



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2021 30 stp

Fakultet for realfag og teknologi

Fordrøyning i marka som element i et helhetlig overvannsystem

Detention in woodland areas as part of urban
stormwater management

Andrea Borge

Vann- og miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgaven er en markering av slutten på mitt femårige masterstudium innen vann- og miljøteknikk ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven har et omfang på 30 studiepoeng og er skrevet ved Fakultet for realfag og teknologi.

Jeg vil takke min hovedveileder Vegard Nilsen for god hjelp, engasjement og støtte i arbeidet med oppgaven. Jeg vil også takke min biveileder Julia Kvitsjøen fra Vann- og avløpsetaten (VAV) for idé til oppgaven og biveileder Bent C. Braskerud fra Plan og bygningsetaten (PBE) for gode innspill og god hjelp under befaringene som ble utført. Også en takk til Linn Marie Heimberg ved Klimaetaten (KLI) og Knut Johansson ved Bymiljøetaten (BYM) for sitt engasjement og bidrag på befaring.

Til slutt vil jeg takke mine utholdende foreldre og samboer for støtte gjennom denne perioden.

Oslo, juni 2021



Andrea Borge

Sammendrag

Klimaet er i endring og verden i dag opplever hyppigere og kraftigere tilfeller med ekstremnedbør. Byenes tette overflater oversvømmes og ledningsnettene har ikke kapasitet til å ta imot alt vannet. I denne oppgaven er det undersøkt muligheten til å bruke fordrøyning i marka som et ledd i et helhetlig overvannssystem, for å redusere skader ved avrenning nedstrøms inn i byggesonen.

Med fordrøyning i marka menes det å bygge permeable fordrøyningsanlegg av stedege materialer, for å holde tilbake vannet i mindre bekker og fuktdrag. Det å bruke marka som hjelp til flomdemping i urbant miljø er ikke sett så mye på her til lands, derfor kan det være nyttig å undersøke om dette kan være et godt alternativ. Denne oppgaven er en mulighetsstudie der et av formålene er å utarbeide vurderingskriterier som bør ligge til grunn når man vurderer å anlegge fordrøyningsanlegg i marka.

Det er foretatt kartanalyser og befaringer for å se på mulighetene til konstruksjon av fordrøyningsanlegg, basert på foreslåtte vurderingskriterier. Dette for å finne ut hvor mye informasjon vi kan få ut av kart, før vi befarer de ulike områdene i nedbørfeltene. Et nettbasert kartverktøy, ScalgoLive, er brukt for å se på nedbørfelt ved hjelp av dreneringslinjer og topografi, for så å befare og se om dataene stemmer med virkeligheten.

Det er utarbeidet en kriterieoversikt som er en veileder for valg av hvilke fordrøyningsanlegg som kan anlegges i ulike områder rundt bekkeløp. Der kommer det frem at topografien er det mest avgjørende kriteriet.

Resultatet av kartanalysen ga informasjon om hvor fordrøyningsanlegg sannsynligvis kan konstrueres, men detaljert plassering og type anlegg kan ikke anbefales uten å gå på befaring. Under befaringen ble det funnet egnede plasseringer for tiltak. Disse områdene ble testet i ScalgoLive for å få et anslag på vannlagringsvolumet av anleggene. Hvert enkelt anlegg lagrer forholdsvis lite volum sammenlignet med avrenningsvolumet, men den samlede effekten av flere anlegg i vassdraget kan trolig bli betydelig.

Summary

The climate is changing, and today's world is experiencing more frequent and severe cases of extreme rainfall. The impermeable surfaces of the cities are flooded, and the pipe network does not have the capacity to receive all the water. In this thesis, the possibility of using detention in the woodlands as part of a comprehensive stormwater management system has been investigated, to reduce damages as the water flows into the construction zone.

Detention in the woodlands is defined as permeable detention systems made from native materials to retain the water in smaller streams and wetlands. Using woodlands as an aid to flood mitigation is not studied very much in this country, so further investigations of whether this is a good alternative may be useful. This thesis is a feasibility study where one of the purposes is to prepare assessment criteria that could be used as a basis when considering construction of detention systems in the woodlands.

Map analyzing and site inspections are required to examine the possibility of constructing detention systems based on proposed assessment criteria. This is to find out how much information we can get out of maps before we inspect in the field the various areas in the catchment. The map program ScalgoLive is used to study catchments using drainage lines and topography, before doing field inspections to see if the map data agrees with reality.

A list of criteria has been made, which as a guide for choosing which detention systems can be built in different areas around streams. It states that topography is the most decisive criterion.

The results of the map analysis provided information on where detention facilities probably can be constructed, but detailed location and type of facilities cannot be recommended without field inspections. During the inspection, suitable locations for measures were found. These areas were tested in ScalgoLive to get an estimate of the water storage volume of the facilities. Each individual dam stores a relatively little volume compared to the run-off volume, but the total effect of several dams in the watercourse is probably considerable.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	1
Sammendrag.....	2
Summary.....	3
Innholdsfortegnelse.....	4
1 Introduksjon.....	7
1.1 Overvannsutfordringer, klima og tretrinnsstrategien.....	8
1.1.1 Klimautfordringer.....	8
1.1.2 Overvannsutfordringer og urban flom.....	8
1.1.3 Tretrinnsstrategien.....	9
1.2 Formål med fordrøyning i marka.....	10
1.3 Eksisterende tekniske løsninger for fordrøyning i marka.....	11
1.3.1 Lekkende tømmerdammer («Leaky woody dams»).....	11
1.3.2 Stammebarriere.....	12
1.3.3 Kvistdammer («Bushwood dam»).....	13
1.3.4 Stokkdammer.....	14
1.3.5 Stokkdammer med kvist.....	15
1.3.6 Steindammer.....	15
1.3.7 Beverdammer.....	16
1.4 Erfaringer.....	17
1.4.1 Storbritannia – Slowing the flow at Pickering.....	17
1.4.2 Slovakia.....	17
1.2.5 Norge - Minnesund stasjon.....	18
1.5 Planlegging, drift og vedlikehold.....	18
1.5.1 Overvannsavrenning.....	18
1.5.2 Andre beregninger.....	20
1.5.3 Forhold til vurdering.....	20
1.5.4 Drift og vedlikehold.....	22
1.6 Problemstilling.....	23
2 Metode.....	24
2.1 Temakart for overvann og urban flom.....	24

2.2	Valg og presentasjon av vurderingskriterier	24
2.2.1	Topografi: slak, middels bratt, bratt.....	25
2.2.2	Grunnforhold: Berg, myr, sedimenter.....	25
2.2.3	Natur og biologisk mangfold: Jordbruk, fiskevandring, naturvern, amfibier.....	25
2.2.4	Skogtype: løvskog, barskog.	26
2.2.5	Friluftsliv: turstier, skogsveier.....	26
2.3	Utvelgelse av testfelt	26
2.4	Kartdata	32
2.4.1	ScalgoLive	32
2.5	Befaring	33
2.6	Estimat på fordrøyningspotensiale	33
3	Resultater	35
3.1	Resultater fra kartanalyse	35
3.1.1	Sammendrag	35
3.1.2	Risbekken	36
3.1.5	Øvre Prinsdal.....	41
3.2	Observasjoner fra befaring	47
3.2.1	Sammendrag	47
3.2.2	Risbekken vest og øst	48
3.2.3	Øvre Prinsdal.....	53
3.3	Lagringsvolum i foreslåtte fordrøyningsanlegg	56
3.4	Oversikt over vurderingskriterier og fordrøyningsanlegg	59
4	Diskusjon	61
4.1	Kriteriene	61
4.2	Sammenlikning av kartanalyse og befaring	61
4.2.1	Optimalisering av fordrøyningseffekt	63
4.2.2	Optimalisering av infiltrasjon	63
4.3	Kriterieoversikten	64
4.3.1	Topografi	64
4.3.2	Grunnforhold	65
4.3.3	Natur og biologisk mangfold	66
4.3.4	Skogtype.....	67
4.3.5	Friluftsliv	68

4.4	<i>Begrensninger og usikkerhet</i>	68
4.4.1	Naturlige forhold	70
4.4.2	Spesifikasjoner ved fordrøyningsanlegg	70
4.4.3	Beregninger.....	70
5	Konklusjon	72
6	Referanser	73
	VEDLEGG 1	77
	VEDLEGG 2	84

1 Introduksjon

Kloden vår står ovenfor en endring i klimaet som vi må greie å tilpasse oss. Noen områder opplever ekstrem tørke mens andre opplever ekstremnedbør (Hanssen-Bauer, 2015). Tilpasning til klimaendringene blir derfor en viktig del i planlegging, bygging og vedlikehold av infrastruktur, slik at vi ikke øker skadeomfanget. I marka finnes det et naturlig bekkesystem, som tar imot og avleder overvannet. Når vi bygger i marka forandres dette systemet. Forandringen kan bestå i bygging av tette flater til fullstendig erstatning av det naturlige bekkesystemet, ved å legge bekker i lukkede ledninger. I et urbant strøk blir overvannet normalt ledet inn i et system som består av to delsystemer. Det ene systemet er markoverflaten med det naturlige bekkesystemet og det andre er ledningsnettets (Lindholm et al., 2008).

Når det er snakk om åpen og lokal håndtering av overvann, er det laget mange ulike alternativer, som f.eks. grønne tak, regnbed, bygging av permeable overflater og åpning av bekker som tidligere har blitt lagt i rør. Denne masteroppgaven vil ta for seg et felt innenfor overvannshåndtering som det tidligere ikke er blitt sett så mye på her til lands. Det skal sees på muligheter til å fordrøye vann i marka ved større nedbørshendelser, slik at vannføringen som renner inn til urbane strøk kan forsinkes før vannet føres inn i rør og fører til skader i bebyggelsen. Dersom tiltak i marka kan avlaste ledningsnettets i byene, vil overvannsrørene ha mer kapasitet til å ta imot overvannet som renner på de tette overflatene i byen. Fordrøyning i marka er benyttet i noen andre land, derfor er det interessant å se på om dette også er noe som kan implementeres i Norge. I hovedsak vil fordrøyning i marka ha sammenheng med trinn 2 (forsink og fordrøy) i tretrinnsstrategien (Lindholm et al., 2008), som blir nærmere forklart i kapittel 1.1.3.

1.1 Overvannsutfordringer, klima og tretrinnsstrategien

1.1.1 Klimautfordringer

I publikasjonen «Klimarapport 2100» (Hanssen-Bauer, 2015) fremkommer det at styrtregnsperiodene og regnflommene blir kraftigere og vil forekomme hyppigere. I Norge har årsmiddeltemperaturen økt med ca. 1°C fra 1900 til 2014 og økt temperatur har ført til at vårflommene kommer tidligere. De siste årene har regnflommer kommet hyppigere, dette har sammenheng med en økning av ekstremnedbør. I vassdrag som domineres av regnflom forventes det en økning opp til ca. 60% av flomstørrelsene. Flere kraftige lokale regneperioder med en økende intensitet vil skape utfordringer i små, bratte elver og bekker i og utenfor urbane strøk. Med økt temperatur kommer det også lengre perioder med tørke. Det fører til en økning av markvannunderskudd, lav grunnvannstand og lav vannføring i elvene om sommeren. Dette vil få følger for jordbruk, skogbruk og skogbranner med tanke på vannbehov.

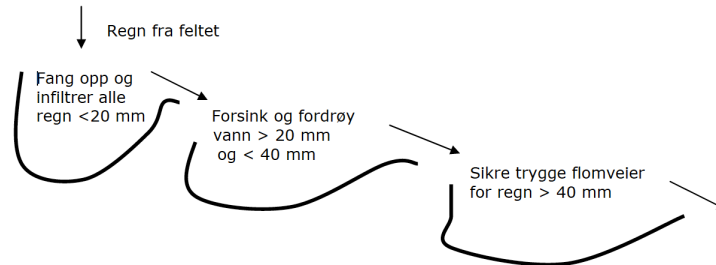
1.1.2 Overvannsutfordringer og urban flom

Overvann er det vannet som ikke infiltrerer i bakken ved nedbør eller når snøen smelter. I naturen renner vannet til nærmeste vassdrag der det blir transportert videre til sjøen eller infiltrerer ned til marksonen og grunnvannet. Bekker og elveløp som renner fra marka og inn i urbane strøk har tradisjonelt blitt ført inn i et lukket ledningsnett. Når det regner i urbane strøk med tette flater som tak, asfalterte veier o.l. der vannet ikke har mulighet til å infiltrere, vil det renne på overflaten og kan føre til skader på for eksempel infrastruktur og bebyggelse. Tradisjonelt har håndteringen av overvannet i urbane strøk vært å føre vannet ned i sluk og ned i ledningsnettet via overvannssluk, men det viser seg at disse rørene er underdimensjonerte da mengden vann og andel tette flater øker (Ødegaard et al., 2014). Det blir flere og større urbane områder i verden. Dette fører til en økning av mengden tette flater, som igjen fører til at flere naturlige flomveger og grønne arealer der vannet kan infiltrere i bakken forsvinner.

Ved utbygging på nye områder og bygging av nye bygg må overvannshåndteringen planlegges grundig, spesielt i urbane strøk der det ofte forekommer oversvømmelse. Nye tiltak skal ikke hindre vannets avrenning og det burde implementeres tiltak som lokal overvannsdiskonering (LOD) for å redusere den raske avrenningen. Det å håndtere overvannet lokalt handler om å la vannet infiltrere på grønne områder, permeable flater

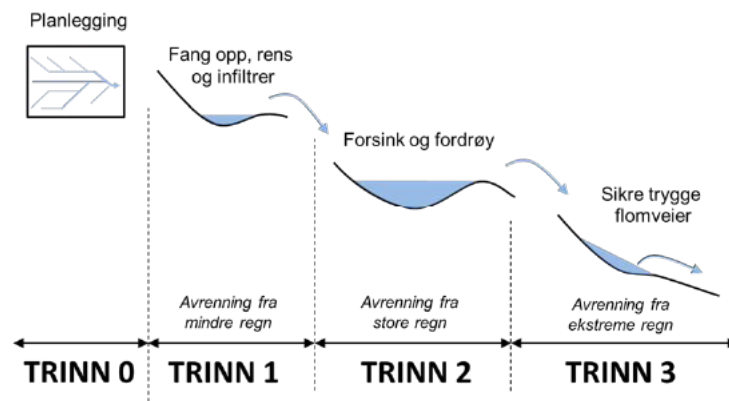
eller renne bort via åpne vannveier og dammer. Vassdragene rundt byene og overvannet bør planlegges og håndteres som en helhet (Ødegaard et al., 2014).

1.1.3 Tretrinnsstrategien



Figur 1.1 Illustrasjon av tretrinnsstrategien. Tallene er eksempler og må tilpasses lokalt (Lindholm et al., 2008).

Tretrinnsstrategien har som hovedmål å redusere og forsinke overflateavrenningen. Dette skjer ved å fange opp og infiltrere mindre regnhendelser, fordrøye og forsinke større regnhendelser og avlede store sjeldne ekstremregn på en trygg måte. I figur 1.1 vises tankegangen til tretrinnsstrategien for infiltrasjon, forsinking, fordrøyning og trygge flomveier. Prinsippet er at trinn 1 skal klare å infiltrere og fordampe vannet i regnepisoder med en mindre nedbørmengde. Når det regner med større vannvolum skal vannet føres over til trinn 2, der tiltakene skal forsinke og fordrøye avrenningen. I regnepisoder der det regner så store vannvolum at trinn 1 og 2 ikke kan håndtere avrenningen alene, tas trinn 3 i bruk. Her skal det anlegges flomveier som kan avlede de sjeldne ekstreme regnhendelsene på en trygg måte (Lindholm et al., 2008).



Figur 1.2 Illustrasjon av tretrinnsstrategien (Paus, 2018)

I 2018 kom Kim H. Paus med en oppdatert utgave av tretrinnsstrategien. Som vi ser i figur 1.2 vises det et trinn 0, dette omfatter planleggingen som er nødvendig for å gjennomføre

de tre trinnene i tretrinnsstrategien. Erfaring viser at det er vanskelig å gjennomføre trinn 1, 2 og 3 om ikke det er lagt til rette for dette i planleggingsfasen (Paus, 2018).

1.2 Formål med fordrøyning i marka

Når vi skal fordrøye vann i marka kan det ha ulike formål. Noen av disse formålene er å holde igjen vannet på vei til urbane strøk, senke hastigheten til vannet for å hindre erosjon eller tilføre marka fuktighet etter lengre tørkeperioder. Det å holde tilbake vannet kan også tilføre mer vann til grunnvannet ved infiltrasjon. For å fordrøye vannet bygges det fordrøyningsanlegg i og over bekkeløp som vil holde tilbake vann under store nedbørshendelser. Fordrøyning i marka har tidligere blitt beskrevet som «*Trinnvis flomdemping*» (Norconsult, 2021). Dette er et prinsipp der man bygger flere permeable dammer etter hverandre. Norconsults rapport fokuserte på at fordrøyningsanleggets laveste punkt skal bygges over normal vannføring i bekker og små elver. Fordrøyningsanleggene skal øke kapasiteten til å holde tilbake vann i marka rundt bekkeløpet ved flom, dette skal føre til midlertidig oppdemning i flomsletten oppstrøms anlegget. Vannet blir holdt tilbake av fordrøyningsanleggene og det renner ut tregere enn ved en situasjon uten de anlagte anleggene. Om det oppdemmede volumet er stort nok, vil det skje en forsinkelse og demping av flomtoppen lengre nedstrøms (Norconsult, 2021). Fordrøyning i marka har også blitt beskrevet tidligere som «*Kvistdammer*» (Braskerud et al., 2014). Fordrøyningsanleggene bygges i bekkeløpet og konstrueres både for å redusere flomvannføring, øke oppsamlingen av sedimenter og for å fange opp kvist, løv og lignende, for å minske risikoen for tilstopping av kulverter. Disse konstruksjonene bygges som permeable fordrøyningsanlegg. Det er meningen at området oppstrøms disse fordrøyningsanleggene skal fylles opp med sedimenter over tid, samtidig som vannets hastighet reduseres. De kan da bidra til å stabilisere bekkeskråningen og stoppe erosjon i bekkebunn og sidekantene (Braskerud et al., 2014).

Når begrepet fordrøyning i marka benyttes i denne oppgaven, vil dette dekke begge ovennevnte metoder: Fordrøyningsanlegg som slipper normalvannføringen uhindret under anlegget, og fordrøyningsanlegg der minstevannføring renner gjennom anlegget.

1.3 Eksisterende tekniske løsninger for fordrøyning i marka

Siden dette er metoder som foreløpig er lite brukt i Norge er det i denne oppgaven i hovedsak sett på eksisterende fordrøyningsanlegg som er testet ut og prøvd i Storbritannia og Slovakia. I Norge er det viktig at fordrøyningsanleggene som bygges har en maksimal høyde på under 2 m, og oppdemmet volum må være mindre enn 10 000 m³ for å unngå krav i damsikkerhetsforskriften (Olje- og energidepartementet, 2010). Det er viktig at det bygges flere demninger etter hverandre i alle bekkene, for å holde tilbake mest mulig vann og for å minske risikoen for at fordrøyningsanleggene kan kollapse (Braskerud et al., 2014). En kollaps i ett anlegg kan da tas imot av anlegget nedstrøms.

1.3.1 Lekkende tømmerdammer («Leaky woody dams»)

«Leaky woody dams» er en metode som er brukt i Storbritannia og man kan finne informasjon og krav som stilles til disse fordrøyningsanleggene (Natural England, 2017). Lekkende tømmerdammer senker hastigheten til vannet og hjelper til å holde igjen vannet. Vannet lagres midlertidig bak fordrøyningsanlegget, noe som bidrar til å forsinke vannet



Figur 1.3 Lekkende tømmerdammer (Yorkshire Dales Rivers Trust, 2018)

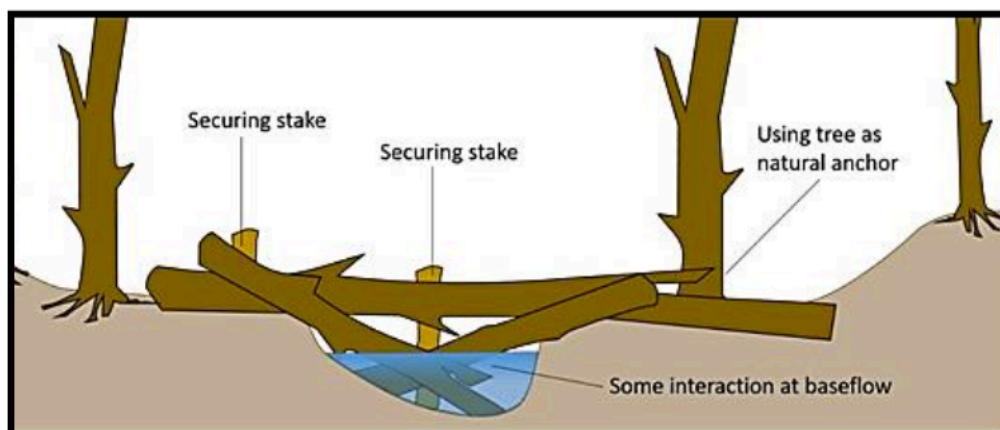
nedstrøms. Dette hjelper også til med å holde tilbake kvist og annet skogsavfall og reduserer flomrisikoen. For å konstruere anlegget er det viktig å bruke tømmerstokker som er store nok til å dekke bekken og det flomdempende arealet. Bredden på anlegget bør være minimum 1.5 ganger bredden av bekken. Det er viktig at tømmerstokkene er plassert rettvinklet på vannstrømmen, og fordrøyningsanlegget må bygges slik at lave vannføringer alltid kan passere (Naturally Resilient, 2017). Tømmerstokkene må bygges i en høyde slik at vannet velger å spre seg utover det flomdempende arealet, og det må bygges minimum 3

anlegg etter hverandre. Det er viktig å se til og vedlikeholde fordrøyningsanleggene for å holde konstruksjonen effektiv (Naturally Resilient, 2017).

Som det vises i figur 1.3 er det viktig å feste tømmerstokkene med noen vertikale stokker som man graver plass til og slår ned i bakken om det er mulig. Det kan også brukes trær som står langs bekken. Det er ikke bare tømmer som brukes som lekkende dammer. Det kan også brukes planker som kalles «leaky boards», de konstrueres med samme prinsipp som de lekkende tømmerdammene. Lekkende planker/ «leaky boards» brukes ofte i områder der det ikke er tilgjengelige trær, og de er enkle å konstruere og frakte. Plankene skal plasseres vertikalt på hverandre med 10-20 mm mellomrom slik at de blir permeable og vann kan lekke ut (Yorkshire Dales Rivers Trust, 2018). Det brukes også naturlige demninger der trær har falt over bekkeløpet. De naturlige anleggene kalles «Natural». Naturlige fordrøyningsanlegg kan bevege seg og kan betraktes som en risiko, men om vi fester trærne med vaiere, stokker o.l. kan de fungere utmerket og ikke forårsake stor risiko nedstrøms (Yorkshire Dales Rivers Trust, 2018).

1.3.2 Stammebarriere

Disse fordrøyningsanleggene konstrueres ved å legge to eller flere lange trestammer på tvers av bekken og flomsletten, som vist i figur 1.4. Stammene skal krysses nede i bekkeløpet for å danne en X-form og bør hviles stødig på elvebredden. Mindre trestammer kan eventuelt festes mellom de store stammene for å gi en tettere konstruksjon. Stammene skal festes ved hjelp av eksisterende trær, fjell, store steiner eller stolper. De kan også festes sammen for å øke stabilitet. Hvis det ikke allerede ligger trær i området som kan brukes, kan det hugges trær som har lave historiske, økonomiske, natur-, eller landskapsverdier. Man kan eventuelt felle trær på en måte som ikke sager stammen helt fra stubben slik at stammebarrieren lages av et levende tre. Dette vil øke levetiden til treet (Norconsult, 2021).



Figur 1.4 Eksempel til konstruksjon av stammebarriere (SussexFlowInitiative, 2017).

1.3.3 Kvistdammer («Bushwood dam»)

Kvistdammer er små fordrøyningsanlegg laget av kvister som vist i figur 1.6. Disse anleggene er permeable og slipper ut vannet som en sil. Disse konstruksjonene er bygget slik at all vannføring må passere anlegget, helt til det overflømmes. Vanligvis blir disse anleggene lagt i nedbørfelt uten årssikker vannføring, for å ikke sperre for fiskevandring. Hovedmålet med disse konstruksjonene er å holde igjen sedimenter, organisk materiale og senke flomvannføringen. Etter hvert vil volumet oppstrøms anlegget fylles med sedimenter og redusere den flomdempende effekten. I stedet for å tømme kvistdammen bygges det heller en ny. På denne måten stoppes erosjonen i bekken og bunnen på dalen heves slik at området blir mer stabilt (Braskerud et al., 2014). Kvistdammer vil kunne redusere erosjon og stabilisere skråninger i ravinedaler. I sideskråninger med mye vanntilsig kan mindre kvistdammer benyttes for å stabilisere skråningen. Bunnen på ravinedalen kan teoretisk kunne heves slik at området til en viss grad blir noe tilbakestillt. Dette kan være gunstig hvis en har risiko for større jordskred/kvikkleireskred (Borch & Erikstad, 2015). Vedlikeholdet av kvistdammer skal i utgangspunktet være bygging av et nytt anlegg. Fordrøyningsanlegget egner seg best for små nedbørfelt, da disse anleggene ikke er like sterke som ved bruk av tømmer for eksempel. En svakhet med kvistdammer er at anlegget kan undergraves ved at vannet graver seg under kvistene og bunnen da senkes lengre oppstrøms systemet.



Figur 1.5 Greinterskler plassert langs en flomvei i Slovakia



Figur 1.6 Liten kvistdam i ravine, fylt med sedimenter i hellende terreng på Minnesund.

(Bilder tatt av B.C.Braskerud)

Greinterskler (figur 1.5) er en underkategori av kvistdammer, disse er lave anlegg på ca 0.5 m som legges sammen i bunter og festes i bakken ved hjelp av påler som slås ned i grunnen.

1.3.4 Stokkdammer

Stokker blir lagt oppå hverandre og festes i sidekantene til bekkeløpet ved å grave dem 0,5-1 meter ned i underlaget (figur 1.7). De legges så tett som mulig for å holde tilbake vann og sedimenter (Braskerud et al., 2014). Det slås også stolper ned på hver side nedstrøms fordrøyningsanlegget, stolper og stokker festes med spiker eller ståltråd. Det er ofte en nedsenkning i midten av anlegget slik at eventuell oversvømmelse kan renne kontrollert over og ikke erodere på sidene. For ekstra sikring kan det festes stolper i midten av konstruksjonen med stein i bunn for å hindre erosjon i bunnen av anlegget (Braskerud et al., 2014).



