



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp  
Institutt for matematiske realfag og teknologi

# **Lokal overvannsdiskonering og flomveier ved bruk av dreneringslinjer og ArcGIS**

Local storm water disposal and floodways using  
drainage lines and ArcGIS

Manar Alkhayat  
Vann- og miljøteknikk



*Til foreldrene mine*





## Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som avslutning på en 5-årig masterutdannelse innen Vann- og miljøteknikk ved Institutt for matematiske realfag og teknologi (IMT) ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven ble utarbeidet og skrevet våren 2016 og utgjør 30 studiepoeng.

Oppgaven er gjennomført i samarbeid med Vann- og avløpsetaten (VAV) og Plan- og bygningsetaten (PBE) i Oslo kommune. Deler av oppgaven er utført på oppdrag fra VAV sommeren 2015. Oppgaven har vært veldig interessant og har gitt meg god erfaring innen analysing, undersøkning, planlegging og prosjektering av overvann og ulike løsninger.

Fra NMBU vil jeg takke min hoved veileder Ivar Maalen-Johansen for sin hjelp og gode samtaler og veiledning under skriving av min masteroppgave.

Fra VAV vil jeg rette en stor takk til min ekstern veileder Bent Christen Braskerud, du har lært meg mye, takk for din gode råd og oppfølging gjennom hele masterperioden og at du la til rette for mange interessante faglige stoffer. Takk til overingeniør Bjørn Christoffersen og avdelingsingeniør Ursula Zühlke for sine gode faglige samtaler og informasjoner.

Fra PBE vil jeg takke min tillegg ekstern veileder Webjørn Finsland for sin hjelp ved læring av ArcGIS og sin støtte med kart og databaser som ble brukt i ArcMAP.

For min kjære kone Shams, takk for din støtte og at du har vært tålmodig med meg gjennom hele utdanningsperioden og særlig ved skriving av min masteroppgave.

---

Manar Alkhatat

Ås, 28.06.2016

## Sammendrag

Økning i avrenning av overvann har blitt et kritisk problem i urbane områder pga. økt urbanisering og høyere nedbørsintensitet som er et resultat av klimaendringer.

Ekeberg området er utsatt for avrenning av store overvannsmengder fra Ekebergsletta og grønne arealene rundt som tilsammen utgjør et nedbørsfelt på ca. 45 ha. Dagens situasjon på Ekeberg er at avløpsnettets er i ganske dårlig tilstand og har ikke tilstrekkelig kapasitet til å håndtere overvannet. Dette har ført til flere skader og oversvømmelser i området, samt forurensningsproblemer ved overløpet der Alna går i tunnel. Forurenset vann vil bl.a. påvirke Oslos badeplasser.

Bruk av lokal overvannsdiskonering (LOD) på Ekeberg kan være den beste løsning for å redusere avrenningen og mengde overvann. Tiltak som bygger på LOD kan unngå skader på bygg, overbelastning av avløpsystemer og utslipp av forurensninger til elva Alna. Prinsippet skal være forsinke- og fordrøye overvannsmengder ved bruk av fordrøyningsdam/magasin, og avlede større vannmengder ved flomhendelser ved bruk av åpne flomveier.

For å velge riktig LOD-tiltak, ble det gjort omfattende undersøkelser og analyser av området: Registrering av takrenner som er koblet på avløpsnettets, bestemmelse av infiltrasjonsevne ved frakobling av taknedløp, innhold av organisk materiale i jorda, kornfordeling og dybde til fjell. ArcGIS (kartprogrammer for terrenganalyse) gav informasjon om jordlag tykkelse over fjell, naturlige dreneringslinjer, nedbørsfelt størrelse og potensiell infiltrasjonsevne. Analyse av terrenget ble brukt i valg av flomveier og plassering av tiltak. Beregninger av overvannsmengder viser at store vannmengder samler seg og renner gjennom området ved ekstermvær hendelser. Arbeidet viser at områder egner seg bra for etablering av lokale løsninger:

- 1) Fordrøyningsmagasin under parkeringsplassen ved skolen,
- 2) Fordrøyningsdammen/våtmark på grøntarealet ved skolen,
- 3) fordrøyningsbassengene ved Valhallveien-svingen.

Flomveiene er koblet sammen med fordrøyningstiltakene og vil fungere som et samlet system for å håndtere alle overvannsmengder opptil 200-årsregn hendelsen. Systemet vil også fungere som en barriere mot alle avrenninger av overvann fra Ekebergsletta og grønne arealer som renner videre mot boligområde og skaper problemer.

## Abstract

Increased runoff of storm water has become a critical issue in urban areas due to increased urbanization and higher rainfall intensity as a result of climate change. Ekeberg area is exposed to runoff of large stormwater quantities from Ekebergsletta and green areas around which make up a catchment area of approximately 45 ha. The current situation at Ekeberg is that the sewage system is in pretty bad condition and does not have sufficient capacity to handle the storm water. This has led to more injuries and flooding in the area, as well as pollution problems at the overflow where Alna river goes in tunnel. Contaminated water will affect Oslo's swimming areas.

Use of local surface water disposal (LOD) at Ekeberg may be the best solution to reduce runoff and quantity of surface water. Actions based on LOD can prevent damage to buildings, overloading of the water drain and discharge of pollutants into the river Alna river. The principle should be delay- and attenuation stormwater quantities using attenuation pond/ magazine, and deflect larger flows at the flood events using open flood roads.

To select the correct LOD actions, it was done extensive research and analysis of the site: Registration gutters connected the sewer system, the determination of infiltration ability by disconnecting roof drainage pipes, content of organic matter in the soil, grain distribution and depth to bedrock. ArcGIS (map applications for terrain analysis) gave information about strata thickness over mountains, natural drainage lines, watersheds size and potential infiltration capability. Analysis of the terrain was used in the selection of flooding roads and location of action. Calculations of surface water quantities shows that large amounts of water collects and flows through the area at extreme weather events. The work shows that areas well suited for the creation of local solutions:

- 1) Attenuation magazine under the parking lot at the school,
- 2) Retention pond / wetlands at the green area at the school,
- 3) Attenuation pools at Valhallveien-turn.

Flooding ways are connected by retention actions and will work as an overall system to handle all stormwater quantities up to 200-year rain event. The system will also serve as a barrier against all runoff of storm water from Ekebergsletta and green areas which flows towards residential area and creates problems.



# Innholdsfortegnelse

Forord .....	I
Sammendrag .....	II
Abstract III .....	III
Figuroversikt VI .....	VIII
Tabelloversikt VII .....	X
Kartoversikt VI .....	XI
1. Innledning .....	2
2. Om oppgaven .....	3
3. Bakgrunn og teori .....	4
3.1 Klimaendringer .....	4
3.1.1 Nedbør .....	6
3.1.2 Temperatur .....	6
3.1.3 Avrenning .....	7
3.1.4 Klima i framtiden .....	8
3.1.5 Klimafaktor .....	10
3.2 Urbanisering og byutvikling .....	10
3.3 Infiltrasjon .....	12
3.4 Flom og oversvømmelse .....	12
3.5 Flomveier .....	13
3.6 Vann- og avløpsnett i Norge .....	13
3.6.1 Tilstand av VA-ledninger .....	14
3.6.2 Påvirkning av VA-nettet på overvann .....	14
3.7 Treleddstrategien .....	15
3.8 Lokal overvannsdiskonering (LOD) .....	16
3.9 LOD-løsninger .....	18
3.9.1 Grønne tak .....	18
3.9.2 Takrenner og infiltrasjon på gressklede flater .....	19
3.9.3 Porøse flater .....	20
3.9.4 Regnbed .....	21
3.9.5 Fordrøyningsvolum .....	22

3.10 GIS, ArcGIS og Dreneringslinjer .....	23
3.10.1 Geografiske InformasjonsSystemer (GIS) .....	23
3.10.2 ArcGIS .....	23
3.10.3 Dreneringslinjekart .....	23
4. Case Ekeberg i Oslo kommune .....	25
4.1 Om Ekeberg .....	25
4.2 Dagens situasjon og problemstilling .....	26
4.2.1 Overløp Lo2 i Konows gate .....	26
4.2.2 Avløpsledninger .....	27
4.2.3 Vannledninger .....	28
4.2.4 Overvann og flomveier .....	29
4.2.5 Registrerte hendelser .....	30
4.2.6 Behov for investering .....	31
5. Metoden .....	32
5.1 Område-undesøking .....	32
5.1.1 Registrering av takrennere .....	33
5.1.2 Infiltrasjonstest .....	33
5.1.3 Kornfordelingstest .....	35
5.1.4 Vanninnhold og Glødetap analyse .....	35
5.2 ArcGIS analyser .....	36
5.2.1 Dreneringslinjekart .....	38
5.2.2 Løsmassekart .....	40
5.2.3 Dybde til fjell .....	41
5.2.4 Nedbørsfeltets størrelse .....	42
5.3 Valg og plassering av fordrøynings tiltak (Ledd 2) .....	42
5.3.1 Tiltak1: Fordrøyningsmagasin under parkeringsplassen .....	43
5.3.2 Tiltak2: Fordrøyningsdam på grøntarealet ved skolen .....	45
5.3.3 Tiltak3: Fordrøyningsanlegg på grøntarealet ved Valhallveienssvingen .....	47
5.4 Valg og plassering av Flomveier (Ledd 3) .....	49
5.4.1 Flomveier langs dreneringslinje 1 .....	50
5.4.2 Flomveier langs dreneringslinje 2 .....	50

5.4.3 Flomveier langs dreneringslinje 3 .....	51
5.4.4 Etablering av hoved flomvei .....	52
5.5 Beregning av overvannsmengder .....	56
5.5.1 Den rasjonelle formelen .....	56
5.5.2 Bestemmelse av nedbørsfeltarealet (A) .....	57
5.5.3 Bestemmelse av avrenningsfaktoren (C) .....	58
5.5.4 Bestemmelse av dimensjonerende nedbørsintensitet (I) .....	60
5.5.5 Bestemmelse av klimafaktoren (kf) .....	62
6. Resultater og diskusjon .....	63
6.1 Takrenner .....	63
6.2 Infiltrasjonstest .....	63
6.3 Vanninhold og Glødetap test .....	64
6.4 Kornfordeling .....	65
6.5 Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 1 .....	66
6.6 Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 2 .....	67
6.7 Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 3 .....	68
6.8 Overvannsmengder ved hoved flomveien .....	70
7. Dimensjonering .....	77
7.1 Dimensjonering av tiltak 1 .....	77
7.2 Dimensjonering av tiltak 2 .....	80
7.3 Dimensjonering av hoved flomvei ved tiltak 2 .....	85
7.4 Dimensjonering av tiltak 3 .....	86
8. Konklusjon .....	90
9. Referanser .....	92
Appendiks .....	95

## Figuroversikt

Figur1: Drivhusgasser i atmosfæren og hvor mye de utgjør av totalen .....	4
Figur2: Nedbør i % av normalen for perioden 1900-2015 .....	6
Figur3: Temperaturutvikling fra normal i periode 1900-2015.....	7
Figur4: Avrenningen fra ulike type overflater.....	8
Figur5: Antagelig utvikling i nedbør fram til år 2100 i % fra referanseperiode 1971-2000 .....	9
Figur6: Antagelig utvikling i temperatur fram til år 2100 i % fra referanseperiode 1971-2000 .....	9
Figur7: Forholdet mellom tettstedsbefolkning og spredtbosattbefolkning i Norge endret seg sterkt i perioden 1845 til 2011 .....	11
Figur8: Treledd-strategien for håndterng av nedbør.....	16
Figur9: konvensjonelle overvannsløsning mot åpne LOD-løsninger i samme område .....	17
Figur10: Grønne tak med sedum dekke.....	19
Figur11: Frakobling av takrennere fra avløpsnettet og til gresskleddede flater.....	20
Figur12: Infiltrasjonsprosess gjennom porøse flater.....	21
Figur13: Regnbed og hvordan den fungerer.....	21
Figur14: Fordrøyningsrør, fordrøyningskassetter, fordrøyningsdamm og frodrøyningstank .....	22
Figur15: Ekebergsletta sett fra nord vest viser store grøntareal .....	27
Figur16: Undersøkte adresser på Ekeberg i Oslo kommune.....	32
Figur17: Måling av infiltrasjon fra taknedløp over hage ved hjelp av MPD rør.....	37
Figur18: Informasjonstabell fra ArcGIS.....	44
Figur19: Grunnvannsborehull.....	44
Figur20: Informasjonstabell om dybde til fjell under dammen.....	46
Figur21: Lengdeprofi langs Valhallveien.....	48
Figur22: lengdeprofil av grøntarealet som viser topografien.....	49
Figur23: Lengdeprofil langs Stamhusveien.....	54
Figur 24: Lengdeprofil av grøntarealet der flomveien skal etableres.....	56
Figur25: IVF-kurve i mm for Oslo-Blindern opptil 24 timer.....	61
Figur 26: Q-Bic overvannskassetter.....	77
Figur 27: Illustrasjonsbilde av fordrøyningsmagasin under parkeringsplass ved bruk av Q-Bic overvannskassetter.....	79



Figur 28: Illustrasjonsbildet av tiltak 2 ved ulike regnhendelser .....	81
Figur 29: Illustrasjonsbilde av dammen med konstant vannspeil.....	82
Figur 30: Illustrasjonsbilde av dammen ved 20-årsregn .....	82
Figur 31: Top view av dammen viser vannnivåene ved konstant vannspeil, 2-årsregn, 10-årsregn og 20-årsregn, og flomveien.....	83
Figur 32: Snitt A-A av tiltak 2.....	83
Figur 33: V-overløpet for dreneringsrør ved konstant vannspeilet.....	84
Figur 34: Tverrsnitt av flomveien med dimensjoner. Tverr. areal = 3,45 m <sup>2</sup> .....	85
Figur 35: Illustrasjonsbilde av hoved flomveien ved 50-årsregn, 100-årsregn og 200-årsregn.....	85
Figur 36: Fordrøyningsbassenger på østlig side av grøntarealet ved Valhallveien svingen.....	87
Figur 37: Fordrøyningsbassenger på vestlig side av grøntarealet ved Valhallveien svingen.....	87
Figur 38: Illustrasjonsbilde av fordrøyningsbassenger på østlig side av grøntarealet ved tørrvær.....	88
Figur 39: Illustrasjonsbilde av fordrøyningsbassenger på østlig side av grøntarealet ved 20-årsregn hendelse.....	88
Figur 40: Illustrasjonsbilde av fordrøyningsbassenger på vestlig side av grøntarealet ved tørrvær.....	89
Figur 41: Illustrasjonsbilde av fordrøyningsbassenger på vestlig side av grøntarealet ved 20-årsregn hendelse.....	89

## Tabelloversikt

Tabell 1: Avrenningsfaktor for ulike overflatetyper (Norsk Vann 2012) .....	59
Tabell 2: Avrenningsfaktor for ulike overflatetyper (Statens vegvesen 2014 .....	59
Tabell 3: Avrenningsfaktorer for ulike typer arealer fra Svensk Vatten .....	60
Tabell 4: Intensiteten i mm med returperioder (år) og varighet opptil 24 timer for Oslo Blindern .....	61
Tabell 5: Intensiteten l/s.ha med returperioder (år) og varighet opptil 42 timer for Oslo Blindern .....	61
Tabell 6: Norsk Vanns anbefalte minimums dimensjonerende hyppigheter for separat og fellesavløpssystem .....	62
Tabell 7: Mettet hydraulisk konduktivitet målt i Oslo (cm/h) .....	63
Tabell 8: Vanninnhold før og etter gjennomført infiltrasjonstestet og glødetaptest for jordpøver tatt på Ekeberg .....	64
Tabell 9: Kornfordelingen for prøvene tatt på Ekeberg .....	65
Tabell 10: Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 1 (Q tiltak) .....	67
Tabell 11: Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 2 (Q tiltak).....	68
Tabell 12: Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 3 .....	69
Tabell 13: Overvannsmengder ved flomhendelse (200-årsregn) ved tiltak1 .....	71
Tabell 14: Overvannsmengder ved flomhendelse (200-årsregn) ved tiltak2 .....	73
Tabell 15: Overvannsmengder ved flomhendelse (200-årsregn) ved tiltak3 .....	75

## Kartoversikt

Kart 1: Dreneringslinjer kart over Oslo kommune .....	24
Kart 2: Ekebergåsen med grensen for avløpssone og overløpet ved Konows gate .....	27
Kart 3: Avløpsledninger på Ekebergåsen .....	28
Kart 4: Teoretiske dreneringslinjer, historisk bekk og overvann/bekkelukking på Ekeberg Område .....	29
Kart5: Ortofoto kart over Ekebergåsen og Ekebergsletta .....	37
Kart6: Naturlige dreneringslinjer over Ekeberg område i Oslo kommune .....	39
Kart7: Løsmassekart over Ekeberg området .....	40
Kart8: Kart over Ekebergåsen som viser dybde til fjell i forskjellige punkter .....	41
Kart9: Nedbørfeltets størrelse kart over Ekebergåsen .....	42
Kart10: Tiltak plassering og hoved dreneringslinjer 1, 2 og 3.....	43
Kart11: Dybde til fjell under parkeringsplassen fra ArcGIS .....	44
Kart12: Dybde til fjell, plassering av dammen, dreneringslinje 2 og voll .....	46
Kart13: Dreneringslinje3, plassering av tiltak og høydepunkter .....	48
Kart14: Nye flomveier langs dreneringslinje 1 og dreneringlinje 2 lages. Flomvann fra dreneringslinje 1 ledes mot dammen i dreneringslinje 2 .....	51
Kart15: Flomveier langs dreneringslinje 3 .....	52
Kart16: Flomveien fra alternativ2 er problematisk pga. et høybrekk som må forseres .....	54
Kart17: Flomvei, alternativ 3, viser hvordan alt overvann ledes vekk fra bebyggelsen .....	55
Kart18: Nedbørsfelt for tiltak1, tiltak2 og tiltak3 .....	58



# 1. Innledning

Overvann er vannet som oppstår midlertidig av nedbør og snøsmelting som renner av på tette flater som veier, tak, parkeringsplasser og jordoverflater med dårlig infiltrasjonsevne.

Naturligvis følger overvannet naturlige dreneringslinjer til nærmeste vassdrag. Endel av vannet infiltreres ned i bakken på veien til resipienten hvis infiltrasjonsevnen er god, eller forsvinner ned i avløpsnett.

Når overvann renner av på overflaten, tar det med seg forurensninger fra veier og industriområder til naturlige vassdrag eller resipienter. Dette vil påvirke plante- og dyreliv. Flom og oversvømmelse er et annet problem som kan oppstå under kraftig eller langvarig nedbør og kan skape skader for både infrastrukturen, bygninger, helse og miljø. Derfor er det viktig at vi er forberedt på store mengder nedbør og villig til å redusere forurensningene i overvann før det når våre vassdrag. Dette er grunnen til at det ble mer interesser for overvannshåndtering i det siste tiden. I tillegg til dette, er overvann et ressurs som kan brukes i tette byer som et viktig element for å lage rekreasjonssteder for å gi området bedre levekvalitet.

Klimaendringer som resulterer høyere temperaturer og mer nedbør, og urbaniseringen som øker andel tetteflater er hoved årsaker til økningen i overvannsmengden. I tillegg til dette er avløpsystemer med sin dårlig tilstand og kapasitet en viktig faktor som spiller stor rolle i overvannshåndtering og forurensningsproblemer.

## 2. Om oppgaven

Denne oppgaven skrives på forslag fra Oslo kommune Vann- og avløpsetaten og Plan- og bygningsetaten. Målet for oppgaven er å planlegge og dimensjonere lokale løsninger for å håndtere overvannet lokalt på Ekeberg (Ekebergåsen og Ekebergsletta) i Oslo kommune. Overvann skaper skader og oversvømmelser på noen steder i området og overbelaster avløpsnettets som er fellessystem (overvann og spillvann går i samme rør) og er i dårlig tilstand. Overbelastning av avløpsnettets fører til oppstuvning og forurensningsutslipp ved overløpet ved kulverten til Alnaelva.

I tillegg til meg, så er det landskaparkitektstudent Camilla Lutro Kristensen fra NMBU som skriver sin master-oppgave om samme område og problemstilling. Oppgaven hennes er å utforme området og tiltakene basert på mine beregninger og dimensjonerings. Våre oppgaver er knyttet sammen, men er løst individuelt.

I oppgaven vil jeg fokusere på større overvannsmengder og ekstremvær hendelser dvs. trinn2 og trinn3 i treleddsstrategien. Oppgavens innhold vil stor sett være:

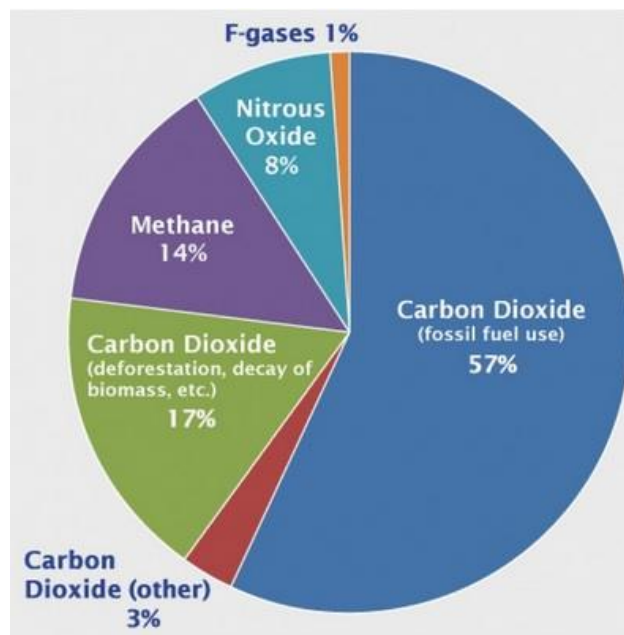
- Presentasjon av teori og bakgrunn
- ArcGIS analysering og vurdering av området
- Beregning av overvannsmengder
- Planlegging og dimensjonering av lokale løsninger for større overvannsmengder.
- Planlegging og dimensjonering av åpne flomveier.

Dreneringslinjekart, ArcGIS og AutoCAD er hoved verktøyene som ble brukt ved denne oppgaven. Derfor er de fleste kart som er brukt i denne oppgaven har jeg laget selv ved bruk av ArcGIS.

## 3. Bakgrunn og teori

### 3.1 Klimaendringer

Klimaendringer kan identifiseres ved endringer i den midlere og/eller ekstremverdier på ett sted, og som varer i en lengre periode, typisk tiår eller lengre. Klimaendringer er både naturlig og menneskeskapt [1], men den viktigste faktor som påvirker klimaendringer er klimagassutslipp. Klimagassutslipp er utslipp til luft av drivhusgasser som påvirker atmosfærens evne til å holde på varmen. Eksempler på slike gasser er karbondioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) og lystgass (N<sub>2</sub>O). Figuren under illustrerer hvilke faktorer som i dag gjør at temperaturen på jorda øker, og hvor mye de ulike faktorene utgjør.



Figur1: Drivhusgasser i atmosfæren og hvor mye de utgjør av totalen [2].

Klimaendringene vil føre til økning i nedbør og temperatur. Kraftig regnskyll vil bli både hyppigere og mer intense, også flom og varmebølger vil bli hyppigere. Disse endringene vil gi utfordringer for det eksisterende avløpssystemet, og det er derfor viktig at klimaendringer tas hensyn til og klimatilpasning kreves ved byplanlegging og prosjektering av VA-anlegg [3]. Kravene vil derfor øke for å være i stand til å håndtere

store mengder av regnvann, dette innebærer at samfunnet må tilpasse seg mer ekstremvær i dag.

Klimaendringene er ennå bare i starten. Analyser i enkelte byer over virkninger av klimaeffekter de neste ca. 50 år har vist at dette kan føre til at dobbelt så mange bygninger flomskades som i dag, og at overløpsutslippene kan øke fra 50 til 100 % mer enn i dagens klima [4].

Med stadig økning i klimautslipp forventes følgende medianverdier for klimaendringer i Norge fram mot 2100 [5]:

- Økning på årstemperatur på ca. 4,5 °C (3,3 - 6,4 °C)
- Økning på årsnedbør på ca. 18 % (7 - 23 %)
- Styrregneepisodene blir kraftigere og vil forekomme hyppigere
- Regnflommene blir større og kommer oftere
- Snøsmelteflommene blir færre og mindre
- Snøen vil bli nesten borte i mange år i lavtliggende områder, mens det i høyfjellet kan bli større snømengder i enkelte områder
- Færre og mindre isbreer.
- Økning på havnivået på 15 - 55 cm avhengig av lokalitet.

Klimaendringer har store påvirkninger på vann- og avløpssystemene. Økte nedbørmengder og større nedbørsintensitet kan føre til økning på overløpsmengden fra avløpsnettene som i sin tur blandes med overvann og renner videre på overflaten til resipienten, og dette medfører forurensninger og oppblomstring av infeksjonssykdommer i vassdrag og drikkevannskilder. Ved ekstremvær og flomsituasjoner klarer avløpssystemene ikke å drenere alle overvannsmengder og vil fungere som flaskehals og gi en forverring av flomsituasjonen, særlig i tettbygde områder. Økning på temperaturen kan føre til økt oppblomstring av alger i drikkevannskilder og mer fordamping som vil videre føre til økning på konsentrasjoner av stoffene i vannet, og dette påvirker biologisk mangfoldet og reduserer effekten av kjemisk rensing.



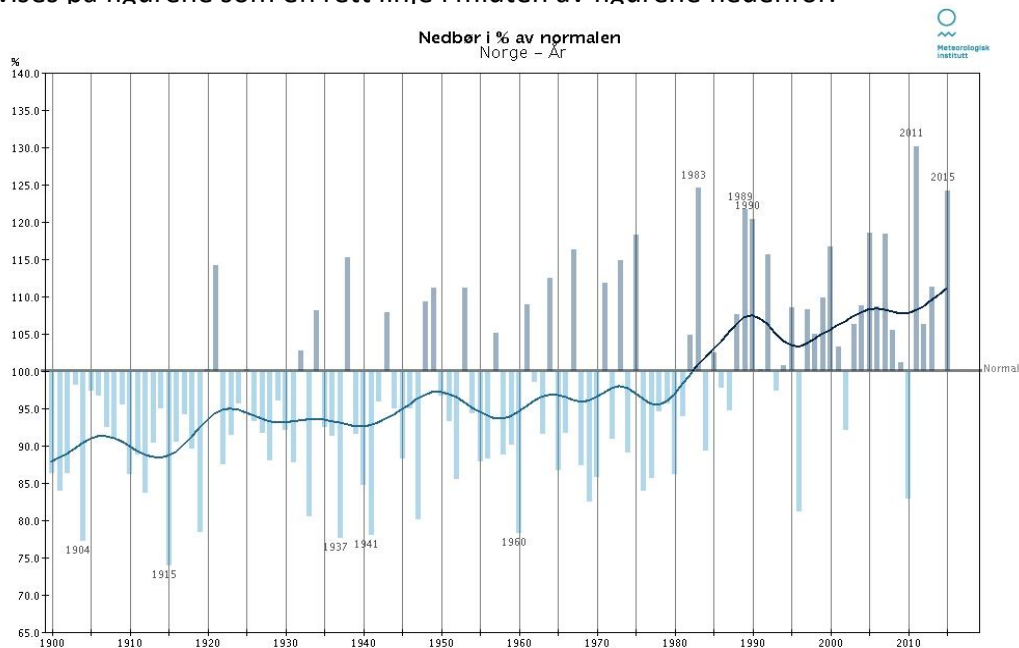
### 3.1.1 Nedbør

Årsnedbør er variert fra sesong til sesong og fra region til region, og er sterkt påvirket av vindforhold og temperaturen, men generelt er gjennomsnittlig årsnedbør for Norge beregnet til 1486 mm. Av dette fordampes 346 mm og 1140 mm går til avrenning [6].

Økningen av klimautslipp forårsaker klimaendringer som økning i gjennomsnittlig årsnedbør og antall dager med kraftig regn. Utviklingen i nedbør i perioden 1900 til idag gjør at forventninger og prognoser for framtiden går mot at det skal bli våtere og mer regn enn idag. Figuren under viser variasjonene i nedbør i % av normalen.

Referanseperiode 1971-2000 er brukt som normalen ved følgende figurer fra met.no.

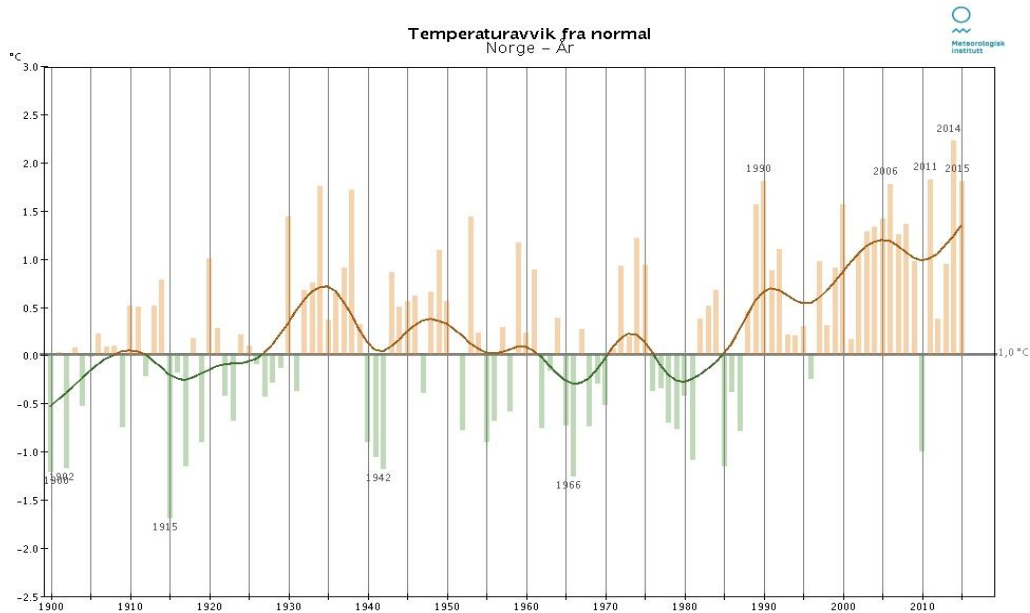
Den vises på figurene som en rett linje i midten av figurene nedenfor.



Figur2: Nedbør i % av normalen for perioden 1900-2015 [7].

### 3.1.2 Temperatur

Årsmiddeltemperaturen for Norge er på ca. 1°C, men varierer fra 6°C på kysten av vestlandet til lavere enn -4°C i høyfjellet [8]. Figuren under viser temperaturutviklingen fra normal i perioden 1900 til 2015.



Figur3: Temperaturutvikling fra normal i periode 1900-2015 [7].

Ut fra figur3, så er utviklingen av årsmiddeltemperatur for perioden 1980-2015 for fastlands-Norge en lineær trend, noen som gir en temperaturøkning i Norge på 0,09 °C/tiår de siste 115 år. Dette er nokså nær økningen i globaltemperaturen i den samme perioden. Fra 1900 til 1938 var den lineære trenden +0,32 °C/tiår, fra 1938 til 1976 var trenden -0,04 °C/tiår, og fra 1976 til 2015 hele +0,50 °C/tiår.

I perioden fra 1985 og frem til idag har temperaturen vært jevnt varmere enn normalen. Derfor er mulighet til fortsatt oppvarming i framtiden stor.

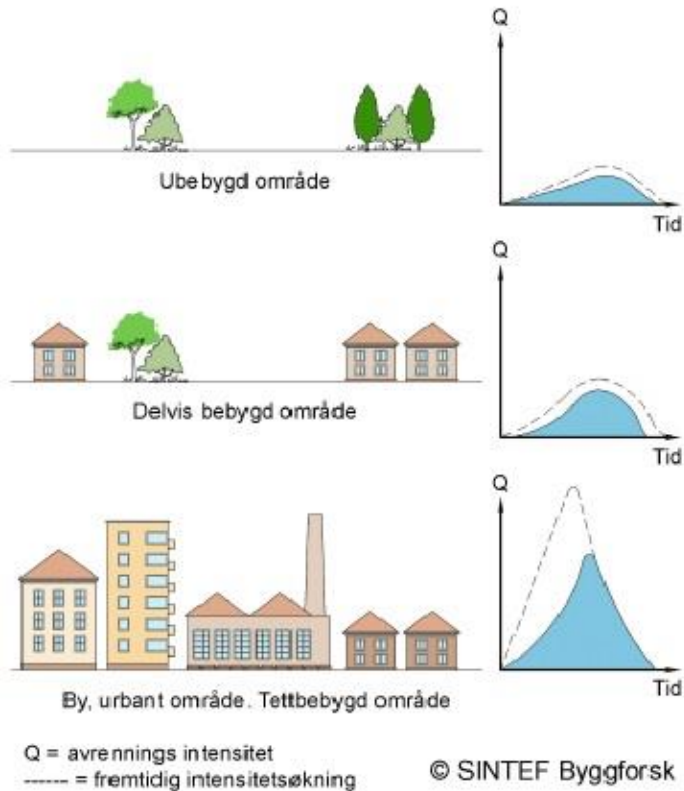
### 3.1.3 Avrenning

Avrenningen kan defineres som overvann som renner på overflata i løpet av tidsrom.

Avrenningen er i stor grad avhengig av nedbørintensiteten og overflatetypen.

Urbane/bebygd områder som bysentrum har i stor sett tette og glatte overflater. Slike type overflater gjør at store vannmengder samler seg på overflaten, og renner av på kort tid ved nedbør. Dette fører ofte til oversvømmelser (og flom ved intensiv regn) som forårsaker store skader på bygninger, miljø og helse. Ubebygde områder som skog f.ek har relativt lav avrennings-intensitet, hvor samme overvannsmengder tar mye lengre tid

når den renner på overflaten og muligheten for oversvømmelser eller flom er ganske lavt. Figuren under illustrere forskjellen på avrenningen fra ulike typer overflater.



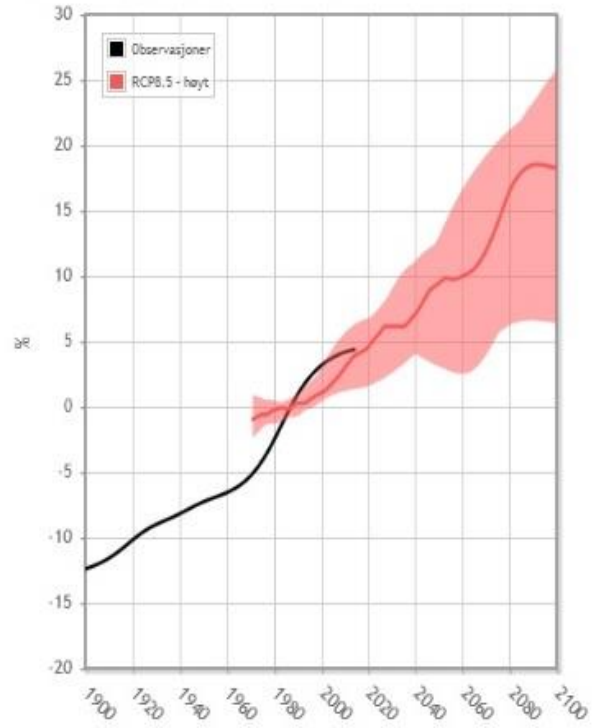
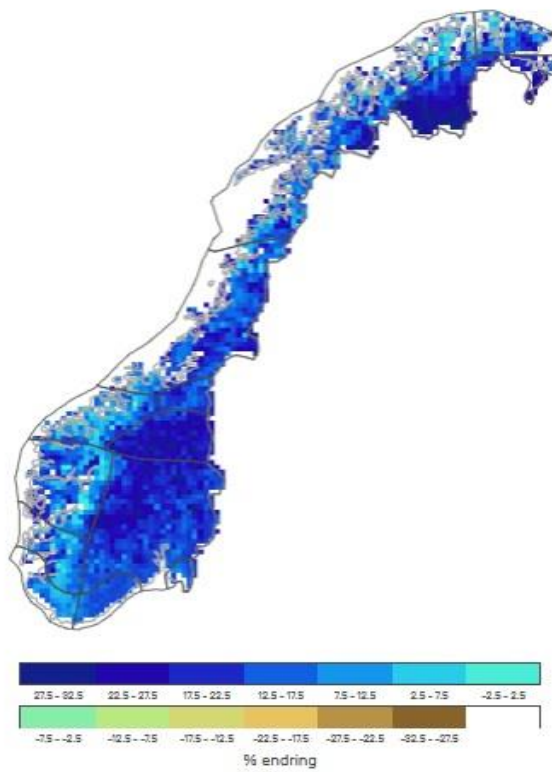
Figur4: Avrenningen fra ulike type overflater [9].

### 3.1.4 Klima i framtiden

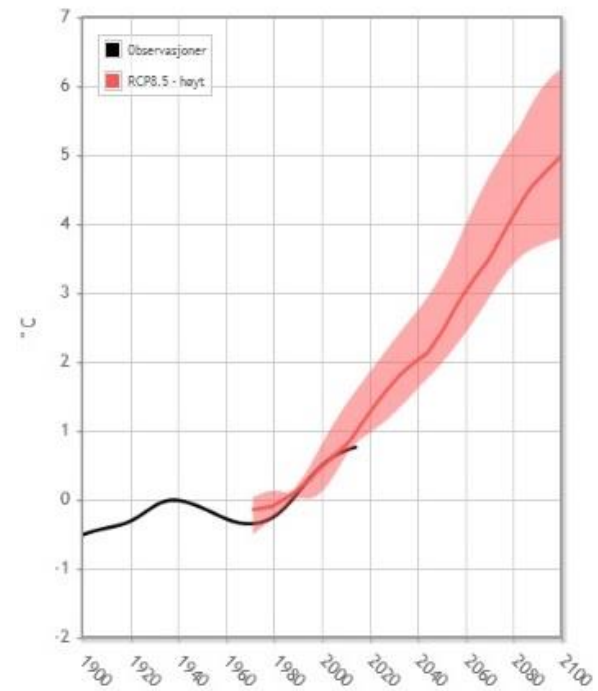
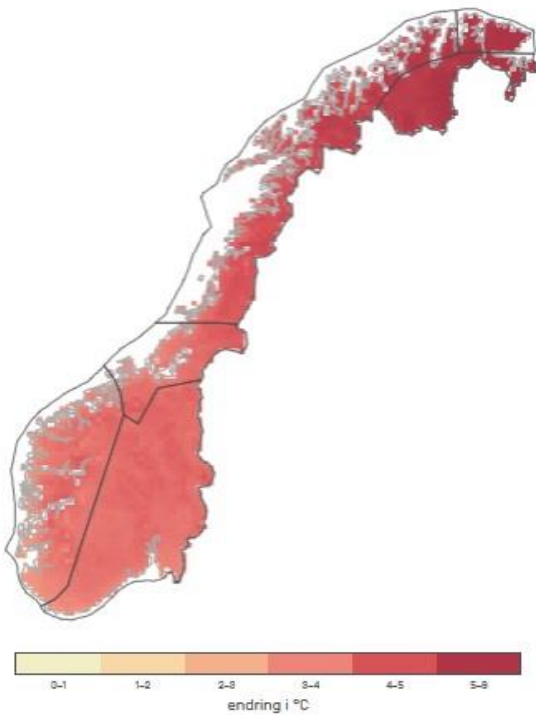
Dersom klimagassutslipp fortsetter i økningen og konsentrasjonene for drivhusgasser blir i kontinuerlig vekst i atomsfæren i framtiden, vil dette føre til økning i klimavariabler som nedbør og temperatur.

Klimaframskrivninger er beregninger utført av Norsk klimaservicesenter om hvordan klimaet skal se ut i framtiden. Klimaframskrivningene er basert på antakelser om framtidige utslipp av drivhusgasser og globale og regionale klimamodeller.

Følgene figurer viser mulige utviklinger i ulike klimavariabler.



Figur5: Antagelig utvikling i nedbør fram til år 2100 i % fra referanseperiode 1971-2000 [10].



Figur6: Antagelig utvikling i temperatur fram til år 2100 i % fra referanseperiode 1971-2000 [10].

Det er stor usikkerhet med klimaprognoser og forventninger. Klimaendringene som er beskrevet ovenfor er basert på flere beregninger som er beheftet med stor usikkerhet hvor mange forskjellige faktorer samvirker [11]. Prognosene gir derfor ikke nøyaktige tall men likevel et klart bilde og mulige scenarier om hvordan klima vil bli i Norge i framtiden.

### 3.1.5 Klimafaktor

Klimafaktoren beskriver den forventet økningen i nedbørsintensiteten som følge av klimaendringer. Klimafaktoren angir hvor mye man må skalere opp nedbørverdier for å dimensjonere overvannssystemene slik at de takler framtidige nedbørforhold [12].

I håndbok N200 anbefaler Statens vegvesen å benytte klimafaktorer ved beregning av overvannsmengder for små felt [13]. Det anbefales å benytte klimafaktorer med hensyn til forventet levetid på anlegget på henholdsvis 1,3 (10 år), 1,4 (100 år) og 1,5 (200 år).

Jernbaneverket har krav om å benytte ett gjentakintervall på 200 år og en klimafaktor på 1,2 for dimensjoneringsberegninger av stikkrenner og øvrig dreneringsanlegg [14].

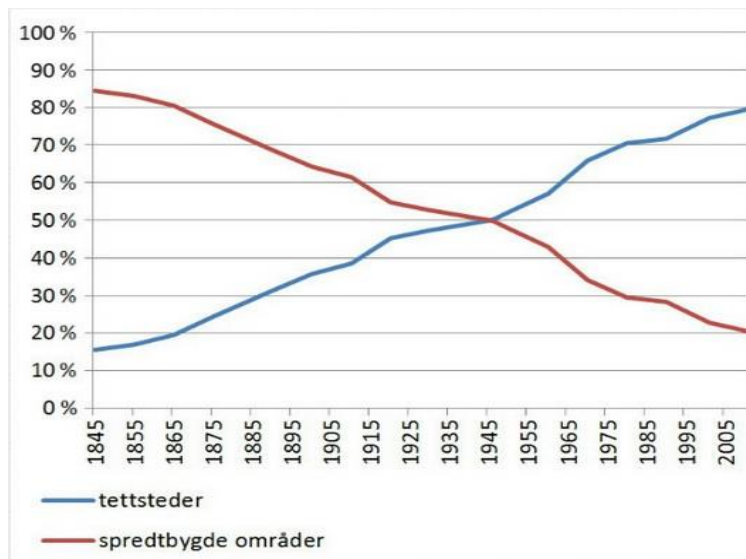
I Norsk Vann rapport 193/2012 [15], anbefales det å bruke en klimafaktor på mellom 1,3 og 1,5 for dimensjonering av nye avløpsanlegg med levetid på 100 år.

## 3.2 Urbanisering og byutvikling

Med urbanisering menes det alle forskjellige prosessene forbundet med forflytting av mennesker, markeder og aktiviteter fra rurale til bymessige områder [Wikipedia/Urbanisering]. Mer enn halvparten av verdens befolkning bor nå i byer. Ytterligere 3 milliarder mennesker vil flytte til byer innen 2030 [16].

I følge figur 6, har forholdet mellom tettstedsbefolkning og spredtbosattbefolkning i Norge endret seg sterkt i perioden 1845 til 2011. I 1845 var ca. 85% av befolkning spredt

og bodde landlig mot 15% på tettsteder, mens i 2011 er ca. 80% som bor på tettsteder mot 20% i landlig og spredt bebyggelse.



Figur7: Forholdet mellom tettstedsbefolkning og spredtbosattbefolkning i Norge endret seg sterkt i perioden 1845 til 2011 [17].

Bak slike tall ligger ikke bare en omfordeling av mennesker, men også omfattende ressursmessige, industrielle, teknologiske og andre samfunnsmessige endringer, og alle disse fører til mer utbygging og utvidelse av byene for å kunne imøtekomme alle disse endringene. Byvekst og utvidelse av de geografiske grensene til tettsteder spiller en stor rolle mht overvannproblemer og overflateavrenning, og har en stor effekt på forholdet mellom prosessene i den hydrologiske kretsløpet.

Ved urbanisering og byvekst er det flere faktorer som har negativt påvirkning på overflateavrenningen og kan føre til mer og verre overvannsproblemer. Etablering av tetteflater er den viktigste av disse faktorene. Når tetteflater øker forårsaker dette også til redusert andel permeable og gjennomtrengelige overflater som videre fører til mindre mulighet for infiltrasjon. Som et resultat; mer og raskere overflateavrenning ved intens/langvarig regn kan utvikle seg til flom eller oversvømmelser. Tetting av det øverste sjikt av jorden, kompresjon av jorden og fjerning av vegetasjon er også noen av disse faktorene.

### 3.3 Infiltrasjon

Infiltrasjon av vannet kan defineres som prosessen hvor overflatevann trenger ned i jordlaget gjennom porene på grunn av gravitasjonskrefter. Infiltrasjonen varierer i stor grad mellom forskjellige jordtyper, men i storsett er avhengig av følgende faktorer:

- Kornfordeling av jord
- Vanninnholdet i jord
- Hydrauliske ledningsevne av jord
- Avstand mellom grunnvannsnivå og overflaten
- Årstid/sesongene
- Temperaturen

Infiltrasjon av overvann er en sentral metode og er det første ledd i treleddsstrategien for håndtering av overvann (som blir omtalt i kap 3.7). Når overvannet renner på overflater som har gode infiltrasjonsevner vil en god del av vannet forsvinne ned i bakken, noe som bidrar til å redusere overvannsmengdene.

Infiltrasjon av overvann i jord har mange fordeler og positive effekter som [18]:

- reduserer overvannsmengder og deretter faren for flom og oversvømmelser.
- bevarer vannbalansen i området.

Infiltrasjon renser overvannet i viss grad, renseeffekt er avhengig av jordtype og tilført forurensning.

### 3.4 Flom og oversvømmelse

Flom oppstår når vannføringen stiger betydelig i vassdragene og går utover bekkekantene, som videre fører til at vannet oversvømmer områdene rundt.

Oversvømmelser oppstår ofte ved langvarig eller kraftig nedbør og i forbindelse med snøsmeltingsperioden, men kan også oppstå av andre årsaker som f.ek. stormflo [Wikipedia/Flom].

Oversvømmelse i urbane og tettbebygdområder oppstår når overvann renner på overflaten og følger de naturlige dreneringslinjer til det laveste punktet i nedbørsfeltet. Dreneringslinjer er laveste punktene på terrenget som samlet blir en vei vannet renner i. Når store arealer av nedbørsfeltet er tette flater eller har dårlig infiltrasjonsevne vil overvannet renne raskere og akkumulerer seg langs naturlige dreneringslinjer og i samlepunktet (som er den laveste i nedbørsfeltet) til større vannmengder. Fordi at avløpssystemer klarer ikke å drenere alle disse vannmengder langs dreneringslinjer og i samlepunktet vil overvannsmengder øker i løpet av tiden. Dette vil skape videre store skader og oversvømmelser i området.

### 3.5 Flomveier

Flomveier kan deles i naturlige flomveier og kunstige flomveier. Naturlige flomveier kan være elv, vassdrag eller bare følger de naturlige dreneringslinjer, mens kunstige flomveier kan både være åpne flomveier eller lukkede flomveier i rør eller tunnel. Kunstige flomveier er bygget på en måte slik at flom skal isoleres eller ledes bort fra områdene som er utsatt for flom og at minst mulig skader vil skje langs flomveien. Naturlige flomveier skaper ofte skader på områdene rundt ved flom hendelser. Kunstige flomveier kan være både lukket flomveier i rør, åpne flomveier med tett bunn eller åpne flomveier med permeable bunn (gress/steinkledde grøfter).

### 3.6 Vann- og avløpsnett i Norge.

Utbygging av dagens vann- og avløpsnett startet i 1850-1860 i byene, og er i dag et meget omfattende nettverk. VA-ledningsnett i Norge er beregnet til ca. 51 000 km avløpsledninger og 44 000 km drikkevannsledninger. I tillegg kommer omtrent samme lengde med private ledninger. Norsk Vann rapport B17/2013 [19] vurderer gjenanskaffelsesverdien for de kommunale og private ledningsnettene til være omkring 940 mrd. kroner.



### 3.6.1 Tilstand av VA-ledninger.

Kvaliteten på ledningene er ganske variert, men stor sett er ledningene som er etablert etter siste halvdel av 1960 tallet av bedre kvalitet enn ledningene før [45]. Dette skyldes:

- Kravene har blitt sterkere særlig på 1970-tallet.
- Teknologiske utviklingen innen bransjen.
- Bedre og sterkere rør-materialer.
- Bedre kvalitet på anleggsarbeidet.

Selv om VA-bransjen har forbedret seg, er VA-nettet fortsatt i dårlig tilstand mange steder, og hvis man sammenlikner det med nabolandene så kommer Norge nederst på lista [20]. lekkasjetap fra det norske drikkevannsnettet er så høyt som 40% basert på innrapporterte data fra kommunene, mens tilsvarende tap i Sverige, Finland og Danmark er på ca. 15%, 16% og 8% [20]. Økende alder på ledningsnettene fører til tæring, begroing og mekaniske belastninger, som gir forvitring og økte driftsproblemer. Dette fører til behov for økt fornyelse.

Grunnforhold, kalde vintre og spredt bosetting er hovedgrunnene til at det norske VA-nettet er i en dårligere tilstand enn andre VA-nett i Vest-Europa [20]. I tillegg er manglende kompetansen i kommunene, i VA-bransjen og mindre tall sivilingeniører beregnes også som årsak.

### 3.6.2 Påvirkning av VA-nettet på overvann

Mange av norske avløpssystemer er fellessystemer, dvs. at spillvann og overvann går i samme ledning, noen som fører til overbelastning i nettet (og oppstuvning) hvis det kommer større overvannsmengder inn i nettet. Dette kan videre skape forurensningsproblemer for miljøet og oversvømmelser med skader på bygg og eiendommer. I tillegg er økt mengde avløpsvann medfører høyere pumpekostnader, økt

kapasitetsbehov og høyere behandlingstkostnader for avløpsrenseanleggene.

Det er mange grunner som gjør at det norske avløpsnett har dårlig kapasitet, bl.a.:

- Dårlig planlegging til framtiden da ble nettet bygget.
- Tilstanden på avløpsledningene.
- Byvekst, økning i befolkning og økt andel tette flater.
- Klimaendringer.
- Lekkasje fra drikkevannsledninger.
- Grunnvannsnivå.

Disse problemene gir store utfordringer i avløpstransportsystemene og krever kompetanse, tid og høy kostnader for å kunne forbedre tilstanden generelt til en akseptabel nivå. Også for å unngå unødvendige tap og lekkasje fra drikkevannsledninger og avløpsledninger og ekstra kostnader for pumpestasjoner og avløpsrenseanleggene. Derfor må det vurderes til å ta tiltak og finne bærekraftige løsninger som bidrar til å løse problemene knyttet til overvann. Slike tiltak kan være:

- Tiltak for lokal håndtering av overvann.
- Separering av fellesledninger.
- Kapasitetsutvidelse av overvanns- og felles ledninger.
- Oppgradering av avløpspumpestasjoner.
- Økt kapasiteten av renseanleggene.

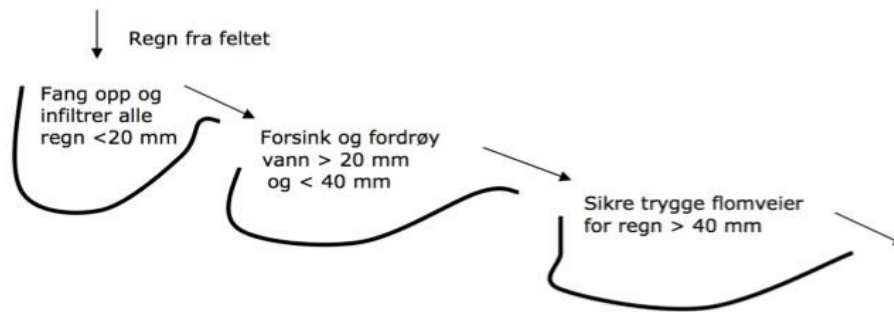
I følge Norsk vann rapport B17/2013 så er det estimert investeringsbehov for avløpssystemer på 65 mrd. kroner, hvorav 18 mrd. for private anlegg, 16 mrd. for felles systemer og 31 mrd. for separatsystem og behandlingsanlegg [19].

### 3.7 Treleddsstrategien

Treleddsstrategien (eller tretrinnsstrategien, som den kalles i Oslo kommune) er en bærekraftig metode som brukes i planlegging for lokalt håndtering av overvann.

Metoden er basert på trinnvis håndtering av nedbørsmengder som faller på feltet i følgende tre trinn:

- Trinn 1: alle nedbør < 20 mm skal forsinkes og reduseres gjennom infiltrasjon.
- Trinn 2: alle nedbør > 20 mm og < 40 mm skal forsinkes og reduseres gjennom fordrøyning.
- Trinn 3: alle nedbør > 40 mm skal avledes ved trygge flomveier til en resipient.



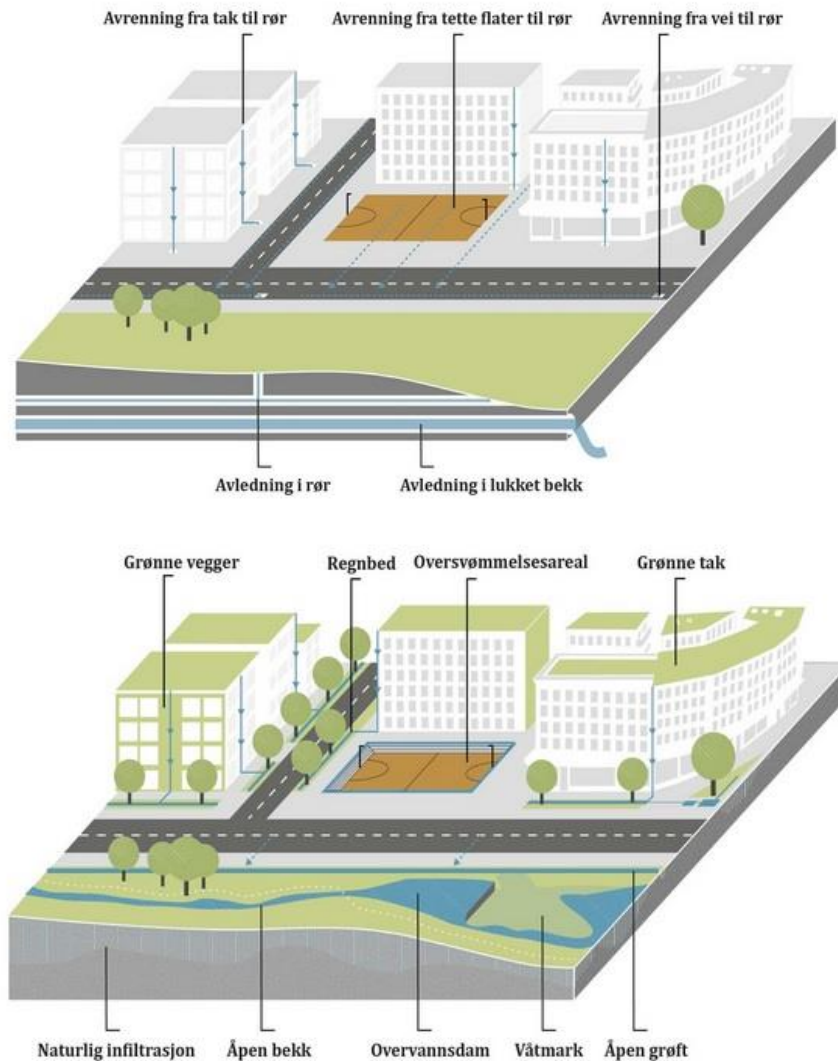
Figur8: Treledd-strategien for håndtering av nedbør [21].

### 3.8 Lokal overvannsdiskonering (LOD)

Tradisjonelt har overvann blitt håndtert ved å føre vannet ned i sluk og rør for å transportere det bort i lukkede ledningssystemer til resipient eller avløpsrensestasjon. Prinsippet var å skape et sikkert overvannssystem for å bli kvitt overvannet raskest mulig. Men med økende urbanisering og stadig klimaendringer har lukkede ledningssystemer vist at kapasiteten i ledningene ikke er tilstrekkelig nok for kunne ta imot alle overvannsmengdene, og i mange tilfeller har det blitt oppstuvning og oversvømmelser som førte videre til store skader på bygninger og forurensningsproblemer. Derfor ble det mer fokus på å finne en bærekraftig håndteringssystemer eller metoder for å møte klimaendringer og økt urbanisering.

Lokal overvannsdiskonering handler om hvordan et bærekraftig system kan skapes ved å utnytte tilgjengelige arealer og volum på stedet for å utnytte mulighetene i treleddstrategien, slik at man unngår at overvannet føres ned i fellesavløpssystemer.

Figur9 viser konvensjonelle overvannssystemer samt løsning for samme område med bruk av åpne LOD-løsninger.



Figur9: konvensjonelle overvannsløsning mot åpne LOD-løsninger i samme område [22].

God planlegging av lokal overvannshåndtering innebærer at tiltakene skal tilpasses lokale forhold og behov, og at løsningene skal være bærekraftige og tilføre kvaliteter til omgivelsene. LOD-løsningene må fungere godt både ved vanlig nedbør, ved flom og i tørrvær [23]. Lokal overvannsdiskonering er blitt mer tatt i bruk i Norge og i det siste årene ved planlegging av VA-prosjekter, landskap-prosjekter, byplanlegging, osv.

## 3.9 LOD-løsninger

Prinsippet bak LOD-løsningen er å erstatte tradisjonelle metoder med bærekraftige og miljøvennlige metoder for å redusere skade årsaket av overvann som renner på overflaten og hindre at mest mulig av overvannet kommer ned i avløpsystemer, også for å forebygge skader av bygninger og miljø ved flom hendelser. Dette kan nås ved å benytte en rekke løsninger som varierer fra mindre tiltak som kan håndtere små overvannsmengder til større tiltak som håndterer store vannmengder. Det finnes mange LOD-løsninger som har ulike funksjoner og effekter. Følgene er oppsummering av de mest populære og mest brukt LOD-løsninger med kort forklaring av hvert løsning.

### 3.9.1 Grønne tak

Grønne tak er i prinsippet grønne arealer med tynne jordlag som kan etableres på taket av bygninger med bestemt type planter som har spesial egenskaper. Hovedfunksjon for grønne tak i en urbanhydrologisk sammenheng er å forsinke avrenningen ved å holdetilbake vannet og redusere vannmengden ved fordamping.

Grønne tak kan deles i tre hoved-grupper [24]:

1. Ekstensive, lette tak med tynt vekstmedium som sedumtak.
2. Semi-intensive med tykkere vekstmediet og større artsmangfold er mulig.
3. Intensive tak med tykk jordlag med busker og trær, med mulighet for ferdsel og opphold. Denne taktypen er kun egnet på tak som tåler høy last.

På ekstensive tak benyttes ulike tørketolerante plantearter kan brukes på grønntak, men den mest dominerende kalles *Sedum*. Grønne tak kan brukes på alle takvinkler, men kostnadene øker betydelig når takvinkelen overstiger 30 graderog [25].

Taket av bygninger utgjør en stor del av tettearealer i byene, og ved bruk av grønne tak som tiltak vil det hjelpe med å redusere avrenningen av overvannet.



Figur10: Grønne tak med sedum dekke [25].

### 3.9.2 Takrenner og infiltrasjon på gresskleddede flater

Regn/smeltevann fra tak ledes ved noe bygninger direkte ned til avløpsnettet ved bruk av takrennerne. Avrenningen fra tak skjer normalt veldig fort, og hvis regn/smeltevann fra tak ledes direkte ned til avløpsnettet kan det føre til overbelastning i avløpssystemene. Frakobling av takrenner fra avløpsnettet og lede takvann til gresskleddede overflater som hagen, kan hjelpe i veldig stor grad til redusere overvannsmengder i avløpssystemer og avrenningen på overflaten. Dette kan enkelt gjøres på flere ulike måter og er et rimelig tiltak som koster bare noe hundre lapper.

Ved bruk av gresskleddede flater som hagen for å håndtere takvann, må man sørge at infiltrasjonsevne er god, og at det ikke oppstår erosjonsfare. Ved slike problemer kan man i tillegg ha en ekstra tiltak for håndtere takkvann som f.ek. regnbed, infiltrasjonsgrøft, et lite fordrøyningsmagasin, osv.



Figur11: Frakobling av takrennere fra avløpsnettet og til gresskledde flater [26].

### 3.9.3 Porøse flater

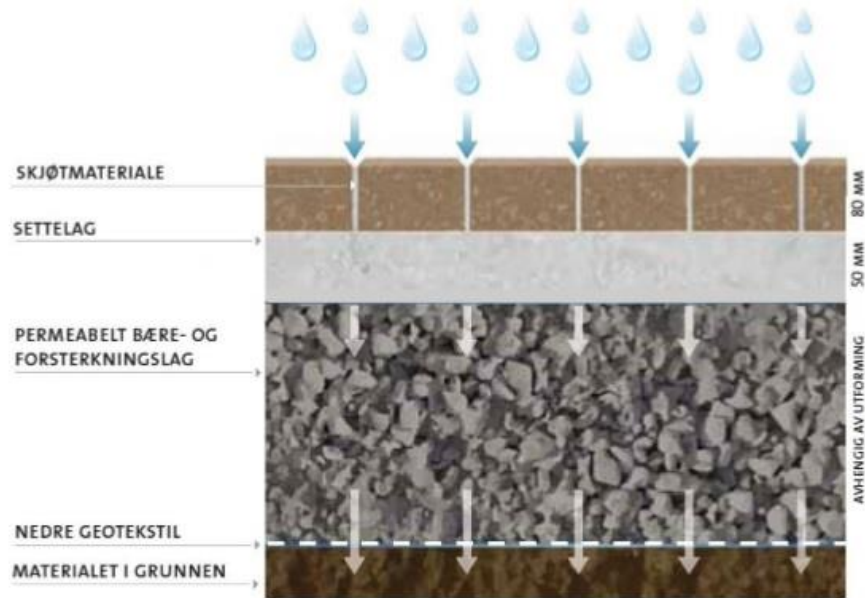
I urbane områder som har stor andel tette flater, vil overvannsmengdene være store og faren for oversvømmelse eller flom er stor. Ved bruk av porøse flater som transporterer vannet ned i grunnen i stedet for helt tetteflater vil redusere både avrenningen og overvannsmengder.

Porøse dekker brukes primært inne på tomten hvor slitasje på flaten er liten, men kan også benyttes på offentlig grunn i visse tilfeller. Porøse dekker vil bli tilført finstoff som tetter og begrenser infiltrasjonsevnen i løpet av tiden. Derfor trenger porøse flater vedlikehold av og til for å gjenåpne porene ved å fjerne finstoffet.

Belegningsstein, porøs asfalt og grusveier er eksempler av porøse flater som er populært.

Figuren under viser hvordan vannet trenger ned gjennom porøse flater, her belegningsstein, og videre ned til undergrunnen.

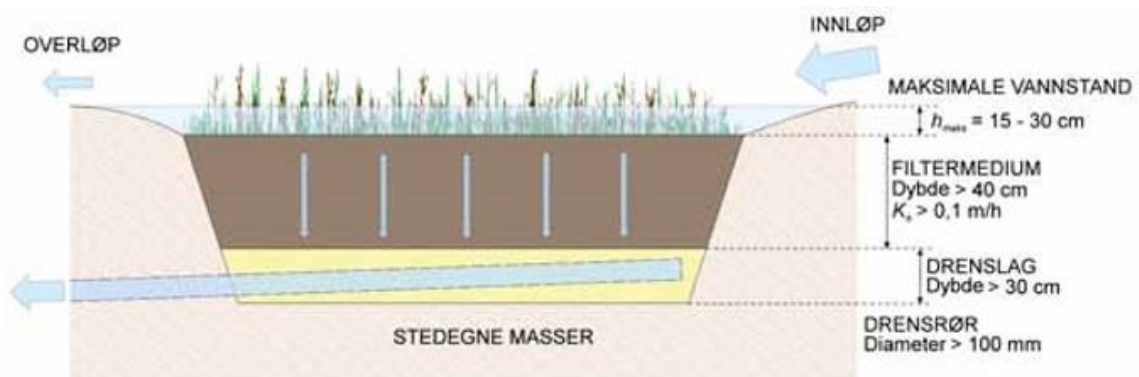




Figur12: Infiltrasjonsprosess gjennom porøse flater [27].

### 3.9.4 Regnbed

Et regnbed er et LOD-tiltak der hovedhensikten er å holde overvann tilbake helt eller midlertidig [28]. Regnbed er egnet til å motta vann fra tak, men kan også dimensjoneres for å ta imot vann fra parkeringsplasser eller lignende. Bedet er spesielt utformet som vegetert/beplantet forsenkning i terrenget for å håndtere overvann ved fordrøyning og infiltrasjon gjennom filtermedium. Størrelsen av regnbedet bestemmes etter vannmengde og bedets infiltrasjonskapasitet.



Figur13: Regnbed og hvordan den fungerer [29].



### 3.9.5 Fordrøyningsvolum

Fordrøyningsmagasin/volum er et volum som kan brukes til å lagre overvannsmengder midlertidig og deretter redusere vannmengden enten ved infiltrasjon, fordamping eller drenering til avløpsnettet i bestemt mengde. På denne måten vil overvannet både forsinkes og reduseres, noe som bidra i stor grad til å unngå problemer årsaket av overvann. Fordrøyningsmagasin kan være åpen eller lukket under bakken.

Eksampler på åpen fordryningsmagasin er regnbed, våtmark, rensedammer eller fordryningsdammer. Mens lukkede fordryningsmagasin under bakken kan være steinfyllingsmagasin, plastkassettmagasin, rørmagasin, osv. Figur 14 viser ulike fordryningsmagasin typer.



Figur14: Fordrøyningsrør, fordryningskassetter, fordryningsdam og frodryningstank. [30].

## 3.10 GIS, ArcGIS og Dreneringslinjer

### 3.10.1 Geografiske InformasjonsSystemer (GIS)

Geografiske InformasjonsSystemer (GIS) er datamaskinbaserte systemer som brukes til å registrere, modellere, lagre, hente, manipulere, analysere og presentere geografisk refererte data. Denne fagdisiplinen er rundt tyve år gammel. GIS-data er digital representasjon av fenomener i den virkelige verden (veier, jordbruksområder, høyde). En GIS-database inneholder to typer data: Stedfesta (romlige) data og beskrivende data (attributtdata eller egenskapsdata) [31].

### 3.10.2 ArcGIS

ArcGIS er et geografisk informasjonssystem dataprogram (GIS-dataprogram) som brukes ved å jobbe med kart og geografisk informasjon, dataprogrammet har mange applikasjoner og er veldig bred i bruksområder, men i stor sett kan programmet brukes for:

- Lage og bruke kart
- Samling av geografiske data
- Analyse kartlagt informasjon
- Oppdage og dele geografisk informasjon
- Adminstrere geografisk informasjon i en database.

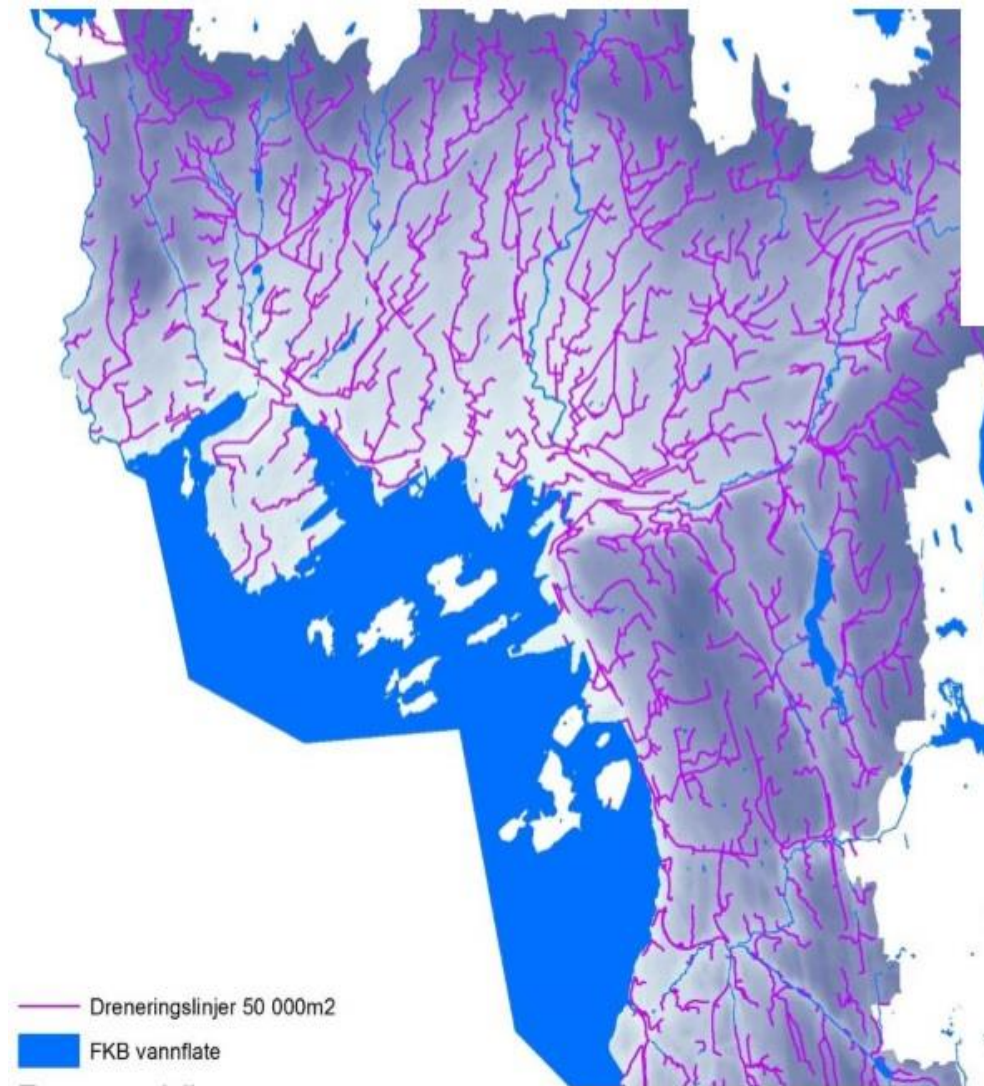
### 3.10.3 Dreneringslinjekart

Dreneringslinjekart er et kart som simulerer naturlige dreneringslinjer for avrenning av overvann på terringet mot laveste punktet i nedbørsfeltet. Dreneringslinjekart er laget ved bruk av GIS-verktøy og ArcGIS dataprogram fra digital terringsmodell basert på laserskanningsmetode og raster metode.

Dreneringslinjekart an brukes for [32]:

- Innspill til planlegging av områder
- Planlegging av fremtidige flomveier
- Studier av problemområder

Dreneringslinjekart har ganske god nøyaktighet, der simulerte dreneringslinjer stemmer nesten akkurat med virkligheten på bakken. Observasjoner fra undersøkelser jeg utførte på Ekeberg området viser at dreneringslinjer følger elver og bkker, følger offisielle nedbørsfelt og stemmer med registrerte hendelser.



Kart1: Dreneringslinjer kart over Oslo kommune [33].



## 4. Case Ekeberg i Oslo kommune

### 4.1 Om Ekeberg

Ekebergsletta/åsen er en stor gresslette som ligger på Ekebergplatået i Nordstrand bydel. Ekebergsletta benyttes først og fremst til idrett, men er samtidig en del av Oslos største parkområde som omfatter Brannfjell, Ballsletta og Ekebergskogen. Området er kjent med sine aktiviteter som friluftsliv, idrettsplasser, reaksjoner og kulturminner [34].

Ekebergsletta er omringet av endel skog på begge sider øst og vest, og fra nord er det boligfelt langs Stamhusveien, Branfjellveien og Rørhtsveien med mange eneboliger, rekkehus, leilighetsblokker og skoler. Boligfeltet er utsatt for overvannsavrenning fra sletta og områdene rundt.



Figur15: Ekebergsletta sett fra nord vest viser store grøntareal. Likevel er det problemer med overvann fra dette området (foto: Lasse Tur) [35].

## 4.2 Dagens situasjon og problemstilling

Avdeling plan og prosjekt på Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune har laget en intern konseptvalgutredning (KVU) basert på undersøkelser og studier om området for å presentere dagens situasjon og vurdere ulike mulige tiltak-alternativer for området. Rapporten som har titelen ( KVU-Ekebergåsen ) er et internt dokument og kan ikke publiseres for alle, men jeg fikk tillatelse til å gå gjennom rapporten og oppsummere det jeg trenger for min oppgave, og derfor kan jeg ikke referere litteraturen i dette kapittelet til den originale rapporten, men som alternativ kan overingeniør Bjørn Christoffersen fra VAV kontaktes.

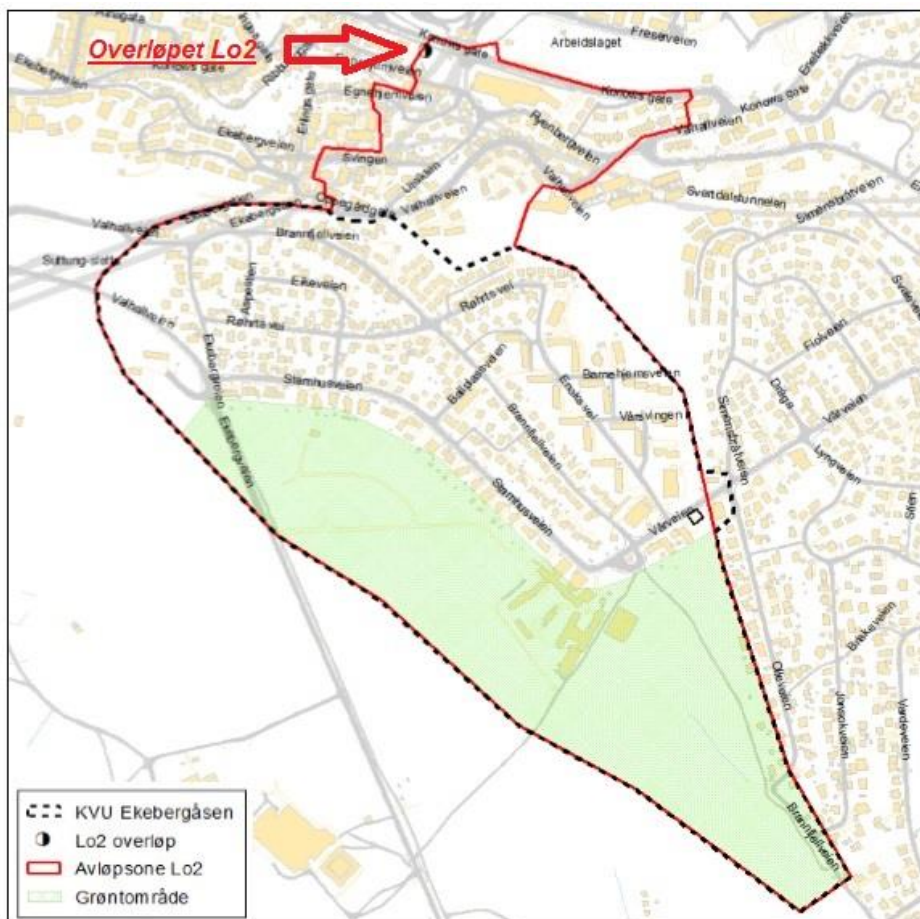
Følgene er oppsummering om dagens situasjon og problemstilling på området.

### 4.2.1 Overløp Lo2 i Konows gate

Overløpet Lo2 i Konows gate er samlepunkt for alle avløp fra Ekebergåsen. Fra overløpet ledes avløpet i en Ø300 AF-ledning til Kværnertunnelen og videre til Bekkelaget renseanlegg. Urenset avløp ledes ved overløpsdrift til kulvert for Alnaelva og videre ut til Oslofjorden. Overløpsdrift forekommer på grunn av tilstopping av strupeledning i overløpet og avlastning av AF-ledningsnett under nedbør. Overløpet er i drift gjennomsnittlig flere ganger i løpet av et år.

Forurensningsutslipp fra overløp Lo2 i Konows gate vil forurense Alna vassdraget og sjøen. Spesielt utslipp av tarmbakterier i sommersesongen vil innvirke på badevannskvaliteten i sjøen.

Kart 2 viser Ekebergåsen med grensen for avløpssone med overløpet i Konows gate.



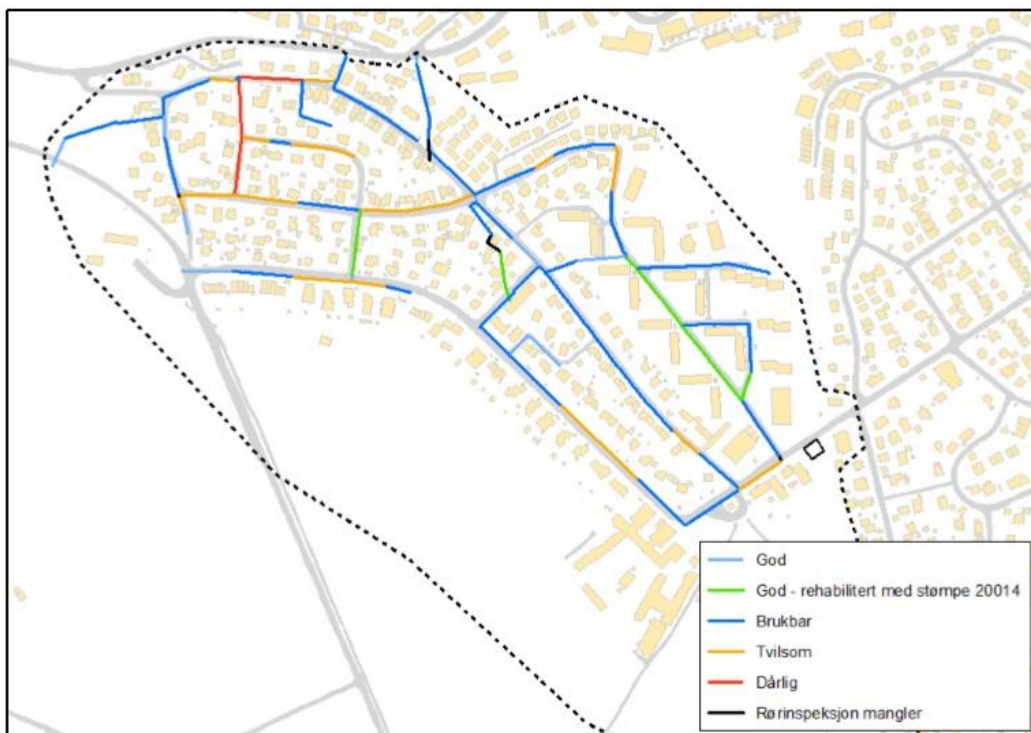
Kart2: Ekebergåsen med grensen for avløpsone og overløpet ved Konows gate.

#### 4.2.2 Avløpsledninger

Hele området består av ca. 4017 meter AF-ledninger, 324 meter SP-ledninger og 1274 meter OV-ledninger med følgende tilstandskategori for AF/ SP-ledninger:

1. God: 783 meter, hvor 391 meter rehabilitert i 2014
2. Brukbar: 2382 meter
3. Tvilsom: 901 meter
4. Dårlig: 214 meter
5. Ingen vurdering: 61 meter

Det er kun 170 meter separatsystem langs Ekebergveien.



Kart3: Avløpsledninger på Ekebergåsen.

### 4.2.3 Vannledninger

- Vannledningsnett i området har varierende alder fra 1930 til 1950, men det meste av ledningsnett er lagt på 1940 tallet.
- Vannledningsnett i området har hatt flere brudd, opptil 5 og 6 brudd på noen ledninger.
- Mye vann blir tapt på grunn av dårlig vannledninger.
- Risiko for forurensning av drikkevannet gjennom innsuging på grunn av fall i trykket ved bruddet.
- Ved brudd i vannledning er faren for innsuging av forurenset vann gjennom utette brannventiler og armatur i kummer stor.
- Kummene i området er felles kummer for vann og avløp med åpne renner.
- Stor sannsynlighet for at bruddfrekvensen øker.
- Området har ikke vannmåler inn til sonen. Dette gjør det vanskelig både for måling av vannforbruket og mulighet for å finne lekkasje.



#### 4.2.4 Overvann og flomveier

Overvann fra åpen bekk i grøntområde sør for skolen på Ekebergsletta ledes i bekkelukking videre til Ballplassveien hvor det kobles til AF-ledning . Bekkelukkingen følger historisk Ekebergbekken. Flere problemer har blitt registrert ved boligene langs den historiske bekketraseen i Stamhusveien. Problemene er knyttet til grunn-/drensvann og overflateavrenning fra grøntområder. Boligene i Stamhusveien/ Olleveien som ligger i randsonen til grøntområde syd for Ekeberg skole har hatt også samme problemstillinger.

Topografiske forhold med bratt terreng på området tilsier at avrenning av overvann på overflaten gir utfordringer for bebyggelsen i Ekebergåsen. Bratte tette avrenningsveier som i Ekebergåsen langs vegene fører til både raskere avrenning og raskere akkumulering av overvannet, noe som gir store muligheter for flom og oversvømmelser som videre kan skape store ødeleggelser og skader.



Kart 4: Teoretiske dreneringslinjer, historisk bekk og overvann/bekkelukking på Ekeberg område.



Konsekvensen av dagens situasjon på ledningsnettets er at risikoen for brudd, kollaps, lekkasjer, tilstoppinger, kjelleroversvømmelser, kloakk opp i terreng og forurensing av vassdrag øker/vedvarer hvis avløpsledninger som har dårlig tilstand ikke rehabiliteres.

#### 4.2.5 Registrerte hendelser

Flere overvannsskade hendelser har blitt registrert i området, noe er registrert hos Vann- og avløpsetaten, mens de andre har jeg fått informasjon om fra personlig kontakt med beboere på Ekebergåsen. Følgene er de viktigste hendelser som har skjedd i området:

- Boligene langs Stamhusveien ved skolen får store overvannsmengder i hagen fra grønne arealer og gjennom vollen som er på dårlig tilstand og trenger oppgradering.
- Den historiske bekken som går under bakken har ført til erosjon og graving av undergrunnen til Stamhusveien 61D, dette skapte alvorlige skader på boligen.
- Stamhusveien 10 får store overvannsmengder fra Stamhusveien videre ned til hagen hvor overvannet samles og blir til en dam i hagen. Dette stemmer med dreneringslinje kartet, da en tykk dreneringslinje går rett gjennom tomten og videre ned til Røhrts vei.
- Brannfjellveien 8A får store overvannsmengder som "fosser" gjennom hagen og nedover tomten særlig ved kraftig eller langvarig nedbør. Dette stemmer med dreneringslinje kartet. Her samler flere dreneringslinjer seg til en stor dreneringslinje går rett gjennom tomten og videre ned til Valhallveien.
- Veistykket som går forbi Aspestien 4 og Brannfjellveien 1 er en grusvei, og har fått store erosjonsskader pga. avrenningen av overvann.

## 4.2.6 Behov for investering

I følge konseptvalgutredning KVV-Ekebergåsen, vil det være behov for følgende tiltak i området, med henvisning til mandatet:

1. Bygge om overløpet for å redusere overløpsdrift.
2. Redusere vannmengdene som kommer til overløp Lo2.
3. Skifte ut vannledninger som har hatt flere brudd.
4. Bygge en vannmåler i området for å ha oversikt over forbruket og mulig lekkasje i sonen.
5. Separere kummer felles for vann og avløp.
6. Sikre kapasitet og transportevne til avløpsnett.
7. Vurdere en løsning for overvann i området i tråd med Oslo kommunes veileder.

## 5. Metode

### 5.1 Område-undersøking

Sommeren 2015 har jeg og vann- og miljø-student Mareike Becker fra NTNU undersøkt området med hensyn på sårbare flomveier og sett på mulige LOD-tiltak og omlegginger, særlig infiltrasjons- og fordrøyningstiltak.

Selv om tydeligere feltundersøkelser og geologiske kart gir informasjon om området, måtte vi undersøke området grundigere og kjøre ulike tester og analyser for å kunne ha en riktig vurdering av området og hvor godt området egner seg til ulike LOD-tiltak.

Som en del av denne vurderingen ble tilfeldige adresser valgt for å utføre ulike tester i private hager. Figur 16 under viser kart over området med adressene der vi foretok testene.



Figur16: Undersøkte adresser på Ekeberg i Oslo kommune.

De ti adressene på Ekeberg hvor vi utførte infiltrasjonstesten og tatt jordprøver fra er:

- Brannfjelveien 20A (B20 A)
- Brannfjellveien 28 A+B (B28 A+B)
- Brannfjellveien 30 (B30)
- Brannfjellveien 65B (B65 B)
- Eikevein 14 (E14)
- Røhrts vei 5 (R5)
- Røhrts vei 29 (R29)
- Røhrts vei 44 (R44)
- Stamhusveien 10 (S10)
- Stamhusveien 75 (S75)

### 5.1.1 Registrering av takrenner

I forbindelse av å vurdere mulige LOD-løsninger på Ekebergområde, hadde vi registrert takrenner på alle eiendommene og bygninger på området. Dette er for å ha nøyaktig informasjon om andel takrenner som er koblet til avløpsnett. Alle eiendommer ble besøkt av oss og alle takrenner på hvert eiendom ble registrert og klassifisert i to grupper: takrenner som leder takvann til hagen og takrenner som går ned i bakken (mulig koblet til avløpsnett).

### 5.1.2 Infiltrasjons test

Infiltrasjonstesten ble gjennomført for å ha et nøyaktig tall og resultat for infiltrasjonsevne på området, og for å vurdere effekten av bruk av egen hage for å infiltrere takvann ved frakobling av takrennere som tiltak.

Infiltrasjonstesten ble gjennomført ved bruk av MPD (Modified Phillip-Dunne infiltrrometer). MPD måler infiltrasjon på overflaten av terrenget som beregnes basert på forholdet mellom endring av tid og vannhøyde. Infiltrometeret består av et rør med indre diameter på 10 cm og høyde på ca. 50 cm. For å kunne lese av endringen i vannstanden, er det limt et målebånd på utsiden av røret. Metoden går på å banke MPD-rør 5 cm ned i bakken og så fylle røret med vann til en bestemt vannstand, deretter registrerer vi vannstanden i løpet av tiden (hvert 5 min.) til vannet stopper å infiltrere eller forsvinner ned i bakken. Ut fra registreringer og forholdet mellom vannstanden og tiden kan man beregne infiltrasjonen.



Figur17: Måling av infiltrasjon fra taknedløp over hage ved hjelp av MPD rør. Bilde tatt under infiltrasjonstesten på Røhrts vei 44 på Ekeberg.

I våres infiltrasjonstest ble det brukt 5 kolonner (A, B, C, D, og E) plassert langs avrenningsvei av vannet som renner ut fra taknedløp og mot gate/sluk som leder vannet til avløpsnett. Grunnen var å finne forskjellen på hvor fort blir jord vannmettet.

### 5.1.3 Kornfordelingstest

Løsmasser kan skilles fra hverandre ut i fra kornstørrelse [46].

Kornfordelingsbestemmelse er ganske viktig for å kunne klassifisere jordprøvene og bestemme egenskapene. Kornstørrelser og kornfordeling i løsmasser påvirker løsmassensevne til å transportere og holde tilbake vannet, noe som er sentral for infiltrasjonsevne bestemmelse. Metoden går på å sikte jordprøven gjennom sikter med forskjellige maskevidder, og det som blir liggende på hver av siktene veies, og ut fra forholdet med totalvekt kan man finne hvor mye utgjør hver type korn.

Kornfordelingsanalysen for jordprøvene tatt i Oslo ble utført av Irene E. Eriksen Dahl og Tore Krogstad ved IVM- laboratoriet ved Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet i Ås.

### 5.1.4 Vanninnhold og Glødetap analyser

Vanninnhold i løsmasser påvirker infiltrasjonsevne vesentlig. Når vanninnholdet i løsmasser er høy, betyr det at mesteparten av hulrommene og porene i løsmassen er fylt med vann, og det er bare lite volum igjen som kan ta vannet eller transportere vannet gjennom. Vanninnhold bestemmes ved å bestemme prøvens tørrstoff, og dette kan gjøres ved at en kjent mengde av jordprøven veies før og etter tørking, beholderen som brukes må veies også før tørking både tømt og med prøven, dette ved å finne den netto vekt av prøven. Deretter tørkes prøven i et tørkeskap ved 105°C i 24 timer.

Forskjell i vekten før og etter tørking skal være vannmengden i prøven. Denne testen ble utført av både meg og studenten fra NTNU Mareike Becker på laboratoriet på Vann- og avløpsetaten i Oslo. Analyse for prøvenes andel organisk materiale ble utført av Irene E. Eriksen Dahl og Tore Krogstad ved Institutt for Vann- og miljøteknikk, NMBU. For å finne gløderesten, ble prøvenes tørrstoff glødet ved 550 °C i 2 timer, den gjenværende resten veies og innhold av andel organisk materiale kan så beregnes.

Andel organisk materiale i jord har stor påvirkning på jordas infiltrasjonsevne. Når andel organisk materiale øker, reduseres komprimeringen av jord og deretter blir jord mer elastisk noe som øker infiltrasjonsevne særlig ved jordtype av leire eller siltig leire [47].

## 5.2 ArcGIS analyser

For å kunne jobbe med ArcGIS dataprogram- og verktøy og analysere kart og området måtte jeg lære meg ArcGIS, derfor tok jeg et intensivt kurs på internett. Kurset heter (Learning ArcGIS Desktop for ArcGIS 10.0) og tilbys av Esri på [www.esri.com](http://www.esri.com) som er den internasjonale leverandøren fra USA for ArcGIS. Kurset var avansert og krevde mye tid og innsats. Etter fullføring av kurset fikk jeg attest fra Esri som er vedlagt i Appendiks. ArcMap 10.3 og ArcCatalog 10.3 er hovedprogramvære og verktøy som er bruk ved denne oppgave for å analysere området og generer ulike typer kart.

Følgende kart over Ekeberg området i denne kapittelet har jeg laget selv ved bruk av ArcMap og ArcCatalog basert på databaser og graphdata. DataBasen for Ekeberg område og endel data fikk jeg av Webjørn Finland fra avdeling for geodata på Plan- og bygningsetaten i Oslo kommune. Andre data, attributter og ulike lag har jeg laget selv.

For å lage et kart på ArcMap, må jeg ha først noe som kalles DataBase. DataBasen omfatter mange ulike data som samlet utgjør det hoved kart over område, deretter kan jeg enten lage eller putte inn ulike typer lag, symboler, figurer, informasjon,... osv.

For eksempel; hvis jeg har et kart med et lag som viser dreneringslinjer, kan jeg også legge til symbol, figur eller informasjon (attributter) som kan slås av/på for å vise/ikke vise det på kartet.

Kartet 5 viser ortofotokart over Ekebergåsen og Ekebergsletta laget i ArcMap.





Kart5: Ortofoto kart over Ekebergåsen og Ekebergsletta.

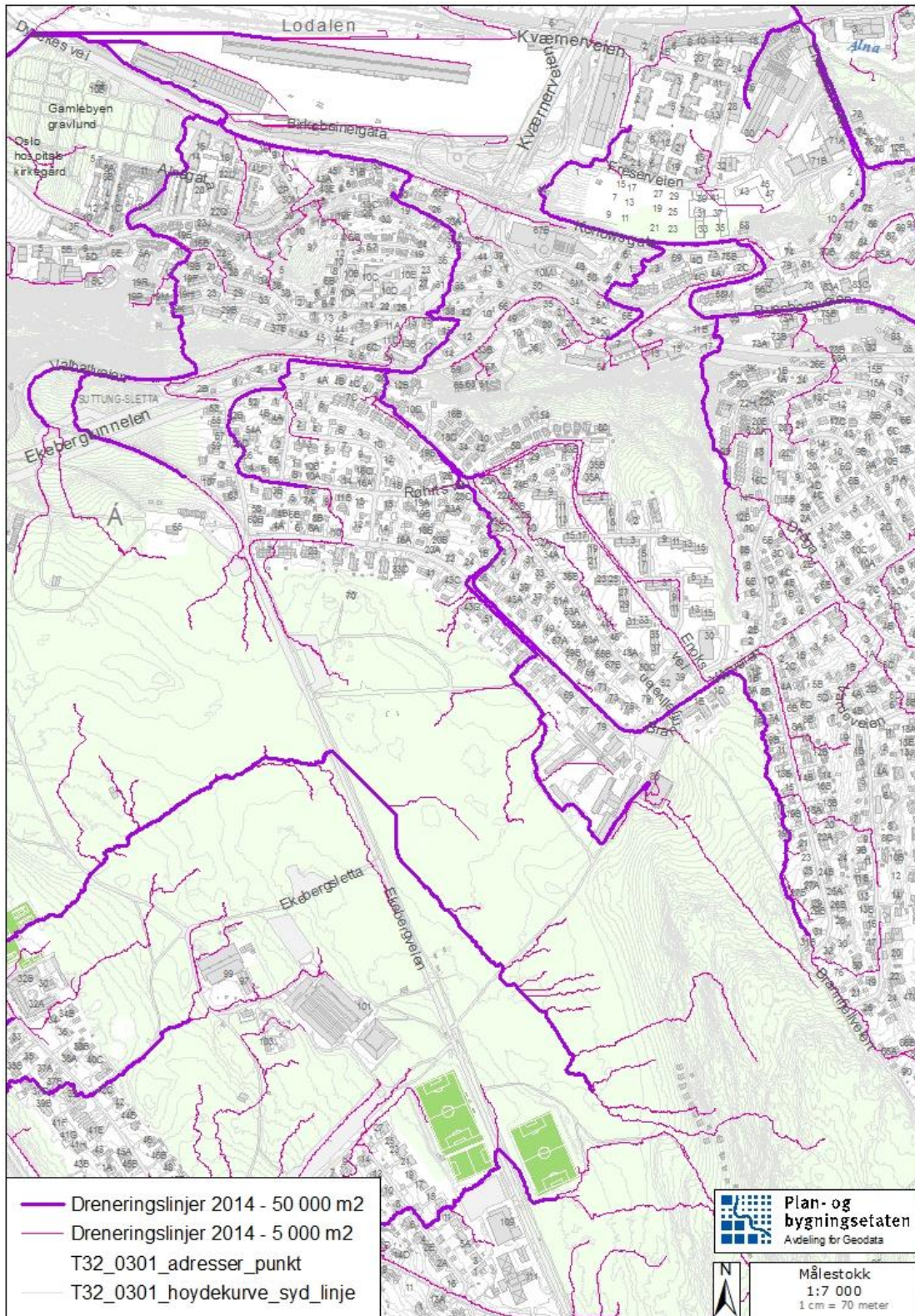


## 5.2.1 Dreneringslinjekart

Det første trinnet i planlegging av et overvannsprosjekt over et området er undersøkning av den naturlige dreneringslinjer, mener jeg. Dreneringslinjene letter valget plassering av ulike tiltak, beregning av overvannsmengder og bestemme nedbørsfelt. Kart 6 viser den naturlige dreneringslinjer over Ekeberg område. Kartet viser to typer dreneringslinjer, tynne linjer med startpunkt fra areal som samler vannet fra opptil 5000 m<sup>2</sup> og tykke linjer med startpunkt fra arealer opptil 50000 m<sup>2</sup>.

Hvis man ser nøye på kartet finner man at det er tre hoved dreneringslinjer som går gjennom området. Den første dreneringslinje begynner å utvikle seg til en større dreneringslinje bak husene langs Olleveien og renner videre til Vårveien og så ned til Stamhusveien ved skolen og der fortsetter videre ned i Stamhusveien til at den slår seg sammen med den andre dreneringslinje i Ballplassveien. Den andre dreneringslinje renner rundt skolen og videre til det grønn arealet rett bak boligene langs Stamhusveien hvor der er det en voll som skiller mellom grøntarealet og private hagene for eiendommene. Videre renner dreneringslinjen ned til Stamhusveien gjennom boligene 43C og 43D og så til Ballplassveien hvor de møter dreneringslinje 1. Den tredje dreneringslinje renner langs Valhallveien og krysser det grønn arealet ved svingen, deretter fortsetter igjen å renne langs Valhallveien.

Disse tre hoved dreneringslinjer transporterer store mengder overvann. Mange hendelser og skader ble registrert i området langs disse dreneringslinjer ved kraftig eller langvarig nedbør. Ved å planlegge passende tiltak med riktig plassering, vil det redusere/forsinke avrenningen vesentlig fra disse dreneringslinjer som i sin tur reduserer faren for flom eller oversvømmelser og resultatet deretter ingen/mindre skader og ødeleggelser.

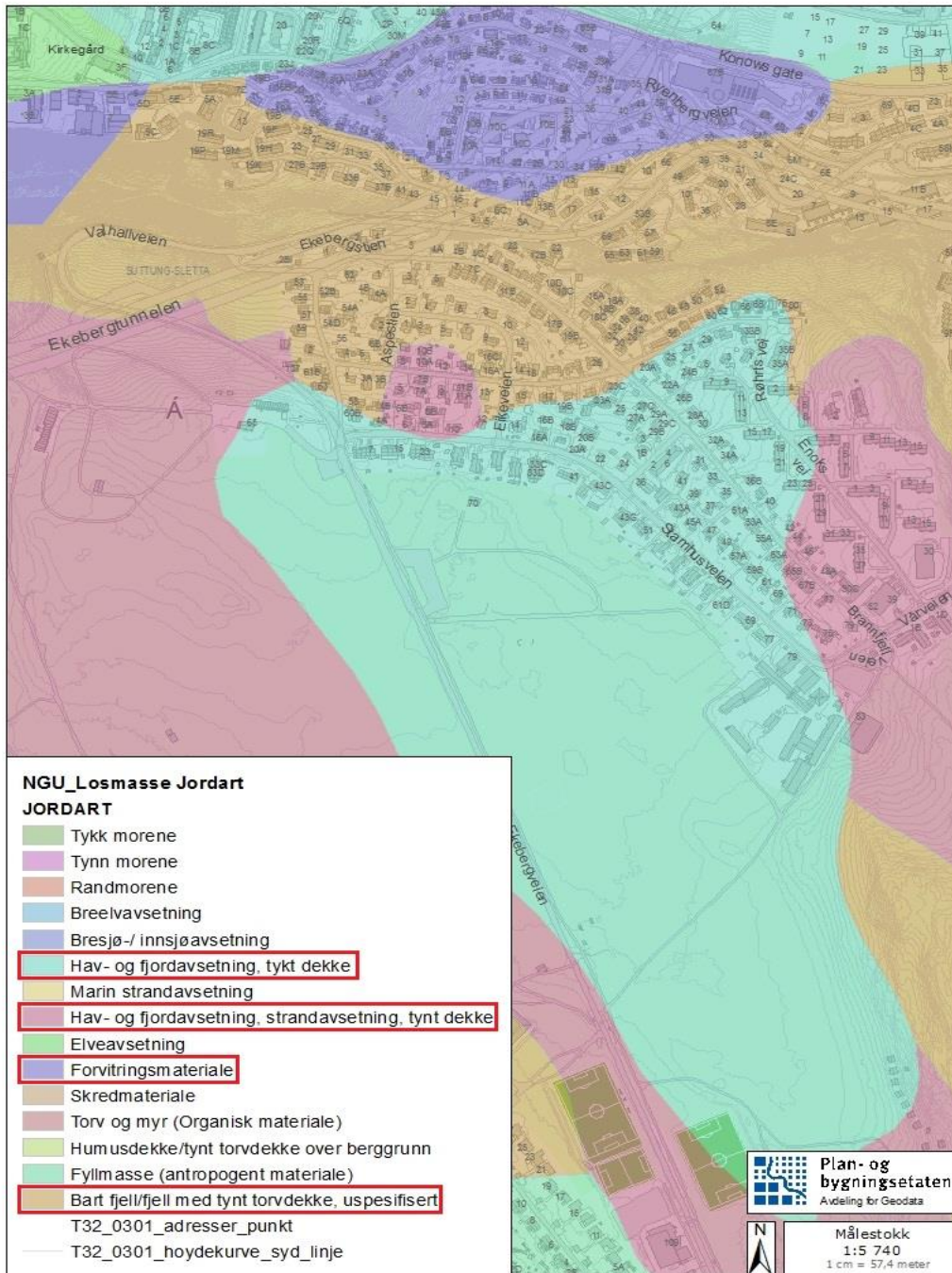


Kart6: Naturlige dreneringslinjer over Ekeberg område i Oslo kommune.



## 5.2.2 Løsmassekart

Informasjoner om løsmassene er ganske viktig for riktig planlegging og prosjektering av overvannsløsninger, særlig løsninger basert på infiltrasjon. Figuren under viser løsmassefordeling over Ekeberg område.



Kart7: Løsmassekart over Ekeberg området.

### 5.2.3 Dybde til fjell

Ved planlegging og prosjektering av løsninger som krever graving ned i jord som fordrøyningsdam, fordrøyningsmagasin, infiltrasjonsanlegg, osv. , er det viktig å undersøke tykkelsen av jordlaget. I denne oppgave måtte jeg ha nøyaktig informasjon om hvor dypt er det ned til fjell i det punktet hvor tiltaket skal bygges, og med bruk av dypde til fjell kart som vises under, fikk jeg informasjonen jeg trengte.



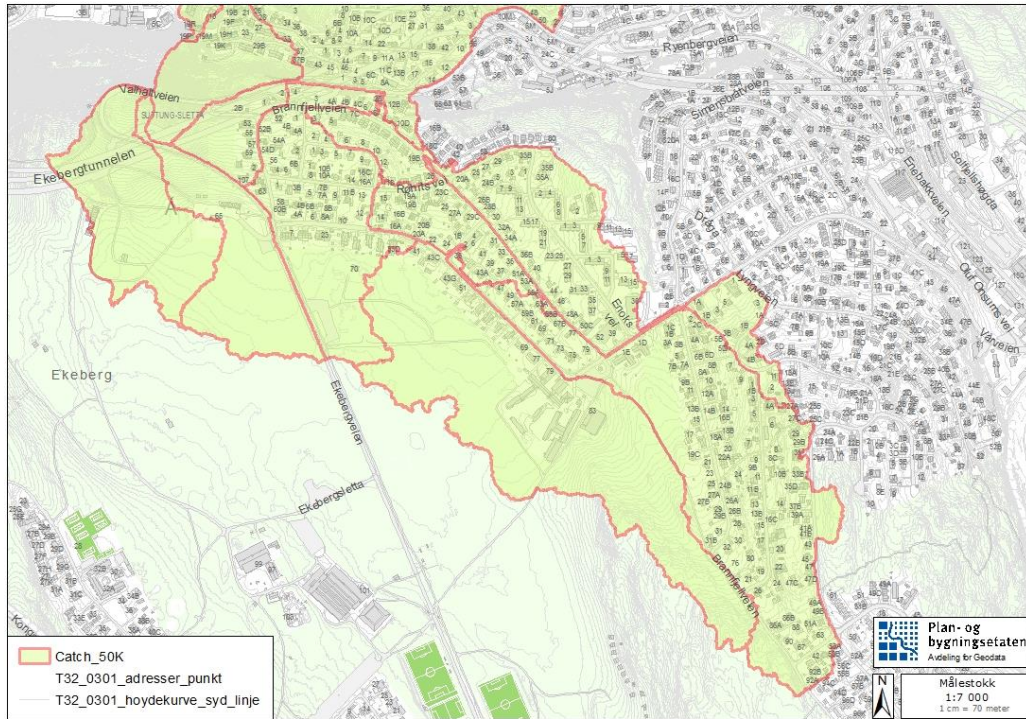
Kart8: Kart over Ekebergåsen som viser dypde til fjell i forskjellige punkter.

Dypde til fjell som vises på kartet over ble bestemt etter en bred undersøkelse utført av Plan- og bygningsetaten, hvor ble det brukt bor ned til fjell metoden for å bestemme dypden. Derfor gir dette kartet en ganske nøyaktig informasjon.



## 5.2.4 Nedbørfeltets størrelse

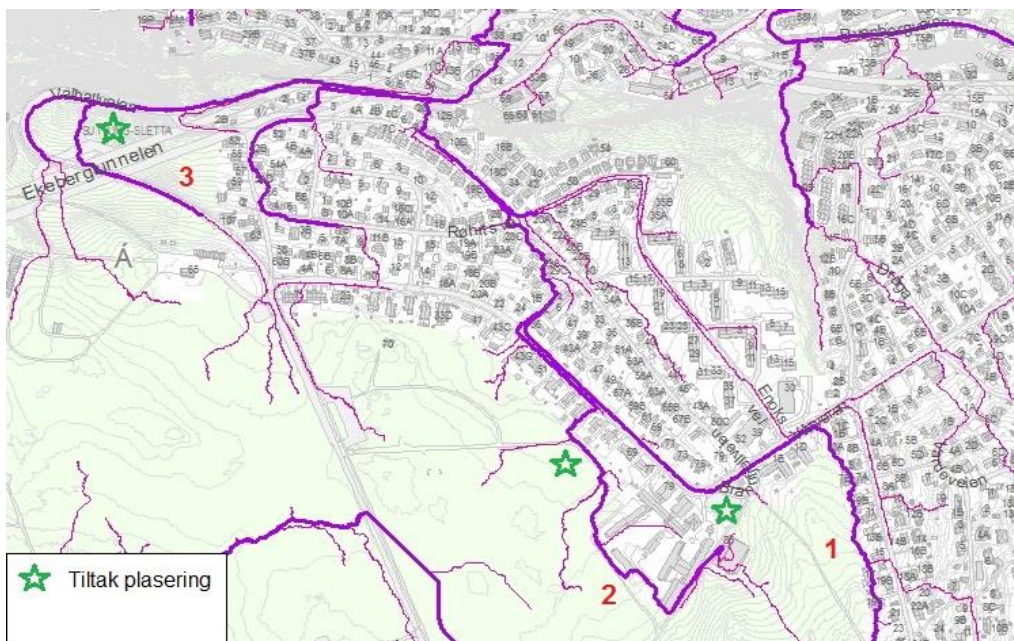
Nedbørfeltets størrelse til en dreneringslinje forteller hvor stort areal vannet renner fra. Nedbørfeltets størrelse er en forutsetning for beregning av overvannsmengden og avrenningstiden. Figuren under viser catchment area over Ekeberg.



Kart9: Nedbørfeltets størrelse kart over Ekebergåsen.

## 5.3 Valg og plassering av fordrøyingstiltak (Ledd 2)

For å ha en komplett og bærekraftig system som vil fungere på riktig måte og gir forventet resultater, må man velge det riktige tiltak som passer både miljø og område rundt, og plassere tiltaket på det riktige stedet slik at det ikke skaper problemer eller skader. Basert på kart over dreneringslinje, dybde til fjell, løsmasse og nedbørfelt, ble typen og plasseringen av ulike tiltak bestemt slik at best, tryggest og rimligest resultat kan nås. Norsk Vann Rapport 162/2008 [23] foreslår at alle tiltak for håndtering av overvann i boligområder skal dimensjoneres for å håndtere nedbørsintensitet opptil 20-årsregn.

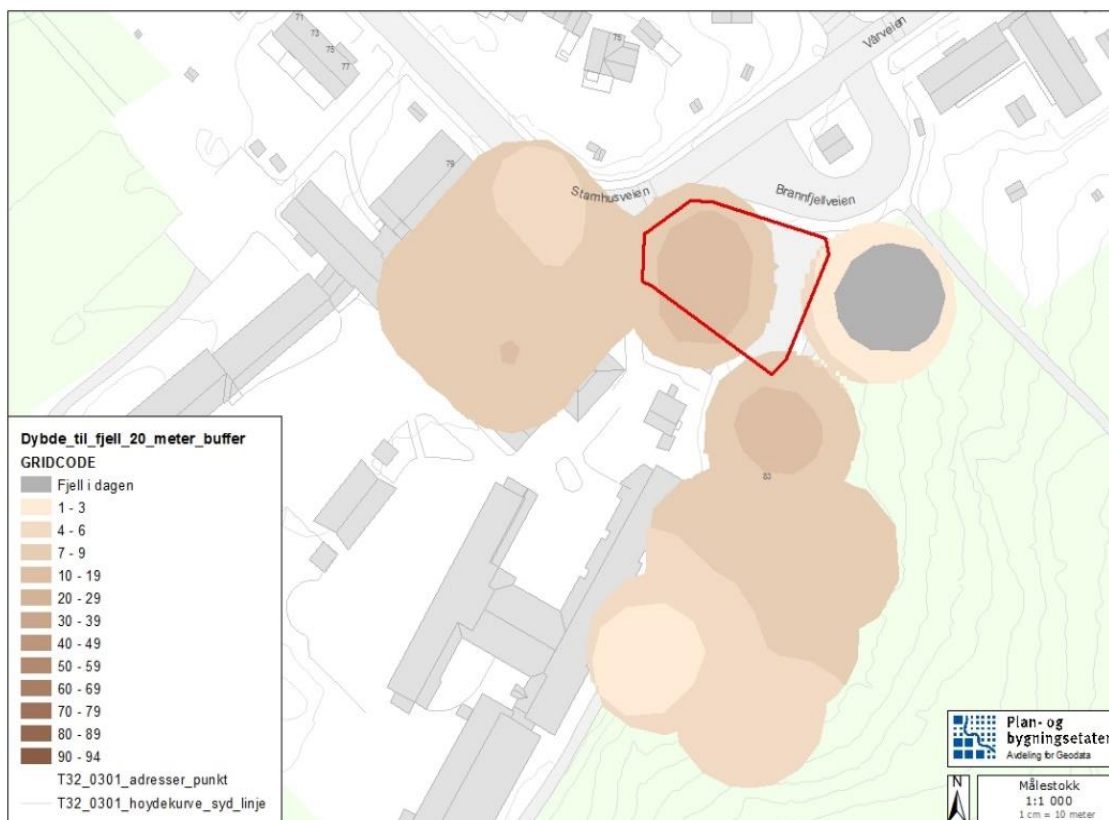


Kart10: Tiltak plassering og hoved dreneringslinjer 1, 2 og 3.

### 5.3.1 Tiltak1: Fordrøyningsmagasin under parkeringsplassen

Selv om åpne løsninger er prioriterte LOD løsninger, kan et fordrøyningsmagasin under parkeringsplassen ved skolen være en god løsning for å håndtere overvann som renner ned fra Vårveien. Grunnen til det er som følger:

- Dreneringslinje 1 renner rett ved parkeringsplassen, noe som gjør det enkelt å lede vannet til parkeringsplassen og deretter til fordrøyningsmagasinet uten å tenke på å endre avrenningsretningen.
- Både grunnvannsborehul undersøkelser fra NGU [36] og dybde til fjell kart fra ArcGIS viser at dybden til fjell under parkeringsplassen er på 10m, noe som gir veldig gode muligheter til etablere et nedgravd fordrøyningsvolum.
- Selve parkeringsplassen har stort areal og kan i tillegg til fordrøyningsmagasinet brukes som senket areal med god volum som kan ta endel overvann på overflaten.
- Det er ingen andre mulighet for å etablere tiltak langs dreneringslinjen.



Kart11: Dybde til fjell under parkeringsplassen fra ArcGIS.

Identify

Identify from: <Top-most layer>

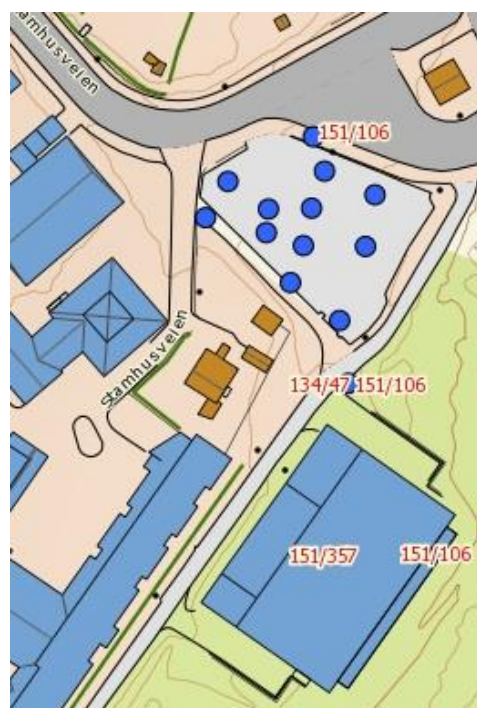
Dybde\_til\_fjell\_20\_meter\_buffer  
487055

Location: 599 933,092 6 641 080,218 Meters

Field	Value
Shape	Polygon
ID	487055
Dyp til fjell	10
OBJECTID	57557
Shape_Length	93,08664
Shape_Area	643,159104

Identified 1 feature

Figur18: Informasjonstabell fra ArcGIS.



Figur19: Grunnvannsborehull (NGU).



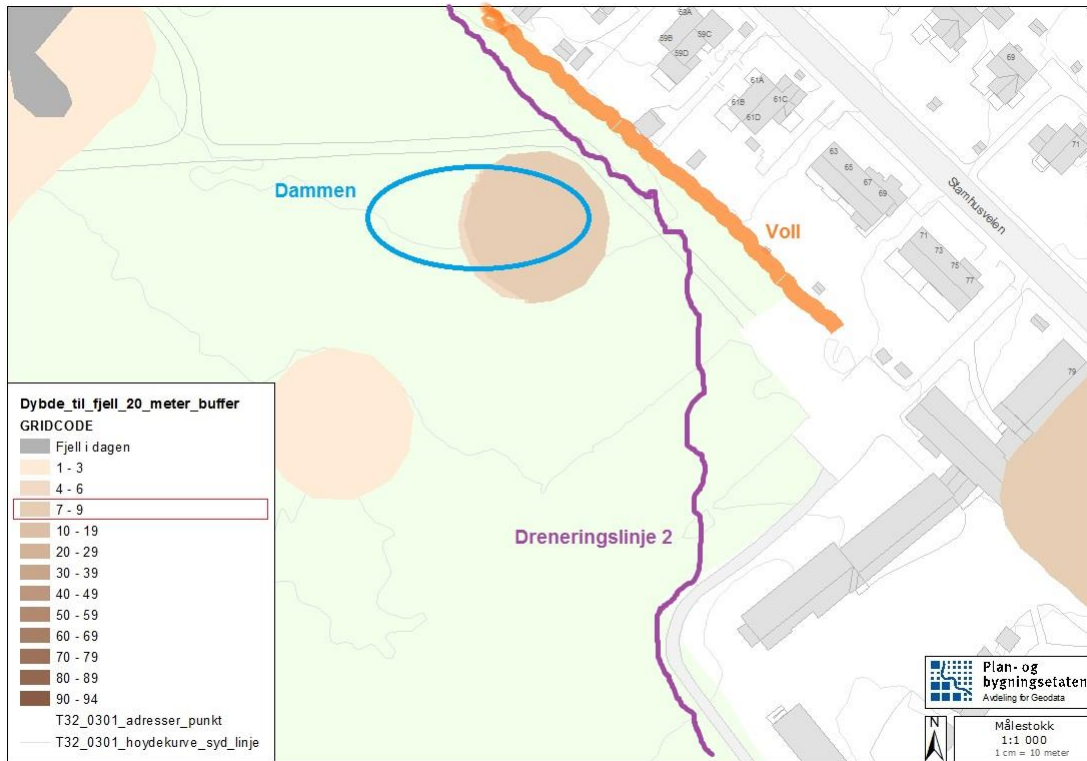
### 5.3.2 Tiltak2: Fordrøyningsdam på grøntarealet ved skolen

Dreneringslinje 2 renner rundt skolen og videre til det grønne arealet rett bak boligene langs Stamhusveien. Her er det store arealer preget av sine turstier og plen som brukes i stor sett som rekreasjonsområde. Observasjoner fra dreneringslinje kart, dybde til fjell kart og catchment area kart viser at området passer perfekt til å etablere tiltak som fordrøyningsdam. Grunnen til det er som følger:

- Dammen skal etableres der hvor naturlig dreneringslinje krysser over, slik at man slipper å tvinge dreneringslinje til å endre avrenningsretningen til dammen.
- Dybde til fjell kart viser at dybden til fjell der akkurat hvor dammen skal etableres er på 7m, noe som gir veldig god mulighet til å grave opp massen for å bygge dammen.
- Boliger langs Stamhusveien rett ved dammen har hatt flere problemer på grunn av overflateavrenning som renner gjennom den vollen som ligger bak boligene og skiller hagene og grøntarealet. Plasingen av dammen fanger alt overflatevann som renner fra grøntområdene og videre til boligfeltet, noe som gjør overflateavrenningen på gatene og i private hager mye mindre enn per idag, som også reduserer muligheten for skader.
- Boliger i og langs den historiske bekketraseen i Stamhusveien (rett ved dammen) har hatt problemer med grunn-/drensvann. Dammen vil i stor grad drenere vannet fra undergrunnen og senke grunnvannsnivået rundt.
- Vann er et flott landskapselement og trekker både små og store folk. Siden området er et rekreasjonsområde, skal dammen med sin biologisk mangfold gjøre området mer attraktiv for beboere og besøkende.

Kart 12 og figur 20 gir mer informasjon om plasingen av dammen og området rundt.





Kart12: Dybde til fjell, plassering av dammen, dreneringslinje 2 og voll.

Identify

Identify from: <Top-most layer>

Dybde\_til\_fjell\_20\_meter\_buffer  
486015

Location: 599 723,010 6 641 152,284 Meters

Field	Value
Shape	Polygon
ID	486015
Dyp til fjell	7
OBJECTID	57044
Shape_Length	126,560227
Shape_Area	1176,626706

Identified 1 feature

Figur20: Informasjonstabell om dybde til fjell under dammen, fra ArcGIS.

### 5.3.3 Tiltak3: Fordrøyningsanlegg på grøntarealet ved Valhallveienssvingen

Grøntarealet ved Valhallveienssvingen er preget av sin utsikt over Oslo og Bjørvika, noe som gjør området attraktivt for både beboere og besøkende. Området ligger i kanten av boligfeltet på Ekebergåsen og brukes stort sett som rekreasjonsområde. Avrenningen av overflatevann her skaper ikke problemer for boligfeltet på Ekebergåsen, men overbelaster avløpsnettets og skaper problemer for områdene nedenfor gaten. Grunnen til at etablering av tiltak i dette område er gunstig er:

- Dreneringslinje 3 som kommer fra campingsplassen og Ekebergveien renner langs Valhallveien rett ved grøntarealet. Det er lett å lede vannet til anlegget.
- Valhallveien er bratt. Dette fører til at vannet renner med høy hastighet, noe som skaper problemer til neste område og øke erosjonen langs veien. Etablering av tiltak skal hjelpe til å dempe vannet og redusere hastigheten av avrenningen.
- En fordrøyningsdam med god utforming vil gjøre området mer attraktivt.
- Etablering av tiltak vil holde tilbake alle overvannsmengder opptil 20-årsregn og redusere overvannsmengdene vesentlig ved ekstremvær.

Topografien for grøntarealet og undergrunnen gir utfordringer for å etablere tiltak her. Helningsgraden er ganske høy (høyde forskjell på 10 m langs 60 m avstand).

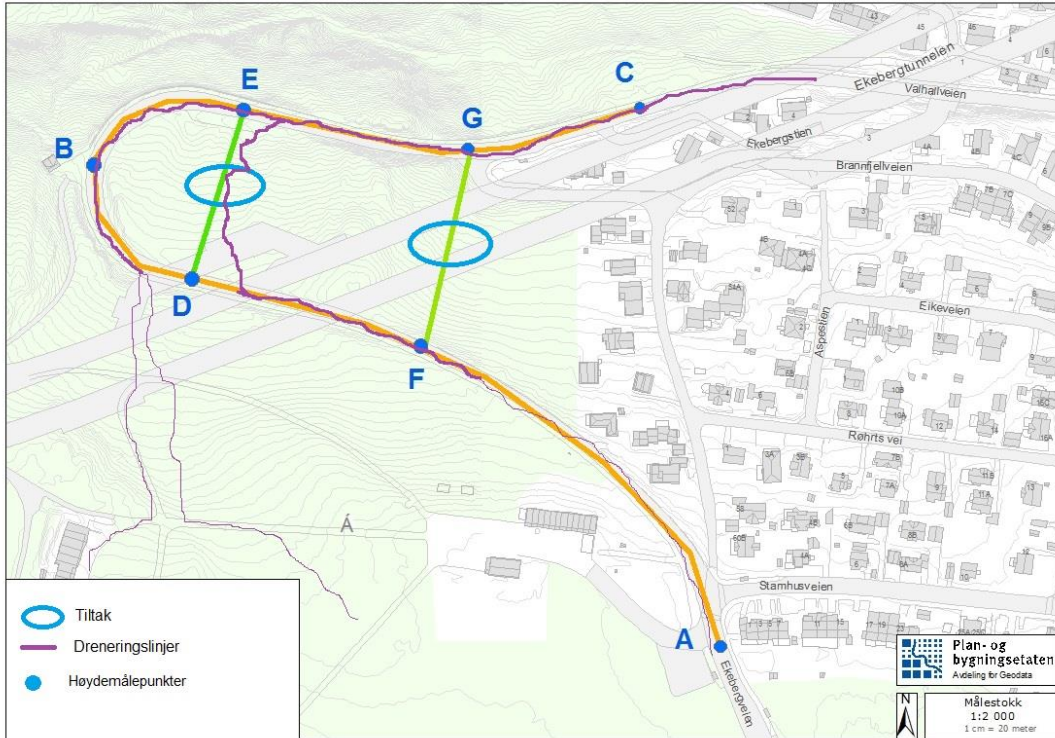
Undersøkelser har litt/ingen informasjon om undergrunn i dette området, derfor måtte jeg undersøke området for kunne vurdere tiltak her.

Jordprøvetaking-instrument ble lånt av Tore Krogstad (Institutt for miljøvitenskap ved NMBU).

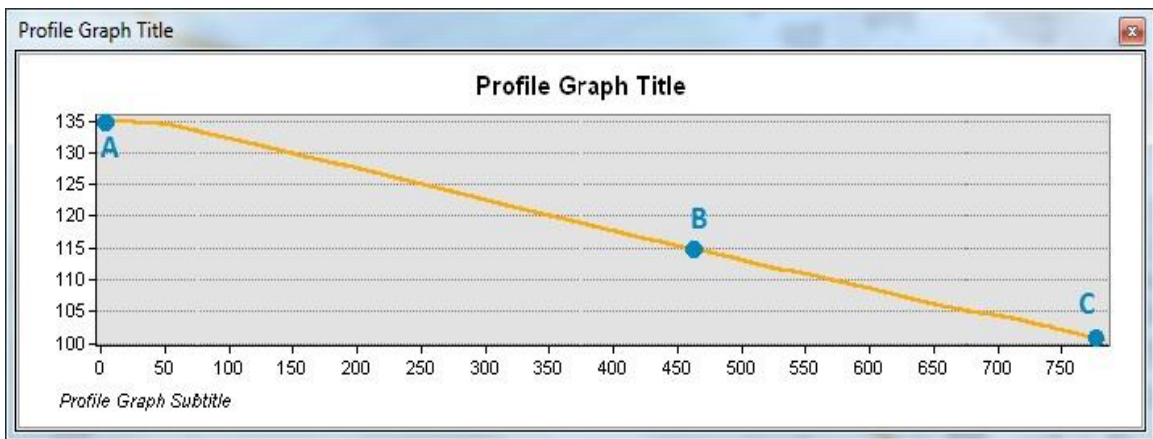
Jeg har tatt 10 undersøkelser i dette grøntarealet for å vurdere jordtype og jordtykkelse. Jordprøvene viser at jordtypen her er blanding av leire og sandigjord.

Instrumentet som brukt har en lengde på 1.5m, noe som gjør det vanskelig å bestemme jordtykkelse, der i noen steder gikk instrumente helt ned til 1.5m, mens i andre steder har treffet med fjell på 0.9m dybde, også i enkelte steder dukker fjell opp til overflaten.

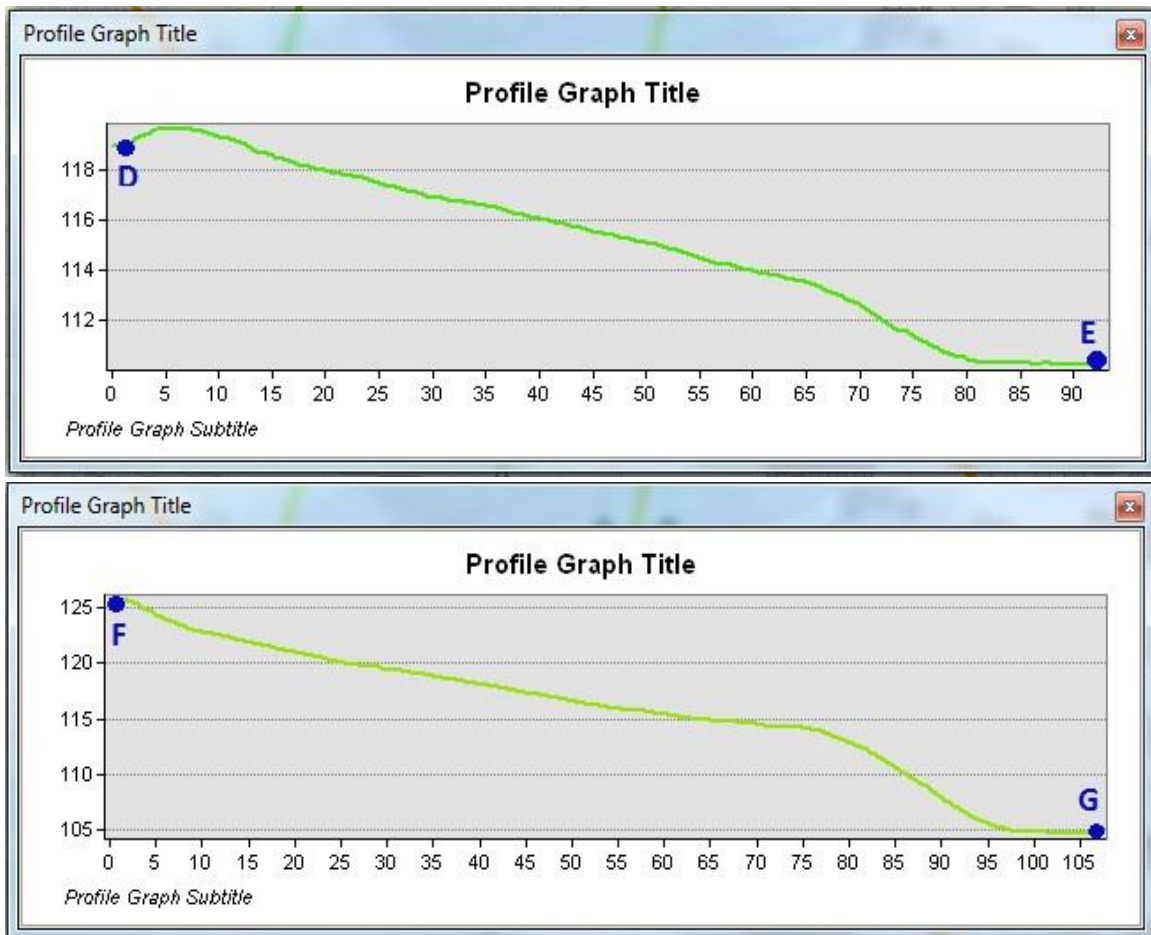
Figurene under gir mer informasjon om tiltak plassering og topografien på området.



Kart13: Dreneringslinje3, plassering av tiltak og høydepunkter (de grå linjene under viser E6 langs Ekebergtunell).



Figur21: Lengdeprofi langs Valhallveien (ArcGIS).



Figur22: lengdeprofil av grøntarealet som viser topografien (ArcGIS).

## 5.4 Valg og plassering av Flomveier (Ledd 3)

Overflatevannet finner sin vei på bakken når det renner til det laveste punktet i feltet, det er topografien som bestemmer retningen og hvordan overvannet renne videre. I mange tilfeller renner overvannet på en uønsket sted som kan skape skader eller problemer særlig ved flom hendelser. Derfor er det viktig å planlegge sikre flomveier slik at avrenningen av overvannet kontrolleres og ledes mot ønsket retning og til et bestemt sted.

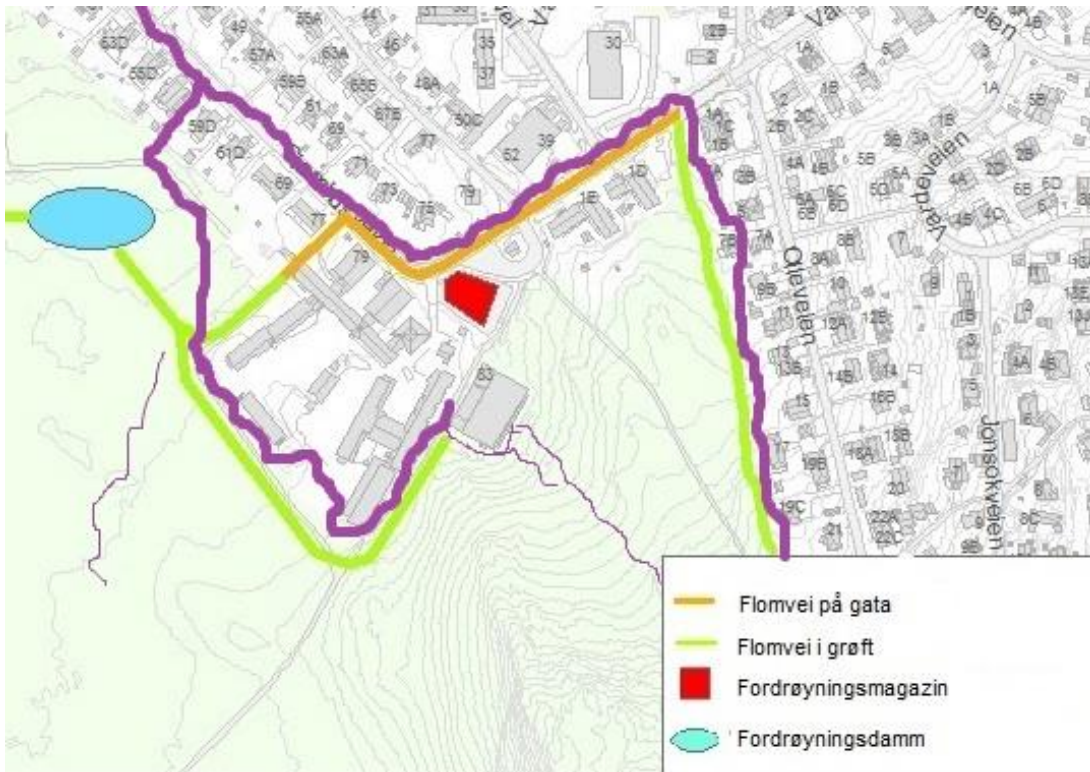
### 5.4.1 Flomveier langs dreneringslinje 1

- Gresskledd grøft langs dreneringslinje 1 bak boligene i Olleveien fram til Vårveien. Dette skal bidra til å redusere overvannsmengder gjennom infiltrasjon, rense overvann gjennom sedimentering, infiltrasjon i jorda og filtrering gjennom vegetasjonsdekket, forsinke avrenningen gjennom gressdekke og sikre flomvei som leder vannet bort fra boligene ved flom hendelser.
- Den siste delen av Vårveien fram til parkeringsplassen ved skolen og en liten del av Stamhusveien brukes som flomvei ved ekstremvær hendelser. Veien skal omformes slik at overvannet ikke renner ned i sideveiene og med mulighet til å kjøre på en side av veien selv under flom.
- Endrer retningen av dreneringslinje1 til stikkvei mellom skolen og rekkehus (stamhusveien 77) for å lede vannet til grøntarealet og videre til dammen. Dette kan gjøres ved å omforme asfalten f.ek. lage opphøyde gangfelt slik at vannet ikke renner videre ned i Stamhusveien. Stikkvei bygges med høye sidekanter slik at det ikke renner vann til skole eller rekkehus når flomveien er aktiv.
- Gresskledd grøft videre til fordrøyningsdammen på grøntarealet.

### 5.4.2 Flomveier langs dreneringslinje 2

Det foreslås en gresskledd grøft rundt skolen på sørøst og sørvest side langs dreneringslinje 2 og deretter mot nordvest hvor begge dreneringslinjer 1 og 2 slår seg sammen og renner videre til fordrøyningsdammen. I tillegg til andre funksjoner for flomvei i grøft som nevnet ovenfor i 5.4.1, skal denne grøften fungere som barriere mot overflate-avrenningen mot skolen slik at alle overvann skal fanges i grøften og ledes videre til dammen. Figuren under gir mer informasjon om flomveier langs dreneringslinje 1 og dreneringslinje 2 .

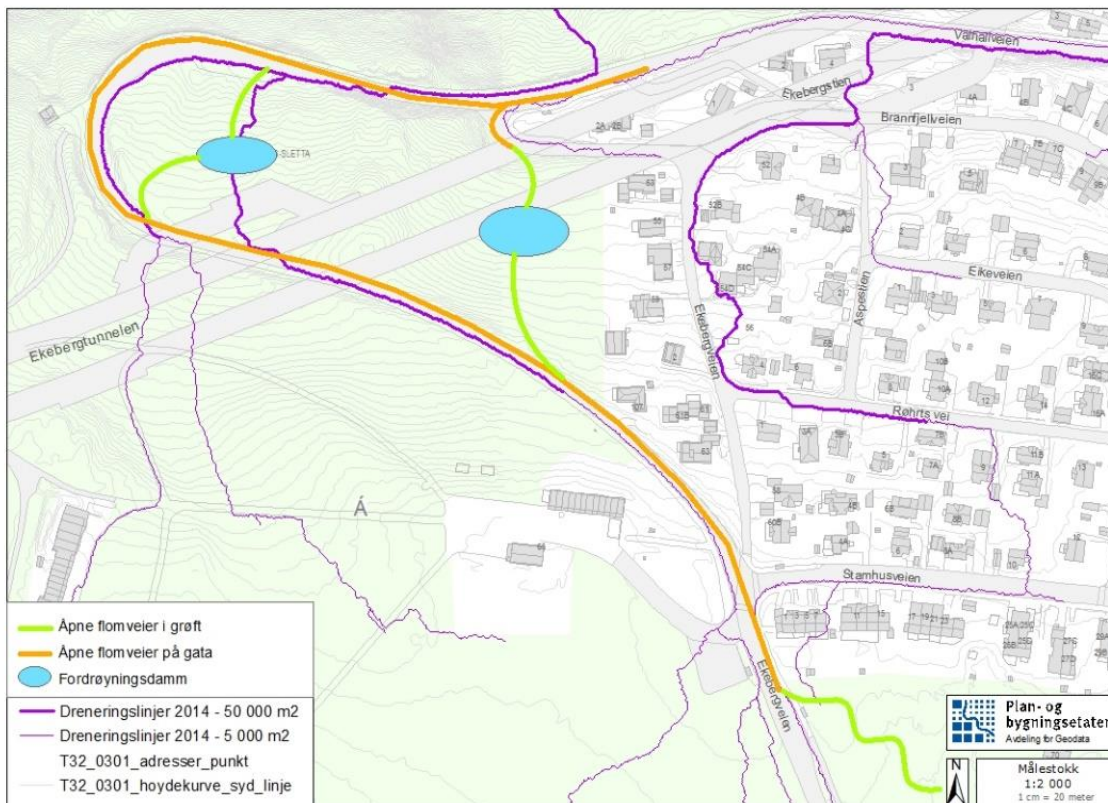




Kart14: Nye flomveier langs dreneringslinje 1 og dreneringslinje 2 lages. Flomvann fra dreneringslinje 1 ledes mot dammen i dreneringslinje 2.

### 5.4.3 Flomveier langs dreneringslinje 3

Naturlige dreneringslinjer viser at overvann samler seg fra Ekebergsletta og campingplassen videre til Valhallveien og renner videre ned langs veien. Endel av vannet krysser over til grøntarealet ved svingen og videre til Valhallveien igjen etter svingen. Valhallveien skal brukes som flomvei på gata. Veien skal omformes slik at den har tilstrekkelig kapasitet til å transportere flomvannet uten å skape skader. Kjøringen i veien skal være mulig under flom hendelser. Dette kan gjøres ved å omforme veien slik at flommen renner bare på en side av veien (innerst siden), mens ingen eller lite vann renner på andre siden (ytterste siden). Denne flomveien foreslås å bli en del av den hoved flomvei i området. Figuren under gir et bilde over flomveier langs dreneringslinje 3. Kart 15 viser flomveier langs dreneringslinje 3 samt tiltak 3.



Kart15: Flomveier langs dreneringslinje 3, vil lede noe vann gjennom fordrøyningsanleggene. Det resterende vil gå på gata tilpasset vannmengdene.

#### 5.4.4 Etablering av hoved flomvei

Ved ekstremvær hendelser eller i tilfelle nedbør med intensitet høyere enn 20-årsregn, skal overvann fra både dreneringsline 1 og 2 skal samles i fordrøyningsdammen. Dammen skal dimensjoneres for å håndtere overvann forårsaket av nedbør med intensitet opptil 20-årsregn. Ved nedbør hendelser med intensitet høyere enn 20-årsregnet, vil det ikke være tilstrekkelig kapasitet i dammen. Deretter vil flomvannet renne videre ut fra dammen. I dette tilfellet vil planlegging av sikker flomvei være av overordnet betydning for å kontrollere flommen slik at den ikke vannet renner i uønsket retning og deretter skaper store skader og ødeleggelse.

Basert på observasjoner fra området og informasjon fra dreneringslinekart og fjelldybdekart, vil det være tre muligheter for å etablere en hovedflomvei i området:

### Alternativ 1:

Flomvei i grøft etableres ut fra dammen og langs vollen bak boligene og videre mellom stamhusveien 43C og stamhusveien 43D ned til Stamhusveien ved krysset med Ballplassveien.

Ballplassveien og Brannfjellveien helt ned til Brannfjellveien 8 omformes som flomvei for å lede vannet langs den naturlige dreneringslinjen.

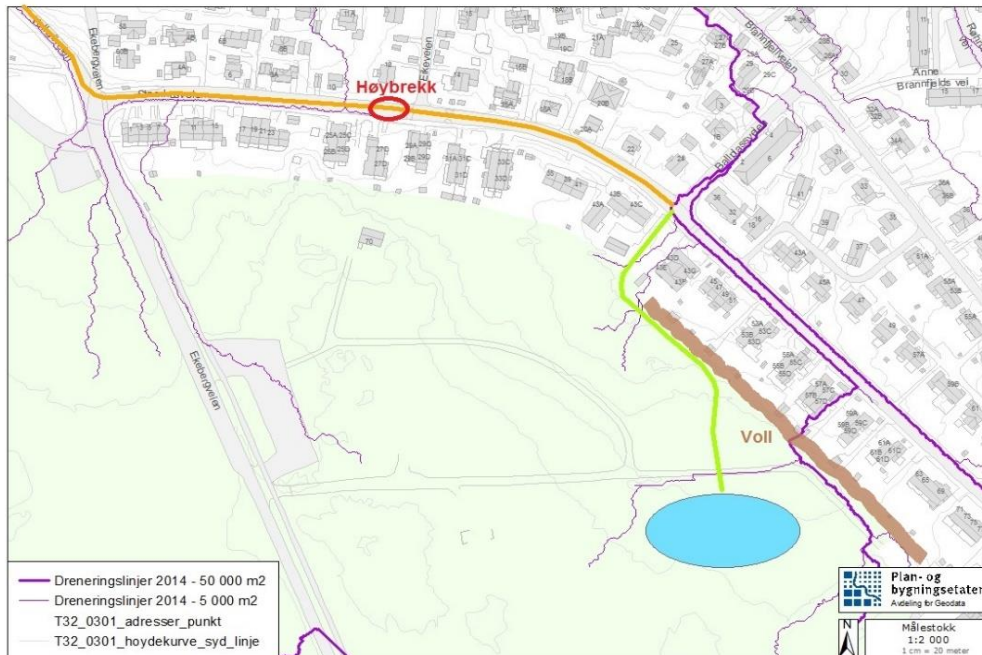
Dette alternativet er ikke gunstig, fordi flomvannet vil renne midt i boligfeltet noe som fører til store skader og oversvømmelser særlig ved Brannfjellveien 8 hvor dreneringslinje renner gjennom.

### Alternativ 2:

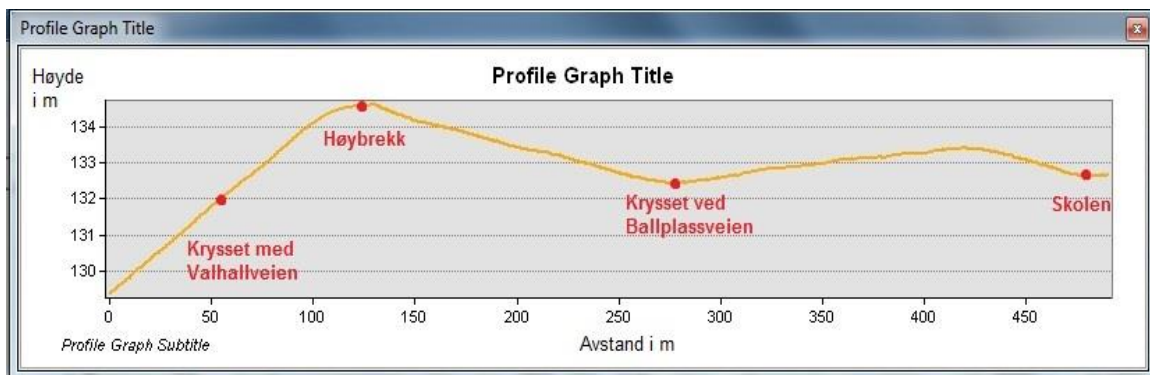
Flomvei i grøft etableres ut fra dammen og langs vollen bak boligene og videre mellom Stamhusveien 43C og stamhusveien 43D ned til Stamhusveien ved krysset med Ballplassveien. Deretter brukes Stamhusveien helt til krysset med Valhallveien som flomvei på gata.

Dette alternativet er komplisert teknisk og samfunnsmessig, fordi topografien langs Stamhusveien gjør det ikke mulig å lede vannet videre til Valhallveien. En høybrekk ved Stamhusveien 27 har en høydeforskjell på 2m over punktet ved krysset med Ballplassveien. I tillegg er Stamhusveien en hoved vei i området der med mange kryssende kjøretøy og kollektiver. Kart 16 og figur 23 gir mer forklaring om dette alternativet.





Kart16: Flomveien fra alternativ2 er problematisk pga. et høybrekk som må forseres.



Figur23: Lengdeprofil langs Stamhusveien (ArcGIS).

### Alternativ 3:

En gress/steinkledde kanal etableres ut fra den vestlige side av dammen og videre mot norvest langs grøntarealet og helt til Ekebergveien ved krysset med Stamhusveien og Valhallveien. Deretter brukes Valhallveien som flomvei på gata og langs svingen ved grøntarealet og helt ned til krysset med Brannfjellveien, hvor planlegging av overvannhåndteringen i området stopper i denne oppgaven. Den videre vegen mot sentrum må planlegges videre, men denne flomveien vil unngå vann i store deler av bebyggelsen. Kart 17 gir et bildet over alternativ 3.



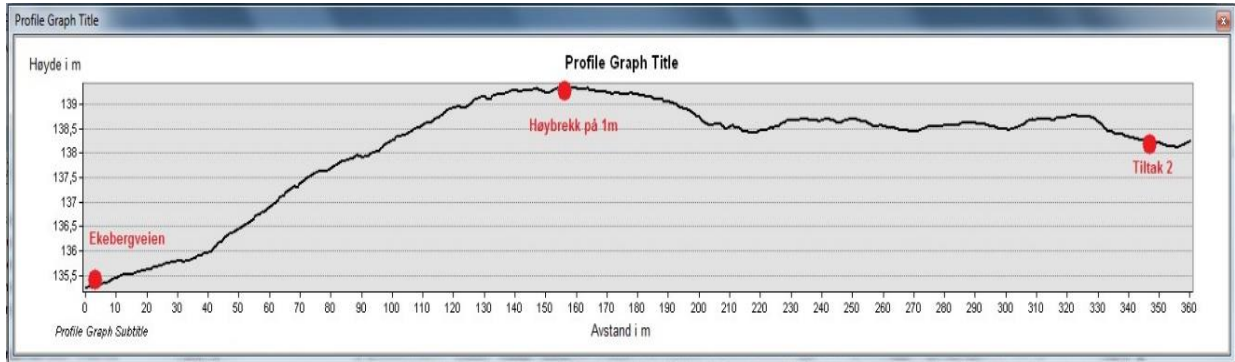
Kart17: Flomvei, alternativ 3, viser hvordan alt overvann ledes vekk fra bebyggelsen.

Dette alternativet er mer aktuelt enn alternativ 1 og alternativ 2. Obsevasjoner fra området og informasjonen fra terringshøydelinjer, løsmassekart, dybde til fjell kart og dreneringlinjer kart viser at graving av flomvei langs grøntarealet er mulig med litt omforming av terringet i et punkt er det et høybrett på 1,5 m.

Jeg mener at dette alternativet vil være den beste løsningen som flomvei for å håndtere flommen fra området i forhold til øvrige alternativer, og grunnet til det er som følger:

- Flomveien skal etableres bort fra boligområdet, muligheten for at flomavrenningen skaper skader og oversvømmelser på boligene er liten.
- Flommenvannet renner i gress/steinkledde kanal i stedet for å renne på gata, og dette betyr lavere avrenningshastighet som forsinker flommen pga. økt infiltrasjon og ruhet.
- Vannmengder reduseres og renses gjennom infiltrasjon og gress/steindekke.
- Ingen forstyrrelser eller sperring av trafikk langs Stamhusveien.

- Flomveien etter dammen, flomveier før dammen og selve dammen skal fungere som barriere mot alle avrenningen fra grønne arealer og Ekebergsletta mot boligfeltet, alle overvann skal fanges og føres videre bort fra boligområdet.
- Topografien av grøntarealet gir god muligheter for å etablere kanalen, da området har en god helning mot Ekebergveien.



Figur 24: Lengdeprofil av grøntarealet der flomveien skal etableres.

## 5.5 Beregning av overvannsmengder

### 5.5.1 Den rasjonelle formelen

Overvannsmengder som renner på overflaten er avhengig av flere faktorer. Faktorene som påvirker overvannsmengder er nedbørsintensiteten, arealet på nedbørsfeltet og typen av overflaten av nedbørsfeltet.

Ved beregninger av overvannsmengder kan det brukes forskjellige manuelle metoder eller beregningsprogrammer som f.eks. SWMM. Den rasjonelle formelen er en av disse manuelle metodene og den mest brukt for beregning av overvannsmengder. Den rasjonelle metode er:

$$Q = C * I * A * K_f$$

Hvor:

Q : vannføring eller overvannsmengde (l/s)

C : avrenningsfaktor

I : dimensjonerende nedbørsintensiteten (l/s.ha), 1 ha= 10 000 m<sup>2</sup>

A : arealet av nedbørsfelt (ha)

K<sub>f</sub> : klimafaktor

Bestemmelsen av hvert av disse faktorene er viktig for å få et riktig resultat og deretter riktig dimensjonering av tiltak.

Noen av disse faktorene kan måles eller beregnes som nedbørsintensiteten (I) og arealet av nedbørsfelt (A), mens andre må estimeres som avrenningsfaktoren (C) og klimafaktoren (K<sub>f</sub>).

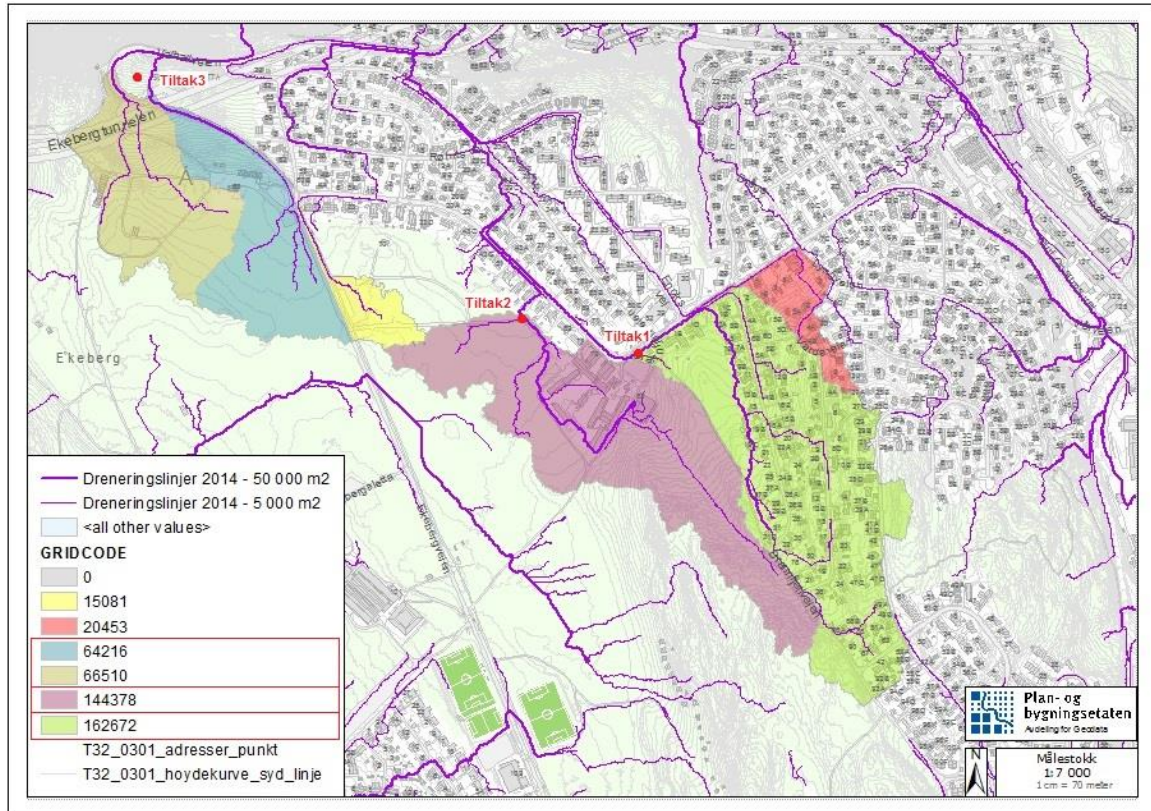
### 5.5.2 Bestemmelse av nedbørsfeltarealet (A)

Nedbørsfeltet er arealene som vannet renner fra til det laveste punkt i feltet.

Nedbørsfelt for et tiltak representerer arealene som vannet renner fra til et bestemt punkt der tiltaket skal etableres, ikke nødvendigvis det laveste.

For å bestemme nedbørsfeltet måtte jeg kjøre analyser ved bruk av ArcMAP. Kartet under er resultatet fra ArcMAP-analyser og viser nedbørsfeltene for punktene hvor tiltakene er.





Kart18: Nedbørsfelt for tiltak1, tiltak2 og tiltak3.

Ut fra nedbørsfelt-kart over er:

- Nedbørsfelt for tiltak1 = 16,27 ha.
- Nedbørsfelt for tiltak2 = 14,45 ha.
- Nedbørsfelt for tiltak3 = 6,65 ha + 6,42 ha + 1,51 ha = 14,58 ha.

### 5.5.3 Bestemmelse av avrenningsfaktoren (C)

Avrenningsfaktoren er forholdet mellom avrenningen fra et område og nedbøren over samme område og er avhengig av overflatens permeabilitet, beskaffenhet og fallforhold i terrenget (38).

Verdien av avrenningsfaktoren varierer fra 0,05 til 1,0 basert på overflatetypen. Tette

flater som tak, asfalt og bart fjell har relativt høy avrenningsfaktor, mens permable flater som skogområder, park og dyrket mark har lavere avrenningsfaktor.

I følge Norsk Vann rapport 193/2012 er avrenningsfaktoren for ulike typer flater som i tabellen under:

Tabell 1: Avrenningsfaktor for ulike overflatetyper (Norsk Vann 2012) [15].

Type flater	$C_{spiss}$
Tak	0,8 – 0,9
Asfalterte veger og gater	0,7 – 0,8
Grusveger	0,4 – 0,6
Plen	0,05 – 0,1

Håndbok N200 Vegbygging fra Statens vegvesen har en annen bestemmelse av ulike verdier av avrenningsfaktoren, som vist på tabell 2 under.

Tabell 2: Avrenningsfaktor for ulike overflatetyper (Statens vegvesen 2014)[13].

Overflatetype	Avrenningsfaktor, C
- Betong, asfalt, bart fjell og lignende	0,6 – 0,9
- Grusveger	0,3 – 0,7
- Dyrket mark og parkområder	0,2 – 0,4
- Skogsområder	0,2 – 0,5

I følge håndbok N200, vil avrenningsfaktoren økes for nedbør med returperiode lengre enn 10 år, og som følgende:

25 år: legg til 10%

50 år: legg til 20%

100 år: legg til 25%

200 år: legg til 30%



I følge Svensk Vatten Publikasjon P90 [38], er verdiene for avrenningsfaktoren C for ulike typer flater er beskrevet i tabell 3 under.

Tabell 3: Avrenningsfaktorer for ulike typer arealer fra Svensk Vatten (2004), (oversatt til norsk)[37].

Bebyggelsestype	Avrenningsfaktor	
	Flatt	Kupert
Tettbebyggelse, ingen vegetasjon	0,7	0,9
Tettbebyggelse med noe vegetasjon, industri og skoleområder	0,5	0,7
Åpen bebyggelse, flermansboliger	0,4	0,6
Rekkehus og kjedehus	0,4	0,6
Villatomter < 1 000 m <sup>2</sup>	0,25	0,35
Villatomter > 1 000 m <sup>2</sup>	0,15	0,25

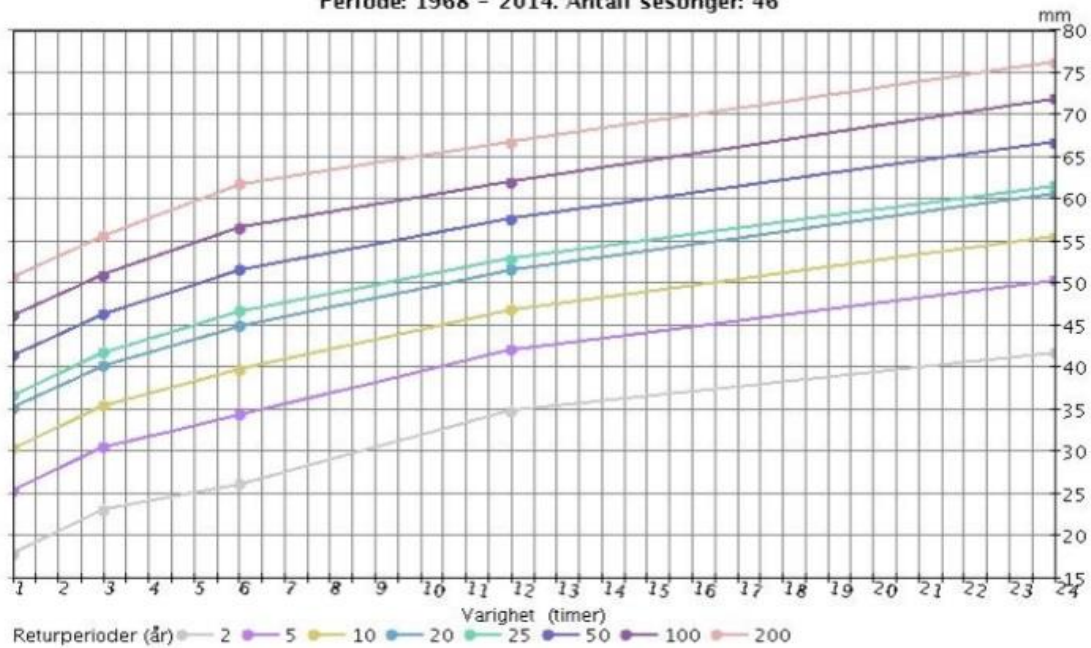
Avrenningsfaktoren for nedbørsfelt med kombinert overflatetyper kan beregnes ved bruk av følgende formel:

$$C_{midlere} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

#### 5.5.4 Bestemmelse av dimensjonerende nedbørsintensitet (I)

Verdiene av dimensjonerende nedbørsintensitet (IVF) kan hentes fra lokale målestasjoner. Måle-enheten for IVF-verdiene er enten (mm) eller (l/s.ha). For denne oppgaven ble IVF-statistikk verdier hentet fra Blindern målestasjon i Oslo [39]. Figurene under viser IVF-verdiene for Oslo kommune både som kurver og tabeller.

IVF-kurve i millimeter for 18701 OSLO - BLINDERN PLU.  
 Periode: 1968 - 2014. Antall sesonger: 46



Figur25: IVF-kurve i mm for Oslo-Blindern optil 24 timer.

Tabell 4: Intensiteten i mm med returperioder (år) og varighet optil 24 imer for Oslo-Blindern.

År	Varighet (minutter)										
	5	10	15	20	30	45	60	180	360	720	1440
2	5,6	8,4	10,3	11,8	13,9	16,1	17,5	22,8	25,9	34,6	41,5
5	7,6	11,4	14,2	16,5	19,6	23,2	25,1	30,2	34,1	41,9	50,1
10	8,9	13,3	16,9	19,7	23,4	27,9	30,1	35,2	39,5	46,7	55,3
20	10,2	15,2	19,4	22,7	27	32,3	35	40	44,7	51,4	60,5
25	10,6	15,8	20,2	23,7	28,1	33,8	36,5	41,5	46,4	52,7	61,3
50	11,8	17,7	22,7	26,6	31,6	38,2	41,2	46,1	51,4	57,5	66,5
100	13	19,5	25,1	29,5	35,2	42,5	45,9	50,8	56,4	61,8	71,7
200	14,2	21,3	27,5	32,4	38,6	46,8	50,5	55,4	61,6	66,5	76

Tabell 5: Intensiteten l/s.ha med returperioder (år) og varighet optil 42 timer for Oslo-Blindern.

År	Varighet (minutter)										
	5	10	15	20	30	45	60	180	360	720	1440
2	187,3	139,7	114,2	98,3	77,3	59,8	48,7	21,1	12	8	4,8
5	253,1	189,4	158,3	137,9	108,9	85,9	69,8	28	15,8	9,7	5,8
10	296,6	222,3	187,5	164	129,8	103,2	83,7	32,6	18,3	10,8	6,4
20	338,4	253,8	215,5	189,1	149,9	119,8	97,1	37	20,7	11,9	7
25	351,7	263,8	224,4	197,1	156,2	125,1	101,3	38,4	21,5	12,2	7,1
50	392,5	294,6	251,8	221,6	175,8	141,3	114,4	42,7	23,8	13,3	7,7
100	433	325,2	278,9	246	195,3	157,4	127,4	47	26,1	14,3	8,3
200	473,5	355,7	306,1	270,3	214,7	173,5	140,3	51,3	28,5	15,4	8,8

Den røde linje er grensen for intensiteten som skal forsinkes/fordrøyes i følge treleddsstrategien, mens den gule linje er grensen for gjentakintervall som skal dimensjoneres etter for boligområder i følge Norsk Vann Rapport 162/2008.

Tabell 6: Norsk Vanns anbefalte minimums dimensjonerende hyppigheter for separat- og fellesavløpssystem [23].

Dimensjonerende regnskyllhyppighet (1 i løpet av "n" år)*	Plassering	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet ** (1 i løpet av "n" år)
1 i løpet av 5 år	Områder med lavt skadepotensiale (utkantområder, landbrukskommuner)	1 i løpet av 10 år
1 i løpet av 10 år	Boligområder	1 i løpet av 20 år
1 i løpet av 20 år	Bysenter /industriområder/forretningsstrøk	1 i løpet av 30 år
1 i løpet av 30 år	Unganger/ områder med meget høyt skadepotensial	1 i løpet av 50 år

\*) Ledningsnett skal bare fylles til topp av rør ved dimensjonerende regnskyllhyppighet.

\*\*) Oversvømmelsesnivået skal normal regne til et kjellernivå 90 cm over topp av rør i hovedledningsnett.

### 5.5.5 Bestemmelse av klimafaktoren ( $k_f$ )

Fra informasjonene gitt i 3.1.5, og diskusjonen med overingeniør Bjørn Christoffersen fra avdeling Plan og prosjekt på Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune, konkluderer jeg at klimafaktoren ved beregninger for lukkede løsninger med levetid opptil 100 år skal være på 1.3, mens klimafaktoren for åpne løsninger skal ikke ta med i beregninger (eller settes til 1), og grunnen til det er:

- Unngå overdimensjonering og deretter ekstra kostnader.
- Usikkerheten ved klimaendringer/økning i nedbørsintensitet.
- Ved klimaendringer/økning i nedbørsintensitet kan åpne løsninger enkelt utvides til ønsket dimensjon for å takle større overvannsmengder, noe som er vanskelig å gjøre med lukkede løsninger.

## 6. Resultater og diskusjon

### 6.1 Takrenner

På Ekeberg område ble det registrert totalt 1158 taknedløp fra 376 husstander. Av total antall taknedløp var det 388 som gikk ned i bakken og 770 som rant på overflaten, dette er en prosentandel på ca. 33,5%. Av de som gikk ned i bakken er det mistanke om at noen ikke koblet til avløpsnett, men infiltrasjonssystem under bakken.

I følge resultatene, så er 2/3 del av husene i området slipper takvannet til hagen. Dette fører til å forsinke avrenningen og deretter redusere overvannsmengder som kommer til avløpssystemer over tiden. Videre tiltak kan vurderes på private hagene for å holde tilbake takvann siden infiltrasjonsevnen ikke er god i området. Slike tiltak kan være grønne tak/vegger, regnbed, stenfylling magasin, osv.

### 6.2 Infiltrasjonstest

Resultatene og verdiene for infiltrasjonstestene og hydraulisk konduktivitet har jeg fått fra Mareike Becker fra NTNU. Registreringene fra infiltrasjonstestene vi (jeg og Mareike) utførte på Ekeberg ble brukt av Kim Paus for å beregne Ksat verdiene ved bruk av Matlab. Tabell 7 viser verdiene for hydraulisk konduktivitet beregnet for hvert rør på hvert sted, og alle verdier har benevnningen cm/h.

Tabell 7: Mettet hydraulisk konduktivitet målt i Oslo (cm/h)

Sted	Rør A	Rør B	Rør C	Rør D	Rør E	Jordtype	Typisk Ksat
B20A	14.84	6	8.07	16.92	14.67	Lettleire	1,5 - 5
B28A&B	18.09	10.35	11.13	19.1	17.84	Siltig mellomleire	0,5 - 1,5
B30	18.28	7.52	11.12	0.55	14.86	Sandig lettleire	5,0 - 15
B65	*	*	42.5	18.1	**	Lettleire	1,5 - 5
E14	13.82	0.05	16.16	30.9	**	Lettleire	1,5 - 5
R5	6.8	0.06	*	4.83	20.02	Lettleire	1,5 - 5
R29	20.23	17.37	27.13	8.96	**	Sandig lettleire	5,0 - 15
R44	88.83	23.33	85.18	19.73	12.94	Siltig sand	15 - 56
S10	6.15	*	6.14	*	*	Lettleire	1,5 - 5
S75	29.96	8.71	17.14	21.3	27.92	Lettleire	1,5 - 5
* Endring i vannstand for liten til å kunne beregne verdi for Ksat							
** For få målinger til å kunne beregne verdi for Ksat							

Undersøkelser gjort av (Paus et al., 2015) [40] viser at den hydrauliske konduktiviteten i jorden bør være over 10 cm/h for at infiltrasjonskapasiteten skal være god. På Ekebergområde viser resultatene at det er store forskjeller på hydraulisk konduktivitet i området, også på samme sted. De store lokale variasjonene gjør det vanskelig å se hvilke områder som er best egnet. Dette tyder på at det kanskje kan bli nødvendig å kombinere frakopling av taknedløp med andre tiltak som infiltrasjonsgrøfter eller regnbed.

## 6.3 Vanninnhold og Glødetap test

Tabell 8: Vanninnhold før og etter gjennomført infiltrasjonstest og glødetaptest for jordpøver tatt på Ekeberg.

Prøve	Vanninnhold før inf.test	Vanninnhold etter inf.test	Tørrstoff %	Gl.tap %
B20	32.95	40	98.81	7.68
B28 A+B	33.21	45	98.58	7.45
B30	25.85	34	99.28	5.03
B65	30.82	40	98.75	8.44
E14	32.65	40	98.88	8.2
R5	31.3	40	98.88	7.74
R29	27.99	34	99.07	7.56
R44	30.4	34	99.17	7.58
S10	31.86	40	98.99	7.02
S75 A	18.88	34	99.67	3.49
S75 B,C,D&G	30.03	40	99.37	6.38

Høy vanninnhold i prøvene fra Ekeberg skyldes at leire som er dominert i området har større evne til å holde på vann enn andre jordtyper.

Infiltrasjonstestene ble gjennomført i sommeren (juni/juli). Nedbørsintensiteten både i tidsrommet da testene ble utført og dagen før var lite/ingen, og registrerte temperaturen var i snitt 20 °C. Disse forholdene kan være årsaken at jorden ikke var helt mettet av vann, noe som forklarer hvorfor var det gode forhold for infiltrasjon selvom at jordtype i området er av leire.

Resultatene viser at andel organisk materiale er nesten likt for alle prøvene. Innholdet av andel organisk materiale i prøvene kan også være noe høy pga. at overstesjiktet av jord ble inkludert i jordprøven.

## 6.4 Kornfordeling

Tabell 9: Kornfordelingen for prøvene tatt på Ekeberg.

Prøve	% innhold av Leire	% innhold av Silt	% innhold av Sand	Betegnelse
B20	23.5	35.3	41.2	Lettleire
B28 A+B	29.3	51.2	19.4	Siltig mellomleire
B30	12.7	27.6	59.7	Lettleire
B65B prøve2	23.3	45.7	31.1	Lettleire
B65B prøve3	17.9	33.9	48.2	Lettleire
E14	20.1	48.8	31.1	Lettleire
R5	22	33.5	44.5	Lettleire
R29	12.8	28	59.2	Lettleire
R44	7.55	15.85	76.6	Siltig sand
S10	20.5	32.55	47	Lettleire
S75 A	9.65	18.7	71.7	Siltig sand
S75 B,C,D&G	20.6	47.7	31,7	Lettleire

Resultatene fra tabellen over viser stor variasjoner og forskjeller i kornfordeleingen mellom jorprøvene. Noen prøver har stor andel sand som S75A med mindre andel silt og leire, mens andre har ganske lavt sand innhold som B28 A+B. Det er mulig at disse variasjonene skyldes skift av jordmasse i hagen eller blanding av opprinnelig jord med andre løsmasser ved bygging av boligen.

Disse variasjonene gir ulike infiltrasjonsevner over området. Mer undersøkelser om infiltrasjonen anbefales for å ha en nøyaktig informasjon over området for videre vurdering av ulike løsninger for overvannsproblemene.



## 6.5 Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 1

Nedbørsfeltet for tiltak 1 er på 16,27 ha. Av dette utgjør boligområder 12,2 ha og grøntarealer 4,06 ha. C verdier for boligfelt med eneboliger er på (0,4-0,6) [37].

Avrenningsfaktoren for hele feltet bergnes ved bruk av C-midlere formelen og tabellene nevnet i 5.5.3. Dette gir:

- Ved bruk av maks verdier av C for ulike typer arealer:

$$C \text{ midlere} = [(12,2*0,35)+(4,06*0,4)] / 16,26 = 0,36$$

- Ved bruk av min. verdier av C for ulike typer arealer:

$$C \text{ midlere} = [(12,2*0,25)+(4,06*0,2)] / 16,26 = 0,237$$

- Ved bruk av median verdier av C for ulike typer arealer:

$$C \text{ midlere} = [(12,2*0,3)+(4,06*0,3)] / 16,26 = 0,3$$

For nedbør med returperiode på n = 20 år økes C-verdiene med 10% [13]. Dette gir:

$$0,3 + 0,1*0,3 = 0,33$$

Klimafaktoren for tiltak 1 fordrøyningsmagasin under parkeringsplassen er på 1,3.

Utslipp til offentlig avløpssystem ble bestemt til maks 20 l/s etter diskosjon med overingeniør Bjørn Christoffersen fra avdeling for plan og prosjekt ved Vann- og avløpsetaten i Oslo.

Anlegget skal dimensjoneres for å håndtere overvann ved intensitet opptil 40 mm og gjentaksintervall opptil 20-årsregn (skjer 1 gang i løpet av 20 år). Over disse verdiene vil overvann bortledes ved bruk av flomveier. I følge tabell 4 og 5 skal 40 mm nedbørsmengde som er grensen for å dimensjonere fordrøyningstiltak være ved 3 timer varighet i tilfelle 20-årsregn.

Ved å bruke den rasjonelle formelen med alle disse verdiene for C, I, A og Kf, og ved bruk av Excel, blir resultatene som vist på tabell 10.

Tabell 10: Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 1 (Q tiltak).

	20-årsregn				
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer
sekunder	300.00	600.00	1 800.00	3 600.00	10 800.00
C median verdier	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
I (l/s*ha)	339.10	253.70	149.80	97.10	37.00
A (ha)	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26
Kf	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Q overvann (l/s)=	2 365.41	1 769.69	1 044.94	677.32	258.09
Q avløpsnett (l/s)=	-20.00	-20.00	-20.00	-20.00	-20.00
Q tiltak (l/s)=	2 345.41	1 749.69	1 024.94	657.32	238.09
Q tiltak (m3/s)=	2.35	1.75	1.02	0.66	0.24
Volum m3	703.62	1 049.82	1 844.88	2 366.37	<b>2 571.43</b>

Ut fra resultatene fra tabell 10 ser vi at den minste volum for tiltak 1 som trenges for å håndtere 20-årsregn med 40 mm intensitet må være på 2572 m<sup>3</sup> .

## 6.6 Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 2

Nedbørsfeltet for tiltak 2 er på 14,45 ha. Av dette utgjør tetteflater (ved skole) 1,8 ha, grøntarealer/plen 7,41 ha og skogsområder 5,24 ha. Avrenningsfaktoren for hele feltet bergnes ved bruk av C-midlere formelen og tabellene nevnet i 5.5.3. Dette gir:

- Ved bruk av maks verdier av C for ulike typer arealer:

$$C \text{ midlere} = [(1,8*0,8)+(7,41*0,4)+(5,24*0,5)] / 14,45 = 0,486$$

- Ved bruk av min. verdier av C for ulike typer arealer:

$$C \text{ midlere} = [(1,8*0,7)+(7,41*0,2)+(5,24*0,2)] / 14,45 = 0,262$$

- Ved bruk av median verdier av C for ulike typer arealer:

$$C \text{ midlere} = [(1,8*0,75)+(7,41*0,3)+(5,24*0,35)] / 14,45 = 0,37$$

For nedbør med returperiode på n = 20 år økes C-verdiene med 10%. Dette gir:

$$0,37+0,37*0,1= 0,4$$

Klimafaktoren for tiltak 2 fordrøyningsdamm settes til 1.

Utslipp til offentlig avløpssystem ble bestemt til maks 20 l/s .

Anlegget skal dimensjoneres for å håndtere overvann ved intensitet opptil 40 mm og gjentaksintervall opptil 20-årsregn (skjer 1 gang i løpet av 20 år). Over disse verdiene vil overvann bortledes ved bruk av flomveier.

Ved å bruke den rasjonelle formelen med alle disse verdiene for C, I, A og Kf, og ved bruk av Excel, blir resultatene som vist på tabell 11.

Tabell 11: Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 2 (Q tiltak).

	20-årsregn				
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer
sekunder	300.00	600.00	1 800.00	3 600.00	10 800.00
C	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
I (l/s*ha)	339.10	253.70	149.80	97.10	37.00
A (ha)	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45
Kf	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q overvann (l/s)=	1 960.00	1 466.39	865.84	561.24	213.86
Q avløpsnett (l/s)=	-20.00	-20.00	-20.00	-20.00	-20.00
Q tiltak (l/s)=	1 940.00	1 446.39	845.84	541.24	193.86
Q tiltak (m3/s)=	1.94	1.45	0.85	0.54	0.19
Volum m3	582.00	867.83	1 522.52	1 948.46	2 093.69

Ut fra resultatene fra tabell 11 ser vi at den minste volum for tiltak 2 som trenges for å håndtere 20-årsregn med 40 mm intensitet må være på 2094 m<sup>3</sup> .

## 6.7 Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 3

Nedbørsfeltet for tiltak 3 er på 14,58 ha. Av dette utgjør tetteflater 1 ha, grøntarealer/plen 12,58 ha og skogsområder 1 ha. Avrenningsfaktoren for hele feltet bergnes ved bruk av C-midlere formelen og tabellene nevnet i 5.5.3. Dette gir:

- Ved bruk av maks verdier av C for ulike typer arealer:

$$C \text{ midlere} = [(1*0,8)+(12,58*0,4)+(1*0,5)] / 14,58 = 0,434$$

- Ved bruk av min. verdier av C for ulike typer arealer:

$$C \text{ midlere} = [(1*0,7)+(12,58*0,2)+(1*0,2)] / 14,58 = 0,234$$

- Ved bruk av median verdier av C for ulike typer arealer:

$$C \text{ midlere} = [(1*0,75)+(12,58*0,3)+(1*0,35)] / 14,58 = 0,334$$

For nedbør med returperiode på n = 20 år økes C-verdiene med 10%. Dette gir:

$$0,334+0,334*0,1= 0,37$$

Klimafaktoren for tiltak 3 åpen fordrøyningsanlegg settes til 1.

Utslipp til offentlig avløpssystem ble bestemt til maks 20 l/s .

Anlegget skal dimensjoneres for å håndtere overvann ved intensitet opptil 40 mm og gjentaksintervall opptil 20-årsregn (skjer 1 gang i løpet av 20 år eller 5% sannsynlighet hvert år). Over disse verdiene vil overvann bortledes ved bruk av flomveier.

Ved å bruke den rasjonelle formelen med alle disse verdiene for C, I, A og Kf, og ved bruk av Excel, blir resultatene som vist på tabell 12.

Tabell 12: Overvannsmengder og nødvendig volum ved tiltak 3

	20-årsregn				
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800
C	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
I (l/s*ha)	339.1	253.7	149.8	97.1	37.0
A (ha)	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58
Kf	1	1	1	1	1
Q overvann (l/s)=	1 829	1 369	808	524	200
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20
Q tiltak (l/s)=	1 809	1 349	788	504	180
Q tiltak (m3/s)=	1.81	1.35	0.79	0.50	0.18
Volum m3	543	809	1 419	1 814	1 940

Ut fra resultatene fra tabell 12 ser vi at det minste volum for tiltak 3 som trenges for å håndtere 20-årsregn med 40 mm intensitet må være på 2119 m<sup>3</sup> .

## 6.8 Overvannsmengder ved hoved flomveien

Flomveier skal bortlede større overvannsmengder ved ekstremvær hendelser (over 20-årsregn og opptil 200-årsregn, henholdsvis 5 % og 0,5 % sannsynlighet hvert år) og som ikke kan forsinkes/fordrøyes ved tiltak 1, 2 og 3. I disse tilfellene vil tiltak 1, tiltak 2 og tiltak 3 være helt fylte.

Ved beregning av overvannsmengder i dette tilfelle, velger jeg å dimensjonere flomveien for den verste hendelse som kan skje, dvs. ved 200-årsregn med 76 mm på 24 timer intensitet (fra tabell 4 og 5).

### Overvannsmengder ved tiltak 1 ved 200-årsregn:

For nedbør med returperiode på  $n = 200$  år økes C-verdiene med 30% [13]. Dette gir:

$$0,3+0,3*0,3= 0,39$$

Ved å bruke den rasjonelle formelen og Excel, blir resultatene som vist på tabell 13 på neste side.

Fra tabell 13 under ser vi at største overvannsmengder er på 5190 m<sup>3</sup> ved 12 timer varighet. Denne overvannsmengden er ganske stor. Volumet av fordrøyningsmagasinet som er på 2572 m<sup>3</sup> har ikke tilstrekkelig kapasitet til å fordrøye alle disse vannmengder men den klarer også å håndtere alle overvannsmengder opptil ca. 20 min varighet. Deretter vil fordrøyningsmagasinet være helt fylt og flomvannet renner videre til tiltak 2 med størst avrenning på 1,75 m<sup>3</sup>/s ved 30 min. varighet og deretter blir mindre og mindre helt til 0,06 m<sup>3</sup>/s (60 l/s) ved 24 timer varighet.

Tabell13: Overvannsmengder ved flomhendelse (200-årsregn) ved tiltak1.

	200-årsregn										
	5 min	10 min	15 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn		
sekunder	300.00	600.00	900.00	1 800.00	3 600.00	10 800.00	21 600.00	43 200.00	86 400.00		
C median verdier	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39		
I (l/s*ha)	473.10	354.90	305.60	214.30	140.20	51.30	28.40	17.00	9.40		
A (ha)	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26		
Kf	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30		
Q overvann (l/s)=	3 900.15	2 925.73	2 519.31	1 766.65	1 155.78	422.91	234.12	140.14	77.49		
Q avløpsnett (l/s)=	-20.00	-20.00	-20.00	-20.00	-20.00	-20.00	-20.00	-20.00	-20.00		
Q tiltak (l/s)=	3 880.15	2 905.73	2 499.31	1 746.65	1 135.78	402.91	214.12	120.14	57.49		
Q tiltak (m3/s)=	3.88	2.91	2.50	1.75	1.14	0.40	0.21	0.12	0.06		
Volum m3	1 164.05	1 743.44	2 249.38	3 143.97	4 088.82	4 351.41	4 625.09	5 190.26	4 967.30		



### Overvannsmengder ved tiltak 2 ved 200-årsregn:

Arenningsfaktor som er brukt i beregninger for 200-årsregn ved tiltak 2 er:

$$0,37+0,37*0,3= 0,48$$

Ved å bruke den rasjonelle formelen og Excel, blir resultatene som vist på tabell 14 på neste side.

Fra tabell 14 ser vi at største overvannsmengder er på 4230 m<sup>3</sup> ved 12 timer varighet. Denne overvannsmengden er ganske stor. Volumet av fordrøyningsdamm som er på 2094 m<sup>3</sup> har ikke tilstrekkelig kapasitet til å fordrøye alle disse vannmengder men den klarer å håndtere alle overvannsmengder opptil ca. 20 min. Deretter vil dammen være helt fylt og flomvannet renner videre til hoved flomveien med størst avrenning på ca. 1,5 m<sup>3</sup>/s ved 30 min. og deretter blir mindre og mindre helt til 0,05 m<sup>3</sup>/s (50 l/s) ved 24 timer varighet.

Tabell 14: Overvansmengder ved flomhendelse (200-årsregn) ved tiltak 2.

	200-årsregn									
	5 min	10 min	15 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn	
sekunder	300	600	900	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400	
C	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	
I (l/s*ha)	473.1	354.9	305.6	214.3	140.2	51.3	28.4	17.0	9.4	
A (ha)	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	
Kf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Q overvann (l/s)=	3 281	2 462	2 120	1 486	972	356	197	118	65	
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	
Q tiltak (l/s)=	3 261	2 442	2 100	1 466	952	336	177	98	45	
Q tiltak (m3/s)=	3.26	2.44	2.10	1.47	0.95	0.34	0.18	0.10	0.05	
Volum m3	978.43	1 464.95	1 889.68	2 639.49	3 428.74	3 626.82	3 822.82	4 229.80	3 905.14	

### Overvannsmengder ved hoved flomveien ut fra tiltak2 ved 200-årsregn:

Overvannsmengder som samler seg og renner i hoved flomveien skal være summen av både overvannsmengder fra tiltak1 og overvannsmengder fra tiltak2 ved 200-årsregn hendelse. Dvs. at største avrenning i hovedflomveien skal være:

- $1,75 \text{ m}^3/\text{s}$  fra tiltak1 +  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  fra tiltak2 =  $3,25 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 30 min varighet.
- $1,14 \text{ m}^3/\text{s}$  +  $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$  =  $2,09 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 1 time varighet.
- $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$  +  $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$  =  $0,74 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 3 timer varighet.
- $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$  +  $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$  =  $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 6 timer varighet.
- $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$  +  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  =  $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 12 timer varighet.
- $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$  +  $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$  =  $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 24 timer varighet.

Derfor må hoved flomveien dimensjoneres riktig slik at den har kapasitet til å lede bort flom på  $3,25 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### Overvannsmengder ved tiltak 3 ved 200-årsregn:

Avrenningsfaktor som er brukt ved beregninger for 200-årsregn ved tiltak 3 er:

$$0,334+0,334*0,3= 0,43$$

Ved å bruke den rasjonelle formelen og Excel, blir resultatene som vist på tabell 15 på neste side.

Fra tabell 15 ser vi at største overvannsmengder er på  $3740 \text{ m}^3$  ved 12 timer varighet. Denne overvannsmengden er ganske stor. Volumet av fordrøyningsanlegget som er på  $2119 \text{ m}^3$  har ikke tilstrekkelig kapasitet til å fordrøye alle disse vannmengder. Men den klarer å håndtere alle overvannsmengder opptil ca. 25 min varighet. Deretter vil anlegget være helt fylt og flomvannet renner videre til hoved flomveien ved Valhallveien-svingen med størst avrenning på  $1,32 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 30 min. og deretter blir mindre og mindre helt til  $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $40 \text{ l/s}$ ) ved 24 timer varighet.

Tabell 15: Overvannsmengder ved folmhendelse (200-årsregn) ved tiltak 3.

	200-årsregn									
	5 min	10 min	15 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn	
sekunder	300	600	900	1800	3600	10800	21600	43200	86400	
C	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	
I (l/s*ha)	473.1	354.9	305.6	214.3	140.2	51.3	28.4	17	9.4	
A (ha)	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	
Kf	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Q overvann (l/s)=	2966	2225	1916	1344	879	322	178	107	59	
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	
Q tiltak (l/s)=	2946	2205	1896	1324	859	302	158	87	39	
Q tiltak (m <sup>3</sup> /s)=	2.95	2.21	1.90	1.32	0.86	0.30	0.16	0.09	0.04	
Volum m <sup>3</sup>	884	1323	1706	2382	3092	3257	3414	3740	3364	

### Overvannsmengder ved hoved flomveien ved Valhallveien-svingen ved 200-årsregn:

Overvannsmengder som samler seg og renner i hoved flomveien ved Valhallveien-svingen skal være summen av både overvannsmengder fra hoved flomveien ut fra tiltak2 og overvannsmengder fra tiltak3 ved 200-årsregn hendelse. Dvs. at største avrenning i hovedflomveien skal være:

- $3,25 \text{ m}^3/\text{s}$  fra hoved flomvei +  $1,32 \text{ m}^3/\text{s}$  fra tiltak2 =  $4,57 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 30 min varighet.
- $2,09 \text{ m}^3/\text{s}$  +  $0,86 \text{ m}^3/\text{s}$  =  $2,95 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 1 time varighet.
- $0,74 \text{ m}^3/\text{s}$  +  $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$  =  $1,04 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 3 timer varighet.
- $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$  +  $0,16 \text{ m}^3/\text{s}$  =  $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 6 timer varighet.
- $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$  +  $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$  =  $0,31 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 12 timer varighet.
- $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$  +  $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$  =  $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$  ved 24 timer varighet.

Den største overvannsmengden som er på  $4,57 \text{ m}^3/\text{s}$  er ganske stor mengde. Denne kan skyldes feil estimering av avrenningsfaktor som ble brukt ved bregninger, lavere avrenningsfaktor kunne estimeres for å gi mindre overvannsmengder. Men denne mengden kan også være aktuell; da representerer denne mengden den største overvannsmengden som renner fra et samlet nedbørsfelt på  $45,3 \text{ ha}$  ( $16,27+14,45+14,58$ ) ved flomhendelser ved 200-årsregn, som vil normalt gi slike store overvannsmengder.

Selve Valhallveien skal brukes som hoved flomvei. Riktig dimensjonering av flomveien med slike store vannmengder kan være en utfordring og er ganske viktig. Erosjon av asfalten og sperring av veien kan være av ulempene ved denne flomveien. Men slike hendelser vil sjelden hende (1 gang i løpet av 200 år eller 0,05 sannsynlighet hvert år), i tillegg er det ikke et annet alternativ for å lede flommen bort fra området en denne veien. Videre tiltak kan vurderes, som f.ek. å bore en kanal ved Valhallveien-svingen ned i fjellet som kan frakte store overvannsmengder til Alna-tunnel som går dypt i fjellet under Ekebergåsen. Dette tiltaket ble foreslått i KVUen, men trenger grundige undersøkelse før at man kan vurdere slike løsning.

## 7. Dimensjonering

### 7.1 Dimensjonering av tiltak 1

Beregnet overvannsmengder ved tiltak 1 ved 20-årsregn hendelse med 3 timer varighet er på 2572 m<sup>3</sup>. For å kunne fordrøye hele denne mengden trenger vi tilsvarende fordrøyningsvolum under parkeringsplassen.

Parkeringsplassen har et areal på ca. 1200 m<sup>2</sup>. Dybden til fjell under parkeringsplassen er på 10m (fra ArcGIS og Boreundersøkelser fra NGU), noe som gir gode muligheter til å grave massene opp og etablere stor fordrøyningsvolum under parkeringsplassen.

Mange ulike typer fordrøyningsmagasiner fra forskjellige leverandører kan brukes her, men Q-Bic overvannskassetter til fordrøying og infiltrasjon fra Wavin har gode egenskaper som egner seg veldig bra for fordrøyningsmagasinet ved tiltak 1.

#### Q-Bic overvannskassetter [41]:

- Mål: 1,2 m x 0,6 m x 0,6 m
- Nettovolum: 95 % av totalvolum = 410 liter
- Materiale: jomfruelig polypropylen (PP)
- Vekt: 19 kg
- Maks installasjonsdybde: 7,00 m
- Maks ant. lag: ca 7
- Kan plasseres under parkeringsplass
- Min. overdekning = 0,8 meter
- Maks overdekning = 3 – 3,5 meter
- Tåler opp til 20 tonns aksestrykk ved 1,2 m, tilsvarer en 60 tonns lastebil
- Langtidsbelastninger
- Dimensjonert for 50 års dynamisk last



Figur 26: Q-Bic overvannskassetter [41].



Ved å bruke Q-Bic overvannskassetter for å fordrøye overvannsmengder på 2572 m<sup>3</sup>, kan anlegget dimensjoneres som følgene:

- Parkeringsplassen graves ned med 5m dybde.
- 6 lag av Q-Bic kassetter etableres.
- 760 m<sup>2</sup> bunnareal for magasinet.

Dette gir:

6 lag \* 0,6 m/lag = 3,6 m høyden av magasinet

Volum av magasinet = 3,6 m \* 760 m<sup>2</sup> = 2736 m<sup>3</sup>

Netto volum = 95% av total volum = 2736 \* 0,95 = **2599,2 m<sup>3</sup>**

Overdekning = 5 m dybde – 3,6 m høyden av magasinet = 1,4 m ( krav: 0,8 – 3,5 m)

Fiberduk (geotekstil) brukes ved installering av Q-Bic overvannskassetter. Magasinet pakkes inn i fiberduk for å hindre at masser kommer inn i magasinet, for å jevne ut og fordele mekaniske belastninger på magasinet og for å stabilisere konstruksjonen [42].

Bruk av sandfangkum er viktig for å hindre at sand og andre stoffer komme inn i magasinet. Rist kan også brukes for å fange større og flytende materialer.

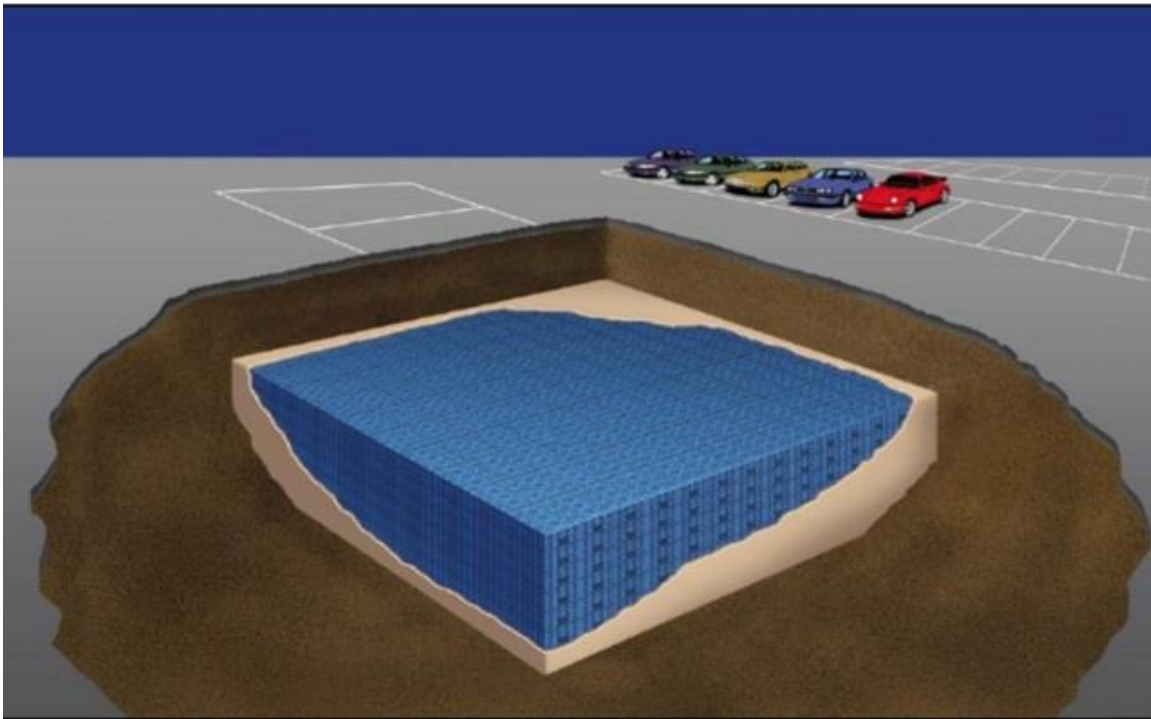
Regulering og oppfylling skjer naturlig i magasinet ved at utløpsdimensjon er mindre enn innløpet. Utløpet kobles til avløpsnett for å drenere magasinet med maks vannføring på 20 l/s. Avløpsledningen som utløpet kobles til må være enten lavere enn utløpet fra magasinet eller på samme nivå slik at magasinet tømmes og overvannet ikke blir liggende i magasinet.

I tilfelle at avløpsnett er på høyere nivå enn utløpet av magasinet, må en tilleggs løsning vurderes som f.eks. bruk av pumpekum etter utløpet for å pumpe vannet ut fra magasinet og videre til tiltak 2. Bruk av pumpekum for å tømme magasinet krever drift og vedlikehold, noe som betyr høyere kostnader og mer oppfølging.

Andre tiltak kan tas i slike tilfeller, er å dimensjonere magasinet med mindre dypde og større areal f.ek. bruk av 5 lag kassetter med 900 m<sup>2</sup> areal hever nivået av utløpet på 60 cm og gir et volum på:  $5 \cdot 0,6 \cdot 900 \cdot 0,95 = 2565 \text{ m}^3$ . Eller bruk av 4 lag kassetter med 1100 m<sup>2</sup> hever nivået av utløpet på 1,2 m og gir et volum på:  $4 \cdot 0,6 \cdot 1100 \cdot 0,95 = 2508 \text{ m}^3$

Forurensning av overvannet er ganske viktig. Rensetiltak må vurderes ved høy forurenset overvann særlig hvis den har dårlig påvirkning på resipienten. Avrenningen av overvannet langs dreneringslinje 1 renner i stor sett på grønne flater bak boligene langs Olleveien og en del på Vårveien (170 m) før den ender på tiltak1 og videre til fordrøyningsdammen. I følge anbefalinger for rensing av veivann i håndbok 017 (Veg- og gateutforming) fra Statens Vegvesen, er det ikke behov for rensing av overvann fra veier med ÅDT < 8000 [43].

Ved personlig kontakt med overingeniør Per Laudal fra Bymiljøetaten fikk jeg informasjon at Vårveien har ÅDT på 2100. Dette er langt under kravet for rensing av overvannet, og derfor er det ikke behov for renssetiltak ved tiltak1 .



Figur 27: Illustrasjonsbilde av fordrøyningsmagasin under parkeringsplass ved bruk av Q-Bic overvannskassetter [41].

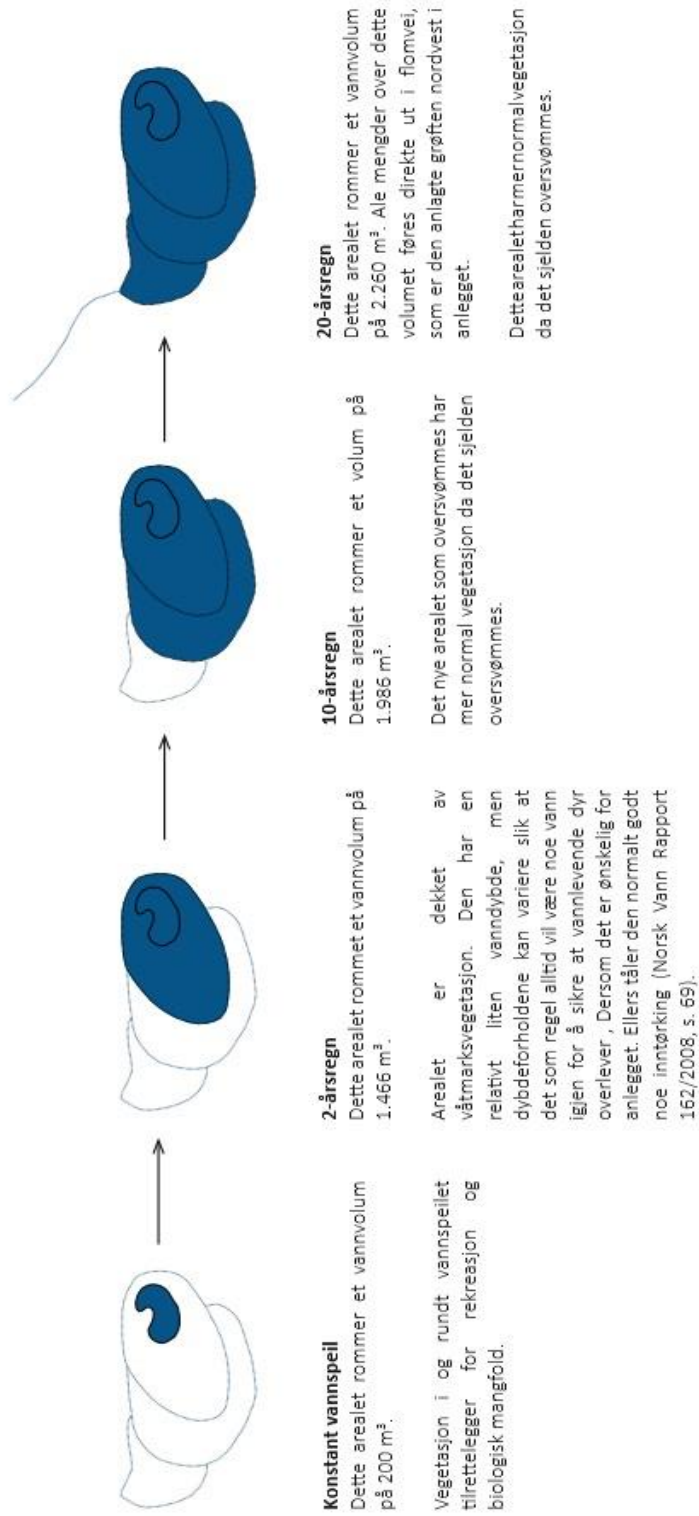
## 7.2 Dimensjonering av tiltak 2

Tiltak 2 er en kombinasjon av en dam og et tørt fordrøyningsvolum. Anlegget dimensjoneres slik at det skal være et konstant vannspeil i det laveste punktet av de forsenkede arealene som kan oversvømmes ved større vannføring. Disse forsenkede arealene dimensjoneres med ulike nivåer for å håndtere ulike regnhendelser, og som følgende:

- Nivå 1: Konstant vannspeil på det laveste punktet av anlegget med skrå sider og største dybde på 0,7m med ca. 300 m<sup>2</sup> overflate areal. Det rommer 200 m<sup>3</sup> vann, og får sin vanntilførsel fra nedbør og andre tilsig.
- Nivå 2: Fordrøyningsvolum for å håndtere overvannsmengder ved 2-årsregn. Dette nivået kan romme et vannvolum på 1,466 m<sup>3</sup> med en relativt liten vanddybde.
- Nivå 3: Fordrøyningsvolum for å håndtere overvannsmengder ved 10-årsregn. Dette nivået kan romme et vannvolum på 1,986 m<sup>3</sup>.
- Nivå 4: : Fordrøyningsvolum for å håndtere overvannsmengder ved 20-årsregn. Dette nivået kan romme et vannvolum på 2,260 m<sup>3</sup> og blir sjelden fylt med vann. Alle andre overvannsmengder over 20-årsregn hendelse føres videre til flomveien.

I samarbeid med landskapsarkitektstudent Camilla Lutro Kristensen, ble design og illustrasjon av både tiltak 2, flomveien og tiltak 3 utført av henne basert på mine beregninger og resultater.

Figur 28 på neste side illustrerer tiltak 2 ved en vanlig dag, ved 2, 10 og 20-årsregn.



Figur 28: Illustrasjonsbildet av tiltak 2 ved ulike regnhendelser.

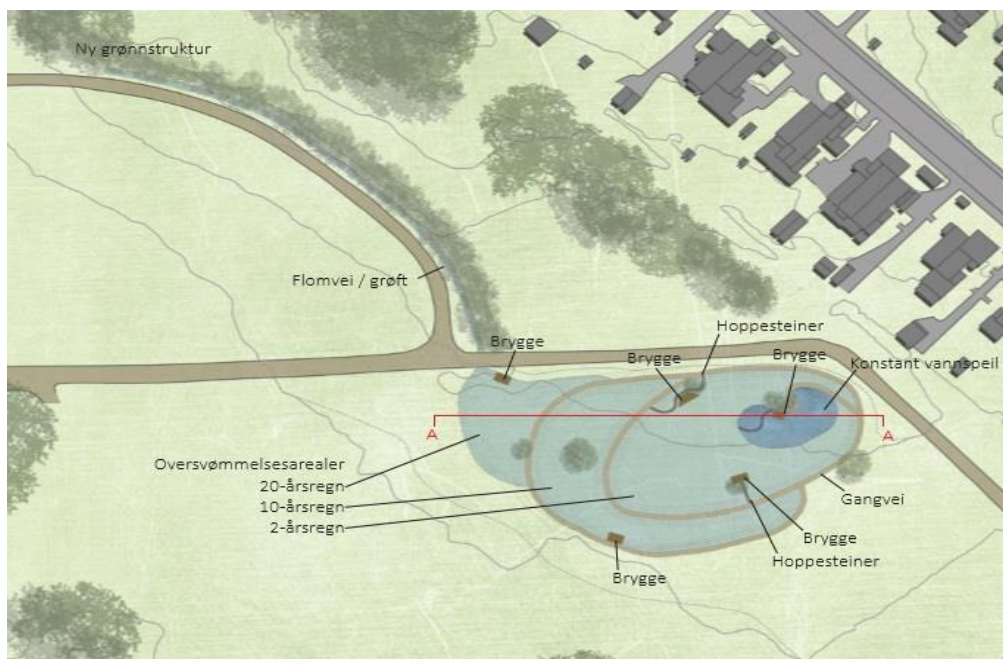


Figur 29: Illustrasjonsbilde av dammen med konstant vannspeil.

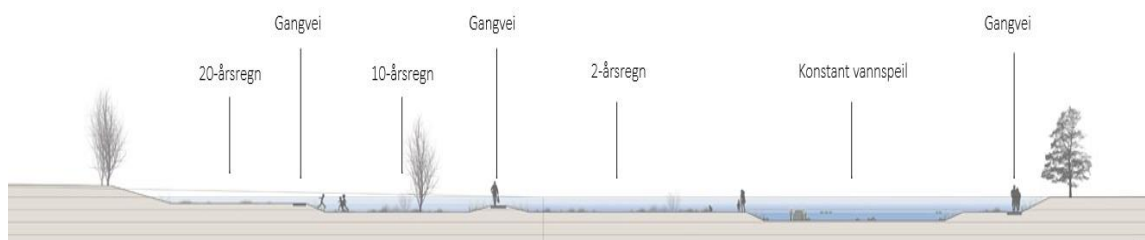


Figur 30: Illustrasjonsbilde av dammen ved 20-årsregn.





Figur 31: Top view av dammen viser vannnivåene ved konstant vannspeil, 2-årsregn, 10-årsregn og 20-årsregn, og flomveien.



Figur 32: Snitt A-A av tiltak 2.

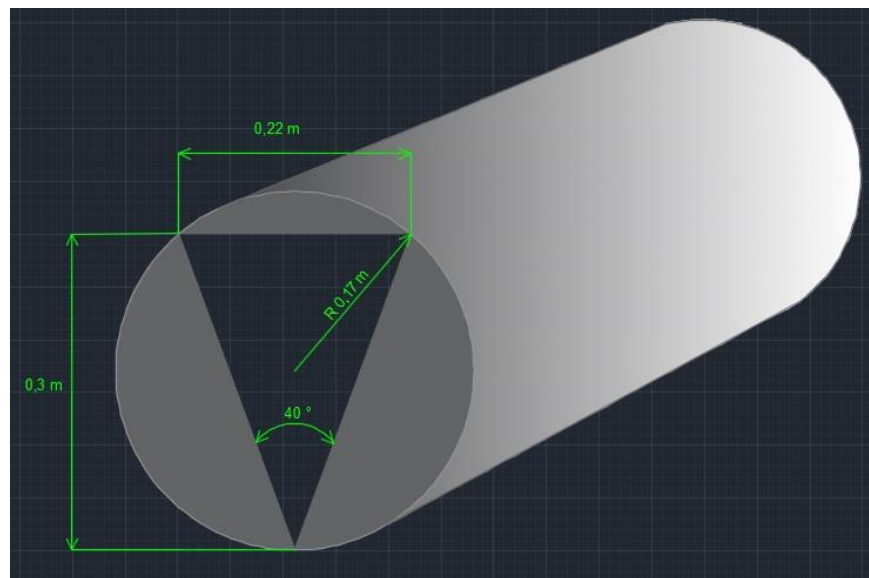
For å unngå infiltrasjon av vannet ned i grunnen ved konstant vannspeilet, skal bunnen av arealet til vannspeilet være tett. Dette kan gjøres ved å bruke tette materialer i bunnen eller ved bruk av tett duk.

Fordamping av vannet vil redusere vannmengden i den konstant vannspeilet på viss grad. I følge JORDFORSKRAPPOR 9/95 av B. C. Braskerud [44], er fordamping fra vannoverflater på Østlandet på ca. 2 mm/dag/m<sup>2</sup> i varme perioder. Basert på dette undersøkelse vil konstant vannspeilet tape 0,6 m<sup>3</sup> pr dag (300m<sup>2</sup> \* 2 l/d = 600 l/d ) der 1 mm tilsvarer 1 liter. Derfor er faren for at delen med konstant vannspeil tørkers helt ut er ikke mulig, særlig med norsk klima som er ofte vått.

Ved tilfellet 2-årsregn eller mer skal alle vannmengder dreneres slik at vannnivå senkes tilbake til konstant vannspeiletsnivå. Dette kan gjøres ved å drenere disse vannmengder gjennom rør som kobles til det kommunale avløpssystemet med maks vannføring på 20 l/s.

Et V-overløp kan brukes ved dreneringsrøret slik at vannmengder dreneres trinnvis. Denne metoden sørger at avløpsnettets overbelastes med mindre vannmengder i løpet av tidsrommet. Bruk av rist foran V-overløpet er viktig for å unngå fortetting av rør.

Figur 33 viser dimensjonering av V-utløpet for dreneringsrør.



Figur 33: V-overløpet for dreneringsrør ved konstant vannspeilet (fra AutoCAD av meg)

Dreneringsrør på  $\varnothing$  340 mm plasseres slik at bunnen av røret og toppen av konstant vannspeilet skal være på samme nivå. Når vannspeilet begynner å stige over konstant vannspeiletsnivå skal vannet dreneres via røret med bestemt mengde. I følge mine beregninger skal vannføringen ved ulike nivåer være som følgende:

- Ved 10 cm stigning over konstant vannspeilet skal vannet dreneres via dreneringsrør med vannføring på  $Q = 2,16$  l/s (med estimert hastighet på 0,6 m/s som er normal vann hastighet i rør).
- Ved 20 cm stigning er  $Q = 9,12$  l/s .
- Ved 30 cm stigning er  $Q = 20$  l/s .

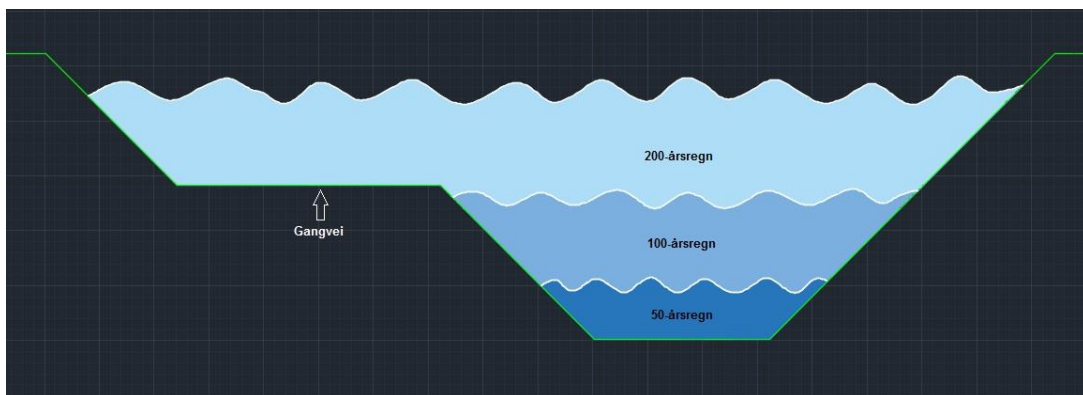


## 7.3 Dimensjonering av hoved flomvei ved tiltak 2

Ved alle regnhendelser over 20-årsregn vil vannet flomme ut av dammen direkte til flomveien som er plassert på den norvestlig side av dammen. Flomveien skal dimensjoneres slik flomveien skal være delt i grøft og gangvei. Gangveien kan brukes under normalforhold og ved mindre vannmengder. Grøften skal ha gresskledd skråninger og kombinasjon av stein og planter på bunnen. Dett er for å oppnå best mulig resultat for å: forsinke avrenningen, redusere vannmengden via infiltrasjon, rensing av overvannet og sikring mot erosjon. Ved 200-årsregn er gangveien sperret. Da skal hele tverrsnittet av både grøft og gangveien være fylt med vann. Ved dette tilfelle har flomveien tilstrekkelig kapasitet til å lede bort en vannføring på maks 3,25 m<sup>3</sup>/s som tilsvarer 200-årsregn hendelse. Figur 34 nedenfor viser dimensjonering av flomveien, og figur 35 viser flomveien ved ulike regnhendelser.



Figur 34: Tverrsnitt av flomveien med dimensjoner. Tverr. areal = 3,45 m<sup>2</sup> (fra AutoCAD).



Figur 35: Illustrasjonsbilde av hoved flomveien ved 50-årsregn, 100-årsregn og 200-årsregn (fra AutoCAD).

Overløpet mellom tiltak 2 og flomveien skal dimensjoneres slik at tverrsnitt av overløpet og tverrsnitt av flomveien skal være helt like. Ved bruk av slik utformet overløpet ved dammen skal utslipp av vannmengder til flomveien kontrolleres slik at alle vannmengder ved opptil 200-årsregn slippes på trinnviss i løpet av tiden. Denne metoden hjelper i stor grad til å forsinke avrenningen av overvannet.

## 7.4 Dimensjonering av tiltak 3

Tiltak 3 skal ha et volum på 2120 m<sup>3</sup> for å romme alle overvannsmengder ved 20-årsregn med 3 timer varighet. I dagens situasjon renner dreneringslinje 3 på tvers over grøntarealet ved svingen og videre ned til Valhallveien.

Løsningen i dette området er å etablere fordrøyningsanlegg. Etablering og bestemmelse av anleggstype er litt vanskelig. Undergrunnsforhold og helning av arealet er av utfordringene. I følge mine undersøkelser og observasjoner fra området er jordtypen ikke like pakket som på grøntarealet ved tiltak 2. Dette kan gi mulighet for infiltrasjon i viss grad da det også er snakk om mulige sprekker i berggrunne under jordmassene.

Mer undersøkelser og analyser anbefales ved området for at riktig tiltak kan vurderes.

Landskapsarkitektstudent Camilla Lutro Kristensen har vurdert mulig tiltak på området der. Tiltaket skal være flere fordrøyningsbassenger i terrasser nedover det hellende terrenget. Basengene skal ha ulike størrelser og volum, og hovedfunksjon er å holde vannet lengst mulig men samtidig slippe mindre vannmengder videre.

Dette tiltaket representerer ikke mine ideer og løsninger, men er vist for å gi et bilde om mulig tiltak over området .

Følgende figurer illustrerer området med tiltaket (av Camilla Lutro Kristensen).



Figur 36: Fordrøyningsbassenger på østlig side av grøntarealet ved Valhallveien-svingen.

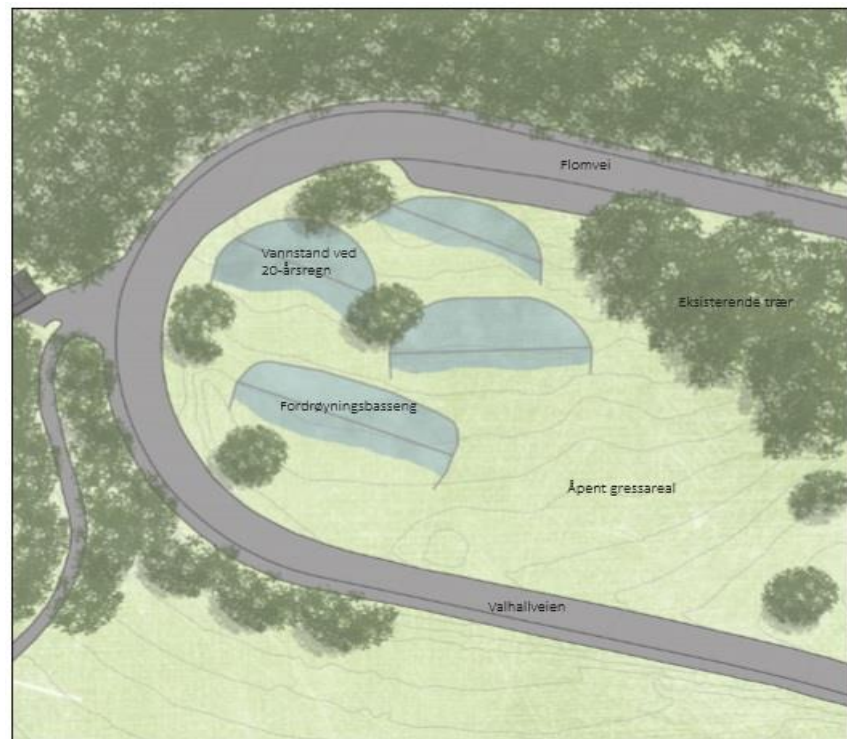
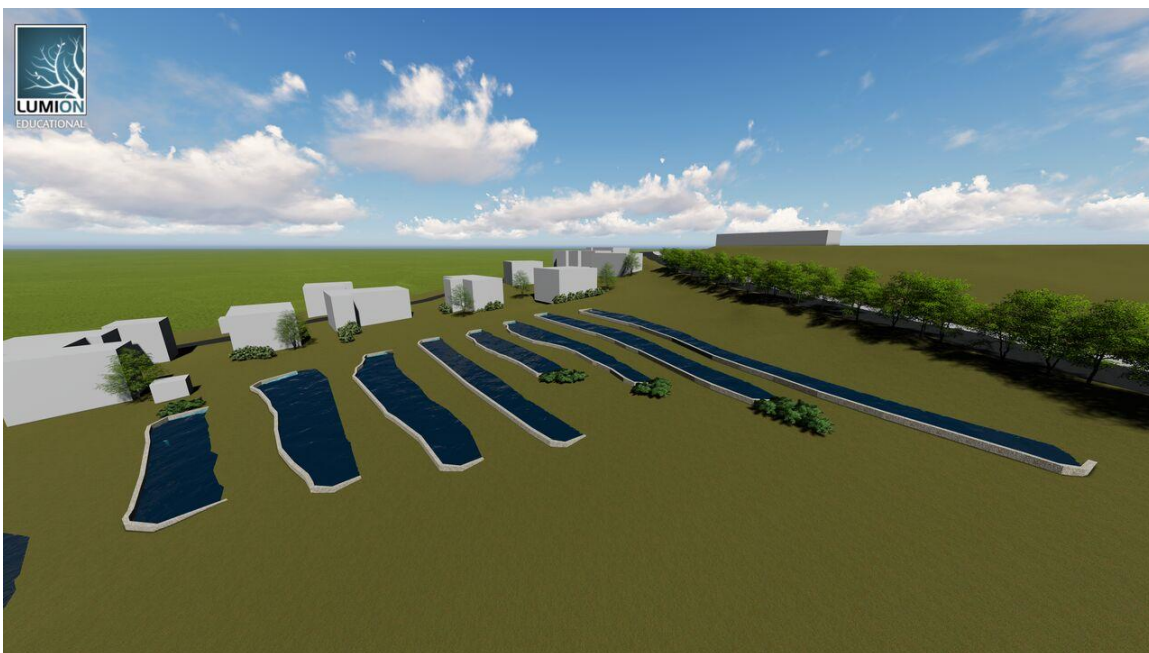


Figure 37: Fordrøyningsbassenger på vestlig side av grøntarealet ved Valhallveien-svingen.



Figur 38: Illustrasjonsbilde av fordrøyningsbassenger på østlig side av grøntarealet ved tørrvær.

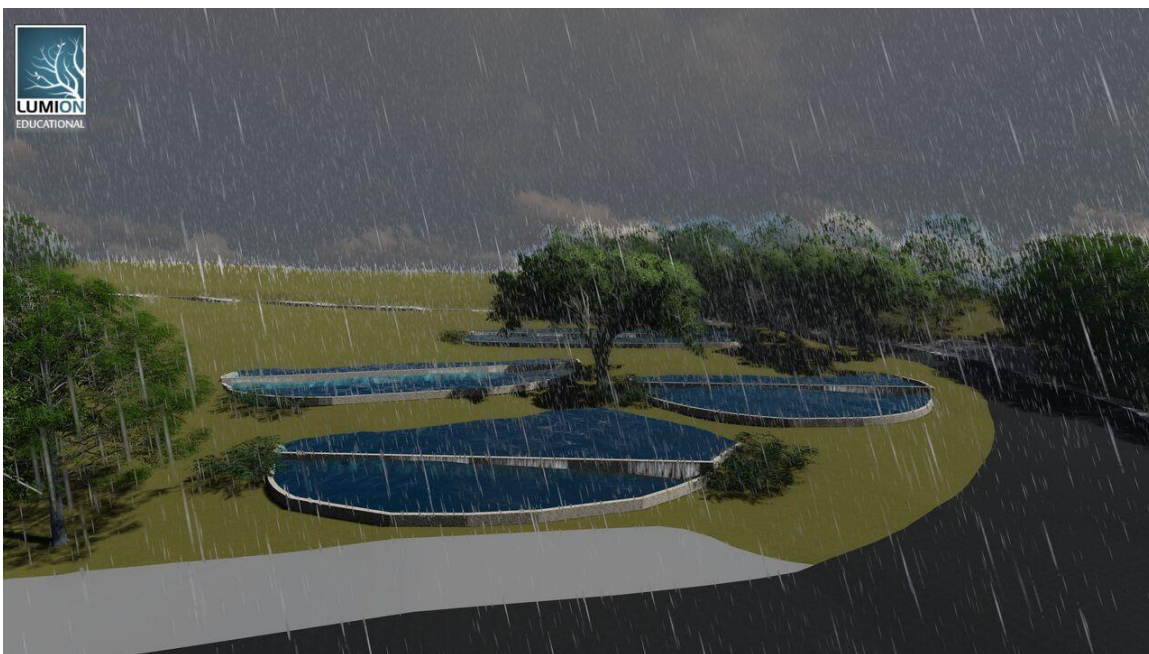


Figur 39: Illustrasjonsbilde av fordrøyningsbassenger på østlig side av grøntarealet ved 20-årsregn hendelse .





Figur 40: Illustrasjonsbilde av fordrøyningsbassenger på vestlig side av grøntarealet ved tørrvær.



Figur 41: Illustrasjonsbilde av fordrøyningsbassenger på vestlig side av grøntarealet ved 20-årsregn hendelse.

## 8. Konklusjon

Økt regnintensitet, hyppigere regnepisoder, økt temperatur og oftere varmebølger er noe av prognosene og forventningene for klimaendringer i framtiden. Klimaendringer samt økt urbanisering og dårlig forhold av avløpssystemer øker overvannsavrenningen og skaper store utfordringer ved behandling av overvann.

Økning i andel tetteflater og reduisering av naturlige og grønne arealer særlig i store byer og bysentrum fører til større og raskere avrenning av overvann som vidre kan skape store skader og ødeleggelser. Skadehendelser og oversvømmingsepisoder som ble registrert i Oslo kommune og andre byer er knyttet til dette problemet.

Bruk av lokale løsninger for å håndtere overvann har blitt til mer interesset i det siste tiden på mange steder rundt i verden. Lokal overvannsdisponering (LOD) er bærekraftige metoder som bevarer hydrologiske balansen i område, reduserer overvannsmengder og forsinke avrenningen, og deretter mindre overvannsproblemer.

Flere mindre LOD-løsninger kan brukes på private eiendommer som f.ek. regnbed, grønne tak, infiltrasjonsgrøft osv. for å håndtere takvann og overvann fra eget tomt. Disse løsningene samlet kan redusere overvannsmengder og forsinke avrenningen i stor grad.

For at LOD-løsninger skal fungere riktig og gi gode resultat, må forholdene i området passer til slike løsninger. Infiltrasjonsevnen er av de viktigste egenskapene som undersøkes i området for å vurdere LOD-løsninger. Løsmassekart og infiltrasjonskart gir ikke alltid nøyaktig informasjon om undergrunnen. Derfor er mer undersøkelser og analyser av området anbefalt for å ha mer nøyaktig informasjon og ende på riktig vurdering og valg av tiltak.

Dreneringslinjekart og ArcGIS er veldig viktige hjelpemidler som kan brukes til å analysere området, bestemme plasseringen av ulike tiltak og bestemme flere faktorer som brukes ved dimensjonering av tiltak og beregning av overvannsmengder.



Større LOD-løsninger er nødvendig for å håndtere større overvannsmengder fra åpne områder. Tiltakene på Ekeberg området ble bestemt etter store undersøkelser og analyser av området og mange beregninger av overvannsmengder slik at tiltakene skal passe miljøet rundt og gir gode resultater ved håndtering av overvann.

Fordrøyningsmagasinet under parkeringsplassen ved skolen, fordrøyningsdammen på grøntarealet ved skolen, fordrøyningsbassengene ved Valhallveien-svingen og flomveiene er koblet sammen og skal fungere samlet som et system for håndtere alle overvannsmengder opp til 200-årsregn hendelse. Systemet skal også være som en barriere mot alle avrenninger av overvann fra Ekebergsletta og grønne arealer som renner videre mot boligområde og skaper flere problemer.

## 9. Referanser

1. SATENS OFFENTLIGA UTREDNINGAR. 2015. Klimatförändringar och dricksvattenförsörjning. Stockholm. Sverige.
2. <http://gemini.no/2013/09/klimakrigen/> (besøkt 04.05.2016).
3. ØDEGAARD, H., NORHEIM, B. & NORSK VANN, B. A. 2014. Vann- og avløpsteknikk, Hamar, Norsk Vann
4. LINDHOLM, O. 2008. Klimaendringer og avløpssystemer. VA-MILJØBLAD. Blad nr. 84, 2008.
5. I. Hanssen-Bauer, E.J. Førland, I. Haddeland, H. Hisdal, S. Mayer, A. Nesje, J.E.Ø. Nilsen, S. Sandven, A.B. Sandø, A. Sorteberg og B. Ådlandsvik. 2015. KLIMA I NORGE 2100. NCCS report no. 2/2015. Side 8.
6. NOU:10-2010 (2010) Tilpassing til eit klima i endring, ISBN 978-82-583-1065-2 <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2010-10/id624355/> side 41
7. Meteorologiske institutt 150 år, [http://met.no/Klima/Klima\\_siste\\_150\\_ar/](http://met.no/Klima/Klima_siste_150_ar/) (besøkt 06.05.2016)
8. NOU:10-2010 (2010) Tilpassing til eit klima i endring, ISBN 978-82-583-1065-2 <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2010-10/id624355/> side 40
9. NOU 2015: 16. Overvann i byer og tettsteder — Som problem og ressurs <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-16/id2465332/?ch=3> (besøkt 07.05.2016)
10. Norsk klimaservicesenter/Klimaframskrivninger. [https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/scenarios.xhtml?climateIndex=flood\\_magnitude&period=Annual&scenario=RCP85&region=NO&mapInterval=2085](https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/scenarios.xhtml?climateIndex=flood_magnitude&period=Annual&scenario=RCP85&region=NO&mapInterval=2085) (besøkt 10.05.2016).
11. Klimatilpasning i Norge. Regjeringens arbeid med tilpasning til klimaendringene. Regjeringen.no [file:///C:/Users/Manar/Downloads/Klimatilpasning\\_redegjorelse150508.pdf](file:///C:/Users/Manar/Downloads/Klimatilpasning_redegjorelse150508.pdf)
12. MILJØKOMMUNE.no. Beregne framtidig nedbør. <http://www.miljokommune.no/Temaoversikt/Overvann/Overvann-i-planlegging/Beregning-av-framtidig-nedbor/>
13. Statens vegvesen. 2014. Håndbok N200 Vegbygging. s.l. : Vegdirektoratet, 2014.
14. Jernbaneverket. 2014. Teknisk regelverk, Underbygning/Prosjektering og bygging/Drenering. [Internett] 11 November 2014.
15. Norsk Vann. 2012. Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem. s.l. : Rapport 193, 2012.

16. FN-SAMBANDET/Urbanisering. <http://www.fn.no/Tema/Befolkning/Urbanisering>
17. Store norske leksikon/By. <https://snl.no/by>
18. ENDRESEN, S. 2009. Overflateinfiltrasjon. VA-MILJØBLAD. Blad nr. 92, 2009.
19. Ødegård, J., Persson, M., Baade-Mathiesen, T., Norconsul. 2013. Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren. Norsk Vann Rapport B17, 2013, Hamar.
20. Stortinget. <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Representantforslag/2012-2013/dok8-201213-109/1/>
21. LINDHOLM, O., ENDRESEN, S., THOROLFSSON, S., SÆGROV, S., JAKOBSEN, G. & AABY, L. 2008. Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering Norsk Vann Rapport 162, Hamar.
22. MILJØ-DIREKTORATET/Klimatilpasning/Håndtering av overvann <http://www.klimatilpasning.no/sektorer/vann-og-avlop/oppgaver/handtering-av-overvann/>
23. LINDHOLM, O., ENDRESEN, S., THOROLFSSON, S., SÆGROV, S., JAKOBSEN, G. & AABY, L. 2008. Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering Norsk Vann Rapport 162, Hamar. Side 18.
24. Braskerud, B., C., 2014. Grønne tak og styrtregn. Norges vassdrags- og energidirektorat NVE. Rapport nr 65/2014. side8.
25. BRASKERUD, B., C., NVE, Ingrid M. Ødegård (NMBU). 2014. GRØNNE VEGETASJONSDEKKEDE TAK FOR FLOMDEMPING. Exflood. 1.0 januar 2014.
26. BRASKERUD, B., C., NVE, Ole Petter Skallebakke, Fredrikstad kommune. 2013. FRAKOBLING AV TAKRENNER FRA KOMMUNALT NETT. Exflood. 1.0 november 2013.
27. MYHR, Kjell. 2013. Dimensjonering og bruk av permeable dekker med belegningsstein. Aaltvedt Betong. Oktober 2013.
28. BRASKERUD, B., C., KIM H. PAUS, NVE. 2013. REGNBED FLOMDEMPING I SMÅ URBANE NEDBØRFELT. Exflood. 1.0 April 2014.
29. Kim H. Paus og Bent C. Braskerud. 2013. Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold. Vann 01 2013.
30. ROLF LUNDE. Fordrøyningsmagasiner. Asplan Viak AS.
31. <https://no.wikipedia.org/wiki/GIS>
32. WEBJØRN FINSLAND. Kartlegging av flomveier i Oslo, Dreneringslinjer fra digital terrengmodell. Plan- og bygningsetaten.
33. WEBJØRN FINSLAND. Geodata i kommuneplanen. Plan- og bygningsetaten.
34. EKEBERGSLETTA, Oslo kommune. <https://www.oslo.kommune.no/natur-kultur-og-fritid/tur-og-friluftsliv/parker-og-friomrader/ekebergsletta/>
35. Fotograf LASSE TUR. <http://www.panoramio.com/user/356614/tags/Ekebergsletta>
36. NGU, Grunnvannsborehull. <http://geo.ngu.no/kart/granada/viewer.htm?lang=English>

37. MAGNUSSEN Roar A Grønlund. 2015. GJENNOMGANG AV AVRENNINGSFAKTORER. MILJØDIREKTORATET og COWI. 2/18 COWI. Januar 2015.
38. Svensk Vatten. 2004. Dimensjonering av allmänna avloppsledningar. s.l. : Svensk Vatten Publikation P9, side 21, 2004.
39. Norsk klimaservicesenter/Dimensjonerende nedbør (IVF-verdier)/Oslo/Oslo – Blindern (1968-2014)
40. PAUS, K. H., MUTHANNA, T. M. & BRASKERUD, B. C. 2015. The hydrological performance of bioretention cells in regions with cold climates: seasonal variation and implications for design. In press. IWA Publishing
41. HANDAL VIDAR. Wavins produkter til overvannshåndtering. Intesio. WAVIN.
42. WAVIN. Q-Bic overvannskassetter. Mars 2007.
43. ÅSTEBØL, S., O., SIMONA R., GUNNAR S., HANS VEBJØRN K. & STEIN B. O. 2013. PÅ LAG MED REGNET, VEILEDER FOR LOKAL OVERVANNSHÅNTERING. COWI.
44. BRASKERUD B. CHRISTEN. Fangdammer som tiltak mot landbruksforurensninger III: TILBAKEHOLDELSE AV JORD, FOSFOR OG NITROGEN I FANGDAMMER. Jordforsk-rapport 9/95.
45. MOSEVOLL Gunnar. 2011. Avløpsnett i Norge og tilstandsvurdering. Skien kommune, Bydrift. 28.mars 2011.
46. GEOTOPER. Kornstørrelse og kornfordeling. <https://geobilder.com/kornfordeling/>
47. NAWAZ, M., BOURRIE, G. & TROLARD, F. 2013. Soil compaction impact and modelling. A review. Agron. Sustain. Dev.

## Appendiks

### 1. Overvannsmengder ved tiltak1 ved ulike gjenkatsintervaller

2-årsregn										
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn		
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400		
C median verdier	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30		
I (l/s*ha)	189.10	140.50	77.60	48.80	21.10	12.00	8.10	4.90		
A (ha)	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26		
Kf	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30		
Q overvann (l/s)=	1 199.16	890.97	492.09	309.46	133.80	76.10	51.37	31.07		
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20		
Q tiltak (l/s)=	1 179.16	870.97	472.09	289.46	113.80	56.10	31.37	11.07		
Q tiltak (m3/s)=	1.18	0.87	0.47	0.29	0.11	0.06	0.03	0.01		
Volum m3	353.75	522.58	849.77	1 042.06	1 229.08	1 211.69	1 354.98	956.70		
5-årsregn										
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400		
C median verdier	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30		
I (l/s*ha)	254.40	189.70	109.00	69.80	28.00	15.80	10.20	5.90		
A (ha)	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26		
Kf	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30		
Q overvann (l/s)=	1 613.25	1 202.96	691.21	442.63	177.56	100.19	64.68	37.41		
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20		
Q tiltak (l/s)=	1 593.25	1 182.96	671.21	422.63	157.56	80.19	44.68	17.41		
Q tiltak (m3/s)=	1.59	1.18	0.67	0.42	0.16	0.08	0.04	0.02		
Volum m3	477.98	709.78	1 208.18	1 521.47	1 701.64	1 732.19	1 930.27	1 504.59		
10-årsregn										
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400		
C median verdier	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30		
I (l/s*ha)	297.60	222.40	129.80	83.70	32.60	18.30	11.50	6.60		
A (ha)	16.26	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44		
Kf	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30		
Q overvann (l/s)=	1 887.20	1 252.47	730.98	471.36	183.59	103.06	64.76	37.17		
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20		
Q tiltak (l/s)=	1 867.20	1 232.47	710.98	451.36	163.59	83.06	44.76	17.17		
Q tiltak (m3/s)=	1.87	1.23	0.71	0.45	0.16	0.08	0.04	0.02		
Volum m3	560.16	739.48	1 279.77	1 624.91	1 766.77	1 794.06	1 933.78	1 483.36		

50-årsregn									
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn	
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400	
C median verdier	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	
I (l/s*ha)	392.80	294.20	175.60	114.30	42.70	23.80	14.50	8.10	
A (ha)	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	
Kf	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	
Q overvann (l/s)=	2 989.08	2 238.77	1 336.26	869.79	324.93	181.11	110.34	61.64	
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	
Q tiltak (l/s)=	2 969.08	2 218.77	1 316.26	849.79	304.93	161.11	90.34	41.64	
Q tiltak (m3/s)=	2.97	2.22	1.32	0.85	0.30	0.16	0.09	0.04	
Volum m3	890.72	1 331.26	2 369.27	3 059.23	3 293.28	3 479.98	3 902.70	3 597.56	

100-årsregn									
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn	
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400	
C median verdier	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	
I (l/s*ha)	433.00	324.60	195.00	127.30	47.00	26.10	15.70	8.80	
A (ha)	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	16.26	
Kf	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	
Q overvann (l/s)=	3 478.05	2 607.33	1 566.33	1 022.53	377.52	209.65	126.11	70.69	
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	
Q tiltak (l/s)=	3 458.05	2 587.33	1 546.33	1 002.53	357.52	189.65	106.11	50.69	
Q tiltak (m3/s)=	3.46	2.59	1.55	1.00	0.36	0.19	0.11	0.05	
Volum m3	1 037.41	1 552.40	2 783.39	3 609.11	3 861.27	4 096.37	4 583.92	4 379.22	



## 2. Overvannsmengder ved tiltak2 ved ulike gjenkatsintervaller

2-årsregn												
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn				
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400				
C	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37				
I (l/s*ha)	189.10	140.50	77.60	48.80	21.10	12.00	8.10	4.90				
A (ha)	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44				
Kf	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
Q overvann (l/s)=	1 010.32	750.66	414.60	260.73	112.73	64.11	43.28	26.18				
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20				
Q tiltak (l/s)=	990.32	730.66	394.60	240.73	92.73	44.11	23.28	6.18				
Q tiltak (m3/s)=	0.99	0.73	0.39	0.24	0.09	0.04	0.02	0.01				
Volum m3	297.10	438.40	710.28	866.62	1 001.52	952.85	1 005.55	533.93				
5-årsregn												
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn				
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400				
C	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37				
I (l/s*ha)	254.40	189.70	109.00	69.80	28.00	15.80	10.20	5.90				
A (ha)	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45				
Kf	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
Q overvann (l/s)=	1 360.15	1 014.23	582.77	373.19	149.70	84.47	54.53	31.54				
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20				
Q tiltak (l/s)=	1 340.15	994.23	562.77	353.19	129.70	64.47	34.53	11.54				
Q tiltak (m3/s)=	1.34	0.99	0.56	0.35	0.13	0.06	0.03	0.01				
Volum m3	402.04	596.54	1 012.98	1 271.47	1 400.78	1 392.65	1 491.88	997.43				
10-årsregn												
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn				
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400				
C	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37				
I (l/s*ha)	297.60	222.40	129.80	83.70	32.60	18.30	11.50	6.60				
A (ha)	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45				
Kf	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00				
Q overvann (l/s)=	1 591.12	1 189.06	693.98	447.50	174.30	97.84	61.48	35.29				
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20				
Q tiltak (l/s)=	1 571.12	1 169.06	673.98	427.50	154.30	77.84	41.48	15.29				
Q tiltak (m3/s)=	1.57	1.17	0.67	0.43	0.15	0.08	0.04	0.02				
Volum m3	471.34	701.44	1 213.16	1 539.01	1 666.40	1 681.36	1 792.14	1 320.79				

50-årsregn									
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn	
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400	
C	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
I (l/s*ha)	392.80	294.20	175.60	114.30	42.70	23.80	14.50	8.10	
A (ha)	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	
Kf	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Q overvann (l/s)=	2 554.18	1 913.04	1 141.84	743.24	277.66	154.76	94.29	52.67	
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	
Q tiltak (l/s)=	2 534.18	1 893.04	1 121.84	723.24	257.66	134.76	74.29	32.67	
Q tiltak (m3/s)=	2.53	1.89	1.12	0.72	0.26	0.13	0.07	0.03	
Volum m3	760.25	1 135.82	2 019.31	2 603.65	2 782.69	2 910.81	3 209.17	2 822.71	

100-årsregn									
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn	
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400	
C	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	
I (l/s*ha)	433.00	324.60	195.00	127.30	47.00	26.10	15.70	8.80	
A (ha)	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	14.45	
Kf	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Q overvann (l/s)=	2 896.92	2 171.69	1 304.62	851.68	314.45	174.62	105.04	58.88	
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	
Q tiltak (l/s)=	2 876.92	2 151.69	1 284.62	831.68	294.45	154.62	85.04	38.88	
Q tiltak (m3/s)=	2.88	2.15	1.28	0.83	0.29	0.15	0.09	0.04	
Volum m3	863.08	1 291.01	2 312.31	2 994.05	3 180.02	3 339.75	3 673.66	3 358.81	

### 3. Overvannsmengder ved tiltak3 ved ulike gjenkatsintervaller

2-årsregn										
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn		
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400		
C	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34		
I (l/s*ha)	189.10	140.50	77.60	48.80	21.10	12.00	8.10	4.90		
A (ha)	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58		
Kf	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Q overvann (l/s)=	937.41	696.49	384.68	241.91	104.60	59.49	40.15	24.29		
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20		
Q tiltak (l/s)=	917.41	676.49	364.68	221.91	84.60	39.49	20.15	4.29		
Q tiltak (m3/s)=	0.92	0.68	0.36	0.22	0.08	0.04	0.02	0.00		
Volum m3	275.22	405.89	656.42	798.88	913.65	852.91	870.62	370.68		
5-årsregn										
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn		
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400		
C	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34		
I (l/s*ha)	254.40	189.70	109.00	69.80	28.00	15.80	10.20	5.90		
A (ha)	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58		
Kf	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Q overvann (l/s)=	1 261.11	940.38	540.33	346.01	138.80	78.32	50.56	29.25		
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20		
Q tiltak (l/s)=	1 241.11	920.38	520.33	326.01	118.80	58.32	30.56	9.25		
Q tiltak (m3/s)=	1.24	0.92	0.52	0.33	0.12	0.06	0.03	0.01		
Volum m3	372.33	552.23	936.60	1 173.65	1 283.06	1 259.79	1 320.34	798.98		
10-årsregn										
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn		
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400		
C	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34		
I (l/s*ha)	297.60	222.40	129.80	83.70	32.60	18.30	11.50	6.60		
A (ha)	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58		
Kf	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Q overvann (l/s)=	1 475.26	1 102.48	643.44	414.92	161.60	90.72	57.01	32.72		
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20		
Q tiltak (l/s)=	1 455.26	1 082.48	623.44	394.92	141.60	70.72	37.01	12.72		
Q tiltak (m3/s)=	1.46	1.08	0.62	0.39	0.14	0.07	0.04	0.01		
Volum m3	436.58	649.49	1 122.20	1 421.70	1 529.33	1 527.48	1 598.74	1 098.79		

50-årsregn									
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn	
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400	
C	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
I (l/s*ha)	392.80	294.20	175.60	114.30	42.70	23.80	14.50	8.10	
A (ha)	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	
Kf	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Q overvann (l/s)=	2 290.81	1 715.77	1 024.10	666.60	249.03	138.80	84.56	47.24	
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	
Q tiltak (l/s)=	2 270.81	1 695.77	1 004.10	646.60	229.03	118.80	64.56	27.24	
Q tiltak (m <sup>3</sup> /s)=	2.27	1.70	1.00	0.65	0.23	0.12	0.06	0.03	
Volum m <sup>3</sup>	681.24	1 017.46	1 807.38	2 327.75	2 473.49	2 566.11	2 789.16	2 353.47	

100-årsregn									
	5 min	10 min	30 min	1 time	3 timer	6 timer	12 timer	1 døgn	
sekunder	300	600	1 800	3 600	10 800	21 600	43 200	86 400	
C	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	
I (l/s*ha)	433.00	324.60	195.00	127.30	47.00	26.10	15.70	8.80	
A (ha)	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	14.58	
Kf	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Q overvann (l/s)=	2 714.65	2 035.05	1 222.53	798.09	294.66	163.63	98.43	55.17	
Q avløpsnett (l/s)=	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	
Q tiltak (l/s)=	2 694.65	2 015.05	1 202.53	778.09	274.66	143.63	78.43	35.17	
Q tiltak (m <sup>3</sup> /s)=	2.69	2.02	1.20	0.78	0.27	0.14	0.08	0.04	
Volum m <sup>3</sup>	808.40	1 209.03	2 164.56	2 801.14	2 966.35	3 102.44	3 388.16	3 038.75	





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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway