies and plans has been evaluated and used as well. All gathered data has been independently evaluated before the use of it in this report.

To our final propositions the focus has been the use of sustainable solutions. Here sustainable meaning blue-green infrastructure, where the stormwater is handled locally. Results show that the use of exclusively blue-green infrastructure to handle all stormwater runoff is not possible in the area. The establishment of a drainpipe for stormwater is therefore considered necessary in order to handle the estimated increase of runoff water due to urban growth and climate change.

Innholdsfortegnelse

I. Forord.....	2
II. Sammendrag	3
III. Abstract	4
IV. Lister	8
Figurliste	8
Tabelliste	9
V. Sentrale begreper	10
1. Innledning.....	12
1.1 Bakgrunn.....	12
1.2 Problemstilling	13
2. Planområdet.....	14
2.1 Introduksjon av området.....	14
2.1.1 Oppgavens område og avgrensninger.....	14
2.1.2 Topografiske og klimatiske forhold	15
2.1.3 Grunnforhold og infiltrasjonsevne	15
2.2 Urbanisering av området	17
2.2.1 KPA 2018.....	18
2.2.2 Områderegulering Wergeland	18
3. Metode.....	19
3.1 Innledning	19
3.2 Belyse relevant teori.....	20
3.3 Data	21
3.3.1 Dataverktøy	21
3.4 Tiltak og beregninger for dimensjonering.....	22
3.4.1 Rasjonelle formel	23

3.5 Utbruddet av koronaviruset (Sars cov -2) våren 2020.....	24
4. Overordnede prinsipper for overvannshåndtering.....	25
4.1 Overvann.....	25
4.2 Lokal overvannshåndtering.....	25
4.2.1 Treleddstrategien.....	26
4.2.2 Overvannshåndtering i tettbebygde strøk.....	27
4.2.3 Blågrønne løsninger.....	28
4.3 Avløpssystemer.....	28
4.4 Rensing av overvann.....	29
4.5 Flomveger.....	30
5. Kartlegging av VA situasjon.....	31
5.1 Eksisterende rør i området.....	31
5.2 Valg av nedbørsfelt.....	32
5.3 Avrenningsmønster og flomutsatte områder.....	33
5.3.1 Avrenningsmønster ny veg.....	34
5.4 Vurdering av resipient.....	34
5.5 Flomveg kartlegging.....	35
5.6 Rensing av overvann.....	36
6. Aktuelle overvannstiltak for området.....	38
6.1 Blågrønne løsninger.....	38
6.1.1 Grønne tak.....	38
6.1.2 Regnbed.....	41
6.1.3 Grøft.....	42
6.1.4 Regnhøsting for vanning.....	44
6.1.5 Åpne bekker.....	45
6.2 Permeable løsninger.....	45
6.3 Tiltak for rensing.....	46

6.3.1 Begrensinger.....	46
6.3.2 Grøft	46
6.3.3 Supersandfang	47
6.3.4 Perkolasjonsmagasin	48
6.3.5 First Flush fenomen.....	49
7. Dimensjonering av løsninger.....	49
7.1 Dimensjonerende vannmengder	49
7.1.1 Arealet	50
7.1.2 Avrenningskoeffisient	50
7.1.3 Nedbørintensitet	52
7.1.4 Klimafaktoren.....	53
7.1.5 Dimensjonerende avrenning	54
7.1.6 Dagens avrenning	54
7.1.7 Sammenligning mellom dagens og fremtidig avrenning.....	55
7.2 Eksempel dimensjonering av sandfang	55
7.2.1 Drøfting beregning	57
7.3 Dimensjonering av overflateareal regnbed.....	58
7.3.1 Eksempel dimensjonering	58
7.4 Dimensjonering av overvannsledning	60
8. Drøfting	61
9. Konklusjon	65
10. Forslag til videre arbeid.....	67
11. Kildeliste	68
12. Vedlegg	75
Vedlegg 1: Supersandfang fra Miljø fluid teknikk.....	75
Vedlegg 2: Anbefalte konsentrasjonsnivåer for fremtidige beregninger.....	75
Vedlegg 3: Colebrooks diagram.....	76

Vedlegg 4: Tabell 403.2 fra N200.....	77
Vedlegg 5: Tabell til å klassifisere rensing fra Bergen kommune.....	77
Vedlegg 6: Excel-fil med beregninger for avrenning.....	77
Vedlegg 7: Excel-fil med beregninger for dimensjonering av regnbed	77

IV. Lister

Figurliste

Figur 1: Tre dimensjoner for bærekraft. Kilde: Norsk Vann [8]	13
Figur 2: Oversiktsbilde over området. Kilde: Bergenskart.no [10]	14
Figur 3: Oversikt over vegstrekning. Kilde: norgeskart.no. [11]	15
Figur 4: Oversikt over type berggrunn for planområde. Kilde: NGU [14]	17
Figur 5: Illustrasjonsbilde Wergeland sentrum. Kilde: Planbeskrivelse områderegeringsplan Wergeland sentrum [19].....	18
Figur 6: Illustrasjon treleddstrategien.....	25
Figur 7: Trinn en treleddstrategien, infiltrasjon. Kilde:PNGfuel [73].....	26
Figur 8: Trinn en treleddstrategien, infiltrasjon. Kilde: Statens vegvesen [30].....	26
Figur 9: Blågrønn overvannshåndtering. Kilde: NOU [5].....	27
Figur 10: Konvensjonelt overvannssystem. Kilde: NOU [5]	27
Figur 11: Eksisterende ledningsnett i området. Kilde: Data fra Rambøll	31
Figur 12: Nedbørsfeltets totale areal ved utløp i bunn av planområdet. Kilde: Scalgo.....	32
Figur 13: Nedbørsfeltets areal ved utløp der Storetveitvegen møter Minde allè. Kilde: Scalgo.....	32
Figur 14: Avrenningslinjer for dagens situasjon. Kilde: Scalgo	33
Figur 15: Flomutsatte områder. Kilde: Scalgo	34
Figur 16: Avrenningsmøster ny veg. Kilde: Scalgo	34
Figur 17: Kartlegging flomveg. Kilde: Bergen kommune [76].....	35
Figur 18: Vegstrekning med høyest ÅDT i området. Kilde: Vegkart fra Statens vegvesen [24].....	36

Figur 19: Oppbyggingsskisse grønne tak. Kilde: NGU [41]	39
Figur 20: Oppbygging av regnbed. Kilde: Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold [44]	41
Figur 21: Illustrasjon lukket drenering. Kilde: Statens vegvesen [30]	43
Figur 22: Grøftetverrsnitt, Kilde: Wavin [74]	43
Figur 23: Illustrasjon åpen drenering. Kilde: Statens vegvesen. [30].....	44
Figur 24: Regnhøsting prinsippskisse. Kilde NVE [44].....	44
Figur 25: Illustrasjonsbilde av permeable dekker kombinert med tette dekker. Kilde: Byggutengrenser.no [48]	45
Figur 26: Nedbørsfelt Kilde: Scalgo.....	50
Figur 27: Vegtrasé Kilde: norgeskart.no [11].....	50
Figur 28: Terrengprofil vegtrasé Kilde:norgeskart.no [11].....	51
Figur 29: IVF- kurve for Sandsli. Konsentrasjonstid 8 minutter og gjentakintervall 25 og 50 år. Kilde: Norsk klimaservicesenter [12].....	53
Figur 30: Dagens og fremtidig avrenning	55
Figur 31: Nedbørsfelt for beregning av eksempel regnbed. Kilde: Scalgo	59
Figur 32: IVF-kurve for Sandsli med nedbørsmengde i mm. Varighet 20 minutter og gjentakintervall 25 og 50 år. Kilde: Norsk klimaservicesenter [12].....	59
Figur 33: Flytdiagram for tenkt situasjon	66
Figur 34: Endret avrenning i Fageråsveien. Kilde: Scalgo.....	67
Figur 35: Nedbørsfelt ved endret avrenning. Kilde: Scalgo	67

Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over arbeidsmetodikk for ulike temaer.....	20
Tabell 2: Klassifisere forurensningsstoffer i overvann, Kilde: Bergen kommune [33].....	37
Tabell 3: Klassifisere forurensingsgrad av overvann. Kilde: Bergen kommune [33]	37
Tabell 4: Avrenningskoeffisienter fra Bergen kommunes retningslinjer for overvannshåndtering Kilde: Bergen kommune [33].....	51

Tabell 5: Dimensjonende gjentakintervall. Kilde: Bergen kommune [33].....	52
Tabell 6: TSS parameter. Kilde: Veileder forurensing i overvann [4]	56
Tabell 7: Parametre for dimensjonering	56
Tabell 8: Forklaring til regnbed formel [44]	58

V. Sentrale begreper

<i>Ord</i>	Definisjon
<i>Detensjon</i>	Oppholdelse av vann, forsinket/fordrøyer avrenning.
<i>Ekstremvær</i>	Ekstremvær er vær som medfører fare for liv og verdier [1].
<i>Erosjon</i>	Nedsliting av landoverflaten grunnet rennende vann.
<i>Eutrofiering</i>	Økt tilføring av næringssalter som fører til algeproduksjon.
<i>Evapotranspirasjon</i>	«[...] fordampning fra jord og transpirasjon fra vegetasjon» [2].
<i>Fellessystem</i>	Avløpssystem der spillvann og overvann renner i samme rør.
<i>Flomtopp</i>	Maksimal vannføring i løpet av en flom.
<i>Flomveger</i>	Et avrenningssystem på overflaten som leder overvann bort uten å gjøre skade på infrastruktur eller bygg, dersom det ordinære ledningsnett er overbelastet, tett eller ødelagt [3].
<i>Gjentaksintervall</i>	Hvor ofte en bestemt nedbørshendelse inntreffer basert på målinger over mange år.
<i>Infiltrasjon</i>	Vann fra jordoverflaten som trekker ned i grunnen.
<i>Nedbørsfelt</i>	Avgrenset område med en felles avrenning til et gitt punkt.
<i>Overvann</i>	Regn- og smeltevann som renner på jordens overflate.

<i>Resipient</i>	Felles betegnelse på bekk, elv, innsjø eller annen vannkilde som er mottaker av vann.
<i>Retensjon</i>	Tilbakeholdelse av vann, hindrer avrenning.
<i>Separatsystem</i>	Avløpssystem der spillvann og overvann renner i ulike rør.
<i>Spillvann</i>	Felles betegnelse på vann som kommer fra husholdning, skoler, hoteller, industri, sykehus o.l. Dette er vann som må gå til renseanlegg før det slippes ut i resipient.
<i>Tette flater</i>	Flater som i liten eller ingen grad infiltrerer.
<i>TSS</i>	Totalt suspendert stoff [4].
<i>VA</i>	Vann og avløp.
<i>ÅDT</i>	Årsdøgntrafikk – Gjennomsnittlig antall biler som passer gjennom et punkt på vegen i løpet av et døgn basert på registrering gjennom året.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Klimaendringer kombinert med samfunnsutvikling og befolkningsvekst medfører økt intensitet i avrenning av overflatevann. Regjeringen forventer at kostnader knyttet til skader på infrastruktur, helse og miljø vil følge økt intensitet i overflateavrenning dersom det ikke gjøres forebyggende tiltak [5]. NRK kunne i september 2019 melde om at skader som følge av styrtregn har økt med 800% siden 90-tallet [6]. For å møte en økende befolkningsvekst og et klima i endring, kreves det en bærekraftig tankegang.

I lys av dette har Bergen kommune adressert utfordringer knyttet til overvann. De forventer økte nedbørsmengder både i intensitet og mengde, og har som mål å avslutte byspredningen som har preget byutviklingen i Bergen de siste tiårene. I fremtiden skal Bergen fortettes i de sentrumsnære områdene. I kommuneplanens arealdel for Bergen kommune fra 2018 har man definert totalt 33 sentrumssoner, soner som kjennetegnes av gode forbindelser med offentlig transport, gode muligheter for utvikling, et bra tilbud for myke trafikanter og et bredt utvalg av forskjellige tjenester og næringer [7]. Det er i sentrumssonene en hovedsakelig ønsker at fremtidens Bergen skal utvikles, og her ønskes det bygging av nye boliger og arbeidsplasser med høy tetthet. Bybanen har vært og er en viktig satsning for Bergen kommune i denne utviklingen, og en ønsker fortetting langs traseen.

Utgangspunktet for oppgaven er en prosjektert sykkelveg med fortau, og ble tildelt av samarbeidsbedrift Rambøll. Sykkelvegen med fortau skjærer gjennom Wergeland som er en av kommunens definerte sentrumssoner. Allerede ferdigstilte og planlagte tiltak, som Wergeland terrasse og utbygging langs vegstrekningen, tyder på fortetting som vil medføre økt andel tette flater. Stadig strengere krav til riktig håndtering av overvannet i form av infiltrasjon, fordrøyning, rensing og trygg bortledning gjør overvannshåndteringen i det urbane bybildet til en utfordring som danner grunnlaget for denne oppgaven [3].

1.2 Problemstilling

Opgaven handler om å håndtere overvann på Wergeland ved en forventet fortetting. Målet er å sikre at løsningene har tilstrekkelig kapasitet og i størst mulig grad oppfyller ønsket om bærekraftighet i VA- bransjen.

Strategi for bærekraft i VA- bransjen ble i 2014 introdusert i Norsk Vann sin rapport 205. De bruker de tre sentrale dimensjonene for bærekraft; sosiale forhold, økonomi og miljø og klima. Norsk vann knytter disse dimensjonene til VA bransjen slik:

Økonomisk bærekraft – «bærekraftig ressursbruk, herunder kostnadseffektive løsninger»

Sosial bærekraft – «bærekraftige VA-tjenester for brukerne»

Miljømessig bærekraft – «forvaltning og utvikling innenfor naturens tålegrenser» [8]



Figur 1: Tre dimensjoner for bærekraft. Kilde: Norsk Vann [8]

Overvannet i oppgavens område håndteres i dag i stor grad av konvensjonelle løsninger, her ved felles avløpsledning. Klimaendringer og forventet fortetting medfører økt belastning på avløpsnett, som ikke alltid er dimensjonert for å håndtere denne økningen i nedbør [9]. Overbelastning av felles avløpssystem fører til uønskede utslipp av forurensninger og oversvømmelser med stort skadepotensiale [9].

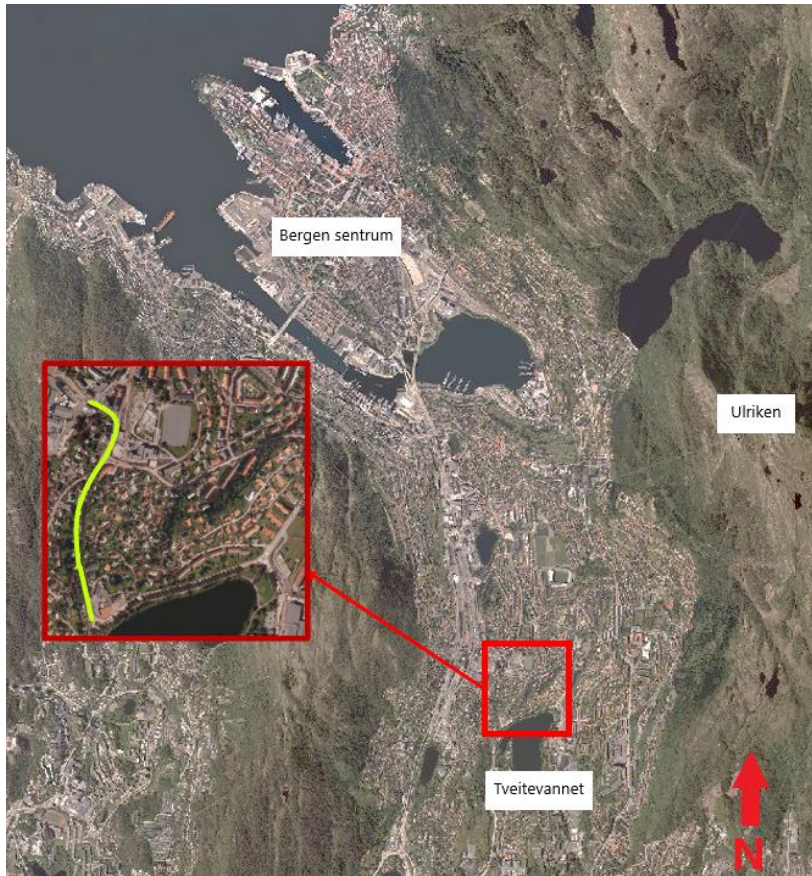
På bakgrunn av dette har vi kommet fram til følgende problemstilling:

Hvordan håndtere framtidens overvannsmengder på en trygg og bærekraftig måte ved fortetting av Wergeland?

2. Planområdet

2.1 Introduksjon av området

2.1.1 Oppgavens område og avgrensninger



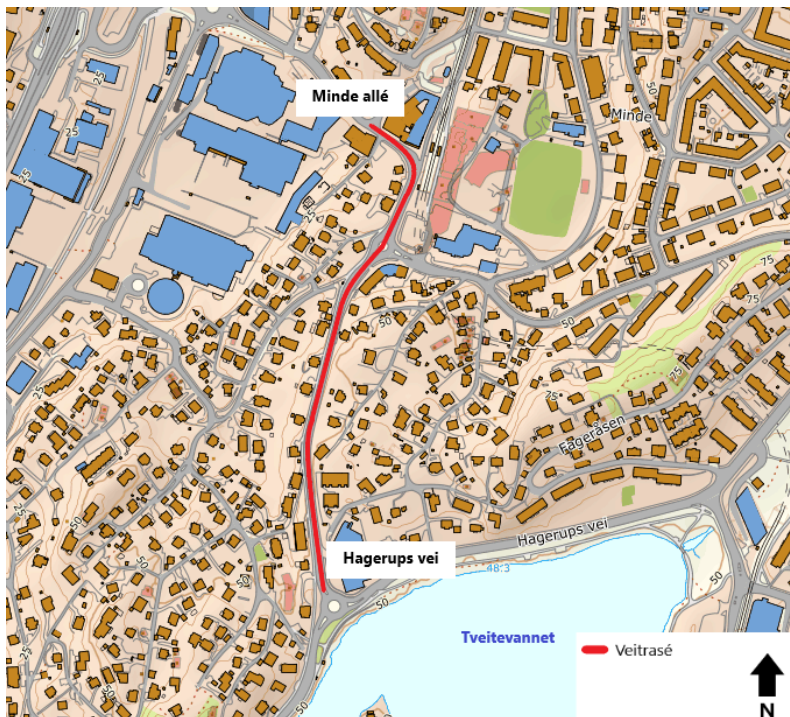
Figur 2: Oversiktsbilde over området. Kilde: Bergenskart.no [10]

Utgangspunktet for oppgaven er prosjektert ny sykkelveg med fortau fra Hagerups vei til Mindemyren, en strekning på cirka 600 meter i Årstad bydel, vist med gult i figur 2. Strekningen går fra rundkjøringen ved Hagerups vei nordvest for Tveitevannet, via Storetveitvegen og Minde allé til Mindemyren. Det er ikke tilrettelagt med egen sykkelveg langs strekningen i dag, og det skal derfor bygges ny sykkelveg med fortau langs hele vegstrekningen.

Oppgaven er avgrenset til å kun handle om VA- relevante utfordringer som følge av ny sykkelveg prosjektert av Rambøll og planlagt fortetting i området. Fokuset er i hovedsak på håndtering av økte overvannsmengder i nedbørsfeltet vegen er tilknyttet. Kostnadsanalyser ved implementering av eventuelle tiltak vil ikke bli tatt med i denne oppgaven.

2.1.2 Topografiske og klimatiske forhold

Planområdet er et kupert område som har fall mot Mindemyren. Høyeste punkt i planområdet er ved rundkjøring der Hagerups vei møter Storetveitvegen og ligger på kote +54. Laveste punkt ligger på kote +26 på Minde allé. Utover dette ligger området plassert sentralt i kystnære Bergen, med store topografiske variasjoner som kan føre til større lokale variasjoner i nedbørsmengde og intensitet.



Figur 3: Oversikt over vegstrekning. Kilde: norgeskart.no. [11]

Nærmeste offisielle målestasjon for avlesning av IVF-kurver er ved Florida i Bergen sentrum. Denne er det imidlertid bare registrert nedbørintensitet for i 13 sesonger [12]. I oppgaven er derfor målestasjon på Sandsli sør for planområdet benyttet, hvor det er registrert nedbørintensitet i 33 sesonger, selv om den ligger lenger unna [12]. Normalnedbør i Bergen er 2398,8 mm årlig [13].

2.1.3 Grunnforhold og infiltrasjonsevne

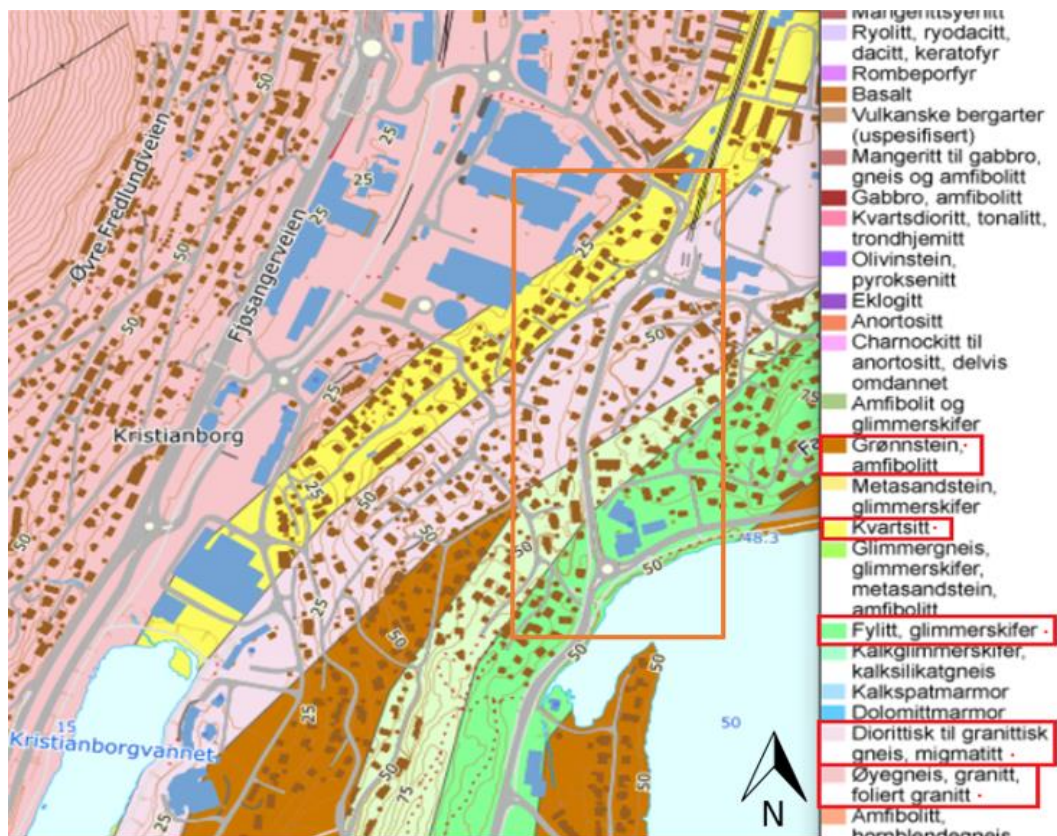
Løsninger for håndtering av overvann som baserer seg på infiltrasjon til grunn, er avhengig av grunnforhold i området og grunnens infiltrasjonsevne. Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) har database med kart som beskriver hvilke grunnforhold i form av berg, løsmasser og eventuell infiltrasjonsevne området har, samt et kart som beskriver offentlig tilgjengelige

grunnundersøkelser [14]. Oppgavens område ligger kategorisert som «fyllmasser» i løsmassekartet, og infiltrasjonsevnen er kategorisert som «ikke klassifisert». Videre undersøkelser om tilgjengelig informasjon angående grunnforhold må derfor utføres for å kunne si noe om infiltrasjonsevnen.

Nærmeste offentlig tilgjengelige grunnundersøkelser er gjort av Sweco i forbindelse med utbygging av bybanen og ligger tilgjengelig på NGU sin database. De undersøkte da grunnforholdene i området nord og sør for rundkjøringen i Kanalveien. Her er det tatt flere prøver som varierer i dybde 2-5 meter. Undersøkelsene viser at de øverste meterne består av varierende av torv, sandlag og fyllmasser [15]. Grunnvannstand er kun nevnt som høy i en generell kommentar som gjelder for hele området Mindemyren hvor bybanestrekningen skal gå. Dette kan sees i sammenheng med beskrivelse av Fjøsangervassdraget i kapittel 5.4, der det framgår at området ble senket ved å legge vann i rør under bakken på 1950-tallet.

Utover offentlig tilgjengelige grunnundersøkelser er grunnforholdene i området også beskrevet i reguleringsplan for Nyhaugveien, som ligger like vest for Storetveitvegen. Undersøkelser i form av fjellkontrollboringer viser at dybden der varierer med 1-5 meter ned til berg, og at massene over berg består av sand og silt. I reguleringsplanen antas det at massene har relativ god infiltrasjonsevne [16]. Her er grunnvannstand ikke kommentert.

NGUs database tar for seg forhold som gjelder berg. Bergtyper varierer gjennom området, vist i figur 4.



Figur 4: Oversikt over type berggrunn for planområde. Kilde: NGU [14]

Med bakgrunn i den informasjon som foreligger om grunnforhold for nærliggende områder, er det rimelig å anta at grunnforhold som gjelder for oppgavens planområde også vil være av tilsvarende art. Sand, torv og fyllmasser er grunnforhold som tilsier at infiltrering er mulig. Jordarten silt kan derimot falle inn under kategorien «tett jordart» dersom kornstørrelsen er fin/middels, som da tilsier en dårlig infiltrasjonsevne (vannledningsevne under 0.5 meter per døgn) [17]. Ettersom grunnvannstanden er rapportert som høy og tilgjengelig informasjon melder om silt i grunn, er det vanskelig å fastslå god infiltrasjonsevne for planområdet generelt. Avstand fra terreng til berg er en annen usikker faktor med betydning for grunnens kapasitet og evne til å infiltrere. Det kan påregnes noe infiltrasjon i området.

2.2 Urbanisering av området

Sykkelvegen er planlagt gjennom et område som særlig det siste tiåret har blitt stadig mer urbant, og hvor det også er forventet en økende urbanisering fremover. Nærhet til bybanestopp, gode gå- og sykkelmuligheter og mange arbeidsplasser gjør dette til et attraktivt boligområde.

2.2.1 KPA 2018

Det er i sentrumssonene definert i KPA 2018 en hovedsakelig ønske at fremtidens Bergen skal utvikles, og her ønskes det bygging av nye boliger og arbeidsplasser med høy tetthet [7]. Sentrumssonene består av arealformålene sentrumskerne og byfortettingssone. I planbeskrivelsen av KPA 2018 heter det at «byfortettingssonene skal romme tette og varierte boligområder med innslag av næring som ikke er til ulempe for bomiljøene» og det foreslås en høyere tetthet enn dagens situasjon tilsier [7]. Prosjektet sykkelveg skjærer gjennom sentrumskjernen S20 Wergeland, og har i tillegg nærhet og gode forbindelser til sentrumskjernene S18 Kronstad (nord), S19 Kanalvegen (nordvest) og S22 Kristianborg (sørvest) med tilhørende byfortettingssoner [18]. Basert på kommunens mål om fortetting og bestemmelser til sentrumssonene, er det gode grunner til å anta en transformasjon og urbanisering av oppgavens planområde. Eiendommenes verdi vil øke, og utbyggere vil ønske en mest mulig arealeffektiv og økonomisk lønnsom utnyttning av eiendommene i området. Det er derfor sannsynlig at deler av det som i dag er eiendommer med en- og tomannsboliger med private hager, vil erstattes av boliger av typen blokk med felles utearealer. Med en slik utvikling vil det være fordelaktig med en overordnet plan som sikrer felles forståelse for gode løsninger knyttet til overvann.

2.2.2 Områderegulering Wergeland



Figur 5: Illustrasjonsbilde Wergeland sentrum. Kilde: Planbeskrivelse områderegulering Wergeland sentrum [19]

Områdereguleringsplanen Wergeland sentrum ble i 2013 vedtatt for å «[...] sikre en helhetlig utvikling [...]» av området [19]. I planbeskrivelsen ytrer kommunen en forventning om en rekke private initiativ til fortetting rundt bybanestoppet på Wergeland. I områdeplanen kommer det tydelig frem at kommunen ønsker urbanisering og fortetting i området rundt bybanestoppet velkomment, da særlig for å hindre byspredning. Det beskrives hvordan en ønsket økning av arealutnyttelsen ikke kan realiseres om ikke bygningsstrukturen i området forandres fra villaer. I planen vektlegges behovet for å sikre gode felles kvaliteter, tverrforbindelser og offentlige rom i forbindelse med fortettingen. Wergeland terrasse og

utbyggingen av Fanahallkvartalet er eksempler på allerede ferdigstilte prosjekter i området som har bidratt til fortetting [20] [21]. Videre ligger det forslag til regulering av blokkbebyggelse langs Storetveitvegen der 160 nye boenheter er planlagt å erstatte eneboligene i området i dag [16].

3. Metode

3.1 Innledning

Som metodevalg skilles det mellom kvantitativ og kvalitativ metode. Med en kvantitativ metode bruker man absolutte data, for eksempel til å utføre beregninger for å komme frem til en løsning på et problem [22]. I en kvalitativ metode vurderes og brukes beskrivende tekster og empiri til å finne svar på en problemstilling [23]. I denne oppgaven er både kvantitative og kvalitative data benyttet, og metoden er dermed en blanding av kvalitativ og kvantitativ. Overvannshåndtering er komplekst og forskjellig fra sted til sted. Kvantitative data om et overvannstiltaks kapasitet må derfor suppleres med kvalitative data som beskriver hvordan tiltaket fungerer i samspill med omgivelser, for å kunne vurdere om tiltaket vil fungere på stedet.

For å svare på problemstillingen har det vært jobbet på følgende måte:

Steg	Arbeid	Type data/ metode
1	Innsamling av generell overvannsteori	Kvalitativ
2	Kartlegging av planområde	Kvantitativ og kvalitativ
3	Innsamling av overvannsteori tilpasset planområdet	Kvantitativ og kvalitativ
4	Innhenting av nødvendige data til beregninger	Kvantitativ

5	Dimensjonering av tiltak	Kvantitativ
6	Vurdering av foreslåtte tiltak	Kvantitativ og kvalitativ

Tabell 1: Oversikt over arbeidsmetodikk for ulike temaer

Med denne metoden er oppgaven bygget på et solid fundament, der forankring i faglig og relevant kunnskap er sikret. Kunnskapsgrunnlaget er bygget på empiri, erfaringer fra andre relevante prosjekter og egne data innhentet spesielt for oppgavens planområde.

3.2 Belyse relevant teori

I arbeidet med å presentere teori har vi jobbet systematisk for å sikre at oppgaven innehar god faglig integritet. For å sikre det har vi så langt det har latt seg gjøre arbeidet med kilder fra offentlige eller andre anerkjente institusjoner og kryssjekkert informasjon. I innsamlingen av kunnskap og empiri har det vært naturlig å benytte seg av sekundærdata om temaene etter prosjektets formål og tilgjengelige ressurser.

I denne sammenheng er det benyttet lærebøker, håndbøker, rapporter, retningslinjer og studier. Statens vegvesen og Bergen kommune sine håndbøker, rapporter og retningslinjer har lagt føringer for hva som har vært aktuelt å belyse. Videre er disse temaene undersøkt nærmere ved bruk av andre kilder, for mer utdypende informasjon. Teori i oppgaven omhandler overvannshåndtering, en sentral del av faget Vannteknikk, og her er lærebok fra Norsk Vann benyttet.

Deretter er studier og erfaringstall benyttet for å se effekter og erfaringer av løsninger. I størst mulig grad er det her og benyttet studier som er gjort av eller på vegne av anerkjente institusjoner. Her kan rapporter fra Statens vegvesen, miljødirektoratet, NVE, VA - miljøblader og Norsk Vann trekkes fram som de mest anvendte kildene.

Under arbeidet med å kartlegge teori har gruppen gjentatte ganger fått inntrykk av at fokus på lokal overvannshåndtering i urbane strøk er noe som har utviklet seg mye i senere tid. I takt med endrete strategier i form av fortetting i byområder, økt kunnskap om hva klimaendringene fører med seg og et bærekraftig syn på håndtering av vann, er overvannshåndtering noe som

fortsatt i stor grad er under kartlegging. I lys av dette har vi etterstrebet å benytte oss av faglitteratur og studier med nyere publiseringsdato.

I de tilfeller der vi ikke har funnet tilstrekkelig informasjon i de mest anvendte kildene har det vært nødvendig å benytte seg av kilder med en noe lavere integritet. Dette har vært gjort fordi flere av løsningene innenfor lokal overvannshåndtering fremdeles er under utredning i Norge, samt at løsninger må tilpasses spesifikke områder. Dermed kan tilgangen på informasjon fra anerkjente institusjoner som støtter opp under visse tiltak være dårlig. I disse tilfellene er tilgjengelig informasjon kryssjekket og drøftet med veileder og ressurspersoner fra henholdsvis Høgskulen og Rambøll for å kunne benyttes med størst mulig sikkerhet i oppgaven.

3.3 Data

Under beregninger og klassifiseringer har vi hentet inn nødvendig data fra forskjellige offentlig tilgjengelige databaser. Vi har også her vektlagt å bruke databaser og karttjenester fra offentlig styrte institusjoner ettersom dette er retningsgivende for dimensjonering og klassifisering.

Filer for prosjektert sykkelveg med fortau har blitt tilsendt av Rambøll. Filene er importert og behandlet i Novapoint for å kunne benyttes til analyser i Scalgo.

Ulike databaser har blitt benyttet for å finne informasjon til bruk i beregninger/klassifiseringer;

- *Norsk klimaservicesenter*: Nedbørsdata, IVF kurver, returperioder [12].
- *Statens vegvesen Vegkart*: Trafikkmengde (Inneholder data under norsk lisens for offentlige data (NLOD) tilgjengeliggjort av Statens vegvesen) [24]
- *Norges geologiske undersøkelse (NGU)*: Informasjon om grunnforhold og nærmeste grunnundersøkelser [14].
- *Bergenskart*: For informasjon om avstander og planarkiv [10].
- *Arealplaner*: Oppslagsverktøy til å finne gjeldende og foreslåtte planer for området [25].

3.3.1 Dataverktøy

For å gjøre mer nøyaktige beregninger og analysere avrenningsmønster, og dermed kunne gi et presist svar på problemstillingen, har det blitt benyttet ulike dataverktøy.

Novapoint 21.10

Vi har benyttet oss av dataprogrammet Novapoint fra utgiver Trimble, for å framstille prosjektert vei med tilhørende sykkelveg med fortau til et filformat som videre i oppgaven brukes i dataprogrammet Scalgo til å simulere avrenning. Dermed danner Novapoint grunnlaget som vi bruker for å tilegne oss informasjon om avrenningsmønsteret. Novapoint var det naturlige valget for denne oppgaven ettersom programmet ble brukt i undervisning for gruppemedlemmene ved tidligere semester under utdannelsen. Novapoint er også dataverktøyet Rambøll benytter seg av for å prosjektere veger, og de kunne dermed bistå gruppen.

Scalgo Live

Til å simulere avrenning og definere nedbørsfelt har vi benyttet oss av programmet Scalgo. Scalgo er et simuleringsprogram for avrenning som i utgangspunktet tar i bruk kartdata og simulerer avrenning på bakgrunn av terrengets utforming. Dette lar oss få oppgitt og framstilt nedbørsfeltets areal i et valgt punkt på avrenningslinjer i området. Programmet lar oss benytte data fra Novapoint der en kan få simuleringer basert på det en har prosjektert i Novapoint. Basert på avrenning gir programmet informasjon om flomutsatte områder. I Scalgo kan man også gjøre enkle modifiseringer av terrenget og se hvilken påvirkning det har på avrenningsmønsteret. Ingen av gruppemedlemmene hadde tidligere erfaring med Scalgo.

Bergenskart og arealplaner.no

Dette er nettbaserte tjenester som i oppgaven er brukt til å undersøke kommunens egne områdeplaner, kommunedelplaner og arealplaner, for å se hvilke føringer myndighetene legger for urbanisering, fortetting og endring av bebyggelse i området. Tjenestene er også brukt til å sjekke mindre reguleringsplaner med tilhørende VA-rammeplaner, for å se hvilke undersøkelser, vurderinger og valg andre har gjort i forbindelse med lignende prosjekter i nærliggende og relevante områder.

3.4 Tiltak og beregninger for dimensjonering

For å undersøke hvilke tiltak som kan implementeres for håndteringen av overvannet i området har vi valgt å se på blågrønne løsninger og andre overvannstiltak. Dette er løsninger som kommunene retter stort fokus på, for å kunne utnytte overvannet og samtidig avlaste det

eksisterende ledningsnett. I takt med fortetting og klimaforandringer har blågrønne overvannsløsninger blitt stadig mer aktuelle, men godt dokumenterte effekter av slike løsninger under norske forhold kan være utfordrende å finne. Dette er et usikkerhetsmoment med oppgaven, men vår oppfatning er at våre valgte løsninger blir hyppigere brukt slik at det vil komme frem en bredere kunnskap om dette feltet på sikt.

Innhenting av overordnet informasjon om blågrønne løsninger er hovedsakelig hentet fra Statens vegvesen sine lærebøker, ulike veiledere og studier fra offentlige institusjoner og VA-blader fra miljøblad.no. Informasjonen er brukt til å finne ut hvilke løsninger som passer for planområdet oppgaven tar for seg. De aktuelle tiltakene er videre vurdert nærmere med utgangspunkt i studier og rapporter tilknyttet relevante VA-planer.

3.4.1 Rasjonelle formel

Den rasjonelle formel brukes til å beregne overvannsavrenning i et nedbørsfelt. Den rasjonelle formel skrives på følgende måte:

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

Q er overvannsavrenningen (l/s) i området denne beregnes for. φ er avrenningskoeffisienten, som er uttrykk for hvor mye av den totale nedbørsmengden som renner av på overflaten. Økt fortetting gjør at avrenningen og φ øker. A er arealet for området Q beregnes for, oppgitt i hektar (ha). I er nedbørsintensiteten, gitt i liter per sekund hektar (l/s*ha), og finnes ved bruk av nedbørsdata for det aktuelle området, i denne oppgaven ved hjelp av IVF-kurver (intensitet, varighet og frekvens) [26].

Klimaendringer fører til økte nedbørsmengder og hyppigere gjentakintervall mellom de største nedbørshendelsene. Derfor brukes også en klimafaktor K_f ved bruk av den rasjonelle formelen når avrenning for en fremtidig situasjon skal bestemmes. Klimafaktoren benyttes for å sikre at fremtidige klimaendringer tas høyde for ved beregning av overvannsavrenning og dimensjonering av overvannsanlegg [27].

Med klimafaktoren blir den rasjonelle formel følgende:

$$Q = \varphi * A * I * K_f.$$

Den rasjonelle formelen gir et overslag over den totale overvannsavrenningen og ikke en eksakt størrelse på avrenningen. Til det er usikkerhetene ved parameterne for mange. Jo større områdets areal (A) er, desto mindre kan beregnet Q vektlegges. For områder større enn 20-50 hektar anbefales det å bruke dataprogrammer, som gjør avanserte beregninger basert på et langt større datagrunnlag [26].

3.5 Utbruddet av koronaviruset (Sars cov -2) våren 2020

Utbruddet av koronaviruset har fått store konsekvenser for arbeidet med oppgaven. Gruppen skulle i utgangspunktet sitte samlet og arbeide med oppgaven ved Rambølls lokaler i Fyllingsdalen fra begynnelsen av mars. Dette har naturligvis ikke vært mulig, da Rambøll på samme tid stengte kontorene og begynte å praktisere hjemmekontor for sine ansatte. Tilgang til rådgivere og veiledere har derfor vært langt mer begrenset enn hva som var planlagt, selv om veiledere har vært hjelpelige per e-post og telefon. Særlig problematisk har dette vært i forbindelse med analyser av tiltak og data. Det er utført noen analyser i Scalgo, men mulighetene i programmet er begrenset og større dataanalyser med annen programvare har ikke vært mulig fordi gruppens medlemmer har manglet kunnskaper, lisenser og datakapasitet på sine bærbare pc-er til å bruke disse.

Det har også vist seg å være svært vanskelig å få svar på forespørsler til eksterne bedrifter og offentlige etater vedrørende undersøkelser, analyser og prosjektering utført av dem. Manglende respons har gjort at en del vurderinger og tolkninger av data i denne oppgaven ikke er blitt verifisert av dem som har publisert dataene.

Utgangspunktet for oppgaven var å benytte seg av mest mulig kvantitative data. På bakgrunn av overstående har dette vært vanskelig å få til. Det er derfor benyttet flere kvalitative data enn hva som opprinnelig var tenkt i arbeidet med oppgaven.

Koronaviruset har lagt vesentlige begrensninger på oppgavens omfang. Innsamling av data, behandling av data, tolkning av data og resultat er alle deler av arbeidsmetoden som er påvirket av dette.

4. Overordnede prinsipper for overvannshåndtering

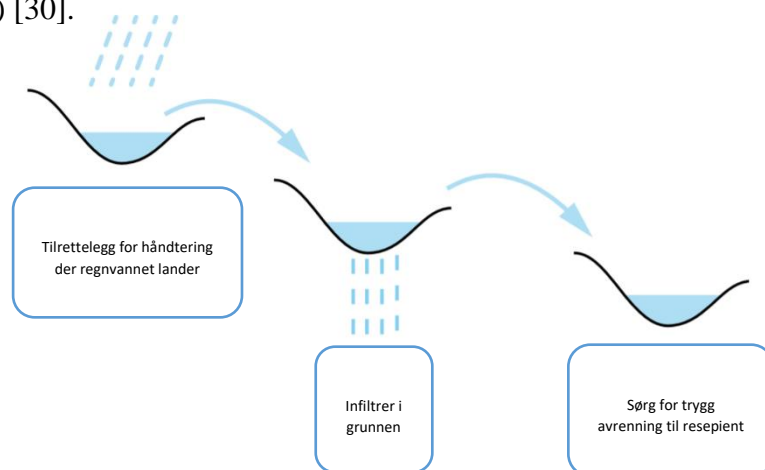
4.1 Overvann

Overvann regnes som alt regn og smeltevann som renner på jordens overflate. Tidligere har disse flatene bestått hovedsakelig av naturområder som utnytter dette vannet som en ressurs. Med tiden er byene blitt stadig større. Dette har ført til flere tette flater, som asfalterte veier og bebygde områder med dårligere infiltrasjonsevne enn den naturlige overflaten. Kombinert med større nedbørsmengder vil dette føre til at avrenningen øker kraftig og risikoen for eventuelle ødeleggelser er stor [28]. Gode løsninger for håndtering av overvann er derfor svært viktig i tettbebygde og flomutsatte strøk.

4.2 Lokal overvannshåndtering

Lokal overvannshåndtering omhandler nødvendige tiltak for å samle opp og håndtere regn og smeltevann der det faller, samt lede vannet sikkert forbi bebygde områder ved større regnskyll. Å planlegge for dette krever mye ressurser i planfasen. Det er mange hensyn som må tas i planleggingsfasen for å sikre at overvannet blir trygt håndtert. Tiltakene er svært viktige for å sikre mot ødeleggelser og skader. Samtidig er det viktig å ivareta vannet slik at det kan utnyttes som den ressursen det er. Håndteringen må dimensjoneres for riktig nedbørsmengde, nedbørintensitet og hyppighet av nedbørshendelsene [29].

For å opparbeide en helhetlig plan for lokal håndtering av overvannet har man kommet frem til en strategi, *treleddstrategien*, som definerer et overordnet prinsipp over hvordan overvannet skal håndteres på best mulig måte. Den går ut på å infiltrere (1), fordrøye (2) og lede vannet trygt videre (3) [30].

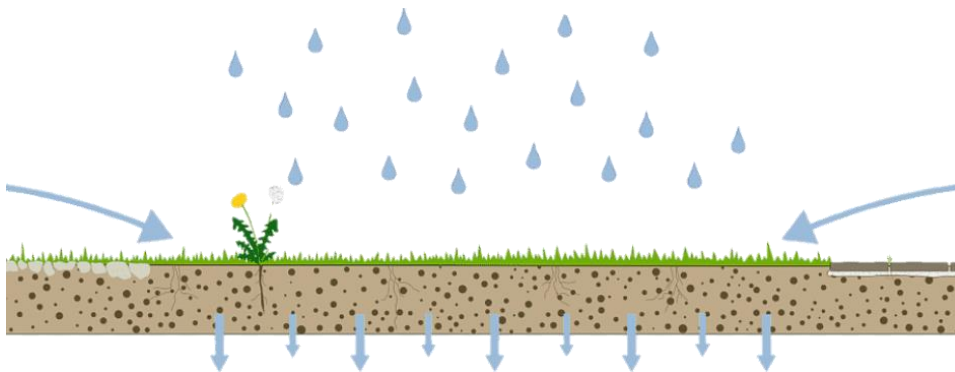


Figur 6: Illustrasjon treleddstrategien

4.2.1 Treleddstrategien

1. Infiltrasjon

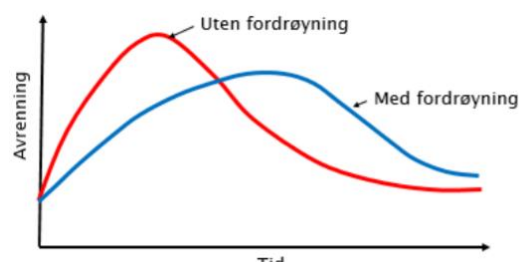
Jorden har en naturlig evne til å suge til seg vann. Dette kalles infiltrasjon. Det går ut på at vannet trekker ned og inn i grunnen og videre utnyttes av gress, planter og annen vegetasjon. Vann er en nødvendig del av planters fotosyntese og det bør derfor søkes løsninger som opprettholder vannets naturlige kretsløp. Byer bør planlegges med grønne arealer slik at normale nedbørshendelser kan infiltreres ned i grunnen [30].



Figur 7: Trinn en treleddstrategien, infiltrasjon. Kilde:PNGfuel [73]

2. Fordrøyning

Dager med mye regnvær forekommer stadig hyppigere. Det bør derfor planlegges områder egnet for store opphopninger av vann slik at vannet kan forsinkes i avrenningsprosessen, der arealer tillater dette. Ved å samle opp vannet i kunstige basseng, eller naturlige lavpunkt vil man kunne redusere flomtoppene som illustrert i figur 8. Disse fordrøyningsarealene kan også utformes slik at det øker kvaliteten og det estetiske uttrykket til området [30].



Figur 8: Trinn en treleddstrategien, infiltrasjon. Kilde: Statens vegvesen [30]

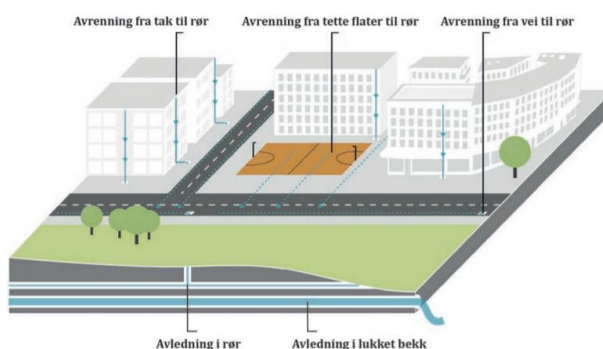
3. Tygg avledning

Ved dager med ekstremt regnvær vil ikke ledd 1 og 2 være tilstrekkelig for håndtering av overvann. Det er derfor viktig å planlegge traséer hvor vannet trygt kan renne. Dette kan være i form av flomveger på veier med ekstra høye fortauskanter, eller åpne bekker. Dette vannet må ledes til egnede steder. Enten ut i sjø, innsjøer, elver eller naturlige bekker med stor nok kapasitet. Er det ikke tilgang til slike egnede steder vil det være nødvendig å opparbeide alternative oversvømmelsesarealer. Gode løsninger på disse oversvømmelsesarealene er viktige, og kan gjerne ha flere bruksområder enn utelukkende oversvømmelsesarealer [30]. Dette kan eksempelvis være områder for lek og rekreasjon som skateparker, basketballbaner og lignende.

4.2.2 Overvannshåndtering i tettbebygde strøk

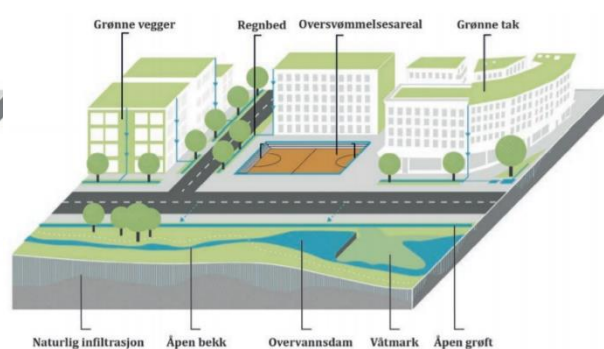
Tettbebygde strøk er i dag preget av reduserte grøntarealer og at overvannshåndtering foregår i lukkede løsninger som rør og bekker lagt under overflaten, såkalt konvensjonell overvannshåndtering som vist på figur 10. Ved økt nedbørsmengde og økte flomhendelser vil disse systemene oppleve en stor påkjenning, og mange overvannssystemer er i dag ikke dimensjonert for denne økte nedbørsmengden. Det er derfor nødvendig at overvannsløsningene i byer moderniseres. Blågrønne løsninger har derfor blitt et økt fokus for overvannshåndtering (figur 9). [5]

Konvensjonelt overvannssystem



Figur 10: Konvensjonelt overvannssystem. Kilde: NOU [5]

Åpen blågrønn overvannshåndtering



Figur 9: Blågrønn overvannshåndtering. Kilde: NOU [5]

4.2.3 Blågrønne løsninger

For å gjenskape naturens egen måte å håndtere overvann i tettbebygde strøk, kan en gjennom blågrønne overvannstiltak håndtere overvann lokalt. Som ordlyden tilsier er dette løsninger som er blå og grønne; herunder åpne vannspeil og vegetasjon som infiltrerer, forsinker og fordrøyer, og som dermed kan sørge for en trygg avrenning til resipient, alt i henhold til treleddstrategien. Blågrønne løsninger har positive effekter utover det som gjelder skadeforebygging som følge av store overvannsmengder. Slike tiltak kan virke positivt i bybildet både for naturmiljø og befolkning, og på denne måten bruker man overvannet som en ressurs [5]. Figur 9 viser en oversikt over ulike blågrønne løsninger i urbane strøk, og vi ser at noen slike løsninger kan være gunstige i områder med lite areal å sette av til overvannsløsninger slik som grønne tak, regnbed og grøfter, mens noen av de er mer arealkrevende, slik som overvannsdammer og våtmark [5].

4.3 Avløpssystemer

I avløpsnettets transporteres overvann i et fellessystem eller i et separatsystem [31]. I et fellessystem føres spillvann og overvann i felles ledning, mens spillvann og overvann håndteres hver for seg i et separatsystem [26]. Man skiller mellom 2- og 1-rørs separatsystem. I et 2-rørs separatsystem består avløpsnettets av to ledninger, én for spillvann og én for overvann. I et 1-rørs separatsystem har man egen ledning for spillvann, mens overvann håndteres lokalt og holdes utenfor avløpsnettets [3].

Historisk har avløpssystemet i Bergen vært utbygget med fellesledninger, men i de senere år er flere av **disse** erstattet av separate ledninger. I dag består byens ledningsnett av om lag 50% fellesledninger og 50% separate spill- og overvannsledninger [32]. Klimaendringer, urbanisering og fortetting fører til økte overvannsmengder, hvilket gjør at belastningen på eldre fellesledninger overskrider ledningenes kapasitet [33]. Dette kan føre til alvorlige hendelser, som oversvømmelser og utslipp av forurenset spill- og overvann [31]. I Bergen kommunes VA-norm heter det at separatsystem skal velges så lenge det er «[...] teknisk/økonomisk mulig [...]» [34]. Å etablere et separatsystem er dyrere enn å anlegge et fellessystem. Kommunen peker imidlertid på fordelene i form av reduksjon av uønskede utslipp av forurenset vann, færre oversvømmelser og redusert fare for overbelastning av avløpsanlegg, når de anbefaler å etablere separatsystem. Ved valg mellom 1- og 2-rørs separatsystem skal man «[...] tilstrebe å separere

overvann fra avløpsledningene ved å etablere 1-rørs separatsystem med lokal overvannshåndtering» [3].

Når avløpsvann, herunder spillvann og overvann, skal transporteres i avløpsnettet, kan det gjøres ved enten selvfall eller pumping. Ved selvfall utnytter man gravitasjonen ved at vannet føres fra et høyereliggende til et lavereliggende punkt. Dersom ledninger ikke kan anlegges med tilstrekkelig selvfall, må rørene trykkes og vannet pumpes for å sikre forflytning [26]. Uavhengig av om avløpssystemet består av felles- eller separatledninger og selvfallsledninger eller trykksatte ledninger, stilles det to overordnede krav til ledningene som inngår i ledningsnettet [26]:

- 1) Rørene skal ha tilstrekkelig kapasitet til å håndtere dimensjonerende vannmengde.
- 2) Rørene må være selvrensende.

Rørenes kapasitet til å håndtere dimensjonerende vannmengde, er avhengig av størrelsen på rørenes diameter. Selvrens handler om å sikre at uønskede partikler fra avløpsvannet ikke blir liggende igjen i rørene. For selvfallsledninger sikres selvrens ved at en har en tilstrekkelig skjærspenning per flateenhet, mens man i pumpeledninger kan sikre selvrens ved å oppnå en tilstrekkelig hastighet på vannet [26].

4.4 Rensing av overvann

I urbane områder der tett bebyggelse, veger og gater er de dominerende overflatene, fører avrenningen til forskjellige miljøbelastninger som forurensing av luft, jord og vann [35]. Trafikk er den største kilden til forurensing i overvann, men avrenning fra andre flater som bygninger og industriareal bidrar også til dårligere kvalitet på overvannet. Det har det siste tiåret blitt mer fokus på forurenset overvann fra vegtrafikk gjennom økt kunnskap fra Statens vegvesen, samt andre lokale og statlige miljømyndigheter [35]. Overvannet fra veg som kommer fra regnskyll drar med seg forurensinger som ligger i vegbanen. Forurensingen i overvannet fra vegen øker i takt med ÅDT og forurensingsinnholdet kan bli høyt. Sentrumsområder gir derimot en lavere forurensingsgrad enn veger. Ved utbygging av områder som ligger tett på veger vil den nye bebyggelsen sammen med eksisterende veg føre til dårlig kvalitet på overvannet. Vannet kan inneholde blant annet suspendert stoff, vegsalt, tungmetaller, oljerester og organiske mikroforurensinger [35]. Diskusjon om rensing av

overvann er derfor aktuelt å knytte til oppgaven ettersom bærekraft er et fokusområde for oppgaven.

Rensetiltak dimensjoneres typisk ikke for de store nedbørshendelsene [33]. Ved overbelastning av overvannsnett handler det om å sikre de negative konsekvensene på menneskers liv og helse samt infrastruktur ved å etablere flomveger. Største del av den totale årlig avrenningen forårsakes av nedbør med lav intensitet, og rensetiltak må tilpasses områdets avrenning.

4.5 Flomveger

Løsninger for overvannshåndtering dimensjoneres normalt for å kunne håndtere nedbørshendelser med gjentaksintervall 10-50 år, enten løsningene finner sted på overflaten eller i rør [36]. Når større nedbørshendelser inntreffer, som overvannstiltakene ikke er dimensjonert for, må det eksistere trygge flomveger som kan ta unna overskuddet av overvann. Flomveger er bestemte veger på overflaten som skal lede overvannet til resipient når avrenningen er større enn kapasiteten i avløpsnett, uten at bortledingen av overvannet fører til skader på omgivelsene. En flomveg kan være en grøft med gresskledd overflate eller åpen kanal, men består typisk av veger og gater i et byområde [26].

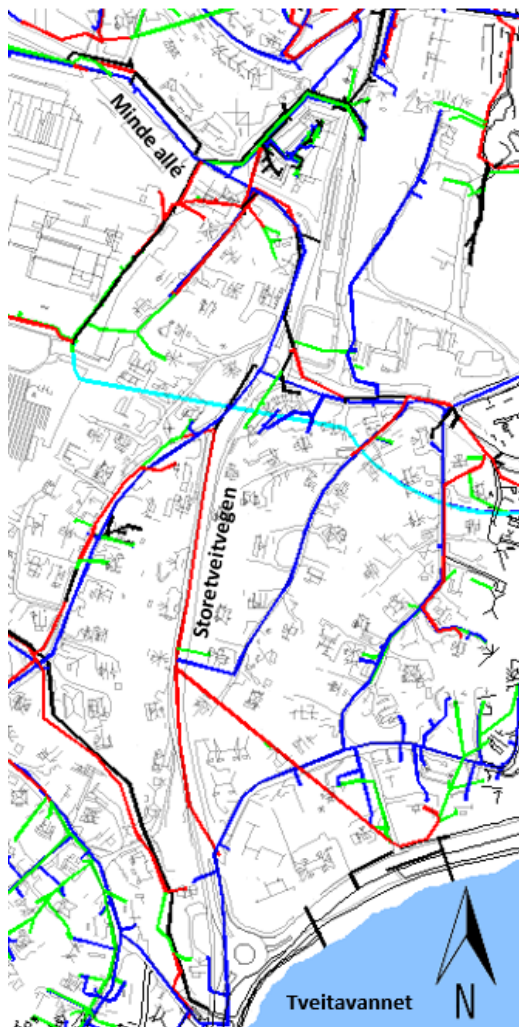
Økt avrenning gjør at behovet for trygge flomveger er særlig stort i områder som utvikles og i stadig større grad urbaniseres. I slike områder er ofte kapasiteten for å håndtere overvannsmengdene i rør begrenset og ikke tilpasset en fremtidig situasjon. En utskifting av komponenter som rør og kummer i eldre avløpssystemer er dyrt [36]. I slike tilfeller kan man etablere gode overflateløsninger som avlaster eksisterende rør ved store nedbørsmengder. Etablering av en sikker flomveg vil sikre håndtering av de overvannsmengdene eksisterende rør og overflateløsninger sammen ikke klarer ta unna. Etablering av gode overflatetiltak og trygg flomveg bør altså gjøres, i stedet for at man må ta kostnaden for utskifting av gamle avløpsledninger, når overvannsmengdene overstiger eksisterende netts kapasitet.

Det er avrenningen ved de mest ekstreme nedbørshendelsene som avgjør en flomvegs nødvendige kapasitet. For å ta høyde for tilstrekkelig økning i avrenning, anbefaler NVE at det benyttes et minimums gjentaksintervall på 200 år ved dimensjonering av flomveger i områder bestående av boliger og næringsbygg. I tillegg må også klimafaktor og eventuelt endring av avrenningskoeffisient som følge av fortetting tas med i beregningen av avrenning [36]. For å

kunne se nærmere på flomveg i planområdet, er en kartlegging av dagens VA-situasjon nødvendig.

5. Kartlegging av VA situasjon





5.1 Eksisterende rør i området



Figur 11: Eksisterende ledningsnett i området. Kilde: Data fra Rambøll

Figur 11 viser en oversikt over eksisterende situasjon av ledningsnett langs Storetveitvegen og i området rundt. Oversikten baserer seg på oversendte AutoCAD tegninger fra Rambøll. Tegningene er modifisert for å kunne gi en mer oversiktlig visning og ingen betydningsfulle endringer er gjort.

Her forteller kartet at håndteringen av overvannet langs Storetveitvegen i dag føres i en felles avløpsledning. Det kan være en ulempe å føre overvann og spillvann i samme rør, da behovet for rensing av overvannet ikke er like stort som spillvann. Felles avløpsledning kan også føre til store problemer ved økte nedbørsmengder og videre fortetting av området, da overvann og spillvann fra husstandene renner i samme rør. Slike felles avløpsledninger bygges normalt med regnoverløp, som betyr at når det regner over kapasiteten til systemet slippes kloakk ut i bekker og vann (resipienter). Naturlig vil man se på en fornying av ledningsnett og overgang til separatsystem i Storetveitvegen ved en fornying av veien.

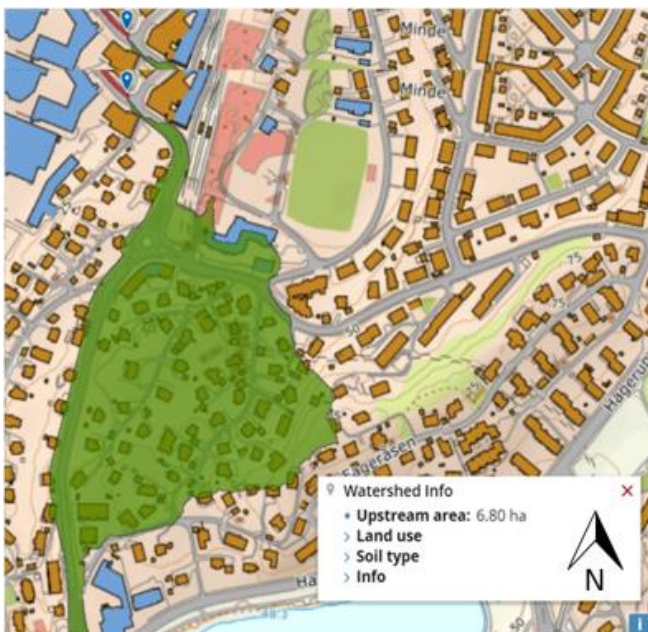
Tegnforklaring for ledningsnett	
	Vannledning - VL
	Felles avløpsledning - AF
	Overvannsledning - OV
	Spillvannsledning - SP

5.2 Valg av nedbørsfelt



Figur 12: Nedbørsfeltets totale areal ved utløp i bunn av planområdet. Kilde: Scalgo

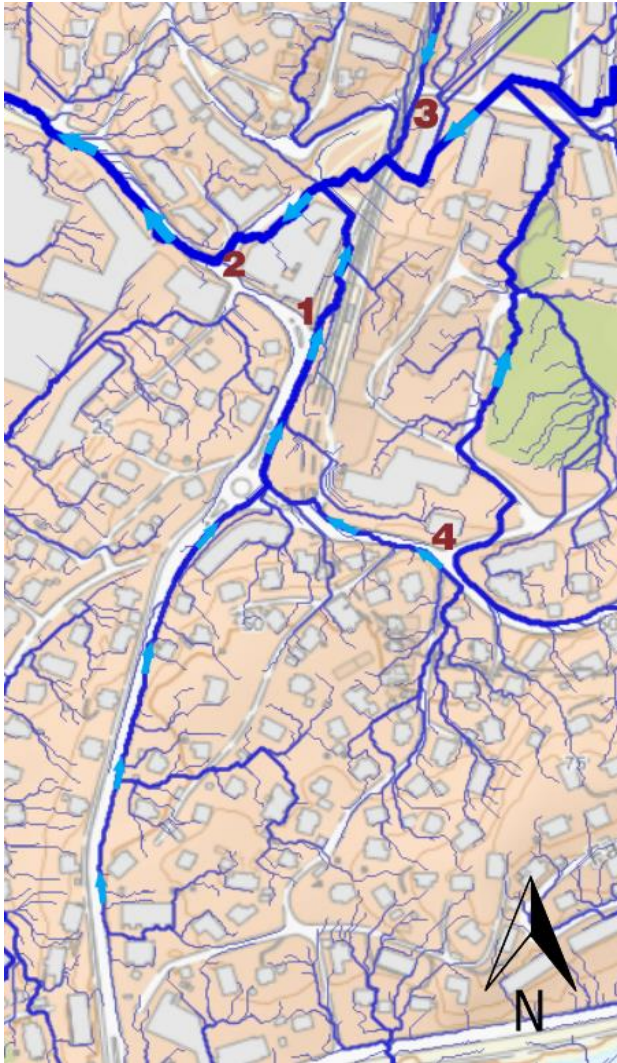
For å bestemme nedbørsfeltets areal er Scalgo benyttet. I figur 12 og 13 fremstilles to nedbørsfelt. Punktet hvor nedbørsfeltene ble beregnet fra er nærme hverandre, likevel førte det til stort utslag i nedbørsfeltets omfang. For å velge nedbørsfelt er den avgjørende faktoren hva en øn sker å undersøke. Figur 12 viser det totale nedbørsfeltet for tilrenning til resipienten i punktet vist i figuren. Formålet med oppgaven er å se på tiltak som kan plasseres i oppgavens planområde.



Figur 13: Nedbørsfeltets areal ved utløp der Storetveitvegen møter Minde allè. Kilde: Scalgo

Derfor er nedbørsfeltet som framkommer av figur 13 best egnet. Nedbørsfeltet her danner grunnlaget for å regne ut avrenningsmengde for området. Denne oppgaven begrenser seg derfor til å fokusere på nedbørsfeltet som omgir planområdet ettersom det er her eventuelle tiltak vil bli foreslått, planlagt og dimensjonert. Tiltak plassert i dette nedbørsfeltet vil påvirke de vannmengdene som forekommer nede ved resipientens totale nedbørsfelt.

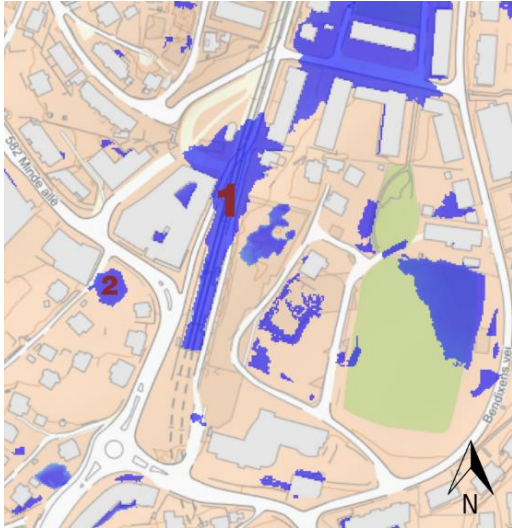
5.3 Avrenningsmønstre og flomutsatte områder



Figur 14: Avrenningslinjer for dagens situasjon. Kilde: Scalgo

Figur 14 viser en oversikt over dagens avrenningsmønstre med piler i avrenningsretning og observasjoner markert med punkt. Vannet fra nedbørsfeltet renner ned til Storetveitvegen og videre ned langs vegtraseen. Et av problemene med dagens avrenning oppstår i svingen ved Minde allè (1), hvor vannet renner rett frem og ned til Wergeland bybanestopp. Ved ekstreme nedbørsmengder vil store mengder vann kunne samle seg opp i dette området og eventuelt påføre infrastrukturen og bebyggelsen store skader og kostnader. Det er derfor ønskelig å lede vannet trygt langs denne svingen og videre ned til Minde allè (2) hvor man kan koble seg på eksisterende overvannsledninger, og lede vannet trygt videre til resipienten som ligger nedlagt i rør langs Kanalveien. Denne resipienten er planlagt åpnet, for å øke kapasiteten for området [3].

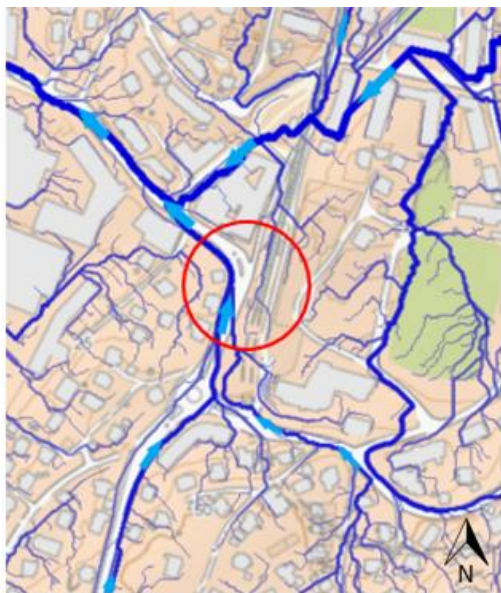
Opphopning av vann ved Wergeland bybanestopp er også forårsaket av tilrenning av vann fra områder nord for bybanestoppet (3). Ved en ønskelig endring i avrenningsmønsteret rundt svingen ved Minde allè (1) vil man imidlertid kunne redusere opphopningen av vann ved bybanestoppet.



Figur 15: Flomutsatte områder. Kilde: Scalgo

Figur 15 viser en oversikt over flomutsatte områder ved Wergeland senter. Her er terrenget lavere enn områdene rundt og muligheten for vannet til å renne videre er redusert. Dette fører til at den naturlige avrenningen stopper opp og risikoen for flom og ødeleggelser er stor. De flomutsatte områdene som framgår av figur 17 stemmer overens med avrenningen beskrevet i avsnittet over. En kan også se at det er et område etter svingen ved Minde allè (2), hvor det er et naturlig lavpunkt og risiko for opphopning av vann.

5.3.1 Avrenningsmønster ny veg



Figur 16: Avrenningsmønster ny veg. Kilde: Scalgo

Figur 16 viser en oversikt over avrenningslinjer for ny prosjertert veg med piler i avrenningsretning. Her kan en se en tryggere avrenning i svingen ved Minde allè (markert med rød sirkel). Som følge av dette vil belastningen på bybanestoppet reduseres ved ekstreme nedbørshendelser.

5.4 Vurdering av resipient

Ved en eventuell separering av spill- og overvann vil overvannet som ikke blir håndtert lokalt føres til Fjøsangervassdraget. Vassdraget ble i tiden etter krigen senket og store deler av det lagt i rør på 50- tallet. Vassdraget har utløp fra Kristianborgvannet ned til Nordåsvannet og slippes her ut på 40 meters dyp [3]. Bergen kommune beskriver vannkvaliteten i vassdraget

basert på vannprøver tatt i 2018 som økologisk og kjemisk dårlig, og begrunner det med blant annet spillvannslekasje, bekkelukking og avrenning fra urbane flater [3]. I ROS-analyse utarbeidet i forbindelse med utbygging av bybanen, er det i tillegg registrert at Solheimsvannet med tilliggende kanal, som er en del av Fjøsangervassdraget, er sårbart og har høy grunnvannstand [15].

Utover nevnte grunner er det i undersøkelser om vassdraget også gjort funn av andre mulige årsaker til forurensingen. Sør for vårt område renner det en rørbelagt elv fra Tveitevannet. Dette er en del av eksisterende overvannshåndtering langs Hagerups vei samt overløp fra Tveitavannet. Denne ledningen fører vannet videre ned til Fjøsangervassdraget ved Kanalveien. Vannkvaliteten i Tveitevannet er registrert som forurenset ved flere undersøkelser, og mulige grunner til forurensingen er omkringende veier, samt det gamle deponiet ved Slettebakken [3].

5.5 Flomveg kartlegging



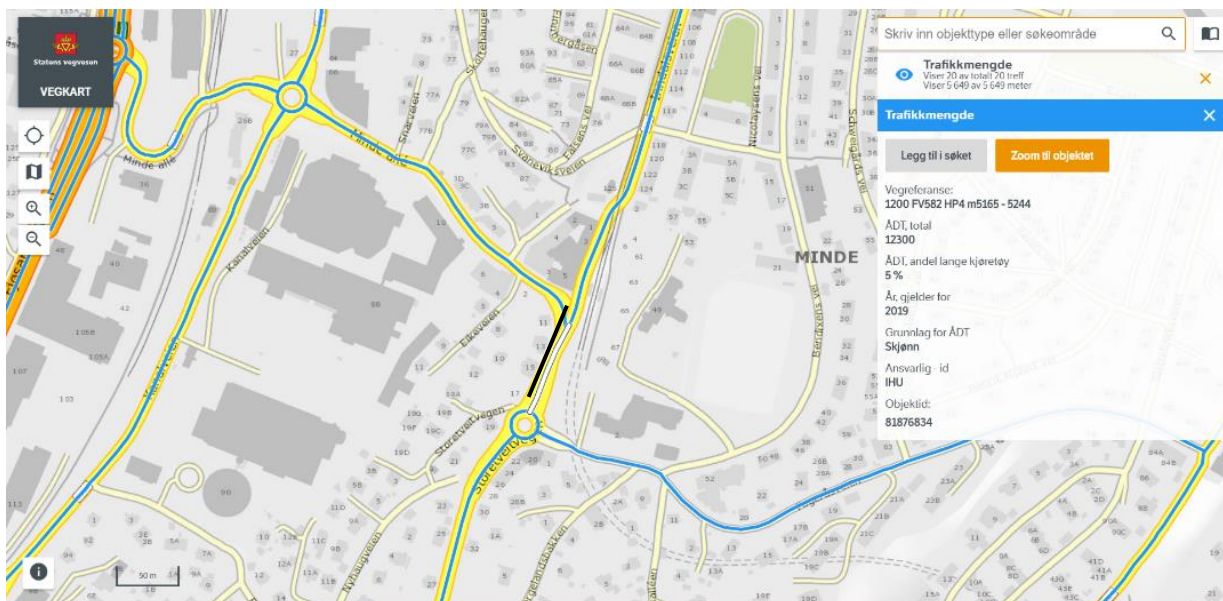
Figur 17: Kartlegging flomveg. Kilde: Bergen kommune [76]

Bergen kommune skal på det overordnede planet utarbeide planer som omhandler flomsoner og flomveger. Basert på reguleringsplaner i kommunen har de samlet en oversikt over flomveger i et interaktivt kart i forbindelse med utarbeiding av den nye kommunedelplanen for overvann [3]. Figur 17 viser et utsnitt fra dette kartet. Her ser vi at deler av planområdet vårt faller inn under en slik regulert flomsone.

I kommunens retningslinjer for overvannshåndtering stilles det krav til at flomveger skal planlegges på både overordnet og detaljert plannivå. Kravene kommunen stiller til en flomveg på plannivå er noe vag, men sier at flomvegen skal ha kapasitet til å håndtere all avrenning til nedbørsfeltet og skal dimensjoneres for minst 100 års flom [33]. Videre må kapasitet angis og det må kontrolleres at resipient har kapasitet til å håndtere tilførte vannmengder [33].

5.6 Rensing av overvann

Med utgangspunkt i at vegtrafikk er det som fører til mest forurensing i overvann benyttes Statens vegvesen sin håndbok N200 i første omgang til å kartlegge behovet for rensing. [37]. Her gis det retningslinjer for rensing av forurenset overvann knyttet opp mot ÅDT og vannforekomstens sårbarhet og evne til å motta forurenset overvann. Den mest trafikkerte vegen i vårt planområde er en kort delstrekning av Storetveitvegen etter rundkjøringen ved Wergeland og ned til Minde allé vist i figur 18. Data fra Statens vegvesens verktøy, vegkart, gir ÅDT=12300 (2019) for denne strekningen [24].



Figur 18: Vegstrekning med høyest ÅDT i området. Kilde: Vegkart fra Statens vegvesen [24]

I tabell 403.2 fra N200 (vedlegg 4) samt vedliggende forklaring beskrives det at dersom ÅDT er i intervallet 3000 – 30 000 er det vannforekomstens sårbarhet som er avgjørende for om tiltak må innføres. Det beskrives at dersom $\text{ÅDT} > 3000$ skal trinn 1 rensing benyttes dersom vannforekomsten som overvannet ledes til har middels – høy sårbarhet. Trinn1 rensing betyr at det skal innføres rensingstiltak som minimum fjerner partikkelbundne forurensningsstoffer [37]. Avgjørende faktor blir resipientens/vannforekomstens sårbarhet.

Bergen kommune sine retningslinjer for overvannshåndtering benyttes og for å avgjøre behovet for rensing. Også her vurderes behovet for rensing ut ifra overvannskvalitet og resipientens tilstand eller evne til å motta forurenset overvann. I kapittel 13 i retningslinjene framstilles to tabeller som brukes til å anslå overvannets kvalitet. Fosfor, nitrogen og TSS er i tabell 2 ikke

oppgitt, men det antas at verdier for disse ofte vil ligge innenfor tilstandsklasse V (meget sterkt forurenset) [33]. Oppgavens område kan i fremtiden falle inn under kategoritype blokkområde/sentrumsområde og vil dermed ligge i tilstandsklasse V for stoffene kobber (Cu), bly (Pb), kvikksølv (Hg) og muligens sink (Zn) og kadmium (Cd). Dersom en og antar at man ligger innenfor tilstandsklasse V for fosfor, nitrogen og TSS vil det tyde på at vannet trenger rensing før utslipp i ferskvannsresipient.

Områdetype	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	PAH	BaP	PCB
Sentrumsområder	0,5	5	30	0,1	10	20	140	0,6	0,1	0,01
Villaområder	0,15	4	10	0,05	6	4	30	0,2	0,1	0,01
Rekkehusområder	0,20	5	15	0,05	7	5	40	0,25	0,1	0,01
Blokkområder	0,25	6	20	0,05	9	7	45	0,6	0,1	0,01
Næringsområder	0,5	5	30	0,1	10	20	140	0,6	0,1	0,01
Veger 5000 ÅDT	0,25	3	30	0,1	4	10	60	0,3	0,1	0,01
Veger 30000 ÅDT	0,5	5	60	0,1	10	20	140	1,5	0,1	0,01
SFT's tilst.kl. V (meget sterkt forurenset) for ferskvann (97:04)	> 0,4	> 50	> 6	> 0,02	> 10	> 5	> 100			

Tabell 2: Klassifisere forurensningsstoffer i overvann, Kilde: Bergen kommune [33]

Videre er det angitt en tabell som kategoriserer forurensningsinnhold i overvannet etter 3 hovedkategorier i tabell 3. Kategoriene brukes videre for å vurdere behov for rensing etter hvilken type resipient overvannet går til. Etter denne tabellen vil området vårt komme inn under områdetype «veger med ÅDT 8000-15000» og «bykjerne». Forurensningsinnholdet her ligger på «lavt til middels» og «middels».

Småhusområde Lokalgater med ÅDT < 8.000 Parker, naturmark	Lavt forurensningsinnhold
Ytre byområde (tettere boligområde) Veger med ÅDT 8.000-15.000	Lavt til middels forurensningsinnhold
Bykjerne (bo-/arbeidsområde)	Middels forurensningsinnhold
Store parkerings- og terminalområder Veger med ÅDT 15.000 - 30.000	Middels til høyt forurensningsinnhold
Trafikkområder med ÅDT > 30.000	Høyt forurensningsinnhold

Tabell 3: Klassifisere forurensningsgrad av overvann. Kilde: Bergen kommune [33]

Forurensningsinnholdet sees i sammenheng med hvilken resipient det ledes til. Ved middels forurensningsinnhold vil det for vassdrag/sjø være nødvendig å vurdere rensing eller bortlede vannet til annen resipient. Tabell vist i vedlegg 5.

Konkret vannkvalitet og status for vassdraget per dags dato vil være vanskelig å fastslå uten ressurser til å undersøke nærmere, men med forankring i kapittel 5.4 om resipienten og fokus på bærekraft vil det i oppgaven her foreslås rensende tiltak for overvannet.

6. Aktuelle overvannstiltak for området

I dette kapittel beskrives løsninger som er aktuelle for området basert på teori beskrevet i foregående kapittel.

6.1 Blågrønne løsninger

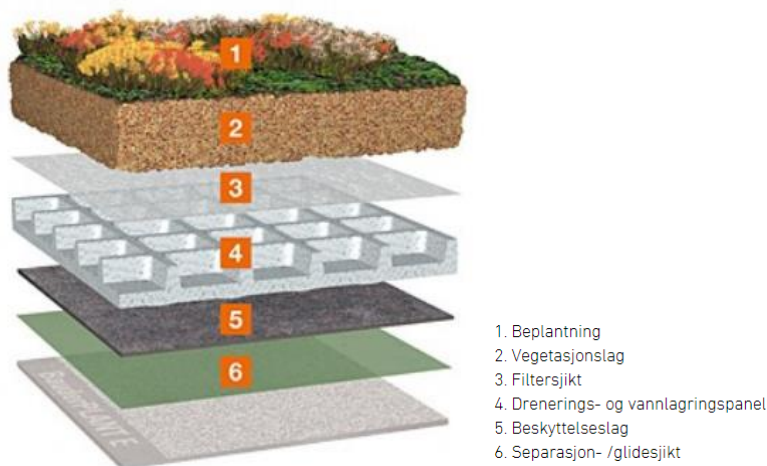
Regjeringen har utarbeidet et høringsnotat, som foreslår en endring i plan- og bygningsloven. Dette høringsnotatet går inn på viktigheten av å ivareta bærekraftig overvannshåndtering i byfortettingsområder, samt regjeringens ønske om å i større grad benytte seg av blågrønne overvannsløsninger [38]. I forbindelse med høringsnotatet har kommunal- og moderniseringsminister Nikolai Astrup i 2020 uttalt:

«For å møte klimautfordringene er det behov for at vi tenker nytt og finner nye løsninger. Særlig i bebygde områder kan det være dyrt å legge større rør for å transportere bort store mengder nedbør, slik vi gjør i dag. Derfor må vi ta i bruk nye, blågrønne løsninger» [39].

Videre presenteres ulike blågrønne løsninger det kan være aktuelt å etablere i planområdet.

6.1.1 Grønne tak

Med inspirasjon fra gamle tradisjoner med torv på taket, har grønne tak blitt en satsning for lokal overvannshåndtering i det urbane bybildet i dag. Grønne tak medbringer mange fordeler, men har som hovedfunksjon å forsinke og fordrøye nedbør. Oppbyggingen av et grønt tak gjør det mulig å holde på nedbør i flere av lagene og ved metning også fordøye nedbøren før det når bakkeplan gjennom å lagre vann i vekstmedium, vannlager og økt tilrenningstid fra taket og ned til bakkeplan [40]. Eksempel på oppbyggingen av et grønt tak er vist i figur 19.



Figur 19: Oppbyggingsskisse grønne tak. Kilde: NGU [41]

Vannet som lagres i vekstmassene blir brukt av plantene i evapotranspirasjon og dermed frigjøres lagringsplass for ny nedbør.

Vi skiller mellom tre typer grønne tak etter tykkelsen på vekstmediet; ekstensive, semi - ekstensive og intensive tak. Dette bestemmer hvilken beplantning som er gunstig å ha i forhold til tilgang på vann og artenes egenskaper. Ekstensive tak er tak som har tynt vekstmedium (5-15 cm), og dermed er avhengig av å ha planter som kan lagre mye vann, her typisk bergknappsarter. Slike tak blir kalt sedumtak. Sedumtak krever lite vedlikehold. Semi - ekstensive tak har noe tykkere vekstmedium og kan ha annen type planter, eksempelvis torv. Intensive tak krever mer vedlikehold, og kan være typiske tak man ferdes på med eksempelvis takhager med planter som har større behov for vanning, gjødsel og stell.

Effekten av grønne tak er imidlertid fortsatt under utredning for bruk i norske forhold. NVE og miljødirektoratet har publisert studier basert på forsøk gjort med grønne tak i norske forhold. Det mest omfattende studiet er gjort av NIBIO og NTNU på vegne av miljødirektoratet. Studiet omfattet forsøk av flere typer grønne tak i 7 norske byer i en periode fra 2014-2018. NVE baserer seg på studie gjort av et grønt tak i Oslo over 5 år [40] [42].

I første omgang vises resultater fra overvannshåndteringen i form av retensjon og detensjon. Studiene viser at retensjon, altså tilbakeholding av nedbør, er begrenset. Effekten er størst om sommeren ettersom plantene har høyest forbruk av vann på denne årstiden, mens effekten om vinteren er veldig dårlig. Studiene viser en tilbakeholding av mellom 11-30% av akkumulert årlig nedbør med typen sedumtak. Det legges til at det lite forskjell i type grønt tak, ettersom

forbruket av vann er den avgjørende faktoren, og vekstmediet sjelden rekker å bruke opp vannet som ligger i vekstmassene før ny nedbørshendelse. Dermed blir effekten for tilbakeholding av nedbør størst ved mindre nedbørshendelser [40].

Grønne tak viser seg å ha best effekt på detensjon, altså fordøyning av nedbør som hjelper mot flomtoppene. Målinger i studiene viser at de grønne takene kan gi 50-90% redusert flomtopp. Her er effekten minst for de største nedbørshendelsene [40] [42].

I forbindelse med utbygging av Mindemyren heter det i tilhørende VA – rammeplan at "Det legges opp til utstrakt bruk av grønne tak i planområdet." [43]. I dagens situasjon i oppgavens planområde utgjør nylig ferdigstilte Wergeland terrasse, samt handlesenter ved Wergeland senter, en stor andel tette tak. Ingen av disse har per i dag grønne tak. Grønne tak er mulig å ettermontere, likevel blir det oftest planlagt i forbindelse med nybygg. Mulige grunner til at det ikke blir brukt er at det er dyrere å anlegge enn konvensjonelle tak, samt at det er driftskostnader knyttet til det i ettertid.

Grønne tak og vannkvalitet

Grønne tak kan ha negativ innvirkning på vannkvaliteten på avrenning. Næringsstoffer brukt i gjødsling gjør at kvaliteten på avrenningen kan påvirkes negativt. Det kommer an på egenskapene til kompost/gjødslingsmiddel, gjødslingsregime og alder på taket. Studiene viser at det er en økning i avrenning av næringsstoffer i tiden etter legging av taket, men at avrenningen av stoffene avtar over tid. Fosfor er derimot et av stoffene som er observert langvarig i avrenning. Nitrogen sammen med fosfor er også observert som first flush fenomen i større nedbørshendelser. Konsekvensen av denne forurensingen kommer an på hvor vannet ledes. Studiene peker på at dersom vannet ledes til gressdekte areal vil det ha liten betydning ettersom næringsstoffene vil tas opp og bindes i jord. Dersom vannet ledes til våtmark bør gjødslingsstrategi hensyntas for å unngå eutrofiering [40].

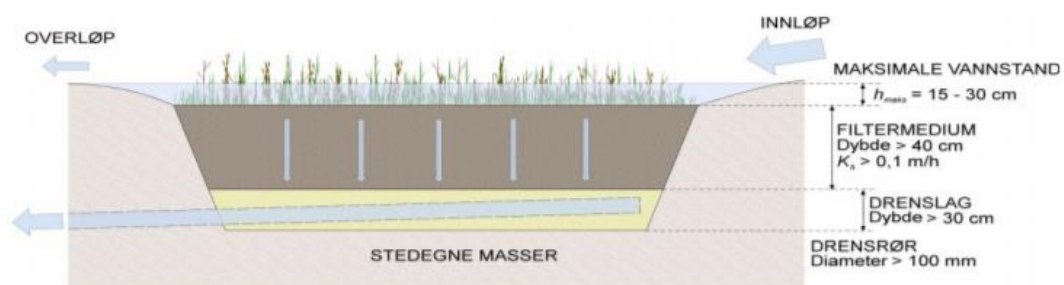
Resipient for overvann med planlagte løsninger vil være Fjøsangervassdraget, og derfor kan det i vårt planområde være aktuelt å sette grønne tak i system med andre overvannstiltak for å bedre håndtere overvannet med tanke på fordrøyning av vannet og vannets kvalitet.

6.1.2 Regnbed

Regnbed er et tiltak for lokal overvannshåndtering i urbane strøk. Hensikten med regnbed er å oppnå infiltrasjon og fordrøyning av overvann, for å redusere belastning på ledningsnett og minske flomtoppene ved intens nedbør [44]. Regnbed er altså et tiltak som inngår i treleddstrategiens første og andre ledd. Ettersom regnbed kan settes inn og avlaste allerede eksisterende ledningsnett, er regnbed et tiltak som kan etableres i nye og allerede etablerte nedbørsfelt. Regnbed har også vist seg å ha en rensende effekt på overvannet [44]. I et urbant område, vil regnbed bidra til at vannet ivaretas og beholdes i området. Dette er i tråd med retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune [33]. Ettersom regnbedene etableres på jordoverflaten, krever etablering vilje til å avsette areal for anlegget. I tillegg krever regnbedene vedlikehold.

Bruken av regnbed har over tid vært utbredt i land som USA, Canada og Australia, mens den i Norge har vært mindre [44]. Det er imidlertid anlagt regnbed flere steder i Norge de siste årene, og regnbed anbefales som et LOH-tiltak i Bergen kommunes forslag til ny kommunedelplan for overvannshåndtering i området [3]. Regnbed er også foreslått som en av flere løsninger på overvannsproblematikk i nyere reguleringsplaner for nærliggende områder, blant annet på Krohnsminde og på Mindemyren [45] [43].

Figur 20 er en prinsippskisse som viser hvordan et regnbed er utformet og bygget opp.



Figur 20: Oppbygging av regnbed. Kilde: Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold [44]

Regnbedets overflate er en lomme i jordoverflaten, dekket av vegetasjon. Vegetasjonen bør bestå av planter tilpasset lokale klimaforhold, og bør både tåle tørke og høy vannstand i kortere perioder. Valg av vegetasjon er svært viktig, da det er den som sikrer at avrenningen forsinkes. Høyden på lommen, h_{maks} , avgjør hvilken vannstand bedet kan ha før det flommer over og overvann renner ut i overløp. Det er anbefalt at denne høyden settes til mellom 15 og 30 cm

[44]. I VA-rammeplan for Mindemyren er det foreslått at h_{maks} settes til 20 cm, mens det i VA-rammeplan for Krohnsminde er valgt en forsenkning på 30 cm [43] [45].

Under den grønne forsenkningen, har man et filtermedium vannet infiltreres gjennom. Dette filtermediets infiltrasjonsevne, eller mettede hydrauliske konduktivitet, K_h (m/t), har stor betydning for effekten av regnbedet. I tillegg til å sørge for infiltrasjon, har også filtermediet betydning for regnbedets vegetasjon på overflaten. Filtermediet sørger for at fuktighet bevares når det er tørke, og sikrer således gode vekstforhold på overflaten og med det at rensing opprettholdes også i tørrere perioder. Filtermediets dybde varierer med grunnforhold og kapasitetsbehov, men bør være mellom 40 og 80 cm.

Dersom de naturlige grunnforholdene har tilstrekkelig infiltrasjonsevne, kan disse benyttes som filtermedium. Om ikke, må man foreta en delvis eller fullstendig utskifting, der man erstatter uegnet grunn, for eksempel leire, med masse som har en god infiltrasjonskapasitet. En mye brukt sammensetning av filtermediet kan være jord eller kompost (15 til 50%) og sand (50-85%) [44]. Denne sammensetningen er foreslått for regnbed i VA-rammeplan for Mindemyren [43].

Dersom grunnforholdene har tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet, vil overvannet infiltreres til grunnvannet. Hvis grunnforholdene ikke er tilfredsstillende, må det etableres et eget dreneringslag i filtermediet hvor det anlegges et drenerør for å sikre drenering av bedet [44].

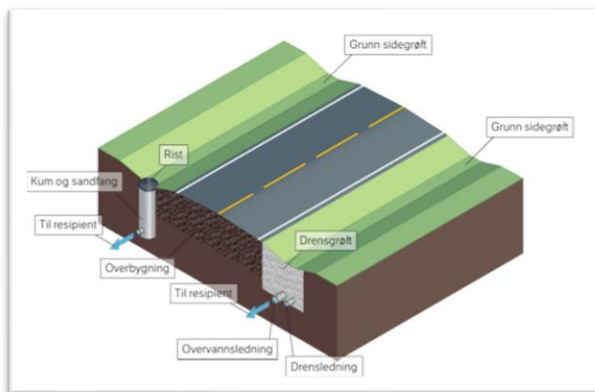
En av de største utfordringene knyttet til regnbed, er at de er arealkrevende på overflaten. Det anbefales at regnbedets overflateareal $A_{regnbed}$ bør utgjøre 5 til 10% av nedbørsfeltets areal A_{felt} . Denne anbefalingen antas imidlertid å være noe forsiktig [44]. Dersom det ikke er et stort nok overflateareal disponibelt for etablering av regnbed, kan man legge regnbed med mindre areal. Selv om regnbedet ikke vil fungere optimalt, vil det uansett ha en positiv effekt på overvannshåndteringen.

6.1.3 Grøft

Overvannshåndtering av vegger er viktig for å unngå opphopning av vann i vegbanen som kan være til fare for trafikantene og for å unngå utglidning av vegbanen. Ved utbygging av veg gjøres det ofte inngrep i naturen, hvor vannet renner naturlig. Dette vannet er nødt til å kunne krysse vegen, uten at det påvirker vegens funksjon. Derfor er det viktig å finne smarte løsninger

på hvordan vannet ledes, for å unngå at erosjon oppstår. Ved en eventuell erosjon er risikoen for uønskede skader på infrastruktur, menneskeliv og natur stor [30]. Dagens system for å håndtere overvann på veier er basert på to hovedprinsipper, åpne og lukkede dreneringsgrøfter langs veien.

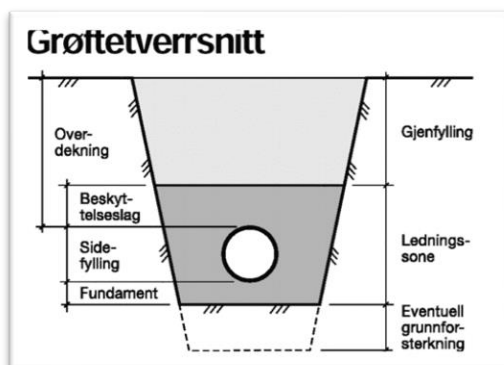
Lukket drenering



Figur 21: Illustrasjon lukket drenering. Kilde: Statens vegvesen [30]

Lukket drenering (figur 21) oppnås ved at dreneringsrør legges i bunnen av en pukkfylt grøft. Her er målet å lede vannet av veien så fort som mulig, men samtidig opprettholde en komfortabel kjørebane. Vannet ledes til sidene av veien ved hjelp av fall på veien, og videre ned i drensgrøfter fylt med pukk som samler opp overvannet og fører det videre til overvannsledning og frem til naturlige resipienter [30].

Prinsippet med lukket drensgrøft

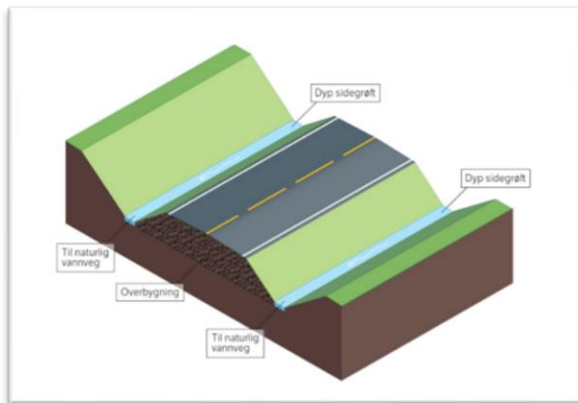


Figur 22: Grøftetverrsnitt, Kilde: Wavin [74]

slissene på røret pekende oppover. Deretter fylles det opp med pukk rundt og over røret. For å unngå setninger av røret som kan føre til opphopning av smuss, er det svært viktig at massene komprimeres riktig. Når dette er gjort fungerer grøften på den måten at vannet renner av veien og ned til pukken. Luftlommene mellom steinen i grøften fylles med vann og ettersom grøften

fylles opp, renner vannet inn i slissene på drenerørret og ledes videre langs fallet på røret til resten av ledningsnettverket, eventuelt ut til en naturlig vannkilde [30].

Åpen drenering



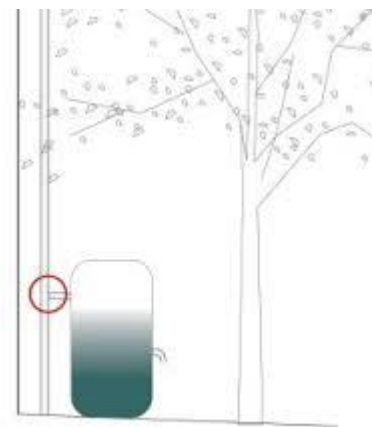
Figur 23: Illustrasjon åpen drenering. Kilde: Statens vegvesen. [30]

er mer vanlig på landeveier hvor det er rask tilgang til naturlige vassdrag [30]. Kapasiteten til grøften avhenger av utformingen.

Åpen drenering (figur 23) er av nesten samme prinsipp som lukket drenering. Forskjellen her er at ved åpen drenering renner vannet synlig i grøft langs vegen. Ved å benytte seg av åpen drenering vil man samtidig som man holder på vannet, oppnå en viss naturlig rensing av vannet da dette filtreres ned i grunnen og fortsetter sitt naturlige kretsløp [30]. Dette er løsninger som

6.1.4 Regnhøsting for vanning

Som et lavterskel tiltak for å fange opp nedbøren lokalt og utnytte det som en ressurs kan det etableres oppsamlingstønner eller tanker for vann tilkoblet takrenner. Tønnene eller tankene varierer i størrelse, men er typisk på 100-300 liter [46]. For å fylle tønne etableres et rør fra takrennen til tønne. Det må også etableres et overløp som sørger for at vannet renner kontrollert over når tønne er fylt opp. Her kan en for eksempel knytte overløpet til et regnbed slik at vannet fra taket går rett til regnbedet, slik som det er nevnt under kapittel 6.1.1 grønne



Figur 24: Regnhøsting prinsippskisse. Kilde NVE [44]

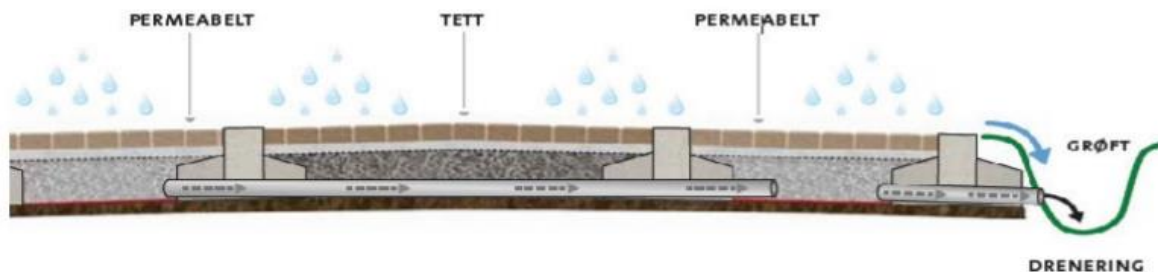
tak. Vannet tappes fra bunnen av tønne, eventuelt installerer man en pumpe som pumper vannet. Deretter brukes vannet til vanning av plener og blomster. Effekten av et slikt system vil være liten, men er avhengig av hvor mange som bruker det. Hvis mange nytter seg av det vil det likevel kunne bidra til å forhindre uønskede oversvømmelser på avløpsnett. Det anbefales

at det etableres ettersom det er et enkelt, men samtidig miljøvennlig tiltak som lett kan etableres ved eksisterende bygninger og ved nye bygg. Prinsippskisse for regnhøsting er vist i figur 24.

6.1.5 Åpne bekker

I dag er de fleste bekker og elver i byer lagt i rør på grunn av utbygging av byområdet. Ved en åpning av disse elvene vil man kunne øke kapasiteten for overvannshåndtering samtidig som man kan opparbeide områder som gir mulighet til opplevelser, stressreduksjon og flotte estetiske omgivelser for stedsidentiteten. Fjøsangervassdraget er en av disse rørbelagte vassdragene som er planlagt åpnet [3]. Dette vil gi et godt kvalitetsløft av området både for menneskene som ferdes i områdene og det biologiske mangfoldet, da akvatiske økosystemer er med på å rense forusenset vann [47]. Synliggjøring av slike vassdrag vil være med på å øke bevisstheten til innbyggerne, slik at de vil ta et aktivt ansvar for å unngå forurensing og forsøpling [47]. I tillegg til åpning av Fjøsangervassdraget er elven sør for planområdet som er kommentert i kapittel 5.4 også planlagt åpnet [16]. Det finnes ingen vassdrag lagt i rør som kan gjenåpnes i vårt planområde.

6.2 Permeable løsninger



Figur 25: Illustrasjonsbilde av permeable dekker kombinert med tette dekker. Kilde: Byggutengrens.no [48]

Ønsket om å infiltrere overvannet er vanskelig i områder med mye tette flater. Permeable dekker som belegningsstein, permeabel asfalt og kjøresterkt gress er derfor gode tiltak som kan benyttes i fortettingsområder [49]. Permeable flater kan kategoriseres både som infiltrasjonstiltak og fordrøyingstiltak. Fordelen med slike dekker er muligheten for vann til å trenge igjennom dekket og videre ned i drenerende masser. Bruken forutsetter god infiltrasjonsevne til grunn. Eksempelvis kan dekker med belegningsstein oppnå en infiltrasjonskapasitet på 200 l/s/ha [49]. Dette er forutsatt riktig utførelse med rett oppbygning og tilfredsstillende vedlikehold. Oppbygning med masser uten finstoff, antas å ha en kapasitet på 15-20% vann [49]. Tiltak som dette vil være med på å slakke ned overflateavrenningen samt

redusere flomtopper for området. Permeable dekker vil typisk ha avrenningskoeffisient 0,30-0,50, tilsvarende gressflate [50]. I tillegg kan dekkene være med på å holde igjen finstoff som gir en viss rensende effekt av overvannet [50].

Selv om det er mange fordeler med bruk av permeable dekker, kan det også medføre ulemper som gjelder den universelle utformingen. Ujevne overflater er i en del tilfeller ugunstig for folk i rullestol, rullator og med barnevogner. Det vil være nødvendig å kombinere overflater med for eksempel belegningsstein og jevne overflater i byområder (figur 25), slik at alles hensyn blir ivaretatt.

6.3 Tiltak for rensing

6.3.1 Begrensinger

Oppgaven vil her velge å fokusere på løsninger som er tilpasset områdets natur av begrenset areal. Anerkjent teori om rensing av overvann som omfatter eksempelvis overvannsbasseng (tørt og vått), sedimentbasseng og våtmark vil ikke bli beskrevet. Slike løsninger er arealkrevende og arealkravet ligger mellom 1-5 % av nedbørsfeltets areal for slike løsninger [35]. Med valgt nedbørsfelt vil dette utgjøre mellom 680 – 3400 m², som vil kreve store inngrep og vanskeligheter slik området er i dag ettersom det er krav til utforming og plassering av slike løsninger. Aktuelle løsninger vil være tekniske i kombinasjon med mindre arealkrevende naturbaserte løsninger. Slike løsninger ventes å ha en lavere renseseffekt som er vanskelig å tallfeste konkret, men som helhetlig vil bidra sammen med tekniske løsninger for å oppnå størst mulig rensesgrad.

6.3.2 Grøft

Grøft er tidligere beskrevet i kapittel 6.1.3 som et tiltak for fordrøyning og bortledning av vann. I dette avsnitt drøftes den rensende effekten av slike tiltak.

Statens vegvesen har i sin rapport beskrevet grøfters rensende effekt. Grøfter som mottar overvann kan under optimale forhold oppnå en renseseffekt på opptil 70% av TSS, 40-50% av nitrogen og 35-70% av tungmetaller [35]. Rapporten beskriver at disse funnene er basert på svært varierende resultater med stor usikkerhet. Videre er det beskrevet at det var verdiene til innløpsvannet som hadde størst utslag på renseseffekt. Eksempelvis ble det observert opp til

50% renseseffekt på konsentrasjoner av suspendert stoff lik 100 mg/l, mens ved 40 mg/l var renseseffekten neglisjerbar. Ved undersøkelser fra en veggrøft, der grøftearealet utgjorde 50% av vegarealet, med ÅDT 8000 kunne en vise til renseseffekt for partikler mellom 15-20%. Norconsult hevder på sin side at erfaringstall viser at sandfiltergrøfter kan oppnå en renseseffekt på 70-90% for TSS, 70-90% for organisk stoff, 50-70% for total fosfor og 70-90% for tungmetaller. I deres plan er slik grøft tiltenkt som det eneste rens tiltaket for Kanalveien [43].

Basert på denne informasjonen er det tvilsomt å belage seg på at grøfter alene vil gi en tilstrekkelig rensing av overvannet. Hovedfunksjonen til grøfter er å lede vannet samtidig som de yter en funksjon i forhold til retensjon og detensjon. Renseseffekten kan ikke fastslås med sikkerhet, men som nevnt over vises det at en rensende effekt oppnås.

En annen positiv effekt grøfter kan ha er i forhold til akutte utslipp. Ved store konsentrasjoner av forurensinger som forekommer ved for eksempel oljesøl, vil grøfter ta opp store deler av forurensingen og kan deponeres forsvarlig og erstattes med nye masser.

Det er mulig å gjøre noen konstruksjonsmessige utforminger som kan medvirke til økt renseseffekt [35], og det anbefales at disse tas med i utforming av grøft når det skal utformes i området:

- Bunnarealet i grøften kan økes
- Tverrgående forhøyninger kan etableres for å øke oppholdstid og infiltrasjon
- Sandblandet jord kan benyttes. Dette øker infiltrasjonsevnen til massene.

6.3.3 Supersandfang

Såkalt supersandfang er en kum med sandfang, men har større rensegrad/virkegrad enn et tradisjonelt sandfang i kum, derav det upresise kallenavnet supersandfang. De fleste supersandfang fungerer ved at innløpet har et arrangement som gjør at vannstrømningen ledes i sirkelløp og danner en virvel, noe som øker utskilling av partikler som samler seg i en slambeholder i bunn. Øverst i virvelløpet er det en skumskjerm som fanger opp flytestoffer og olje. Supersandfang kan dimensjoneres for relativt store vannmengder og kan håndtere opp mot 250 l/s avhengig av produsent/leverandør. Det er avhengig av å bli rensket jevnlig ettersom beholder for slam og olje fyller seg opp.

Med størrelse omtrent som en vanlig kum ansees supersandfang for å ha god kapasitet i forhold til størrelse når det gjelder rensing av overvann. Senter for jordfaglig miljøforskning utførte i 2004 en mindre utredning på oppdrag fra Statens vegvesen om filterløsninger for blant annet overvann fra veg. Her blir supersandfang beskrevet som en tilsynelatende driftssikker og relativt billig løsning. Når det gjelder rensesgrad skal den fange rundt 70-80% av partiklene som kommer med overvann på en årlig basis med optimal drift. Rapporten gir en vurdering for at supersandfang bør kunne benyttes mer i urbane områder [51].

Hydro International som er en produsent av supersandfang har utført forsøk der vann med forskjellige kornstørrelser ble kjørt gjennom sandfanget. For en 1200 mm kum med supersandfang samlet den opp 81% av kornstørrelser 0.05 mm og 95% av kornstørrelser 0.25 mm ved vannføring 40 l/s [52]. Kapasiteten øker i takt med størrelsen til sandfanget.

Multiconsult utførte i 2019 et oppdrag på vegne av Trondheim kommune for å undersøke muligheten av å åpne en bekk som ledet ut i Nidelva. I deres rapport anbefales det at ved tilførsler av overvann skal det innføres rens tiltak som supersandfang og/eller regnbred [52]. Tilfellet kan sammenlignes med vårt område, ettersom overvann skal ledes ned til Fjøsangervassdraget. Her kan det legges til at i VA- rammeplan for Mindemyren er det kommentert at forurenset overvann skal samles opp og renses før tilførsel til Fjøsangervassdraget langs Kanalveien [43].

6.3.4 Perkolasjonsmagasin

Perkolasjonsmagasin er et magasin som ligger utgravid under bakken fylt med stein eller eventuelt plastmoduler omringet av en fiberduk, som overvannet ledes til. Vannet ledes så gjennom mediet som er i magasinet og blir deretter infiltrert i den omgivende jordmassen. Det er derfor viktig å vite noe om den hydrauliske kapasiteten til den omgivende jorden for å sikre at det ikke oversvømmes. Drenering som leder vannet til resipient kan etableres i bunn av magasinet dersom omringende masser ikke har tilstrekkelig infiltrasjonskapasitet [35].

Metoden er avhengig av overvann der grove partikler er fjernet for å unngå at det dannes slam som tetter til magasinet. Dersom magasinet skal dimensjoneres for å filtrere all nedbør for feltet vil det i tillegg være plasskrevende, og ettersom det legges under bakken være veldig inngrepskrevende. Vegvesenet gir eksempel på 1m³ per 30 m² overflateareal i nedbørsfeltet ved

dimensjonerende nedbørshendelse 140 l/s*ha [35]. I vårt nedbørsfelt ville dette tilsvart et volum på 2266 m^3 .

6.3.5 First Flush fenomen

Ettersom planområdet er aktuelt for fortetting er det lite areal å ta av til å fungere som lokale rensiltak. I slike tilfeller er det aktuelt å vurdere om såkalt «first flush» fenomen forekommer [37] [35]. Dette er en tilnæringsmåte som tar sikte på å rense det overvannet som skyldes den første skuren med regn. På den måten vil man rense det som blir ansett som mest kritisk fordi det er den første skuren med regn som drar med seg miljøforurensingene som ligger oppsamlet i gater og veger. I veileder fra Statens vegvesen oppgis det at en kan ta sikte på å rense første 8-12 mm av nedbørshendelser [35]. Dersom en dimensjonerer rensemetoder etter mengde nedbør vil en da kunne redusere dimensjonerende kapasitet på rensemetoden. Likevel er det oftest observert at en dimensjonerer overvannstiltak etter nedbørsfeltets areal og ikke nedbørsmengde.

First flush blir ikke nevnt i Bergen kommune sin nye kommunedelplan for overvann, men er nevnt i VA-normen. Der står det kort forklart hva det er, men ikke noen retningslinjer for bruk eller konkrete løsninger/tiltak knyttet til prinsippet. Det kan diskuteres hvor effektiv rensing etter et sånt prinsipp vil bli ettersom det i Bergen regner relativt hyppig og det ikke rekker å samle seg opp betydningsfulle mengder forurensing i vegbanen. Prinsippet er lite utbredt i Bergen og det eksisterer derfor lite erfaringer å støtte seg på. Det vil derfor være usikkerhet knyttet til prinsippet.

7. Dimensjonering av løsninger

7.1 Dimensjonerende vannmengder

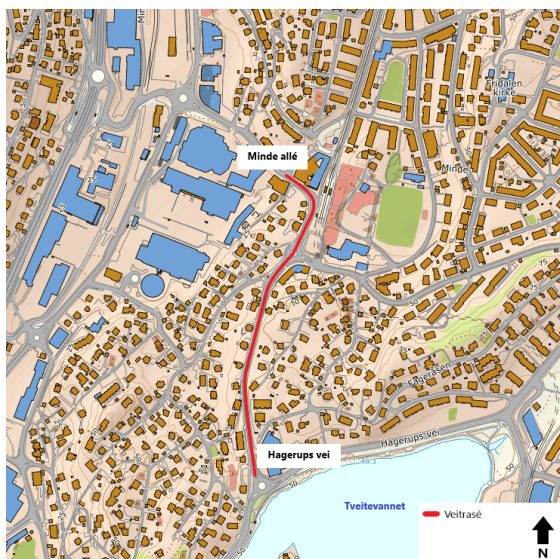
For beregninger er den rasjonelle formel brukt til å finne dimensjonerende avrenning. Her utredes hvordan de ulike parameterne i formelen er funnet.

7.1.1 Arealet

Arealet i den rasjonelle formel, er det totale nedbørsfeltets areal i hektar (ha). Definerings av nedbørsfelt er beskrevet i kapittel 5.2 og er målt til 6,8 ha.

7.1.2 Avrenningskoeffisient

Valget av avrenningskoeffisient φ eller C er basert på data for vegtraséen hentet fra Kartverket, og for nedbørsfelt fra Scalgo og Google maps.



Figur 27: Vegtrasé Kilde: norgeskart.no [11]



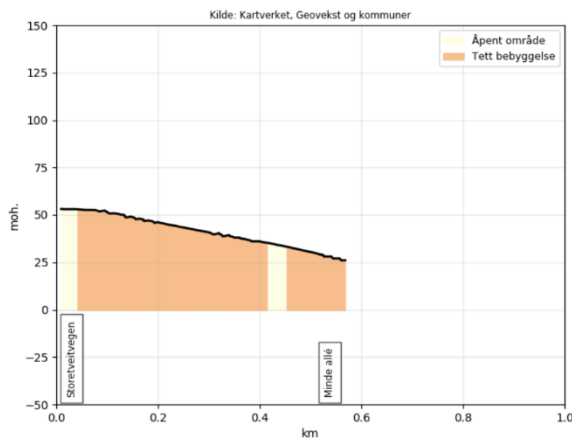
Figur 26: Nedbørsfelt Kilde: Scalgo

Terrenget har en tilnærmet lineær helning, med høyeste punkt ved start i krysset mellom Hagerups veg og Storetveitvegen i sør, og laveste punkt ved rundkjøringen i Kanalveien (figur 27). Nedbørsfeltet er delt inn i to delområder, A og B, som vist i figur 26. Gjennomsnittlig avrenningskoeffisient for et nedbørsfelt bestående av flere delfelt kan beregnes ved hjelp av formelen [33]:

$$C_{midt} = \frac{(C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n)}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n)}$$

I tabell 4 er avrenningskoeffisient gitt for ulike områdetyper. Selv om område A i dag består av eneboliger, er det lagt til grunn at karakteristikken for området vil endres, basert på KPA og trender i lignende byområder. Det er derfor valgt områdetype rekkehus-/leilighetsområder for område A. Det er valgt typen tette flater for område B, da området i all hovedsak vil bestå av

asfalterte veger når området er ferdigstilt. Intervallet mellom de ulike verdiene for hver områdetype gjenspeiler forskjellig helning, fra plant (lavest verdi) til bratt (høyest verdi). Terrenprofil hentet fra Kartverket (figur 28) og terrengmodell i Scalgo, viser vegens fall fra start ved Tveitevannet og til ende i begynnelsen av Minde allé. Fallet på vegen er relativt jevnt. Med utgangspunkt i toppunkt og bunnpunkt, er helningen beregnet til å være 5%. Det velges derfor avrenningskoeffisient 0,95 for delområde B.



Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)	0,85 - 0,95
Bykjerne	0,70 - 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 - 0,80
Eneboligområder	0,50 - 0,70
Grusveier/-plasser	0,50 - 0,80
Industriområder	0,50 - 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 - 0,50
Fjellområde uten lyng og skog	0,50 - 0,80
Fjellområde med lyng og skog, steinet og sandholdig grunn	0,30 - 0,50

Tabell 4: Avrenningskoeffisienter fra Bergen kommunes retningslinjer for overvannshåndtering Kilde: Bergen kommune [33]

Figur 28: Terrenprofil vegtrasé Kilde:norgeskart.no [11]

Feltnummer	Type	Størrelse	Helning	Avrenningskoeffisient
A	Leiligheter	4,69	ha Middels	0,8
B	Tette flater	2,11	ha 5 %	0,95

Midlere avrenningskoeffisient blir med dette

$$C_{midl} = \frac{(0,8 * 4,69) + (2,11 * 0,95)}{(4,69 + 2,11)} = 0,85$$

7.1.3 Nedbørintensitet

For å finne nedbørsintensiteten I , må man vite hva konsentrasjonstiden, også kalt tilrenningstiden, er. Denne kan man finne på forskjellige måter, i denne oppgaven brukes formelen [53]:

$$t_c = 0,02 * feltlengde^{1,15} * høydeforskjell^{-0,39}$$

Feltets lengde, fra start i krysset mellom Hagerups vei og Storetveitvegen til enden i krysset mellom Minde allé og Eikeveien, er 575 meter. Dette utgjør også den lengste strekningen fra et ytterpunkt til utløpspunkt i nedbørsfeltet. Startpunkt har høyeste kotehøyde (+54 m) og endepunktet har laveste kotehøyde (+26 m), altså en høydeforskjell på 28 meter.

Konsentrasjonstiden blir dermed

$$t_c = 0,02 * l^{1,15} * \Delta h^{-0,39} = 0,02 * 575^{1,15} * 28^{-0,39} = 8,13 \text{ min} \approx 8 \text{ min}$$

Videre må gjentakintervall for dimensjonerende avrenning fastsettes (tabell 5). Gjentakintervall er valgt i henhold til Bergen kommunes retningslinjer, 30 år [33]. Området karakteriseres som et boligområde, men det er ikke mulig å definere det som åpent eller lukket. Området er noe midt imellom de to definisjonene. Jamfør kommunens retningslinjer er gjentakintervallene minimumskrav, men siden området ikke er et fullstendig lukket boligområde, vurderes 30 år som tilstrekkelig med tanke på sikkerhetsmargin. 30 års gjentakintervall er også i henhold til Norsk vanns anbefalinger for denne typen områder [26].

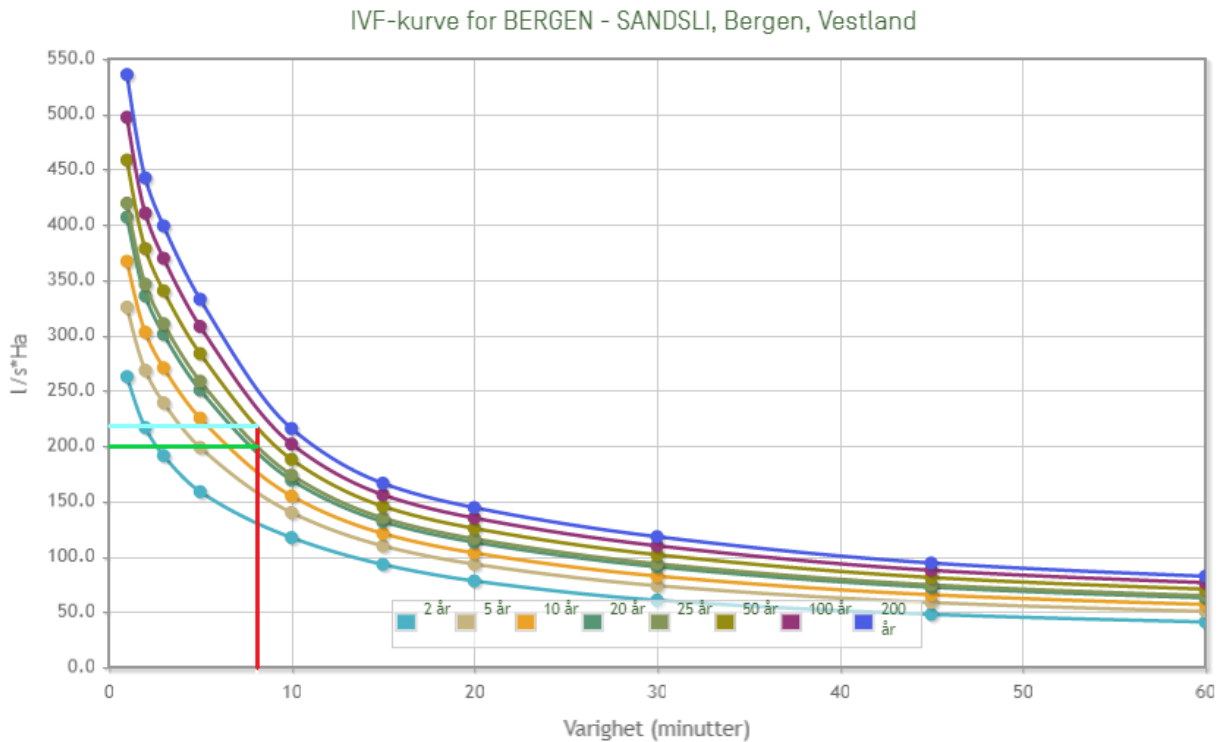
Dimensjonerende regnskylhyppighet (gjentakintervall) ¹ (1 i løpet av n år)	Områdetype	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet (gjentakintervall) ² (1 i løpet av n år)
2 år	Ubebygde område (åpent)	10 år
10 år	Boligområde - Åpent - Lukket	20 år
20 år		30 år
20 år	By-/sentrumsområde - Åpent - Lukket	30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

¹ Det skal ikke oppstå oppstuvning i ledningsnettet for disse dimensjonerende regnskylene

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

Tabell 5: Dimensjonerende gjentakintervall. Kilde: Bergen kommune [33]

Med dimensjonerende konsentrasjonstid 8 min og gjentakintervall 30 år, bestemmes nedbørintensitet ved hjelp av IVF-kurve for Sandsli (figur 29).



Figur 29: IVF- kurve for Sandsli. Konsentrasjonstid 8 minutter og gjentakintervall 25 og 50 år. Kilde: Norsk klimaservicesenter [12]

Siden det mangler gjentakintervall for 30 år, interpoleres det mellom 25 og 50 år.

$$I_{30 \text{ år}} = I_{25 \text{ år}} - \left(\frac{(I_{25 \text{ år}} - I_{50 \text{ år}}) * 5}{25} \right) = 200 \frac{l}{s*ha} - \left(\frac{\left(\frac{200 \frac{l}{s*ha} - 219 \frac{l}{s*ha}}{25 \text{ år}} \right) * 5 \text{ år}}{25} \right) = 204 \frac{l}{s*ha}$$

7.1.4 Klimafaktoren

Anbefalt klimafaktor, K_f , varierer. Statens vegvesen anbefaler klimafaktor 1,4 for alle typer nedbørsfelt i Hordaland [37], mens Norsk Vann anbefaler verdi på mellom 1,3 og 1,4 [27]. Det er i dette prosjektet valgt en klimafaktor på 1,4. Valget er basert på anbefalinger fra Statens vegvesen og Norsk Vann, samt vurdering av ulike klimafaktorer brukt i forskjellige VA-rammeplaner for nærliggende områder vedtatt de siste 10 årene [54], [55], [56], [57], [43].

7.1.5 Dimensjonerende avrenning

Basert på overstående delkapitler, blir dimensjonerende avrenning med 30 års gjentaksintervall følgende;

$$Q = \varphi * A * I * K_f. = 0,85 * 6,8 * 204 * 1,4 = 1651 \text{ l/s}$$

7.1.6 Dagens avrenning

For å kunne se hvordan avrenningen påvirkes av stadig økt urbanisering og endret klima er også dagens avrenning beregnet. Den rasjonelle formel er grunnlag for beregning av dagens avrenning.

Nedbørsfeltets areal er det samme i dag som i fremtiden, 6,8 ha. Siden det ikke skal foretas terrengmessige inngrep som påvirker områdets topografi, er dagens dimensjonerende konsentrasjonstid den samme som tidligere beregnet, 8 minutter. Nedbørintensiteten I for nedbør med gjentaksintervall 30 år er derfor den samme som for fremtiden, $204 \frac{\text{l}}{\text{s*ha}}$

Avrenningskoeffisienten er imidlertid annerledes i dag enn hva den vil være i fremtiden. I dag består delområde A av eneboliger med tilhørende avrenningskoeffisient på 0,6. Forandringer i fremtiden vil ikke påvirke avrenningskoeffisienten for delområde B, siden det også i dag består av veger og andre tette flater, og det velges her avrenningskoeffisient 0,95. Midlere avrenningskoeffisient for området slik det fremstår i dag blir dermed:

$$C_{midl} = \frac{(0,6 * 4,69) + (0,95 * 2,11)}{(4,69 + 2,11)} = 0,71$$

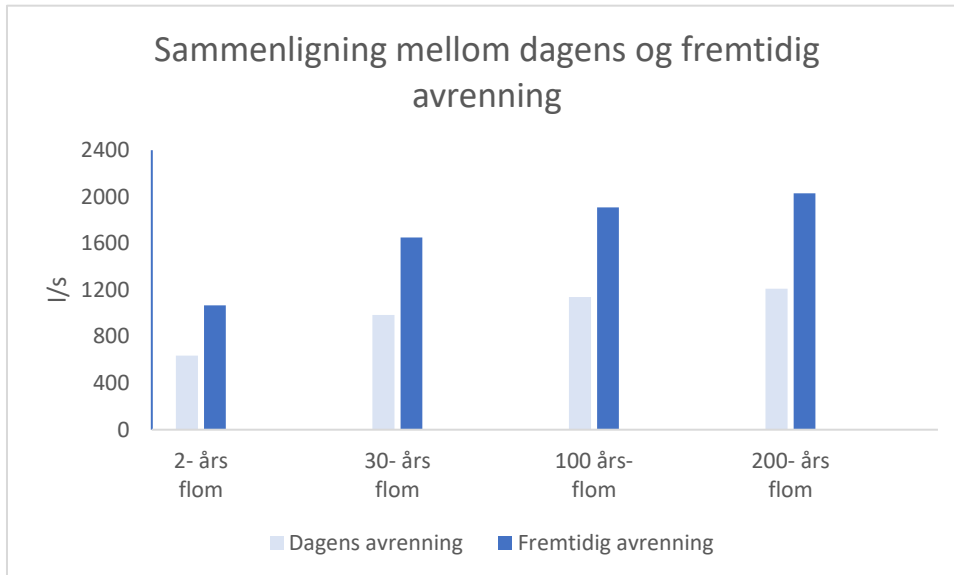
Siden avrenning fastsettes for dagens situasjon, brukes ikke klimafaktor i den rasjonelle formel.

Dagens avrenning med 30- års gjentaksintervall blir med dette:

$$Q = \varphi * A * I = 0,71 * 6,8 * 204 = 985 \text{ l/s}$$

7.1.7 Sammenligning mellom dagens og fremtidig avrenning

Avrenningen er i vedlegg 6 beregnet for dagens og situasjon for nedbør med gjentaksintervall 2 år, 30 år, 100 år og 200 år. Her framstilt i figur 30.



Figur 30: Dagens og fremtidig avrenning

Avrenningen øker med i overkant av 60% når området urbaniseres og klimaet forandres.

7.2 Eksempel dimensjonering av sandfang

For dimensjoneringseksempel benyttes supersandfang av typen Downstream Defender fra MFT (MiljøFluidTeknikk). De leveres i størrelse opp til diameter 3000 mm. Dette gir høyest kapasitet, og er det som er benyttet for beregningene. Data er hentet fra deres produktkatalog som ligger i vedlegg 3.

For å anslå forurensing i overvannet benyttes klima og forurensingsdirektoratet sin veileder. Denne veilederen oppgir anslåtte verdier for ulike stoffer i overvann basert på ulike studier, og gir en tabell for bruk i fremtidige beregninger [4]. Som nevnt i kapittel 5.6 vil det i vårt tilfelle være krav om rensning av partikkelbundne stoffer, vi anvender derfor TSS som faktor for dimensjonering. Veilederen tar utgangspunkt i ÅDT på veg og andel tette flater i området. I veilederen står det følgende om valg av andel tette flater «Det forventes at hovedparten av norske by, og tettstedsområder vil ha en andel tette flater < 50%. Erfaringsmessig vil det vanligvis bare være i sentrumsområder av byer, i områder med tett blokkbebyggelse og i visse

industriområder at andelen tette flater er $> 50\%$ ». [4] På bakgrunn av dette samt områdebeskrivelse i kapittel 1, velger vi åpen by $< 50\%$ tette flater og veg med ÅDT mindre enn 30 000.

Stoff (enhet)	Åpen by ($< 50\%$ tette flater)	Veg (ÅDT < 30.000)
TSS (g/m^3)	40	50

Tabell 6: TSS parameter. Kilde: Veileder forurensing i overvann [4]

For beregningene er det gjort noen forbehold

- Fra veileder til beregning av forurensing i overvann: 90 mg/l TSS [4] (tabell 6).
- Rensegrad 80% for partikler med vannføring opp til 230 l/s [58].
- TSS har tetthet $2650 \text{ kg}/\text{m}^3$ [58].

Tabell 7 fremstiller parametere for videre beregninger, hentet fra produktkatalog (vedlegg 3) og data presentert tidligere i oppgaven.

	Enhet	Verdi
Volum i slambeholder, V_s	m^3	3.81
Kapasitet sandfang optimal renseeffekt	l/s	230
Maks vannføring	l/s	750
TSS	$\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow \text{mg}/\text{l}$	90
Årlig normalnedbør	mm	2399
Avrenningskoeffisient	-	0.85
Klimafaktor, kf	-	1.4
Areal av nedbørsfelt	m^2	68000
Avrenning regnhendelse med 2 års gjentaksintervall	l/s	1068

Tabell 7: Parametre for dimensjonering

For å finne gjennomsnittlig årlig avrenning i kubikk brukes normalnedbør, nedbørsfeltets areal, ganget med avrenningsfaktor og klimafaktor slik at formel blir:

$$\text{Avrenning} [m^3] = \text{Normalnedbør} * A * \varphi * kf$$

$$\text{Avrenning} = 2.399m * 68\,000m^2 * 0.85 * 1.4 = 194\,127\,m^3$$

Oppsamlingskapasitet i slambeholder finner vi ved å ta V_s * *tetthet i TSS* fordi vi har antatt

$$\text{Oppsamlingskapasitet} [kg] = 3.81\,m^3 * 2650 \frac{kg}{m^3} = 10\,097kg \rightarrow 10\,097\,000g$$

Antall m^3 vann som kan strømme gjennom før rensing/slamsuging med 80% virkegrad.

$$\text{Samler opp } 90mg/l * 0.8 = 72mg/l \rightarrow 0.072g/l$$

$$10\,097\,000\,g \div 0.072 \frac{g}{l} = 140\,236\,m^3$$

Med 1 dimensjonert sandfang vil dette gi

$$194\,127\,m^3 \div 140\,236m^3 = 1,4\,tømminger\,per\,år$$

Til sammenligning anbefaler VA miljøblad at sandfang inspiseres og tømmes årlig for best utnyttelse [59].

For 2 år regnhendelse er avrenning = 1068 l/s. For å sikre at kapasiteten ved 80% virkningsgrad (230 l/s) ikke overskrides ved en slik hendelse bør det etableres

$$1068 \frac{l}{s} \div 230 \frac{l}{s} = 4,6\,sandfang$$

7.2.1 Drøfting beregning

Utgangspunktet for beregningen av 2 års gjentakintervall er basert på den totale avrenningen for hele nedbørsfeltets areal. Denne avrenningen på 1068 l/s overskrider maks kapasitet til et sandfang som er på 750 l/s. Dersom maks kapasitet overskrides må vannet gå i overløp, eventuelt at supersandfanget plasseres slik at det ikke blir en begrensning på ledningsnettets kapasitet. Kapasiteten til andre foreslåtte løsninger i området er i regneeksempelet ikke tatt med i beregningene. Dersom en i området har tiltak som regnbed, grønne tak og grøfter vil de både være med på å minske avrenning og innhold av forurensinger i avrenningen. Usikkerheten rundt dataene til kapasitetene av slike løsninger gjør det vanskelig og ikke gunstig å ta med i beregninger når man dimensjonerer. Det vil likevel gi en effekt som reduserer mengden forurenset vann som passerer gjennom supersandfanget, uten at en får tallfestet denne effekten.

7.3 Dimensjonering av overflateareal regnbed

Nødvendig overflateareal beregnes for situasjoner hvor nedbøren faller med en konstant intensitet i et definert tidsrom. I et slikt scenario antas det at overvannsmengden som kan håndteres av ett enkelt regnbed er summen av volumet vann lagret i lommen på overflaten og det som infiltrerer i tiden det regner. Overflatearealet beregnes ved å bruke formelen [44];

$$A_{regnbed} = \frac{A_{felt} * c * P}{(h_{maks} + K_h * t_r)}$$

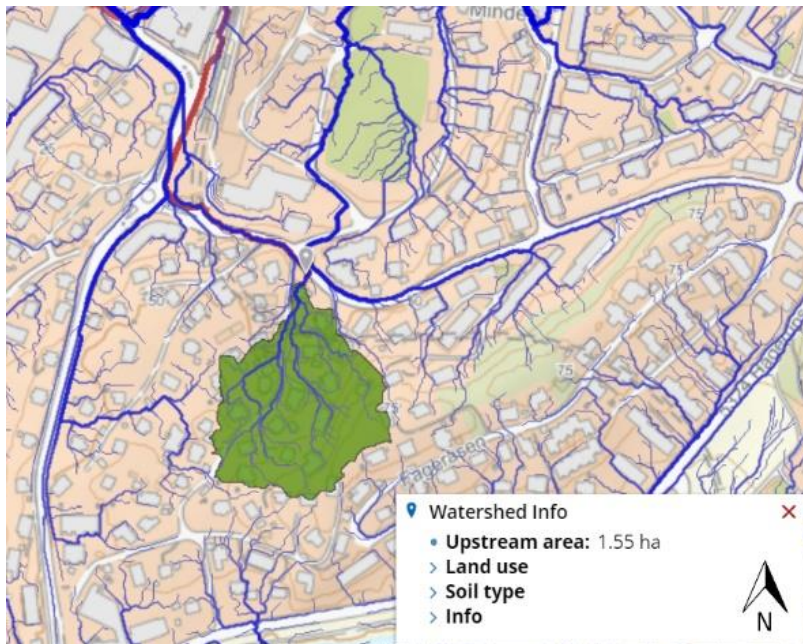
Tegnforklaring til formelen er vist i tabell 8.

$A_{regnbed}$	Regnbedets overflateareal (m ²)
A_{felt}	Nedbørsfeltets areal (m ²)
c	Midlere avrenningskoeffisient
P	Dimensjonerende nedbørsmengde (m)
h_{maks}	Vannstand på overflate før overløp (m)
K_h	Filtermediets infiltrasjonskapasitet (m/t)
t_r	Dimensjonerende varighet på tilrenning (t)

Tabell 8: Forklaring til regnbed formel [44]

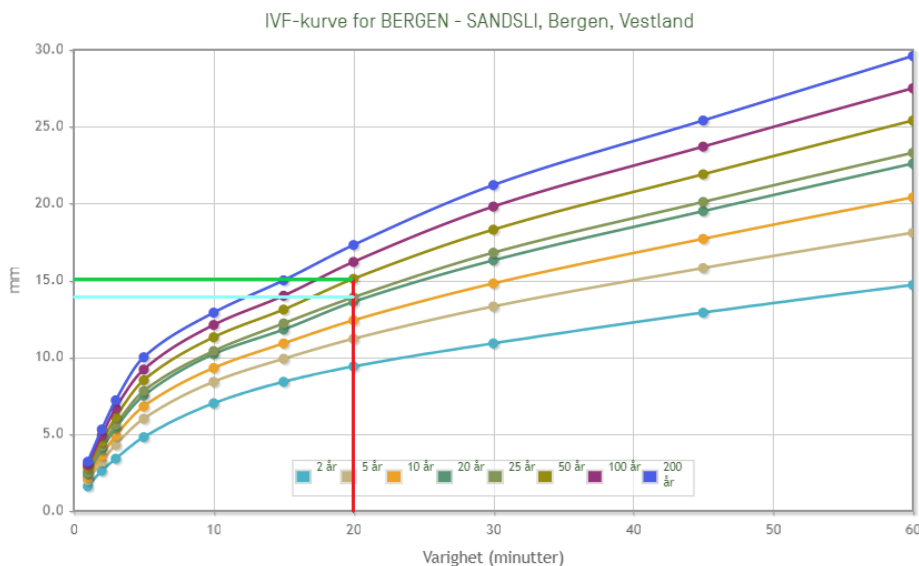
7.3.1 Eksempel dimensjonering

Som et eksempel på dimensjonering av et regnbeds nødvendige overflateareal, er det dimensjonert et regnbed for et mindre nedbørsfelt i planområdet (figur 31). Et slikt tilfelle kan være aktuelt ved en utbygging der regnbed skal inngå som et overvannstiltak.



Figur 31: Nedbørsfelt for beregning av eksempel regnbed. Kilde: Scalgo

Størrelsen på dette nedbørsfeltet, A_{felt} , er 1550 m^2 . Det velges avrenningskoeffisient c lik $0,80$, da nedbørsfeltet inngår i delfelt A fra kapittel 7.1.2. Regnbedet dimensjoneres for en gitt nedbørshendelse med varighet 20 minutter og gjentakintervall 30 år, for at det skal inngå som ledd 2 i treleddstrategien. Det er brukt IVF-kurve for Sandsli med nedbørsmengde i mm for dette regneeksempelet [12] (figur 32).



Figur 32: IVF-kurve for Sandsli med nedbørsmengde i mm. Varighet 20 minutter og gjentakintervall 25 og 50 år. Kilde: Norsk klimaservicesenter [12]

Det interpoleres mellom nedbørsmengdene for 25 år og 50 år gjentakintervall:

$$I_{30 \text{ år}} = I_{25 \text{ år}} - \left(\frac{(I_{25 \text{ år}} - I_{50 \text{ år}}) * 5 \text{ år}}{25 \text{ år}} \right) = 13,9 \text{ mm} - \left(\frac{(13,9 \text{ mm} - 15,1 \text{ mm}) * 5 \text{ år}}{25 \text{ år}} \right) = 14,14 \text{ mm}$$

h_{maks} settes til 20 cm, basert på anbefalinger [44] og foreslåtte verdier for regnbed i VA-rammeplaner utarbeidet for nærliggende steder [43] [45]. Filtermediets sammensetning velges lik den som er foreslått i VA-rammeplan for Mindemyren. Infiltrasjonskapasitet K_h settes til 0,1 m/t, som er anbefalt minimumsverdi under norske forhold, da det er knyttet usikkerhet til den faktiske infiltrasjonskapasiteten i planområdet [44].

Nødvendig overflateareal for regnbed blir med det

$$A_{\text{regnbed}} = \frac{1550 \text{ m}^2 * 0,8 * 0,01414 \text{ m}}{(0,2 \text{ m} + 0,10 \frac{\text{m}}{\text{t}} * 0,333 \text{ t})} = 75,15 \text{ m}^2$$

Det kreves altså regnbed med overflateareal på 75,15 m² for å håndtere nedbør med gjentakintervall 30 år og varighet 20 minutter i den gitte situasjonen. Dette tilsvarer cirka 5% av det aktuelle nedbørsfeltets totale areal.

7.4 Dimensjonering av overvannsledning

Ved dimensjonering av overvannsledningen er utgangspunktet dimensjonerende avrenning med 30 års gjentakintervall, 1651 l/s. Dette er den totale avrenningen for hele nedbørsfeltets areal. En overvannsledning tilknyttet prosjektområdet vil eventuelt legges i tilknytning til Storetveitvegen. Som tidligere nevnt er helningen på vegen relativt jevn og gjennomsnittlig 5%, eller 50 promille. I Bergen kommunes VA-norm stilles det en rekke krav til dimensjonering og legging av overvannsrør [60]. Disse kravene legges til grunn i videre dimensjonering. Helning på 50 promille er godt innenfor kravet på minimum 5 promille fall [61]. I VA-normen heter det at selvrens ikke behøves kontrollert for spillvannsledning med helning større enn 10 promille [62]. Det antas derfor fall på 5% er godt nok for å sikre selvrens i overvannsledningen. I Bergen er betong i utgangspunktet standardvalg som rørmateriale for overvannsledninger tilknyttet vegglegg og andre rørmaterialer krever dispensasjon fra VA-etaten [63]. I lys av dette velges derfor betongrør med innstøpte pakninger som rørtipe. Minimumskrav til diameter er 150 mm [64]. Rørene skal legges rett og eventuelt kobles sammen med kummer i svinger [65]. Utgangspunktet er at kummene har en diameter på minimum 1000 mm og at maks avstand mellom kummene er 80 meter [66]. Siden overvannsledningen skal legges i tilknytning til

Storetveitvegen, må kommunens krav til overdekning på minimum 1 meter og maksimum 2,5 meter hensyntas [67].

For å finne ledningsdiameter, benyttes Colebrooks diagram. Utgangspunktet for diagrammet er Colebrooks formel, $f^{-\frac{1}{2}} = -2 * \log \left(\frac{2,51}{Re * f^{\frac{1}{2}}} + \frac{k}{(3,71 * D)} \right)$. Formelen kan brukes til å finne nødvendig diameter, men er på grunn av dens kompleksitet vanskelig å bruke. Når man skal finne ledningsdiameter i Colebrooks diagram, må man vite dimensjonerende vannføring (l/s), trykktap (promille) og rørruhet k (mm) [26]. Rørruheten er et uttrykk for målbare ujevnheter i røret [68]. Teoretisk rørruhet for nye betongrør varierer mellom 0,3 og 1,0 mm. For eldre betongrør kan rørruheten være betydelig større enn 1,0 mm [26]. Siden det i dette tilfellet dimensjoneres en ny overvannsledning, fastsettes rørruhet på 1,0 mm.

Ved avlesning av Colebrooks diagram (se vedlegg 3) er nødvendig diameter på overvannsledningen cirka 610 mm. Dette rundes opp til nærmeste standarddiameter for betongrør, 800 mm [69]. 800 mm er nødvendig diameter på overvannsledningen nederst i nedbørsfeltet, hvor all avrenningen fra nedbørsfeltet havner. Avrenningen vil være lavere høyere opp i nedbørsfeltet. Nødvendig diameter vil øke etter hvert som avrenningen blir større og nødvendig diameter vil derfor være mindre enn 800 mm lenger oppe i nedbørsfeltet.

8. Drøfting

Beregningene for avrenning viser en betydelig forskjell når man sammenligner dagens situasjon med fremtidig situasjon. Uten tiltak for å håndtere de økte overvannsmengdene vil Wergeland være et sårbart område ved kritiske nedbørshendelser, med høy risiko for skade på bygninger, infrastruktur og lignende. Den økte avrenningen målt i l/s, må ses i sammenheng med avrenningsmønsteret i fremtidens Wergeland, som viser hvor vannet vil renne. Her får man et tydelig bilde på hvilke områder det særlig vil være aktuelt å sette inn tiltak i.

Som første instans i rekken med tiltak er grønne tak et aktuelt alternativ. Grønne tak har mulig negativ innvirkning på overvannets kvalitet, men dette kan løses ved å sette grønne tak i system med andre blågrønne løsninger som lar fosfor og nitrogen bindes i jord. Det er få erfaringer å støtte seg på av grønne tak i Bergen, men ettersom studiene vist til i oppgaven viser at takene

ytter god effekt i form av fordrøyning selv når mediet er vått vil det kunne være gunstig selv i regnfulle Bergen. Den beskrevet effekten for fordrøyning av nedbør samt det positive bidraget til biologisk mangfold og estetikk en slik løsning gir, taler for å anbefale at grønne tak etableres i forbindelse med ny bebyggelse og søkes ettermontert på eksisterende.

Regnhøsting er et lavterskel tiltak som kan yte en effekt mot uønskede overbelastninger av ledningsnett og kan settes i system med grønne tak. Det finnes få ulemper med systemet, og ettersom det kan monteres og ettermonteres uten særlige kostnader eller arbeider tilknyttet burde dette etterstrebes å bli brukt i størst mulig grad for at effekten skal bli størst mulig. Overløpet bør kobles til regnbed for at vann fra grønne tak blir ledet til regnbed for infiltrasjon av vannet.

Regnbed er et tiltak som inngår i et 1-rørs separatsystem, en blågrønn og bærekraftig løsning på problemer med overvann. I tillegg til å kunne bidra til at overvannet infiltreres i grunn og forsinkes for å redusere flomtoppene, kan regnbedet utformes på en måte som gjør det til en viktig estetisk kvalitet i området. I regneeksempelet er det tatt utgangspunkt i en nedbørshendelse med 30 års gjentakintervall. Beregningen viser hvor mye overflateareal regnbedet må ha for å kunne håndtere alt overvannet som følger av en slik nedbørshendelse og viser at regnbed kan brukes som et tiltak tilknyttet mindre nedbørsfelt i området. For eksempel kan regnbed brukes som et av flere overvannstiltak i tilknytning til et leilighetskompleks eller næringsbygg. I beregningene er det særlig knyttet usikkerhet til infiltrasjonskapasiteten i grunnen. Utgangspunktet for valgt kapasitet er undersøkelser gjort i nærliggende områder av andre, i forbindelse med reguleringsarbeid. Det vil derfor være nødvendig med nærmere undersøkelser av infiltrasjonskapasiteten i de spesifikke områdene før større regnbed kan etableres.

Ettersom grøfter evner til å holde på vann og samtidig har positiv rensende effekt, vil grøfter være gunstig å etablere langs Storetveitvegen når den skal utbygges. Dersom grunnundersøkelser viser at en kan påregne infiltrasjon i grunn ville det være ønskelig å anlegge grøftene uten drenering ettersom det støtter opp under ønsket til Bergen kommune om 1-rørs separatsystem som gjenspeiler fokuset på blågrønne, bærekraftige løsninger. Likevel er det ikke kommet med bastante tall som viser til spesifikke effekter angående retensjon/detensjon til grøfter i oppgaven. Grøftens effekt vil være avhengig av utforming på prosjektert veg, men vil uansett fungere som et overvannstiltak i området.

Som et alternativ til asfalterte flater er det sett på bruk av permeable dekker, som belegningsstein. Dette er dekker av riktig utførelse, og riktig vedlikehold kan fungere både som infiltrasjonstiltak og fordrøyningstiltak. Derfor er dette et godt alternativ til bruk av asfalt, hvis grunnforholdene har god nok infiltrasjonsevne. Belegningsstein er med på å gi området estetisk løft, samtidig som infiltrasjonsevnen til slike dekker er langt større enn asfalt. Det er som tidligere nevnt at det er ulemper knyttet til bruk av belegningsstein i forhold til universell utforming. Grunnen til det er en mer ruglete overflate vil det være tyngre å manøvrere seg på slike flater med rullestol, rullator og trillevogn. Universell utforming er særlig viktig å ta hensyn til når byrom utformes med belegningsstein. En mulig kombinasjon av tette flater og permeable flater vil kunne fungere for områder som torg, lekeplasser og parkeringsplasser. Usikkerheten rundt infiltrasjonsmulighetene til grunnen samt planområdets endelige utforming gjør imidlertid at vi ikke kan anbefale bruk av belegningsstein i denne oppgaven.

Det eksisterer lite empiri som kan vise til erfaringer knyttet til supersandsandfang, samt eksempler på dimensjonering. Mye av informasjonen om dimensjonering av supersandfang i denne oppgaven er basert på nevnt dokument fra Trondheim kommune. Gruppen har prøvd å kontakte Multiconsult som har utarbeidet dette dokumentet for datagrunnlag samt metoder brukt i dimensjoneringen, uten hell. Likevel trekkes supersandfang fram som en mulig gunstig løsning forankret i informasjon som er tilgjengelig, grunnet plassmangel i planområdet. Helhetlig kan supersandfang virke sammen med øvrige tiltak diskutert i oppgaven.

For å avgjøre om perkolasjonsmagasin kunne vært gunstig vil en være avhengig av grunnundersøkelser som viser til drenerende grunnforhold. Perkolasjonsmagasin som et tiltak for rensing for vårt område vil med usikkerheten rundt infiltrasjonsmulighetene og på bakgrunn av det volumet det krever ikke være gunstig å anbefale for fullskala rensing av vannet. Det kunne vært aktuelt dersom det hadde blitt dimensjonert for et mindre nedbørsfelt.

Alle blågrønne tiltak som er presentert i denne oppgaven krever vilje og samarbeid til å sette av areal til overvannshåndtering på tvers av alle ledd i utbyggingsfasen. Vegplanleggere, utbyggere, VA ingeniører og arealplanlegger bør alle samarbeide for å få til dette. Særlig er dette viktig i et urbant strøk som Wergeland hvor det er mindre ledig areal. Gjennom et slikt overordnet samarbeid sikrer man best mulig at overvannet håndteres trygt og utnyttes som en kvalitet i området. Selv om et slikt overordnet samarbeid vil være det mest ønskelige, erkjenner vi at det er vanskelig å få til. Utbyggere sine ønsker om høyeste utnyttelse og fortjeneste gir

ikke alltid de mest bærekraftige løsningene. Prosjektering og utbygging utføres av ulike aktører og til forskjellig tid, hvilket vanskeliggjør å få til en felles planlegging av overvannshåndtering. Det viktigste vil i alle tilfeller være å sikre at det etableres et system som sørger for trygg håndtering av overvannsmengdene.

Etablering av egen overvannsledning er den eneste løsningen som på egenhånd kan håndtere de økte overvannsmengdene. Ved å håndtere alt overvannet med en egen overvannsledning, vil man oppnå et 2-rørs separatsystem. Beregningen viser at en ved å anlegge en overvannsledning med diameter 800 mm vil oppnå tilstrekkelig kapasitet til å håndtere alt overvannet i nedbørsfeltet. Man må imidlertid være nøye dersom man velger en løsning med egen overvannsledning. For det første er beregningene for fremtidig avrenning gjort med den rasjonelle formel, med de usikkerhetene som følger med bruk av denne formelen. Den beregnede fremtidige avrenningen danner grunnlag for dimensjonering av overvannsledningen. Dersom man underdimensjoner ledningen, vil man havne i en alvorlig situasjon der det vil være stor fare for oversvømmelser. Ved å anlegge de foreslåtte blågrønne tiltakene i tillegg til overvannsledning, vil man redusere faren for at dette inntreffer. Å legge egen overvannsledning er et kostbart tiltak som vil kreve store anleggsarbeider, noe som er grunnen til at kommunen ikke foretrekker denne løsningen. For vårt område kan legging av overvannsledning utføres samtidig som det etableres sykkelveg med fortau. Dette vil være hensiktsmessig ettersom anleggsarbeider uansett vil foregå på strekningen. Overvannsledning vurderes som en mindre bærekraftig, men nødvendig løsning på overvannsproblematikken i området. Selv om en slik løsning ikke er like gunstig som utelukkende blågrønne løsninger, vil det uansett være bedre enn dagens situasjon med felles avløpsledning.

Det er ikke mulig å fastslå om hvorvidt Storetveitvegen og Minde allé vil fungere som flomveg basert på funnene i denne oppgaven. For å sjekke dette nøyaktig trengs det mer informasjon om vegens utforming og geometri, og det må det utføres simuleringer i programvare vi ikke har hatt tilgang til. Vi har imidlertid utført simuleringer i Scalgo som viser avrenning i planområdet. Nye avrenningspiler indikerer at en med utbedret veg og ny gang- og sykkelveg vil ha en avrenning som følger den tiltenkte flomvegen. Dette betyr at belastningen på dagens flomutsatte områder sannsynligvis reduseres når planlagt veg er på plass. Simuleringene tyder på at en vil kunne nytte Storetveitvegen og Minde allé som flomveg.

9. Konklusjon

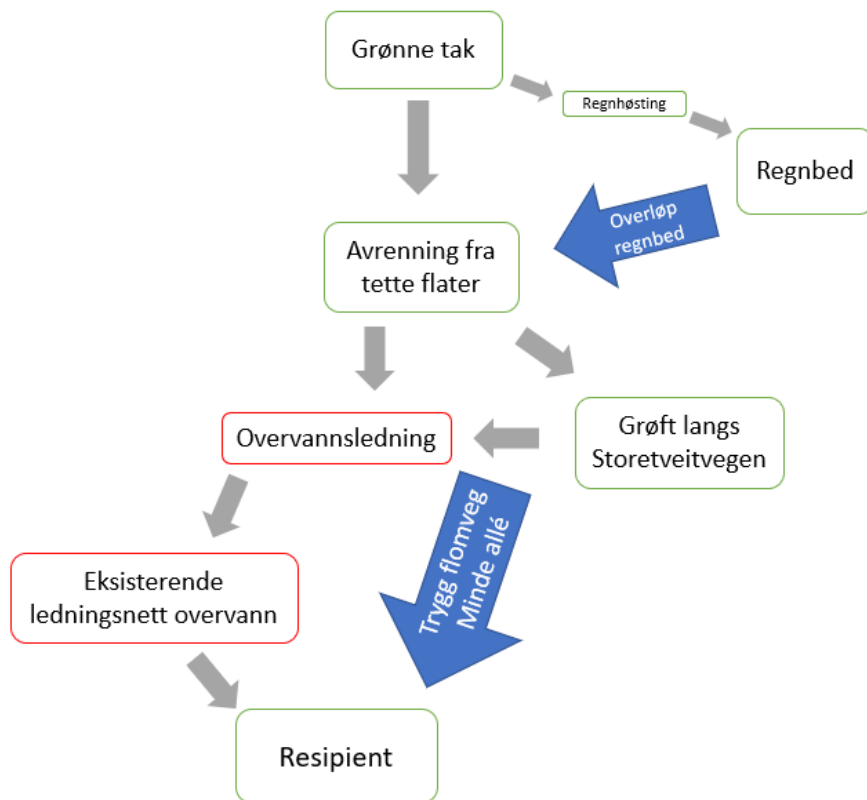
Fortetting og urbanisering av Wergeland fører til økt avrenning i området. For å sikre en bærekraftig håndtering av overvannsmengdene, bør det innføres en overordnet plan som sikrer trygg håndtering i hele nedbørsfeltet. Overvannet bør i størst mulig grad håndteres lokalt med blågrønne løsninger.

Det anbefales at ny bebyggelse skal etableres med grønne tak. Tilknyttet bebyggelsen bør det etableres regnbed, som kan håndtere overvannet fra de grønne takene og bebyggelsens nedbørsfelt. Sammen vil grønne tak og regnbed sørge for fordrøyning, infiltrasjon og en viss grad av rensing. Grønne tak og regnbed vil også ha en positiv effekt på områdets estetiske utforming. Det bør etableres grøft langs Storetveitvegen. Grøften vil sikre en trygg avrenning som beskytter bebyggelse, veg og annen infrastruktur mot vannskader. Den rensende effekten grøften har vil spille en nøkkelrolle for vannets kvalitet i området. Permeable dekker og perkolasjonsmagasin anbefales ikke i denne oppgaven. For stor usikkerhet knyttet til infiltrasjonsmuligheter og områdets endelige utforming gjør det ikke mulig å fastslå hvorvidt slike løsninger vil fungere.

Usikkerhetene knyttet til erfaringer og beregningene for supersandfang gjør imidlertid at det anbefales å avvete implementering av tiltaket i området, frem til det foreligger større studier og/ eller flere erfaringer. Rensing av overvannet bør derfor i utgangspunktet skje gjennom tiltakene regnbed og grøft som et tilskudd til dagens konvensjonelle håndtering.

Det vurderes som vanskelig å oppnå tilstrekkelig håndtering av de totale vannmengdene gjennom utelukkende blågrønne løsninger selv med en overordnet plan. I tillegg til de anbefalte løsningene må det derfor etableres en overvannsledning for å sikre tilstrekkelig kapasitet, selv om det ikke er en foretrukket løsning. Sammen vil de blågrønne løsningene yte en kapasitet i forhold til infiltrasjon, rensing og fordrøyning, mens overvannsledningen sikrer tilstrekkelig kapasitet for det vannet som ikke kan håndteres på overflaten. Ved en flomhendelse tyder simulering av avrenning på at Storetveitvegen og Minde allé kan fungere som flomveg for å sikre trygg avrenning.

Forslag til hvordan en sammenhengende og overordnet plan for overvannshåndtering i området kan se ut, presenteres i flytdiagrammet i figur 33.



Figur 33: Flytdiagram for tenkt situasjon

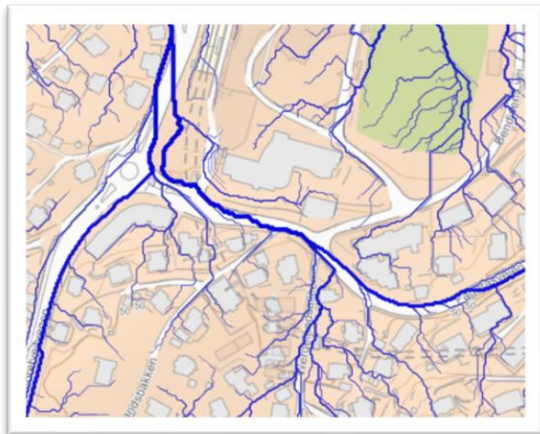
Flytdiagrammet viser at blågrønne tiltak håndterer overvannet lokalt inntil kapasiteten er nådd. Deretter føres vannet til den anbefalte overvannsledningen som kobler seg på eksisterende ledningsnett. Ved flomhendelse vil vannet ledes langs Storetveitvegen og Minde allé til Fjøsangervassdraget.

10. Forslag til videre arbeid

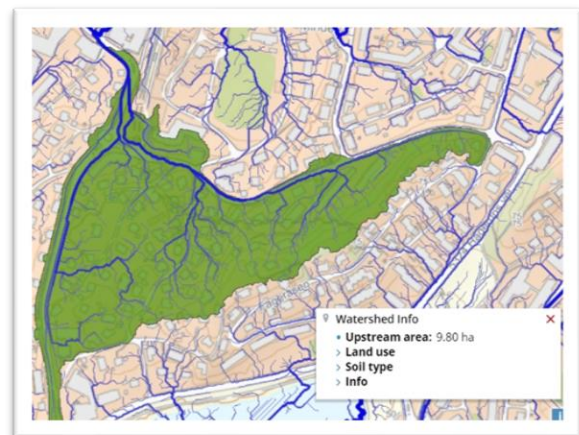
Under arbeid med oppgaven og analyse av området har det dukket opp problemstillinger i området rundt, som har tilknytning til oppgavens område. Dette er problemstillinger som ikke er blitt tatt hensyn til i oppgaven og nevnes derfor her som forslag til videre arbeid.

Utenfor planområdet i krysset Bendixens vei/Fageråsveien, ser man en betydelig del av avrenningen ta av og følge Bendixens vei ned mot fotballbanen og deretter videre. Denne delen av avrenningen ender også opp ved Wergeland bybanestopp. Dette er vist i kapittel 5.3 ved punkt 4 i figur 14.

Som et tiltak for en mer helhetlig overvannshåndtering i området er det sett på effekten av å endre avrenningsmønsteret i Fageråsveien. Tiltaket ligger utenfor oppgavens område, men effekten av et enklere tiltak som å heve terrenget i krysset mellom Fageråsveien og Bendixens vei vil virke positivt inn på problematikken rundt flom ved Wergeland bybanestopp, da dagens situasjon medfører at vannet renner ned til nevnt område.



Figur 34: Endret avrenning i Fageråsveien. Kilde: Scalgo



Figur 35: Nedbørsfelt ved endret avrenning. Kilde: Scalgo

Dersom vannet hadde blitt avskjært ved krysset Bendixens vei / Fageråsveien ser man at avrenning og nedbørsfelt endrer seg (figur 34 og 35). Effekten av dette er økt avrenning som må håndteres i planområde. Dette er har ikke blitt tatt hensyn til når det gjelder dimensjonerings i denne oppgaven, og tiltaket forekommer kun som et forslag til videre arbeid.

11. Kildeliste

- [1] A. D. & K. H. A. & B. R. Sivle, «Store Norske Leksikon,» 19 Desember 2019. [Internett]. Available: <https://snl.no/ekstremv%C3%A6r>. [Funnet 19 Mars 2020].
- [2] Universitetet i Oslo, «Evapotranspirasjon,» 11 Februar 2019. [Internett]. Available: <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/e/evapotranspirasjon.html>. [Funnet 24 Mai 2020].
- [3] Bergen Kommune, «Kommunedelplan for overvann 2019-2029,» 2019. [Internett]. Available: <https://www.bergen.kommune.no/publisering/api/filer/T537215230>. [Funnet 21 Januar 2020].
- [4] Klima og forurensningsdirektoratet, «Beregning av forurensing fra overvann,» Desember 2012. [Internett]. Available: <https://www.miljokommune.no/Documents/Vannforvaltning/Overvann/Beregning%20av%20forurensning%20fra%20overvann%20COWI%202012.pdf>. [Funnet 23 April 2020].
- [5] Norges offentlige utredninger, «Overvann i byer og tettsteder,» 2 Desember 2015. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/contentassets/e6db8ef3623e4b41bcb81fb23393092b/no/pdfs/no201520150016000dddpdfs.pdf>. [Funnet 2 Mai 2020].
- [6] NRK, «Skader fra styrtregn har økt med 800 prosent siden 1990-tallet,» 6 September 2019.
- [7] Bergen kommune, «KPA 2018 Planbeskrivelse,» Bergen kommune, Bergen, 2019.
- [8] Norsk vann, «Norsk Vann,» 2014. [Internett]. Available: <https://norskvann.no/index.php/component/hikashop/produkt/472-r205-baerekraftig-forvaltning-av-va-tjenestene>. [Funnet 23 Mars 2020].
- [9] Miljødirektoratet, «Klimatilpasning i vann og avløpssektoren,» [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/klimatilpasning/klimatilpasning-i-sektorer/vann-og-avlop/>. [Funnet 24 Mai 2020].
- [10] Bergen kommune, «Bergenskart.no,» [Internett]. Available: <http://www.bergenskart.no/bergen/>. [Funnet 15 Februar 2020].
- [11] Kartverket, «norgeskart,» [Internett]. Available: <https://norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1002&zoom=4&lat=7197864.00&lon=396722.00>. [Funnet 27 03 2020].

- [12] Norsk klimaservicesenter, «Nedbørsintensitet,» [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml>. [Funnet 23 05 2020].
- [13] Bergen kommune, «Tall som beskriver klima i Bergen,» 11 27 2019. [Internett]. Available: <https://www.bergen.kommune.no/omkommunen/fakta-om-bergen/klima/tall-som-beskriver-klima-i-bergen>. [Funnet 10 05 2020].
- [14] Norges Geologiske Undersøkelse, «KART PÅ NETT,» 9 Mai 2019. [Internett]. Available: <https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett>. [Funnet 10 Mai 2020].
- [15] Hordaland Fylkeskommune, Bergen kommune og Statens vegvesen, «Bergensprogrammet,» 12 2016. [Internett]. Available: http://bergensprogrammet.no/wp-content/uploads/2016/12/E_Teknisk_forprosjekt_Delstrekning_2.pdf. [Funnet 30 April 2020].
- [16] Wergeland Boligutvikling, «Forslagstillers Planbeskrivelse,» 31 Mai 2018. [Internett]. Available: https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00333/Planbeskrivelse_333952a.pdf. [Funnet 30 April 2020].
- [17] Norsk Vann, «Rapport 178,» 17 Desember 2010. [Internett]. Available: https://www.nibio.no/tema/miljo/mindre-avlop/rapporter/_/attachment/inline/0baeca67-6e3a-4565-a1e7-74c39ccf4aa5:4766a682cf7f29199ab752f22a7c70d773b7a765/Norsk%20Vann-rapport%20178-2010%20Grundens%20BDkelses%20for%20infiltrasjon.pdf. [Funnet 1 Mai 2020].
- [18] Bergen kommune, «Kommuneplanen arealdel 2018,» 2019. [Internett]. Available: <https://bergen.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=10118e25d3a44cd8a294869b99c2f137>. [Funnet 03 Mai 2020].
- [19] Bergen kommune, «Wergeland sentrum Planbeskrivelse,» Bergen kommune, Bergen, 2012.
- [20] asplan viak, «WERGELAND TERRASSE AS PLANESKRIVELSE,» Bergen, 2013.
- [21] Norconsult, «ÅRSTAD. GNR 13 BNR 140, MFL., FANAHALLEKVARTALET Planbeskrivelse,» Bergen, 2009.
- [22] S. Grønmo, «kvantitativ metode,» 16 April 2020. [Internett]. Available: https://snl.no/kvantitativ_metode. [Funnet 10 Mai 2020].

- [23] S. Grønmo, «kvalitativ metode,» 10 Januar 2020. [Internett]. Available: https://snl.no/kvalitativ_metode. [Funnet 10 Mai 2020].
- [24] Statens vegvesen, «Vegkart,» [Internett]. Available: <https://www.vegvesen.no/nvdb/vegkart/v2/#kartlag:geodata/@-30958,6730375,14>. [Funnet 16 April 2020].
- [25] Bergen kommune, «Planregister,» [Internett]. Available: <https://www.arealplaner.no/bergen4601>. [Funnet 27 03 2020].
- [26] H. Ødegaard, Vann- og avløpsteknikk, 2. red., Norsk Vann, 2014.
- [27] Miljødirektoratet, «Metoder for beregning av klimafaktor for fremtidig nedbørsintensitet,» 2014.
- [28] Miljødirektoratet, «Overvann,» Miljødirektoratet, 7 Mars 2016. [Internett]. Available: <https://www.klimatilpasning.no/klimautfordringer/overvann/>. [Funnet 8 Mai 2020].
- [29] Miljødirektoratet, «Overvannshåndtering,» Miljødirektoratet, 22 November 2019. [Internett]. Available: <https://www.klimatilpasning.no/sektorer/vann-og-avlop/oppgaver/handtering-av-overvann/>. [Funnet 8 Mai 2020].
- [30] Statens vegvesen, «Drenering og håndtering av overvann,» Februar 2018. [Internett]. Available: https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/publikasjoner/Statens+vegvesens+rappporter/_attachment/2162096. [Funnet 8 Mai 2020].
- [31] Miljødirektoratet, «Avløpshåndtering,» 08 Mars 2016. [Internett]. Available: <https://www.klimatilpasning.no/sektorer/vann-og-avlop/oppgaver/avlopshandtering/>. [Funnet 2020 05 07].
- [32] Bergen kommune, «Hovedplan for avløp og vannmiljø 2019-2028,» 2019. [Internett]. Available: <https://www.bergen.kommune.no/publisering/api/filer/T536588040>. [Funnet 09 05 2020].
- [33] Bergen kommune, «Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune,» 2005. [Internett]. Available: https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00010/Retningslinjer_for_o_10779a.pdf. [Funnet 23 Mars 2020].

- [34] Norsk Vann, «8.0 Generelle bestemmelser,» [Internett]. Available: <https://www.va-norm.no/dokument/8-transportssystem-avlop-felles/8-0-generelle-bestemmelser/>. [Funnet 07 Mai 2020].
- [35] Statens vegvesen, «Vannbeskyttelse i vegplanlegging og vegbygging,» 1 Juli 2014. [Internett]. Available: https://www.vegvesen.no/_attachment/1160093/binary/1086413?fast_title=Vannbeskyttelse+i+vegplanlegging+og+vegbygging. [Funnet 31 Mars 2020].
- [36] VA/Miljø-blad, «Nr. 93. Åpne flomveier,» 04 Februar 2016. [Internett]. Available: <http://www.va-blad.no/utgitte-blader/>. [Funnet 08 Mai 2020].
- [37] Statens Vegvesen, Vegbygging - Håndbok N200, Vegdirektoratet , 2018.
- [38] Regjeringen, «Høring - Forslag til endringer i plan- og bygningsloven - Håndtering av overvann,» 2 April 2020. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/contentassets/873441b5fd3840a392048779e8c93654/endelig-horingsnotat-2.-mars-2020---overvann.pdf>. [Funnet 15 Mai 2020].
- [39] Regjeringen , «Regjeringen foreslår blågrønne løsninger for overvann,» 2 April 2020. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-foreslar-blagronne-losninger-for-overvann/id2691966/>. [Funnet 15 Mai 2020].
- [40] Miljødirektoratet, «Grønne tak som LOD- og miljøtiltak,» 10 Januar 2019. [Internett]. Available: <https://tema.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M1153/M1153.pdf>. [Funnet 7 Mai 2020].
- [41] Norges Geologiske Undersøkelser, «Grønne tak,» 28 August 2018. [Internett]. Available: <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/arealforvaltning/klimatilpasning/gronne-tak>. [Funnet 25 Mai 2020].
- [42] NVE, «Grønne tak for flomdemping,» Januar 2016. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/Media/5036/overvann-gr%C3%B8nne-tak-for-flomdemping.pdf>. [Funnet 29 April 2020].
- [43] Norconsult, «VA rammeplan Mindemyren,» 2017. [Internett]. Available: http://bergensprogrammet.no/wp-content/uploads/2016/12/F_VA-rammeplan-2.pdf. [Funnet 17 April 2020].
- [44] K. H. Paus og B. C. Braskerud, «Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold,» *Vannforeningen*, 2013.

- [45] Rambøll, «VA-rammeplan Krohnsminde idrettsplass,» 2015. [Internett]. Available: https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00258/VA_rammeplan_258684a.pdf. [Funnet 02 Mai 2020].
- [46] NVE, «Regnhøsting for vanning i hager,» Januar 2016. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/Media/5026/overvann-regnh%C3%B8sting-for-vanning-i-hage.pdf>. [Funnet 15 Mai 2020].
- [47] A.-S. Magnusson, «Klimatilpassing,» 25 Januar 2019. [Internett]. Available: <https://www.klimatilpassing.no/eksempler/blagronne-losninger/apne-bekker/>. [Funnet 8 Mai 2020].
- [48] Byggetegninger, «Dimensjonering og bruk av permeable dekker med belegningsstein,» Oktober 2013. [Internett]. [Funnet 25 Mai 2020].
- [49] Lørenskog, Skedsmo og Rælingen kommune, «Retningslinjer for overvannshåndtering,» 21 Juni 2017. [Internett]. Available: https://www.lorenskog.kommune.no/_f/p11/i3cc789c6-8622-40f4-a418-285ecc76b136/retningslinjer-overvannshandtering.pdf. [Funnet 5 Mai 2020].
- [50] E. Sivertsen, «Sintef,» 2 Oktober 2018. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/community/fagblogg/poster/permeable-dekker-med-belegningsstein-i-betong-handterer-overvann/>. [Funnet 8 Mai 2020].
- [51] Jordforsk, «Vann og veg - filterløsninger for overvann og vaskevann fra tunneller,» Senter for jordfaglig miljøforskning, 2004.
- [52] Multiconsult, «Fredlybekken, vannkvalitet,» 1 Mars 2019. [Internett]. Available: <http://fredlydalen.synology.me/fdv/Multiconsult/MultiConsult%20Vannkvalitetnotat.pdf>. [Funnet 26 April 2020].
- [53] S. Stenius, P. A. Glad, T. K. Wang og T. Væringstad, «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt,» 2015. [Internett]. Available: http://publikasjoner.nve.no/veileder/2015/veileder2015_07.pdf. [Funnet 15 Mai 2020].
- [54] Cowi, «REGULERINGSPLAN - LEILIGHETSPROSJEKT BELLEVUE,» 2014. [Internett]. Available: https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00231/VA_rammeplan_231490a.pdf. [Funnet 17 April 2020].

- [55] Norconsult, «VA-rammeplan Kristiansholm, Sandvikstorget, Rosegrenden,» 2017. [Internett]. Available: https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00314/VA-rammeplan_314376a.pdf. [Funnet 17 April 2014].
- [56] asplan viak, «VA-Rammeplan – Leaparken,» 2015. [Internett]. Available: https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00245/VA_rammeplan_245562a.pdf. [Funnet 17 April 2020].
- [57] asplan viak, «VA-Rammeplan Årstadvollen,» 2017. [Internett]. Available: https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00337/VA-rammeplan__rstad_337834a.pdf. [Funnet 17 April 2020].
- [58] Miljø fluid teknikk, «Downstream defender,» 28 Mars 2019. [Internett]. Available: <https://mft.no/wp-content/uploads/DownstreamDefender-PI.pdf>. [Funnet 28 April 2020].
- [59] Stiftelsen VA/Miljø-blad, «Gatesandfang,» Mars 2016. [Internett]. Available: http://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2016/06/Blad-117_15.06.16.pdf. [Funnet 5 Mai 2020].
- [60] Norsk Vann, «VA-norm,» [Internett]. Available: <https://www.va-norm.no/bergen/>. [Funnet 07 Mai 2020].
- [61] Norsk Vann, «7.5 Minimumsfall/selvrensning,» [Internett]. Available: <https://www.va-norm.no/dokument/7-transportssystem-overvann/7-5-minimumsfallselvrensning/?source=9&override=1&real=3670&l=nb>. [Funnet 07 05 2020].
- [62] Norsk Vann, «6.5 Minomumsfall/ selvrensning,» [Internett]. Available: <https://www.va-norm.no/dokument/6-transportssystem-spillvann/6-5-minimumsfallselvrensning/>. [Funnet 07 Mai 2020].
- [63] Norsk vann, «7.7 Rørledninger og rørdeler,» [Internett]. Available: <https://www.va-norm.no/dokument/7-transportssystem-overvann/7-7-rorledninger-og-rordeler/?source=9&override=1&real=3646&l=nb>. [Funnet 07 Mai 2020].
- [64] Norsk Vann, «7.4 Minstedimensjoner,» [Internett]. Available: <https://www.va-norm.no/dokument/7-transportssystem-overvann/7-4-minstedimensjoner/?source=9&override=0&l=nb>. [Funnet 07 Mai 2020].
- [65] Norsk Vann, «7.10 Ledning i kurve,» [Internett]. Available: <https://www.va-norm.no/dokument/7-transportssystem-overvann/7-10-ledning-i-kurve/?source=9&override=1&real=3676&l=nb>. [Funnet 07 Mai 2020].

- [66] Norsk Vann, «7.14 Avstand mellom kummer,» [Internett]. Available: <https://www.va-norm.no/dokument/7-transportssystem-overvann/7-14-avstand-mellom-kummer/?source=9&override=1&real=3682&l=nb>. [Funnet 07 Mai 2020].
- [67] Norsk Vann, «7.6 Styrke og overdekning,» [Internett]. Available: <https://www.va-norm.no/dokument/7-transportssystem-overvann/7-6-styrke-og-overdekning/?source=9&override=1&real=3672&l=nb>. [Funnet 07 Mai 2020].
- [68] E. O. M. Wroldsen, «Singulærtaps påvirkning på systemruheten til trykksatte avløpspumpeledninger og den tilhørende pumpedriften,» 2014. [Internett]. Available: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/222915/Masteroppgave%20Brage.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Funnet 09 Mai 2020].
- [69] VA/Miljø-blad, «Nr. 14. Kravspesifikasjon for betong avløpsrør,» 31 Januar 2017. [Internett]. Available: <http://www.va-blad.no/kravspesifikasjon-for-betong-avlopsror/#toc4>. [Funnet 08 Mai 2020].
- [70] Yr, «Yr,» 2020. [Internett]. Available: <https://www.yr.no/nb/historikk/graf/1-2318767/Norge/Vestland/Bergen/Florida>. [Funnet 26 Mars 2020].
- [71] Statens Vegvesen, «N100 - Veg og gateutforming,» 2018. [Internett].
- [72] O. H. Dale, «bygg.no,» 04 Desember 2018. [Internett]. Available: <http://www.bygg.no/article/1376262>. [Funnet 02 Mai 2020].
- [73] PNGfuel, *Infiltration Soil Stormwater Precipitation*, <https://www.pngfuel.com/free-png/fzbx>.
- [74] Wavin, «VA-fagsamling,» 12 Februar 2009. [Internett]. Available: <http://www.heva.no/images/stories/Arrangement/februar09/norsk%20wavin%201.pdf>. [Funnet 25 Mai 2020].
- [75] Bergen kommune, «Bestemmelser til KPA2018,» 19 Juni 2019. [Internett]. Available: <https://www.bergen.kommune.no/publisering/api/filer/T537387159>. [Funnet 2020 Mai 02].
- [76] Bergen kommune, «Kommunedelplan for overvann,» [Internett]. Available: <https://kart.bergen.kommune.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=04ae4415f33c431e9810327c18a263a1>. [Funnet 07 Mai 2020].

12. Vedlegg

Vedlegg 1: Supersandfang fra Miljø fluid teknikk

Kilde [58]

	Indre dia (mm)	Inn/utløp (mm)	Dim vannføring 1 (l/s)	Dim vannføring 2 (l/s)	Maks vannføring (l/s)	Trykktap (ved Q _{2dim}) (mm)	Olje- volum (l)	Slam/ sand- volum (l)
Modell størrelse	D	DN ¹⁾	Q _{1dim} ²⁾	Q _{1dim} ³⁾	Q _{maks} ⁴⁾	h	V _o	V _s
DD120PE	1200	300	30	35	120	150	270	380
DD180PE	1800	500	65	85	270	225	1300	1040
DD255PE	2550	600	135	170	540	300	2450	3230
DD300PE	3000	800	190	230	750	375	4550	3810

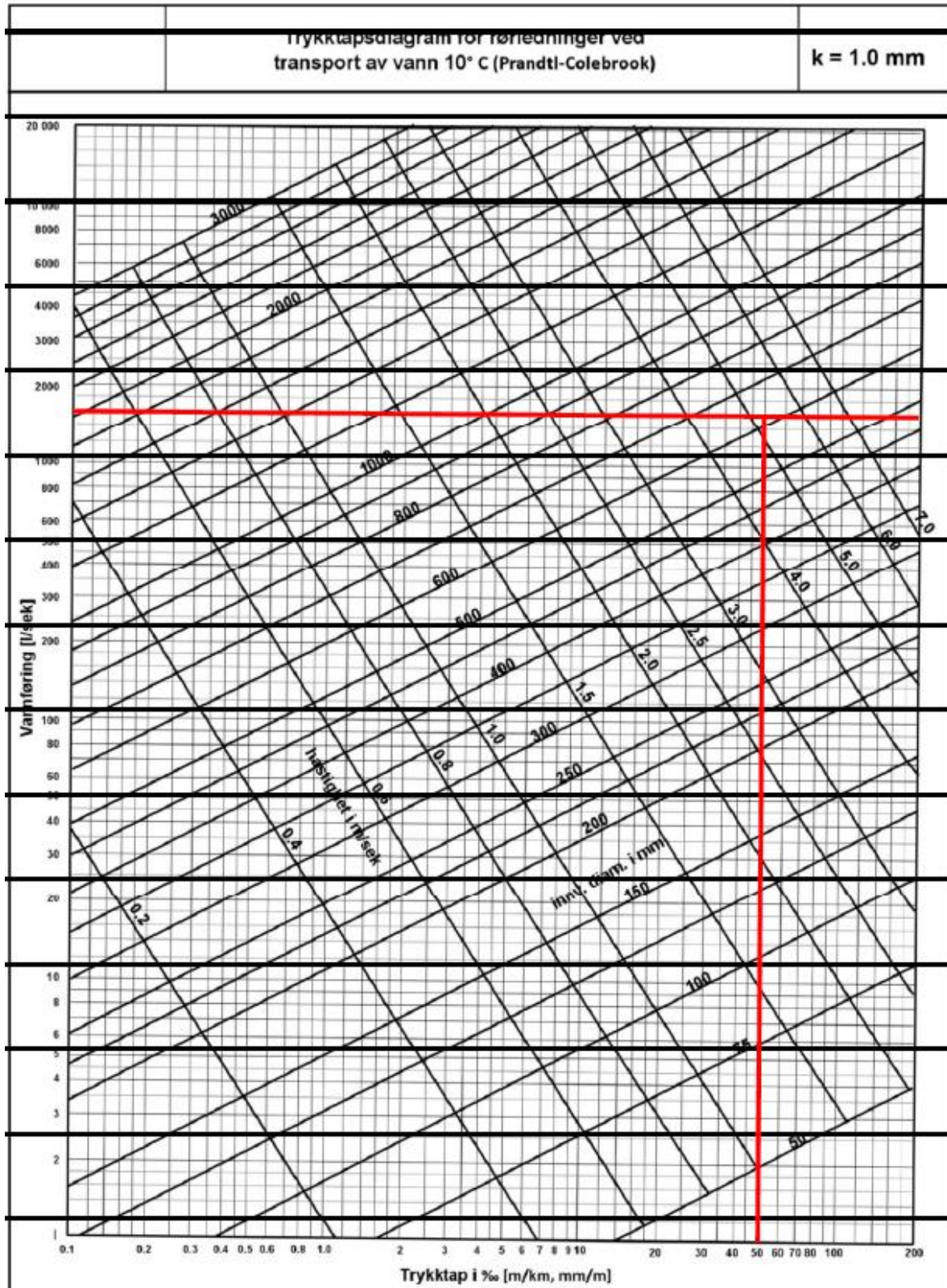
Vedlegg 2: Anbefalte konsentrasjonsnivåer for fremtidige beregninger

Kilde [4]

Stoff (enhet)	Tett by (> 50% tette flater)	Åpen by (< 50% tette flater)	Vei (ÅDT>30.000)	Vei (ÅDT<30.000)
Total N (gN m ⁻³)	2,5	1,0	1,8	0,9
Nitrat (gN m ⁻³)	1,1	0,5	0,8	0,5
Ammonium (gNm ⁻³)	0,3	0,15	0,2	0,1
Total P (gP m ⁻³)	0,25	0,15	0,25	0,15
Oppl. P (gP m ⁻³)	0,15	0,07	0,40	0,15
TSS (g m ⁻³)	100	40	150	50
COD (g m ⁻³)	55	35	80	40
Klorid (g m ⁻³)	-	-	120	120
Sulfat (g m ⁻³)	15	15	15	15
As (mg m ⁻³) (P)	4	2	4	2
Pb (mg m ⁻³) (V,P)	18	5	30	15
Cd (mg m ⁻³) (V,P)	0,30	0,10	0,5	0,2
Cu (mg m ⁻³)	20	10	50	30
Cr (mg m ⁻³) (P)	6	4	5	3
Hg (mg m ⁻³) (V,P)	0,1	0,05	0,1	0,05
Ni (mg m ⁻³) (V)	10	4	6	3
Zn (mg m ⁻³)	150	55	170	50

Vedlegg 3: Colebrooks diagram

Colebrooks formel for $k = 1.0 \text{ mm}$



1 Colebrooks diagram med $k=1$

Vedlegg 4: Tabell 403.2 fra N200

Kilde: [37]

Tabell 403.2 Risiko for biologisk skade i vannforekomst og behov for rensertiltak

Trafikk (ÅDT)	Biologisk påvirkning	Behov for rensertiltak
< 3 000	Lav sannsynlighet for biologiske effekter i vannforekomsten.	Ikke rensertiltak, avrenning over vegskulder og infiltrasjon i grunnen.
3 000 – 30 000	Middels – høy sannsynlighet for biologiske effekter i vannforekomsten. Vannforekomstens sårbarhet (<i>lav, middels, høy</i>) er avgjørende.	Rensertiltak skal benyttes hvis vannforekomsten har <i>middels</i> eller <i>høy</i> sårbarhet. Ved vannforekomster med <i>høy</i> sårbarhet og hvor ÅDT > 15 000 bør rensertiltaket minimum bestå av to trinn.
> 30 000	Høy sannsynlighet for biologiske effekter i vannforekomsten.	Rensertiltak skal benyttes, også ved utslipp til kystvann. Rensertiltak bør minimum bestå av to trinn.

Vedlegg 5: Tabell til å klassifisere rensing fra Bergen kommune

Kilde: [33]

	Resipient				
	Mark		Vassdrag/sjø		
Forurensningsinnhold	Infiltrasjonsgrunn	Grunn ikke egnet for infiltrasjon	Svært ømfindtlig	Ømfindtlig	Mindre ømfindtlig
Lavt	Infiltrasjon og fordøyning	Bortledning til vannveier eller ledningsnett	Ikke rensing	Ikke rensing	Ikke rensing
Middels	Infiltrasjon og fordøyning	Bortledning til vannveier eller ledningsnett	Rensing vurderes (evt. bortledning til avløpsnett/ annen resipient)	Rensing vurderes (evt. bortledning til avløpsnett/ annen resipient)	Ikke rensing
Høyt	Rensing før infiltrasjon (evt. bortledning til avløpsnett/ annen resipient)	Bortledning til ledningsnett. Rensing	Rensing	Rensing	Rensing vurderes

Vedlegg 6: Excel-fil med beregninger for avrenning

Se eget vedlegg Beregninger_avrenning.

Vedlegg 7: Excel-fil med beregninger for dimensjonering av regnbed

Se eget vedlegg Beregninger_regnbed.