Figur 1.7 Barka stokkdam fra Slovakia (Okruhle, foto B.C. Braskerud) (Braskerud et al., 2014)

1.3.5 Stokkdammer med kvist

Dette er en type kombinasjon av stokkdammer og kvistdammer. Her legges kvist i sprekker mellom stakkene eller at kvistene forsegles oppstrøms stakkene med en stakk på toppen for å holde kvistene på plass. Dette vil optimalisere anlegget å holde tilbake sedimenter, og dempe vannstrømmen slik at det forhindrer erosjon (Braskerud et al., 2014). Stakkene legges bakover i terrenget slik figur 1.8 viser, for å dempe energien på vannet som strømmer over.



Figur 1.8 Kvistene kan legges mot sidekanter og bunnen. Vannhastigheten vil senkes i det området og erosjon i bekkkantene minimeres. Vannstrømmen vil fortrinnsvis ledes sentralt i anlegget (foto K.A. Høseth) (Braskerud et al., 2014).

1.3.6 Steindammer

Det finnes flere ulike typer steindammer: Én består av stein som blir stablet oppå hverandre. Den andre er laget av nettingkasser av ståltråd som er fylt med stein, såkalte gabiondammer. Den tredje er laget av stein og stokker. Alle steindammer er permeable, men noen ganger er det satt inn rør for å sikre dette. Det er viktig å bruke stor stein for å greie å holde tilbake vannet, siden vann kan flytte for små steiner (figur 1.10). Steindammer tåler lite helning i terrenget derfor bør det være slakt på nedstrømsiden.



Figur 1.9 Stein kombinert med tre (foto S. Myrabø)



Figur 1.10 Eksempel på for små stein (foto K.A Hoseth)

Bilder tatt i Slovakia (Braskerud et al., 2014).

I figur 1.9 ser vi en dam kombinert med stokker, der vannet skal renne i et lavere parti på midten av demningen (Braskerud et al., 2014). På sikt kan vegetasjonen ta over slik at dammen vil gå mer inn i landskapet, samtidig som dette vil være med å forsterke demningen.

1.3.7 Beverdammer

Det foreligger lite litteratur om beverdammer i vassdrag. En undersøkelse og beskrivelse av beverdammer er gjort (Neumayer et al., 2020). Resultatene av undersøkelsen viser at beverdammer fører til bedret vannkvalitet og kan ha en virkning på avrenningen, men har generelt ingen relevans til dempning i vassdrag. Undersøkelsen forteller også at beverdammer i små vassdrag (figur 1.11) i noen grad kan sammenlignes med små fordrøyningsanlegg, men har mindre effekt (Neumayer et al., 2020).



Figur 1.11 Beverdam som har stått i et år. Til høyre ser vi at det er samlet seg opp med sedimenter.

1.4 Erfaringer

Det finnes erfaringer med ulike typer fordrøyningsanlegg i andre europeiske land, noen av disse er presentert nedenfor.

1.4.1 Storbritannia – Slowing the flow at Pickering

Her brukes en ny metode for å motvirke flom skriver Department for Environment Food & Rural Affairs (Nisbet, 2015). De ser på naturlige metoder som kan hjelpe til med flomhåndtering. Pickering har opplevd flere store flommer de siste 11 årene, med den største i 2007 som kostet byen ca. 70 millioner. I elven Pickering ble det konstruert 129 lekkende tømmerdammer. De er bygget over normalstrømningen som er ca. 300 mm under den nederste tømmerstokken (Cronin, 2016). Det ble konstruert flere typer naturlige flomdempingstiltak, ett av disse var å plante trær langs med elven. Det kommer frem i rapporten at det har vært vanskelig å modellere ut de forskjellige tiltakene og det ga veldig grove estimater av flomlagringen. I Pickering mente de at lekkende tømmerdammer hadde en positiv virkning for landskapet og for det biologisk mangfoldet, da de forsinket store nedbørhendelser og øke fuktigheten på stedet (Nisbet, 2015). Det ble konstruert et nettverk av lavnivå tømmerdammer i noen skogområder for å tvinge vannet utover skogbunnen. Det ble også bygd 130 kvistdammer som skulle hindre erosjon og avrenning fra mindre bekker. Det var en større regnhendelse i 2012 der de mener disse dammene tilsammen hadde en stor positiv innvirkning for at Pickering ikke opplevde store skader nedstrøms.

1.4.2 Slovakia

Kvistdammer er et konsept som er utviklet spesielt i Slovakia av hydrologen Michal Kravcik for å bevare Torysa elven (Borch & Erikstad, 2015). For å stoppe planene om et stort damprosjekt introduserte han tanken om å lage et nett av små dammer som skulle oppnå det samme som den store dammen ville ha gjort. Dammene skulle fordrøye vannet for å redusere flomtopper, og sikre jevnere vannforsyning til grunnvannet (Borch & Erikstad, 2015). Slovakia vedtok et program som heter: Landscape Revitalisation and Integrated River Basin Management Program for Slovak Republic for 2010 – 2011. Dette handlet om å revitalisere skogen, ved å prøve og beholde mest mulig av regnvannet der det faller ned lokalt. Kravcik har et engasjement og forståelse for hvordan man kan revitalisere landskap. Han skriver i boken sin at nesten alle landskap som er bebodd av mennesker trenger å

revitaliseres (Kravik, 2012). Dette på grunn av at avskoging, jordbruk og byutvikling reduserer jordens evne til å holde tilbake nedbøren. Dette fører til oppvarming av jorden, oversvømmelse, tørke og ødeleggelse av økosystemer. Han mener at dette kan motvirkes ved å bygge fordrøyningsanlegg i marka. Programmet ble startet i 2011, da ble det tilbakeholdt 140 000 m³ ved fase 1. I fase 2 ble det økt til 6,1 millioner m³, og det ble senere konstruert opp til 80 000 fordrøyningsanlegg som kunne holde tilbake 10 millioner m³. Dette ga beskyttelse mot flom, jorderosjon, stabilisering av klima og bevarte det biologiske mangfoldet (Kravik, 2012).

1.2.5 Norge - Minnesund stasjon

I Norge ble konseptet med fordrøyningsanlegg i marka utprøvd av Bane NOR i samarbeid med NIFS-prosjektet (Naturfare Infrastruktur Flom og Skred) ved gamle Minnesund stasjon (Braskerud, 2014). Tiltaket kan være særlig aktuelt oppstrøms stikkrenner og kulverter for å redusere erosjon og gjentetting (Grue, 2013). Det var av slike hensyn Bane NOR bygget noen fordrøyningsanlegg for å prøve ut konseptet. De konstruerte kvistdammer, tømmerdammer og en gabiondam. Det ble satt opp målere for temperatur og vannføring i anlegget. Dessverre ble dette kun driftet i ett år fra 2013 - 2014, uten noen store nedbørshendelser.

1.5 Planlegging, drift og vedlikehold

Fordrøyningsanlegg i marka brukes i hovedsak i små uregulerte bekker. Da det i denne oppgaven ikke blir sett på felt over 500 ha er det lite informasjon å finne over disse nedbørfeltene. NVE har lagd en veileder der det ses på flomberegninger i små uregulerte felt, som gir en beskrivelse av anbefalte metoder og tilgjengelig datagrunnlag (Stenius et al., 2015).

1.5.1 Overvannsavrenning

Den rasjonale formel vil gi et estimat på vannføringen som vil renne av marka og ned i bekken. Dette vil gi et anslag om hvor mye fordrøyningsanleggene burde greie å ta imot for å ha en effekt (Stenius et al., 2015).

Den rasjonale formel: $Q = A * \varphi * I * Kf$, for beregning av overvannavrenning .

Q – Overvannets vannføring [l/s]

A – Arealet over nedbørfeltet [ha]

φ - Avrenningskoeffisienten [-]

I – Nedbørintensiteten [l/(s/ha)]

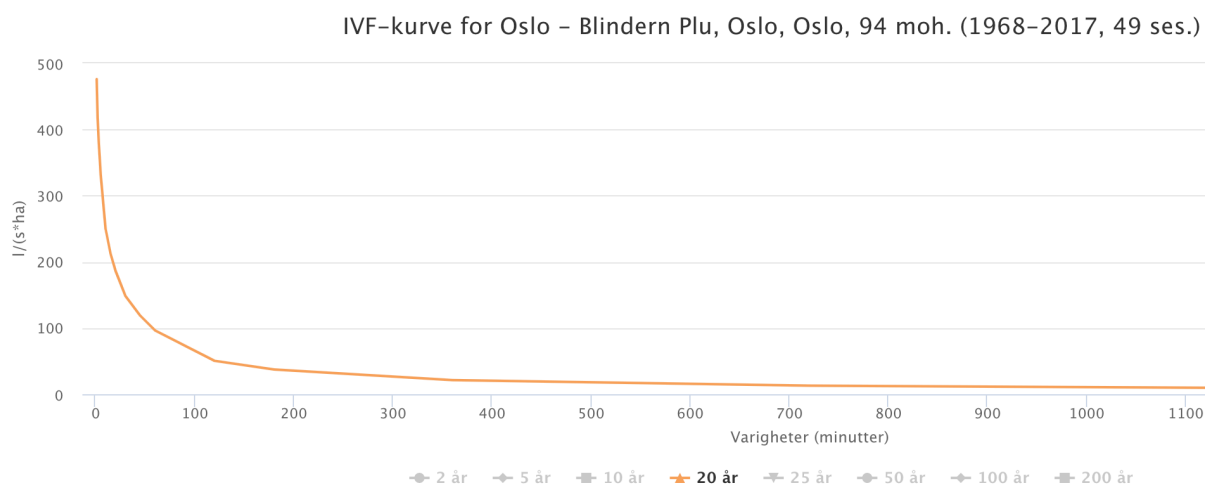
Kf - Klimafaktoren [-]

Avrenningskoeffisienten leses av fra tabell, da det sees på overvannsavrenning i marka velger vi skogsområder. Da skogen rundt Oslo, som det er fokus på i denne oppgaven, for det meste består av bart fjell, anbefales det å sette avrenningskoeffisienten til 0,30. Dette leses av i tabell 1.1, nedenfor.

Tabell 1.1 Oversikt for avrenningskoeffisienten brukt i ulike felt (Paus, 2020).

Type overflate	φ [-]
Tette flater (tak, asfalt, veier etc.)	0,85 – 0,95
Bykjerne	0,70 – 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 – 0,80
Eneboligområder	0,50 – 0,70
Grusveier	0,30 – 0,70
Industriområder	0,50 – 0,90
Plen, park, eng, dyrket mark	0,30 – 0,50
Skogsområder	0,20 – 0,50

Nedbørintensiteten leses av i IVF-kurven, der IVF står for intensitet, varighet og frekvens. På grunn av store regionale forskjeller er det viktig å basere flomberegninger på data fra det aktuelle geografiske området (Vegdirektoratet, 2020). IVF-kurven (figur 1.13) finner man på klimaservicesenter.no. Her velges området som skal undersøkes, og ved hvilken frekvens. Denne oppgaven har fokus på trinn 2 i tretrinnsstrategien derfor sees det på et frekvens på 20 år (Paus, 2018). I Y-aksen leser man av intensiteten og i X-aksen leser man av varigheten.



Figur 1.13 IVF-kurven viser nedbørintensiteten til 20 års regn (Klimaservicesenter, 1968-2017).

Det er stor usikkerhet knyttet til hvordan klimaet vil påvirke nedbørsmengden i fremtiden (Dyrrdal & Førland, 2019). Klimafaktoren settes mellom 30% og 40% da det i denne oppgaven ses på regn med et gjentaksintervall på 20 år.

1.5.2 Andre beregninger

I rapporten til Norconsult (Norconsult, 2021) fremgår det at det er brukt HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center- River Analysis System). HEC-RAS er en programvare for hydraulisk modellering og vannkvalitetsmodellering i naturlige og kunstige elver og kanaler (Hydrologic Engineering Center, 1995). Norconsult utførte en modellering med flomvannføring, som viste et rimelig samsvar med beregninger de gjorde ved hjelp av nedbør-avløps modellen PQRUT (Andersen et al., 1983). Norconsult konkluderer til slutt med at det er nødvendig å gjøre lokale målinger for å få riktig resultat (Norconsult, 2021).

1.5.3 Forhold til vurdering

Ved tiltak i vassdrag må man forholde seg til vannressursloven. Tiltakets art, vassdragets egenskaper og påvirkning på omgivelsene avgjør hvilket lovverk tiltaket skal omsøkes etter (Norconsult, 2021). Nedenfor kommer det en oppsummering av paragrafer i vannressursloven som kan være relevante ved planlegging av fordrøyningsanlegg i marka (Olje- og energidepartementet, 2000).

§ 2. forteller at et vassdrag regnes som alt stillestående eller rennende overflatevann med årssikker vannføring, inkludert bekkeløp uten årssikker vannføring der det viser seg tydelig i terrenget.

§ 5. Her kommer det frem at man skal vise aktsomhet og unngå skade eller ulempe for allmenne eller private interesser.

§ 6. Her gjelder grannelovens regler og det må tas hensyn til naboene i tilknytning til vassdraget.

§ 10. Den alminnelige lavvannføringen skal være tilbake etter oppdemming.

§ 13. Vassdrag som tilhører eieren av grunnen må gi samtykke til inngrep.

§ 25. Konesjon kan bare gir hvis fordelene ved tiltaket overstiger skader og ulemper.

§ 26. Gjelder vilkår for skade og ulemper i forhold til miljø, eiendom, sikre en best mulig landskapsmessig tilpasning og å opprettholde det naturlige liv i vassdraget.

§ 37. Vassdragstiltak som kan bidra til skade skal til enhver tid holdes i forsvarlig stand.

§ 41. Ved nedleggelse: anlegget fjernes og vassdraget må tilbakeføres slik det var før inngrep.

Oslo og omegn ligger innenfor verneplan for Osloomravsdragene. Det er Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE) som bestemmer om det må søkes om konsesjon for et aktuelt tiltak. Tiltak som gjennomføres med konsesjon etter vannressursloven er unntatt de aller fleste byggesaksbestemmelser i plan- og bygningsloven (PBL), inkludert søknadsplikt. Da tiltak som fordrøyning i marka er små og ikke vil medføre nevneverdig skade eller ulempe for allmenne interesser, vil de fleste tiltakene i utgangspunktet trolig ikke være konsesjonspliktige etter vannressursloven (Norconsult, 2021).

Det er flere kriterier som må være oppfylt for å bygge fordrøyningsanlegg i marka.

Grunnforholdene må undersøkes for å se om erosjon lett kan oppstå. Her er det også viktig å tenke på normalstrømningen og hvilket anlegg det kan være hensiktsmessig å bygge i ulike områder. I rapporten fra Norconsult kommer det frem at det er viktig med befaring før byggingen av anleggene. Her kan det være smart å ha med en biolog som kan indentifisere områder og arter som må beskyttes, eller eventuelt kan ha fordel av fordrøyningsanleggene. På befaring ser man også om det er tilgang på materiale og forankringspunkter (Norconsult, 2021). Når det sees på tiltak i naturen, er det viktig å ikke forstyrre det naturlige kretsløpet

og det biologiske mangfoldet rundt bekkene. Noen av fordrøyningsanleggene kan fungere som en fangdam, dette kan bidra til flomdempning og økning i det biologiske mangfoldet (Borch & Erikstad, 2015). Det er viktig å ikke gjøre tiltak som kan føre til erodering og ødeleggelse av turstier, skogsveier og fortetting av kulverter. I Oslo er det mange bekker som fisk vandrer i og her er det viktig å gjøre det mulig for fisken å passere fordrøyningsanleggene. Det er fordelaktig om det er mulig å holde igjen sedimenter som kan tette for inngangen til rør nedstrøms i bekken.

1.5.4 Drift og vedlikehold

For at fordrøyningsanleggene skal fungere optimalt må de holdes ved like. Det vil være behov for minst én årlig inspeksjon av anleggene, samt at de må inspiseres etter store regnhendelser (Norconsult, 2021). Ved inspeksjon bør stabiliteten til fordrøyningsanlegget kontrolleres og det bør undersøkes om det har startet forråtnelse i treverket. Om anlegget viser tegn til svekkelse på grunn av råte bør barrierene rives eller rehabiliteres. Det bør også kontrolleres at fordrøyningsanlegget ikke har gått tett der normalvannføringen skal gå uhindret. Hvis dette ikke er tilfellet må det som blokkerer fjernes, slik at vannet ikke finner nye veier og eroderer området (Norconsult, 2021). Erfaringer fra Slovakia viser at vegetasjonen invaderer det oppfangede sedimentet og beskytter mot ny erosjon (Grue, 2013). Dette vil hindre at disse bekkene flommer over inn mot byene, og at områder kan erodere og gjøre skade på bygg og infrastruktur.

1.6 Problemstilling

Dette kapittelet har vist at det finnes mange ulike tekniske løsninger for fordrøyning i marka, slik det er benyttet i noen europeiske land. I sitt arbeid med å flomsikre Oslo by, ønsker Oslo kommune nå å vurdere fordrøyning i marka som et element i et helhetlig system for overvannshåndtering. Et av formålene med fordrøyning i marka er å holde igjen vann ved store nedbørhendelser. Dette kan oppnås ved å konstruere flere mindre permeable barrierer etter hverandre nedstrøms bekker eller fuktdrag. For å optimalisere fordrøyningen anbefales bruk av naturlige flomdempende arealer i marka. Et eksempel på dette kan være myrområder eller flate sletter.

Denne oppgaven er et mulighetsstudium der et av hovedformålene er å foreslå noen vurderingskriterier som bør ligge til grunn når man vurderer muligheten for å anlegge fordrøyningsanlegg i marka. De foreslåtte kriteriene vil deretter bli testet på utvalgte nedbørfelt i Oslo kommune, først ved hjelp av kartdata og deretter ved befaring i feltene. Hensikten er blant annet å avklare hvilke kriterier som kan vurderes kun ved hjelp av kart, og hvilke kriterier som krever at man foretar en befaring. En kriterieoversikt vil gi anbefalinger om hvor de forskjellige fordrøyningsanleggene kan fungere. Det skal sees på relativt små bekker med og uten årssikker vannføring.

Problemstillingen i denne studien kan dermed oppsummeres som følger:

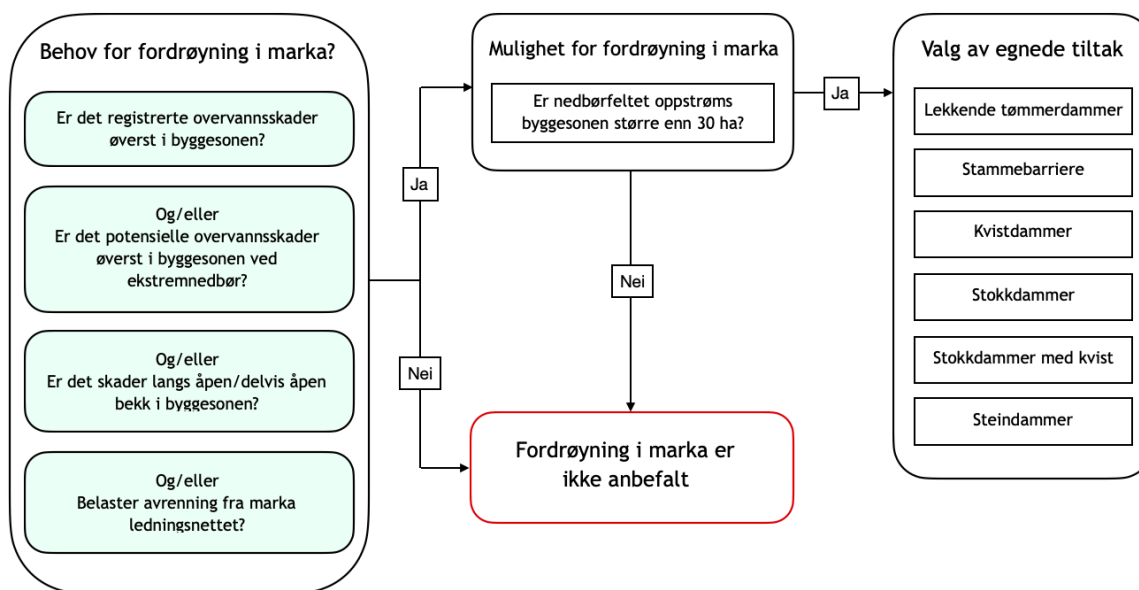
- Hvilke kriterier bør ligge til grunn for å vurdere fordrøyning i marka?
- Hvilken informasjon for å vurdere enkeltfelt opp mot kriteriene er tilgjengelig fra:
 - Kartdata?
 - Informasjon innhentet ved befaring?
- Hvilke typer fordrøyningsanlegg egner seg for ulike lokale forhold i et nedbørfelt?

2 Metode

I dette studiet er det sett på om fordrøyning i marka er et alternativt flomsikringstiltak som kan brukes i forskjellige nedbørfelt med bekker som renner ut i byggesonen. Ulike nedbørfelt i marka ble undersøkt ved hjelp av kartanalyse og befaring. I tillegg er det utarbeidet en oversikt over kriterier som bør ligge til grunn for å vurdere fordrøyning i marka, som besvarer første del i problemstillingen. Det ble gjort befaring av testfeltene som fremlegges i kapittel 2.2.

2.1 Temakart for overvann og urban flom

Figur 2.1 viser oppsummering av den innledende analysen av behov for fordrøyning i marka som er utført i Oslo kommune sitt tverretatlige prosjekt: "Temakart for overvann og urban flom. Tiltak 4 i handlingsplan for overvannshåndtering" (Kvitsjøen, 2020). I denne oppgaven blir dette brukt ved utvelgelse av nedbørfelt og valg av egnede tiltak for fordrøyning i marka.



Figur 2.1 Figuren viser den innledende analysen VAV utfører for hele Oslo i sitt prosjekt. Det er de to første boksene med behov og mulighet som de utreder (Kvitsjøen, 2021).

2.2 Valg og presentasjon av vurderingskriterier

Det har blitt sett på muligheter for å bygge forskjellige fordrøyningsanlegg i marka, disse anleggene krever ulike vurderingskriterier. Kriteriene blir nærmere oppsummert og forklart nedenfor.

2.2.1 Topografi: slak, middels bratt, bratt.

Når det ble sett på muligheten til å bygge fordrøyningsanlegg var det viktig å ta hensyn til terrenget, da poenget er å holde igjen mest mulig volum oppstrøms anlegget. Det er lite hensiktsmessig å bygge fordrøyningsanlegg i bratt terreng da volumet bak anlegget blir minimalt. Vannet får også stor kraft på grunn av fallhøyden, slik at anlegget kan kollapse av kreftene som påføres. Om det viser seg at bekken i nedbørfeltet er bratt, så anbefales det ikke å bygge fordrøyningsanlegg. Derimot om det er et slakt terreng vil det lettere kunne demmes opp større volum bak fordrøyningsanlegget. Topografien leses av ekvidistansen mellom kotene på kartet, og det kan i ScalgoLive lages en profil over området.

2.2.2 Grunnforhold: Berg, myr, sedimenter

Grunnforhold i området er viktige med tanke på hvilke typer av fordrøyningsanlegg som anbefales. Erosjon og infiltrasjon spiller en viktig rolle her. Erosjon som fører til skade oppstår oftest i områder som består av sedimenter i grunnen. Det er viktig at fordrøyningsanleggene ikke blir undergravet eller at vannet eroderer i ytterkantene av anlegget. Fordrøyningsanlegg kan også bidra til å holde tilbake sedimenter og redusere erosjon, kvistdammer er et godt eksempel på dette (kapittel 1.3.3). Myrområder vil egne seg godt til å holde på vann. Da dette er områder som er vant til å stå i vann, vil de tåle denne påkjenningen bedre enn områder som normalt er tørre. Fordrøyningsanlegg kan også ha en positiv innvirkning på noen myrområder som tidligere har blitt grøftet, for planting av skog (Husby, 2021).

2.2.3 Natur og biologisk mangfold: Jordbruk, fiskevandring, naturvern, amfibier.

Det er viktig at fordrøyningsanleggene ikke er til hindring for naturlige forhold (kapittel 1.5.3). Er det en bekk som har fiskevandring, er det viktig å ikke bygge et fordrøyningsanlegg som vil skape problemer for fisken. Hvis bekken har årssikker vannføring og renner ut av en innsjø vil bekken trolig kunne inneholde fisk. I vernede områder skal man ikke bygge anlegg eller gripe inn i naturen på noen måte, viser til § 36 i naturmangfoldloven (Klima- og

miljødepartementet, 2009). Det er viktig å finne ut hvem som er grunneiere i området der det ønskes utbygging, da de på godta eventuelle tiltak på egen grunn (kapittel 1.5.3). Det er også viktig å ta stilling til annet dyreliv og planteliv i området. Amfibier er dyr som ofte lever i fuktige miljøer, derfor er det viktig at områdene disse oppholder seg i forblir fuktige. Derfor er det fordelaktig å ha med seg en biolog på befaring (Norconsult, 2021).

2.2.4 Skogtype: løvskog, barskog.

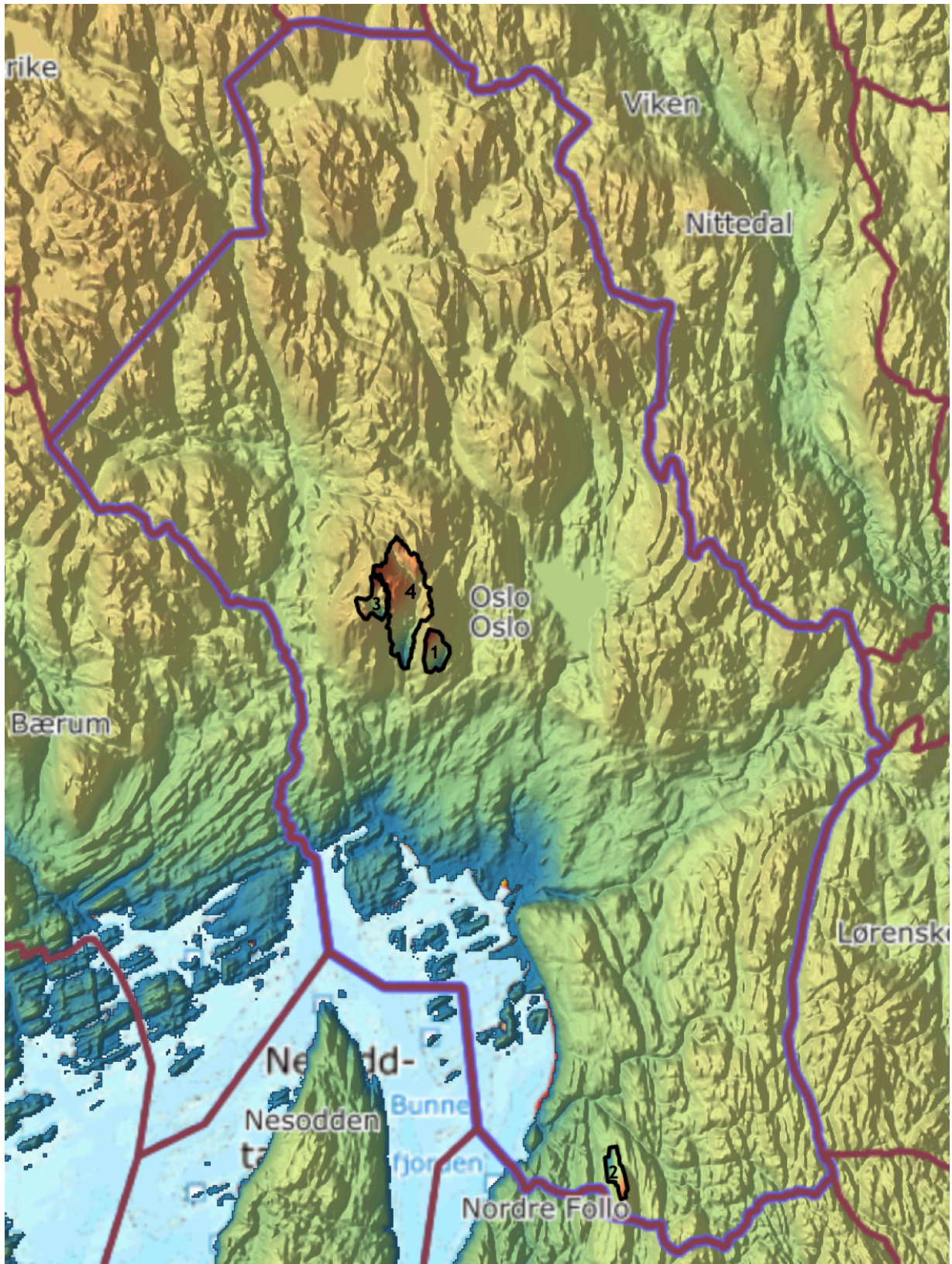
Da fordrøyningsanleggene som skal bygges skal bestå av naturlige materialer er det viktig å se om det er mulig å bruke stedeegne materialer. Det er mye bedre for miljøet å bruke allerede eksisterende materialer som finnes i nedbørfeltet, og ikke tilføre noe som ikke hører hjemme der. Det vil være forskjell på å bygge anlegg i barskog og løvskog. I løvskog vil anleggene trolig sette seg raskere på grunn av løv, dette er det lurt å tenke på ved valg av de ulike fordrøyningsanleggene. Det vil samle seg kvist i områdene der det er skog, derfor er det viktig å holde tilsyn med konstruksjonene, spesielt etter vårfloppen.

2.2.5 Friluftsliv: turstier, skogsveier.

Det er viktig å ta hensyn til stier og veier i området og bygge fordrøyningsanleggene slik at de blir til fordel og ikke ulemper for veier og stier (kapittel 1.5.3). Under store regnperioder kan skogsveier erodere og skape problemer for de som ferdes på veiene. Det vil ha en positiv effekt for veiene at anleggene vil skape fordrøyning og senke farten på vannet, som hindrer erosjon.

2.3 Utvelgelse av testfelt

I denne studien ble det sett på ulike nedbørfelt som lå i marka og hadde registrerte overvannsskader nedstrøms. Oslo kommune, ved VAV, har registrert skader nedstrøms ved de utvalgte nedbørfeltene som ble undersøkt. Både VAV, KLI og BYM kom med forslag til testfelt. For å begrense oppgaven ble det sett på fire felt: Risbekken, Øvre Prinsdal, Lunnedalen og Skådalsbekken, disse er merket i figur 2.2. To av disse feltene, Risbekken og Øvre Prinsdal, ble sammenlignet i forhold til hvor mye vann de kunne holde tilbake. Nedbørfeltenes kart har en målestokk på 2.25: 200.

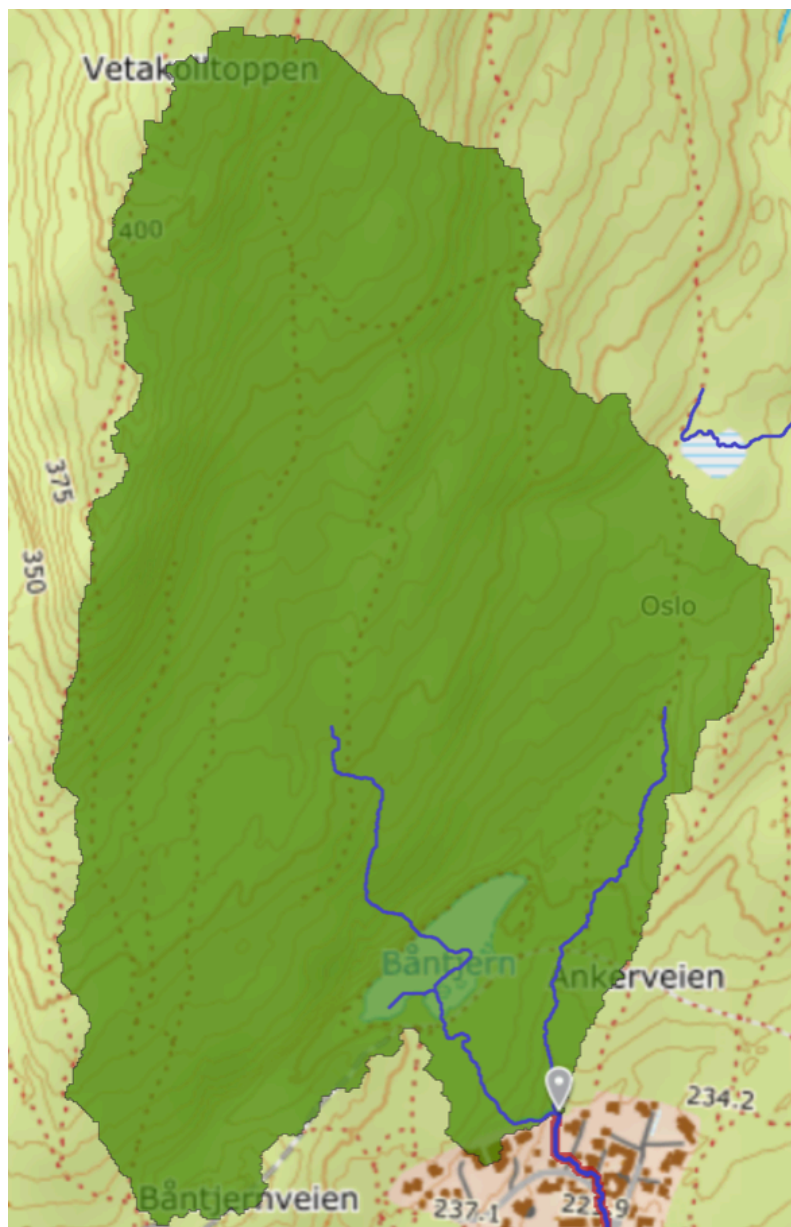


Figur 2.2 Oversikt over beliggenhet av valgte felt i Oslo kommune. Feltene er markert i sort med respektiv nummerering.

1. Risbekken, 2. Øvre Prinsdal, 3. Lunnedalen og 4. Skådalsbekken.

1. Risbekken

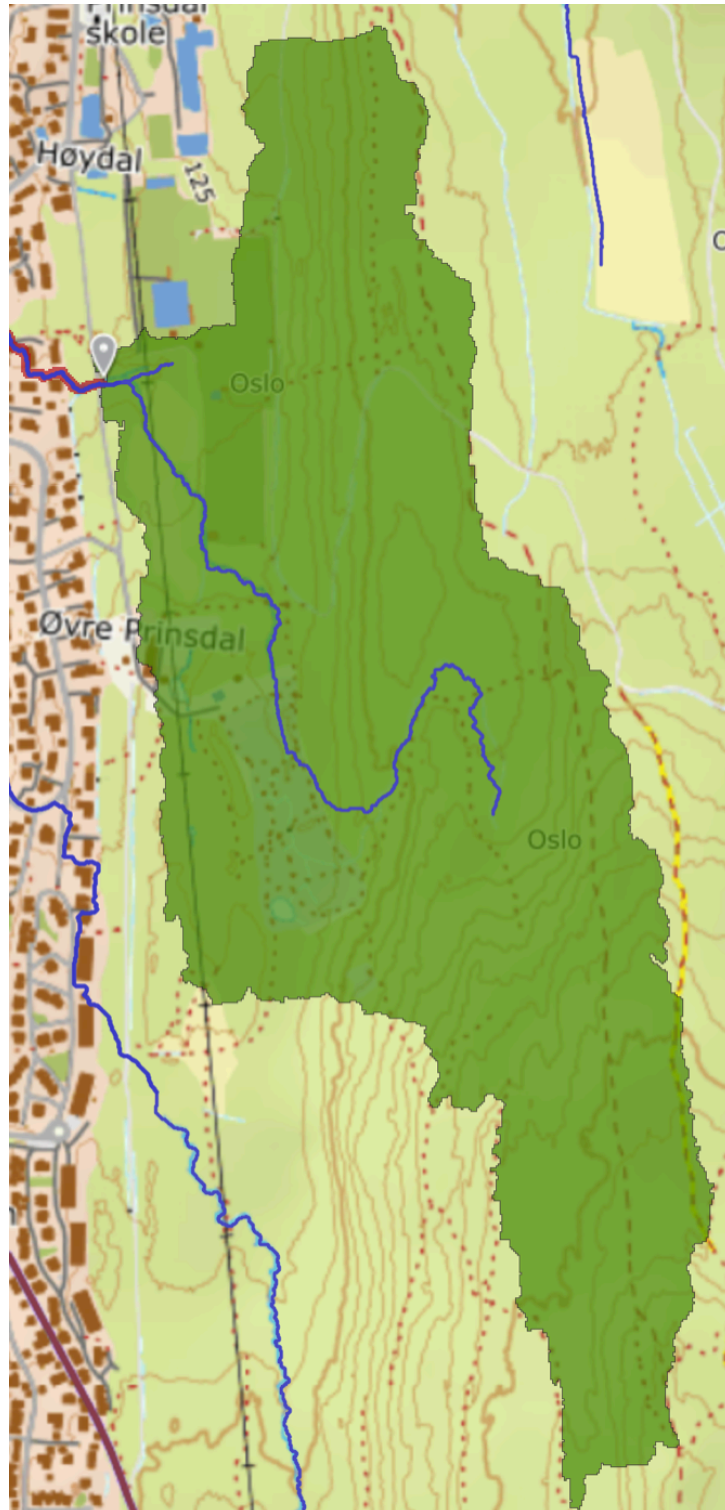
Risbekkens nedslagsfelt inkluderer Båntjern og utløper herfra (figur 2.3). Ved bygging av boligene inntil markagrensa ble ca. 150 meter av Risbekken lagt i rør (1959). I august 2011 førte en flomsituasjon i nedbørfeltet til oversvømmelser og store skader på privat eiendom langs Melkeveien. Under flere regnhendelser er innløpet til bekkelukkingen ved Risbekken overbelastet, og feltet opplever relativt hyppige overvannskader (Finsland, 2016). Terrenget oppstrøms byggesonen er relativt bratt, med en høydeforskjell på ca. 25 meter over en avstand på 200 meter opp til Båntjern (Finsland, 2016). Bekken frakter også med seg en del sedimenter som tetter rista foran kulverten, så det burde sees på mulighet for fordrøyningsanlegg som kan hjelpe til med opptak av sedimenter.



Figur 2.3 Nedbørfeltet til Risbekken fra Scalgo. Arealet oppstrøms er på 57 ha ved markagrensa.

2. Øvre Prinsdal

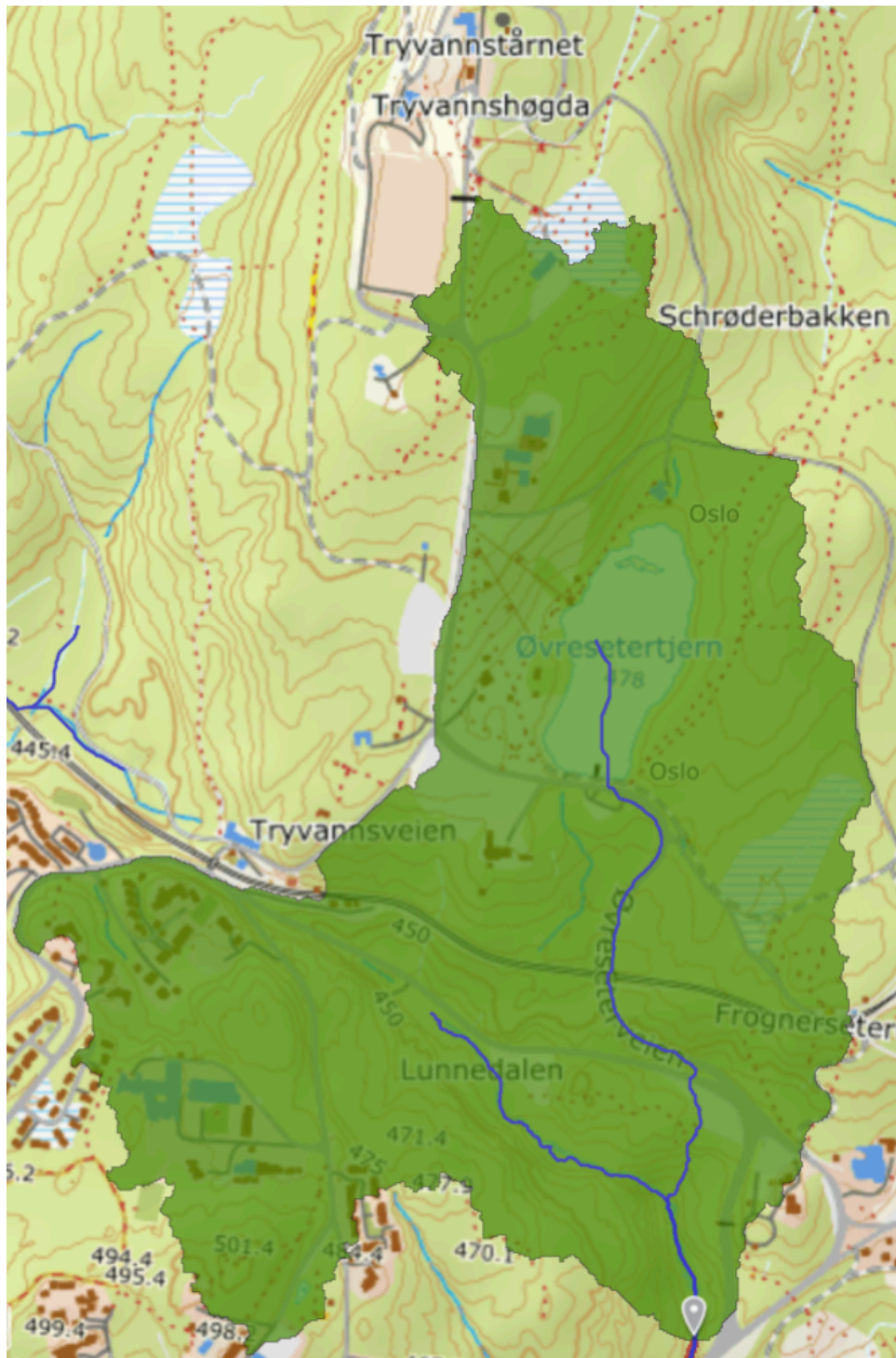
Prinsdal skole og tilhørende idrettsanlegg opplever problemer med overvann (figur2.4). Kommunen har lagt til mange tiltak for å ta imot regnvannet og føre det trygt unna skole-, idretts- og boligområdet. Det er lagt kummer rundt idrettsanlegget og mot boligfeltet er det konstruert en stor kulvert.



Figur 2.4 Nedbørfeltet ved idrettshallen i Øvre Prinsdal fra Scalgo. Arealet oppstrøms er på 45 ha ved markagrensa.

3. Lunnedalen

I Lunnedalen ligger det en bekk med årssikker vannføring (figur 2.5). Klimaetaten vil se på dette feltet som et eventuelt testfelt til et pilotprosjekt om å bygge fordrøyningsanlegg. Bekken i Lunnedalen blir til Holmenbekken som så renner ut i Hoffselva. Etter kontakt med Julia Kvitsjøen i Vann- og avløpsetaten (VAV) i Oslo kommune kan hun bekrefte at det er skader langs bekken og at det kan se ut til å belaste avløpssystemet også.



Figur 2.5 Nedbørfeltet i Lunnedalen fra Scalgo. Arealet oppstrøms er på 63 ha ved markagrensa.

4. Skådalsbekken

I Skådalsbekken (figur 2.6) oppleves det en del problemer nedstrøms. Det er også et problem at bekken har så stor vannføring 3 – 4 ganger i året at skogsveier blir erodert bort, fortalte Knut Johansson som jobber i Bymiljøetaten og er seksjonssjef for Nordmarka. Det er prøvd å forebygge ved å legge kulverter under veien. Johansson mente at bekken for mange år tilbake var gravd dypere av folk for å frakte vann fortere ut av marka for å plante skog.



Figur 2.6 Nedbørfeltet til Skådalsbekken fra Scalgo. Arealet oppstrøms er på 340 ha ved markagrensa.

2.4 Kartdata

I denne oppgaven er det i hovedsak blitt brukt kart i ScalgoLive for å se på mulighetene til fordrøyning i marka (ScalgoLive, 2020). For å se nærmere på skogtypen og annen arealinformasjon som ikke oppgis i ScalgoLive er det blitt brukt kart fra Kilden, som er en nettbasert kartanalyse produsert av NIBIO (Norsk institutt for bioøkonomi, 2020). I to av testfeltene skal det sees på mulig lagringsvolum for vann ved hjelp av ScalgoLive.

2.4.1 ScalgoLive

I det nettbaserte kartdataanalyse verktøyet ScalgoLive er det implementert ferdige nasjonale analyser av overvannsavrenning og havnivåstigning ved ulike nedbørmengder. Det er viktig å være oppmerksom på at ScalgoLive er en GIS basert «klinkekulemodell» og ingen hydraulisk analyse, altså ingen infiltrasjon eller tidsaspekt er inkludert i beregningene, kun topografi. Det er et GIS modelleringsprogram fra Danmark, en statisk modell som gir en øyeblikksanalyse og ikke en variasjon over tid (Gamman & Urrang, 2019). Programmet er web-basert, moderne og brukervennlig. Skaperne av ScalgoLive sier selv det er et verktøy for tidlige studier og prosjekter, og brukes som første steg der man ser på datagrunnlag under planlegging av eventuelle byggeprosjekter. De har samlet på en mengde data, som høydemodeller, lagrede analyser og oversvømmelser. Høydemodellene baserer sine analyser på terrengmodellen som kartverket produserer, og en terrengmodell kartverket produserer i samarbeid med kommunene, som kalles en Nasjonal detaljert høydemodell (Kartverket, 2016). Hver tredje måned oppdateres dataene i ScalgoLive slik at nyeste versjon er tilgjengelig. Kartverket fjerner bruer, biler, hus og lignende for å få en sann terrengmodell. Oslo kommunes høydedata er tilgjengelig med 1 meter oppløsning. Det er også lagt inn flere offentlige datasett som er relevante. De har Norges geologiske undersøkelse (NGU) sitt jordartskart (ScalgoLive, 2020). Dreneringslinjene er vann som renner på overflaten som viser hvilken vei vannet renner, men det er ingen infiltrasjon eller ledningsnett her. Vannet kan altså ta andre veier i virkeligheten enn i ScalgoLive. Programmet er spesialisert på arbeid med vann og terreng, med mulighet for å modifisere terrengmodellen for egne scenario-analyser, som for eksempel forhøyninger i terreng. I denne oppgaven er det viktig at fordrøyningsanleggene kan holde igjen større mengder med vann. Derfor ble ScalgoLive brukt for å anslå hvor stort vannvolum de anbefalte fordrøyningsanleggene i Risbekken og Øvre Prinsdal kunne holde igjen. Når anleggene er tegnet opp i ScalgoLive er høyden og

lengden oppgitt som på befaring og bredden satt på 0.4 meter. ScalgoLive oppgir ikke hvor mye som lekker ut eller infiltrerer i anleggene, men det ble et greit estimat for å se om det er mulig å holde igjen vann i terrenget som ble sett på ved befaring.

2.4.2 Kilden

En ny versjon av Kilden ble publisert 13. januar 2020. Kilden er Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) sin hovedkartløsning. Her er alle instituttets data samlet på ett sted sammen med et utvalg andre sentrale, nasjonale datasett. I Kilden er datasettene sortert i fem fagområder: Arealinformasjon, Landskap, Jordsmonn, Reindrift og Skogportalen. Her kan det blant annet leses av markslag, jordsmonn, beitebruk og skog sammen med kart fra andre parter i Norge digitalt (Norsk institutt for bioøkonomi, 2020). Kilden er i denne oppgaven blitt brukt i hovedsak for å studere skogtypen.

2.5 Befaring

Områdene i nedbørfeltene som ble befart ble valgt ut ved hjelp av informasjon fra kontaktpersoner i VAV, BYM og KLI (kapittel 2.1). Ved hjelp av kartdata var det mulig å se om de anbefalte nedbørfeltene hadde for stor helning, vernede områder, hvilken type skog og størrelsen på nedbørfeltene. Det som var viktig ved befaringen var muligheten til å undersøke om kartdataene stemte overens med det som ble sett ute i feltene. Det er gjort befaring på utvalgte områder i de forskjellige testfeltene. Disse områdene blir nærmere beskrevet i kapittel 3.1 og 3.2. Ved fotografering ble det brukt forskjellige målestokker i feltene som A4 ark, målebånd og en tommestokk på 1 meter. Det var viktig å ha med kartutskrift over områdene som ble befart, slik at det kunne markeres hvor i området det var aktuelt å bygge fordrøyningsanlegg. Dette var også nødvendig når noen av anleggene i ettertid skulle testes i ScalgoLive. Befaring skjedde april og mai måned, da snøen fortsatt lå i marka i mars.

2.6 Estimat på fordrøyningspotensiale

Det er gjort noen svært enkle utregninger av fordrøyningspotensialet til de foreslåtte fordrøyningsanleggene i Risbekken og Øvre Prinsdal, der vannlagringsvolumet i anleggene er beregnet i ScalgoLive og sammenlignet med avrenningsvolumet i nedbørfeltene.

For beregning av avrenningsvolumet er den rasjonale formel for volumavrenning benyttet:

$$V_a = \varphi * A * I * t_r$$

V_a = Total avrent volum [l]

φ = Volumavrenningskoeffisienten, som settes lik 0,3 som tidligere er nevnt i kapittel 1.5.1

A = Nedbørfeltets areal [ha]

I = Intensitet [l/(s*ha)]

t_r = Varighet [s]

Intensiteten (I) leses av ved hjelp av varigheten t_r i IVF-kurven (figur 1.13). Det er brukt et gjentaksintervall på 20 år da denne oppgaven har fokus på trinn 2 i tretrinnsstrategien, dette blir valgt når IVF-kurven leses av. Det ble i oppgaven brukt IVF-kurve for Oslo – Blindern da denne er blitt benyttet i lengst tidsperiode i Oslo kommune. Hvilken varighet som er dimensjonerende og gir størst oppfylling av fordrøyningsanleggene kommer blant annet an på ønsket videreført vannføring og detaljene i utløpsarrangementet. Disse størrelsene er ukjente og konsentrasjonstiden til feltene er derfor som en tilnærming benyttet som varighet, ettersom beregningene som gjøres her uansett er grove estimater (Stenius et al., 2015). For å regne ut konsentrasjonstiden er det brukt formel for naturlige felt fra Vannhåndtering veiledning: Håndbok V240 (Vegdirektoreatet, 2020). Det er viktig å se at denne formelen inneholder effektiv sjøprosent (A_{SE}).

$$t_k = 0,6 * L_F * \Delta h^{-0,5} + 3000 * A_{SE}$$

t_k = Konsentrasjonstiden [minutt]

L_F = Feltlengde [m]

Δh = Høydeforskjellen i feltet [m]

A_{SE} = Effektiv sjøprosent [-]

Beregningene som er gjort blir grove overslag som kan brukes som en pekepinn på hvor effektive dammene vil være for fordrøying.

3 Resultater

Her presenteres informasjonen fra kartanalysene og befaringsene som ble gjort. Det ble sett på utvalgte områder i nedbørfeltene som ble presentert i kapittel 2.1. De fire utvalgte områdene som blir sett på i denne oppgaven ligger i marka og skaper problemer nedstrøms. I resultatene blir det satt størst fokus på to av nedbørfeltene, Risbekken og Øvre Prinsdal da disse er mest ulike. Lunnedalen og Skådalsbekken ligger nærmere forklart i vedlegg 1 og 2.

3.1 Resultater fra kartanalyse

I kartanalysen er de utvalgte områdene vurdert opp mot de vurderingskriteriene som er satt i kapittel 2.3 for å finne ut hvilke kriterier som er tilgjengelige ut fra kartdata. Risbekken og Øvre Prinsdal er beskrevet i detalj i dette kapittelet mens det er laget et sammendrag fra Lunnedalen og Skådalsbekken; disse er nærmere beskrevet i vedlegg 1 og 2.

3.1.1 Sammendrag

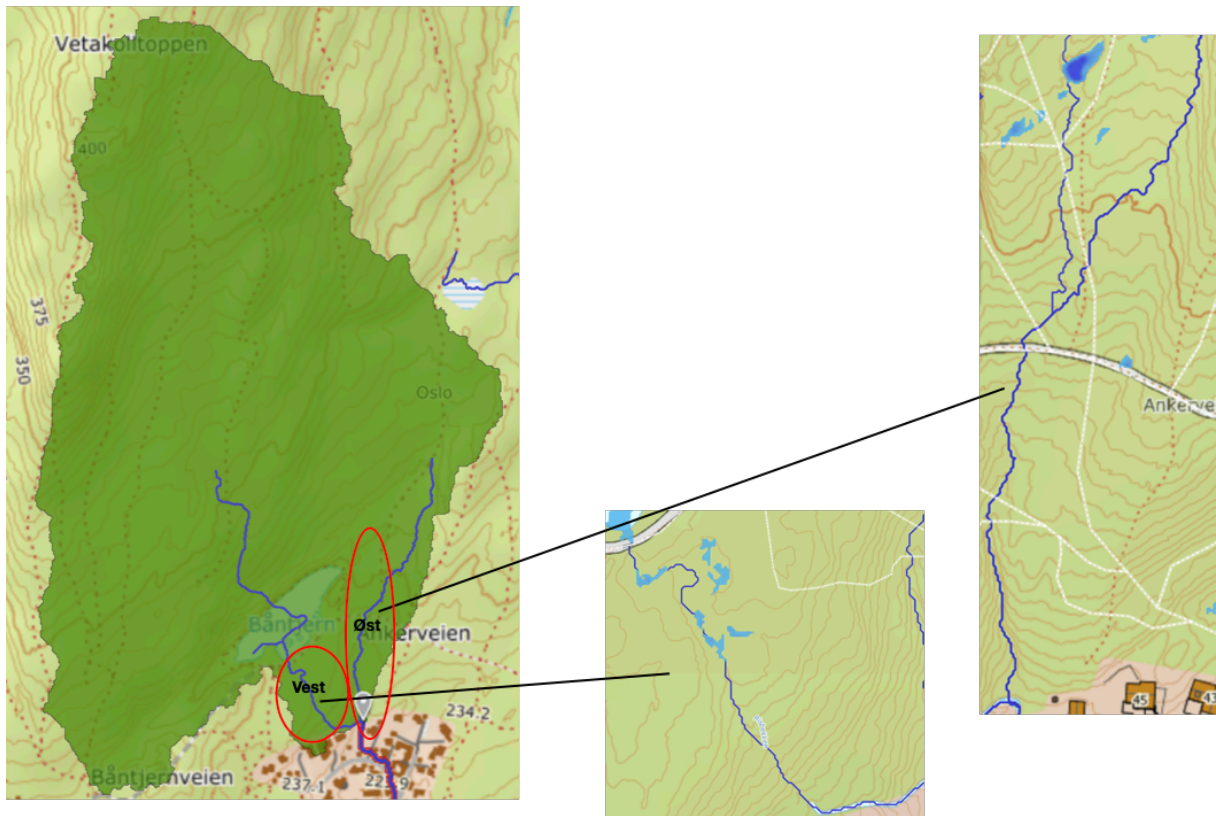
Lunnedalen

Ut fra kartgjennomgangen i Lunnedalen ser det ut til å være gode muligheter for bygging av fordrøyningsanlegg da det er en lang slak helning i terrenget som blir sett på. Området består hovedsakelig av fjell med tynt løsmassedekke og er dominert av eldre gran. Eiendommen eies av Oslo kommune med en anlagt tursti øverst i feltet.

Skådalsbekken

Skådalsbekken har et kupert terreng med både bratte fall og store flate områder. Her er det gode muligheter til å bygge fordrøyningsanlegg. Grunnen består for det meste av fjell med tynt løsmassedekke, men også noen myrområder. Myrområdene er spesielt gode til å holde igjen vann. Det er fisk i innsjøer i nærheten. Skogen består av eldre trær, der gran er dominerende. Det er flere turstier i området, disse er det viktig å ta hensyn til før bygging. Oslo kommune eier marka.

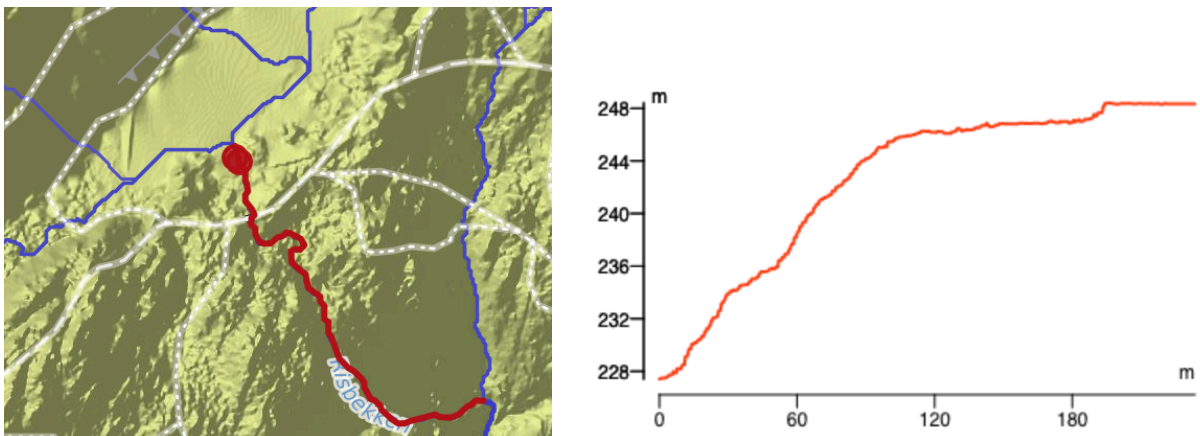
3.1.2 Risbekken



Figur 3.1 Oversikt over utvalgte områder i nedbørfeltet til Risbekken.

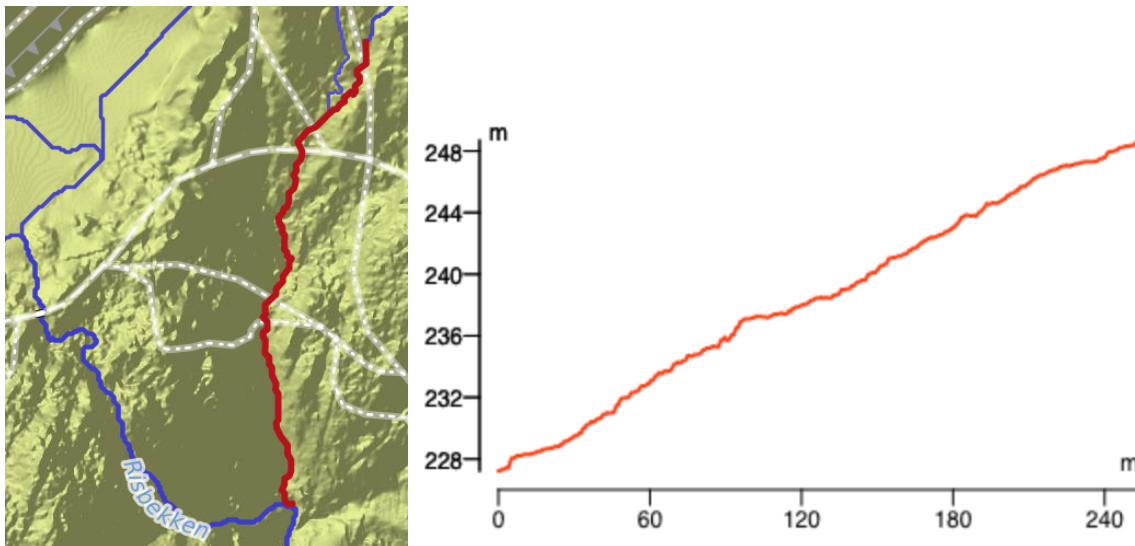
I figur 3.1 vises utsnitt av hvilke områder som skal sees nærmere på. Her kommer også kotene i terrenget tydelig frem. I nedbørfeltet til venstre i figur 3.1 er ekvidistansen 5 meter, mens i utsnittene av nedbørfeltet er ekvidistansen 1 meter.

Topografi



Figur 3.2 På kartet vises Risbekken vest som starter ved det røde punktet. Lengdeprofilen viser terrenget til bekken motstrøms.

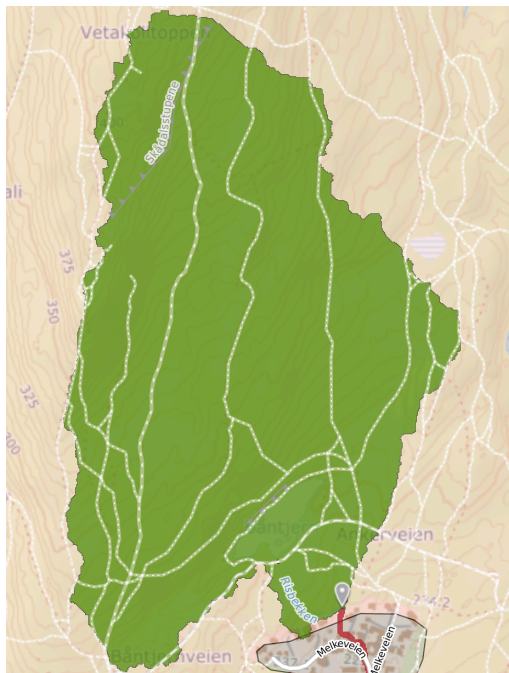
Vi ser i figur 3.2 helningen i bekken som er markert i rødt. I koordinatsystemet er y-aksen høyden over havet og x-aksen er lengden på bekken. Etter 60 meter har bekken et fall på 133‰ og de neste 60 meterne har den et fall på 166‰. Videre i terrenget ser vi at helningen slakker ut med et fall på 33‰ frem til Båntjern. Her kan det være mulighet til bygging av fordrøyningsanlegg da vann kan holdes igjen.



Figur 3.3 Risbekken øst møter Risbekken vest nedstrøms. Lengdeprofilen viser terrenget til bekken motstrøms.

I figur 3.3 ser vi helningen til Risbekken øst, her har bekken et jevnt fall på 83‰. Nederst i bekken kan det mulig holdes tilbake noe vann hvis det bygges et fordrøyningsanlegg her, men dette vil risikere kollaps hvis det ikke er mulig med flere anlegg. Følger man bekken oppover ca. 100 meter kan det også være mulig å bygge et ekstra anlegg. Videre oppover er det uklart om det kan lønne seg med flere anlegg, da det ikke er flate områder som kan skape volum for å holde tilbake vann.

Grunnforhold



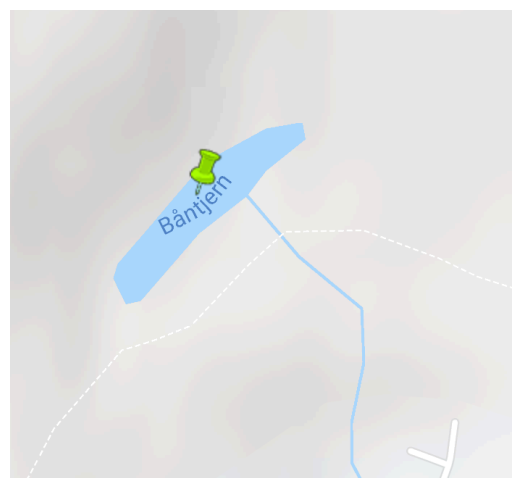
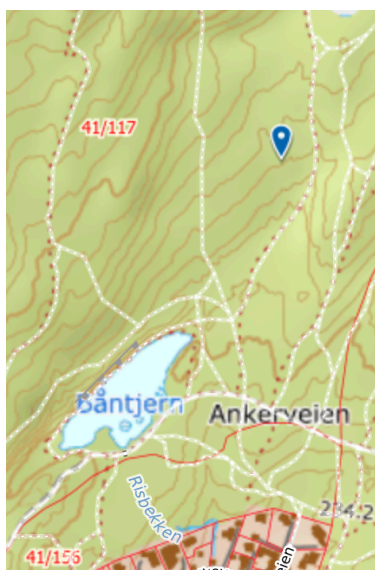
Watershed Info

- **Upstream area:** 0.57 km²
- > **Land use**
- ✓ **Soil type**
 - Bart fjell/tynt dekke 0.57 km² (100%)
 - Fyllmasse 75.00 m² (0%)
- ✓ **Info**
 - Location: 10.7084, 59.9635

Figur 3.4 Grunnforhold oppgis som Soil type i ScalgoLive tatt fra NGU. Risbekken.

Her ser vi fra figur 3.4 at hele nedbørfeltet til Risbekken er bart fjell med tynt dekke, dette forteller at det vil være lite effekt av infiltrasjon på området. I områder med lite sedimenter i grunnen er det liten fare for erosjon (kapittel 2.2.2).

Natur og biologisk mangfold



Figur 3.5 Eiendom 41/156 og 41/117 vises til venstre. Til høyre er utskrift av kartet OFA bruker, den grønne markøren konstaterer at det er fisk i Båntjern.

Ut ifra Scalgo er det ingen vernede områder eller jordbruk i feltet. Marka er eid av Oslo kommune (Oslo Kommune, 2017) og avgrensningen til tomtene er de røde strekene i figur 3.5. Det er ingen tilgjengelige kart som har oversikt over amfibier, men hos Oslomarkas fiskeadministrasjon (OFA, 2021) er det mulig å få oversikt over hvilke vann som inneholder fisk i Oslo (kapittel 2.2.3).

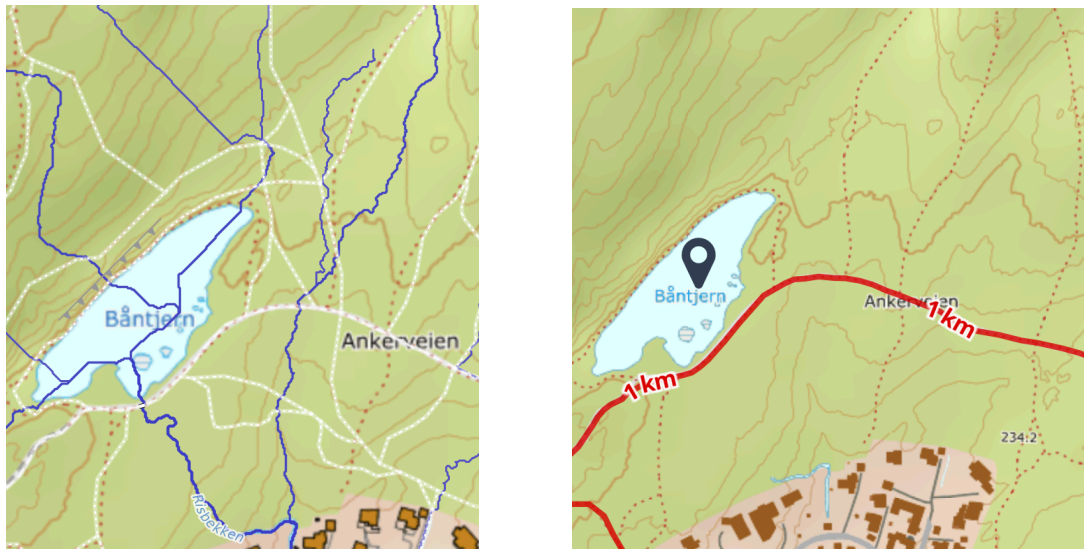
Skogtype



Figur 3.6 Trealder fra NIBIO sitt kart Kilden.

I figur 3.6 kommer det frem at området for det meste består av ung barskog, dette viser at det er tilgjengelig tømmer å bruke. Da skogen er ung vil det trolig være nødvendig å felle trær. Siden det ikke er så mye løvskog, vil ikke problemer med tetting av løv være så stort.

Friluftsliv



Figur 3.7 Turstier fra Scalgo og UT.no

Det er en anlagt tursti som vi ser i rødt til høyre i figur 3.7. Denne er det viktig å ta hensyn til med tanke på erosjon da syklister, rullestolbrukere og lignende skal ha mulighet til å ferdes her. Vi ser også i figur 3.7 at det er flere små stiplede stier. Dette er for det meste små stier i skogen som vil tåle at det kommer vann i perioder.

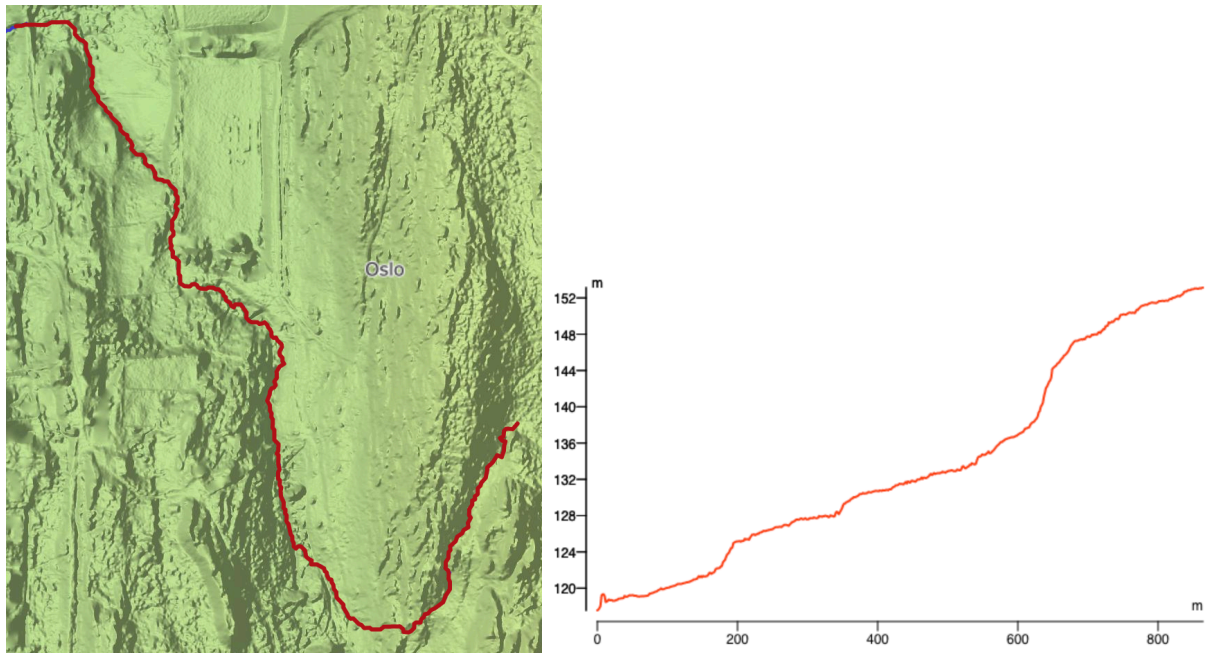
3.1.5 Øvre Prinsdal



Figur 3.8 Oversikt over nedbørfeltet i Øvre Prinsdal.

I figur 3.8 vises utsnitt av området som er sett på. Her kommer også kotene i terrenget tydelig frem. I nedbørfeltet til venstre i figur 3.8 er ekvidistansen 5 meter, mens i utsnittet av nedbørfeltet er ekvidistansen 1 meter.

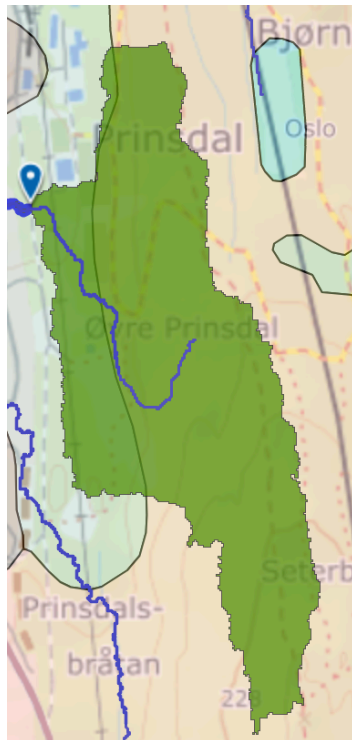
Topografi



Figur 3.9 Kartet viser bekken fra innløpet i sør høyre mot utløpet i nord. Kurven viser terrenget til bekken motstrøms.

Vi ser i figur 3.9 at de første 600 meterne er det et slakt fall på 32‰. Da fallet er så lite skal det være mulig å bygge flere fordrøyningsanlegg i dette området. Etter dette får bekken en bratt stigning på 80‰, her vil det ikke bli anbefalt bygging av anlegg.

Grunnforhold



Watershed Info

- **Upstream area:** 0.45 km²
- ✓ **Land use**
 - Skog 0.39 km² (87%)
 - Åpen fastmark 2.50 ha (6%)
 - › Bebyggd og samfe... 2.20 ha (5%)
 - › Jordbruk 1.01 ha (2%)
 - Ferskvann 342.00 m² (0%)
- ✓ **Soil type**
 - Bart fjell/tynt dekke 0.35 km² (79%)
 - › Hav-/fjordavsetni... 9.14 ha (21%)
- ✓ **Info**
 - Location: 10.8130, 59.8334
 - Depression storage: 1,210.19 m³
 - Runoff volume: 43,349.01 m³

Figur 3.10 Grunnforhold oppgis som Soil type i ScalgoLive tatt fra NGU. Øvre Prinsdal.

I figur 3.10 ser vi hvilke grunnforhold som finnes i nedbørfeltet. I store deler av bekken er det hav- og fjordavsetninger, dette er finkorna sedimenter ofte dominert av silt og leire (Klakegg, 2017).

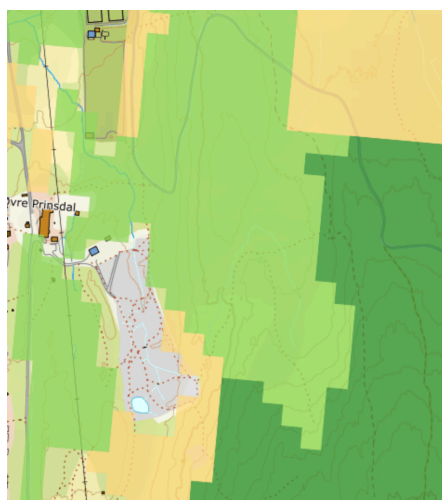
Natur og biologisk mangfold



Figur 3.11 Eiendom 188/1.

Eiendommen i Øvre Prinsdal er eid av Oslo kommune (Oslo Kommune, 2017). Det gule området i figur 3.11 er beitemark. Det grå området på kartet er en gammel skytebane, Prinsdal skytebane (Bioreg AS, 2017). Øystein Røsok, kontaktperson ved Statsforvalteren i Oslo og Viken, forteller at dette er slåttemark og har noe beskyttelse i følge § 3. *Utvalgte naturtyper* i forskrift om utvalgte naturområder etter naturmangfoldloven (Klima- og miljødepartementet, 2011).

Skogtype



Sat-skog	
Areal	21,9 (ha)
Alder	82 år
Bestandstreslag	Furudominert
Andel gran	29 %
Andel furu	63 %
Andel lauv	8 %
Volum	125 m ³ /ha
Volum gran	36 m ³ /ha
Volum furu	79 m ³ /ha
Volum lauv	10 m ³ /ha
Bonitet	Middels i 6/10 av figuren
Terrenghøyde minimum	157 m
Terrenghøyde maksimum	212 m
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	0.49
Bildenavn	L5_197_17s18_03JUN07_30m
Bilddato	030607 (DDMMÅÅ)



Sat-skog	
Areal	6,9 (ha)
Alder	41 år
Bestandstreslag	Grandominert
Andel gran	58 %
Andel furu	21 %
Andel lauv	21 %
Volum	111 m ³ /ha
Volum gran	64 m ³ /ha
Volum furu	23 m ³ /ha
Volum lauv	23 m ³ /ha
Bonitet	Middels i 6/10 av figuren
Terrenghøyde minimum	142 m
Terrenghøyde maksimum	175 m
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	0.58
Bildenavn	L5_197_17s18_03JUN07_30m
Bilddato	030607 (DDMMÅÅ)



Sat-skog	
Areal	1,2 (ha)
Alder	26 år
Bestandstreslag	Blanding
Andel gran	26 %
Andel furu	32 %
Andel lauv	40 %
Volum	53 m ³ /ha
Volum gran	14 m ³ /ha
Volum furu	17 m ³ /ha
Volum lauv	21 m ³ /ha
Bonitet	Middels i 10/10 av figuren
Terrenghøyde minimum	140 m
Terrenghøyde maksimum	153 m
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	0.58
Bildenavn	L5_197_17s18_03JUN07_30m
Bilddato	030607 (DDMMÅÅ)

Figur 3.12 Trealder fra NIBIO kartinformasjon Kilen.

I figur 3.12 kommer det frem at området rundt bekken for det meste består av ung skog. Oppstrøms bekken er skogen eldst, og nedstrøms er den yngst. Der det kan sees på tiltak er løvskog dominerende, derfor er det viktig å tenke på nedfall av løv (kapittel 2.2.4).

Friluftsliv



Figur 3.13 Turstier fra ScalgoLive og UT.no

Fra figur 3.13 er de røde stiplede linjene mindre turstier i begge kartene. Fra UT.no finner vi en større anlagt turstier som er den røde sammenhengende linjen (Den Norske Turistforening, 2009a).

3.2 Observasjoner fra befaring

Befaringene ble gjennomført i april og mai 2021. Risbekken og Øvre Prinsdal er beskrevet i dette kapitlet. Det er lagd et sammendrag fra Lunnedalen og Skådalsbekken, men de er nærmere beskrevet i vedlegg 1 og 2. I feltene vi ser på er det rennende vann, dette er trolig på grunn av at det var mye smeltevann i marka da befaringene ble utført. Der personen måler høyden til bekken anbefales fordrøyningsanleggene å bygges. Jeg var så heldig å få mulighet til å ha med meg Bent C. Braskerud fra Plan- og bygningsetaten (PBE) på alle befaringene. Braskerud ble også brukt som målestokk for å få et bedre inntrykk over området, han er 1.84 meter høy. Det ble sett på hvilke tekniske utforminger av fordrøyningsanlegg (kapittel 1.3) som egner seg ved ulike lokale forutsetninger, basert på vurderingskriteriene som er gjennomgått i kapittel 2.3.

3.2.1 Sammendrag

Lunnedalen

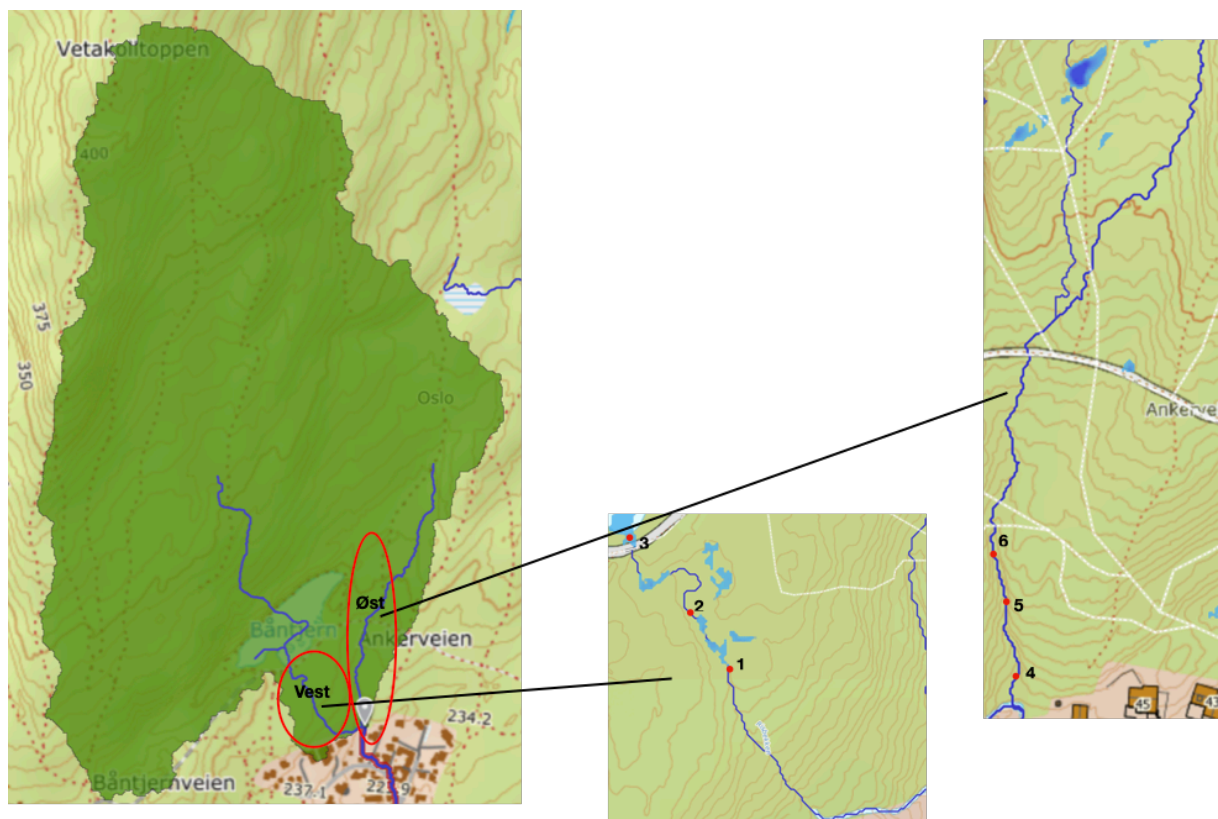
Befaringen ble gjort med personer fra KLI, PBE og BYM, disse er nevnt i vedlegg 1. Nedbørfeltet består av tett gammel granskog med mye stor stein, derfor kan det fint benyttes stedeegne materialer. Her foreslås det bygging av steindam og lekkende tømmerdam, da det ser ut til at bekken har årssikker vannføring. Da befaringen ble gjort lå det mye snø i marka, dette gjorde det litt vanskelig å se terrenget i noen områder. Her er det trolig muligheter for bygging av flere anlegg enn anbefalt i vedlegg 1.

Skådalsbekken

Deler av befaringen ble gjort med personer fra KLI, PBE og BYM, disse er nevnt i vedlegg 2. Nedbørfeltet består for det meste av eldre granskog og mye stor stein. Det kan derfor benyttes stedeegne materialer, da det her anbefales bygging av steindammer og lekkende tømmerdammer. I Skådalsbekken er det årssikker vannføring, derfor er det trolig fisk som vandrer i bekken. Her er det viktig å bygge anleggene over normalvannføringen. Det ser ut som det tidligere har vært en myr på feltet som nå er drenert. Dette området er nærmere forklart i vedlegg 2. Dimensjonene til bekken 237 meter oppstrøms det siste anlegget er målt og kan i tillegg til normalvannføring holde på ca. 193 m³ vann.

3.2.2 Risbekken vest og øst

Befaring ble utført 16. april 2021. Under befaringen ble det funnet områder der fordrøyningsanlegg kan konstrueres. Det ble sett på bekken nedstrøms fra Båntjern som her blir referert til som Risbekken vest, og det ble sett på en mindre bekk som renner inn i Risbekken som blir referert til som Risbekken øst. Under befaring brukes det et A4 ark som har en høyde på 0.29 m og bredde på 0.21 m som målestokk i bildene. Marka ved Risbekken er for det meste bart fjell med et tynt torvdekke, derfor kan det være vanskelig å få festet bjelker i grunnen for å holde fast eventuell tømmer over bekkeløpet. Området i nedbørfeltet som vi så på består i hovedsak av eldre grantrær med noen yngre løvtrær. Det skal ikke være nødvendig å frakte med seg noe særlig av utstyr da det er god tilgang på tømmer og stor stein. Om det sees på som nødvendig med en steinbor til forankring, er det mulig å frakte da det er en skogsvei frem til Båntjern.



Figur 3.14. Oversikt over nedbørfelt på til sammen 57 ha, og forslag til plassering av fordrøyningsanlegg i henholdsvis Risbekken vest og øst. Risbekken vest har nedbørfelt på 39 ha og øst har 18 ha.

I figur 3.14 ser vi området der det er gjort befarings. De røde punktene merket 1-6 er områder der fordrøyningsanlegg vil anbefales. Nedenfor presenteres punktene nærmere og det gis en anbefaling til fordrøyningsanlegg.

Punkt 1. Lekkende tømmerdam (kapittel 1.3.1)



Figur 3.15 Viser at vannet fint kan stige med 0.3m uten fare for erosjon og en oversikt over området med mulig forankring i trær.

Det mulig å forankre tømmer i grantreet til høyre og løvtreet på venstre side av bekleiet (Figur 3.15). Her ser vi trolig normalvannføringen i bekken derfor er det viktig å velge et fordrøyningsystem som håndterer betydelig mer vann enn dette. Det anbefales å bygge en lekkende tømmerdam (kapittel 1.3.1), da det som er viktigst her er å holde tilbake vannet. Det anbefales å bygge denne konstruksjonen ca. 0.6 meter høy med en nedsenkning på midten, slik at vannet ikke renner ut på sidene.

Punkt 2. Steindam (kapittel 1.3.7)



Figur 3.16 Til venstre er et ideelt sted for å plassere fordrøyningsanlegg, og til høyre ser vi en naturlig demning rett oppstrøms anbefalingen av anlegget.

I figur 3.16 vil en steindam (kapittel 1.3.6) fungere bra da det er mangel på feste av tømmer. En åpning eller evt. et rør nederst i dammen vil sørge for at terrenget ikke står varig oversvømt og fisk kan svømme gjennom. Det er også mulig å feste den naturlige demningen

(kapittel 1.3.1) slik at denne ikke lenger kan røre på seg, noe som kan ha en risiko for fordrøyningsanlegget nedstrøms. Eventuelt kan tømmeret fjernes da råtningsprosessen ser ut til å ha startet. Her kan fordrøyningsanlegget av stein bygges opp til 0.6- 1 meter uten problemer.

Punkt 3. Oppbygging av V-formet utløp.



Figur 3.17 Utløpet fra Båntjern kan oppgraderes med et V-formet utløp. Dette vil holde normalvannstanden som i dag, men også bidra til å holde tilbake mer vann ved store nedbørhendelser. Det er muligheter for en midlertidig heving på ca. 0.4 meter.

Båntjern har en stor overflate med et areal på 0.69 ha, vannet kan holde tilbake et større volum om det konstrueres et strupet utløp (figur 3.17).

Punkt 4. Når vi ser på Risbekken øst (Figur 3.18) er dette en bekk som ikke har årssikker vannføring, men det er tydelig at denne bekken vil være vannførende under store nedbørhendelser. Under befaringen var det vann her, trolig pga. snøsmelting.



Figur 3.18 Her vises området som kan demmes opp.

Her anbefales en stokkdam (kapittel 1.3.4) med stor stein på nedstrømside for å hindre erosjon av grunnen. En stokkdam vil også holde igjen sedimenter som kan komme med vannet i dette feltet. Lengden på fordrøyningsanlegget kan bygges ca. 7 meter. Stokkene festes i grantreet på venstre side og trærne på høyre side (Figur 3.18). Dette anlegget vil kunne være ca. 1 meter høyt. For å optimalisere tilbakeholdelsen av sedimenter kan det også anbefales å lage en stokkdam med kvist (kapittel 1.3.5).

Punkt 5. Stokkdam (kapittel 1.3.4)



Figur 3.19 Her er det bratt nedstrøms, men med stor stein i bunnen burde det ikke være fare for erosjon. Tømmer kan festes i grantreet og inn i fjellveggen som man ser i bildet på høyre side.

I figur 3.19 vil det anbefales en stokkdam (kapittel 1.3.4), dette med tanke på nedsenkningen på toppen av anlegget og at det bygges helt ned til bunnen. Dette anlegget bør bygges maks 1 meter høyt, så fallet nedstrøms ikke blir for stort. Det ligger fjell i dagen og stor stein nedstrøms, så her er det ikke nødvendig å tilføre stein.

Punkt 6. Stokkdam (kapittel 1.3.5)

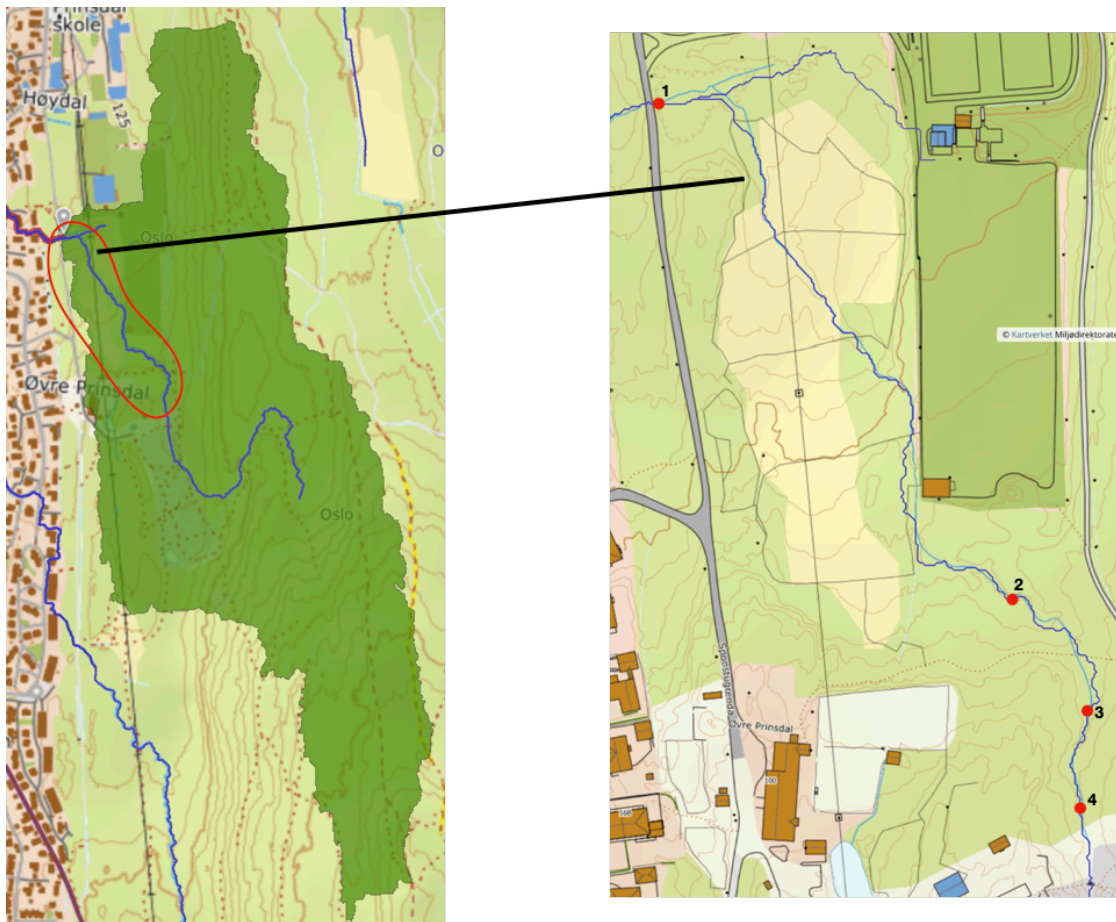


Figur 3.20 Til venstre vises høyde for oppbygging på ca. 1 meter. Det kan festes stokker i grantreet og fjellet.

Her vil det også lønne seg med en stokkdam (kapittel 1.3.5), men det bør tilføres stor stein som kan legges i bunnen og nedstrøms anlegget. I figur 3.20 er det fjell i dagen og det kan anbefales å borre inn bolter i veggen for å holde på plass stokkene. Dette er en metode som det ikke er sett på tidligere i oppgaven, men som trolig kan lønne seg her.

3.2.3 Øvre Prinsdal

Befaring ble utført 05. mai 2021. På denne befaringen var Bent C. Braskerud fra Plan- og bygningsetaten og min hovedveileder Vegard Nilsen fra NMBU med. Under befaringen ble det funnet områder der fordrøyningsanlegg kan konstrueres. Det ble brukt tommestokk på 1 meter som målestokk i bildene. Marka i Øvre Prinsdal er for det meste finkorna sediment bestående av sand, silt og leire, med noen partier bart fjell. I området der anlegg blir anbefalt er det noen eldre bartrær, men i hovedsak yngre og eldre løvtrær. Lengre oppstrøms er det en noe beskyttet slåttemark på en gammel skytebane der deler av bekken ligger i rør, etterfulgt av tett granskog med mye fall. På befaring kom det frem at det gule område var beite for hester, derfor ble det ikke mulig å befare denne delen.



Figur 3.21 Nedbørfelt på 35 ha og oversikt over forslag til fordrøyningsanlegg. Øvre Prinsdal.

I figur 3.21 ovenfor ser vi området der det er foreslått fordrøyningsanlegg. De røde punktene merket 1-4 er områder der fordrøyningsanlegg anbefales. Nedenfor presenteres punktene nærmere og det gis en anbefaling til type fordrøyningsanlegg. Anlegg 2, 3 og 4 ligger etter hverandre i et skogholt.

Punkt 1. Lekkende tømmerdammer (kapittel 1.3.1)



Figur 3.22 Til venstre ser vi røret nedstrøms og til høyre vises oppstrøms anbefalt fordrøyningsanlegg.

Her kan det vurderes å bygge en lekkende tømmerdam som festes med påler ned i grunnen foran røret (figur 3.22). Det skal ikke bygges høyere enn røret på 0.5 meter. Oppstrøms røret kan et stort område settes under vann. I feltet var det tegn til at området ofte står under vann ved store regnhendelser. Det er viktig at anlegget legges over normal vannstand og det burde legges stein nedstrøms anlegget før inngangen til røret, for å hindre erosjon. Det ligger et beiteområde oppstrøms som også vil oversvømmes om anlegget går tett, derfor er det viktig å snakke med grunneier før dette anlegget skal bygges.

Punkt 2. Stokkdam (kapittel 1.3.4) med stein i bunnen.



Figur 3.23 Her ser vi at selve bekkeløpet er 0.6 meter.

Her kan det bygges fordrøyningsanlegg med ulike bredder, enten et som bare bygges i bekkeløpet på 1 meter eller et som ligger utover hele området på ca. 2 meters høyde. Det er forhøyning på hver side av bekkeløpet med en avstand på ca. 21 meter. Om det legges

tømmer her kan området holde tilbake mye vann. Det anbefales å legge stor stein i bunnen og nedstrøms i bekkeløpet for å hindre erosjon (figur 3.23). Det er viktig at fordrøyningsanlegget blir permeabelt.

Punkt 3. Stokkdam med kvist (kapittel 1.3.5)



Figur 3.24 Her ser vi hvor fordrøyningsanlegget kan bygges fra nedstrøms perspektiv.

Det kan fint bygges et fordrøyningsanlegg på inntil 1 meter der den naturlige dammen (kapittel 1.3.1) ligger, men det er viktig å fjerne denne stokken da den er rått (figur 3.24). Det lever amfibier på stedet, derfor burde anlegget bygges på sensommeren, for å ikke forstyrre det biologiske mangfoldet i området. Grunnen her inneholder mye sedimenter, derfor anbefales stokkdam med kvist for å hindre erosjon av grunnen.

Punkt 4. Steindam (kapittel 1.3.6)



Figur 3.25 Det vises til venstre at det allerede ligger en del stor tilgjengelig stein i bekkeløpet. Til høyre ser vi to store trær som lett kan holde på plass en tømmerstokk, det er 5 meter mellom trærne.

Her anbefales det enten en steindam og/eller en stokkdamm, et kombinert anlegg er også mulig (figur 3.25). Det er mye stor stein rundt bekkeløpet, derfor hadde det vært enkelt å få til en steindam i bunnen. Fordrøyningsanlegget kan bygges inntil 1.2 meter høyt, men da er det viktig med stein på nedstrøms side så vannet ikke graver seg ned i bekkibunnen. Om det bygges så høyt kan det festes stokker øverst i anlegget. På begge sider av bekkeløpet ligger det fjell i dagen som sikrer mot erosjon i kantene.

3.3 Lagringsvolum i foreslåtte fordrøyningsanlegg

For å gjøre en utregning på mulig lagringsvolum bak dammene ble dette gjort i kart etter befaringen. I ScalgoLive kan det lages et estimat på vannvolumet som kan tilbakeholdes i fordrøyningsanleggene. Disse ble konstruert slik det ble anbefalt fra befaringen. Som tidligere nevnt blir dette kun gjort på to felt, Risbekken og Øvre Prinsdal.

Risbekken

I tabell 3.1 ser vi tilbakeholdelsen i de ulike anleggene. «Uten fordrøyning» betegner det som tilbakeholdes i terrenget uten fordrøyningsanlegg. «Med fordrøyning» er tilbakeholdelsen i terrenget med fordrøyningsanlegg. Her fremkommer det at den totale tilbakeholdelsen av vannvolum bak fordrøyningsanleggene er på 155 m³.

Tabell 3.1 Informasjon hentet ut fra ScalgoLive.

ScalgoLive	Felt	1	2	3	4	5	6	V _d	
	Uten fordrøyning	2	0	42	0	0	0	44	m ³
	Med fordrøyning	11	4	115	18	11	40	199	m ³
	SUM	9	4	73	18	11	40	155	m ³

I kapittel 2.6 vises det at varigheten (t_r) settes som konsentrasjonstiden (t_k), som er tiden det tar for vannet å bevege seg fra det ytterste punktet i nedbørfeltet til utløpet som vist i tabell 3.2 (Stenius et al., 2015).

Tabell 3.2 Konsentrasjonstid.

Konsentrasjonstid	$t_k = 0,6 \cdot L_F \cdot \Delta h^{-0,5} + 3000 \cdot A_{SE}$	
Feltlengde	L_F	1130,00 m
Høydeforskjell i felt	Δh	190,00 m
Effektiv sjøprosent	A_{SE}	0,01
	t_k	73,40 min

Risbekken inneholder et tjern, derfor må vi her regne ut effektiv sjøprosent (tabell 3.3) da innsjøer i nedbørfeltet holder igjen deler av vannet under flom, slik at vannføringen nedstrøms reduseres (Vegdirektoreatet, 2020).

Tabell 3.3 Effektiv sjøprosent

Effektiv sjøprosent	$A_{SE} = 100 \cdot (A_j \cdot a_j) / A_f^2$	
Totalt tilsigsareal til innsjø A_j		0,38 km ²
Overflateareal innsjø a_j		0,007 km ²
Nedbørfeltets totale areal A_f		0,57 km ²
	A_{SE}	0,81 %

Det totale avrente volumet i nedbørfeltet til Risbekken blir 6476.33 m³, som vist i tabell 3.4.

Tabell 3.4 Avrent volum $C = \varphi$.

Avrent volum	$V_a = C \cdot A \cdot I \cdot t_k$			
Avrenningskoeffisient	C	0,3		
Feltareal	A	57,0 ha		
Intensitet	I	86,0 l/(s*ha)		
Konsentrasjonstid	$t_k = t_r$	4403,9 s		
	V_a	6476329,7 l		6476,33 m ³

Til slutt leser vi av den totale tilbakeholdelsen av fordrøyningsanleggene V_d i tabell 3.1 og deler på det totale avrente volumet V_a i tabell 3.4. Forholdet mellom V_d og V_a gir en pekepinn på effekten av fordrøyningsanlegget, jo høyere tall jo større effekt.

$$\frac{V_d}{V_a} = \frac{155}{6476,33} = 0,024$$

Dette viser at fordrøyningsanleggenes estimerte lagringsvolum utgjør rundt 2 - 3% av estimert avrenningsvolum ved en hendelse med varighet på 74 minutter og gjentaksintervall 20 år.

Øvre Prinsdal

Tilsvarende beregninger er gjort over nedbørfeltet i Øvre Prinsdal i tabell 3.5. Her er avrenningskoeffisienten C satt til 0.2 fordi grunnen i Øvre Prinsdal består av mer sedimenter, derfor antas det at det er økt infiltrasjon i feltet.

Tabell 3.5 Beregninger av total tilbakeholdelse (V_d), konsentrasjonstid og totalt avrent volum (V_a) over Øvre Prinsdal. $C = \varphi$.

ScalgoLive							
	Felt	1	2	3	4	V_d	
	Uten fordrøyning	492	2	0	0	494	m ³
	Med fordrøyning	528	228	21	10	786	m ³
	SUM	36	226	21	10	293	m ³
Avrent volum	$V_a = C * A * I * t_k$						
Avrenningskoeffisient C		0,20					
Feltareal	A	45,00	ha				
Intensitet	I	84,40	l/(s*ha)				
Konsentrasjonstid	t_k	4536,00	s				
	V_a	3445545,60	l	3445,55	m ³		
Konsentrasjonstid	$t_k = 0,6 * L_F * \Delta h^{-0,5} + 3000 * A_{SE}$						
Feltlengde	L_F	1260,0	m				
Høydeforskjell i felt	Δh	100,0	m				
Effektiv sjøprosent	A_{SE}	0,0					
	t_k	75,6	min				

I Øvre Prinsdal leser vi av den totale tilbakeholdelsen av fordrøyningsanleggene V_d og deler på det totale avrente volumet V_a i tabell 3.5. Forholdet mellom V_d og V_a gir effekten av fordrøyningsanlegget.

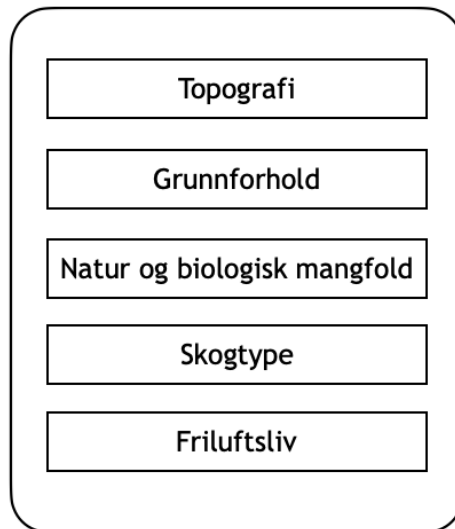
$$\frac{V_d}{V_a} = \frac{293}{3445,55} = 0,085$$

Dette viser at fordrøyningsanleggenes estimerte lagringsvolum utgjør rundt 8 - 9% av estimert avrenningsvolum ved en hendelse med varighet på 76 minutter og gjentaksintervall 20 år.

3.4 Oversikt over vurderingskriterier og fordrøyningsanlegg

I dette kapitlet presenteres kriterieoversikten over hvilke fordrøyningsanlegg som egner seg for de ulike vurderingskriteriene (figur 3.31) som er presentert i kapittel 2.2.

Kriterieoversikten blir kun presentert her som en del av oppgavens resultater, mens den blir nærmere begrunnet og drøftet i kapittel 4.1.



Figur 3.31 Vurderingskriteriene.

Kriterieoversikten med ulike vurderingskriterier kan brukes ved kartanalyse og befaring. Dette skal være en veileder for valg av hvilke fordrøyningsanlegg som kan anlegges i ulike områder rundt bekkeløp. Oversikten skal også gjøre det enklere å avgjøre om et nedbørfelt egner seg eller ikke. Hvis det ut fra kartanalysen ser ut til at et felt ikke egner seg, kan befaring frarådes. Fordrøyningsanleggene er angitt i fargekoder på hvor egnede de er for de ulike underpunktene til vurderingskriteriene.

Rød - Dårlig egnet, anbefales ikke.

Gul - Kan egne seg, noe usikkert.

Grønn - Godt egnet, anbefales.

Topografi						
	Lekkende tømmerdammer	Stammebarriere	Kvistdammer	Stokkdammer	Stokkdammer med kvist	Steindammer
Slakt						
Middels bratt						
Bratt						

Figur 3.32 Presentasjon av underpunktene til topografien.

Grunnforhold						
	Lekkende tømmerdammer	Stammebarriere	Kvistdammer	Stokkdammer	Stokkdammer med kvist	Steindammer
Berg						
Myr						
Sedimenter						

Figur 3.33 Presentasjon av de ulike grunnforhold som er valgt.

Natur og biologisk mangfold						
	Lekkende tømmerdammer	Stammebarriere	Kvistdammer	Stokkdammer	Stokkdammer med kvist	Steindammer
Jordbruk						
Fiskevandring						
Naturvern						
Amfibier						

Figur 3.34 Presentasjon av underpunktene som er valgt innen natur og biologisk mangfold.

Skogtype						
	Lekkende tømmerdammer	Stammebarriere	Kvistdammer	Stokkdammer	Stokkdammer med kvist	Steindammer
Barskog						
Løvskog						

Figur 3.35 Presentasjon av de ulike skogtype.

Friluftsliv						
	Lekkende tømmerdammer	Stammebarriere	Kvistdammer	Stokkdammer	Stokkdammer med kvist	Steindammer
Turstier						
Skogsveier						

Figur 3.36 Presentasjon av underpunktene valgt innen friluftsliv.

4 Diskusjon

Gjennom arbeidet med å anbefale fordrøyning av overvannet i nedbørfelt som ligger i marka i Oslo kommune, er det foretatt undersøkelser ved hjelp av kartanalyser og befaring. Det skulle testes om ulike vurderingskriterier kunne avgjøre om et felt var egnet til fordrøyning. I feltene skulle det avgjøres hvilket fordrøyningsanlegg som ville egne seg best i lys av kriteriene.

4.1 Kriteriene

I kapittel 2.3 ble de ulike kriteriene som ble lagt til grunn i denne oppgaven introdusert. Topografi og grunnforhold er valgt da disse kommer opp som viktige og tydelige kriterier i litteraturen som er gjennomgått. Det er også disse kriteriene som er mest grunnleggende for at det kan anbefales å anlegge fordrøyningsanlegg i marka. Innenfor natur og biologisk mangfold og friluftsliv er de kriteriene satt hovedsakelig på grunnlag av vannressurloven og naturmangfoldloven. Skogtype er et kriterium som ikke er hentet fra litteraturen, dette er tilegnet kunnskap fra egen erfaring og interesse for skog og mark.

4.2 Sammenlikning av kartanalyse og befaring

Kriteriene legges til grunn for kartstudiene og befaringene. Av de kriteriene som er valgt er det topografien som er mest avgjørende, da det må være mulig å lagre vann bak fordrøyningsanleggene. Når vi ser på fallet i Risbekken vest (Figur 3.2) stemmer terrenget godt med virkeligheten, og anbefalingene av fordrøyningsanlegg blir foreslått på samme sted i kartanalyse og ved befaring. Når det sees på Risbekken øst kan det overraskende nok anbefales flere anlegg enn antatt ut ifra kartanalysen. Der kotene spisset seg etter hverandre (figur 3.14) viste det seg at det var fint å bygge anleggene. På befaring var terrenget formet som en dal. Det var synlig at jo større mellomrom det var mellom disse (figur 4.1), jo mer vannvolum kunne holdes igjen. Da dette ble kjent viste det seg å stemme på samtlige felt.



Figur 4.1 Illustrasjon av kotene som spisser seg.

Kartene over grunnforhold stemmer stort sett overens med virkeligheten ved alle befaringene som ble gjort. Der det så ut til at det tidligere hadde vært myr ved Skådalsbekken stemte dette med det vi så på kartanalysen (Vedlegg 2, figur V. 13). Det som ikke kom tydelig fram i kart var at disse myrene virket drenerte og det vokste skog i området. Innenfor natur og biologisk mangfold var det mye som man ikke kunne se på kart. I Øvre Prinsdal (kapittel 3.2.3, punkt 3) ble det funnet froskeegg, noe som tyder på at det lever amfibier på stedet. Det ble også funnet et informasjonsskilt på stedet som informerte om at det også fantes storsalamander der, denne er rødlistet (Artsdatabanken, 2015). Derfor er det en fordel å ha med en biolog på befaring. Hvis det er felt med innsjøer som renner ut i bekker med årssikker vannføring, vil det trolig leve fisk der. Vannføringen kommer ikke tydelig fram på kart, men det finnes informasjon om innsjøer som inneholder fisk (OFA, 2021). Det som kommer tydelig fram på kart, som ikke sees på befaring, er eiendomsgrensene. Skogtypen stemmer godt med kartanalyse og befaring, dette gjør også skogsveier og stier.

Dreneringslinjene som vises i ScalgoLive stemmer ikke alltid med bekkeløpet på grunn av at programmet kun baserer seg på høydemodellen over området. Det oppgis heller ikke informasjon om kulverter og ledningsnett i ScalgoLive. Dette kommer tydelig fram ved befaring i Skådalsbekken og Øvre Prinsdal. I Skådalsbekken er dette trolig på grunn av at det

er gravd i terrenget for å styre bekken unna skogsveien (Vedlegg 2, Befaring). Og i Øvre Prinsdal (figur 3.21) er noe av bekken lagt i rør. Dreneringslinjene kommer derimot til god nytte når det blir gjort befaring i felt uten fast vannføring, da dette ikke alltid kommer like tydelig frem i terrenget.

4.2.1 Optimalisering av fordrøyningseffekt

Ut ifra gjennomgangen i kartstudiet som er gjort i ScalgoLive etter befaringene, kan vi se at fordrøyningsanleggene ikke kan holde igjen like mye vann som ønsket. I flere av anleggene sees det at mengden vann som holdes igjen ikke er optimal, men det er allikevel nødvendig å vite at det går an å holde igjen et visst volum. Det vil si at om vi bygger flere anlegg etter hverandre, kan dette optimalisere effekten av fordrøyningen betraktelig. Dette har vi lært når vi ser på tidligere erfaringer i andre europeiske land. Der er det sett god effekt av fordrøyningsanleggene, som nevnt i kapittel 1.4, men det er bygd mange anlegg etter hverandre. Dette er viktig og nødvendig informasjon med tanke på utprøving av fordrøyning i marka her til lands. Fordrøyningsanlegg vil bremse vannføringen. Når vannet renner videre til de neste anleggene vil mengden vann være fordelt over lengre tid. Dette minsker faren for erodering og kollaps av anlegg nedstrøms.

I Øvre Prinsdal hvor hele nedbørfeltet er befart, vil det trolig ikke være mulig å bygge flere fordrøyningsanlegg enn anbefalt, med mindre vi kunne brukt innhegningene til hestene eller slåttemarka. Dette kan gi oss en indikasjon på at nedbørfeltet i Øvre Prinsdal er i minste laget for anbefaling av fordrøyningsanlegg, men dette vil også være avhengig av volumet av nedbør og terrenget i området. Dersom det er et ønske å holde igjen sedimenter og hindre erosjon kan det anbefales fordrøyningsanlegg, da volumet ikke er en avgjørende faktor.

4.2.2 Optimalisering av infiltrasjon

Grunnforholdene i Oslo by består hovedsakelig av marin leire da isen smeltet fort i Norge og landet har reist seg mye etter siste istid. Marka rundt byen består i hovedsak av bart fjell med tynt torvdekke som resulterer i at infiltrasjonen i terrenget ikke er optimal. Derfor er det i hovedsak sett på trinn 2 i tretrinnsstrategien, det å fordrøye vannet og holde det igjen i marka. Det at fordrøyningsanleggene holder igjen vann under nedbørhendelser kan også optimalisere infiltrasjonen i området. Dette er spesielt nødvendig etter lange perioder med tørt og varmt vær. I starten av oppgaven så jeg for meg at det var fordelaktig at marka i Oslo

kommune består av store mengder berggrunn, men nå ser jeg også at det er en fordel med en grunn som har god infiltrasjon. Siden infiltrasjon fremmes når vannet forsinkes, fører dette til mindre vann i bekkeløpet. Derfor er det fordelaktig om anleggene kan bygges slik at de kan spre vannet utover områder som kan infiltrere mer. Et eksempel på dette kan være de anleggene som anbefales i vedlegg 2 over Skådalsbekken. Denne effekten fører til at fordrøyningsanleggene også kan gå under trinn 1 i tretrinnsstrategien i kapittel 1.1.3. Det er fordelaktig at grunnen i bekkeløpet består av berg da en høy vannføring i bekken kan føre til erosjon av grunnen, om den består av sedimenter.

4.3 Kriterieoversikten

Dette kapittelet skal forsøke å svare på hvilke fordrøyningsanlegg som egner seg ved de ulike kriteriene. Dette svarer på siste del av målbeskrivelsen.

4.3.1 Topografi

Topografi	Lekkende tømmerdammer	Stammebarriere	Kvistdammer	Stokkdammer	Stokkdammer med kvist	Steindammer
Slakt						
Middels bratt						
Bratt						

Figur 4.1 Kriterieoversikt topografi.

Etter gjennomgangen i kartanalysen og befaringene viser det seg tydelig at topografien blir en av de viktigste kriteriene. Hovedformålet med fordrøying i marka er å holde tilbake vann, derfor må det være mulig å lagre vann.

Hvis topografien i nedbørfeltet er for bratt er det ikke mulig å holde tilbake vann, derfor er alle anleggene merket med rødt. Det vil si at fordrøyningsanlegg ikke anbefales. Siden ScalgoLive har en funksjon som kan måle høydeforskjeller i terrenget, var det enkelt å lese av topografien i kartanalysen. Det kom tydelig frem i kart at Risbekken øst (kapittel 3.2.2) var bratt, men ved befaring viste det seg at noen av de bratte områdene hadde mulighet til å holde igjen noe vann. Dette er interessant da det ut fra kartanalysen trolig hadde blitt frarådet fordrøyningsanlegg (kapittel 3.1.2).

Når det er middels bratt terreng, kan flere av anleggene egne seg godt. Ved helning vil vannet få fart som kan erodere anleggene, de som er merket gult i figur 4.1 er mest utsatt. Derfor er det viktig å ta forholdsregler ved bygging av disse anleggene. Det kan derfor anbefales å bygge flere kvistdammer etter hverandre for å bremse vannet (figur 1.6), eller bygge noen fordrøyningsanlegg som får senket farten til vannet oppstrøms anlegget. Stokkdammer med kvist er også merket gul. Disse tåler mer enn kvistdammer, men det avhenger av hvor mye kvist som er i fordrøyningsanlegget og hvor godt det er forankret. Om steindammer som ligger i terreng med helning har for små stein kan disse lett erodere, derfor er det viktig å bruke stor stein under anleggelse av disse fordrøyningsanleggene.

Når bekken er slak er det mulig å lagre større vannvolum bak anleggene, vannet vil ikke få like mye fart som når det er helning. Dette minsker sannsynligheten for erodering og kollaps av anleggene. Her vil alle anleggene kunne anbefales.

4.3.2 Grunnforhold

Grunnforhold						
	Lekkende tømmerdammer	Stammebarriere	Kvistdammer	Stokkdammer	Stokkdammer med kvist	Steindammer
Berg						
Myr						
Sedimenter						

Figur 4.2 Kriterieoversikt grunnforhold.

De fleste nedbørfeltene som ble sett på i denne studien består av bart fjell med tynt dekke, det resulterte i at det var bart berg i bekkebunnen. De eneste bekkefarene som ikke kun besto av bart fjell, var Risbekken øst og Øvre Prinsdal. Dette var nok fordi det sjeldnere er årssikker vannføring i disse bekkene.

Det kan leses av i figur 4.2 at kvistdammer og stokkdammer med kvist er merket i gul der det er berg i grunnen. Det er fordi det erfaringsmessig oftest er fast vannføring der det kun er berg i bunnen. Når det er fast vannføring i en bekk lønner det seg ikke å bygge fordrøyningsanlegg som ligger i bunnen, da disse kan stanse den naturlige vannbalansen i området. Om det er ønskelig at området skal bli fuktigere kan det derimot ha positiv effekt. Derfor er det viktig å tenke igjennom hva som er hensikten ved bygging av anleggene.

Stokkdammer kunne også vært merket i gul her da disse anleggene også bygges i vannføringen. Det som er viktig å huske er at alle anleggene er permeable og det vil alltid lekke vann igjennom. Er det fiskevandring i bekken er ikke noen av anleggene som bygges i bekkeløpet å anbefale, men dette blir nærmere forklart i figur 4.3.

I myrområder vil det gjerne tilbakeholdes større mengder med vann, derfor anbefales det her å bygges fordrøyningsanlegg som egner seg for større vannmengder. Kvistdammer er som nevnt tidligere ikke de mest robuste anleggene når det gjelder tilbakeholdelse av store mengder vann. Derfor er kvistdammer og stokkdammer med kvist merket med gul her.

Kvistdammer og stokkdammer med kvist kan derimot lønne seg godt i områder der hensikten er å tilbakeholde sedimenter. Her er de andre fordrøyningsanleggene merket i gul (figur 4.2) da de som regel ikke forstyrrer normalvannføringen i bekken. Kvistdammer er også fordelaktige der grunnen består av mindre sedimenter for å unngå erodering av bekkibunnen. Dette er sett nærmere på i ravinedaler da bunnen kan heves av kvistdammer. Dette er interessant hvis det er risiko for større jordskred/kvikkleireskred (kapittel 1.3.3). I fordrøyningsanleggene som er merket i gul kan det lettere oppstå erodering av sidene og undergraving av anleggene, dette er ikke en ønskelig effekt.

4.3.3 Natur og biologisk mangfold

Natur og biologisk mangfold						
	Lekkende tømmerdammer	Stammebarriere	Kvistdammer	Stokkdammer	Stokkdammer med kvist	Steindammer
Jordbruk						
Fiskevandring						
Naturvern						
Amfibier						

Figur 4.3 Kriterieoversikt natur og biologisk mangfold.

I figur 4.3 er det listet opp ulike forslag til hva som er viktig å undersøke i naturen rundt bekkeløpet. Her er det flere kriterier som ikke kommer tydelig frem på kart, men som fint kan sees på befaring. Før vi undersøker et felt er det nødvendig å finne ut om det er et naturvernområde, hvis så er tilfelle vil fordrøying i marka ikke anbefales. Det er mulig å søke om dispensasjon i disse tilfellene.

Fordrøyningsanlegg kan føre til at områder blir fuktigere i lengre perioder, dette vil ha en positiv innvirkning på amfibier og arter som lever i og rundt våtmarksområder. De anleggene som kan egne seg spesielt godt til dette er kvistdammer, stokkdammer og stokkdammer med kvist, da disse bygges ned til bunnen av bekken og kan holde igjen mindre nedbørhendelser. Vannet som blir holdt tilbake av disse fordrøyningsanleggene, vil renne saktere ut og det kan anlegges små pytter bak anleggene.

Når det er fiskevandring i bekker vil det ikke egne seg å bygge kvistdammer, stokkdammer og stokkdammer med kvist, da fisken ikke kan passere uforhindret gjennom disse. Lekkende tømmerdammer egner seg best, da de anlegges over den normale vannføringen i bekken. Det kan også være mulig å bygge stammebarriere og steindammer, men her er det spesielt viktig under konstruksjonen å tenke på at fisken kan passere uhindret gjennom anleggene.

Hvis det anbefales anleggelse av fordrøyningsanlegg i en bekk, der den renner gjennom et jordbruksområde, er det viktig å ta kontakt med grunneier for å spørre om tillatelse. Derfor er alle anleggene markert med gul på dette punktet. I Øvre Prinsdal var det et beiteområde for hester, dette kom tydelig frem da det ble befart. Hadde det blitt anbefalt anlegg her ville store deler av beitet blitt oversvømt, derfor så vi bort fra dette området på befaringen.

4.3.4 Skogtype

Skogtype						
	Lekkende tømmerdammer	Stammebarriere	Kvistdammer	Stokkdammer	Stokkdammer med kvist	Steindammer
Barskog						
Løvskog						

Figur 4.4 Kriterieoversikt skogtype.

Som vist i figur 4.4 er lekkende tømmerdammer best egnet da de slipper normalvannføringen i bekken uhindret forbi. Løv og kvist kan sette seg fast i fordrøyningsanleggene som ligger i normalvannføringen i bekken, dette problemet er størst i nedbørfelt bestående av mye løvskog. I bekke drag som renner ned mot kulverter kan det være en fordel at fordrøyningsanleggene tar imot løvet. Det er da ønskelig at løvet blir i marka og ikke skaper opphopning foran innløpet til kulverten. Dette problemet er ikke like stort i områder som i hovedsak består av bartrær da barnåler ikke skaper like lett fortetning.

Det er viktig å gjøre en befaring over anlagte fordrøyningsanlegg etter store nedbørperioder da noen anlegg kan ha tettet seg eller kollapset.

4.3.5 Friluftsliv

Friluftsliv	Lekkende tømmerdammer	Stammebarriere	Kvistdammer	Stokkdammer	Stokkdammer med kvist	Steindammer
Turstier						
Skogsveier						

Figur 4.5 Kriterieoversikt friluftsliv.

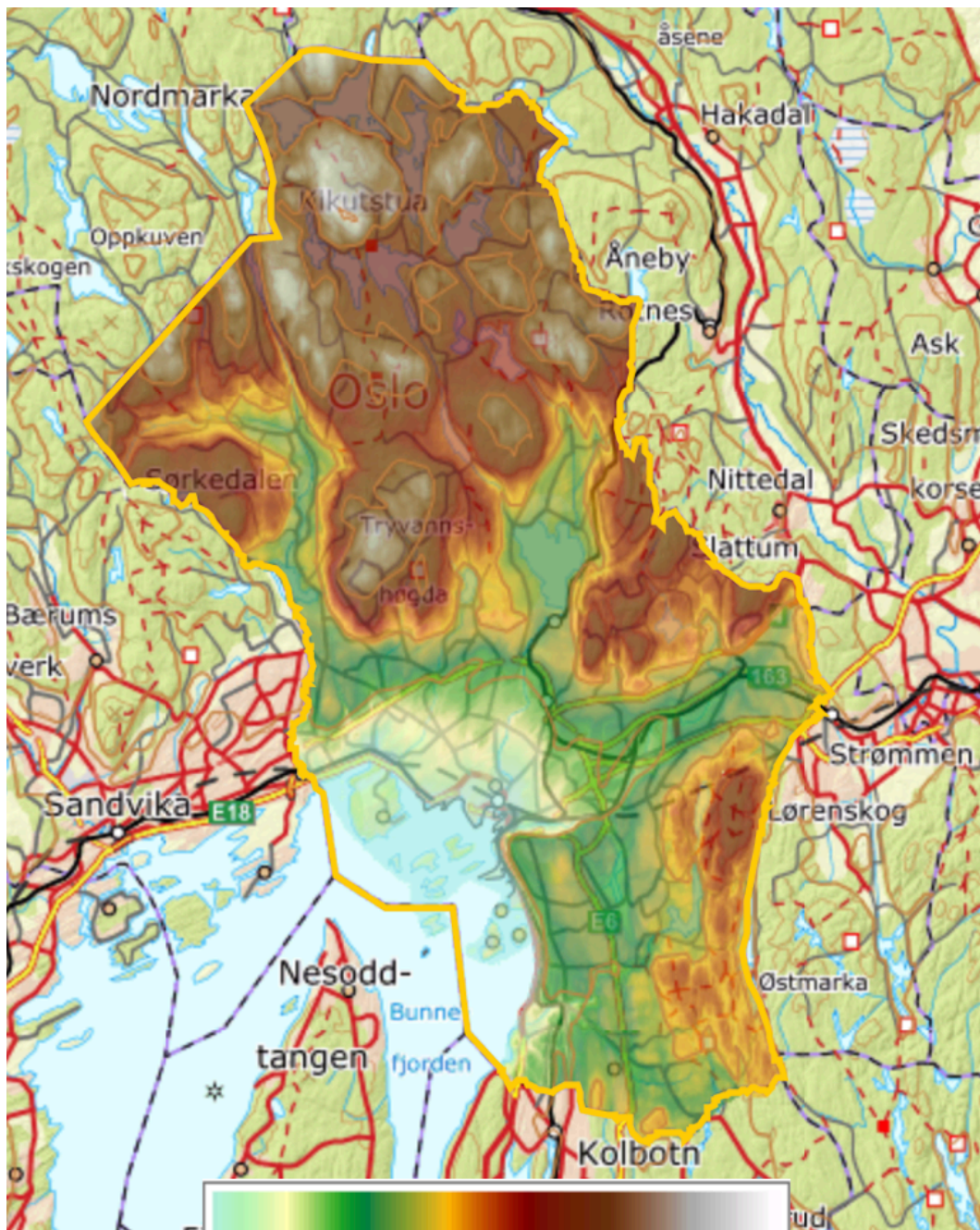
I vannressursloven kommer det frem at man skal vise aktsomhet og unngå skade eller ulempe for allmenne eller private interesser. Derfor er det viktig å ikke bygge fordrøyningsanleggene så de ikke fører til skade og erosjon av skogsveier og opphopning av vann på disse stedene i lengre perioder. Som vi ser i figur 4.5 er de fordrøyningsanleggene som er bygget i vannføringen markert i gul, da disse vil holde igjen vann ved mindre nedbørhendelser også. Når det kommer til de mindre turstiene kan flere av anleggene være praktiske installasjoner som kan brukes som bruer for turgåere. Dammene som er merket med gul er ikke egnet for å gå på, da de for det meste består av kvist og ikke er like robuste som de andre anleggene. Hvis anleggene skal brukes som et alternativ for bruer er det viktig å sikre disse på en god måte, som gjør dem brukervennlige uten fare for å bryte ved at folk går på dem.

Ut av kriterieoversikten kommer det frem noen områder der fordrøyningsanlegg i marka ikke er å anbefale, som for eksempel bratte felt og naturvernområder der det ikke er lov å gripe inn i naturen. Det er viktig å anvende vannressursloven (kapittel 1.5.3) slik at ikke anleggene kommer til hindring for natur og mennesker.

4.4 Begrensninger og usikkerhet

Fordrøyningsanlegg kan sees på som et negativt inngrep og endring av naturen, men det kan også sees på som en mulighet til å hjelpe naturen til å takle klimaendringen vi møter i dag. Hvis vannet blir holdt igjen kan dette skape fuktigere områder som kan hjelpe våtmarkssystemer, da vi ser at somrene kan bli tørrere. I denne studien ble det kun undersøkt nedbørfelt i Oslo kommune. Dette gir noen begrensninger i oppgaven da

nedbørfeltene i Osloområdet har relativt like grunnforhold, der store deler av marka ligger i høydedrag (figur 4.6) med bart fjell og tynt løsmassedekke. Når det skulle velges testfelt ble det foreslått flere ulike felt. For å sikre at de nedbørfeltene som ble valgt ville gi resultater, ble de bratteste feltene valgt bort. Øvre Prinsdal var viktig å få med, da grunnforholdene og topografien skiller seg ut fra de andre utvalgte testfeltene.



Figur 4.6 Høydemodell over Oslo kommune. Forklaring av farger er stigende høyde fra venstre mot høyre.

4.4.1 Naturlige forhold

Det er viktig at vi ikke griper inn i naturen på måter som kan gjøre skade og ødelegge det biologiske kretsløpet som finnes på ulike områder. Fordrøyningsanleggene er lagd av stedeagne materialer og er en skånsom metode som kan bidra til å holde tilbake vann i områder der det tidligere har blitt grøftet vei for å drenere marka. Grøftingen ble gjort for at vannet fortest mulig skulle renne ut av marka, så det kunne plantes skog til vår fordel. Når vi ser på konstruksjonene av fordrøyningsanleggene som er i bruk, er det tydelig at dette er inspirert av naturlige fordrøyninger der trær faller over bekkeløp. Beveren er et godt eksempel på å skape fordrøyningsanlegg da den kan lage demninger i små bekker. Dette gjør den ved å bygge demninger som kan minne om stammebarrierer (kapittel 1.3.2). Vi skylder naturen å gå inn og reversere de problemene vi tidligere har skapt.

4.4.2 Spesifikasjoner ved fordrøyningsanlegg

En nedsenkning i midten av fordrøyningsanleggene kan alltid være en fordel slik at vannet ikke graver vei gjennom sidene på bekkeløpet, slik som det blir gjort i stokkdammer (kapittel 1.3.4). Dette ser vi tydelig i modelleringen gjort i ScalgoLive der det ikke er en funksjon som lager denne nedsenkningen, her finner vannet vei ut på sidene slik at området kan bli erodert. Hvis vi lager denne senkningen vil det overflødig vannet renne over her og ned i bekkeløpet. Hvis fordrøyningsanlegget er bygd høyt og det ikke er berggrunn i bunnen av bekken, anbefales det å legge stein slik at grunnen ikke eroderes bort.

4.4.3 Beregninger

En vurdering av tilbakeholdt vannvolum anbefales å gjøres i forkant hvis fordrøyningsanlegg skal anbefales. Ved hjelp av ScalgoLive kan vi hente ut vannvolumet de forskjellige fordrøyningsanleggene kan holde igjen. Fordrøyningsanleggene vil være permeable, derfor vil vannet kontinuerlig lekke ut. Dette er ikke en funksjon ScalgoLive har, her kan det bare settes opp en forhøyning i terrenget. Derfor viser ScalgoLive bare totalt vannvolum som kan holdes bak anleggene når det er maksimal tilbakeholdelse av vann uten infiltrasjon. Når anleggene er tegnet opp i ScalgoLive er høyden og lengden oppgitt som på befaring og bredden satt på 0.4 meter. Dette kommer derfor ut som et estimat med stor usikkerhet. Beregningene gjort over nedbørfeltet er derfor ikke optimale. Ut ifra beregningene gjort over Risbekken og Øvre Prinsdal får vi at Risbekken kan gi en tilbakeholdelse på ca. 2-3 % og

Øvre Prinsdal på ca. 8-9 %. Dette er ikke mye, men det viser at anleggene kan tilbakeholde noe. De kan altså ha en effekt. Det er viktig å huske at hele nedbørfeltet ikke er befart, derfor vil det trolig være mulig å bygge flere fordrøyningsanlegg som vil optimalisere tilbakeholdelsen betraktelig.

5 Konklusjon

I nedbørfelt med fare for overvannsskader er det viktig å utarbeide en helhetlig overvannsplan for å forebygge skader. Om nedbørfeltet ligger i marka er det anbefalt å se om det er mulig å anlegge fordrøyningsanlegg der. I denne masteroppgaven er det gjort en mulighetsstudie for å anbefale fremgangsmåte ved planlegging av mulige anlegg i marka. Det er gjort kartanalyser og befaringer basert på utvalgte vurderingskriterier: topografi, grunnforhold, natur og biologisk mangfold, skogtype og friluftsliv. Ut fra dette ble det laget en kriterieoversikt som anbefaler hvilke fordrøyningsanlegg som egner seg for ulike lokale forhold i et nedbørfelt. De ulike anleggene som er vurdert er: lekkende tømmerdammer, stammebarriere, kvistdammer, stokkdammer, stokkdammer med kvist og steindammer.

Studien viser at helningen i terrenget og mulige vernede områder burde undersøkes i kart før befaring anbefales. Har området mye fall anbefales ikke fordrøyningsanlegg, da det ikke kan skapes nok volum for å holde tilbake vann. Derfor er det viktig at det blir gjort en kartanalyse over nedbørfeltet, dette kan fort utelukke de områdene som har for høyt fall og som er vernede. Kartanalysen vil også fortelle hvor det kan anbefales fordrøyning, med tanke på behovet for større arealer som kan holde tilbake vann. Studien viser at det er nødvendig å gjøre befaring av nedbørfeltet hvis fordrøyningsanlegg skal anbefales, da kart ikke er detaljert nok. Dette kom tydelig fram i Skådalsbekken der bekken var grøftet og det vokste skog der kart viste myrområder. Det biologiske mangfoldet kom heller ikke frem i kartanalysen, slik det erfares i Øvre Prinsdal.

Det er laget en kriterieoversikt hvor de ulike fordrøyningsanleggene blir anbefalt i henhold til kriteriene. Slik det er erfart i denne studien vil denne kriterieoversikten være til nytte dersom kommuner vurderer å teste fordrøyningsanlegg i marka ved pilotprosjekter, og eventuelt til bruk dersom fordrøyning i marka anbefales.

Det anbefales at det i neste steg gjøres en prosjektering for å utprøve de ulike fordrøyningsanleggene. Hvis det viser seg at fordrøyning i marka har en positiv effekt, kan det bidra til flere alternative løsninger til de allerede eksisterende overvannsystemene og flomveiene i Oslo kommune.

6 Referanser

- Andersen, J. H., Hjukse, T., Roald, L. & Sælthun, N. R. (1983). Hydrologisk modell for flomberegninger. *NVE-rapport*, 2: 1983.
- Artsdatabanken. (2015). *Kunnskapsbank for naturmangfold*. Tilgjengelig fra: <https://artsdatabanken.no/rodliste2015/sok?taxonrank=species&artsgruppe=amfibier%2c+reptiler&fylkesforekomster=oslo+og+akershus&naturtyper=v%u00e5tmarkssystemer> (lest 13.06).
- Bioreg AS. (2017). *Skjøtselsplan for Prinsdal skytebane i Oslo kommune og fylke*. Tilgjengelig fra: <https://bioreg.as/wp-content/uploads/2019/07/2017-13-Skj%C3%B8tselsplan-for-Prinsdal-skytebane-i-Oslo.pdf> (lest 14.06).
- Borch, H. & Erikstad, L. (2015). Vannmiljøtiltak i raviner-muligheter og utfordringer. To eksempler fra Nittedal. *NIBIO-rapport*, 31: 2015.
- Braskerud, B. C., Hoseth, K. A., Israelsen, T., Kval, T., Myrabø, S., Nordlien, S.-H. & Skauge, J. (2014). "Kvistdammer" i Slovakia. *NVE-rapport*, 28.
- Braskerud, B. C. M., S. (2014). Kvistdammer. *NVE-rapport*.
- Cronin, B. (2016). *Keeping Pickering flood free*. New Civil Engineer. Tilgjengelig fra: <https://www.newcivilengineer.com/archive/keeping-pickering-flood-free-29-02-2016/> (lest 14.02).
- Den Norske Turistforening. (2009a). *UT.no*. Tilgjengelig fra: <https://ut.no/kart#15/59.83153/10.81711> (lest 10.06).
- Den Norske Turistforening. (2009b). *UT.no*. Tilgjengelig fra: <https://ut.no/kart#16/59.977245/10.672291> (lest 09.06).
- Dyrrdal, A. & Førland, E. (2019). Klimapåslag for korttidsnedbør-Anbefalte verdier for Norge. *NCCS-rapport*, 5.
- Finsland, W. V., E. Kristensen, H. Braskerud, B. C. Christoffersen, B. Bråthen, C. Langeland, E. (2016). Urban flom. *Oslo kommune-rapport*, 2.
- Gamman, K. & Urrang, K. (2019). *En sammenligning av SCALGO Live og MIKE 21 FM for modellering av overvann*, Masteroppgave: NMBU.
- Grue, Ø. (2013). *Flomvern etter naturmetoden*: Bane NOR. Tilgjengelig fra: <https://www.banenor.no/Om-oss/arkiv-jernbaneverket/Jernbanemagasinet-arkiv/Nyheter/2013/Flomvern-etter-naturmetoden/> (lest 01.06).

- Hanssen-Bauer, I. F., E.J. Haddeland, I. Hisdal, H. Mayer, S. Nesje, A. Nilsen, J.E.Ø. Sandven, S. Sandø, AB. Sorteberg, A. Ådlandsvik, B. Roald, L.A. Lawrence, D. (2015). Klima i Norge 2100 : kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert 2015. *NCCS-rapport*, 2.
- Husby, V. (2021). *Restaurerer myr for naturmangfold og klima*: Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2021/januar-2021/restaurerer-myr-for-naturmangfold-og-klima/> (lest 14.06).
- Hydrologic Engineering Center. (1995). *HEC-RAS*. Tilgjengelig fra: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/> (lest 19.06).
- Kartverket. (2016). *Nasjonal detaljert høydemodell*: Kartverket. Tilgjengelig fra: <https://www.kartverket.no/geodataarbeid/nasjonal-detaljert-hoydemodell> (lest 07.06).
- Klakegg, O. (2017). *Beskrivelse av avsetningstypene*. NIBIO: NIBIO. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/jord/jordkartlegging/jordsmonnkart/avsetningstyper/bskrivelse-av-avsetningstypene> (lest 10.06).
- Klima- og miljødepartementet. (2009). *Naturmangfoldloven*. Lovdata. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-100?q=verne%C3%A5der> (lest 04.06).
- Klima- og miljødepartementet. (2011). *Forskrift om utvalgte naturtyper etter naturmangfoldloven*: Lovdata. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-05-13-512> (lest 14.06).
- Klimaservicesenter, N. (1968-2017). *IVF-kurve for Oslo*. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN18701> (lest 10.05).
- Kravik, M. (2012). *After us, the desert and the deluge?*: Michal Kravík/NGO People and Water.
- Kvitsjøen, J. (2020). *Temakart for overvann og urban flom*
Tiltak 4 i handlingsplan for overvannshåndtering. Upublisert manuskript.
- Kvitsjøen, J. (2021). *Innførende analyse til T4 i handlingsplan for overvannshåndtering*
(julia.kvitsjoen@vav.oslo.kommune.no 16.03.2021).
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. & Aaby, L. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. *Norsk vann*, 162: 8.

Natural England. (2017). *RP32: Small leaky woody dams*. Tilgjengelig fra:

<https://www.gov.uk/countryside-stewardship-grants/rp32-small-leaky-woody-dams>
(lest 12.02).

Naturally Resilient. (2017). *Natural Flood Management techniques- Level 2*. Tilgjengelig fra:

<https://www.ydrt.org.uk/wp-content/uploads/2021/04/NFM-Leaky-Dams-guide.pdf>
(lest 01.06).

Neumayer, M., Teschemacher, S., Schloemer, S., Zahner, V. & Rieger, W. (2020). Hydraulic modeling of beaver dams and evaluation of their impacts on flood events. *Water*, 12 (1): 300.

Nisbet, T. R., P. Marrington, S. Thomas, H. Broadmeadow, S. Valatin, G. (2015). *Slowing the Flow at Pickering*. Tilgjengelig fra:

https://www.forestresearch.gov.uk/documents/242/FR_STF_Pickering_P2_May2015_MWh9JJA.pdf (lest 12.05).

Norconsult. (2021). *Studie av trinnvis flomdempning som skadeforebyggende tiltak. I:*

Lancaster, J. (red.). Rapport for Oslo kommune Klimaetaten av Norconsult 01/2021.

Norsk institutt for bioøkonomi. (2020). *Kilden*. Tilgjengelig fra:

https://kilden.nibio.no/?topic=arealinformasjon&lang=nb&X=7195706.12&Y=275054.87&zoom=0&bgLayer=graatone_cache (lest 04.06).

OFA, O. f. (2021). *Oversiktskart*. Tilgjengelig fra: <https://www.ofa.no/fiskekart/> (lest 13.06).

Olje- og energidepartementet. (2000). *Vannressursloven: Lovdata*. Tilgjengelig fra:

<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24-82> (lest 31.05).

Olje- og energidepartementet. (2010). *Damsikkerhetsforskriften*. Tilgjengelig fra:

<https://lovdata.no/forskrift/2009-12-18-1600/§4-1> (lest 01.03.2021).

Oslo Kommune. (2017). *Eiendomsoversikt*. [https://www.oslo.kommune.no/plan-bygg-og-](https://www.oslo.kommune.no/plan-bygg-og-eiendom/kart-og-eiendomsinformasjon/kommunal-eiendom/eiendomsoversikt/#gref)

[eiendom/kart-og-eiendomsinformasjon/kommunal-](https://www.oslo.kommune.no/plan-bygg-og-eiendom/kart-og-eiendomsinformasjon/kommunal-eiendom/eiendomsoversikt/#gref)

[eiendom/eiendomsoversikt/#gref](https://www.oslo.kommune.no/plan-bygg-og-eiendom/kart-og-eiendomsinformasjon/kommunal-eiendom/eiendomsoversikt/#gref). Tilgjengelig fra:

[https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1392595-](https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1392595-1450354276/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Kommunal%20eiendom/Grunneiendommer%20og%20bygg%20Oslo%20kommune%20eier%20i%20Oslo.pdf)

[1450354276/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Komm](https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1392595-1450354276/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Kommunal%20eiendom/Grunneiendommer%20og%20bygg%20Oslo%20kommune%20eier%20i%20Oslo.pdf)

[unal%20eiendom/Grunneiendommer%20og%20bygg%20Oslo%20kommune%20eier](https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1392595-1450354276/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Kommunal%20eiendom/Grunneiendommer%20og%20bygg%20Oslo%20kommune%20eier%20i%20Oslo.pdf)

[%20i%20Oslo.pdf](https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1392595-1450354276/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Kommunal%20eiendom/Grunneiendommer%20og%20bygg%20Oslo%20kommune%20eier%20i%20Oslo.pdf).

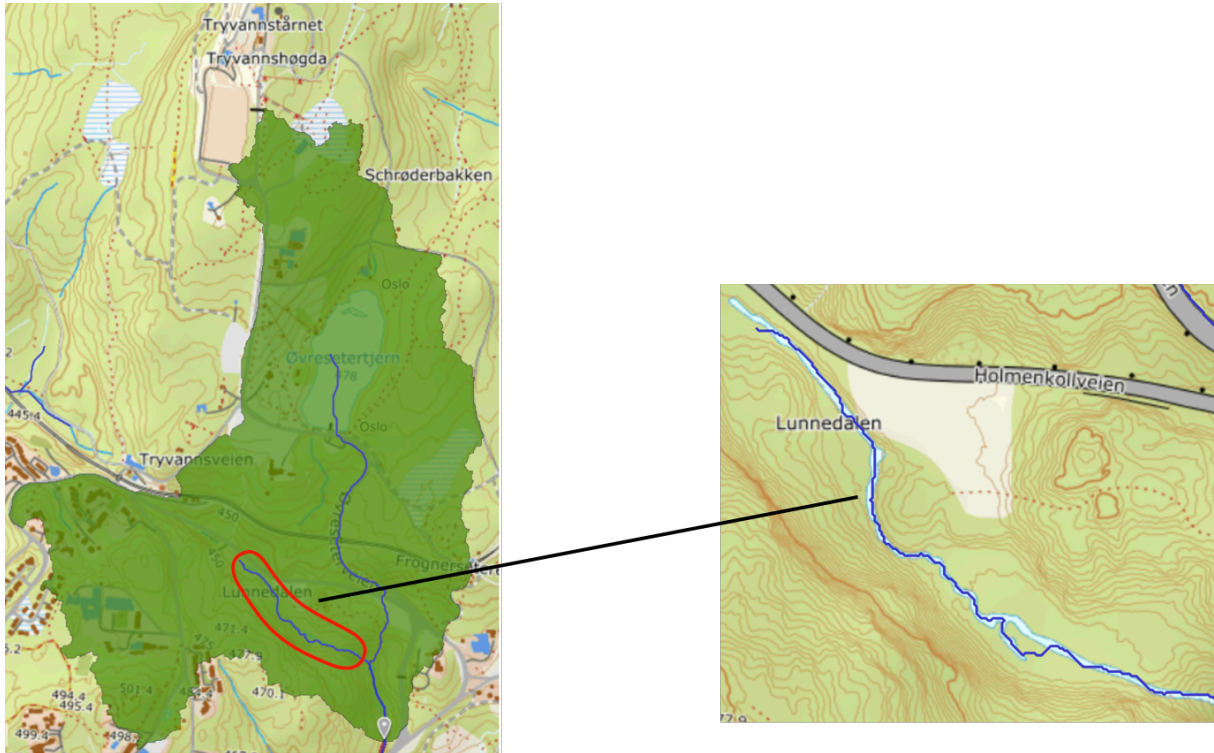
Paus, K. H. (2018). Forslag til dimensjonerende verdier for trinn 1 i Norsk Vann sin tre-trinns strategi for håndtering av overvann. *VANN*, 01.

- Paus, K. H. (2020). *Risikoakseptnivåer og tre-trinnsstrategi?* Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/media/9873/6-kim-helgeland-paus.pdf> (lest 05.05).
- ScalgoLive. (2020). *Kom i gang: Oversikt*. Tilgjengelig fra: <https://pages.qwilr.com/Kom-i-gang-Oversikt-0GAsNNyxRLav> (lest 16.05).
- Stenius, S., Glad, P. A., Wang, T. K. & Væringstad, T. (2015). Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. *NVE-rapport*.
- SussexFlowInitiative. (2017). *Restoring wood in watercourses for natural flood management* SussexFlow. Tilgjengelig fra: <http://www.sussexflowinitiative.org/wood-in-rivers.html> (lest 03.03).
- Vegdirektoreatet. (2020). Vannhåndtering. *Håndbok*, V240.
- Yorkshire Dales Rivers Trust. (2018). *Natural Resilient: Natural Flood Management techniques- Level 2*. Tilgjengelig fra: <http://www.yorkshiredalesriverstrust.com/wp-content/uploads/2018/10/Leaky-Dams-1-1.pdf?fbclid=IwAR2b15C8zl-8queWFycoWMqzkEPrkAA6YJ58GBUILT9MBfGd-0EAMOZBxgM> (lest 16.02).
- Ødegaard, H., Norheim, B. & Norsk Vann, B. A. (2014). *Vann- og avløpsteknikk*. 2. utg. utg. VA-teknikk. Hamar: Norsk Vann.

VEDLEGG 1

Lunnedalen

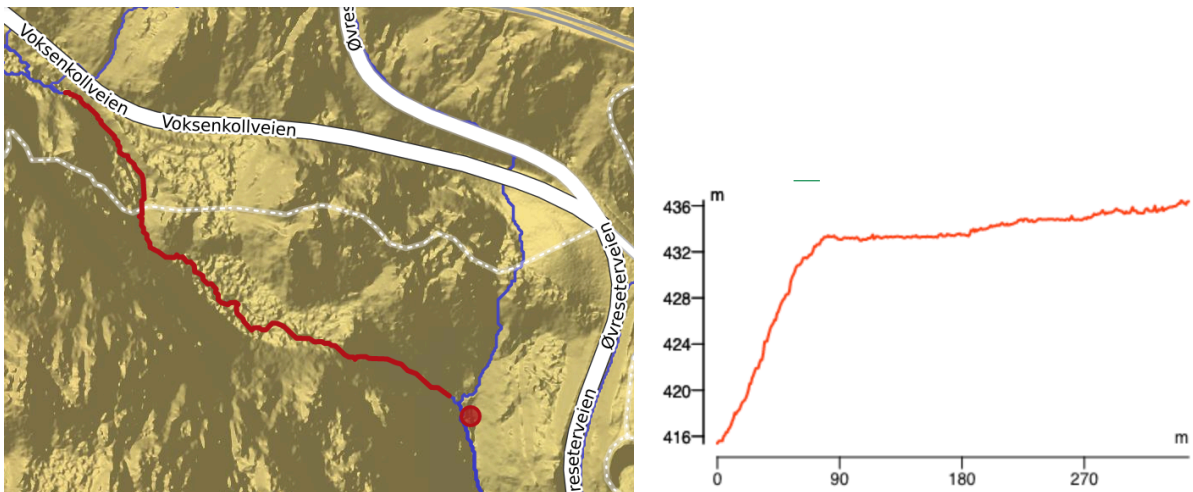
Kartanalyse



Figur V.1 Det sees på et utvalgt område i nedbørfeltet i Lunnedalen.

I figur V.1 vises utsnitt av hvilket område som skal sees nærmere på. Her kommer også kotene i terrenget tydelig frem. I nedbørfeltet til venstre i figur V.1 er ekvidistansen 5 meter, mens det i utsnittet av nedbørfeltet har en ekvidistanse på 1 meter.

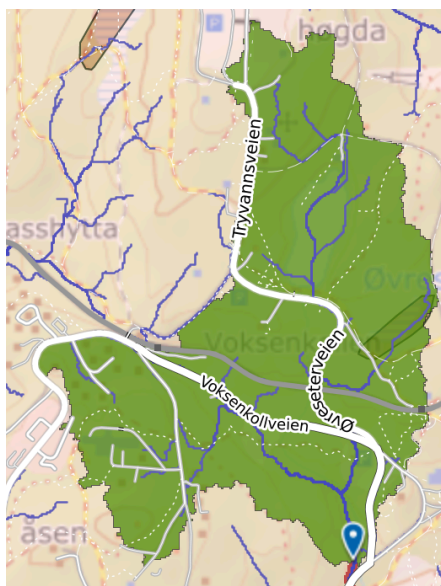
Topografi



Figur V.2 Kartet viser bekken i Lunnedalen som renner fra venstre mot høyre. Kurven viser høyden i terrenget til bekken motstrøms.

Vi ser i figur V.2 helningen i bekken som er markert i rødt, i koordinatsystemet er y-aksen høyden over havet og x-aksen er lengden på bekken. Nederst i bekken anbefales det ikke å bygge fordrøyningsanlegg da de første 80 meterne har et fall på 250%. Etter denne stigningen slakker bekken ut med et fall på 11% de neste 270 meterne. Her kan det fint bygges tre eller flere fordrøyningsanlegg etter hverandre.

Grunnforhold



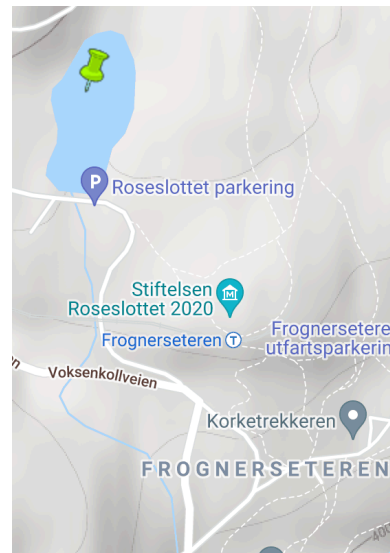
Watershed Info

- **Upstream area:** 0.63 km²
- > **Land use**
- ✓ **Soil type**
 - Bart fjell/tynt dekke 0.62 km² (98%)
 - Torv og myr 1.04 ha (2%)
- ✓ **Info**
 - Location: 10.6742, 59.9757

Figur V.3 Grunnforhold oppgis som Soil type i ScalgoLive tatt fra NGU.

Her ser vi fra figur V.3 at hele nedbørfeltet til Lunnedalen er bart fjell med tynt dekke, det vil da være lite effekt av infiltrasjon på området. Området har noe torv og myr, men faren for erodring burde ikke være stor (kapittel 2.2.2).

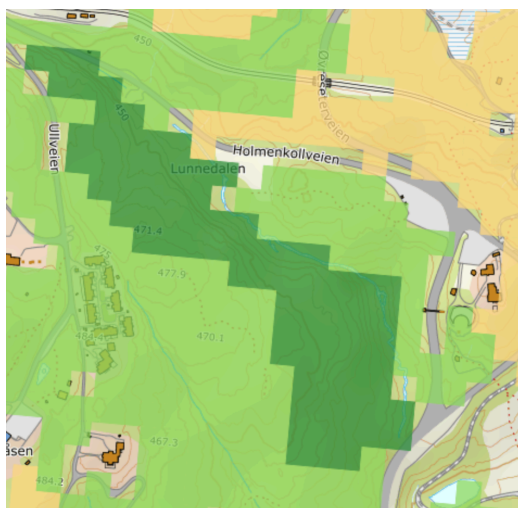
Natur og biologisk mangfold



Figur V.4 Til venstre vises eiendomsgrensene på feltet. Til høyre vises et vann oppstrøms bekken som inneholder fisk.

I figur V.4 ser vi at eiendom 33/18 og 34/1 møtes ved bekken. Begge eiendommene tilhører Oslo kommune (Oslo Kommune, 2017).

Skogtype



Sat-skog	
Areal	7 (ha)
Alder	83 år
Bestandstreslag	Grandominert
Andel gran	72 %
Andel furu	23 %
Andel lauv	6 %
Volum	180 m ³ /ha
Volum gran	129 m ³ /ha
Volum furu	41 m ³ /ha
Volum lauv	10 m ³ /ha
Bonitet	Middels i 6/10 av figuren
Terrenghøyde minimum	417 m
Terrenghøyde maksimum	471 m
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	0.47
Bildenavn	L5_197_17s18_03JUN07_30m
Bilodedato	030607 (DDMMÅÅ)



Sat-skog	
Areal	3,2 (ha)
Alder	63 år
Bestandstreslag	Grandominert
Andel gran	56 %
Andel furu	28 %
Andel lauv	15 %
Volum	103 m ³ /ha
Volum gran	58 m ³ /ha
Volum furu	29 m ³ /ha
Volum lauv	15 m ³ /ha
Bonitet	Lav i 4/10 av figuren
Terrenghøyde minimum	418 m
Terrenghøyde maksimum	441 m
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	0.47
Bildenavn	L5_197_17s18_03JUN07_30m
Bilodedato	030607 (DDMMÅÅ)

Figur V.5 Mørk grønt område er eldst.

Som vi ser i figur V.5 består skogen i Lunnedalen for det meste av eldre gran med en mindre andel furu og løvtrær. Her vil det være mulig å bruke nedfallstrær eller felle noen eldre trær. Da andelen løvtrær er så liten er det trolig lav fare for fortetting på grunn av løv.

Friluftsliv

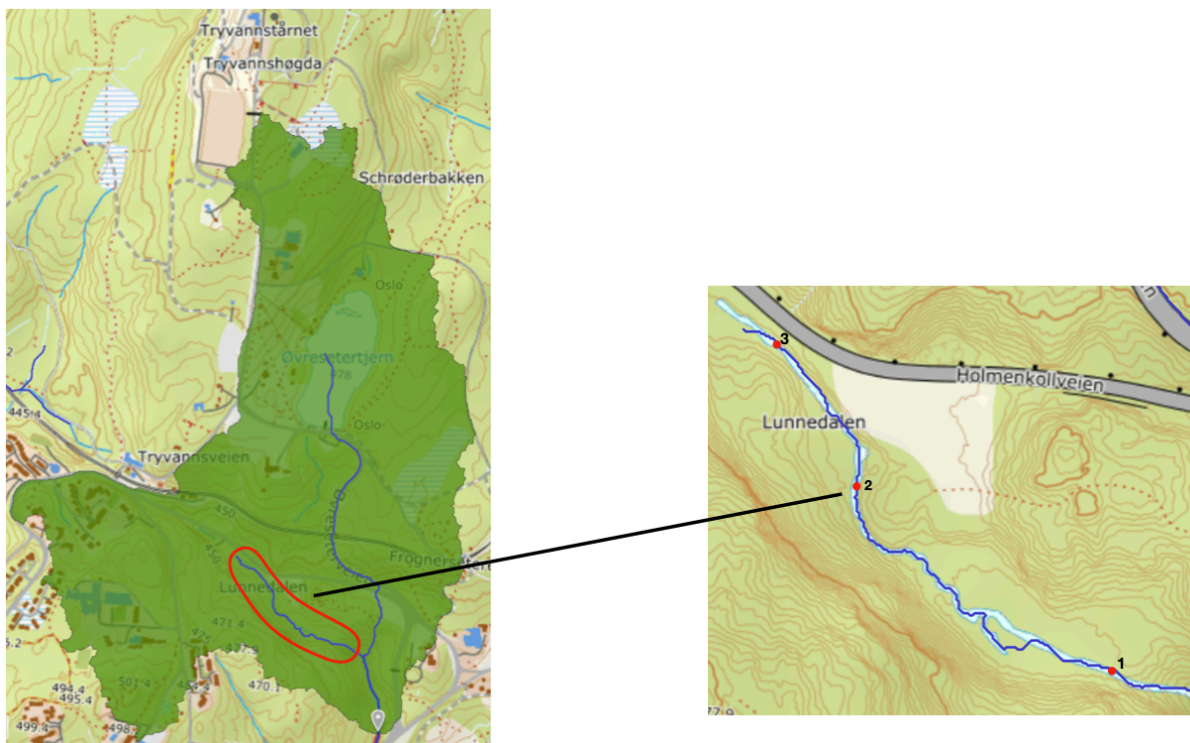


Figur V.6 Tursti fra Scalgo til venstre og fra UT.no til høyre.

I figur V.6 kommer det ikke tydelig frem i Scalgo at det er noen tursti ved bekken, derimot kommer dette tydelig fram fra UT.no (Den Norske Turistforening, 2009b). Det er viktig å ta hensyn til at stien ikke ødelegges ved bygging av fordrøyningsanleggene.

Befaring

Befaring ble utført 26. april 2021. Denne befaringsen ble gjort med Linn Marie Heimberg fra Klimaetaten, Inga Potter og Bent Braskerud fra Plan- og bygningsetaten, og Knut Johansson fra Bymiljøetaten da disse skulle se på muligheten til å bygge fordrøyningsanlegg i marka. Under befaringsen ble det funnet områder der fordrøyningsanlegg kan konstrueres og det ble brukt en tommestokk på 1 meter som målestokk i bildene. Nedbørfeltet består av tett gammel granskog med mye stor stein. Det kan derfor benyttes lokalt bygningsmateriale. Noe utstyr trengs om det skal flyttes på stor stein og felles trær, dette går fint da bekken ligger like ved Holmenkollveien.



Figur V.7 Nedbørfelt på 63 ha og oversikt over forslag til fordrøyningsanlegg. Nedbørfeltet oppstrøms anlegg 1 er på 25 ha.

I figur V.7 ovenfor ser vi området der det er gjort befaringsen. De røde punktene merket 1-3 er områder der fordrøyningsanlegg vil anbefales. Nedenfor presenteres punktene nærmere og det gis en anbefaling til fordrøyningsanlegg.

Punkt 1. Steindam (kapittel 1.3.6)



Figur V.8 Til venstre ser vi hvor fordrøyningsanlegget anbefales bygd. Høyre side viser bekken oppstrøms anlegget.

I feltet er det mye stor stein, derfor anbefales det å bygge et fordrøyningsanlegg av stein (figur V.8). Det er viktig at det bygges slik at vannet kan renne i bunnen av anlegget. Det er stor plass til oppdemning oppstrøms og i følge Knut Johansson er det ikke et problem at skogen står under vann i kortere perioder. På bildet til venstre ser vi at det fint kan demmes opp til 1 meter, da vil området holde igjen store mengder vann.

Punkt 2. Lekkende tømmerdammer (1.3.1)



Figur V.9 Her er det mulighet til å demme opp minimum 1 meter av jordbunnen som er synlig. Det er litt uklart i dette feltet hvor dypt i grunnen bekken ligger da det fortsatt ligger dyp hard snø på stedet.

Det er for det meste stein og trær ved bekkeløpet. Stubbene og kvistene som ligger til høyre i figur V.9 burde fjernes for å ikke skape problemer med fortetting i fordrøyningsanlegget.

Punkt 3. Steindam (1.3.6)



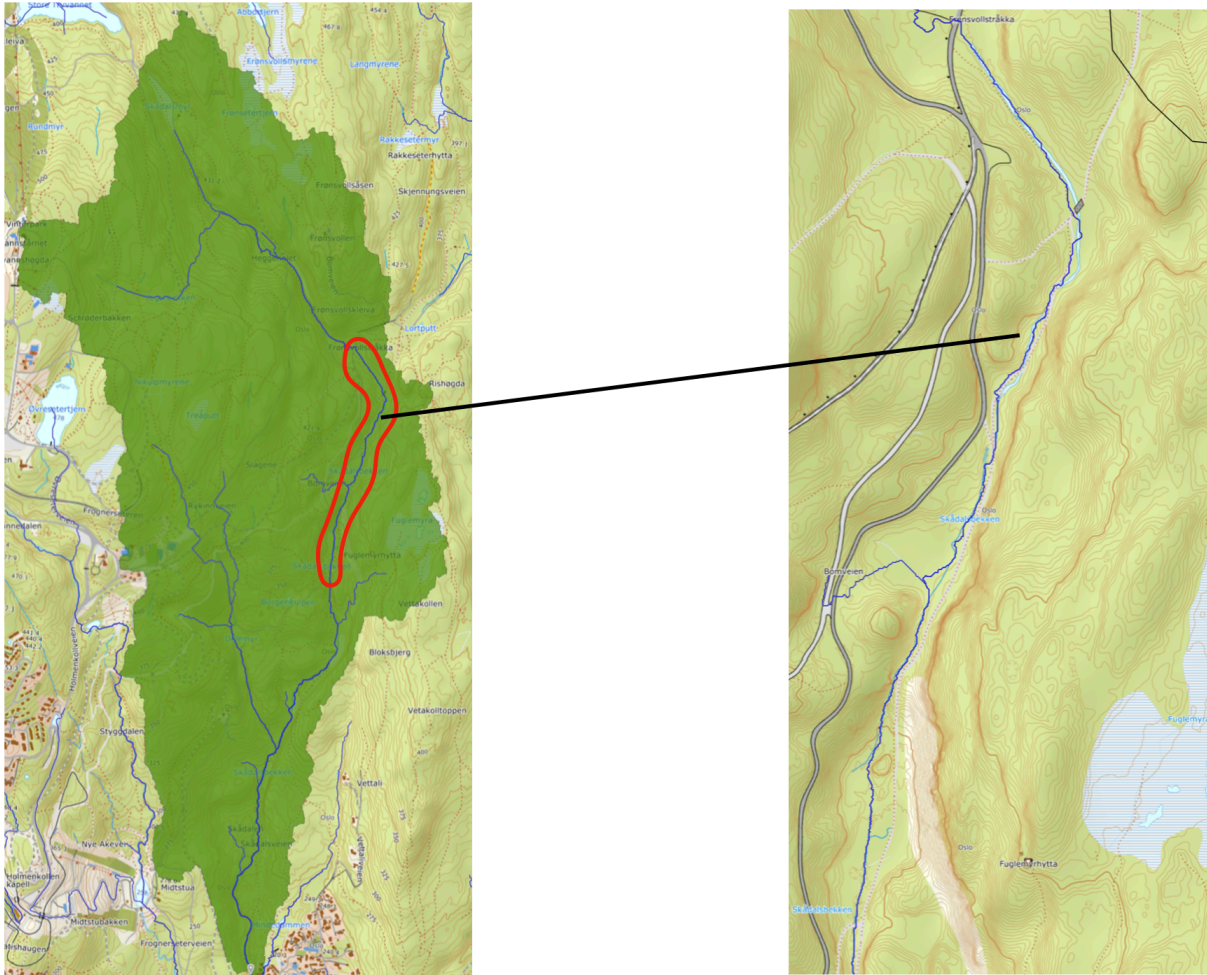
Figur V.10 Her sees røret der normalvannføringen renner gjennom. Til høyre i figuren ligger bilveien.

Her anbefales en steindam da det allerede ligger et rør med en diameter på 0.3 meter i bunnen (figur V.10). Det er viktig å bruke stor stein som plasseres slik at fordrøyningsanlegget blir permeabelt. Anlegget kan fint bygges opp til 1 meter, erodering må unngås da bilveien ligger så nært.

VEDLEGG 2

Skådalsbekken

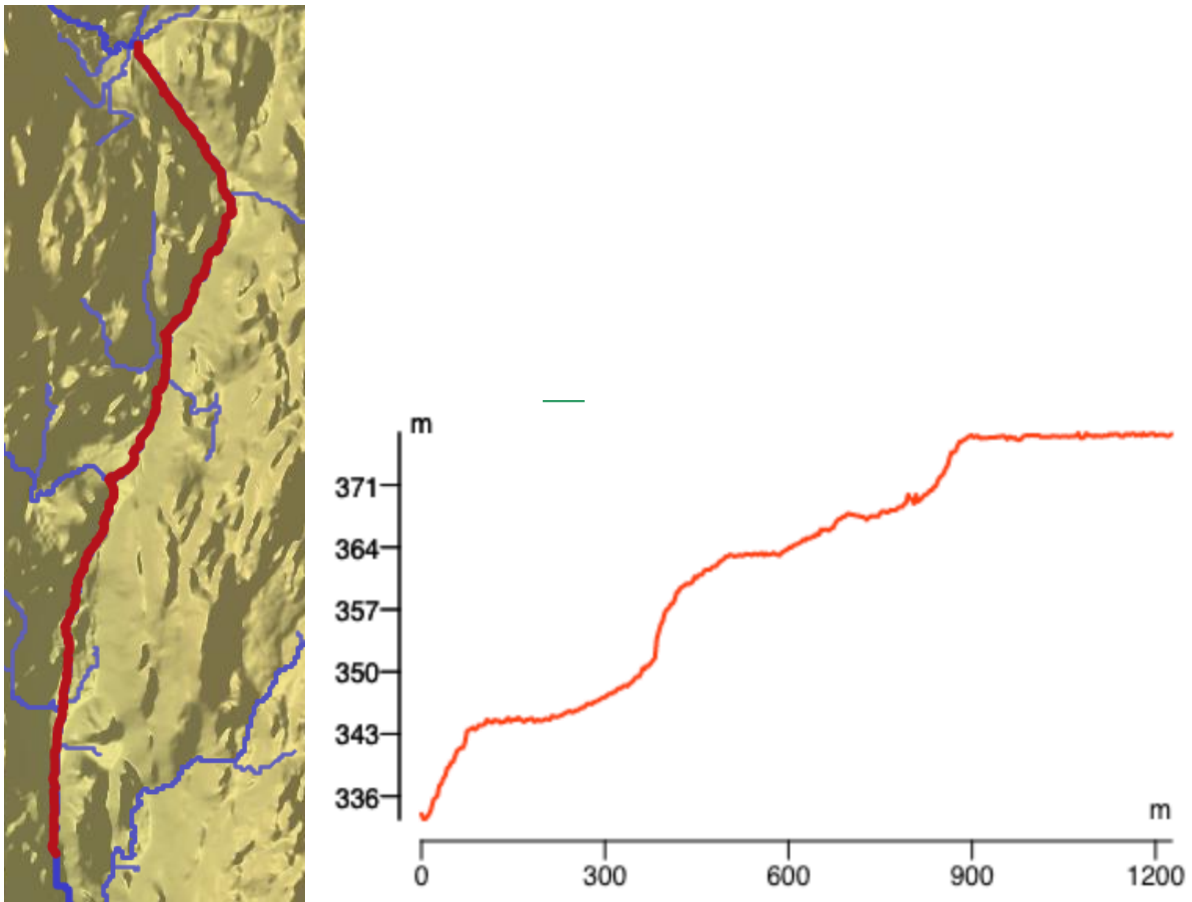
Kartanalyse



Figur V.11 Det sees på et utvalgt område i nedbørfeltet til Skådalsbekken.

I figur V.11 vises utsnitt av hvilket område som skal sees nærmere på. Her kommer også kotene i terrenget tydelig frem. I nedbørfeltet til venstre i figur V.11 er ekvidistansen 5 meter, mens i utsnittet av det utvalgte området er ekvidistansen 1 meter.

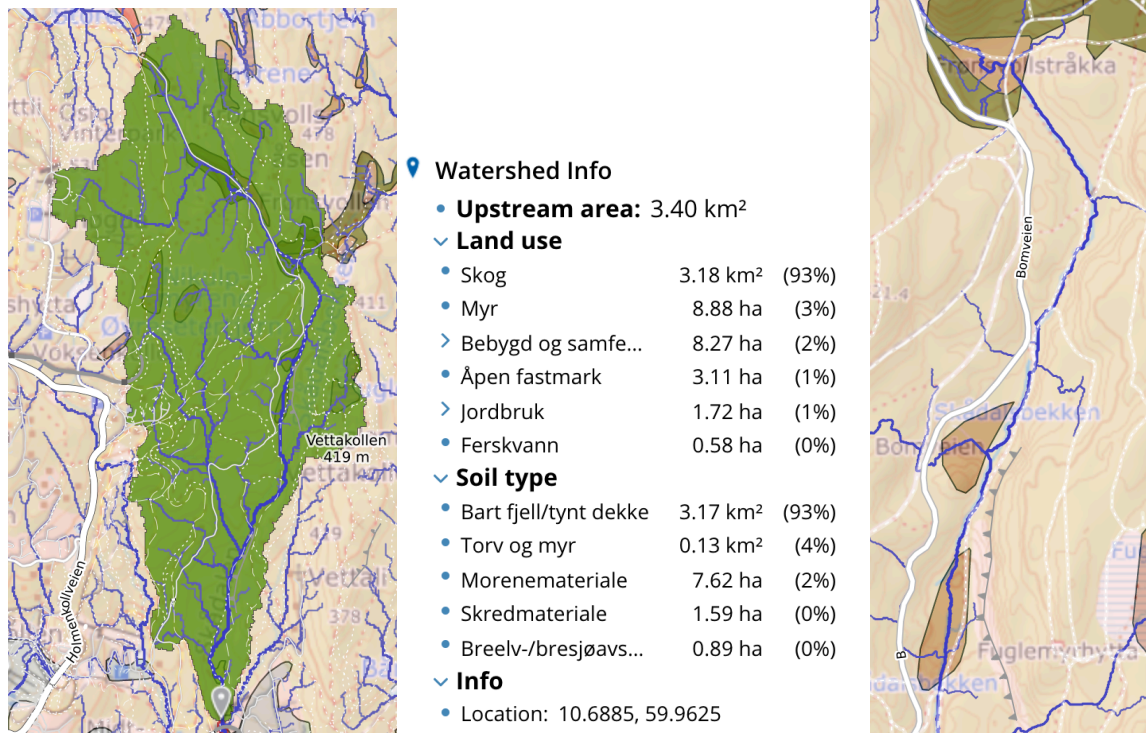
Topografi



Figur V.12 Kartet viser en del av Skådalsbekken som renner fra nord til sør. Kurven viser terrenget til bekken motstrøms

Vi ser i figur V.12 at fallet i bekken er markert i rødt, i koordinatsystemet er y-aksen høyden over havet og x-aksen er lengden på bekken. Ca. 100 meter oppover i bekkefareet er det en økning i fall med 100‰. Etter dette er det et relativt flatt område 200 meter innover i terrenget, her kan det nok bygges flere fordrøyningsanlegg etter hverandre. De neste 200 meter av bekken har et fall på 75‰, hvor fordrøyningsanlegg ikke anbefales. De neste 100 meterne flater bekken ut, her kan det også anbefales fordrøyningsanlegg. I terrenget etter disse 600 meterne er det flere fall som vil gi vannet høy hastighet og kraft, derfor er det usikkert om fordrøyningsanlegg vil lønne seg, da de kan kollapse. Her burde det foretas befaringsanbefalinger om bygging. Etter 900 meter innover langs bekken er det nesten ingen endring i høyden, her kan det bygges flere anlegg. Disse kan trolig ha positiv effekt for vannets fart nedstrøms.

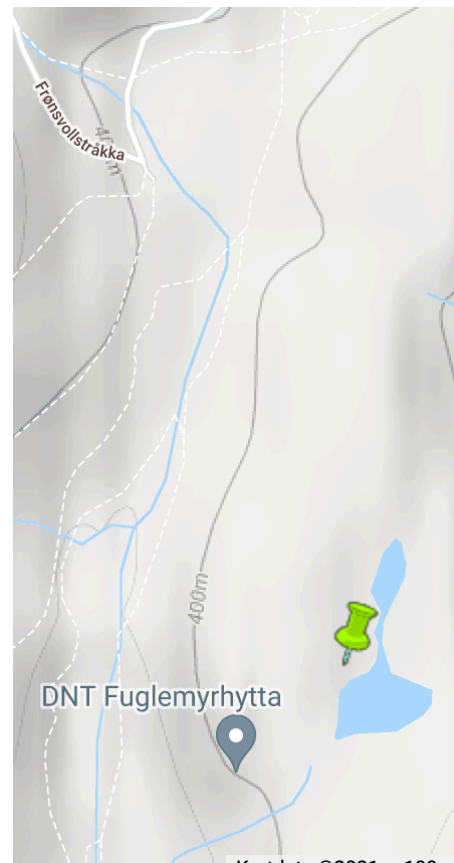
Grunnforhold



Figur V.13 Grunnforhold oppgis som Soil type i ScalgoLive tatt fra NGU.

I figur V.13 kan vi lese av at grunnforholdene i området hovedsakelig består av bart fjell med tynt dekke. Her er det også noen myrområder, disse vil egne seg godt til å holde på store mengder vann i perioder (2.2.2).

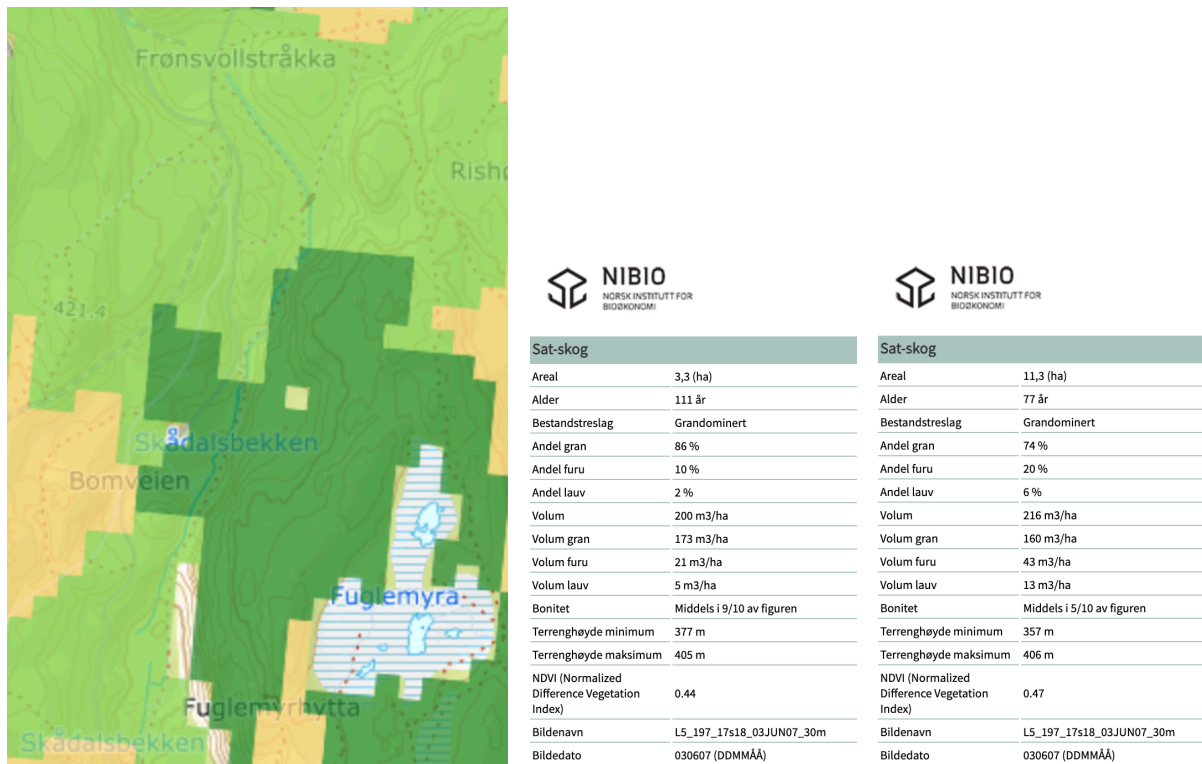
Natur og biologisk mangfold



Figur V.14 Til venstre ser vi at bekken ligger i eiendomsgrensen mellom 34/1 og 35/317. Til høyre ser vi at et vann i nærheten inneholder fisk, ved hjelp av den grønne markøren. Denne informasjonen kommer fra OFA.

Ut fra ScalgoLive er det ingen vernede områder eller jordbruk i feltet (figur V.14). Marka her er eid av Oslo kommune (Oslo Kommune, 2017).

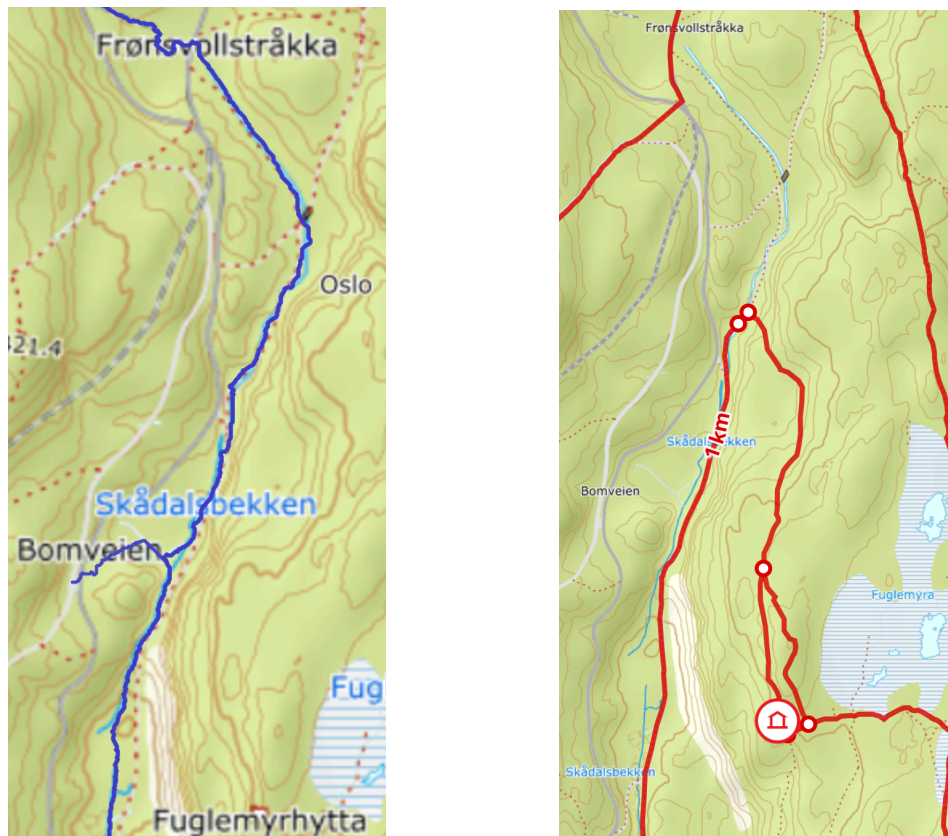
Skogtype



Figur V.15 Trealder fra NIBIO sin kartdata Kilden.

Figur V.15 viser områder med mørk grønn og lysere grønn. Området med mørk grønn er eldst og består for det meste av gammel granskog. Det lysere grønne området består av yngre skog, dette er også dominert av gran, men med 20% furu.

Friluftsliv

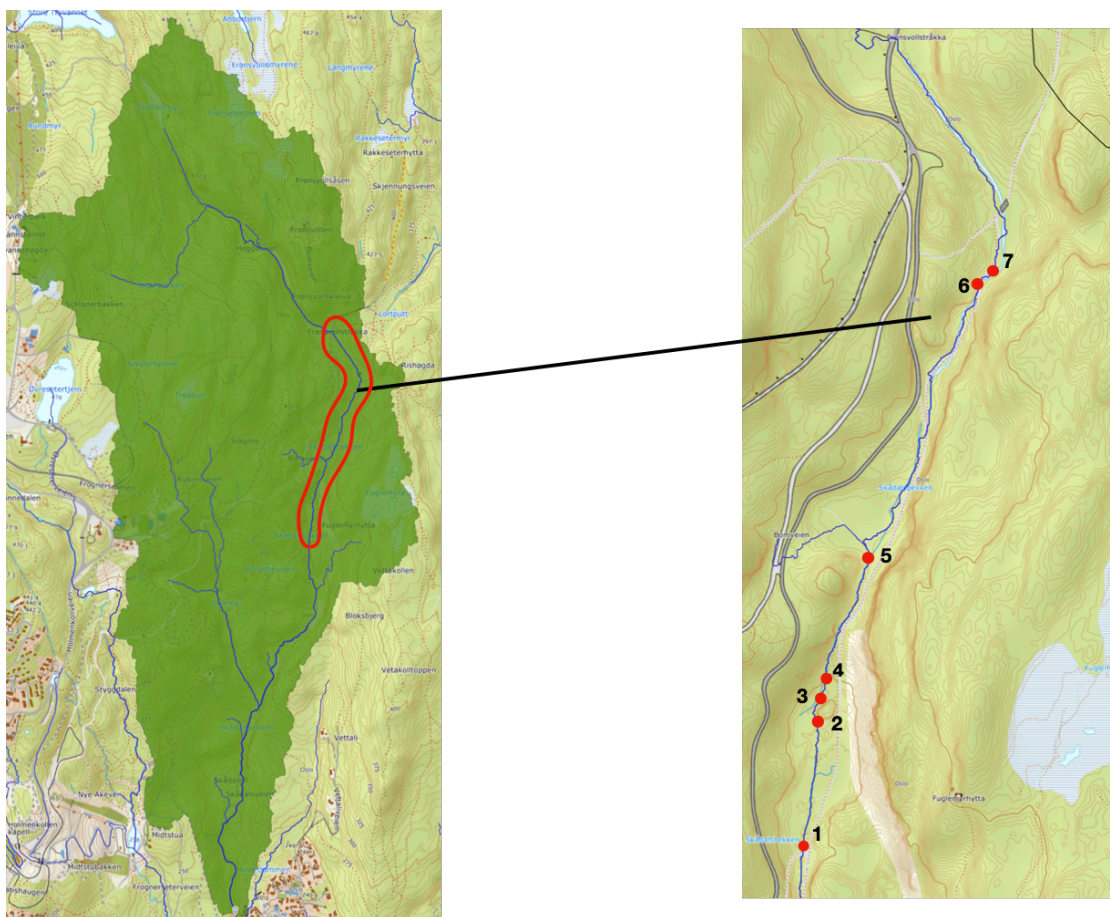


Figur V.16 Turstier fra Scalgo og UT.no.

I figur V.16 er de røde stiplede linjene i kartene mindre stier. De merkede røde turstiene kommer tydeligere frem i kartet fra UT.no (Den Norske Turistforening, 2009b). Det er viktig at fordrøyningsanleggene som bygges ikke fører til ulempe for de merkede turstiene.

Befaring

Befaring ble utført 26. april 2021. Linn Marie Heimberg fra Klimaetaten, Inga Potter og Bent Braskerud fra Plan- og bygningsetaten, og Knut Johansson fra Bymiljøetaten ble også med i starten av denne befaringen. Under befaringen ble det funnet områder der fordrøyningsanlegg kan konstrueres og det ble brukt en tommestokk på 1 meter som målestokk i bildene. Bekken virker kanalisert, dvs. grøftet for skogreising og beskyttelse av skiløyper på stedet. Nedbørfeltet besto i hovedsak av eldre grantrær og mye stor stein. Det kan derfor benyttes lokalt bygningsmateriale. Noe utstyr trengs om det skal flyttes på stor stein og felles trær, dette går fint da bekken ligger langs en skogsvei.



Figur V.17 Nedbørfelt på 340 ha og oversikt over forslag til fordrøyningsanlegg. Nedbørfeltet oppstrøms anlegg 1 er på 177 ha.

Dette er det største nedbørfeltet som ble befart, men på grunn av mye fall nedstrøms og erosjon av en skogsvei ble kun det merkede område som ses i figur V.17 undersøkt. De røde punktene 1-7 viser områder det er mulig med fordrøyningsanlegg, disse punktene er nærmere forklart nedenfor. Skådalsbekken har årssikker vannføring derfor må alle anleggene i dette feltet slippe igjennom normalvannføringen.

Punkt 1. Steindam (kapittel 1.3.6)



Figur V.18 Venstre side viser motstrøms, her kan fordrøyningsanlegget ligge ca. 1 meter over normalvannføringen. Høyre side viser nedstrøms side, her ligger det ei bru med fri høyde 0.7 meter. Det sees også her at vannet har greid å erodere sidene under brua.

Her anbefales det å legge en steindam med rør i bunnen slik at normalvannføringen blir uforstyrret. Det er viktig å ha på stor stein slik at vannet ikke greier å erodere steinen med seg og det er viktig at den blir permeabel. På grunn av brua anbefales ikke anlegget å overstige 0.7 meter (figur V.18).

Punkt 2. Lekkende tømmerdam (kapittel 1.3.1)



Figur V.19 Her kan vi se at det kan festes tømmer mot trær over bekken. Til venstre ligger det et berg og til høyre en flat slette.

Fordrøyningsanlegget kan fint bygges ca. 0.6 meter høyt (figur V.19). I dette punktet sees det på en mulighet til at vannet holdes igjen og spres utover området til høyre for bekken slik at en større del av terrenget kan fordrøye, infiltrere og senke farten til vannet. Jordbunnen i området består for det meste av stor stein med et tynt torvdekke. Torvdekket kan holde igjen vannet og faren for erodering er ikke stor da det er stein under dette.

Punkt 3. Lekkende tømmerdammer (kapittel 1.3.1)



Figur V.20 Til venstre ser vi at tømmer fint kan festet til trær over bekken. Til høyre vises opphøyningen på venstre side og den flate sletten til høyre.

Her kan det demmes opp ca. 0.6 meter (figur V.20). Fordrøyningsanleggene i punkt 3 og 4 har som hovedmål å hjelpe den lekkende tømmerdammen nedstrøms, å dempe farten og spre vannet utover det flate terrenget på høyre side nedstrøms.

Punkt 4. Lekkende tømmerdammer (kapittel 1.3.1)



Figur V.21 Her ser vi at tømmer fint kan festes i trær over bekkeløpet.

Det ble sett på befaringen at bekken oppstrøms anlegget har en del fall, derfor vil dette anlegget ta imot vann med høy hastighet. Her anbefales en høyde på 0.5 meter med langt tømmer slik at vi ikke opplever en kollaps av anlegget (figur V.21).

Punkt 5. Lekkende tømmerdam (kapittel 1.3.1)



Figur V.22 I dette feltet kan det fint demmes opp 0.8 meter, oppstrøms dette punktet kan det se ut som det tidligere har vært en myr.

Her kan tømmer festes til trær slik det vises i figur V.22. Området er stort og flatt oppstrøms. Det egner seg godt til å holde igjen mye vann uten å påføre området noen skade.

Punkt 6. Steindam (kapittel 1.3.6)



Figur V.23 Her er høyden fra normalstrømningen 1.5 meter. Bekken ligger inntil turstien derfor anbefales det ikke å bygge en demning høyere enn 1 meter. Det er stein og fjell på begge sider, derfor ingen fare for erosjon.

Dette punktet har mye fall nedstrøms, derfor er det anbefalt å bygge en steindam for å bremse vannet (figur V.23). Her må det fylles på stor stein, det er viktig at steinen legges slik at den ikke hindrer normalvannføringen i bekken. Det er viktig at dammen er permeabel slik at alt vannet ikke kun flommer over.

Punkt 7. Lekkende tømmerdam (1.3.1)



Figur V.24 Venstre side viser at fordrøyningsanlegget ikke burde bygges høyere enn 0.8 – 0.9 meter. Dette anlegget vil fordele vannet utover oppstrøms.

Her ligger bekken inntil skogsveien og fordrøyningsanlegget vil ligge i samme høyde (figur V.24). Dette vil trolig føre til at noe vann flommer over veien. Dette er et flatt område derfor vil det trolig ikke føre til stor skade. Dimensjonene til bekken 237 meter oppstrøms dette anlegget er målt og kan i tillegg til normalvannføring holde på ca. 193 m³ vann uten fordrøyningsanlegg.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway