

# Erfaringar med lukka dreneringsanlegg for vegar utanfor tettbygde strøk

**Miriam Natalie Lande**  
**Kvalsvik**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2015

Hovedveileidar: Helge Mork, BAT

Medveileidar: Harald Norem, Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet  
Institutt for bygg, anlegg og transport





NORGES TEKNISK-  
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET  
INSTITUTT FOR BYGG, ANLEGG OG TRANSPORT

Oppgåva sin tittel: Erfaringar med lukka dreneringsanlegg for vegar utanfor tettbygde strøk	Dato: 08.06.2015		
	Antall sider (inkl. bilag): 268		
	Masteroppgåve	X	Prosjektoppgåve
Namn: Miriam Natalie Lande Kvalsvik			
Faglærer/rettleiar: Helge Mork, NTNU			
Eksterne fagleg rettleiar: Harald Norem, Statens vegvesen, Vegdirektoratet.			

<p>Ekstrakt:</p> <p>Masteroppgåva tek for seg 7 ulike vegar med lukka drenering i to ulike klimasoner. Oppgåva har tatt for seg erfaringar knytt til lukka drenering på desse vegane. Vegstrekningane har blitt undersøkt gjennom synfaring og intervju. To vegstrekningar har blitt undersøkt nærmare i ei analyse der kapasitet til ulike dreneringselement har blitt undersøkt. Dataprogram som til dømes Novapoint 19.20 og AutoCAD 11 og 15 har blitt nytta i analysen. Erfaringar frå synfaring, samtale og utrekningar ligg til grunn for å vurdere kvalitet – og detaljkrav knytt til dreneringsplanar på ulike plannivå.</p>
---

Stikkord:

1. Lukka drenering
2. Erfaringar
3. Hydraulisk kapasitet
4. Dreneringsplan

*Miriam N. L. Kvalsvik*

(sign.)



# Forord

Denne masteroppgåva er utført ved faggruppe Veg, transport og geomatikk, ved Institutt for Bygg, Anlegg og Transport på NTNU. Arbeidet har blitt utført våren 2015.

Oppgåva er eit samarbeid mellom NTNU og Statens vegvesen. Ekstern rettleiar, Harald Norem, Statens vegvesen, har bidrege i arbeidet med val av problemstilling. Hovudrettleiar, Helge Mork, NTNU, har utarbeida oppgåveteksta for dette prosjektet.

Målet med denne oppgåva er å samle inn erfaringar frå vegar med lukka drenering utanfor tettbygde strøk. Vegane er bygd etter dagens krav. Erfaringar blir samla inn gjennom intervju med tilsette frå ulike etatar i Statens vegvesen, samt gjennom synfaring og datainnsamling. Målet er at oppgåva kan gi nokre viktige innspel til vidare arbeid med Statens vegvesen sine handbøker.

Eg ynskjer å takke Harald Norem for gode innspel, og stort engasjement og inspirasjon. Eg vil også takke alle frå Statens vegvesen som har vore med på synfaring, og har svart på alle mine spørsmål. Ikkje minst vil eg takke dei som har hjelpt meg med datainnsamling. Alle desse er nemnt til slutt i oppgåva. Til slutt vil eg takke Helge Mork for gode råd undervegs og hjelp til gjennomføring av oppgåva.

Trondheim, 10.06.2015

  
Miriam Natalie Lande Kvalsvik



# Samandrag

Lukka drenering på vegar utanfor tettbygde strøk har blitt meir og meir vanleg i Noreg på grunn av grunn av auka fokus på trafikksikkerheit. Samtidig er det ukjent korleis dei ulike løysingane for lukka drenering fungerer når dei blir flytta frå vegar i tettbygde strøk til vegar utanfor tettbygde strøk. Det finst ei avgrensa mengde litteratur om lukka drenering utanfor tettbygde strøk. Denne masteroppgåva samlar difor inn erfaringar for å få meir kunnskap om lukka drenering.

Masteroppgåva er skriva i samarbeid med Statens vegvesen. Masteroppgåva byggjer vidare på eit forprosjekt med tilsvarande tema frå hausten 2014. I arbeid med oppgåva er det gjennomført synfaring på 7 ulike vegstrekningar i to ulike klimasonar. I samband med synfaring er det gjennomført intervju med fagfolk frå Statens vegvesen. For å studere nokre av erfaringane nærmare er det gjennomført ei enkel analyse av kapasiteten til nokre ulike drenselement. I tillegg er detalj - og kvalitetsgrad til ulike dreneringsplanar undersøkt.

I analysen vart kapasiteten til drenssystemet for 2 ulike delstrekningar berekna. Datagrunnlag for analysen vart samla inn for dei aktuelle kommunane og Statens vegvesen. Denne informasjonen blei så behandla i Novapoint 19.20 og AutoCAD 13 og 15, i tillegg til nokre manuelle utrekningar. Rekneprogram frå rørprodusentane Pipelife og Basal har også blitt brukt. Novapoint 19.20 og AutoCAD 13 og 15 har også blitt nytta for å illustrere ulike moglege løysingar som har kome fram som eit resultat av ulike erfaringar.

Resultatet frå analysen viste at for delstrekning 1 hadde minst eit drenselement for utilstrekkeleg kapasitet ved 16 av 21 nedbørsfelt. På delstrekning 2 hadde drenselement 20 av 40 nedbørsfelt utilstrekkeleg kapasitet. Drenselementet utan tilstrekkeleg kapasitet vil fungere som ein «flaskehals» og dreneringsystemet klarer ikkje å ta unna avrenning. Det gjer at ein kan få problem som til dømes erosjon, iskjøving og i verste fall brot på vegen. Under synfaring kunne ein sjå døme på erosjon og iskjøving. Det var problem som gjekk igjen i større eller mindre grad fleire stadar.

Under synfaring kunne ein fleire stadar sjå at stikkrenner hadde for liten kapasitet. Resultat frå synfaring viste også fleire tilfelle der rister til innløp og innløp hadde for liten hydraulisk kapasitet. Det vart også stadfesta gjennom utrekningar i analysen. Det er difor foreslått å auke kapasiteten til desse drenselementa. Det er i tillegg foreslått utforming av innløp med tilhøyrande rist.

Frå synfaring kunne ein erfare at avskjerande grøfter hadde stor effekt mot iskjøving og erosjon i tillegg til at det avlastar resten av dreosanlegget. Under synfaring og intervju kom det fram at fordrøyningsbasseng kan avlaste resten av dreosanlegget og at det er gode erfaringar med dette. Ved å ha løysingar som avlastar dreosanlegget i områder med mykje overvatn kan ein tillate eit dreosanlegg med mindre dimensjonar.

Det viktigaste ein kan trekkje får denne oppgåva er:

- Ein må søke å oppretthalde dei naturlege drensvegane i størst mogleg grad og tilpasse dreneringsanlegg etter lokale forhold.
- Handbøkene bør ha samstemte anbefalingar for utforming av dreosanlegg. Desse kan gjerne utformast som anbefalingar for minste – tverrsnitt.
- For å sikre tilstrekkeleg kapasitet kan det vere naudsynt å gjennomføre ei analyse av kapasiteten til ulike dreneringselement ved planlegging av dreneringsanlegg.
- Statens vegvesen bør truleg stille større krav til at kvalitet og detaljkrav er oppfylt før ein plan blir godkjent.

Ved vidare arbeid hadde det vore spennande å teste nokre av løysingane som er foreslått i fullskala. I samband med dette kunne ein gjennomført eventuelle undersøkingar som er naudsynte for å gjere eventuelle endringar i handbøker frå Statens vegvesen. Det hadde også vore interessant å studere ulike drensplanar, spesielt på byggeplannivå, som ikkje er «som - bygd» plan, og samanlikna dei med korleis verkeleg utforming er.



# Summary

Closed drainage on roads outside urban areas has become more frequent in Norway, due to increased focus on traffic safety. However, it is uncertain how different closed draining solutions works when moved to areas outside the cities. There is a minimum of literature on this subject, and therefore, more experience is important. This master thesis aims to use existing experiences to gain more knowledge about closed drainage outside urban areas.

This thesis is written in collaboration with the Norwegian Public Road Administration, and is an extension of a project from 2014, with the same topic. This work includes inspections from 7 different roads in 2 different climate zones. During inspections, there is conducted interviews with professionals in the Norwegian Public Road Administration. To study experience gathered in this thesis, one analysis is done by calculating the capacity of different drainage elements. In addition is the level for detail and quality to a various drainage plans considered.

When calculating the capacity, 2 sections were studied in more details. There were collected data from the relevant municipalities and the Norwegian Public Road Administration as a basis for the calculations. This information was then processed in Novapoint 19.20 and AutoCAD 13 and 15, in addition to some manual calculations. Computing program from pipe manufacturers Pipelife and Basal has also been used. Novapoint 19.20 and AutoCAD 13 and 15 have also been used to illustrate various possible solutions as a result of different experiences.

Calculations showed that in section 1, 16 of 21 watersheds had at least one drainage element with insufficient capacity. In section 2, 20 of 40 watersheds had insufficient capacity. Drainage elements with the lack of capacity will result in a “bottleneck”. The consequence is problems with erosion, aufeis, or in worst case, a broken road. During inspections, examples of such problems were revealed. Erosion and aufeis was a problem on several locations.

During inspections it was observed insufficient hydraulic capacity on culvert. Results from the inspections also showed that many of the intake and intake grids had insufficient hydraulic capacity. Also confirmed by the calculations in the analysis. Therefore it is suggested an increase in capacity for these drainage elements. To improve hydraulic performance on the inlets it is suggested some alternative intakes.

During inspections it was observed that intercepting ditches had considerable effect against erosion and aufeis, as well as it relieved the rest of the drainage system. Distribution basin may relieve the drainage system, and the experience with this was very positive. Solutions that relieves the drainage system, especially in areas with a lot of surface water can allow a drainage system with smaller dimensions.

The most important conclusion from this thesis is:

- One must seek to maintain the natural drainage system in the greatest extent as possible and adapt drainage systems to local conditions.
- The manuals from Norwegian Public Road Administration should have uniform recommendations for the design of drainage systems. The recommendations could be presented as minimum- cross section.
- To ensure sufficient capacity it may be necessary to carry out an analysis of the capacity of various drainage element when planning drainage system.
- The Norwegian Public Road Administration should probably set stronger demands on the quality and details on a drainage plan before a plan is approved.

In further studies it had been exciting to test some of the proposed solutions full scale. In this context, one could conduct investigations necessary to make changes in the handbooks from Norwegian Public Road Administration. It could also be interesting to study different drainage plans, especially construction plan that is not an “as – built” plan, and compared them with existing design.

# Innhald

Forord .....	iii
Samandrag .....	v
Summary .....	vii
Innhald.....	ix
Figurliste.....	xiii
Tabelliste .....	xv
Forkortingar.....	xvi
Definisjonar .....	xvii
1. Innleiing .....	1
2. Metode.....	4
2.1. Intervju.....	4
2.2. Synfaring .....	5
3. Erfaringar med ulike løysingar .....	7
3.1. Dei ulike vegstrekningane .....	7
3.1.1. E39 Staurset – Renndalen .....	7
3.1.2. E39 Astad - Høgset .....	8
3.1.3. Fv 653 Eiksundsambandet .....	9
3.1.4. E39 Kvivsvegen .....	9
3.1.5. Rv 3 Åsta, Gita bru - Skjærodden.....	11
3.1.6. E6 Labbdalen - Skaberud.....	11
3.1.7. E6 Strandlykkja - Labbdalen.....	12
3.2. Utvasking av finstoff og erosjon .....	13
3.3. Grunne sidegrøfter .....	14
3.3.1. Iskjøving og is som slepp.....	14
3.3.2. Bekkar til grunn sidegrøft .....	16
3.3.3. Avslutning av rekkeverk i grøft .....	16

3.3.4. Snølagring .....	18
3.4. Drenering av omliggjande terreng .....	20
3.4.1. Samling av vatn.....	20
3.4.2. Føring av overflatevatn frå sideterreng igjennom vegen .....	21
3.4.3. Avskjerande grøft.....	23
3.4.4. Driftsveg .....	24
3.4.5. Tunnellinnløp.....	25
3.4.6. Vatn på uventa stadar .....	26
3.5. Innløp.....	27
3.5.1. Kuppelrist.....	28
3.5.2. Tilpassa rist .....	28
3.5.3. Bekkeinntak .....	30
3.6. Nedløp .....	31
3.7. Fordrøyning .....	32
3.8. Tilbakefylling .....	34
3.9 Midtdelar .....	35
3.10. Djupdrenering.....	36
3.11. Infiltrasjonsløyising .....	37
3.12. Klimafaktor.....	38
4. Grunnlag for analyse .....	40
4.1. Avrenning .....	41
4.1.1. Nedbørsfelt.....	41
4.1.2. Avrenning ved den rasjonelle formel.....	42
4.1.3. Avrenning frå veg .....	45
4.2. Kapasitetsrekning .....	46
4.2.1. Kapasitet til grunn sidegrøft.....	46
4.2.2. Kapasitetsrekning på inntaksrister .....	47

4.2.3. Kapasitetsrekning på kum.....	48
4.2.4. Kapasitetsrekning på sirkulære stikkrenner .....	48
4.3. Usikkerheit.....	50
5. Drensplan .....	51
5.1. Drensplan på ulike plannivå .....	51
5.2. Eksisterande krav til drensplan på ulike plannivå .....	52
5.3. Vurdere kvalitet – og detaljgrad av byggeplan.....	53
5.4. Samsvar mellom planane og utførselen? .....	54
6. Forslag til løysingar.....	55
6.1. Grøft.....	55
6.2. Avskjerande grøft .....	59
6.2.1. Terrenggrøft .....	60
6.2.2. Nisje .....	61
6.3. Nedføringsrenne og bekkeinntak .....	63
6.4. Inntaksrist .....	65
6.4.1. Kum i sidebratt terreng .....	65
6.4.2. Vingemur med tilpassa rist .....	68
6.4.3. Rist ved sandfangskum .....	69
6.5. Stikkrenner.....	70
6.6. Fordrøyningsbasseng .....	70
6.7. Alternativ flaumveg .....	71
7. Enkel analyse.....	72
7.1. Delstrekning 1 – resultat og vurdering av resultat.....	72
7.1.1. Stikkrenner .....	73
7.1.2. Kuppelrister.....	75
7.1.3. Grøft.....	76
7.1.4. Oppsummering av resultat for delstrekning 2.....	79

7.2. Delstrekning 2 – resultat og vurdering av resultat.....	81
7.2.1. Stikkrenner ovanfor veg.....	82
7.2.2. Kapasitet rist .....	85
7.2.3. Stikkrenne på tvers av E39.....	88
7.2.4. Grøft.....	91
7.2.5. Oppsummering av resultat for delstrekning 2.....	94
8. Forslag til kvalitet – og detaljkrav til dreneringsplanar på regulering – og byggeplannivå.	97
8.1. Drensplan på reguleringsplannivå .....	97
8.1.1. Detaljkrav til reguleringsplan .....	98
8.2. Drensplan på byggeplannivå .....	99
8.2.1. Detaljkrav til byggeplan.....	99
8.2.2. Kvalitetskrav til byggeplan .....	100
10. Drøfting .....	101
10.1. Synfaring og nye løysingar.....	101
10.2. Enkel analyse.....	106
10.3. Tiltak dersom det er for liten kapasitet.....	109
10.4. Generelle retningslinjer for utføring av analyse .....	112
10.5. Drenering ved ulike plannivå .....	114
11. Oppsummering og konklusjonar .....	116
12. Vidare arbeid .....	119
Referansar.....	120

# Figurliste

Figur 1. E39 Renndalen - Staurset. Bilete: Ole Gunnar Sølberg, Statens vegvesen. ....	7
Figur 2. E39 Astad - Høgset. Utsnitt av kart frå Norgeskart.no.....	8
Figur 3. Fv 653 Eiksundsambandet, Statens vegvesen(2008).....	9
Figur 4. E39 Kvisvegen i sidebratt terreng, (Statens vegvesen, 2012b). ....	10
Figur 5. Rv 3 Åsta, (Statens vegvesen, 2012c). ....	11
Figur 6. E6 Labbdalen - Skaberud, (Statens vegvesen, 2011a).....	12
Figur 7. E6 Minnesund - Labbdalen, (Statens vegvesen, 2015). ....	13
Figur 8. Grunn sidegrøft etter utbetring, E39 Staurset – Renndalen, Foto: Kvalsvik.....	15
Figur 9. Avslutning av rekkverk på E39 Kvisvegen, Foto: Kvalsvik. ....	17
Figur 10. Snø smeltar og vatn renn ut i vegbana, Foto: Kvalsvik.....	18
Figur 11. Utforming av skulder.....	19
Figur 12. Fleire små bekkar samla til ein stor bekk, Foto: Kvalsvik. ....	20
Figur 13. Frå bekkeinntak til kum, E39 Astad - Høgset, Foto: Kvalsvik.....	22
Figur 14. Grunne grøfter og sidebratt terreng på Fv 653 Eiksundsambandet, Foto: Kvalsvik.23	
Figur 15. Drenering ved innløp til tunnell, Foto: Svein Skeide, Statens vegvesen.....	26
Figur 16. Tilpassa rist på vingemur, E6 Labbdalen - Skaberud, Foto: Kvalsvik, 2015. ....	28
Figur 17. "Sognekum", E39 Kvisvegen, Foto: Kvalsvik, 2015. ....	29
Figur 18. Plastra nedløp som er ført til resipient, E39 Kvisvegen, Foto: Kvalsvik, 2015. ....	31
Figur 19. Eit av tre fordrøyningsbasseng ved E39 Renndalen - Staurset, Foto: Kvalsvik.....	32
Figur 20. To av tre bekkeutløp som fører til fordrøyningsbasseng, Foto: Kvalsvik, 2015. ....	33
Figur 21. Djupdrenering. ....	37
Figur 22. IVF – kurve for ulike vérstasjonar i nærleiken av Batnfjorden. ....	44
Figur 23. Grøft etter Hb N101, til venstre er grøftebotn 0,2 meter brei og til høgre 0,5 meter brei.....	56
Figur 24. Grøfteprofil etter Hb N200. ....	56
Figur 25. Eit alternativt grøfteprofil. ....	57

Figur 26. Prinsippskisse: Nisje i fjellskjering. ....	62
Figur 27. Prinsippskisse: plastra nedføringsrenne til bekkeinntak. ....	64
Figur 28. Prinsippskisse: kum i sidebratt terreng – Snitteikning .....	66
Figur 29. Prinsippskisse: kum i sidebratt terreng - Planteikning .....	66
Figur 30. Prinsippskisse: Døme på vingemur med tilpassa rist. ....	68
Figur 31. Delstrekning 1 er delt inn i 21 nedbørsfelt. ....	72
Figur 32. Utsnitt av nedbørsfelt to og tre, med tilhøyrande dreselement. ....	75
Figur 33. Utsnitt frå nedbørsfelt 6 på delstrekning 1. ....	78
Figur 34. Delstrekning 2 er delt inn i 40 nedbørsfelt. ....	81
Figur 35. Overvatn frå terreng blir samla og ført til stikkrenne. ....	82
Figur 36. Utsnitt av nedbørsfelt 38 på delstrekning 2. ....	85
Figur 37. Utsnitt av nedbørsfelt 21 på delstrekning 2. ....	91



## Tabelliste

Tabell 1. Samanlikning av mengdeuttak og kapasitet for ulike grøfteprofilar.....	58
Tabell 2. Overslagsutrekning for kapasiteten til to ulike kuppelrister .....	69
Tabell 3. Samanlikning av dimensjonerande avrenning og kapasitet til stikkrenner .....	73
Tabell 4. Kapasitet til kuppelrister samanlikna med avrenning frå nedbørsfelt.....	76
Tabell 5. Kapasitet til grøft samanlikna med avrenning frå nedbørsfelt.....	77
Tabell 6.Samanlikning av kapasitet grøft og avrenning.....	79
Tabell 7.Oppsummering av kapasiteten til ulike drenselement .....	80
Tabell 8. Kapasitet stikkrenner ved driftsveg og avrenning frå terreng.....	83
Tabell 9. Samanlikning av avrenning og kapasitet til inntaksrist.....	86
Tabell 10. Samanlikning av kapasitet til stikkrenne på tvers av E39 og avrenning.....	89
Tabell 11. Dimensjonerande avrenning samanlikna med kapasitet grøft. ....	92
Tabell 12. Oppsummering av kapasiteten til ulike drenselement .....	94

# Forkortingar

Fv - Fylkesveg

Hb - Handbok

ICE - Institution of Civil Engineers

IVF - Intensitet, varigheit og frekvenskurve.

JBV - Jernbaneverket

KMD- Kommunal og moderniseringsdepartementet

M.fl- Med fleire

NF - Nedbørsfelt

NP - Novapoint

PBL - Plan og bygningslova

Rv - Riksveg

TS - Trafikksikkerheit

## Definisjonar

<b>Bekkeinnløp</b>	Område oppstrøms eit innløp.
<b>Energidrepar</b>	Ein gjenstand som kan medføre at vatn får redusert rørsleenergi.
<b>Flomveg</b>	Lågpunkt og eller strekningar i terrenget eller i busette område der vatnet kan bli avleia ved ein flaum, Lindholm m.fl. (2008)
<b>Fordrøyningsbasseng</b>	Eit «naturleg» basseng som kan samle overvatn og kan fordrøye/magasinere vatn.
<b>Iskjøving</b>	Is som ligg lagvis innanfor eit vegområde. Til dømes overvatn som frys i vegskjering
<b>Kum</b>	Konstruksjon som fører vatn under terrengnivå. Kum kan vere med eller utan lokk og med eller utan sandfang (Statens vegvesen, 2014a).
<b>Kuppelrist</b>	Rist som har form som ein kuppel. Kan sjå døme på figur i bilag B6.
<b>Nedbørsfelt</b>	Eit areal som bidreg med avrenning til ei tilhøyrande vegstrekning.
<b>Nedføringsrenne</b>	Ei renne der ein kan føre vatn.
<b>Resipient</b>	Samnemning for ulike vasskjelder som bekk, elv, innsjø, hav, myr, osv.
<b>Returperiode/ gjentaksintervall</b>	Tidsintervall for eit gitt tal år (i middel over ei lengre tidsperiode) mellom regn- eller avrenningstilfeller for ein gitt intensitet, (Lindholm m. fl., 2008, s.71)
<b>Stikkrenne</b>	Med stikkrenne/kulvert i denne oppgåva er det meint eit gjennomløp på tvers av veg, fylling, eller andre stadar det kan vere naturleg å ha ei rørledning. I denne oppgåva er stikkrenne nytta konsekvent for både stikkrenne og kulvert.
<b>Tilløp</b>	Overgang frå bekk/nedføringsrenne/kanal e.l. til ei stikkrenne.



# 1. Innleiing

Vatn kan gjere store skadar på ein veg. Difor er drenering av veg ein svært sentral del innan vegbygging og vegplanlegging. Ein har i hovudsak open og lukka drenering. Lukka drenering av veg er tradisjonelt brukt i tettbygde strøk, og dei same løysingane har blitt meir og meir vanleg også utanfor tettbygde strøk. På vegar med lukka drenering som ligg utanfor tettbygde strøk har ein erfart at ein del problem med kapasitet og/eller vinterdrift når ein nyttar dei same løysingane for lukka drenering som i tettbygde strøk. Erfaringar knytt til vegar med lukka drenering utanfor tettbygde strøk blir difor undersøkt nærmare i denne oppgåva.

Masteroppgåva er skriva i samarbeid med Statens vegvesen og byggjer på eit forprosjekt som blei gjennomført hausten 2014. Det var ei prosjektoppgåve som bestod av eit litteraturstudium om lukka drenering og i tillegg blei det gjennomført synfaring på vegane E39 Staurset – Renndalen og E39 Astad - Høgset. Litteraturstudiet var hovudsakleg retta mot hydraulisk dimensjonering og utføring av lukka drenering. Teori som er gjennomgått i prosjektoppgåva blir lagt til grunn for denne masteroppgåva og vil difor ikkje bli gjennomgått på nytt. Teori som er nytta i denne masteroppgåva er teori som går djupare inn på omtalte tema, eller tema som ikkje blei gjennomgått i prosjektoppgåva.

Hovudmålsettinga med denne oppgåva er å avdekke kva slags erfaringar som er knytt til lukka drenering på relativt nye vegar som ligg utanfor tettbygde strøk. Det er eit mål at erfaringar vil avdekke kva som fungerer og ikkje ved lukka drenering på dei utvalde strekningane. Målet er at ein kan nytte erfaringane til å utarbeide forslag til ulike dreneringsløysingar. Dersom spesielt interessante parti blir avdekka under synfaring vil kapasiteten til dreneringsanlegget bli kontrollrekna ved desse partia. Eit mål for denne oppgåva er å vurdere detalj- og kvalitetsgrad til ulike planar og deretter utarbeide forslag til detalj- og kvalitetskrav.

Dyktige og imøtekomande personell frå Statens vegvesen har delt mange av sine erfaringar. Opphavelig var det også eit ønskje å møte eventuelle andre relevante aktørar, personell som driv drift – og vedlikehald for Statens vegvesen. Dette blei også nokre gangar avtalt, men sidan dei har ein travel kvardag vart det dessverre ikkje gjennomført.

Det var også eit mål å gå igjennom dreneringsplanane frå planfasen og samanlikne byggeplan med det som er bygd. Problemet var at planane som var mogleg å få tak i var «som – bygd» drensplanar. Det var difor ikkje mogleg å samanlikne det som var planlagt med det som var bygd. Det gjorde det også vanskelegare å vurdere detalj- og kvalitetsgrad for dreneringsplanane. Det kjem av at ein «som – bygd» plan er meir å rekne som ein dokumentasjon på kva som er gjort og ikkje ein drensplan. Det blir då vanskeleg å vurdere kor mykje som er endra frå byggjeplan til «som – bygd» plan. Når det er vanskeleg å vurdere detalj- og kvalitetsgrad for dreneringsplanane er det også vanskeleg å anbefale detalj- og kvalitetskrav. Det vart likevel gjennomført en liten og generell analyse med bakgrunn i data som var samla inn, og med støtte i teori og erfaringar frå Statens vegvesen og synfaring.

Innsamling av erfaringar skjedde ved synfaring og intervju knytt til dei ulike synfaringane. Det har vore synfaring på 7 ulike vegar i to ulike klimasoner. På nokre av vegane har det vore synfaring ein gong og på andre har det blitt gjennomført fleire synfaringar. I tillegg er det gjennomført ei analyse der kapasiteten til drenelement på to ulike delstrekningar er rekna på. I denne analysen er dataprogrammet Novapoint versjon 19.20 nytta. For resten av oppgåva vil det bli omtalt som Novapoint. I tillegg er AutoCAD versjon 13 og 15 nytta, men programmet vil bli omtalt som AutoCAD i oppgåva.

Oppgåva vil ha fokus på utforming av løysingar ved lukka drenering på vegar utanfor tettbygde strøk og korleis løysingane fungere. Når drenering er omtalt i denne oppgåva er det snakk om lukka drenering utanfor tettbygde strøk så fram ikkje noko anna er skreve. Det vil ikkje vere eit fokus på korleis drenering (dårleg drenering) vil påverke vegkroppen i denne oppgåva. Open drenering, lukka drenering i tettbygde strøk og drenering i tunellar vil ikkje bli omtalt her. Skred av ulike typar vil ikkje være ein del av denne oppgåva. Økonomi vil heller ikkje vere ein faktor så lenge ikkje anna er nemnt. Løysingar for reinsing av overflatevatn vil ikkje bli fokusert på. I arbeidet med denne oppgåva er fokuset på vegar med lukka drenering som er bygd etter dagens standard.

Kapittel 2 i denne rapporten omhandlar metode, medan kapittel 3 inneheld ein presentasjon av dei ulike vegstrekningane og beskriv ulike erfaringar som er samla inn. Kapittel 4 beskriv nødvendig teori og val som ligg til grunn for analyse av to delstrekningar. Kapittel 5 inneheld litt teori om drengplanar på ulike plannivå i tillegg blir nokre planar undersøkt nærmare. I kapittel 6 blir eit utval av løysingar foreslått med utgangspunkt i erfaringar frå kapittel 3. Kapittel 7 inneheld resultat og kommentarar til resultat frå analysen som er omtalt i kapittel 4. I kapittel 8 finn ein forslag til kvalitet – og detaljkrav med utgangspunkt i drengplanane som er vurdert. Kapittel 10 drøfting av resultat og metode som er nytta. I kapittel 10 finn ein oppsummering og konklusjonar og i kapittel 11 er forslag til vidare arbeid nemnt.

## 2. Metode

Det er nytta kvalitativ forskingsmetode i denne oppgåva. I denne masteroppgåva er det utført synfaring på 4 vegstrekningar i Møre og Romsdal og 3 vegstrekningar i Hedmark. I tillegg er det gjennomført intervju med fagfolk frå Statens vegvesen i samband med synfaring. Kvalitativ forskingsmetode er valt fordi då kan ein sjå på fleire system og samtidig studere enkelte komponentar nærmare. Slik kan eg her studere fleire drensssystem og deretter studere enkelte løysingar nærmare om det skulle vere aktuelt. Ved kvalitativ metode tek det lang tid å samle inn data om slike løysingar. Det er ei ulempe dersom ein ønskjer mykje data for å få ei auka truverdig framstilling av resultat. Ved å samle fleire gyldige resultat er det lettare å konkludere. Likevel kan ein ved bruk av kvalitativ metode ofte sjå ein trend for det som er undersøkt. Eg har under heile arbeidet prøvd å vere objektiv og kome med ei best mogleg fagleg vurdering.

### 2.1. Intervju

I følge Fossåskaret (1997) bør ein ved kvalitativ analyse ha ein disposisjon som legg til rette for at intervjuobjektet kan beskrive gitt tema. I denne oppgåva er det nytta same spørsmål som Kvalsvik (2014). Slik får ein eit likt grunnlag som gjer det enklare å samanlikne resultat. Her var det fleire ulike spørsmål for kvart tema, for å få intervjuobjektet til å beskrive gitt tema. Spørsmål som låg til grunn for intervju kan ein finne i bilag A. For å førebu intervjuobjekta var det i forkant av synfaring forklart over e-post kva tema som var aktuelle å studere. Fokuset på intervjuet var drift og vedlikehald knytt til lukka drenering, og presentasjon og erfaringar med ulike løysingar. Wadel (1991) skriv at kvalitativ metode i forbindelse med feltarbeid er ein runddans mellom teori, data, metode. Til dømes nye førestillingar leier til at ein utviklar nye teoriar eller hypotesar. Sidan intervju i denne oppgåva er utført i samband med synfaring, kunne det oppstå ein slik runddans mellom teori, data, metode. Det kan medføre at ein får belyst aktuelle tema som ein ikkje var bevisst på i heile prosessen. Ved å kombinere intervju og synfaring kan ein få avdekka meir komplekse samanhengar og detaljar enn ved kvantitativ metode.



Intervjua har vore av meir eller mindre uformell karakter, sidan det blei gjennomført under synfaringa. Fossåskaret (1997) skriv at innsamling av data i feltet er prega av nærleik, gjensidigheit, og lausare struktur. Ein kan då få svar på spørsmål som ein opphavelig ikkje har stilt. Dei som har blitt intervjua i denne oppgåva har blitt valt fordi dei har stor kunnskap om det aktuelle tema på den aktuelle strekninga og et reflektert forhold til sitt arbeid. Sjølv om ein ikkje kan generalisere resultatane som kom fram under intervju har dei som har blitt intervjua stor kunnskap om kvar «skoen trykkjer».

## 2.2. Synfaring

I denne oppgåva har 7 ulike vegstrekningar med lukka drenering blitt undersøkt nærmare. Desse vegstrekningane er valt i samarbeid med fagfolk i Statens vegvesen som har kjennskap til dei ulike vegane i sitt distrikt. Det har blitt valt vegar frå to ulike distrikt fordi det var eit ønskje om å samanlikne kva slags erfaringar som finst i ulike klimasoner. Vegstrekningane som er valt er alle bygd etter dagens standard. Synfaringane har blitt gjennomført i samarbeid med dyktige og erfarne folk frå drift og vedlikehald i Statens vegvesen og planleggjarar i Statens vegvesen som har god kjennskap til dreosanlegget på vegen. På nokre av vegane har det vore møte med planleggjarane i forkant eller etterkant av synfaring. Slik har ein fått samla meir informasjon om vegstrekningane.

God førebuing som innebar å finne mest mogleg informasjon om vegstrekninga og førebuing av spørsmål før synfaring bidrog til å få mest mogleg ut av kvar synfaring. På nokre av vegstrekningane vart det gjennomført ei synfaring. Der det var behov for å studere detaljar nærmare vart det gjennomført fleire synfaringar. Sidan vegstrekningane er i geografisk stor avstand var gjennomføring av synfaring tidkrevjande. Det var difor avgrensa med tid til synfaring. Ved spørsmål i etterkant av synfaring har desse blitt svart på gjennom kontakt på e – post. Målet med synfaringane har vore å kartlegge kva ulike dreneringsløysingar det er på dreosanlegga. Ønska å studere utforming til løysingane, korleis desse er utforma og kva slags erfaringar det finst knytt til løysingane. Eit anna mål har vore å kartlegge dei ulike delane av dreosanlegga og danne seg eit samansett bilete av kvifor det fungerer slik som det gjer.

Dei 7 ulike vegstrekningane som er undersøkt er E39 Staurset – Renndalen, E39 Astad – Høgset, Fv 653 Eiksundsambandet, E39 Kvivsvegen i Møre og Romsdal, og Rv 3 Åsta, E6 Labbdalen – Skaberud, E6 Strandlykkja – Labbdalen i Hedmark. Hausen 2014 var ein varm og tørr haust i Møre og Romsdal. Dette kunne ein også sjå igjen under synfaring då det var svært lite vatn i dreosanlegget. Vinteren 2015 har var mild, med mykje nedbør og vekslende temperaturar, rundt 0°C, i Møre og Romsdal. I Hedmark har det vore mykje snø, og tidleg vår. På begge stadane har det vore ein kald vår.

### 3. Erfaringar med ulike løysingar

I dette kapittelet vil det bli presentert ulike erfaringar, gode og uheldige, ved det lukka dreneringsanlegg. Dette er erfaringar som er avdekkja igjennom synfaring og intervju. Med uheldige løysingar er det i denne oppgåva meint løysingar Statens vegvesen har erfart ulike problem med, eller som har medført problem andre stadar i drengssystema. Med gode løysingar er det meint løysingar som har fungert som planlagt eller betre, utan at det har oppstått noko problem.

#### 3.1. Dei ulike vegstrekningane

##### 3.1.1. E39 Staurset – Renndalen

Vegstrekninga E39 Staurset – Renndalen ligg på fylkesgrensa mellom Møre og Romsdal og Sør Trøndelag. Vegen opna for trafikk 2010. Vegen har lukka drenering frå Busteinsbukta til Staurset, men ikkje frå Busteinbukta til Renndalen. Når ein omtalar E39 Staurset – Renndalen er det den delen av parsellen med lukka drenering som er meint. Vegen ligg i sidebratt terreng langs ein fjord og har stadvis store fjellskjeringar. Oversiktsbilete av vegen i figur 1.



Figur 1. E39 Renndalen - Staurset. Bilete: Ole Gunnar Sølberg, Statens vegvesen.

Synfaring på E39 Staurset – Renndalen blei gjennomført 19.09.2014 saman med Nils Erling Skålvik og Harald Norem i Statens vegvesen. I tillegg er det gjennomført intervju med Odd Arild Lindseth i Statens vegvesen om denne vegen, og det har vore e-post kontakt med Ole Gunnar Sølberg, Statens vegvesen.

### 3.1.2. E39 Astad - Høgset

E39 Astad - Høgset ligg i Gjemnes kommune i Møre og Romsdal og opna for trafikk i 2013. Før dette hadde dei hatt ein hard vinter der vegen var ferdig, men ikkje opna for trafikk. Under denne vinteren fekk dei avdekt fleire problem og utbetra desse før opning. Vegen ligg i sidebratt terreng med skog og utmark ovanfor. Ovanfor vegen er det også ein driftsveg som ligg parallelt med vegen nesten heilt samanhengande. Driftsvegen er laga fordi området langs vegen består av mange og smale teigar. Gjennom driftsvegen får busetnad som ligg nedanfor vegen tilgang til si utmark ovanfor E39. I figur 2 kan ein sjå eit utsnitt av vegen frå Astad - Høgset. Under synfaring vart heile parsellen undersøkt, men elles i denne oppgåva er det snakk om strekninga frå Blakstad til Høgset-tunnellen når E39 Astad - Høgset blir omtalt.



Figur 2. E39 Astad - Høgset. Utsnitt av kart frå Norgeskart.no

Synfaring på E39 Astad - Høgset blei gjennomført 19.09.2014 saman med Geir Hatlelid og Harald Norem i Statens vegvesen. Synfaring blei også gjennomført 17.10.2014 saman med Odd Arild Lindseth i Statens vegvesen. I tillegg er synfaring gjennomført aleine 27.02.2015.

### 3.1.3. Fv 653 Eiksundsambandet

Fv 653 Eiksundsambandet ligg i Møre og Romsdal og opna for trafikk i 2008. Fv 653 Eiksundsambandet består av ei bru, tre tunellar og ca. 5 km med veg. Når Fv 653 Eiksundsambandet blir omtalt i denne oppgåva er det snakk om ein vegparsell i dagen som går frå Eiksundstunellen til Helgehorntunellen, langs Sørheimstranda. Denne vegstrekninga er merka som nummer 4 i figur 3.



Figur 3. Fv 653 Eiksundsambandet, Statens vegvesen(2008).

Ei rask synfaring på Fv 653 Eiksundsambandet blei gjennomført 25.02.2015 saman med Svein Skeide frå Statens vegvesen. Ei meir grundig synfaring vart gjennomført 30.03.2015.

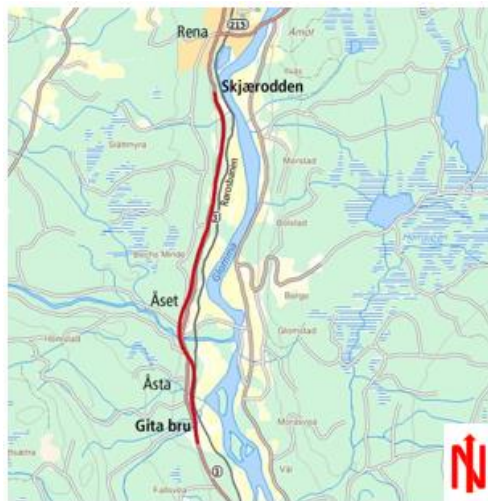
### 3.1.4. E39 Kvivsvegen

E39 Kvivsvegen ligg på grensa mellom Møre og Romsdal og i Sogn og Fjordane. Kvivsvegen er ein del av kyststammevegen Kristiansand – Bergen – Ålesund – Trondheim og opna offisielt for trafikk i 2012, (Statens vegvesen, 2012a). Under synfaring blei heile Kvivsvegen undersøkt. I tillegg blei også E39 Løvikneset – Årset (Hjartåberget) undersøkt. Det er eigentleg to ulike prosjekt, men som følgje av utbygging av E39 Kvivsvegen blei også veg forbi Hjartåberget utbetra, (Statens vegvesen, 2012b). Eksisterande veg langs Hjartåberget, hadde dårleg standard og var svært utsett for steinsprang og ras. Når E39 blir omtalt i denne oppgåva er det hovudsakelig snakk om veg som går i dagen ved Hjartåberget og vegstrekninga går i dagen



### 3.1.5. Rv 3 Åsta, Gita bru - Skjærodden

Rv 3 Gita bru – Skjærodden blir egentleg berre kalla Rv 3 Åsta, og det er det som vil bli nytta i denne oppgåva også. Rv 3 Åsta er ca. 7 km lang vegstrekning som ligg sør for Rena i Hedmark fylke, Statens vegvesen (2012c). Som ein kan sjå av figur 5 så ligg Rv. 3 Åsta i delvis sidebratt terreng, med Glomma nedanfor. Ein har difor tatt omsyn til vassmengdene både ovanfor og nedanfor vegen ved bygging av Åsta. Vegen var ferdigstilt hausten 2014, det er difor avgrensa med driftserfaring her foreløpig.



Figur 5. Rv 3 Åsta, (Statens vegvesen, 2012c).

Synfaring på Rv 3 Åsta blei gjennomført 12.02.2015 saman med Johan Nøkleholm og Harald Norem i Statens vegvesen.

### 3.1.6. E6 Labbdalen - Skaberud

E6 Labbdalen - Skaberud er ein del av fellesprosjektet E6 – Dovrebanen som består av mange ulike vegparsellar. Parsellen er bygd som ein del av prosjektet E6 Gardermoen – Biri og var ferdig i 2009. Vegen er ein fire felts motorveg, med midtdelar. E6 Labbdalen – Skaberud har infiltrasjonsløysing i staden for tradisjonell lukka drenering. Ein kan sjå oversiktsbilete over vegstrekninga i figur 6.



Figur 6. E6 Labbdalen - Skaberud, (Statens vegvesen, 2011a).

Synfaring på E6 Labbdalen - Skaberud blei gjennomført 11.02.2015 saman med Ola Harald Lunde, Brede Løvlien og Harald Norem i Statens vegvesen. Same dag, og med same personell frå Statens vegvesen blei det også gjennomført synfaring på E6 Strandlykkja - Labbdalen.

### 3.1.7. E6 Strandlykkja - Labbdalen

E6 Minnesund - Labbdalen er som ein kan sjå i figur 7 er ein del av fellesprosjektet E6 – Dovrebanen. Fellesprosjektet E6 - Dovrebanen er eit samarbeidsprosjekt mellom JBV og Statens vegvesen. Dette prosjektet består av mange ulike vegparsellar. E6 Minnesund - Labbdalen er fortsatt under bygging, men delstrekninga E6 Strandlykkja - Labbdalen opna for trafikk 13.12.2014. Synfaring blei utført på delstrekninga E6 Strandlykkja - Labbdalen.





Figur 7. E6 Minnesund - Labbdalen, (Statens vegvesen, 2015).

Sidan denne vegstrekninga er ny opna, er det foreløpig få driftserfaringar. Planleggarane for E6 Strandlykkja - Labbdalen er dei same som for E6 Labbdalen - Skaberud. Dei har brukt driftserfaringane frå E6 Labbdalen - Skaberud ved planlegging og bygging av dette nye vegstrekket. Det er infiltrasjonsløyising på denne vegstrekninga slik som på Labbdalen - Skaberud. I tillegg til synfaring blei det også gjennomført eit møte med Jarle Tangen og Eva-Lena Winge som arbeidar med fellesprosjektet E6 Dovrebanen og E6 Gardermoen - Biri i Statens vegvesen.

### 3.2. Utvasking av finstoff og erosjon

Utvasking av finstoff og erosjon er eit problem ein kunne sjå gjentatte gongar ved ulike dreisløyisingar. I følgje Fergus m. fl. (2010) betyr erosjon eigentleg «avgnaging», erosjon inneberer med andre ord at vatnet riv laus partiklar og fører det til ein anna stad. Erosjon oppstår når meir materiale blir fjerna frå ein stad enn det blir tilført, (Fergus m. fl., 2010). Erosjon og utvasking av finstoff skjer ofte når hastigheita til vatnet blir for høg for det materialet som blir erodert på, og vatnet klarar å rive laus partiklar. Aktuelle tiltak for sikring mot erosjon vere reduksjon av hastigheita til vatnet ved å drepe energi, plastring av skråningar og innløp og utløp, vegetasjon osv., (Lindholm, m. fl., 2008). Slik sikring vert i denne oppgåva omtalt som erosjonstiltak, eller energidrepar.

Erosjon er eit problem ved lukka drenering då finstoff i overvatnet medfører ein auka slitasje på rør og andre komponentar i dreneringsanlegg. Finstoff er også eit problem då det kan sedimentere og føre til blokkering av til dømes rør. Eit anna stort problem er dersom ein får utgraving omkring rør, inntak osv. som i verste fall kan medføre at vegen kan rase vekk. Utvasking av finstoff og erosjon er ofte eit problem som oppstår i samband med uheldige løysingar. Det vil difor vere nærmare omtalt i andre kapittel.

### 3.3. Grunne sidegrøfter

Ved utforming av grunne sidegrøfter blir det ofte tatt utgangspunkt i grøfteprofil som er omtalt i dei ulike handbøkene. Handbøkene N101 og N200 angir to ulike forslag til utforming av grunne sidegrøfter. I følgje Hb N101 skal dei grunne sidegrøftene utformast med djupne 0,3 meter og 0,2 – 0,5 meter breidde på botn grøft. Helling frå botn grøft til skulderkant på veg er anbefalt til 1:4, (1:3). I følgje Hb N200 skal dei grunne sidegrøftene utformast med djupne på minst 0,4 meter, og 0,5 meter breidde på botn grøft. Helling frå botn grøft til skulderkant på veg er anbefalt til 1:3, (1:4). På dei fleste vegane i denne oppgåva er dei grunne sidegrøftene utforma slik som det er beskrive i Hb N101. Erfaringar frå dei ulike vegstrekningane er at grunn sidegrøft i mange tilfelle er ei uheldig løysing. Problem knytt til grunn sidegrøft blir difor nærmare presentert.

#### 3.3.1. Iskjøving og is som slepp

På alle vegane i denne oppgåva har det vore problem med iskjøving i større eller mindre grad. Nokre stadar har det vore problem med iskjøving i skjering, og andre stadar har det vore problem med iskjøving i grøft. «Iskjøving kan oppstå når overflatevatn eller grunnvatn frys i vegområdet», (Nordal, 1965, s.24). Med andre ord nyttar ein uttrykket iskjøving når vatn frys innanfor eit vegområde, til dømes i vegskjering, vegrøft eller vegfylling. Ved stor tilsig av vatn kan det bli danna store isblokker. Isen kan då vekse ut i vegbana eller hindre sikt. Iskjøving i grøft kan medføre at drenelement i grøft ikkje fungerer tilstrekkeleg. I følgje Kvalsvik (2014) kan iskjøving medføre tette stikkrenner som kan medføre farleg situasjon ved smelting og/eller nedbør. Stikkrenne er i denne oppgåva nytta konsekvent for stikkrenne/kulvert. Iskjøving i fjellskjering kan også vere eit problem når det blir mildt og isen smeltar. Dersom isen slepp frå

fjellskjeringa og den grunne sidegrøfta ikkje har kapasitet til å ta imot isen kan den fare inn på vegen. Dersom isen fer inn på vegen kan den utgjere ein fare for trafikken. «Ved iskjøving høyrer det ofte med omfattande, og dermed dyrt vedlikehaldsarbeid», (Kvalsvik, 2014, s.27).

Til dømes på E39 Staurset - Renndalen har ein hatt problem med iskjøving både i grøft og skjering. I dette dømet fekk vatnet enkelte stadar strøyme fritt. Her oppstod det dermed iskjøving, og i tillegg utvasking og erosjon av tilbakefyllinga. Tilbakefyllinga bestod av jord og stein, og spesielt etablering av vegetasjon er ei slik tilbakefylling sårbar for erosjon. Ved E39 Staurset - Renndalen fekk dei dermed også problem med at dei grunne sidegrøftene fekk redusert kapasitet, som forverra problemet med iskjøving. I 2011, eit år etter opning av vegen grov dei ut grøftene med heile 30 cm. Det medførte også arbeid med å senke kummar og inntaksrister til same nivå. I figur 8 kan ein sjå grøftene frå hausten 2014.



Figur 8. Grunn sidegrøft etter utbetring, E39 Staurset – Renndalen, Foto: Kvalsvik.

Sidan grøftene var så grunne før tiltak er trafikksikkerheita beholdt også etter utgraving. Å grave grøftene djupare for å auke kapasiteten er eit tiltak som personell frå drift og vedlikehald i Statens vegvesen er svært godt fornøgd med. Etter at tiltaket blei implementert har det vore mindre problem med til dømes iskjøving. Iskjøving har vore eit stort problem på denne vegstrekninga. Det er difor svært interessant at ein har fått redusert problemet ved å auke kapasiteten i grøfta.

### 3.3.2. Bekkar til grunn sidegrøft

Bekkar som vart ført direkte til grunn sidegrøft var det ved fleire vegstrekningar negative erfaringar med. Til dømes på E39 Astad - Høgset og Rv 3 Åsta har ein observert at bekkar har blitt ført rett til grunn sidegrøft. Problemet er at grøfta ikkje har kapasitet til å ta unna vatnet dersom det blir tilført lokalt. Dersom dei små bekkane veks til store flaumbekkar kan vassmengdene utfordre kapasiteten i grøfta i enda større grad. På E39 Astad - Høgset og Rv 3 Åsta finst ikkje det innløp i nærleiken av der bekken blir ført til grøfta, og det gjer at vatnet må følgje den grunne sidegrøfta.

Ved å føre bekkar til grunn sidegrøft kan det oppstå problem som til dømes erosjon og utvasking av finstoff, eller at vatn renn inn på vegen. På E39 Astad – Høgset og Rv 3 Åsta har ein også hatt problem med iskjøving i grøft. Når vatnet frys i grøfta og ein samtidig får kontinuerlig tilgang til vatn kan ein få store problem med iskjøving og ein må bruke ressursar for å fjerne isen.

### 3.3.3. Avslutning av rekkverk i grøft

Ein av fordelane med lukka drenering er at ein unngår rekkverk. Hb N101 definerer ein avstand frå vegen der det ikkje skal vere noko form for farlege gjenstandar. Denne avstanden er kalla sikkerheitssone og vil variere på ulike vegar. Krav frå Hb N101 er at element innanfor sikkerheitsona ikkje skal vere over 150 mm. Ein må difor ha rekkverk nokre stadar sjølv ved lukka drenering for å beskytte mot til dømes skilt eller andre farlege gjenstandar som ikkje står utanfor sikkerheitssonen.

Under synfaring og intervju kom det fram at det finst få gode døme på korleis avslutning av rekkverk i grøft bør utformast. Avslutning av rekkverk er komplisert, då ein både skal følgje reglane for TS, oppretthalde kapasiteten til grøfta, og unngå skår i siktlinja. I følgje Hb N101 skal eit rekkverk vere så langt, inkludert tilfredstillande avslutning, at det skal beskytte eit kjøretøy som kjører av vegen mot å treffe faremomentet som rekkverket beskyttar mot. Ein skal heller ikkje kunne køyre ut bak rekkverket og deretter treffe faremomentet. Avslutning av

rekkverket bør i følge Hb N101 primært svinge ut i 1:10 i full høyde og forankrast i sideterrenget.

På E39 Kvivsvegen er rekkverket avslutta slik at kapasiteten til grøfta er oppretthalden utan at det er skår i siktlinja, og krav til TS er godkjent. Representantane frå Statens vegvesen er godt fornøgd med avslutninga på rekkverket. I figur 9 kan ein sjå koreleis rekkverket er avslutta på E39 Kvivsvegen.



Figur 9. Avslutning av rekkverk på E39 Kvivsvegen, Foto: Kvalsvik.

Som ein kan sjå av figur 9 er det støypt fundament til rekkverket til stolpane. Ved å støype fundament for stolpane til rekkverket unngår ein at å treffe rør eller anna teknisk installasjon når ei skal setje opp rekkverket. Denne løysinga gjer at ein får rekkverk i full høyde heile vegen og at det ikkje oppstår ein knekk på rekkverket på grunn av høgdedifferansen ved grøfta. Denne utforminga av rekkverket gjer at kapasiteten til grøfta er oppretthalden og vatnet kan renne fritt forbi rekkverket.

### 3.3.4. Snølagring

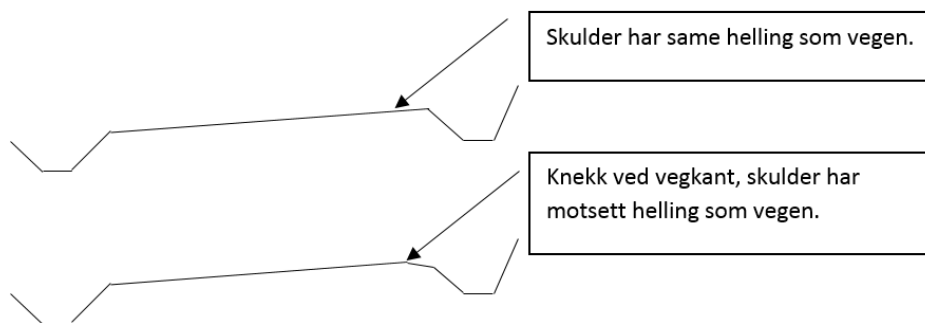
Sidegrøfter skal ha tilstrekkeleg kapasitet til lagring av snø. Statens vegvesen har erfart ein betre kapasitet til snølagring enn forventa ved dei grunne sidegrøftene enn forventa. Dette til tross for at det er ganske store mengder med snø på enkelte av strekningane. Dette er fordi ein klarer å stable snøen høgt. Lagring av snø har difor ikkje vore eit problem.

Ein har derimot erfart problem som følgje av snølagring i tine- og fryseperiodar. Eit problem knytt til snølagring i grunn sidegrøft er at i tine- og fryseperiodar smeltar snø og renne ut i vegen. Det er då ein fare for at vatnet kan fryse til «svart is». «Svart is» er is som fryser på asfalt og dermed reduserer friksjonen og i tillegg er svært vanskelig å sjå. «Svart is» utgjør difor ein fare for trafikken. I figur 10 kan ein sjå døme på snø som har smelta og runne inn i vegbana.



Figur 10. Snø smeltar og vatn renn ut i vegbana, Foto: Kvalsvik.

Under synfaring blei det difor stilt spørsmål om det er mogleg å ha knekk i vegkanten i staden for skuldra. Årsaken til dette er at ved å ha knekk ved vegkant kan skuldra ha fall motsett veg som vegbana. Det er vanleg at skuldra har same helling som vegen. Dette er illustrert i figur 11. På denne måten kan ein truleg hindre at snø som er lagra i grøfta og på vegskuldra vil renne inn på vegen i ei tine – og fryseperiode.



Figur 11. Utforming av skulder.

I følge tilsette i Statens vegvesen skal det vere mogleg å asfaltere skuldra sjølv om den har anna helling enn vegen. Det vil derimot mest sannsynleg vere ein del dyrare enn vanleg løysing der skuldra har same helling. I følge personell i Statens vegvesen vil det ved fjerning av snø med plog vere igjen ein ca. 10 cm brei kant av snø. Plogen er ikkje effektiv nok til at den klarer å fjerne snø fullstendig for heile breidda. Ein må difor ha ei tilstrekkeleg skulder for å sikre god fjerning av snø frå vegbana. Når ein har ei god skulder er det også lettare å få lagra snøen i høgda i grøfta, slik at snøen ikkje kjem ut i vegbana. Ut frå desse erfaringane til driftspersonell i Statens vegvesen kan det vere betre å behalde utforminga til skuldra slik den er i dag. Då får ein oppretthaldt ei snøfri vegbane. Eit anna alternativ ein kan vurdere i områder med mykje snø er å utvide breidde på vegskulder eller kapasiteten til grøft.

Eit anna problem knytt til snølagring i grunn sidegrøft er kapasiteten til grøfta i samband med snøsmelting og nedbør. Dersom grøfta er full av snø og smeltevatn og det i tillegg kan kome mykje nedbør er det nokre stadar erfart at kapasiteten til grøfta blir for liten. Dersom det kjem nedbør i form av regn kan det i tillegg auke smelteproduksjonen.

## 3.4. Drenering av omliggjande terreng

I følgje Nordal (1965) skal ein ved tilpassing av vegen i terrenget søke å forstyrre dei naturlege dreneringsforholda minst mogleg. Dette inneber at til dømes bekkar i størst mogleg grad får renne i sine naturlege bekkeleier. Slik kan ein unngå problem som til dømes erosjon og utgraving. I tillegg vil vatnet lettare finne vegen til dreneringsanlegg og ein kan truleg unngå at vatn i like stor grad vel andre vegar enn antatt. Ein stor del av jobben til eit dreneringsanlegg til ein veg utanfor tettbygde strøk er drenering av omliggjande terreng. Dette kapitlet presenterer ulike løysingar for drenering av omliggjande terreng.

### 3.4.1. Samling av vatn

Erfaringane knytt til samling av vatn er at det kan oppstå mange ulike problem. Problema er ofte heilt uventa, og er ein konsekvens av forstyrring av det naturlege dreneringsanlegg. Samling av vatn kan medføre auka vassføring og auka hastigheit på vatnet. Det kan resultere i erosjonsskader og i verste fall skader på drensanlegg og/eller veg. Samling av vatn kan vere eit stort problem ved korte og intense nedbørssituasjonar. Då vil vasstanden auke raskt og ein kan få større vassføring enn antatt.

Ved E39 Astad - Høgset er det fleire stadar at mindre bekkar har blitt samla til ein større bekk. Eit døme på dette kan ein sjå i figur 12.



Figur 12. Fleire små bekkar samla til ein stor bekk, Foto: Kvalsvik.



Statens vegvesen har her erfart erosjon rundt kuppelrister og omliggjande terreng. Det kan tyde på at vatn har hatt for stor hastigheit i forhold til grunnen på staden. Vatn som har runne inn i kuppelrista og ned i sandfangskummen har hatt med seg ei stor mengde finpartiklar som har medført fulle sandfangskummar. Det er eit tydleg teikn på at det har vore erosjon av grunn før vatnet blir ført til kum. Ein kum skal i følgje Statens vegvesen (2014a) føre vatn under terrengnivå, og kan vere med eller utan sandfang. Ved sandfang skal sand, slam osv. sedimentere. Her har sandfanga raskt blitt fulle. Der ein har fått erosjon på omliggjande terreng har det blitt utbetra ved å legge pukkk på jordfyllinga.

### 3.4.2. Føring av overflatevatn frå sideterreng igjennom vegen

Under synfaring på E6 Strandlykkja - Labbdalen og E39 Astad - Høgset kunne ein sjå at overflatevatn vart samla og deretter ført til sandfangskum før vatnet vart ført vidare igjennom vegen via stikkrenner. Det er då store mengder vatn som blir ført til kum. Ein kan tenkje seg at det vil gi stor slitasje på kummen. Ved store mengder vatn vil finstoff følgje vatn og ikkje sedimentere i sandfangskum. Finstoff vil vere med å auke slitasjen på kummen. Erfaringane frå Fv 653 Eiksundsambandet er at det er ikkje vits å ha stikkrenner med diameter 600 mm eller større knytt til sandfangskum. Årsaken til dette er at då får vatnet så stor hastigheit at det ikkje vil sedimentere noko i sandfanget uansett. Ein bør med andre ord nytte mindre dimensjonar enn 600 mm ved sandfangskum. I staden kan ein føre vatn via kum utan sandfang, eller ha direkteføring av vatn. Ved direkteføring av vatn blir vatnet leia i stikkrenne utanom kum.

På E39 Astad - Høgset er det fleire stadar at overflatevatnet i eit nedbørsfelt er samla, ført til bekkeinntak og deretter ført i stikkrenne til sandfangskum. Frå sandfangskum blir vatnet fleire stadar ført opp til 100 – 200 meter i langsgåande drensrør før vatnet deretter blir ført vidare i stikkrenner igjennom vegen. I figur 13 kan ein sjå eit døme på at vatnet blir samla i eit bekkeleie før det blir ført igjennom stikkrenne til kum.



Figur 13. Frå bekkeinntak til kum, E39 Astad - Høgset, Foto: Kvalsvik.

I figur 13 kan ein sjå at ved ei slik løysing har det oppstått store erosjonsskader på sidene av bekkeløpet og skader på det steinsatte bekkeleiet. Kummen fungerer truleg som ein «flaskehals» ved å ikkje ha tilstrekkeleg kapasitet, slik at vatn samlar seg oppstrøms kummen. Erosjonsskader slik som ein kan sjå i figur 13 må utbetrast og det vil sjølvsagt utgjere ein kostnad. Dersom ein ikkje utbetrar vil vatnet fortsette å erodere, og skadane vil auke.

Ein anna årsak til skadane kan vere at plastringa på steinsettinga ikkje har vore så god. Dersom det er bratt terreng ovanfor vegen, slik som det er her kan ein bremse opp vatnet dersom det er fare for erosjon. I følgje Walsh, I. (2011) kan ein unngå erosjon ved å utforme til dømes eit bekkeleie som ei trapp med betongfundament i grunn, og plastre med steinheller. I dette dømet er ikkje plastringa til bekkeleiet fundamentert i betong. Ei alternativ løysing kan være å ha eit bekkeinntak nærmare vegen og deretter leie vatnet via stikkrenne, direkte igjennom vegen, og ikkje leie vatnet til kum. Ei slik løysing er utført fleire stadar på E39 Renndalen - Staurset og dette har vore er løysing som har fungert godt. Ei slik løysing sikrar maskinell drift- og vedlikehald som ikkje er like lett ved løysinga på E39 Astad - Høgset.

### 3.4.3. Avskjerande grøft

Avskjerande grøft eller terrenggrøfter er grøfter i terrenget som kan avskjere vatn. Slik kan ein fange opp overflatevatn og samle det. Deretter kan ein leie vatn direkte til ein naturleg resipient eller føre det til ei nedføringsrenne og deretter vidare til ein resipient. Når det i denne oppgåva er snakk om ein resipient er det meint som ei samnemning for ulike vasskjelder, til dømes bekk, elv, sjø osv. Statens vegvesen (2014a) anbefaler å etablere terrenggrøft langs toppen til ei vegskjering for å hindre avrenning frå terrenget. Dersom vegen skjer over naturlege dreinsvegar bør ein også etablere terrenggrøft. Hb N200 tilrår at ein i størst mogleg grad tilpassar terrenggrøftene til terrenget.

Ved å hindre vatnet med ei terrenggrøft kan ein unngå erosjon i grøfter og iskjøving i vegskjeringar eller grøfter. Tronge og djupe terrenggrøfter vil gi tilstrekkeleg sikring mot iskjøving, (Statens vegvesen, 2014a, s.161). Dersom ein ønskjer å lagre iskjøving i terrenggrøft kan ein ha breiare terrenggrøft nokre stadar. Utviding av terrenggrøft bør vere på stadar der det er liten tilførsel på overflatevatn eller grunnvatn. Slik kan ein hindre at iskjøving reduserer kapasiteten til terrenggrøfter.

På deler av strekninga Fv 653 Eiksundsambandet er det etablert terrenggrøfter. Der terrenggrøft er etablert, held den unna vatnet. Der det ikkje er etablert terrenggrøfter, har driftspersonell frå Statens vegvesen erfart problem med iskjøving. Statens vegvesen meiner at det antakeleg kjem av manglande terrenggrøfter. I figur 14 kan ein sjå eit bilete frå Fv 653 Eiksundsambandet.



Figur 14. Grunne grøfter og sidebratt terreng på Fv 653 Eiksundsambandet, Foto: Kvalsvik.

På E39 Kvivsvegen er Statens vegvesen svært nøgd med terrenggrøftene som er etablert. Dei opplever at terrenggrøftene tek unna mykje vatn og ein unngår problem med vatn inn på vegen og eventuell iskjøving om vinteren. På E39 Kvivsvegen er det dyrehald og skogsdrift i området, og dersom det blir etablert ein ny driftsveg eller eit skogsfelt blir hogt ned, kan det oppstå nye vassvegar. Terrenggrøftene vil då beskytte vegganlegget nedstrøms mot dei nye vannvegane.

På E6 Skaberud – Kleverud er det etablert avskjerande grøfter i form av nisjer i fjellet. Nisje skal ta unna grunnvatn. Erfaringane til Statens vegvesen med nisjer her er at dei tek unna mykje vatn, men ikkje alt. Det er vanskeleg å ta unna alt grunnvatnet i fjell, difor er personell i Statens vegvesen fornøgd med å få fjerna ein del av vatnet. Ved store nedbørsmengder vil terrenggrøft vere med å fordrøye vatnet og vil difor verke som ei motvekt mot at det ikkje er etablert fordrøyningsbasseng på staden. Eit fordrøyningsbasseng vil forsinke/magasinere vatn, og det er også det som er meint når uttrykket «fordrøye» har blitt nytta i denne oppgåva. I denne oppgåva er det opne fordrøyningsbasseng som blir omtalt i samband med uttrykkjer fordrøyningsbasseng. Døme på dette kan vere myr, kunstig dam, grøft osv.

#### 3.4.4. Driftsveg

Driftsveg blir ofte bygd på delar eller heile strekningar i samband med bygging av hovudveg. Ved E39 Astad – Høgset og E39 Kvivsvegen er det bygd driftsveg nesten langs heile hovudvegen. Dette kjem av at det er skogsdrift og dyrehald i området ovanfor og nedanfor hovudvegen. Dersom driftsvegen er bygd parallelt med hovudvegen kan ein ved å drenere denne ha eit alternativ, eller tillegg til terrenggrøft. Ved drenering av driftsveg kan ein avlaste dreneringsanlegget til hovudvegen.

På E39 Astad - Høgset var driftsvegen drenert med opa grøft. Denne grøfta leier vatnet til stikkrenner og bekkeinntak som leier vatnet vidare til kum ved hovudvegen før vatnet blir ført vidare. Under synfaring kunne ein sjå erosjonsskader i grøfta mange stadar. Sandfangskummar som er tilknytt stikkrenner finn ein mykje finstoff som kan kome av erosjon på driftsvegen. Slik driftsvegen er bygd langs E39 Astad - Høgset vil den i stor grad kunne avlaste dreneringsanlegget til hovudvegen.

På E39 Kvivsvegen er driftsvegen grøfta og det ligg i tillegg drenerør i grøfta, som gjer at ein får avlasta vegen sitt dreneringsanlegg. Dette er ei løysing Statens vegvesen synest fungerer godt. Det er fordi har ein ikkje har erosjon på driftsvegen, og dreneringsanlegget til driftsvegen tek unna mykje vatn. I samband med driftsvegen er det sett opp gjerder for å hindre vilt til å kome over i hovudvegen. Det er fleire flaumbekkar der viltgjerde er sett opp. Det kan vere eit problem at vilt kjem seg igjennom her dersom gjerdet ikkje går heilt til bakken eller at gjerdet kan hindre vassmengdene. Det har derimot ikkje vore eit problem på E39 Kvivsvegen der dei har valt å ha gjerdet heilt tett. Samtidig kan vatn strøyme igjennom gjerdet. Ein må likevel vere obs på at gjerdet ikkje blir tetta av greiner og liknande.

### 3.4.5. Tunnellinnløp

Under synfaring på blant anna E39 Astad - Høgset og E39 Kvivsvegen vart det trekt fram at dei hadde problem med drenering av innløpet til tunnell. Ved innløp til tunnell er det ofte bratt og mykje lause masser, og vatn kan difor raskt erodere i massane. Dersom det blir anlagt vanleg lukka grøft, kan ein få problem med at drenerøra blir tette på grunn av finpartiklar frå erosjon i dei lause massane.

På E39 Astad - Høgset har dei løyst problemet ved å føre overvatnet til open grøft som er plastra. Vatnet er deretter ført til ei stor, og steinsett nedløpsrenne. Nedløpsrenna er ført heilt til resipient. Slik unngår ein at vassmengdene gir skadar ved tunnellinnløpet. På E39 Kvivsvegen, ved Kvivstunellen på Grodåssida oppstod det problem med dreneringa ved innløpet til tunnellen. Som ein kan sjå i figur 15 er det anlagt ein driftsveg over tunnellinnløpet. Grøftene til driftsvegen hadde ikkje tilstrekkeleg kapasitet. Vatnet strøymte då ut i terrenget og rundt portalen som medførte at massane begynte å bevege på seg. Løysinga blei å skifte ut delar av massane rundt portalen og grave djupare grøfter på driftsvegen. Det er ei løysing som har fungert godt og som Statens vegvesen ikkje har hatt negative erfaringar med.



Figur 15. Drenering ved innløp til tunnel, Foto: Svein Skeide, Statens vegvesen

### 3.4.6. Vatn på uventa stadar

Ved bygging av eit drensanlegg må ein følgje ein godkjent plan. Det er viktig å byggje eit drensanlegg slik som planlagt slik at vatnet renn der det er godkjent at det kan renne. Reguleringsplan utgjer grunnlaget for grunnerverv, og dannar difor grunnlaget for bestemmingane for kvar ein kan sleppe ut vatn. Sjølv om ein planlegg eit drensanlegg grundig kan det likevel hende at det er vatn på uventa stadar. Til dømes kan ein under bygging av vegen sprengje fram grunnvatn som ein ikkje var klar over fanst.

På E39 Kvivsvegen oppdaga Statens vegvesen etter bygging av veg at det var vatn ein uventa stad. Frå ei vegfylling rann det vatn. Dei hadde ikkje heimel til å sleppe ut vatn i området nedanfor. I dette dømet vart problemet løyst med å leggje vatnet i rør. Drensleidningane vart ført langs fyllingsfoten til ein resipient. Dei slapp dermed kostnadane med å utføre grunnerverv. Grunnerverv utgjer ofte store kostnadar i vegprosjekt og ein bør difor prøve å unngå det dersom ein har mulighet.

### 3.5. Innløp

I følge Kvalsvik (2014) er det viktig at innløp er tilpassa aktuelt dreneringsanlegg og forhold på staden for at vatnet skal finne vegen til dreneringsanlegg. Kapasiteten til eit innløp er avhengig av arealet på stikkrenna og kor mykje oppstuving av vatn som er godteke over innløpet, (Statens vegvesen, 2014a, s.153). Plassering av innløpet har stor betydning for kor godt ein får utnytta kapasiteten til innløpet. Kapasiteten til innløpet er avgjerande for at eit dreneringsanlegg skal fungere tilstrekkeleg utan at ein får «flaskehalsar». Under synfaring og intervju vart det avdekka mange problem knytt til innløp.

Eit vanleg problem som vart avdekka under synfaring var er at innløp har blitt plassert på innteikna stad anten det er fall til den eller ikkje. Entreprenøren har lite fridom til å bestemme løysingar utover planane og kan difor velje å følgje teikningane sjølv om det blir oppdaga feil. Ofte førekjem det at ikkje alle detaljar stemmer i ein drensplan. Feil fall mot innløp kan medføre at ein ikkje får vatn i drensanlegget. I staden kan vatn finn alternative vegar og det kan medføre problem. I følge Lindholm m. fl. (2008) vil vatn finne den lettaste vegen uavhengig av om det er kontrollert avrenning eller ikkje. Utbetring av eit slik problem vil sjølvstakt medføre ein kostnad.

Eit anna vanleg problem som var avdekka under synfaring var ristene til innløp ikkje hadde tilstrekkeleg kapasitet. Det kan medføre mellom anna oppstuving av vatn oppstrøms. Rist med for liten kapasitet kan medføre mindre mengder vatn i tilhøyrande rør enn det dei er dimensjonert for. Vatnet tek då ofte andre vegar enn det som er tenkt. Dette såg ein mange døme på ved synfaring. Kapasiteten til inntaksristene er ekstra kritiske i ein flaumsituasjon. Ved store nedbørmengder kan det ofte bli så stor avrenning at vatn fører med seg andre ting, som vegetasjon, stein osv. Desse gjenstandane kan dekkje innløpsrista og hindre avrenning. Vatn kan då finne alternativ veg. Ved E6 Labbdalen – Skaberud har Statens vegvesen erfart tett innløpsrist i ein flaumsituasjon. Det resulterte i at vatn fann sin eigen veg og det medførte skadar for 20 millionar kr. Det seier noko om kor viktig det er med tilstrekkeleg kapasitet på innløp og tilhøyrande rister.

### 3.5.1. Kuppelrist

Ei mykje brukt inntaksrist er kuppelrist. Kuppelrist med diameter 60 cm og høgd 15 cm eller mindre er den vanlegaste utforminga av kuppelrist på dei ulike vegstrekningane. På nokre av vegstrekningane har kuppelrist med 40 cm i diameter vore nytta. Erfaringane med desse er at kapasiteten ikkje er tilstrekkeleg . Dei fleste kuppelristene med 40 cm har difor blitt bytta ut til kuppelrist med diameter 60 cm.

Ved E39 Astad – Høgset har ein erfart problem med erosjon rundt og oppstrøms kuppelrista. Det kan tyde på knapp kapasitet på kuppelrista. Ved Rv 3 Åsta er synkehøl og erosjon eit problem rundt kuppelristene. Det kjem truleg av dårlig grunn på staden. Dårlige grunnforhold er noko som er vanskelig å forhindre, men hyppig drift og vedlikehald kan hindre at det oppstår problem som hindrar kapasiteten.

### 3.5.2. Tilpassa rist

Under synfaring kunne ein sjå mange innløp med tilpassa rist. Døme på ei tilpassa rist kan ein sjå i figur 16. Det er ei skråstilt rist, som gjer at greiner og anna rusk blir pressa oppover. Så framt rista ikkje blir tildekt i for stor grad vil vatnet kunne strøyme til stikkrenne. Rista er plassert slik at den dekkjer heile innløpet. Slik hindrar ein at greiner og rusk kan passere på sidene. Sidan rista har god hydraulisk kapasitet i forhold til stikkrenna og samtidig held unna rusk og steinar er dette ei løysing Statens vegvesen er godt nøgd med.



Figur 16. Tilpassa rist på vingemur, E6 Labbdalen - Skaberud, Foto: Kvalsvik, 2015.



Eit problem med rista i figur 16 er at ved å reinske maskinelt kan den lett bli øydelagt. Dersom ein ser på figur 16 kan ein sjå at det er horisontale tverrslag utanpå dei skråstilte ristene. Det vil vere vanskelig å unngå at grabben på ei gravemaskin set seg fast i dei horisontale tverrslaga. Ein må difor reinske rista manuelt for å ikkje øydelegge den, eller byte den ut dersom den blir øydelagt ved maskinell reinking.

«Sognekum» er ein rektangulær kum med tilpassa innløpsrist. Slik løysing er nytta på E39 Kvivsvegen som ligg både i Møre og Romsdal og Sogn og Fjordane. «Sognekum» har namnet frå Sogn og Fjordane der den blir mest brukt. Ein kan sjå døme på «songekum» i figur 17. Rista er køyresterk og den følgjer krava til TS slik at ein unngår rekkverk. Statens vegvesen er svært nøgd med «Sognekum» sidan den har god kapasitet og tek unna store mengder vatn. Eit problem er at den er heilt flat, og ein må difor passe på at den er rydda for stein, og andre gjenstandar som legg seg der. Lauvblad og andre små gjenstandar vil ikkje dekkje til rista då det vil følgje vatn igjennom rista på grunn av den relativt store avstanden mellom ristene.



Figur 17. "Sognekum", E39 Kvivsvegen, Foto: Kvalsvik, 2015.

### 3.5.3. Bekkeinntak

Uttrykket bekkeinntak bli i denne oppgåva nytta for å beskrive overgangen mellom ein bekk og eit innløp. Ved bekkeinntak er det gjerne eit lite bassang der det er plass til å drepe rørsleenergien til vatn eller fordrøye vatn. Bekkeinntak er etablert mange stadar på dei ulike vegstrekningane. Det er difor mange ulike erfaringar knytt til bekkeinntak. Til dømes på E6 Strandlykkja - Labbdalen samlar dei bekkar til bekkeinntak før vatnet blir sendt vidare til sandfangskum. Vatn blir deretter ført frå kum og til resipient. Her har Statens vegvesen erfart at å føre vatn til sandfangskum i tilknytning bekkeinntak ikkje er ei optimal løysing. Når det er etablert er det ofte samla ein del vatn, og på grunn av vassmengder og hastigheit til vatn vil ikkje partiklar sedimentere i sandfangskum her. Dersom vatnet fører med seg stein eller liknande kan det legge seg i sandfanget. Då må ein bruke ressursar frå drift- og vedlikehald for å tømme sandfanget. Det som er positivt med å ha kum, er at ein kan nytte den til kontrollar og føring av leidningar.

Ved E39 Astad - Høgset er det mange bekkeinntak. Døme på bekkeinntak frå E39 Astad - Høgset kan ein sjå i figur 13. Ovanfor desse er det bratte nedføringsrenner eller stikkrenner som fører vatnet til bekkeinntaket. Bekkeinntaket er plastra med store steinar, men på tross av dette har det oppstått erosjonsskader. Det kan tyde på at plastringa ikkje har vore tilstrekkeleg eller at vatnet kan ha hatt større hastigheit enn grunnen er dimensjonert for.

Utforming av bekkeinntak ved E6 Strandlykkja - Labbdalen har Statens vegvesen positive erfaringar med. Bekkeinntaket er plastra og solid. Også ved E39 Kvivsvegen finn ein har plastra bekkeinntak som Statens vegvesen er godt fornøgd med. Det plastra bekkeinntaket gjer at vatnet ikkje kan grave sine egne vegar. Ved bygging av bekkeinntak på E39 Kvivsvegen har det vore eit mål å byggje «røffe» og solide bekkeinntak. Det er oppnådd ved å nytte store steinar og energidreparar. Dette for å hindre slitasje eller utgraving ved bekkeinntaket. Det har også vore eit fokus på at ein skal plastre heilt over stikkrenna for å hindre utgraving av vegkroppen. Erfaringane med slik utforminga er gode.

Det er viktig å kunne reinske bekkeinntak med maskiner. Dette er både fordi det lettar arbeidet til dei som skal utføre drift og vedlikehald. I tillegg kan ein jobbe raskare dersom det oppstår ein kritisk flaumsituasjon og ein treng å oppretthalde kapasiteten. Dersom eit bekkeinntak er plassert langt frå vegområde kan det vere vanskeleg å utføre drift og vedlikehald maskinelt. Ved E39 Kvivsvegen er bekkeinntaka som er bygd utanfor vegområde dimensjonert med ein ekstra kapasitet slik at det fortsatt skal vere funksjonelt ved ein flaum.

### 3.6. Nedløp

Ved omtale av nedløp eller nedløpsrenne er det i denne oppgåva snakk om ein konstruksjon som leier vatn. Eit nedløp leier ofte vatn til ein resipient. Under synfaring er det observert ulike problemstillingar knytt til nedløp. Nokre stadar er det veldig slakt terreng og langt til ein resipient. Det kan då vere ei utfordring å få stor nok helling på ei leidning. Andre stadar er det ei utfordring med bratt terreng. Nokre stadar er det busetnad eller anna infrastruktur nedanfor vegen ein må ta omsyn til ved plassering av nedløp, samtidig som ein må ta omsyn til aktuelle forskrifter. Det er difor ei utfordring å lokalisere beste plassering av nedløp.

I bratt terreng er utforming av nedløp ofte ei utfordring. Dersom nedløp ligg i bratt terreng kan vatn få så stor hastigheit at det kan oppstå skader som til dømes erosjon. I slike tilfeller bør ein erosjonssikre nedløpet. Eit døme på eit nedløp der ein har brukt erosjonssikring i form av plastring av skråning, innløp og utløp, kan ein sjå i figur 18.



Figur 18. Plastra nedløp som er ført til resipient, E39 Kvivsvegen, Foto: Kvalsvik, 2015.

I figur 18 kan ein sjå ei plastra nedløpsrenne. Dette nedløpet er plastra og ført heilt frå utløp til ein resipient som ligg til høgre i biletet. Under synfaring kunne ein observere fleire stadar at nedløp var ført ca. 20 meter frå utløp og deretter avslutta. Frå der nedløpet slutta fekk vatnet strøyme fritt i terrenget. Statens vegvesen har i slike tilfelle erfart problem med erosjon og utgraving av vegetasjon nedstrøms nedløpet.

### 3.7. Fordrøyning

Med fordrøyning er det i denne oppgåva meint at ein får magasinert og/eller forseinka farta til vatn. I følge Hofshagen (2004) fører fordrøyningsbasseng til mindre belastning på leidningsanlegg nedstrøms. Ved E39 Renndalen - Staurset og E39 Kvivsvegen er det etablert fordrøyningsbasseng som blei undersøkt under synfaring. Utforming og erfaringa knytt til desse vil difor bli nærmare omtalt under.

Fordrøyningsbasseng ved E39 Renndalen - Staurset består av tre ulike basseng. Frå bassenga går det ei stikkrenne igjennom vegen og leier vatnet til ei nedføringsrenne. I tillegg til stikkrenna kan vatnet ved store vassmengder renne frå det største bassenget til det nest største, og deretter eventuelt til det minste bassenget. Overløpet som går til neste basseng kan ein sjå i forkant av biletet, i figur 19.



Figur 19. Eit av tre fordrøyningsbasseng ved E39 Renndalen - Staurset, Foto: Kvalsvik.

Fordrøyningsbassenget langs E39 Renndalen – Staurset har personell frå Statens vegvesen gode erfaringar med. Det var ikkje mogleg å etablere avskjerande grøft i terrenget der fordrøyningsbassenget er etablert. Vatnet renn difor fritt i området, og bassenga har god hydraulisk kapasitet til å ta imot store vassmengder. Sidan vatn får renne fritt i området vil ein få iskjøving her. Fordrøyningsbassenget fungerer då også som ei stor sikkerheit mot danning av iskjøving. Isen har god plass til å vekse utan å vere eit hinder for trafikantane. Når isen losnar kan den rase ned i bassenget i staden for ut på vegen. Dersom is eller anna skulle tette igjen stikkrenna som går frå bassenget har ein overløp som gir stor sikkerheit. Det gjer at fordrøyningsbassenget har god kapasitet og sikkerheit i ein flaumsituasjon. Ein anna fordel med fordrøyningsbasseng er at det kan avlaste tilhøyrande dreosanlegg. Ved lite vatn i bassenget vil det også fungere som ein slamavskiljar. Bassenget har også kapasitet til at slam blir utfelt her. Då slepp ein at finstoffet gir skade andre stadar i dreosanlegget, til dømes bli avleira i ei stikkrenne.

På Kalvatn ved E39 Kvivsvegen har ein samla tre ulike bekkar og ført dei til eit fordrøyningsbasseng. I figur 20 kan ein sjå to av dei bekkane som er ført til bassenget. Bassenget har stort areal, og i tillegg er det djupt. Utløpet på stikkrennene er plastra og ein får naturleg bremsing av vatnet då eksisterande fjell fungerer som energidrepar. Det er fleire bekkenedløp langs Kvivsvegen der eksisterande fjell er brukt som energidrepar. Visuelt ser dette bra ut, og det fungerer godt då ein unngår problem med erosjon. Frå fordrøyningsbassenget blir vatnet ført via ei stor og solid plastra nedføringsrenne til resipient.



Figur 20. To av tre bekkeutløp som fører til fordrøyningsbasseng, Foto: Kvalsvik, 2015.

Kapasiteten til eit fordrøyningsbasseng kan ein ifølgje VA - miljø blad (2006a) finne ved å ta omsyn til konsentrasjonstida, og plassering av utløpet. Konsentrasjonstida kan ein finne ved formel [3] eller [4]. Utløpet si plassering i forhold til djupna i fordrøyningsbassenget har også mykje å seie for kapasiteten, og ein må difor bestemme dette før ein reknar på kapasiteten.

I følgje VA - miljø blad (2006b) er det knytt nokre funksjonskrav til fordrøyningsbasseng. Til dømes skal kravet til fordrøyning overhaldast også om vinteren. Eit anna viktig krav er at det skal vere mogleg å fjerne sedimentert material og vegetasjon frå fordrøyningsbasseng. Både på E39 Kvivsvegen og E39 Renndalen er det lett å kome til for å fjerne sedimentert material og vegetasjon maskinelt. Maskinell fjerning av materiale og vegetasjon er ei driftssikker løysing.

### 3.8. Tilbakefylling

Hb N101 stiller strenge krav til at noko ikkje kan stikke ut meir enn 0,3 meter frå fjellskjering. Ved lukka drenering utan rekkverk er det vanleg å nytte tilbakefylling frå grøfta mot vegskjeringa. Tilbakefylling skal dekkje farlege hinder innanfor sikkerheitssona, til dømes ein bergknabb som er større enn 0,3 meter. I følgje Statens vegvesen (2013c) skal tilbakefylling ved skjering vere minst 1,2 meter høg.

Ved E39 Astad - Høgset har Statens vegvesen erfart at tilbakefylling kan gi nedfall fart og «støte» nedfallet inn på vegen. Statens vegvesen (2014a) anbefalar at det blir nytta masser som dempar rørsleenergien øvst på tilbakefyllinga. Erfaring frå Statens vegvesen er at det kan oppstå problem knytt til nedfall som treff tilbakefylling. Ved E39 Astad - Høgset bestod opphavleg av jord som var armert med hønsenetting. Tilbakefyllinga vart skifta ut med pukk og det er ei løysing Statens vegvesen har hatt god erfaring med. Ein kan sjå bilete av tilbakefyllinga i figur 8. Pukken har dempa rørsleenergien til nedfallet.

Ved E39 Kvivsvegen er det ei strekning med så mykje nedfall at dei har valt å ha opa grøft, som er mykje djupare og breiare enn den grunne sidegrøfta elles er på denne vegstrekninga. I tillegg til den opne grøfta har dei sett opp ein mur for å hindre at nedfallet kjem inn på vegen og det er i tillegg ført autovern forbi. På denne måten unngår ein at tilbakefylling fører nedfall inn på vegen. Langs resten av vegen er det etablert tilbakefylling. Ein kan sjå denne i figur 9.

Dette er ei løysing Statens vegvesen har gode erfaringar med. Tilbakefyllinga er utforma med pukke nærmast fjellskjeringa. Mykje vatn blir infiltrert i pukken i tilbakefyllinga. Mellom pukken og grøfta er det tilbakefylling av jord og der er det etablert vegetasjon. Sidan vatn renn ned i pukken unngår ein at vatn eroderer vekk den delen av tilbakefyllinga som er av jord. Statens vegvesen har erfart at ei slik løysing har kapasitet til å ta unna store vassmengder. Også der det ikkje er etablert terrenggrøft tek tilbakefyllinga unna mykje vatn.

### 3.9 Midtdelar

Eit effektivt TS - tiltak har vore å etablere midtdelar på vegane. Under synfaring vart det avdekt ulike erfaringar med drenering ved midtdelar. Langs Rv 3 Åsta er det oppført midtdelar, men det er ikkje etablert noko form for dreneringselement ved midtdelar. Det er ikkje noko problem ved avrenning i form av vatn. At det ikkje er dreneringselement ved midtdelar er eit problem ved snølagring. Snø vil bli liggande langs midtdelar etter fjerning av snø frå vegbana. Ved Rv 3 Åsta vil snø bli liggande lenge før den smeltar. Dersom snø blir pakka i høgda langs midtdelar kan ein ved store mengder snø få problem med sikt. Eit anna problem Statens vegvesen har erfart ved Rv 3 Åsta er at i tine- og fryseperiodar kan snøen smelte, vatn renne ut i vegbana, og deretter fryse til «svart is». Dette problemet er også nærmare omtalt i kapittel 3.3.4. På Rv 3 Åsta er det nytta store mengder salt for å smelte vekk snøen ved midtdelaren. Bruk av salt utgjer ein kostnad, og det er ikkje bra for omliggjande miljø. Dette er difor ei uheldig løysing.

Langs E6 Labbdalen - Skaberud finn ein to ulike utformingar for midtdelar. På delar av strekninga er det rekkverk, som har kantstein og kjeftsluk som skal drenere avrenning frå vegen. Medan på andre delar av strekninga har lokale forhold gitt plass til å ha midtdelar med infiltrasjonsløysing. Midtdelaren er her opp til 8 meter brei. Infiltrasjonsløysing har Statens vegvesen så langt gode erfaringar med. Det einaste problemet er at i ein flaumsituasjon der grunnen blir metta kan det stå vatn ved midtdelar, men det må sjåast på som eit unntak.

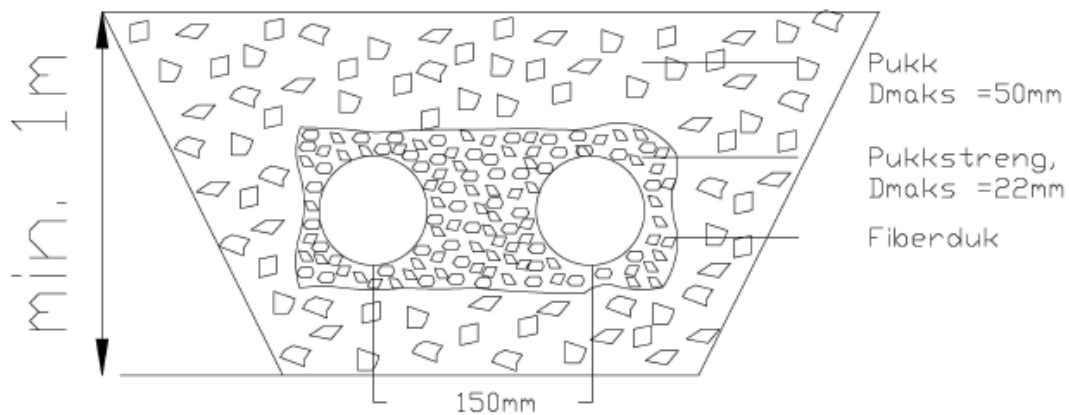
Fordelen med eit kjeftsluk er at det er kantstein i mellom sluka som leiar vatnet fram til sluket. Slik får ein sikra at vatn blir fjerna frå vegbana. Difor føretrekk planleggjarane ei slik løysing i staden for kuppelrist. Drifts- og vedlikehaldspersonell meiner det er vanskeligare å fjerne snø ved kjeftsluk på grunn av at det er lett å kome bort i kjeftsluka og dei kan lett bli øydelagt av snøplog. I frykt for å øydelegge kjeftsluka held dei som ryddar snø ein avstand frå midtdelaren. Det medfører at ein ikkje får rydda snø i heile vegbana. I tillegg må ein bruke ressursar på å merke kjeftsluka for å finne dei igjen om våren når snøen smeltar, men fortsatt dekkjer sluka.

Ved E6 Strandlykkja – Labbdalen er midtdeler utforma; rekkverk – kuppelrist – rekkverk. Kuppelrist som dreneringselement ved midtdelar er drifts- og vedlikehaldspersonell i Statens vegvesen godt nøgd med. Sidan kuppelrista er plassert mellom to rekkverk slepp ein å ta omsyn til rista ved fjerning av snø, då ein ikkje kan øydelegge den med plogen. Ei kuppelrist har også ein større kapasitet enn eit kjeftsluk til å ta unna avrenning frå vegen. Eit problem ein har erfart med kuppelristene ved E6 Strandlykkja - Labbdalen er at ikkje alle kuppelristene er plassert ved lavbrekk. Kuppelristene som er plassert på høgre høgdekoter har ikkje tatt unna avrenning.

### 3.10. Djupdrenering

Eit aktuelt drenstiltak ved lukka drenering er djupdrenering. Under synfaring på E39 Staurset - Renndalen kom det fram at djupdrenering er etablert det. Djupdrenering ved E39 Staurset - Renndalen er utforma som illustrert i figur 21. Det er to perforerte drensrør med diameter 150 mm som ligg inne i ein pukkestreng med ein fiberduk rundt. I tillegg er det puk i omfyllingmassane. Ved å nytte puk får ein god tilsig av vatn, samtidig hindrar fiberduken at finstoff tettar dei perforerte drensrøra. Statens vegvesen er godt nøgd med eit slikt drenstiltak då dei erfarer at den tek unna mykje vatn og at det ikkje er naudsynt med drift – og vedlikehald.





Figur 21. Djupdrenering.

### 3.11. Infiltrasjonsløsning

På E6 Labbdalen – Skaberud og E6 Strandlykkja - Labbdalen er det nytta infiltrasjon av overvatn i grøft i staden for tradisjonell lukka drenering med bortføring av overvatn i rør. I følgje Åstebøl m. fl. (2008) er infiltrasjon i grøft basert på tre viktige føresetnadar. For det første ein skal ha kontrollert fjerning av overvatn frå kjørebane til grøft. For det andre må infiltrasjonsmasser tilfredstille krav til infiltrasjonskapasitet og binding av forureiningar. Den siste føresetnaden er at vegkroppen skal sikrast ei fullgod drenering.

Åstebøl m. fl. (2008) skriv at ei infiltrasjonsgrøft skal byggast med infiltrasjonsmasser over eit lag med naturlege massar, over forsterkningslaget. Vatnet vil då infiltrere i infiltrasjonsmasser og dei naturlege massane vil fungere til masseseparering. På E6 Labbdalen - Skaberud og E6 Strandlykkja – Labbdalen er vegen bygd opp på mange meter av sprengt fjell. Overvatn blir infiltrert i grøfta og deretter diffust spreidd i vegfyllinga av sprengt fjell. I følgje Lindholm m. fl. (2008) er det viktig å vere klar over at infiltrasjon i grunn med tette masser kan vere umogleg. På desse vegstrekningane er infiltrasjon i sprengt fjell nytta som løysing og det er ei løysing Statens vegvesen er godt nøgd med.

Ved planlegging av desse vegstrekningane har det vore eit stort fokus på å skilje mellom reint og skite vatn. Forureina overflatevatn frå vegen blir ført til infiltrasjonsgrøft for å bli reinsa ved infiltrasjon. Reint vatn frå omliggande terreng blir fanga opp med avskjerande grøfter eller bekkeinntak for å hindre at det blandar seg med forureina overflatevatn frå vegen. Vatn blir deretter infiltrert i grunn eller ført vidare til resipient.

Eit anna fokus ved planlegging av E6 Labbdalen - Skaberud og Strandlykkja - Labbdalen har vore å skilje mellom avrenning ved ein flaumsituasjon og normale nedbørsmengder. Ved store nedbørsmengder vil grunnen bli metta og ein får ikkje infiltrert overvatn i grunn. Difor vil vatnet i ein flaumsituasjon, skite overflatevatn frå vegen og overvatn frå terrenget bli blanda i ein flaumsituasjon. I følgje Hb N200 er det vanleg å dimensjonere infiltrasjonsløyser for ein – til to - års returperiode.

I 2011, to år etter at E6 Labbdalen - Skaberud opna var det flaum i Gudbrandsdalen og deretter i Mjøsa. I samband med denne flaumen fekk ein utvasking av finstoff i stor skala frå omliggande terreng. Store delar av omliggande terreng var nylgg etablert slik at erosjonstiltak som vegetasjon mangla. Det var duk på sideterrenget for å hindre erosjon før etablering av vegetasjon. På grunn av store vassmengder var dukane flytta. Det medførte at dukane tetta sluk og Statens vegvesen måtte difor fjerne dei. Store mengder finstoff vart dermed vaska i grunnen. Finstoff kan ha redusert infiltrasjonskapasiteten til grunnen og dermed redusert kapasiteten til dreosanlegget. Det er svært vanskeleg, om ikkje umogleg, å få fjerna finstoff frå grunnen. Statens vegvesen har også erfart at det har vore eit problem å få tak i gode nok tettingsmasser til å nytte i grøfter.

### 3.12. Klimafaktor

Ved dimensjonering av dreosanlegg tek ein høgde for klimaendringar ved å nytte ein klimafaktor. Kvalsvik (2014) skriv at klimafaktor har ein verdi frå 1,0 og oppover. Klimafaktoren kan auke kapasiteten til eit dreneringsanlegg for å ta høgde for auka avrenning som følgje av klimaendringar. Kvalsvik (2014) skriv også at klimafaktoren må tilpassast kvart enkelt prosjekt. Det kjem av at truleg vil klimaendringane påverke nedbøren ulikt på ulike stadar i Noreg. I følgje Lindholm (2008) gir klimaendringar sterkare nedbørsintensitet og grunnvatn vil stå på eit høgre nivå. Det vil truleg medføre auka avrenning.

Under synfaring og intervju var det ei samstemt einigheit frå personell i Statens vegvesen at klimaendringane var merkbare. Til dømes ved Rv 3 Åsta i Hedmark har ein erfart auka nedbørsintensitet og redusert konsentrasjonstida. Intens nedbør med kort konsentrasjonstid kan medføre store vassmengder på kort tid. Det kan gjer at det raskt oppstår flaum, og dette skjer ofte lokalt. I slike tilfelle er det viktig for vegnettet at ein har eit dreneringsanlegg og ein vegkonstruksjon som er rett dimensjonert, (Avinor, m. fl., 2007, s.14).

På E39 Kvivsvegen vart det under bygging av dreosanlegget observert meir nedbør enn forventa. Det vart registrert stadig oftare nedbør med høg intensitet som gav større vassmengder enn forventa. Det resulterte i at mange drenelement fekk minst ein større dimensjon enn planlagt. I ettertid har Statens vegvesen erfart at det var nødvendig med den auka kapasiteten til drenelementa.

## 4. Grunnlag for analyse

Dette kapitlet dannar grunnlaget for nokre enkle analyser som blir presentert i kapittel 7 og omhandlar teori for hydraulisk dimensjonering. Hydraulisk dimensjonering for lukka drenering blir gjennomgått av Kvalsvik (2014) og det som blir omtalt i dette kapitlet vil byggje på den teorien. Relevant teori som går utanfor det som er skrive i den prosjektoppgåva vil blir omtalt nærmare her.

I kapittel 7 blir to delstrekningar analysert ved å rekne på kapasiteten til dreneringsanlegga. Dei to delstrekningane er delar av Fv 653 Eiksundsambandet (delstrekning 1) og E39 Astad – Høgset (delstrekning 2). Bakgrunnen for at desse vegane vart valt for kontrollrekning var at desse verka spesielt interessante. Ved delstrekning 1, Fv 653 Eiksundsambandet var hypotesen at alle drenselemn, utanom grøft, har tilstrekkeleg kapasitet. Ynska å samanlikne det med delstrekning 2, E39 Astad – Høgset. Frå synfaring kunne det verke som alle drenselement hadde mindre kapasitet enn dimensjonerande avrenning, og dette utgjorde difor hypotesen for delstrekning 1.

Hydrauliske berekningar er ofte komplekse, spesielt dersom ein skal ha eksakte resultat. For å gjer dette må ein simulere det ein skal rekne på i avanserte dataprogram. I forbindelse med denne oppgåva var det ikkje tid nok til å nytte slik programvare, og det var heller ikkje tilgjengeleg. Det er difor nytta enkle berekningsprogram, i tillegg til manuell berekning. Ved rekning har det blitt valt konservative verdiar. Det er for å sikre mot ein flaumsituasjon. Sjølv om det er nytta enkle berekningsprogram kan ein anta at resultatata vil vere representative for verkelege resultat.

## 4.1. Avrenning

### 4.1.1. Nedbørsfelt

Avrenning til eit gitt punkt, til dømes til ei stikkrenne, er bestemt ut frå tilhøyrande nedbørsfelt. Nedbørsfeltet til eit gitt punkt er avhengig av terrenget i området. Kor stor avrenning ein har er i følge Fergus, m. fl. (2010) først og fremst avhengig av nedbørsintensitet, kor lang tid det er nedbør, og storleiken til nedbørsfeltet. I tillegg spelar faktorar som snøsmelting, fordamping, sjøareal og metting av jorda, inn på kor stor avrenning ein har. I denne oppgåva blir dataprogrammet Novapoint og AutoCAD nytta for å finne nedbørsfeltet.

For å finne nedbørsfelt vart det først modellert ein terrengmodell i Np. Denne terrengmodellen generer ein ut frå sosifiler. Sosifiler har ulike koder, desse kodane fortel kva informasjon sosifilene inneheld. Sosifiler som vart nytta i denne analyse innehaldt informasjon om terreng, høgdekoter, markslag, busetnad, vatn, bekkar og andre viktige faktorar som påverkar avrenninga. Sosifiler kan ein få frå aktuelle kommunar. Når sosifilene er lest inn kan ein generere ein 3D – modell. For å få meir informasjon til terrengmodellen kan ein importere data frå dwg – teikningar. Då kan ein få informasjon om til dømes eksisterande vegar eller va – anlegg. Data frå dwg – teikningar kan ein konvertere slik at ein kan modellere eksisterande situasjon i 3D, saman med terrengmodellen. I bilag B1 og B2 kan ein sjå eit snitt frå terrengmodellen i 3D frå delstrekning 1 og 2. Med utgangspunkt i terrengmodellen kan ein generere eit terrengkotekart. Terrengkotekartet som er laga i denne oppgåva har høgdekoter på 1 meter og 10 meter. For å betre illustrere området kan ein legge til eit orthofoto eller ei dwg – teikning. Med utgangspunkt i terrengkotekartet og terrengmodellen kan ein teikne nedbørsfeltet i AutoCAD.

I denne analysen vart nedbørsfeltet funne ved å ta utgangspunkt i plassering av stikkrennene på vegen. Eksisterande drensplan syner kva retning det er fall i grøftene. Der fallet til grøfta snur (ofte i høgbrekk) vart grensa til nedbørsfeltet satt i denne analysen. Med utgangspunkt i desse avgrensingane vart nedbørsfelte teikna. Generelt skal det vere 90° mellom høgdekote og grensa til nedbørsfeltet. Ved teikning av nedbørsfelt må ein vurdere om faktorar som til dømes bekkar, som kan endre mønsteret for avrenning. Elvar og innsjøar kan til dømes samle vatn frå fleire nedbørsfelt, og/eller dei kan krysse fleire nedbørsfelt. Nedbørsfelte vart difor inspisert ved synfaring flyfoto over området i tillegg til teikning frå terrengmodell med høgdekoter. Nokre

stadar har det vore vanskeleg å finne nedbørsfeltet til ei enkelt stikkrenne, sidan kartet har høgdekurver på 10 meter fleire stadar. Grovt kartgrunnlag og usikkerheit rundt skogsvegar og terrenggrøfter gjer at det nokre stadar var vanskeleg å vurdere kva veg vatn renn. Difor blir total avrenning frå eit nedbørsfelt vurdert mot den samla kapasiteten til drenelementa. Ein kan sjå teikna nedbørsfelt for Fv 653 Eiksundsambandet i figur 31 og for E39 Astad - Høgset i figur 34.

#### 4.1.2. Avrenning ved den rasjonelle formel

Ein kan rekne på avrenning frå nedbørsfeltet ved å nytte den rasjonelle formel. Den rasjonelle formel er gitt ved, (Statens vegvesen, 2014a, s.141):

$$Q = C \cdot I \cdot A \cdot Kf \quad [l/s] \quad [1]$$

Der: C = avrenningsfaktor

I = dimensjonerande nedbørsintensitet [l/sha]

A = feltareal [ha]

Kf=klimafaktor

Feltareal til nedbørsfelt kan ein finne ved hjelp av AutoCAD, etter at nedbørsfeltet er avgrensa som nærmare omtalt i kapittel 4.1.1. I følgje NVE kan ein på generell basis nytte formel [1] for areal mindre enn 50 ha. Det vil alltid vere ei vurdering om ein kan nytte den ut frå grad av kompleksitet til nedbørsfeltet. Til dømes kan ei elv i eit nedbørsfelt auke graden av kompleksitet til nedbørsfeltet.

Avrenningsfaktoren, C, finn ein ut frå kva slags overflate ein har i det aktuelle området, Kvalsvik, (2014). I terrengmodellen er dei ulike flatene generert med ei kode slik at ein har informasjon over kva slags markslag ein har. Ut frå markslag kan ein velje C – verdi frå tabell i bilag D1. Nedbørsfelta langs E39 Astad – Høgset og Fv 653 Eiksundsambandet består hovudsakeleg av skogsområder og bart fjell. Nokre stadar er det busetnad. For å finne C – verdi

der det er fleire markslag i eit nedbørsfelt kan ein nytte følgjande formel, (Thorolfosson, 2013, s.93):

$$C = (C_1A_1 + \dots + C_nA_n)/A \quad [2]$$

C – verdi for skog og mark vart satt til 0,5 og C – verdi for busetnad blei valt til 0,8. For dei aktuelle bustadområda er det store areal som er dyrka, og C – verdien er av den grunn ikkje høgre enn 0,8. Avrenningsfaktor, C, blir skalert ved auka returperiode opp til ein maks koeffisient C=0,95, (Statens vegvesen, 2014a, s.141).

For å finne nedbørsintensiteten, I, må ein først finne konsentrasjonstida tc. Konsentrasjonstida er avhengig av kva felt ein reknar på, (Kvalsvik, 2014). Ein må difor rekne ut konsentrasjonstida for kvart enkelt felt. Konsentrasjonstida er gitt ved, (Statens vegvesen, 2014a, s.142):

$$\text{Naturlege felt: } t_c = 0,6 \cdot L \cdot H^{-0,5} + 3000 \cdot A_{se} \text{ [minutt]} \quad [3]$$

$$\text{Urbane felt: } t_c = 0,02 \cdot L^{1,15} \cdot H^{-0,39} \text{ [minutt]} \quad [4]$$

Der: L = lengda av feltet, [m]

H = høgdeforskjell i feltet, [m]

Ase = del innsjø i feltet.

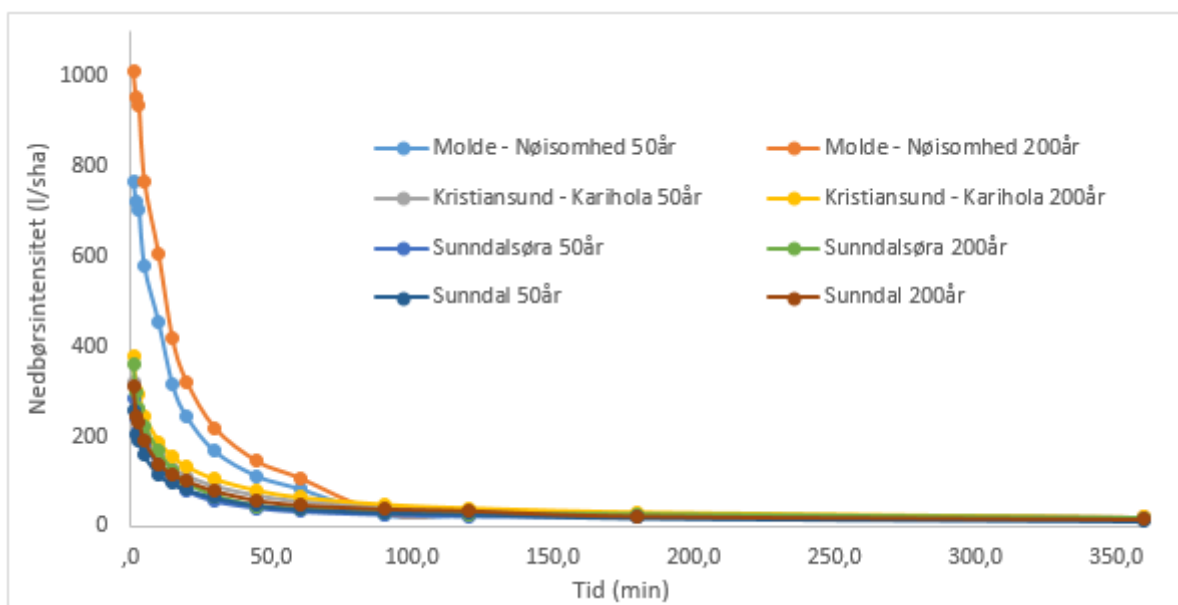
Høgdedifferanse og lengd til ulike nedbørsfeltet vart funne ved hjelp av AutoCAD. Fant høgdedifferansen ved å finne differansen mellom høgste og lågast punkt i kvart nedbørsfelt. Lengda av nedbørsfelta vart funne ved å måle frå utløp til ned høgste punkt i felta. Konsentrasjonstida er altså tida det tek for å samle avrenning frå ulike delar av feltet til eit gitt punkt.

I tillegg til konsentrasjonstid treng ein klimadata for å finne nedbørsintensitet. Klimadata har blitt henta frå «eklima.no». Der har ein tilgang til gratis vêr – og klimadata frå Meteorologisk Institutt. Dei har målingar frå vêrstasjonar for lange tidsseriar. Slik kan ein generere IVF – tabell for den staden ein innhentar måledata for. IVF – tabell eller IVF – kurve inneheld informasjon

om nedbørsintensitet, for ulike varigheiter, ved ulike frekvensar. Lokale variasjonar gir variasjon i nedbør på ulike stadar og ein må difor vurdere nøye kva slags data ein vel å nytte ved analyse. Ved korte måleseriar er det knytt stor usikkerheit til data når ein studera nedbør ved lange returperiodar. Ein må difor vere forsiktig ved bruk av måledata.

For delstrekning 1 var det berre ein aktuell målestasjon. Målestasjonen Ålesund – Spjelkavik er den einaste i nærområdet for Fv 653 Eiksundsambandet. Ein kan tenkje seg at det er ganske like nedbørsforhold her då begge stadane verken ligg heilt på kysten eller i indre strøk. Det blei difor vurdert at ein kan nytte denne målestasjonen i analysen. IVF – tabellen for Ålesund – Spjelkavik kan ein finne i bilag D3.

For delstrekning 2 har det blitt henta vêrdata frå Kristiansund - Kariholda, Molde - Nøisomhed, Sunndalsøra og Sunndal. Dette er værstasjonar som ligg i nærleiken av delstrekning 2. I figur 22 kan ein sjå ei samanlikning av nedbørsintensiteten til dei ulike stadane ved returperiode på 50 år og 200 år. Nedbørsintensiteten til Molde - Nøisomhed er mykje større enn ved dei andre stasjonane. Det er få år (12 år) med målingar på denne stasjonen og då kan enkelthendingar med store nedbørsmengder påverke resultatet i stor grad. Det er truleg det som har skjedd her. Det kan også vere eit døme på store lokale differansar. Sidan dei resterande målestasjonane har tilnærma samanfallande nedbørsintensitet blir nedbørdata frå Molde - Nøisomhed vurdert som usikre og blir ikkje nytta i denne analysen.



Figur 22. IVF – kurve for ulike værstasjonar i nærleiken av Batnfjorden.



Kristiansund – Karihola er stasjonen med målingar over flest år (34 år). Nedbørsintensiteten til Kristiansund - Karihola stemmer godt med nedbørsintensiteten til dei andre stasjonane. Av dei tre vérstasjonane er det Kristiansund – Karihola som har høgst nedbørsintensitet for dei ulike tidsintervalla. Sidan analysane blir gjennomført med god margin i denne oppgåva blir nedbørsintensiteten for Kristiansund – Karihola nytta. IVF – tabellen for Kristiansund – Karihola kan ein finne i bilag D2.

I følgje Lindholm m. fl. (2008) bør ein analysere avrenning både for hausten og vinteren for felt større enn 20 – 50 ha. Etter Statens vegvesen (2011b) er det størst avrenning knytt til korte og intensive regnbyer, og ikkje avrenning på grunn av nedbør og snøsmelting, sett vekk ifrå nokre stadar heilt nord i landet. Snøsmelting vil difor bli sett vekk ifrå ved vidare rekning.

Grunnlag for utrekningane kan ein finne i bilag C1 og C2.

### 4.1.3. Avrenning frå veg

I denne analysen har avrenning frå vegareal blitt inkludert som ein del av total avrenning som dressystemet skal vere dimensjonert for. For å finne avrenning frå veg kan ein nytte den rasjonelle formel [1]. Avrenning frå vegen vil variere om det er einsidig tverrfall mot grøft eller om det er takfall (halve vegarealet mot grøft). Vegareal blir i denne oppgåva rekna som heile vegbreidda og skulder for begge sider av vegarealet eller halve vegbreidda og ei skulder. Grøftearealet har blitt neglisjert i desse utrekningane. Avrenningsfaktor på 0,95 for asfalt er antatt frå figur i bilag D1. IVF – tabellane i bilag D2 og D3 var nytta for å finne avrenning frå veg. Dømet vart rekna med eit returperiode på 50 år, 100 år og 200 år.

Konsentrasjonstid for avrenning av veg er funne ut frå [4] då ein reknar veg som ei urban flate. For delstrekning 1 og 2 har vegbreidda blitt satt til 8,5 meter. Fall og lengde på vegstrekninga har blitt avgrensa av nedbørsfelt. Ved å rekne på konsentrasjonstid for dei ulike vegstrekningane har den blitt funne til å ligge mellom ca. 0,5 min til ca. 1,5 min. Det er difor antatt ei konsentrasjonstid på 1,0 min. Grunnlag for berekningane finn ein i bilag C3 –C5.

## 4.2. Kapasitetsrekning

### 4.2.1. Kapasitet til grunn sidegrøft

Kapasiteten til open grøft finn ein ved å nytte Mannings formel. Mannings formel er gitt ved, (Statens vegvesen, 2014a, s.147):

$$Q=M \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot 1000 \quad [l/s] \quad [5]$$

Der,  $M$  = Mannings tall, [ $m^{1/3}$ ], verdi frå tabell i bilag D4

$A$  = tverrsnitt til grøfta, [ $m^2$ ]

$R$  = hydraulisk radius,  $A/P$ , [ $m$ ]

$I$  = Lengdefall av grøfta, [ $m/m$ ]

$P$  = Vått tverrsnitt av grøfta, [ $m$ ]

Eit grøfteprofil ved ei vegstrekning vil variere på grunn av maskinell utføring ved bygging og lokale tilpassingar. I denne analysen er det antatt at grøftetversnittet for delstrekning 1 og 2 er konstant for heile strekningane. Tverrsnittet til grøfta ved delstrekning 2 er utforma som anbefalt i Hb N101, med helling på 1:4 frå skulder mot botn grøft, og høgd på 0,3 meter. Botn grøft er 0,5 meter brei. Grøfta til delstrekning 1 er utforma på same måte, berre at der har tilbakefyllinga helling på 1:1,5. Ulike prinsippsskisser for grøfteprofilerna for dei to vegstrekningane kan ein finne i bilag B3 – B4.

Ved kapasitetsrekning på grøft er det antatt at grøftene er reinska for slam og har tverrsnitt som er planlagt. Mannings tall,  $M$ , er funne frå figur i bilag D4. Grøftene på delstrekning 1 og 2 er kledd med vegetasjon. Mannings tal vart difor valt til,  $M = 20 m^{1/3}/s$ . Då er også krav til vasshastigheit utan fare for erosjon etter figur i bilag D4 tilfredstilt. Helling til grøft vart funne for kvart nedbørsfelt, då dette varierer for dei ulike nedbørsfeltene. Variabelen,  $I$ , er eigentleg hellinga til vatnet, men antek det er her antatt at vasspeilet er parallelt med hellinga til grøfta. Grunnlag for berekningane finn ein i bilag C5 og C6.

#### 4.2.2. Kapasitetsrekning på inntaksrister

Ved Fv 653 Eiksundsambandet og E39 Astad – Høgset (delstrekning 1 og 2) finn ein fleire stadar kum med kuppelrist som tek i mot overvatn. Det vart difor gjennomført ei berekning for kapasitet til kuppelrist. Ein kan rekne manuelt på kapasitet til kuppelrista ved å nytte formel for samanhengen mellom vassføring og gjennomstrøymingsareal, (Fergus m. fl., 2010, s.346).

$$V_r = \frac{Q}{A_r} \quad [6]$$

Der,  $Q$  = Vassføring [m<sup>3</sup>/s]

$A_r$  = Effektivt areal [m<sup>2</sup>]

$V_r$  = Hastigheit til vatnet [m/s]

Effektivt areal for gjennomstrøyming av vatn for ei kuppelrist kan ein få oppgitt frå produsenten. Ulefos og Furnes er vanlege leverandørar for kuppelrist i Noreg og det er kuppelrister frå desse leverandørane som er nytta på delstrekning 1 og 2. Det er tatt utgangspunkt i gjennomstrøymingsareal til kuppelristene som produsentane har oppgitt. Ved rekning på kapasitet til kuppelrister er det antatt at dei ikkje er tildekt og det derfor er så lite falltap at ein kan neglisjere det.

Dei fleste kuppelristene på E39 Astad – Høgset og Fv 653 Eiksundsambandet har ein diameter på ca. 650 mm. Det er difor tatt utgangspunkt i denne diameteren i vidare rekning. Som tidlegare nemnt i kapittel 3.3.3 er det krav frå Hb N101 at element innanfor sikkerheitsonen ikkje stikk meir enn 15 cm over terreng. Det er ikkje rekkverk på nokon av delstrekningane og det er difor antatt at ingen av kuppelristene er høgre enn 150 mm i denne analysen. Antek at vatnet dekker over heile kuppelrista for å finne maksimal kapasitet. Farta til vatn som renn inn gjennom kuppelrista er avhengig av lokale forhold og kor store vassmengder det er på staden. Frå rekning på kapasiteten til grøftene på E39 Astad – Høgset og Fv 653 Eiksundsambandet kan ein sjå at hastigheita til vatnet kan bli opp mot 1,5 m/s ved maksimal kapasitet til grøftene, bilag C5 og C6. Samtidig kan ein sjå i bilag C6 kan hastigheita til vatnet bli rundt 2 m/s ved maksimal avrenning. Det er difor antatt at hastigheita ved maksimal kapasitet ligg på ca. 2 m/s.

### 4.2.3. Kapasitetsrekning på kum

Ved delstrekning 1 og 2 kan ein finne mange sandfangskumar. Kuppelrist er mykje nytta som rist på sandfang på delstrekning 1 og 2. I følgje Basal bør volumet til ein sandfangkum vere minst 0,8 m<sup>3</sup> for å sikre tilfredstillande funksjon. Det betyr at ein i praksis må nytte sandfangkum med minst ein meter i diameter. Også Hb N200 anbefalar ein sandfangskum med minimum ein meter i diameter. Kapasiteten til ein kum vil vere avgrensa av volumet til kummen, inntaksrista til kummen, eller leidninga ut frå kummen.

Å rekne kapasitet på ein kum er komplisert. I følgje Lindholm m. fl. (2008) skuldast det mange ulike hydrauliske prosessar som skjer i ein kum. Det kan vere store energitap i ein kum, til dømes falltap på grunn av friksjon, innsnevring, utviding, bend osv. Lindholm m. fl. (2008) skriv at det er gjennomført praktiske forsøk med modellkummar og forsøk viser at rennedjupna bør vere lik eller helst større enn rørdiameter. Ved vidare analyser blir det sett bort frå kumtap, og antatt at kummen sin maksimale kapasitet tilsvara kapasiteten til utgåande rør. Kapasitetsrekning på sirkulære stikkrenner blir nærmare gjennomgått i kapittel 4.2.4.

### 4.2.4. Kapasitetsrekning på sirkulære stikkrenner

Kapasiteten til ei stikkrenne er avhengig av utforming av stikkrenna og kva slags strøyming vatnet har, (Kvalsvik, 2014). For alle stikkrenner ved delstrekning 1 og 2 er det antatt full kapasitet, og at stikkrennene er opne og fri for slam. Ved fleire stikkrenner innanfor eit nedbørsfelt er det antatt at vatnet fordelar seg slik at ein får utnytta kapasiteten til stikkrenner maksimalt. Dette er det sjølvsagt knytt stor usikkerheit til og kan gi avvik i forhold til verkeleg situasjon. Produsentane «Basal» og «Pipelife» sine utrekningsverktøy er nytta for å finne kapasiteten til stikkrennene.

Ved stikkrenne i betong har produsenten «BASAL» sitt utrekningsverktøy blitt nytta for å finne nødvendig kapasitet til stikkrenna. Programmet er utvikla av SINTEF og byggjer på SINTEF – rapport «Flaumberegning og kulvertdimensjonering» av Berg m. fl. (1992). For å kunne nytte programmet må ein anta at utløpet er fritt, og ikkje dukka. Ein må også anta at vasstanden ved innlaupet er mindre enn diameter til stikkrennene. Det betyr at ein antek innlaupskontroll.

Innlaupskontroll er positivt fordi då har ein i praksis ein reservekapasitet. Ved innlaupskontroll er det også betre transport av rusk og slam som elles kan vere ein fare for tetting av stikkrenner.

I følgje Berg m. fl. (1992) er kapasiteten til stikkrenner gitt ved djupna til vatnet ved innløp, diameter til innløpet og geometri til innløpet. For å manuelt finne diameter til stikkrenner ved dimensjonerande vassføring kan ein nytte nomogram som byggjer på Colebrook sin formel. For denne analysen vart Mannings tal valt til 70 m<sup>1/3</sup>/s. Denne verdien er relativt lav, då det her er valt å nytte konservative verdiar. Det er antatt at alle stikkrennene har tilstrekkeleg fall for å få innlaupskontroll. For stikkrennene med ukjent fall vart det antatt eit fall på 2 %. Det er valt fordi minste helling anbefalt for ei stikkrenne er 2 %. Ved kritisk fall, når det ikkje er tilstrekkeleg fall for å få innlaupskontroll, gir programmet til Basal tilbakemelding om dette. Ein kan sjå utrekningane som er gjennomført i Basal i bilag C6 – C8.

For ei stikkrenne i plast kan ein nytte berekningsprogram frå produsenten «Pipelife». Programmet byggjar på Colebrook sin formel. Dersom ein ønskjer å gjer utrekningane manuelt kan ein enkelt nytte Colebrook diagram, (Kvalsvik, 2014). Manuell utrekning gir derimot større usikkerheit enn ved å nytte berekningsprogram. Colebrook sin formel kan nyttast ved fulle tversnitt. Dersom ein har eit delvis fylt rør kan ein nytte eit delfyllingsdiagram saman med Colebrook, (Kvalsvik, 2014).

I analysen vart det antatt innløpskontroll for stikkrennene. Maksimal kapasitet ved innløpskontroll er ved delfylte rør og difor vart delfyllingsdiagram nytta i denne analysen. For å finne kapasiteten til stikkrenne i programmet frå Pipelife vart diameter oppgitt. Når det gjeld diameter til røret varierer det om ein snakkar om indre diameter eller ytre diameter. Det er difor viktig å vere påpasseleg med å velje rett diameter. I denne analysen er det valt å rekne kapasiteten til stikkrenner med utgangspunkt i diameter som er satt i drengplanane for delstrekning 1 og 2. Ein finn drengplanane i vedlegg 2 – 5. Ru - verdi til stikkrenna er avhengig av blant anna kor mange komponentar som er sett saman. Antek i denne oppgåva ein ru – verdi,  $\mu=0,25$  og eit fall på 1%. I berekningsprogrammet frå Pipelife kan ein i tillegg til kapasitet få informasjon om hastigheit til vatnet. Ved å vite hastigheita vatnet kan ein kontrollere for erosjon slik at ein unngår det. Ein kan sjå utrekningane frå Pipelife i bilag C9 – C14.

### 4.3. Usikkerheit

Ved berekning av flaum er det mange usikre faktorar. Nokre aktuelle usikkerheiter i denne analysen er.

- Feil areal ved oppteikning av nedbørsfelt.
- Verdier frå nedbørstasjon er antatt å gjelde for andre områder enn der stasjonen er lokalisert. Store lokale variasjonar kan ha stor påverknad på data.
- Feil i data frå vérstasjon kan påverke resultatata i IVF - kurve. Feil data frå vérstasjon kan kome av til dømes feil avlesing eller usikkerheit knytt til instrument som loggar nedbøren. Det mange målestasjonar som ikkje målar korttidsnedbør om vinteren, (Statens vegvesen, 2014a, s.142).
- Få år med innsamling av nedbørsdata gir usikkerheit ved lange returperiodar.
- Korleis klimaendringane vil påverke nedbørsmengda er usikkert og sjølv om det ved klimafaktor blir tatt høgde for endringar er det knytt stor usikkerheit til korleis endringane vil slå ut lokalt i framtida.
- Den rasjonelle formel er ein overslagsformel som baserar seg på gjennomsnittsverdiar. Verdiane som er valt i den rasjonelle formel er valt ut frå erfaringstall. Det er knytt usikkerheit til både gjennomsnittsverdiane og dei verdiane som har blitt antatt for analysen.
- Usikkerheit knytt til fastsetjing av  $C$  – verdi i den rasjonelle formel. Avrenning som er antatt vil ikkje ver lik verkeleg avrenning. Til dømes blir det ved fastsetjing av  $C$  – verdi og bruk av den rasjonelle formel sett vekk ifrå metting av jorda.
- I følge Dingman (2008) er ikkje det alltid ein samanheng mellom nedbør og avrenning. Den rasjonelle formel bygger på denne samanhengen og det er difor knytt usikkerheit til formelen.
- Usikkerheit ved teikningar og kartdata bør kontrollerast mot ulike kart og synfaring for å minimere feilkilder.
- Det er antatt mange ulike verdier i forbindelse med kapasitetsberekning, til dømes innløpskontroll, at komponentar som rør, kum, rist osv. fungerer optimalt. Dette er verdier som er antatt for å forenkla utrekningane og som truleg vil avvike noko frå verkelegheita. Det er difor knytt ei usikkerheit til dette.

## 5. Drensplan

### 5.1. Drensplan på ulike plannivå

I følge «plan og byningsloven» har vi tre ulike plannivå i Noreg. Dette er regional – eller kommuneplan (oversiktsplan), reguleringsplan og byggeplan. I tillegg kan ein innanfor kommuneplan utarbeide kommunedelplan for ulike tema, bestemte område og liknande. I følge Hb V712 skal ein ved vegplanlegging utarbeide, behandle og vedta veg og transportplanar slik som det er bestemt i PBL. Dei ulike planane har ulike krav til kvalitet og detaljar.

Ein nyttar oversiktsplan dersom det er behov for å ta overordna vurderingar og avgjersler. I følge KMD (1994) er tanken bak ein oversiktsplan å inkludere vegplanlegging i samordna arealplanlegging. Ein oversiktsplan vil vise ulike prinsipp-løysingar. Til dømes kan ein ved oversiktsplan vurdere ulike veglinjer eller lengdeprofilar. I følge Hb N200 er det viktig å kartlegge korleis vatn blir påverka ved ulike løysingar i ein oversiktsplan. Ved endring av vassføring eller terrenginngrep er det spesielt viktig med god planlegging, då det kan auke sjansen for til dømes erosjon og utgliding. Dersom det er behov for konsekvensutgreiing blir det gjennomført i forbindelse med oversiktsplan.

Ved reguleringsplan er det ein større grad av detaljar enn ved oversiktsplan. I følge Hb N200 skal ein reguleringsplan vise detaljar slik ferdig resultat skal framstillast. For at reguleringsplanen skal kunne vise detaljar for ferdig resultat må ein beskrive alle tiltak som er nødvendig for å få endeleg resultat. Til dømes må ein beskrive alle terrenginngrep, kvar desse skal vere og korleis dei skal utformast, ved hjelp av til dømes tverrprofil. Godkjent reguleringsplan eller detaljplan er grunnlag for grunnverv. Utan godkjent plan finst ikkje det heimel for å erverve grunn og rettigheter til å gjennomføre dreneringa, (Statens vegvesen, 2014a, s. 121).

Ein byggeplan skal innehalde fullstendige detaljar for byggefasen. Den bør inkludere komponentar, som til dømes drensleidningar, kummar, inntaksrister, stikkrenner osv, (Statens vegvesen, 2014a, s.122). Alle desse komponentane skal teiknast i detalj. Byggeplanen er det endelege plangrunnlag for bygging av anlegg.

Ved å nytte oversiktsplan, reguleringsplan og byggeplan i ei planleggingsfase, sikrar ein god arealbruk og ein aukar sjansen for at heile anlegget er samstemt og vatnet bli leia vekk slik det er tenkt. Samordna planlegging er ekstra viktig i forbindelse med eit dreosanlegg, då utføring av eit til dreosanlegg er avhengig av geometrien til tilhøyrande veg. Til dømes kan ein få problem med dreneringa på tilnærma flate vegar og det kan være behov for mange inntaksrister i nærleiken av kvarande. Desse skal i tilfelle vere teikna inn i ein byggeplan.

## 5.2. Eksisterande krav til dreansplan på ulike plannivå

Det er mange omsyn å ta ved planlegging av dreansplan. I følgje Hb N200 bør ein ved planlegging på reguleringsplannivå og byggeplannivå ta omsyn til faktorar som:

- Regulering av bekkar og elvar
- Drenering av veg og skråningsareal
- Grøfting og drenering for landbruk og tilstøytane areal
- Hindre/avgrense endringar i grunnvassnivå
- Sikre mot forureining av drikkevatt, grunnvatt og andre sårbare omgjevnader
- Vurdere endringar i normalprofilen
- Detaljere og dimensjonere ut frå
- Generelle og lokale erfaringar
- Minimumsløysingar
- Berekning av avrenning, vassføring

Ein reguleringsplan bør innehalde tilstrekkeleg med detaljar til at forhold etter utføring kjem godt fram. Ein byggeplan bør ha fullstendig detaljar for byggefasen. Det betyr at ved byggeplan skal alle komponentar i systemet visast detaljert, med rette storleikar, og med rett plassering. Døme på komponentar som bør vise i ein byggeplan er dreansleidningar, terrenggrøfter, nedføringsrenne, kummar og sluk osv. I tillegg skal detaljar synast i eigne teikningar. Døme på slike detaljar er type kum, sluk, rister, lokk, grøftesnitt, material og plassering, (Statens vegvesen, 2014a, s. 122).



### 5.3. Vurdere kvalitet – og detaljgrad av byggeplan

Med kvalitetsgrad er det i denne oppgåva snakk om kva kvalitet ein plan har eller bør ha. Til dømes har ein plan høg kvalitetsgrad dersom det finst eit grunnlag for dei bestemmingane planen har, t.d. dersom det førelegg berekningar. Detaljgrad seier noko om kor detaljert ein plan er. Til dømes bør ein plan med høg detaljgrad beskrive kor mykje det skal vere av noko eller kva storleik det skal vere. Drensplan på byggeplannivå er henta inn for nokre av vegstrekningane. Det var ikkje mogleg å få tak i alle drenspanar for alle vegstrekningane sjølv om dette vart prøvd fleire gongar. Aktuelle drenspanar kan ein sjå i vedlegg 2 – 14. Dei fleste planane er «som - bygd plan» og det var difor vanskeleg å vurdere kva kvalitet- og detaljgrad byggeplan hadde før/under bygging. Ein «som – bygd» plan utgjer meir ein dokumentasjon på kva som er gjort, enn som eit grunnlag for korleis eit bra drensanlegg bør utformast. Ved vurdering er det tatt utgangspunkt i dei drenspanane som er samla, og erfaringar frå synfaring og intervju. Ved vurdering av kvalitet – detaljgrad ved dei ulike drenspanane verka dei relativt like. Det vart difor gjennomført ei samla vurdering.

Felles for drenspanane på byggeplannivå er at dei verkar fullstendig og detaljerte. Teiknsettinga ser ut til å følgje rettleiing frå Statens vegvesen si Hb R700. Dreselement som drensrør, inntaksrist, kum osv. kjem også ganske godt fram av teikningane. Plassering og dimensjon til ulike dreselement kjem godt fram av teikningane. Det er også eigne teikningar for tverrsnitt. Detaljar som stikkrenner, grøft og kummar viste godt på tverrsnitt - teikningane. Det som blir sakna frå desse teikningane er teiknsetting som til dømes viser kva djupne eller breidde dei grunne sidegrøftene skal ha. Dette kjem ikkje direkte fram av alle teikningane, og dersom teikningane ikkje er i rett målestokk er det heller ikkje lett å måle. Årsaken til dette er truleg at tverrsnitta vil variere med lokale tilpassingar. Dersom det er årsaken burde det likevel vore sett på eit minimums mål.

Når ein samanliknar drenspan med eksisterande forhold kan det sjå ut som det er tatt omsyn til eksisterande bekkar og elvar nokre stadar, medan andre stadar ikkje. Bekkar som ikkje har blitt tatt omsyn til kan ha blitt «gløymt» i planlegginga eller det kan vere at vassføringa har blitt vurdert at det ikkje var naudsynt å ta omsyn. Det same gjeld for skråningsarealet. Nokre stadar er det tatt omsyn til det, medan andre stadar er det tilsynelatande ikkje drenering av

skråningsarealet. Til dømes i drensplanen til E39 Astad – Høgset, vedlegg 4, kan ein sjå at ein har drenert skråningsarealet ved hjelp av terrenggrøfter.

Av drensplanane var det vanskeleg å vurdere om bygging av veg med tilhøyrande dreosanlegg har gitt endringar i grunnvassnivå, eller påverka sårbare omgjevnader. Ein veg vil endre opphavleg normalprofil i stor grad. For dei vegstrekningane ein har drensplan er det fleire stadar store fjellskjeringar og store fyllingar. Det kan ha påverka endringar i grunnvassnivå eller sårbare omgjevnader. Problem som iskjøving kan kome frå endringar i grunnvassnivå.

## 5.4. Samsvar mellom planane og utførselen?

Ved synfaring kom det fram at dei ulike planane ikkje alltid blir like godt følgt i ein byggjeprosess og at det derfor kan være avvik mellom opphavelig drensplan og utførsel. Det kan det være fleire grunnar til. Etter samtale med tilsette i Statens vegvesen kom det fram at nokre gongar kan dette kome av at planane ikkje har blitt følgt opp under prosjektering og at ein «dårleg»/uheldig plan blir godkjent. Under bygging blir det oppdaga at det ikkje er mogleg å gjennomføre, og det blir laga andre løysingar enn planlagt.

Ein årsak som blir peika ut er at den som har prosjektert ikkje har vore ute i feltet og undersøkt terrenget. Ved bygging har det blitt oppdaga av entreprenør og/eller byggeleiarar at planen er «dårleg»/uheldig og dermed ikkje mogleg å gjennomføre. Ved uheldige løysingar i ein plan kan det resultere i at det må gjerast endring under bygging og ein dermed ikkje får samsvarande løysingar med byggeplan. Dei ulike planane, spesielt byggeplan, blir ofte reviderte og det kan medføre at ein gløymer å endre andre komponentar som eventuelt blir påverka av endringa. På grunn av mange revideringar undervegs blir det ofte laga ein «som bygd plan» i ettertid, for å ha kontroll på kva som er gjort. Dersom uheldige løysingar ikkje blir oppdaga ved utbygging kan det medføre endringar på eit seinare tidspunkt. Også dette må visast i ein «som – bygd» sidan den ofte utgjer grunnlaget for drift og vedlikehald av eit dreosanlegg. Motsett problem er det også erfaringar med. Dersom entreprenør følgjer byggeplan uansett om det er ei god løysing eller ikkje. Det kan også medføre at ein må endre på løysingar etter bygging.

## 6. Forslag til løysingar

I kapittel 3 vart det presentert erfaringar med ulike drenelement og tilhøyrande løysing. Med utgangspunkt i erfaringane som er gjort vil det i dette kapitlet bli presentert nokre forslag til alternative løysingar. Dei alternative løysingane tek utgangspunkt i løysingar det har vore store driftsproblem med. Løysingane er ikkje testa ut, og vil difor berre kunne reknast som eit forslag, men er utarbeida ut frå liknande løysingar og erfaringar rundt dette. Alle løysingane er også diskutert med relevante fagfolk.

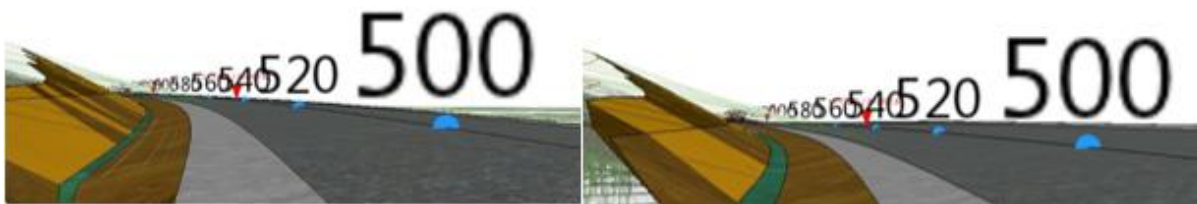
### 6.1. Grøft

Ulike grøfteprofil har ulik påverknad på til dømes masseuttak, hydraulisk kapasitet, utsjånad og trafiksikkerheit. Dei ulike handbøkene til Statens vegvesen foreslår ulike grøfteprofil og for planleggarar kan det vere vanskeleg å vite kva ein bør velje. For å sjå på differansen mellom dei ulike grøfteprofil som er foreslått i handbøkene blir dei her illustrert og diskutert, saman med forslag til eit nytt grøfteprofil.

For å illustrere ulike grøfteprofil er det generert ei veglinje med tilhøyrande grøft. Vegen er berre eit døme og ikkje ein eksisterande veg, men det er tatt utgangspunkt i data frå E39 Astad - Høgset. For å generere terrengmodell og vegmodell i Np har data frå Statens vegvesen og Gjemnes kommune blitt henta inn. I terrengmodellen er eksisterande senterlinje frå E39 Astad - Høgset lagt inn.

Horisontalprofilet til vegen er teikna ut frå retningslinjer i Hb N100 «Veg og gateutforming» og eksisterande senterlinje. Eksisterande E39 Astad – Høgset har ÅDT 2500 og del tungtrafikk er i følgje vegkart - tenesta til Statens vegvesen 15 %. Hastigheita er 90 km/t og vegen var difor klassifisert som ein H3 - veg, «nasjonale hovudvegar», i denne analysen, Statens vegvesen (2013b). Hb N100 gir retningslinjer for korleis ein skal utforme horisontal - og vertikalprofil til ein H3 - veg. Data som ÅDT, del tungtrafikk og vegklassifisering vart lagt inn i Np for veglinja. Fekk då generert ein vegmodell.

I vegmodellen til NP kan ein legge inn kva slags grøfteprofil ein ønskjer å få teikna. Kva slags grøfteprofil ein vel følgjer vegmodellen. Difor vart det laga ein vegmodell for kvart grøfteprofil. Alle vegmodellane som vart generert er like, det er berre grøfteprofillet som er endra slik at det skal vere lett å samanlikne. Det vart tatt bilete i vegmodellen ved profil 500 for dei ulike grøfteprofilane for å samanlikne dei ulike profila lettare. I figur 23 kan ein sjå grøfteprofil som Hb N101 foreslår.



Figur 23. Grøft etter Hb N101, til venstre er grøftebotn 0,2 meter brei og til høgre 0,5 meter brei.

I figur 23 kan ein sjå to ulike grøftetverrsnitt som er foreslått i figur 2.9, Hb N101, (Statens vegvesen, 2013a, s.30). Grøfteprofillet til venstre har 0,2 meter brei grøftebotn, og det er 0,3 meter i høgdedifferanse frå botnen til grøfta til skulderkant. Hellinga på skråninga mot skulderkant i profilet til venstre er 1:4 og dermed 1,2 meter brei skråning. Grøfteprofillet til høgre har 0,5 meter brei grøftebotn, og 0,3 meter i høgdedifferanse frå botn grøft til skulderkant. Hellinga på skråninga mot skulderkant er i profilet til høgre i figur 23; 1:3 og dermed 0,9 meter brei skråning. Erfaring med eit slikt grøfteprofil er at det ofte ikkje er tilstrekkeleg hydraulisk kapasitet for vegar utanfor tettbygde strøk, dette er nærmare omtalt i kapittel 3.3.



Figur 24. Grøfteprofil etter Hb N200.

I figur 24 er grøfteprofil teikna etter figur 406.4, Hb N200, (Statens vegvesen, 2014a, s.150). Botnen til grøfta i figur 24 er flat og 0,5 meter brei. Hellinga mot vegen er 1:3 og høgdedifferansen mellom botn til grøfta og skulderkant er 0,4 meter. Breidda til skråninga mellom grøftebotn og skulderkant er då 1,2 meter.

Sjølv om grøfteprofilen i figur 24 har betre kapasitet enn grøfteprofilen i figur 23 har grøfteprofilen manglande kapasitet i fleire tilfelle. Tiltak mot manglande kapasitet i grøft er ofte at ein grev grøfta djupare fordi det er vanskeleg å endre grøfta på eit anna vis ved ein eksisterande veg. Djupare grøft kan utgjere ein fare for trafikksikkerheita til køyrande då ein får ei brattare helling på sidene til grøfta. Dersom ein køyrer ut i ei grøft med bratt helling kan det medføre brå stopp og det kan også vere vanskelegare å kome opp frå grøfta.

Erfaringane frå dei ulike vegstrekningane som har blitt undersøkt i dette arbeidet tilseier at ein bør ha djupare og breiare grøfter for å få auka hydraulisk kapasitet. Ein bør også utvide tverrsnittet slik at ein får maks utnytting av drenelement i grøfta. Til dømes dersom ein har ei kuppelrist med diameter 60 cm før ein ha ei grøft som er minst 60 cm brei i grøftebotn. Ein bør også ha ei djup nok grøft til at ein får tilstrekkeleg hydraulisk kapasitet til vatnet den skal ta unna. Samtidig må ein behalde trafikksikkerheita til trafikantane. Ved å auke breidda kan ein oppretthalde trafikksikkerheita og samtidig auke kapasiteten til grøfta. Det blir difor her foreslått eit grøfteprofil som både beheld trafikksikkerheita ved utforkjøring og hindrar vatn på vegen ved «normale» nedbørsforhold. Dette kan ein sjå i figur 25.



Figur 25. Eit alternativt grøfteprofil.

Grøfteprofilen som er foreslått i figur 25 har ei grøft med 1 meter brei botn grøft og har helling 1:3. Frp skulderkant til botn grøft er det 1,2 meter. Eit slikt grøfteprofil passar godt på stadar der det er god plass eller mykje vatn som går til sidegrøft og ein likevel ønskjer lukka drenering.

I dette grøfteprofilet har ein plass til større inntak, til dømes ein «sognekum». Ved kuppelrist er det moglegheit for full overdekning, og ein får utnytta maksimal kapasitet.

Når dei fire ulike grøfteprofilerna var generert i NP kunne ein sende mengderapport frå NP til Excel. Ein mengderapport inneheld informasjon om kva slags masser og kor mykje masser som blir påverka av terrenngrep. Som tidlegare nemnt er ikkje veglinja den originale veglinja og resultatane vil difor ikkje vere like som ved eksisterande veg, dette er berre eit døme med utgangspunkt i originalen for å illustrere differansen på kapasitet og masseuttak. Det blir difor berre tatt utgangspunkt i masseuttak for grøft og ikkje for heile vegen og tilhøyrande komponentar. Ved utrekning av kapasitet er det tatt utgangspunkt i Mannings formel [5], som er nærmare forklart i kapittel 4.2.1. Mannings tal vart antatt lik 25 for alle grøfteprofil, som svarar til jord med vegetasjon i følgje tabell i bilag D4. I følgje Hb N200 bør minste helling i ei grøft ved lukka drenering vere 1%. Difor er hellinga i dei ulike grøftene satt til 1 % for alle grøfteprofilerna. Hydraulisk kapasitet og masseuttak for ulike grøfteprofiler samanlikna i tabell 1. Det er illustrert i tabell 1. I tillegg kan ein finne samandrag frå mengderapport i vedlegg 8.

Tabell 1. Samanlikning av mengdeuttak og kapasitet for ulike grøfteprofilar

	<b>Areal [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Lengd [m]</b>	<b>Kapasitet [l/s]</b>
<b>Profil 1 frå Hb N101</b>	14059	2375 (jord)	240
		1989 (fjell)	
<b>Profil 2 frå Hb N101</b>	15129	2275 (jord)	328
		2009 (fjell)	
<b>Profil 3 frå Hb N200</b>	15876	2380 (jord)	557
		2094 (fjell)	
<b>Profil 4 nytt forslag</b>	18193	2330 (jord)	802
		2204 (fjell)	

Tabell 1 viser at mengde masser ein må fjerne ved etablering av grøfteprofil 1 -3 er ganske likt. Samtidig kan ein sjå at det er relativ stor differanse mellom kapasiteten til dei ulike grøfteprofilerna. Kapasiteten er raskt aukande i forhold til storleik på grøft. Ein kan sjå at profil fire, som er det nye forslaget har ein del større masseuttak enn dei resterande grøfteprofilerna. Samtidig har dette grøfteprofilet ein mykje større hydraulisk kapasitet. Dersom store mengder overvatn blir ført til grøft kan eit slikt grøfteprofil vere eit betre løysing, sjølv om det krev eit større masseuttak. Dette må sjølvstund vurderast ut frå lokale forhold.

På stadar der det er stor tilførsel med overvatn til dei grunne sidegrøftene, bør ein ha andre løysingar til å ta unna overvatn enn i grunne sidegrøfter. I mange tilfelle har ikkje grunne sidegrøfter kapasitet til å ta unna store mengder overvatn. Til dømes kan ein utforme dreosanlegg slik at ikkje alt overvatn går til grunn sidegrøft, men i staden blir ført direkte forbi eller igjennom veg. Det kan også vere med å oppretthalde ein meir naturleg vassbalanse. Løysingar som kan avleie overvatnet før det kjem til grunn sidegrøft blir nærmare omtalt i kapittel 6.2.

## 6.2. Avskjerande grøft

Nokre stadar ønskjer ein å hindre at reint overflatevatn frå terrenget og skite vatn frå vegen skal blande seg. Slik slepp ein å reinse store mengder overvatn og ein kan dermed spare store kostnader. Ein kan samle opp reint overflatevatn frå omliggjande område før det kjem fram til grunn sidegrøft og blandar seg med skite overflatevatn frå vegen. For å samle reint overflatevatn frå omliggjande område kan ein til dømes nytte terrenggrøft eller ei nisje i terrenget. Avskjerande grøft kan ein også nytte for å avlaste dreosanlegget dersom det er mykje overvatn frå terrenget. Ved å nytte avskjerande grøft kan ein også hindre iskjøving. Det kan den gjer ved å hindre vatn å renne over skjeringstopp. I følgje Kvalsvik (2014) medfører iskjøving ofte omfattande vedlikehaldsarbeid. Ei avskjerande grøft kan difor vere eit bra tiltak. På synfaring har ein sett at avskjerande grøft ikkje alltid har fungert tilstrekkeleg. Det blir difor her foreslått korleis ein kan betre utforming av avskjerande grøft.

### 6.2.1. Terrenggrøft

I følge Statens vegvesen (2014a) skal utforming og plassering av terrenggrøft tilpassast lokale behov. Ei terrenggrøft blir oftast bygd parallelt med vegen. Opphavelig har etablering av terrenggrøft blitt anbefalt over skjeringsskrånning. Under synfaring kunne ein sjå at der terrenggrøft berre var etablert over korte strekk i forbindelse med skjeringsskrånning hadde ofte terrenggrøfta for liten kapasitet til å ta imot aktuelle vassmengder. Første anbefaling vert difor at på stadar der det er mykje overvatn kan ein etablere terrenggrøfter over lengre strekk og ikkje berre over skjeringsskrånningar. Ein veg kan ligge i eit bratt terreng med stor avrenning utan at det er mykje vegskjeringar. På slike stadar kan det også vere svært nyttig å etablere terrenggrøft.

Djupna til ei terrenggrøft er ofte dimensjonert ut frå at den skal hindre iskjøving. Iskjøving oppstår når overflatevatnet renn ut på kaldt fjell, Norem (1998). Djupna til ei terrenggrøft blir difor ofte dimensjonert slik at den har kapasitet til å ta imot vatnet som ligg i lausmassedekket slik at den skal forhindre at overflatevatn renn ut på kaldt fjell. Hb N200 angir ikkje noko anbefalt høgde, men foreslår ca. 0,7 meter djupne. I tillegg seier Hb N200 at terrenggrøft bør vere trong og djup. Eit av hovudproblema med terrenggrøft som ein kunne sjå på synfaring var utilstrekkeleg kapasitet og mykje vatn rann vidare frå terrenggrøfta. Då kan det oppstå problem som erosjon eller iskjøving sjølv om terrenggrøft er etablert. Norem (1998) tilrår 0,5 meter brei botn grøft og ei djupne på minst 0,75 meter. Ut frå observasjonar frå synfaring og med tanke på auka avrenning på grunn av klimaendringar blir det her anbefalt å auke djupna på terrenggrøfta frå 0,7 meter til minimum 0,75 meter. I følge Norem (1998) bør terrenggrøfta ha eit bratt fall, helst større enn 10 %. Ein må då vere oppmerksam på at ein kan få problem med erosjon, og ein bør difor kontrollberekne for kvar enkelt terrenggrøft.

Kapasiteten til terrenggrøfter er avhengig av at dei ikkje blir tildekt, frys igjen, veks igjen eller liknande. Dersom ein har moglegheit til å utføre vedlikehald i terrenggrøfter bør ein reinske dei med jamne mellomrom slik at kapasiteten blir oppretthalden. Ofte er det vanskeleg å drive drift og vedlikehald på terrenggrøfter, då dei ligg utanfor vegareal. Dersom ein ikkje har mulighet til å utføre drift og vedlikehald bør ein utforme terrenggrøft mest mogleg vedlikehaldsfritt. For å få ei løysing med minst mogleg vedlikehald kan ein plastre terrenggrøfta. Dette kan ein til dømes gjer med å steinsette armert betongfundament. For å sikre mot konsekvensen av at den vil bli delvis tildekt, bør ein rekne ekstra kapasitet for terrenggrøfta. For å hindre at



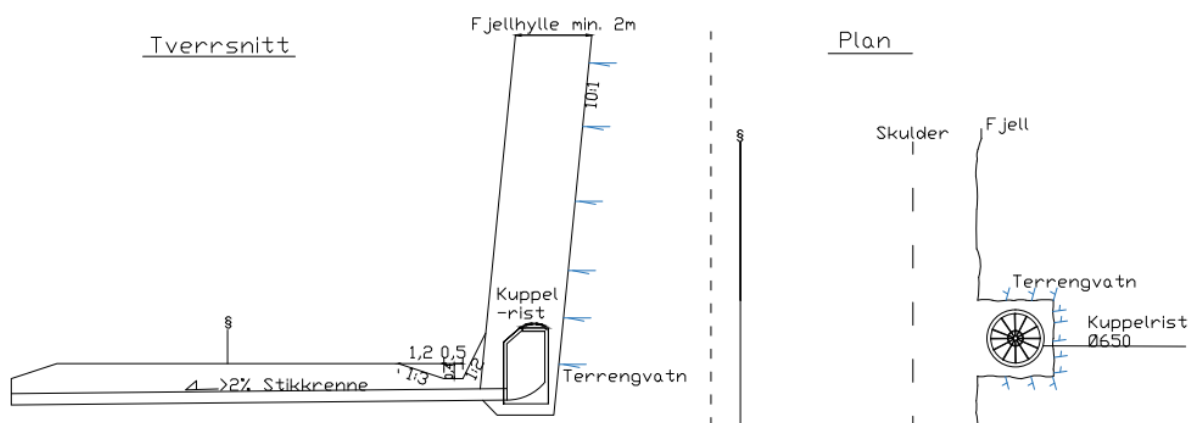
terrenggrøfter frys igjen bør dei vere smale og høge. Dersom det er lite tilsig av vatn ein stad utvide breidda til terrenggrøfta for å ha rom til å lagre iskjøving, (Statens vegvesen, 2014a). Slik kan ein unngå at ein får iskjøving som reduserer kapasiteten til terrenggrøfta. I følge Statens vegvesen (2014a) kan ein eventuelt ha terrenggrøft med ein lukka del og ein open del for å hindre at vatnet frys før nedføringsrenna. Ved bygging av terrenggrøft skal den utformast slik at ein ikkje får redusert stabilitet i skråningar og sideområde, (Statens vegvesen, 2014a).

Vatn frå terrenggrøfter bør leiast til nedføringsrenner eller til ein resipient. Nedføringsrenner bør utformast slik at ein får ført vatnet trygt vidare igjennom vegen. I følge Statens vegvesen (2014a) kan nedføringsrenner leie vatnet til sidegrøft eller stikkrenne. Ein må då sikre seg at sidegrøfta eller stikkrenna har tilstrekkeleg kapasitet til å ta unna vassmengdene frå terrenggrøfta. Ved lukka drenering med grunne sidegrøfter blir det her anbefalt at ein ikkje leier vatn frå nedføringsrenner til sidegrøft. Nedføringsrenner kan i staden først til eit bekkeinntak ovanfor veg og deretter via stikkrenne igjennom vegen. Nedføringrenne til terrenggrøfte bør utformast slik at vatnet ikkje får for stor hastigheit. Ein kan sikre seg mot for erosjon ved å ha ulike tiltak for erosjonssikring som er nærmare omtalt i kapittel 3.2. Dersom det er svært store mengder med vatn kan ein føre vatnet til eit fordrøyningsbasseng før det blir ført vidare. Dette blir nærmare omtalt i kapittel 6.6.

### 6.2.2. Nisje

Som eit alternativ til terrenggrøft kan ein lage ei nisje. Ved omtale i nisje i denne oppgåva er ei nisje er ei fordjuping i fjellskjering. Ei terrenggrøft er ofte ikkje djup nok til å fange opp vatn i fjellsprekker, ei nisje er derimot djup nok til det. Ei nisje er difor spesielt eigna på stadar der grunnvasstanden sig i fjellet. Ved vegskjeringar i fjell kan det vere mykje vatn i fjellet. Ei nisje er også spesielt eigna der ein har iskjøving frå naturlege, konsentrerte drensveggar, (Norem, 1998). I følge Norem (1998) bør ein starte nisjen ovanfor der ein elles ville fått iskjøving, for å unngå problemet. Ein kan utforme ei nisje som ei smal og djup grøft i fjellskjering. Ein kan sjå døme på ei nisje i figur 26. I følge Norem (1998) bør djupna vere minst to meter og så smale som mogleg. Dersom overvatnet ikkje er samla i konsentrerte drensveggar kan ein eventuelt lage terrenggrøfter som leier vatnet til nisje.

På E6 Strandlykkja - Labbdalen er det nytta sandfang med kuppelrist for å ta imot vatnet som følgjer nisjane. Vatnet blir leia frå sandfanget via stikkrenne og deretter igjennom vegen. I staden for sandfangskum kan ein ha vanleg kum. Eventuelt kan ein ha direkte vassføring, utan kum. Ved vassmengder der det ikkje er ein effekt å ha sandfang vil ein få eit tilnærma sjølvreinasande system ved å ha vanleg kum eller direkte vassføring. Dette kjem av at ein kan ha større dimensjonar på stikkrenner (600 mm og større), vil det kunne strøyme så mykje vatn at det vil ta med seg stein og rusk igjennom stikkrenna utan at det vil sedimentere. Ved å ha vanleg kum eller direkte vassføring kan ein spare utgifter på drift og vedlikehald, då ein slepp å tømme sandfanga. Erfaringar frå ulike vegstrekningane er at sandfang ved bekkeinntak blir fort fulle og at det krev ressursar frå drifts- og vedlikehaldspersonell å få tømt dei ofte nok. For tilfelle der store vassmengder vil medføre at finstoff i vatn ikkje vil sedimentere i sandfangskum blir det her anbefalt vanleg kum med krum botn i staden for sandfangskum, eventuelt bekkeinntak og stikkrenne igjennom vegen slik at ein unngår å bruke kum. I figur 26 kan ein sjå forslag til utforming av nisje i fjellskjering.



Figur 26. Prinsippskisse: Nisje i fjellskjering.

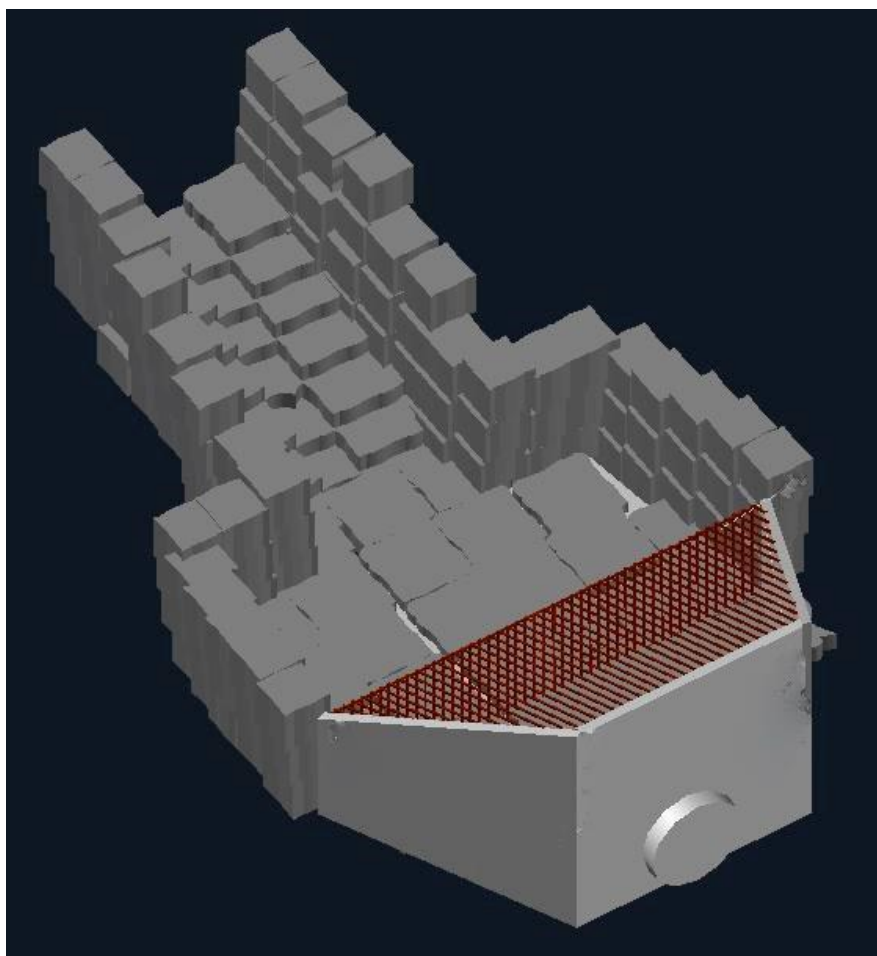
I forbindelse med denne oppgåva var det berre på ei vegstrekning ein kunne finne nisje. Det blir her anbefalt at ein i større grad nyttar nisje ved naturlege og konsentrerte drensvegar. Slik kan ein oppretthalde dei naturlege drensvegane.

### 6.3. Nedføringsrenne og bekkeinntak

I kapittel 3.3.2. er erfaringar med å føre bekkar til grunn sidegrøft omtalt. Erfaringar var at grøfta som regel ikkje hadde kapasitet til ei slik konsentrert vasskjelde og dermed kunne følgje med ulike problem. I staden for å føre bekkar til sidegrøft til eit bekkeinntak og deretter via ei stikkrenne igjennom vegen. Ein bør vurdere vassføring til aktuell bekk. Dersom stadeleg forhold tilseier at det er fare for erosjon kan ein utforme ei nedføringsrenne som vatnet kan følgje til bekkeinntak. Til dømes dersom fleire bekkar er samla er det ofte eit behov for nedføringsrenne. Erfaringar med ulike bekkeinntak på dei ulike vegstrekningane tilseier at utforming av eit bekkeinntak er viktig for at det skal fungere hensiktsmessig. Det vil difor her bli foreslått nokre forslag til korleis ein bør utforme bekkeinntak og tilhøyrande nedføringsrenne.

Utforming av bekkeleie/nedføringsrenne er også nemnt i kapittel 3.4.2 og 3.6. Der blei det foreslått at ein kunne utforme eit bekkeleie som ei trapp, der steinar er fundamentert i eit betongfundament. Utforming av nedløpsrenne som det har vore best erfaringar med på dei ulike vegane er dersom det er svært solid steinsetting. Dette inneberer at store steinar er låst fast i kvarandre, eller at dei er fundamentert i betong. Også der naturleg fjell er nytta som nedføringsrenne har Statens vegvesen sitt personell gode erfaringar. Ved ujamn plastring får ein låst steinane i kvarandre får ein låst steinane i kvarandre og bremsa energien til vatn. I følgje Hb N200 kan ein i tillegg ha ein energidrepar for å bremse hastigheita til vatnet rett framføre bekkeinntaket dersom det er fare for stor hastigheit på vatnet. Det kan til dømes vere ein stor stein som er godt fundamentert.

I enden av nedføringsrenner kan ein plassere bekkeinntak. Bekkeinntak kan i mange tilfelle ha større kapasitet enn ein kum, og i tillegg ein reservekapasitet. Ein bør ha betong i botn av bekkeinntaket slik at ein ikkje får undergraving eller skadar på bekkeinntaket. I tillegg må sikre at bekkeinntaket har tilstrekkeleg hydraulisk kapasitet. Mur som går rundt bekkeinntaket må vere høgt nok til at vatnet ikkje går over breiddene og grev ut materiale utanfor bekkeinntaket. Forslag til utforming av nedføringsrenne med bekkeinntak kan ein sjå i figur 27.



Figur 27. Prinsippskisse: plastra nedføringsrenne til bekkeinntak.

I figur 27 er nedføringsrenna ujamt plastra med steinar som har dimensjonar på ca. 50 cm · 50 cm. Stein som er nytta som mur på sidene til nedføringsrenna har ein dimensjon på omtrent 35 cm · 35 cm. Muren er her teikna med ei helling på 1:10 (vertikalt). Tilhøyrande nedføringsrenna er det teikna eit bekkeinntak og innløpet er utforma med vingemur og tilpassa rist. Rista har ein kapasitet 3 - 4 gangar kapasiteten til foreslått stikkrenne. Stikkrenna er her teikna med ein diameter på 1000 mm. Ein kan også sjå i figur 27 at det teikna inn ein start på eit betongrør på vingemuren. Dette er etter ønskje frå fagfolk i Statens vegvesen. Ved montering av vingemur er det erfart at det ofte er vanskeleg å montere stikkrenne saman med vingemur. Dersom ein har 10 - 20 cm brei betongkant som ein kan kople stikkrenne til, trur ein at det vil vere enklare å montere. Dersom det er mykje stein, greiner osv. i bekken kan ein i tillegg ha grovrist for å sortere ut dei største komponentane. Grovrist kan ein plassere eit stykke oppstrøms bekkeinntaket, og det er ein fordel med moglegheit for maskinelt vedlikehald. Ei grovrist bør dekke heile bekkeløpet slik at ikkje store gjenstandar kjem seg forbi.

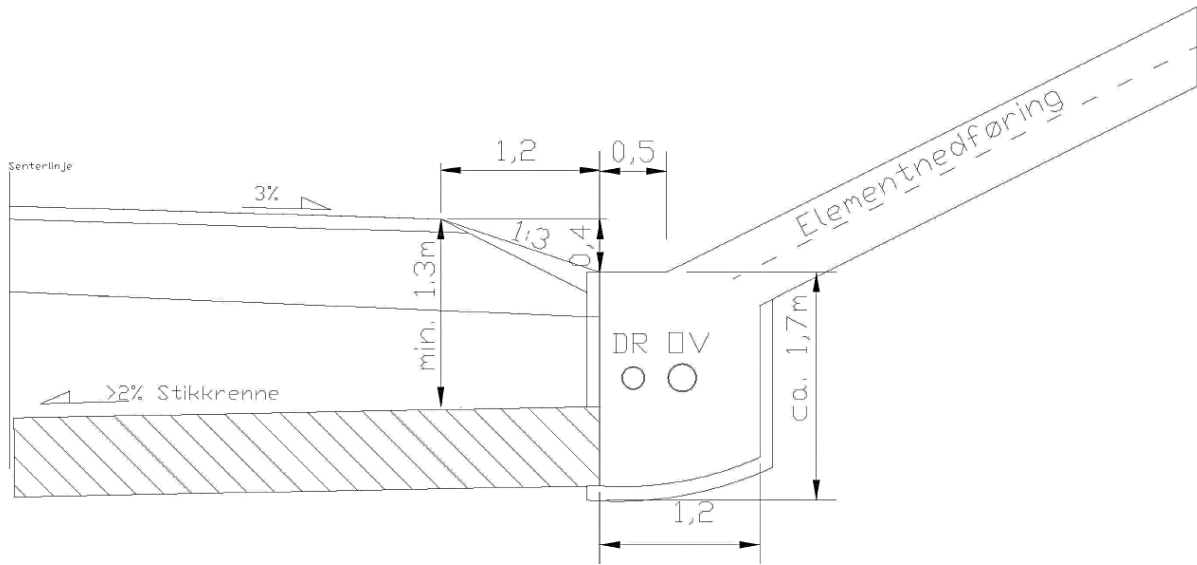
## 6.4. Inntaksrist

Det er erfart at inntaksrist vil bli dekt over frå ei tid til anna, av til dømes is, snø, vegetasjon, stein, søppel osv. Ei inntaksrist skal i størst mogleg grad sikre tilstrekkeleg kapasitet, hindre tilstopping, hindre erosjon, hindre frostskafer og gi moglegheit for opptining og generelt vedlikehald, (Statens vegvesen, 2014a). For at drift og vedlikehald skal sleppe å stadig måtte reinske desse bør inntaksristene ha tilstrekkeleg kapasitet sjølv om den er delvis dekt.

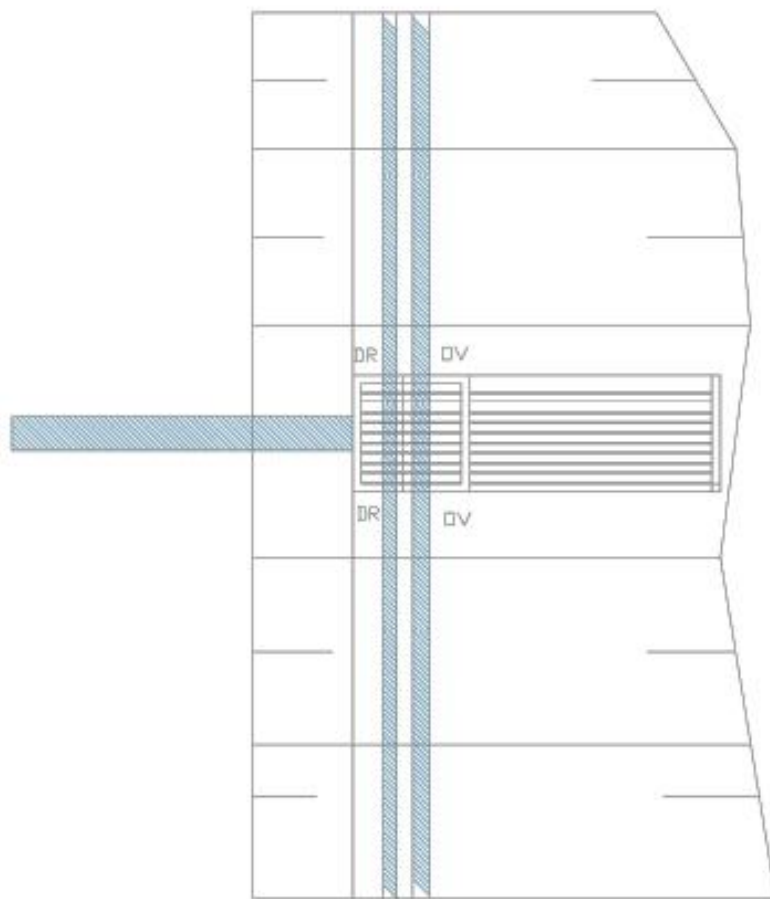
I følge Hb N200 er det viktig at inntaksrist blir utforma slik at rista kan fjernast på ein enkel måte. Til dømes kan rist gå på skinner eller vere festa med hengsler slik at ein lett får fjerna den utan at den blir øydelagt. Slik kan ein fjerne rista raskt i ein flaumsituasjon, sikre maksimal kapasitet på stikkrenna, og hindre skader som kan kome av at rista har blitt dekt over.

### 6.4.1. Kum i sidebratt terreng

Ved sidebratt terreng og i tillegg ein del vatn i skjeringa kan ein til dømes ha ei løysing som er illustrert i figur 28 og 29. Denne passar dersom det ikkje er etablert avskjerande grøft, eller i tillegg dersom det er store vassmengder. Kummen er utarbeida ut frå erfaringar som er henta inn i arbeidet med denne oppgåva og frå ein liknande kum som Kurt Lørdøen og Dagfinn Rotevatn i Statens vegvesen tidlegare har teikna, som ein kan sjå i vedlegg 9.2.



Figur 28. Prinsippskisse: kum i sidebratt terreng – Snitteikning



Figur 29. Prinsippskisse: kum i sidebratt terreng - Planteikning

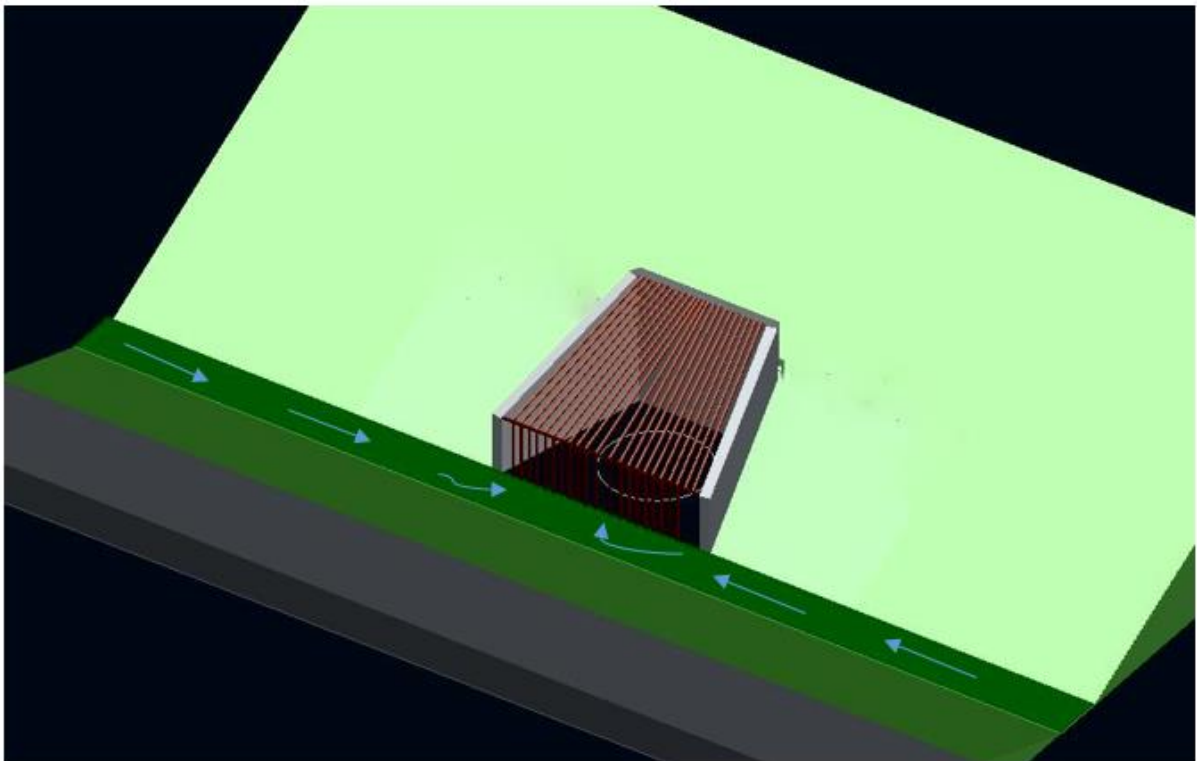
Kummen er teikna med ei horisontal rist,  $0,5 \cdot 0,5$  meter, og ei skrå rist,  $1,7 \cdot 0,5$  meter. I dette dømet er den skrå rista teikna med helling 1:2. Inntaksrista vil passe til ei grøft som er minst 0,5 meter brei i botn grøft. Inntaksrista ligg delvis i terrenget, det er for å kunne ta i mot større mengder vatn. Ein anna årsak til at den vender mot terrenget og ikkje mot vegen er at ein skal hindre at steinsprut og liknande frå vegen skal leggje seg over rista. Det kan potensielt utgjere ei fare for tetting av stikkrenna. Spilene til rista erti figur 28 og 29 illustrert med tverrslag i forhold til grøfta og med horisontale stag på undersida. Slik kan ein reinse ristene med gravemaskin utan at det skadar ristene eller grabben på gravemaskina. På denne inntaksrista kan ein til dømes ha skinner ved elementnedføringa for å fjerne rista på ein rask og enkel måte.

Kummen er teikna med ein kum med krum botn og tilhøyrande stikkrenne. I dette dømet er stikkrenna teikna med ein diameter på 500 mm. Ein har då ei rist som har kapasitet på ca. 3,5 gongar stikkrenna. Når botnen er krum vil det vere med å halde hastigheita til vatnet oppe. Slik kan ein unngå sedimentering i kummen og vatnet kan renne fritt vidare i gjennom stikkrenna. Kummen som er foreslått bør ha køyresterk rist. Rista som er teikna er foreslått med spiler med rektangulær form og ein dimensjon på 5 mm · 30 mm. Opninga mellom spilene er foreslått til 100 mm slik at barn og dyr ikkje kan komme igjennom.

I figur 28 og 29 kan ein sjå at det er plassert eit nedføringsselement. Det er tenkt å fungere som ei renne med rist plassert over. Denne er tenkt at den kan ha same helling som sideterrenget. Helling på 1:2 er vanleg helling på sideterrenget. Slik får ein sikra eit mykje større areal med inntaksrist. Det er også ei god løysing på stadar der det kjem ekstra vatn, til dømes små bekkar. Ved store nedbørsmengder som resulterer i stor avrenning vil vatnet bli fanga opp av nedføringsselementet og bli ført vidare igjennom kummen. Slik kan ein unngå at vatnet går rett fram i grøfta og kan erodere i overbygninga. I bilag B5 kan ein sjå kummen i 3D.

### 6.4.2. Vingemur med tilpassa rist

Ved nokre vegstrekningar har ein erfart at rist på vingemur ikkje alltid har hatt tilstrekkeleg kapasitet. I figur 30 kan ein sjå eit døme på innløp med vingemur med tilpassa rist. Utløpet har i dette dømet ein diameter på 1000 mm og inntaksrista har eit areal som er ca. fire gangar større. Det gir ei god sikkerheit mot tetting av rista. Inntaksrista har ein vertikal del og ein skrå del, det sikrar at ikkje heile rista vil bli dekt samtidig.



Figur 30. Prinsippkisse: Døme på vingemur med tilpassa rist.

Rista er utforma med spiler i vertikal retning og med horisontale støttestag, under dei vertikale, slik ein kan reinske rista maskinelt. Rista følgjer krona til konstruksjonen og det er her teikna inn 100 mm avstand mellom dei horisontale ristene. Rista på vingemuren bør utstyrast med hengsler, skinner eller liknande slik at ein får raskt og lett vekk rista utan å øydelegge dei.

Bakveggen til vingemuren er teikna i same tjukkeleiken som dei andre veggane på vingemuren. Det kjem av at personell i Statens vegvesen har erfart at bakveggen er for tynn, spesielt ved montering. Det har medført sprekker og øydelegging av vingemuren. Vingemuren i figur 30 er



illustrert i samband med grunn sidegrøft. Ein må då følgje krav for trafikkssikkerheit innanfor sikkerheitssona. Kanten til vingemuren i dette dømet har ei slik høgde at den kjem under krav til sikkerheitsavstand, 150 mm. Ein treng difor ikkje rekkverk sjølv ved ein slik installasjon. Ein kan også nytte vingemur i samband med bekkeinntak. Det er illustrert i figur 27. Dersom bekkeinntaket ligg utanfor sikkerheitssone kan ein ha større dimensjon på vingemuren og tilhøyrande rister.

### 6.4.3. Rist ved sandfangskum

Ved synfaring kunne ein sjå at det er vanleg å nytte kuppelrist ved sandfang. Med utgangspunkt i formel [6] som er nærmare forklart i kapittel 4 kan ein rekne på kapasiteten til to ulike kuppelrister. Dette er to ulike kuppelrister som ofte blir nytta i samband med sandfang. Resultatet av dette kan ein sjå i tabell 2.

Tabell 2. Overslagsutrekning for kapasiteten til to ulike kuppelrister

Kuppelrist 1, 650 mm			Kuppelrist 2, 650 mm – 640 mm		
<b>V=</b>	2	m/s	<b>V=</b>	2	m/s
<b>Ar =</b>	0.11	m <sup>2</sup>	<b>Ar =</b>	0.195	m <sup>2</sup>
<b>Q =</b>	0.22	m <sup>3</sup> /s	<b>Q =</b>	0.39	m <sup>3</sup> /s

I tabell 2 kan ein sjå at kapasiteten til kuppelrist 1 er mykje mindre enn kuppelrist 2. I følgje Statens vegvesen (2014a) har vanlege gatesluk ein kapasitet på 0,15 m<sup>3</sup>/s. I følgje Hoven m. fl. (2013) har ei kuppelrist ved full overdekning ein kapasitet opp mot 0,3 m<sup>3</sup>/s. Det er i overkant av kapasiteten til kuppelrist 1 og i underkant av kapasiteten til kuppelrist 2. Kuppelristene har ganske lik utforming, men det er ein stor differanse i kapasiteten. Ein kan sjå av tabell 2 at kuppelrist 2 har mykje større gjennomstrøymingsareal enn kuppelrist 1. Ein har med andre ord truleg ei moglegheit for forbetring av kapasiteten til kuppelristene. Frå dette kan ein trekkje at ein har potensiale til å auke kapasiteten til ei kuppelrist ved å auke gjennomstrøymingsarealet. Ved bruk av kuppelrist bør ein sikre at aktuell kuppelrist har tilstrekkeleg kapasitet til dimensjonerte vassmengder. Ved å nytte kuppelrist med tilstrekkeleg kapasitet vil det truleg

vere eit mindre behov for at drift og vedlikehald. Det er fordi ein kan unngå skadar som erosjon ved kuppelrist. Ei rist med god kapasitet vil også vere betre utrusta mot tildekking.

## 6.5. Stikkrenner

Tradisjonelt har ein nytta betong for stikkrenner med diameter større enn 400 mm. Ein av årsakene til dette er at vatn kan få stor hastigheit i stikkrenner av plast. På nokre av vegstrekningane som det blei gjennomført synfaring på har det blitt brukt stikkrenner i plast for dimensjonar heilt opp i 800 mm. Dette er ei løysing Statens vegvesen synst fungerer godt, og ikkje hatt noko problem med. Det blir difor her anbefalt å nytte stikkrenner i plast også for dimensjonar 600 mm – 800 mm, så framt det ikkje skapar problem som erosjon. Ved auka kapasitet til stikkrenner slepp ein like stor kontroll av kapasitet på stikkrenner, og ein kan slik spare drifts- og vedlikehaldsarbeid.

## 6.6. Fordrøyningsbasseng

Under synfaring har ein sett at eit fordrøyningsbasseng kan forhindre store driftsproblem. Ein er då avhengig av eit fordrøyningsbasseng med god utforming. Dimensjonering av volumet til bassenget bør ta utgangspunkt i tilført mengde overvatn, (Statens vegvesen, 2014a). Ved dimensjonering bør ein i tillegg ta høgde for reservekapasitet. Dersom ein planlegg å endre dei naturlege drensvegane bør ein i følge Hb N200 vurdere om ein skal oppretthalde same mengde avrenning ved utløpet etter bygging eller om ein skal auke kapasiteten nedstrøms. I følge Lindholm m. fl. (2008) skal eit fordrøyningsbasseng dimensjonerast etter nedbørsdata over lang tid og ikkje korttidsnedbør. Reinseffekt ved fordrøyningsbasseng er ikkje undersøkt nærmare her.

Fordrøyningsbasseng kan utformast med stor variasjon etter lokale forhold. Ut frå erfaringar med fordrøyningsbasseng blir det anbefalt å sikre tilstrekkeleg kapasitet til fordrøyningsbasseng. I dette ligg det også å ha tilstrekkeleg høgde rundt bassenget. Dersom vatn har stor hastigheit til fordrøyningsbassenget bør ein etablere erosjonstiltak. Ein kan då til dømes ha ein plastra botn. For å sikre mot svært store vassmengder eller tetting av utløp bør ein ha ein alternativ flaumveg eller eit overløp på fordrøyningsbassenget. Utforming og planlegging av utløpet og nedløpsrenne er også viktig ved planlegging av fordrøyningsbasseng.

Ein kan føre vatn til naturleg resipient eller via dreosanlegg til resipient. Dette variera med lokale forhold, men det er viktig at nedløpsrenne blir planlagt heile vegen til resipient. Anbefaler å nytte fordrøyningsbasseng ved store vassmengder, eller på stadar med mykje iskjøving.

## 6.7. Alternativ flaumveg

Under synfaring har ein sett at drenselement med for liten kapasitet skapar store driftsproblem. Ulike drenselement kan til dømes gå tette og få redusert kapasitet, eller ein kan ha større vassmengder enn antatt. Ein flaumveg er ein alternativ veg vatnet kan følgje dersom dreosanlegg ikkje har kapasitet til å ta unna vatn. Ved etablering av alternativ flaumveg kan ein hindre at drenselement med avgrensa kapasitet skapar driftsproblem. Ved alternativ flaumveg kan ein unngå store skader i ein flaumsituasjon. På synfaring kunne ein sjå at det var fleire stadar alternativ flaumveg ikkje var etablert eller planlagt. På grunnlag av erfaringar og teori blir det difor anbefalt å planlegge ein alternativ flaumveg for alle lukka dreosanlegg. Ein bør planlegge ein alternativ flaumveg der den vil gjer minst skade.

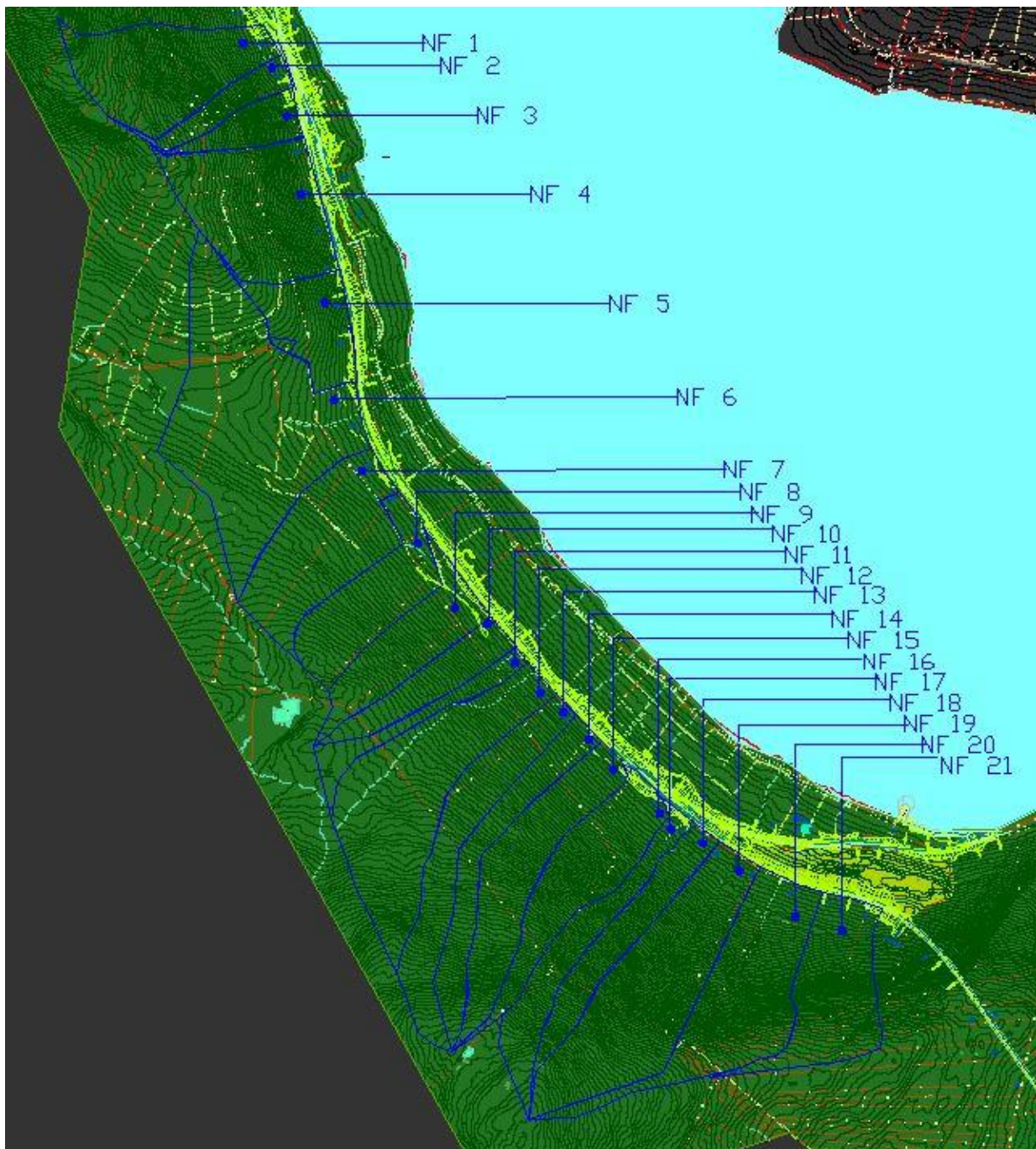
I følgje Hb N200 er det viktig å vurdere alternative flaumvegar for avrenning med større vassføring enn dimensjonerande vassføringa for eit dreosanlegget. Alternativ flaumveg kan utformast på mange ulike måtar. Det kan vere alt frå eit bekkeleie med lite vassføring som har kapasitet til ekstra vatn til ei ekstra stikkrenne. Lindholm m. fl. (2008) skriv at til dømes veg – og gateoverflate, parkområde osv. kan inngå som ein del av flaumveg. Ved E39 Kvivsvegen fungerte grøft ved sidan av bekkeinntak som ein flaumveg. Dersom bekkeinntak skulle få redusert kapasitet var grøfta utforma slik at vatn ville følgje grøft til ei anna stikkrenne. Grøfta ved bekkeinntaket ligg som høgste punkt som gir helling ned til stikkrenne på begge sider av bekkeinntaket.

Eit anna tips til alternativ til flaumveg er at ein kan etablere ei stikkrenne som ligg høgre enn vanlegvis nytta stikkrenne. Vatn kan då gå i overløp dersom den opphavelige stikkrenne går tett eller det er meir vatn enn stikkrenna er dimensjonert for. Overløp er også anbefale for løysingar som bekkeinntak og fordrøyningsbasseng som tek imot store mengder vatn, der kan det bli ekstra kritisk dersom ein skulle få problem med utløpet.

## 7. Enkel analyse

### 7.1. Delstrekning 1 – resultat og vurdering av resultat

Delstrekning 1 er ca. 3 km veg i dagen som vart avgrensa av Eiksundtunellen og Helgehorntunellen på Fv 653 Eiksundsambandet. I figur 31 kan ein sjå korleis delstrekning 1 er inndelt i 21 nedbørsfelt.



Figur 31. Delstrekning 1 er delt inn i 21 nedbørsfelt.

Kapasiteten til drenelementa i dei ulike nedbørsfelta vart undersøkt i analysen. Det var for å samanlikne kapasitet mot dimensjonerande avrenning. Hypotesen for delstrekning 1 var at alle drenelement, utanom grøfta, skulle ha tilstrekkeleg kapasitet. Returperioden til dimensjonerande avrenning vart bestemt ut frå tabell i bilag D5, for dei enkelte drenelementa. Aktuell returperiode seier noko om gjentaksintervallet, statistisk sett, for kor ofte ein tillèt flaum eller ein viss nedbørsintensitet, (Kvalsvik, 2014, s.4).

### 7.1.1. Stikkrenner

Stikkrenner som går på tvers av vegen, på vegar med muligheit for omkøyring, skal dimensjonerast for ei returperiode på 100 år, (Statens vegvesen, 2014a). Dersom det ikkje er muligheit for omkøyring skal stikkrenner dimensjonerast for ei returperiode på 200 år. For dei fire første nedbørsfelta på delstrekning 1 er det ikkje muligheit for omkøyring, og avrenning vart difor rekna for 200 års returperiode. For dei resterande nedbørsfelta vart 100 års returperiode nytta ved rekning. I tabell 3 kan ein sjå avrenning frå nedbørsfeltet, og avrenning frå veg som er summert til total avrenning. Total avrenning er samanlikna med kapasitet til stikkrennene. Dersom stikkrennene ikkje har tilstrekkeleg kapasitet til å ta unna dimensjonerande avrenning er det merka med raud farge.

Tabell 3. Samanlikning av dimensjonerande avrenning og kapasitet til stikkrenner

NF	Returperiode	$Q_{\text{nedbørsfelt}}$ , [l/s]	$Q_{\text{veg}}$ , [l/s]	$Q_{\text{avrenning, tot}}$ , [l/s]	$Q_{\text{stikkrenne}}$ , [l/s]	$\Delta Q$ , [l/s]
1	200 år	766	34	800	1147	347
2	200år	182	31	213	116	-97
3	200 år	211	25	236	397	161
4	200år	1018	67	1086	397	-689
5	100 år	215	64	279	397	118
6	100 år	3390	0	3390	1334	-2056

<b>7</b>	100 år	1208	0	1208	187	-1021
<b>8</b>	100 år	652	30	682	397	-285
<b>9</b>	100 år	393	16	409	397	-12
<b>10</b>	100 år	238	16	254	397	143
<b>11</b>	100 år	161	37	198	1147	949
<b>12</b>	100 år	758	7	765	397	-368
<b>13</b>	100 år	477	0	477	397	-80
<b>14</b>	100 år	345	0	345	397	52
<b>15</b>	100 år	464	0	464	712	248
<b>16</b>	100 år	478	0	478	397	-81
<b>17</b>	100 år	362	0	362	397	35
<b>18</b>	100 år	333	10	343	397	54
<b>19</b>	100 år	897	0	897	3145	2248
<b>20</b>	100 år	686	11	697	1147	450
<b>21</b>	100 år	494	0	494	397	-97

I tabell 3 kan ein sjå at ved 10 av 21 nedbørsfelt har ikkje stikkrennene tilstrekkeleg kapasitet til å ta imot dimensjonerande avrenning.



Tabell 4. Kapasitet til kuppelrister samanlikna med avrenning frå nedbørsfelt.

NF	Kapasitet inntaksrist [l/s]	Returperiode 50 år		Returperiode 100 år		Returperiode 200 år	
		Q <sub>avrenning,</sub> tot [l/s]	ΔQ [l/s]	Q <sub>avrenning,</sub> tot [l/s]	ΔQ [l/s]	Q <sub>avrenning,</sub> tot [l/s]	ΔQ [l/s]
2	22	157	-135	181	-159	213	-191
3	44	173	-129	197	-153	236	-192
4	88	802	-714	919	-831	1086	-998
5	66	245	-179	279	-213	330	-264
6	66	2961	-2895	3390	-3324	3976	-3910
7	44	1055	-1011	1208	-1164	1409	-1365
8	110	595	-485	682	-572	766	-656

Kapasitet til kuppelrister ved delstrekning 1 vart i kapittel 6.4.3. funne til å vere 22 l/s. I nedbørsfelt 3-8 har nedbørsfelta fleire kuppelrister. Difor kan ein sjå i tabell 4 at desse nedbørsfelta har betre kapasitet. Ein kan sjå av tabell 4 at kapasiteten til kuppelristene er mykje mindre enn dimensjonerande avrenning, dei er difor alle merka med raud farge. For nedbørsfelt 6 er det i tillegg til kuppelristene ei stikkrenne som fører vatn direkte vidare. Det er funne at denne har ein kapasitet på 1147 l/s. Nedbørsfelt har ikkje tilstrekkeleg kapasitet sjølv med stikkrenna inkludert i berekningane. På grunn av manglande kapasitet ved drenselement i grøft kan det vere at dimensjonerande avrenning samlar seg i grøfta i staden for at det blir tatt unna av drencsystemet. Kapasiteten til grøfta vart difor bli analysert nærmare.

### 7.1.3. Grøft

Figur 32 viser at vatn går først til sidegrøft før det blir ført vidare via rister og stikkrenne. I tabell 5 er kapasitet til grøft og dimensjonerande avrenning frå ulike nedbørsfelta samanlikna.

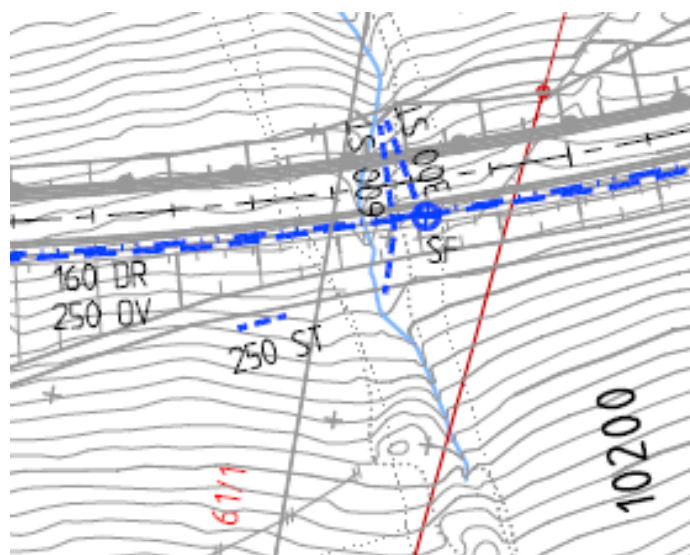


Tabell 5. Kapasitet til grøft samanlikna med avrenning frå nedbørsfelt.

	Returperiode 50 år			Returperiode 100 år			Returperiode 200 år		
NF	Q <sub>avrenning, tot</sub> , [l/s]	Q <sub>grøft</sub> , [l/s]	ΔQ, [l/s]	Q <sub>avrenning, tot</sub> , [l/s]	Q <sub>grøft</sub> , [l/s]	ΔQ, [l/s]	Q <sub>avrenning tot</sub> , [l/s]	Q <sub>grøft</sub> , [l/s]	ΔQ, [l/s]
1	586	378	-208	673	378	-294	800	378	-421
2	157	378	221	181	378	198	213	378	166
3	173	370	197	197	370	172	236	370	134
4	802	496	-306	919	496	-422	1086	496	-589
5	245	299	54	279	299	20	330	299	-31
6	2961	301	-2660	3390	301	-3089	3976	301	-3675
7	1055	308	-747	1208	308	-900	1409	308	-1102
8	595	237	-359	682	237	-445	766	237	-529
9	355	261	-94	409	261	-148	496	261	-235
10	219	251	32	254	251	-3	305	251	-55
11	172	256	84	198	256	58	209	256	46
12	657	335	-322	765	335	-430	954	335	-620
13	407	419	12	477	419	-57	556	419	-137
14	296	257	-38	345	257	-88	398	257	-141
15	398	277	-121	464	277	-187	559	277	-281
16	412	291	-121	478	291	-186	566	291	-275
17	311	327	16	362	327	-35	435	327	-108
18	297	301	4	343	301	-42	393	301	-92

<b>19</b>	776	323	-453	897	323	-574	1068	323	-745
<b>20</b>	600	461	-139	697	461	-236	824	461	-364
<b>21</b>	431	441	11	494	441	-52	583	441	-142

Tabell 5 viser at ved 12 av 21 nedbørsfelt har ikkje grøfta tilstrekkeleg kapasitet til å ta imot avrenning ved 50 – års returperiode. For 100 – års returperiode har grøfta utilstrekkeleg kapasitet ved 17 av 21 nedbørsfelt, og 18 av 21 ved 200 – års returperiode. Sidan grøft ved mange nedbørsfelt ikkje hadde tilstrekkeleg kapasitet vart dei ulike nedbørsfelta undersøkt nærmare. Ein kan til dømes sjå eit utsnitt av nedbørsfelt 6 i figur 33.



Figur 33. Utsnitt frå nedbørsfelt 6 på delstrekning 1.

Nedbørsfelt 6 har i følge tabell 5 alt for liten kapasitet i forhold til dimensjonerande avrenning, men dersom ein ser på figur 33, ser ein at store deler av overflatevatnet frå terrenget følgjer eit bekkeleie og følgjer stikkrenne igjennom veg. Det same gjeld for nedbørsfelt 11, 12, 13, 15, 19, og 20. Difor vart kapasitet til grøft og avrenning til grøft samanlikna på nytt for desse nedbørsfelta i tabell 6. Det vart antatt her at stikkrennene har full kapasitet ved 100 års returperiode. Kapasiteten til desse stikkrenne vart trekt frå total avrenning. I tabell 6 kan ein sjå ei samanlikning av kapasiteten til grøfta og avrenning for gitte nedbørsfelt.

Tabell 6.Samanlikning av kapasitet grøft og avrenning

	Returperiode 100 år				
NF	Qavrenning, tot, [l/s]	Qstikkrenne, [l/s]	Qavrenning til grøft, [l/s]	Qgrøft, [l/s]	$\Delta Q$ , [l/s]
<b>6</b>	3390	1334	2056	301	-1755
<b>11</b>	198	1147	0	256	256
<b>12</b>	765	397	368	335	-33
<b>13</b>	477	397	80	419	340
<b>15</b>	464	712	0	277	277
<b>19</b>	897	3150	0	323	323
<b>20</b>	697	1147	0	461	461

I tabell 6 kan ein sjå at total avrenning minus avrenning som går direkte til stikkrenne. Dette utgjer total avrenning til grøft. Avrenning til grøft og kapasiteten til grøfta vart deretter samanlikna. Tabell 6 viser at det er tilstrekkeleg kapasitet i grøfta ved nedbørsfelt 11, 13, 15, 19, og 20 ved avrenning med ei returperiode på 100 år. Ved å samanlikne resultatet i tabell 5 med tabell 6, har grøfta utilstrekkeleg kapasitet ved 12 av 21 nedbørsfelt ved dimensjonerande avrenning. I denne analysen vart det sett vekk frå kor mykje vatn perforerte drenerør vil ha kapasitet til å ta unna, då det blir antatt å vere eit lite bidrag.

#### 7.1.4. Oppsummering av resultat for delstrekning 2

I tabell 7 blir resultatata frå kapittel 7.1.1 – 7.1.3 samanlikna. Når det står OK i tabellen er det tilstrekkeleg kapasitet på drenelementa i nedbørsfeltet. Dersom det står eit «x» er det ikkje tilstrekkeleg kapasitet. Dersom det ikkje står noko, eksisterer det ikkje eit aktuelt drenelement i det nedbørsfeltet. I oppsummeringa har dei nedbørsfelta med drenelement som ikkje har tilstrekkeleg kapasitet blitt merka med raud farge.

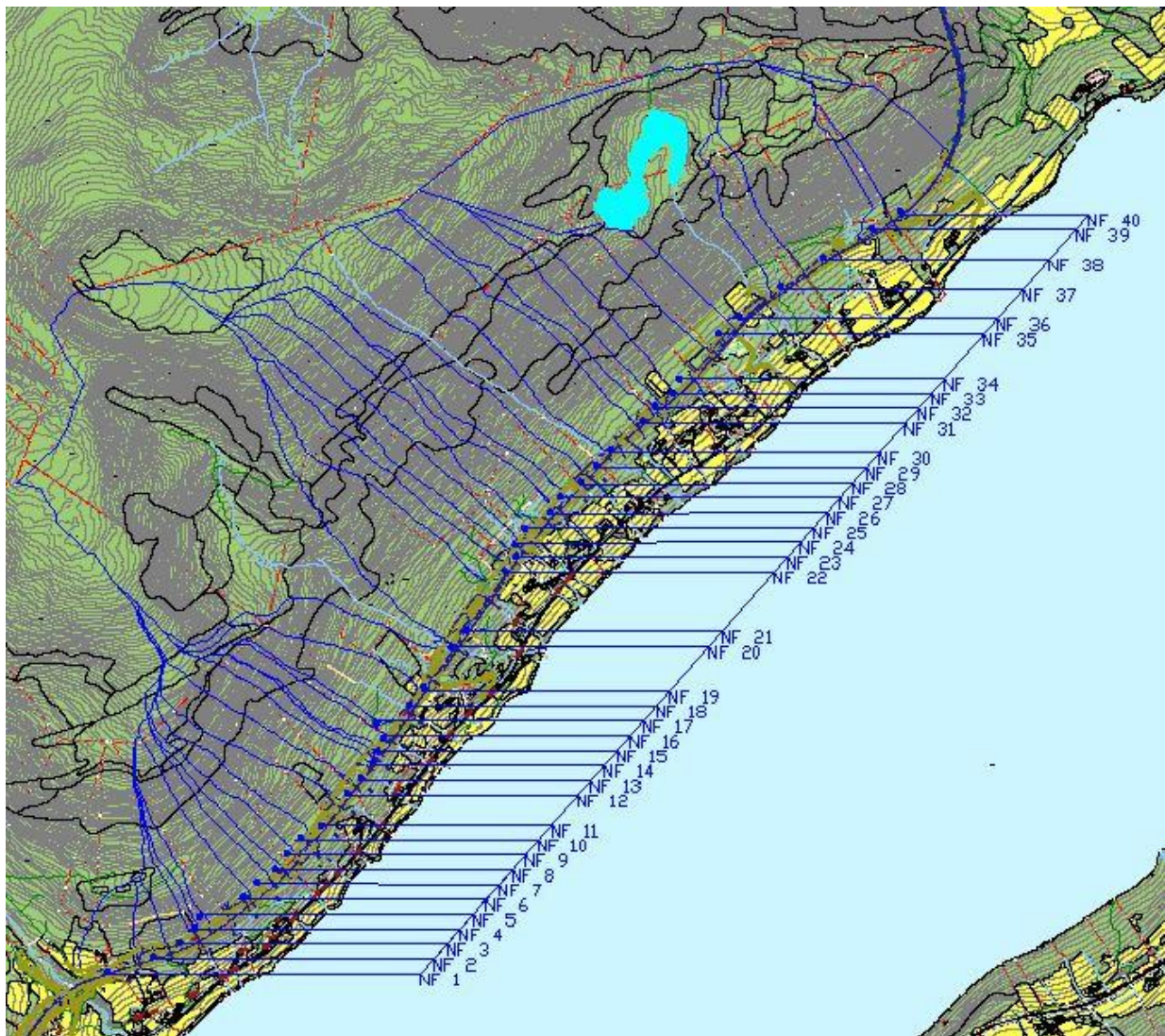
Tabell 7.Oppsummering av kapasiteten til ulike drenselement

	<b>Kapasitet til ulike drenselement</b>			
<b>NF</b>	<b>Stikkrenner</b>	<b>Kuppelrist</b>	<b>Grøft</b>	<b>Summert</b>
1	OK		x	x
2	x	x	OK	x
3	OK	x	OK	x
4	x	x	x	x
5	OK	x	x	x
6	x		x	x
7	x		x	x
8	x		x	x
9	x		x	x
10	OK		x	x
11	OK		OK	OK
12	x		x	x
13	x		OK	OK
14	OK		x	x
15	OK		OK	OK
16	x		x	x
17	OK		x	x
18	OK		x	x
19	OK		OK	OK
20	OK		OK	OK
21	x		x	x

Tabell 7 syner at ved 16 av 21 nedbørsfelt er det minst eit drenselement som ikkje har kapasitet til å ta imot dimensjonerande avrenning.

## 7.2. Delstrekning 2 – resultat og vurdering av resultat

Delstrekning 2 er ein del av E39 Astad – Høgset. Delstrekning 2 går frå Blakstadelva til Høgset tunnelen og er om lag 5 km. Vegparsellen ligg i sidebratt terreng, og består av 40 ulike nedbørsfelt som ein kan sjå i figur 34.

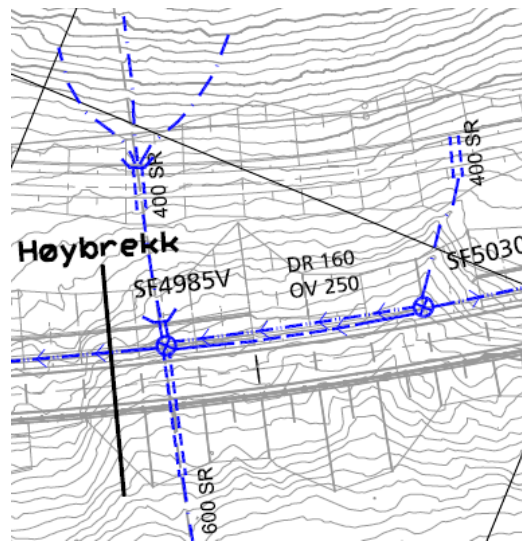


Figur 34. Delstrekning 2 er delt inn i 40 nedbørsfelt.

Hypotesen for delstrekning 2 var at omtrent alle drenelement ville ha for liten kapasitet i forhold til dimensjonerande avrenning. Kapasiteten til drenelementa i dei ulike nedbørsfelta vart undersøkt i denne analysen.

### 7.2.1. Stikkrenner overfor veg

For dei fleste nedbørsfelt på delstrekning 2 blir overvatn frå terrenget samla opp før vatnet renn til grøfta til delstrekning 2. Ved mange nedbørsfelt blir vatnet samla før driftsveg og deretter ført via stikkrenne, igjennom driftsveg. Nokre stadar blir vatnet samla ved bruk av avskjerande grøfter og andre stadar med bekkeinntak. I figur 35 kan ein sjå døme på korleis vatn frå nedbørsfeltet blir samla til stikkrenne som leier vatn igjennom driftsvegen før det blir ført vidare.



Figur 35. Overvatn frå terrenget blir samla og ført til stikkrenne.

Dei blå stipla linjene i figur 35 er drensleidningar. Øvst i figuren kan ein sjå tre slike som går til eit punkt. Desse markerar at overvatnet frå terrenget blir leia til bekkeinntak før innløp. Vatnet blir deretter ført til ei 400 mm stikkrenne til eit nytt bekkeinntak, som ligg overfor E39. Ein kan også sjå ei anna 400 mm stikkrenne i driftsvegen som fører vatnet til kum, før det blir transportert langs vegen i drensleidning til ny kum.

Stikkrenne overfor hovudveg som tek imot avrenning frå terrenget og leier vatnet vidare har blitt undersøkt nærmare i denne analysen. Kapasiteten til stikkrenne og avrenning frå terrenget vart samanlikna i tabell 8 for aktuelle nedbørsfelt. For stikkrenner som går på tvers av vegen, på veg med omkjøringsmuligheit, skal ein i følge Statens vegvesen (2014a) dimensjonere stikkrenne for avrenning med 100 års returperiode. I dette tilfellet vart det antatt at driftsvegen har muligheit for omkøyning.

Tabell 8. Kapasitet stikkrenner ved driftsveg og avrenning frå terreng

	<b>Returperiode 100 år</b>		
<b>NF</b>	<b>Q<sub>nedbørsfelt</sub>, [l/s]</b>	<b>Q<sub>stikkrenne, driftsveg</sub>, [l/s]</b>	<b>ΔQ, [l/s]</b>
<b>1</b>	605	397	-208
<b>2</b>	286	584	298
<b>3</b>	325	374	49
<b>4</b>	120	397	277
<b>5</b>	206	397	191
<b>6</b>	787	1544	757
<b>7</b>	531	397	-134
<b>8</b>	248	374	126
<b>9</b>	417	-	
<b>10</b>	479	-	
<b>11</b>	820	794	-26
<b>12</b>	736	397	-339
<b>13</b>	377	397	20
<b>14</b>	302	397	95
<b>15</b>	83	397	314
<b>16</b>	466	397	-69
<b>17</b>	182	-	
<b>18</b>	926	1147	221

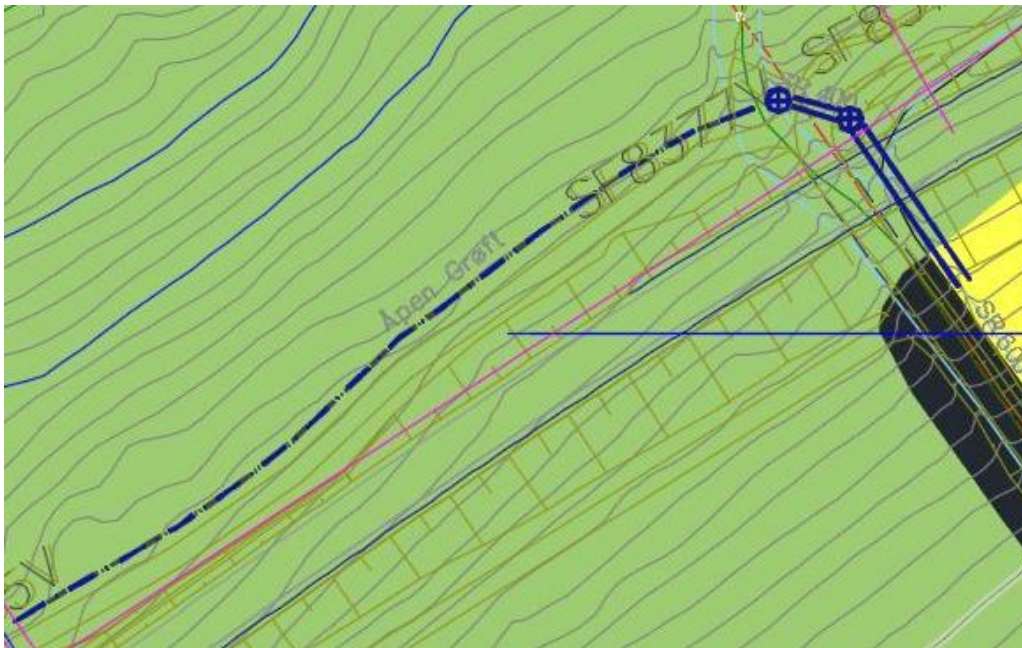
<b>19</b>	835	-	
<b>20</b>	6052	7675	1623
<b>21</b>	2001	794	-1207
<b>22</b>	901	1147	246
<b>23</b>	284	397	113
<b>24</b>	549	1147	598
<b>25</b>	422	397	-25
<b>26</b>	886	397	-489
<b>27</b>	354	-	
<b>28</b>	798	794	-4
<b>29</b>	1629	-	
<b>30</b>	1605	-	
<b>31</b>	462	397	-65
<b>32</b>	1022	397	-625
<b>33</b>	705	397	-308
<b>34</b>	1051	794	-257
<b>35</b>	798	397	-401
<b>36</b>	2640	-	
<b>37</b>	720	-	
<b>38</b>	2302	397	-1905
<b>39</b>	273	-	
<b>40</b>	1236	-	



Dersom stikkrenna ikkje har tilstrekkeleg kapasitet til dimensjonerande avrenning er det merka med raud farge. Der overvatn frå terrenget ikkje blir fanga opp av stikkrenne før grøft er det markert med – i tabell 8. Ved aktuelle nedbørsfelt er det 15 av 29 nedbørsfelt der stikkrenner ikkje har tilstrekkeleg kapasitet ved returperiode på 100 år.

### 7.2.2. Kapasitet rist

I dette delkapittelet er kapasiteten til kuppelrister analysert. Rister som er spesialtilpassa er ikkje analysert her. I dei fleste tilfelle tek inntaksristene på denne vegstrekninga berre imot avrenning frå veg, og sideterreng mellom hovudveg og driftsveg. Ved nokre nedbørsfelt blir alt overvatnet ført til kuppelrister. I figur 36 kan ein sjå døme på kuppelrist som tek i mot alt overvatn frå terrenget i nedbørsfelt 38, og blir leia i stikkrenne til neste kum.



Figur 36. Utsnitt av nedbørsfelt 38 på delstrekning 2.

Avrenning frå nedbørsfelt 9, 10, 37, 39, og 40 blir også leia til inntaksrister slik som for nedbørsfelt 38. For nedbørsfelt 9, 10, 37, 39, og 40 er total avrenning, avrenning frå veg og terrenget. For dei resterande nedbørsfeltene er det avrenning frå veg som utgjør total avrenning. Avrenning frå terrenget mellom driftsveg og E39 har blitt neglisjert i denne analysen, då bidraget vert rekna for å vere lite. Det er antatt at overflatevatnet fordelar seg likt på dei ulike inntaksristene i nedbørsfeltet. I tabell 9 kan ein sjå ei samanlikning av dimensjonerande mengde overvatn som blir ført til inntaksrist og kapasitet til inntaksrist. Dimensjonerande mengder

overvatn er funne ved 50 – og 100 års returperiode. Statens vegvesen (2014a) anbefaler ei returperiode på 50 år på dreneringselement langs vegen, for vegar med mulighet for omkøyning. Sidan kuppelristene tek imot overvatn som skal leiast vidare i stikkrenner som er dimensjonert for 100 års returperiode er kapasiteten til kuppelrister også undersøkt for 100 års returperiode. Kapasitet til inntaksrist vises i eigen kolonne i figur 9.

Tabell 9. Samanlikning av avrenning og kapasitet til inntaksrist.

NF	Q <sub>inntaksrist</sub> [l/s]	Returperiode 50 år				Returperiode 100 år			
		Q <sub>NF</sub> [l/s]	Q <sub>veg</sub> [l/s]	Q <sub>avrenning, tot</sub> [l/s]	ΔQ [l/s]	Q <sub>NF</sub> [l/s]	Q <sub>veg</sub> [l/s]	Q <sub>avrenning, tot</sub> [l/s]	ΔQ [l/s]
1	66		28	28	38		32	32	34
2	44		20	20	24		23	23	21
3	44		36	36	8		41	41	3
4	22		0	0	22		0	0	22
5	22		15	15	7		17	17	5
6	66		47	47	19		54	54	12
7	44		14	14	30		16	16	28
8	22		20	20	2		23	23	-1
9	22	350	27	378	-356	417	31	448	-426
10	66	402	23	426	-360	479	26	505	-439
11	44		26	26	18		29	29	15
12	22		15	15	7		16	16	6
13	22		10	10	12		11	11	11
14	22		0	0	22		0	0	22

<b>15</b>	22		0	0	22		0	0	22
<b>16</b>	22		0	0	22		0	0	22
<b>17</b>	22		2	2	20		3	3	19
<b>18</b>	33		29	29	4		33	33	0
<b>19</b>	55+		31	31	24		35	35	20
<b>20</b>	66		19	19	47		22	22	44
<b>21</b>	22		0	0	22		0	0	22
<b>22</b>	66		0	0	66		0	0	66
<b>23</b>	22		0	0	22		0	0	22
<b>24</b>	0		0	0	0		0	0	0
<b>25</b>	22+		49	49	-27+		56	56	-34+
<b>26</b>	22		6	6	16		7	7	15
<b>27</b>	22		10	10	12		11	11	11
<b>28</b>	44+		18	18	26+		20	20	24+
<b>29</b>	44		12	12	32		13	13	31
<b>30</b>	44		0	0	44		0	0	44
<b>31</b>	22		0	0	22		0	0	22
<b>32</b>	22+		0	0	22+		0	0	22+
<b>33</b>	22		10	10	12		11	11	11
<b>34</b>	66		68	68	-2		77	77	-11
<b>35</b>	44+		19	19	25+		21	21	23+
<b>36</b>	22		0	0	22		0	0	22

<b>37</b>	44	605	24	629	-585	720	27	747	-703
<b>38</b>	44		0	0	44		0	0	44
<b>39</b>	66	229	25	254	-188	273	28	301	-235
<b>40</b>	0	1039	109	1147	-1147	1236	123	1359	-1359

Tabell 9 viser at det er utilstrekkeleg kapasitet på inntaksristene ved 7 av 40 nedbørsfelt ved 50 års returperiode. Ved 100 års returperiode er det utilstrekkeleg kapasitet ved 8 av 40 nedbørsfelt. For nedbørsfelt 25 er det to andre spesialtilpassa inntaksrister som ikkje er inkludert i utrekningane over, difor er kapasiteten til rista i tabell 9 merka med eit plussteikn. Nedbørsfelt har difor mest truleg tilstrekkeleg kapasitet, sjølv om det ikkje kan sjå sånn ut på tabell 9. Det medfører at det er utilstrekkeleg kapasitet på inntaksristene ved 6 av 40 nedbørsfelt ved 50 års returperiode, og 7 av 40 ved 100 års returperiode.

### 7.2.3. Stikkrenne på tvers av E39

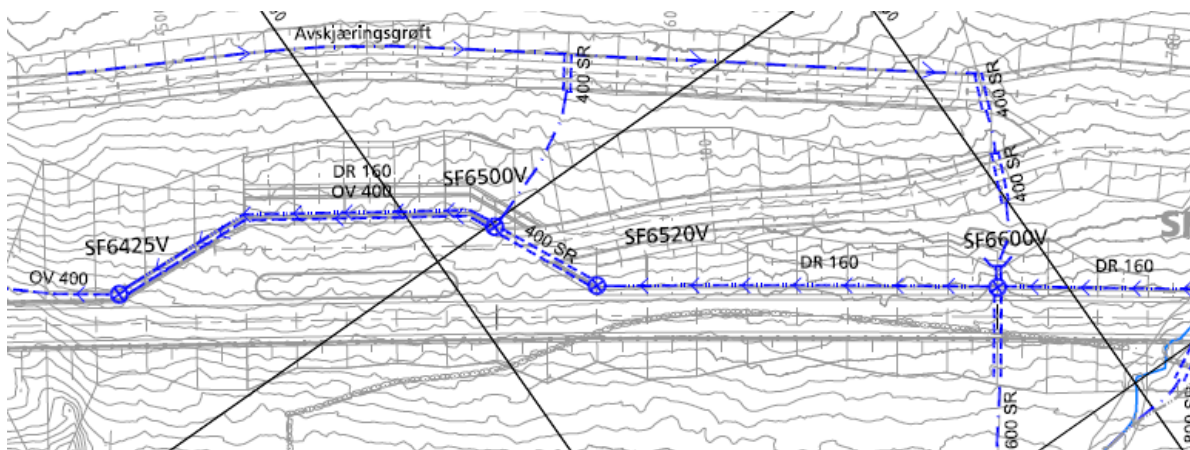
I analysen av kapasitet til ulike drenelement vart også stikkrennene igjennom E39 undersøkt. Resultatet kan ein sjå i tabell 10. Ved total avrenning er det her avrenning frå veg og eventuelt frå omliggjande terreng for dei nedbørsfelta det gjeld. Som i tabell 8 blir dimensjonerande avrenning funne med 100 års returperiode, då ein ved E39 har mulighet for omkøyning.

Tabell 10. Samanlikning av kapasitet til stikkrenne på tvers av E39 og avrenning.

	<b>Returperiode 100 år</b>				
<b>NF</b>	<b>Q<sub>nedbørsfelt</sub>, [l/s]</b>	<b>Q<sub>veg</sub>, [l/s]</b>	<b>Q<sub>avrenning, tot</sub>, [l/s]</b>	<b>Q<sub>stikkrenne</sub>, [l/s]</b>	<b>ΔQ, [l/s]</b>
<b>1</b>	605	32	637	794	157
<b>2</b>	286	23	309	1147	838
<b>3</b>	325	41	366	1147	781
<b>4</b>	120	0	120	574	453
<b>5</b>	206	17	223	574	350
<b>6</b>	787	54	841	2294	1453
<b>7</b>	531	16	547	1147	600
<b>8</b>	248	23	271	1147	876
<b>9</b>	417	31	448	1147	699
<b>10</b>	479	26	505	1147	642
<b>11</b>	820	29	850	1147	297
<b>12</b>	736	16	752	1147	395
<b>13</b>	377	11	388	1147	759
<b>14</b>	302	0	302	1147	845
<b>15</b>	83	0	83	1147	1064
<b>16</b>	466	0	466	1147	681
<b>17</b>	182	3	185	1216	1031
<b>18</b>	926	33	959	1216	257

<b>19</b>	835	35	870	2140	1270
<b>20</b>	6052	22	6074	7675	1601
<b>21</b>	2001	0	2001	1544	-457
<b>22</b>	901	0	901	4862	3961
<b>23</b>	284	0	284	1147	863
<b>24</b>	549	0	549	2431	1882
<b>25</b>	422	56	478	1147	669
<b>26</b>	886	7	893	1147	254
<b>27</b>	354	11	366	2431	2065
<b>28</b>	798	20	817	2294	1477
<b>29</b>	1629	13	1643	2431	788
<b>30</b>	1605	0	1605	2294	689
<b>31</b>	462	0	462	1147	685
<b>32</b>	1022	0	1022	1147	125
<b>33</b>	705	11	716	1147	431
<b>34</b>	1051	77	1129	2294	1165
<b>35</b>	798	21	820	2294	1474
<b>36</b>	2640	0	2640	Bru	
<b>37</b>	720	27	747	3578	2831
<b>38</b>	2302	0	2302	2431	129
<b>39</b>	273	28	301	2431	2130
<b>40</b>	1236	123	1359	Nedføringsrenne	

I tabell 10 kan ein sjå at ved 1 av 40 nedbørsfelt har stikkrennene gjennom E39 for liten kapasitet til å ta imot avrenning ved 100 års returperiode. Dei resterande stikkrennene har god kapasitet til å ta i mot dimensjonerande avrenning. I figur 37 kan ein sjå eit utsnitt av nedbørsfelt 21 som er det eine nedbørsfeltet med stikkrenne utan tilstrekkeleg kapasitet.



Figur 37. Utsnitt av nedbørsfelt 21 på delstrekning 2.

På utsnittet av nedbørsfelt 21 kan ein sjå at det er etablert ei avskjeringsgrøft ovanfor driftsvegen. Avskjeringsgrøfta samlar vatn og leier det vidare til to ulike utløp. Til venstre i figuren kan ein sjå at ein del overvatn vil følgje overvassleidninga, med diameter 400 mm, til ein naturleg resipient. Resten av overflatevatnet renn via stikkrenne med diameter 600 mm på tvers av vegen. Begge desse stikkrennene er inkludert i utrekningane for tabell 10. Ein kan ut frå dette trekke at stikkrennene igjennom vegen på delstrekning 2 i 39 av 40 tilfelle har tilstrekkeleg kapasitet til å ta imot dimensjonerande avrenning. I denne analysen har det blitt sett vekk i frå kor mykje vatn perforerte drensør vil ha kapasitet til å ta unna, då det blir antatt å vere eit lite bidrag.

#### 7.2.4. Grøft

På delstrekning 2 blir mykje av overvatnet frå terrenget samla opp via driftsveg eller terrenggrøfter og ført vidare via stikkrenner. Mengde overvatn som hamnar i dei grunne sidegrøftene er difor ikkje så store. For dei nedbørsfelta der overvatn frå terrenget ikkje blir fanga opp av driftsveg eller terrenggrøft hamner vatnet i grøfta. Overvatn frå vegen vil hovudsakeleg vere det vatnet som hamner i sidegrøfta på delstrekning to. I tabell 11 kan ein sjå

ei samanlikning av kapasiteten til den grunne sidegrøfta og avrenning den må ta imot. Dimensjonerande avrenning er funne ved returperiode 50 år og 100 år. Det kjem av at det ikkje er noko krav til returperiode ved dimensjonering av grøft, og drenselement som er tilknytt grøfta skal vere dimensjonert for 50 år eller 100 års returperiode.

Tabell 11. Dimensjonerande avrenning samanlikna med kapasitet grøft.

	Returperiode 50 år					Returperiode 100 år				
NF	Q <sub>NF</sub> [l/s]	Q <sub>veg</sub> [l/s]	Q <sub>avrenning, tot</sub> [l/s]	Q <sub>grøft</sub> [l/s]	ΔQ [l/s]	Q <sub>NF</sub> [l/s]	Q <sub>veg</sub> [l/s]	Q <sub>avrenning, tot</sub> [l/s]	Q <sub>grøft</sub> [l/s]	ΔQ, [l/s]
1		28	28	260	232		32	32	260	228
2		20	20	524	504		23	23	524	501
3		36	36	347	311		41	41	347	306
4		0	0		0		-	-		-
5		15	15	400	385		17	17	400	383
6		47	47	309	262		54	54	309	255
7		14	14	250	236		16	16	250	234
8		20	20	347	327		23	23	347	325
9	350	27	378	514	136	417	31	448	514	66
10	402	23	426	206	-220	479	26	505	206	-299
11		26	26	306	280		29	29	306	277
12		15	15	407	392		16	16	407	390
13		10	10	397	387		11	11	397	386
14		0	0	386	386		0	0	386	386
15		0	0	395	395		0	0	395	395



<b>16</b>		0	0	239	239		0	0	239	239
<b>17</b>		2	2	338	336		3	3	338	336
<b>18</b>		29	29	287	258		33	33	287	254
<b>19</b>		31	31	198	167		35	35	198	163
<b>20</b>		19	19	338	319		22	22	338	317
<b>21</b>		0	0	203	203		0	0	203	203
<b>22</b>		0	0	243	243		0	0	243	243
<b>23</b>		0	0	267	267		0	0	267	267
<b>24</b>		0	0	395	395		0	0	395	395
<b>25</b>		49	49	293	244		56	56	293	237
<b>26</b>		6	6	344	338		7	7	344	338
<b>27</b>		10	10	347	337		11	11	347	336
<b>28</b>		18	18	371	353		20	20	371	351
<b>29</b>		12	12	267	255		13	13	267	254
<b>30</b>		0	0	216	216		0	0	216	216
<b>31</b>		0	0	316	316		0	0	316	316
<b>32</b>		0	0	257	257		0	0	257	257
<b>33</b>		10	10	250	240		11	11	250	239
<b>34</b>		68	68	265	197		77	77	265	188
<b>35</b>		19	19	437	418		21	21	437	415
<b>36</b>		0	0	284	284		0	0	284	284
<b>37</b>	605	24	629	388	-241	720	27	747	388	-359

<b>38</b>		0	0	307	307		0	0	307	307
<b>39</b>	229	25	254	220	-34	273	28	301	220	-81
<b>40</b>	1039	109	1147	447	-700	1236	123	1359	447	-912

Av tabell 11 kan ein sjå at ved nedbørsfelt 9, 10, 37, 39, og 40 må grøfta ta imot avrenning frå terrenget i tillegg til avrenning frå vegen. I desse tilfella, med unntak av nedbørsfelt 9, har ikkje grøfta kapasitet til å ta imot dimensjonerande avrenning. Der grøfta berre tek imot avrenning frå vegen sitt areal, har den god kapasitet og god reservekapasitet. Med andre ord har 4 av 40 nedbørsfelt utilstrekkeleg kapasitet ved dei ulike returperiodane.

### 7.2.5. Oppsummering av resultat for delstrekning 2

I tabell 12 kan ein sjå ei samanlikning av resultatata frå kapitla 7.2.1.- 7.2.4.

Tabell 12. Oppsummering av kapasiteten til ulike drenselement

	<b>Kapasitet til ulike drenselement?</b>				
<b>NF</b>	Stikkrenne, driftsveg	Stikkrenne	Grøft	Kuppelrist	Summert
<b>1</b>	X	OK	OK	OK	X
<b>2</b>	OK	OK	OK	OK	OK
<b>3</b>	OK	OK	OK	OK	OK
<b>4</b>	OK	OK		OK	OK
<b>5</b>	OK	OK	OK	OK	OK
<b>6</b>	OK	OK	OK	OK	OK
<b>7</b>	X	OK	OK	OK	X

8	OK	OK	OK	OK	OK
9		OK	OK	X	X
10		OK	X	X	X
11	X	OK	OK	OK	X
12	X	OK	OK	OK	X
13	OK	OK	OK	OK	OK
14	OK	OK	OK	OK	OK
15	OK	OK	OK	OK	OK
16	X	OK	OK	OK	X
17	OK	OK	OK	OK	OK
18	OK	OK	OK	OK	OK
19	OK	OK	OK	OK	OK
20	OK	OK	OK	OK	OK
21	X	X	OK	OK	X
22	OK	OK	OK	OK	OK
23	OK	OK	OK	OK	OK
24	OK	OK	OK	OK	OK
25	X	OK	OK	OK	X
26	X	OK	OK	OK	X
27		OK	OK	OK	OK
28	X	OK	OK	OK	X
29		OK	OK	OK	OK

<b>30</b>		OK	OK	OK	OK
<b>31</b>	X	OK	OK	OK	X
<b>32</b>	X	OK	OK	OK	X
<b>33</b>	X	OK	OK	OK	X
<b>34</b>	X	OK	OK	X	X
<b>35</b>	X	OK	OK	OK	X
<b>36</b>		OK	OK	OK	OK
<b>37</b>		OK	X	X	X
<b>38</b>	X	OK	OK	OK	X
<b>39</b>		OK	X	X	X
<b>40</b>		OK	X	X	X

I tabell 12 kan ein sjå at ved 20 av 40 nedbørsfelt er det minst eit drenelement som ikkje har kapasitet til å ta imot dimensjonerande avrenning. For dei fleste nedbørsfelta ved delstrekning 2 er det stikkrenner ovanfor hovudveg som ikkje har tilstrekkeleg kapasitet.

## 8. Forslag til kvalitet – og detaljkrav til dreneringsplanar på regulering – og byggeplannivå

Erfaringar frå synfaring, intervju og gjennomgang av drensplanar på ulike plannivå utgjer grunnlaget for utarbeiding av forslag til kvalitet- og detaljkrav som kan setjast til dreneringsplanar på regulerings- og byggeplannivå. Krav Hb N200 stiller til drensplanar vart presentert i kapittel 5. Det er mange gode krav, men erfaringar frå denne oppgåva tilsei at det bør leggjast større vekt på nokre av desse krava. Nokre vil difor bli foreslått på ny er. Reguleringsplanar er ikkje inkludert i vedlegg, men er å finne på Statens vegvesen sine internettsider for dei ulike vegstrekningane. Kvalitetskrav er krav som skal sikre god kvalitetsgrad ved ein plan. Detaljkrav skal sikre ein høg grad av detaljar i ein plan.

### 8.1. Drensplan på reguleringsplannivå

Ein må gjennomføre utrekningar for å finne ut om det er behov for omlegging av vassdrag. Til dømes undersøke behov for terrenggrøfter, fordrøyningsbasseng, nisje osv. Ein bør også rekne på behovet for nedføringsrenner eller om vatnet kan følgje opphavelage drensvegar. Dersom det er behov for nedføringsrenner bør ein sikre dette arealet i reguleringsplan. Ein god plan kan vise til at det er gjennomført vurderingar for dei løysingane som er valt.

Dersom ein til dømes skal ha nedføringsrenne, har ein ikkje lov til å sleppe ut vatnet utan avtale med grunneigar. I kapittel 3 er det omtalt at under synfaring kunne ein sjå at fleire stadar var nedføringsrenne bygd i det området ein hadde reguleringsplan berre 15 – 20 meter frå vegkant. Truleg kjem dette av at nedføringsrenner berre var bygd i områder som var regulering. Ved avslutning av nedføringsrenner midt i terrenget kunne ein sjå at det hadde oppstått problem som erosjon. Dette må rettast opp igjen, og er både ei stor utgift og ekstra arbeid. Ein har difor sett at det er svært viktig å planlegge slike element på reguleringsplannivå.

Ein anna ting ein har sett på synfaring er at mange stadar hadde det vore ein fordel å bygge avskjerande grøft utan at det hadde blitt bygd. Ved samanlikning med reguleringsplan kan ein sjå at det der det burde vore etablert avskjerande grøft er ikkje området regulert. Ein kan av det anta at manglande kvalitet på reguleringsplanen hindrar i nokre tilfelle at ein får gjennomført løysingar som kunne vore betre.

### 8.1.1. Detaljkrav til reguleringsplan

Detaljkrav til drensplan på reguleringsplannivå omfattar detaljar som involverer ulike arealinngrep. Sidan reguleringsplanar dannar grunnlaget for grunnverv må detaljar som involverer arealinngrep vere avklart. Ein bør difor definere alle område som blir påverka av dreneringsanlegg og inkludere det i reguleringsplanar. Forslag til detaljkrav som skal gå fram av teikningar og dokumentasjon på reguleringsplannivå er:

- Identifisere alle høgder til lengdeprofilen.
- Identifisere alle stadar der tverrfallet endrar retning.
- Finne strøymingsretninga til overflatevatnet.
- Sikre utløp alle stadar det er nødvendig.
- Vurdere behov og plassering av terrenggrøft, nisje, bekkeinntak og liknande som ligg utanfor vegen sitt areal.
- Sikre utløp og nedføringsrenne alle stadar det er nødvendig.

### 8.1.2. Kvalitetskrav til reguleringskrav

Forslag til kvalitetskrav på reguleringsplannivå som skal gå fram av teikningar og dokumentasjon er:

- Vise einskapleg overvasshandtering. Det skal gå fram kva areal som er avsett til overvasshandtering.
- Utrekningar som dannar grunnlag for avgjersler knytt til drensplan på reguleringsplannivå.
- Sikre tilstrekkeleg fall på alle grøfter.
- Sikre tilstrekkeleg fall på alle drenerør.
- Sikre fall til alle innløp

- Dokumentere dimensjonerande vassføring, som avgjer kva tilhøyrande løysinga ein treng.
- Sikre tilstrekkeleg kapasitet på drenselement som stikkrenner, grøft osv.
- Dokumentasjon på alternative flaumvegar.
- Inkludere klimaendringar ved planlegging med lang tidshorisont.
- Sikre tilstrekkeleg infiltrasjon og fordrøyning.
- Dokumentasjon som syner grunngeving av valte løysingar.

## 8.2. Drensplan på byggeplannivå

Drensplan på byggeplannivå er som tidlegare nemnt grunnlag for bygging av dreosanlegg. I følge Hb N200 bør alle komponentar og detaljar være teikna inn eller dokumentert i ein drenspan på byggeplannivå for å sikre at alle komponentar fungerer tilstrekkeleg. I tillegg skal drenspanen dokumentere kva metode for dimensjonering som er nytta og datagrunnlag for dimensjonering for hydraulisk dimensjonering, (Statens vegvesen, 2014a, s.123).

### 8.2.1. Detaljkrav til byggeplan

Drensplan på byggeplannivå bør innehalde mange detaljar sidan planen utgjer konkurransegrunnlaget for utbyggjarar. Detaljar over til dømes kummar, rister, sluk, grøftetverrsnitt, materiale, og plassering bør visast i eigne teikningar slik at dei kjem godt fram. Det gjeld også dersom det er spesielle drensløysingar for staden. Forslag til detaljkrav som bør gå fram av teikningar og dokumentasjon på byggeplannivå er:

- Teikning av normalprofil
- Krav til å fastsetje minimum grøftedjupne.
- Krav til å fastsetje breidde på botn grøft.
- Helling frå vegkant til grøftkant
- Storleik og mengde av tilbakefylling
- Detaljar av inn - og utløpskonstruksjonar frå inntak til utløp til resipient.
- Dokumentasjon av korleis plastringa skal utformast, til dømes mengde og storleik på stein dersom det blir brukt ved plastring.
- Utforming av eventuell rist på innløp.
- Dokumentasjon av kor mykje/mange drenselement ein skal ha av kvar dimensjon.

- Plassering og utforming av terrenggrøft.
- Eventuell erosjonssikring.

### 8.2.2. Kvalitetskrav til byggeplan

Forslag til kvalitetskrav som bør vere med på byggeplannivå er:

- Dokumentasjon på at alle drenelement til ei kvar tid vil fungere tilstrekkeleg og at ein ikkje får problem som tetting, erosjon osv.
- Dokumentere val av løysingar.
- Ein drensplanen bør dokumentere at det er tilstrekkeleg kapasitet på alle komponentane i dreosanlegget.
- Sikre at vatn ikkje fer til omliggjande busetnad.
- Dokumentere at overvatn i størst mogleg grad blir tatt hand om ved kjelda slik at vassbalansen blir oppretthalden.



## 10. Drøfting

### 10.1. Synfaring og nye løysingar

Kvalsvik (2014) skriv at problem med iskjøving og erosjon var eit gjennomgåande problem i samband med lukka drenering utanfor tettbygde strøk. I denne oppgåva er det gjennomført synfaring på dei same vegstrekningane som i den oppgåva, i tillegg til fem andre vegstrekningar. Vegstrekningane ligg i ulikt terreng og klimasone. Det er likevel observert at iskjøving og erosjon er eit gjentakande problem ved ulike løysingar og i ulik grad, på alle vegstrekningane.

Etter nærmare undersøking har ein sett at i samband med grunne sidegrøfter er dette ofte eit problem. På E39 Staurset – Renndalen har dei erfart at problem med iskjøving i grøft er redusert etter at grøftedjupna vart auka. På to av vegane i Møre og Romsdal var det ein del av dei same planleggjarane og representantar frå drift og vedlikehald som var involvert i prosjektering. Det same gjeld for to av vegstrekningane i Hedmark. På den nyaste av dei to vegstrekningane i Møre og Romsdal og i Hedmark har dei nytta erfaringar frå dei vegstrekningane som først var bygd. Resultatet av dette er at på begge dei nye vegstrekningane har kapasiteten til sidegrøfta blitt auka i forhold til den grøfta til vegstrekningane som vart bygd først. Dette er gjort etter ønskje frå drifts- og vedlikehaldspersonell. Ved å auke kapasiteten til grøfta er sannsynet for erosjon i grøfta redusert. Nordal (1965) skriv at ved iskjøving kan ein ha brei nok grøft til at ein har plass til iskjøving. Ved å utvide grøft er ein avhengig av at det er ei muligheit for dette ut frå stadelege forhold. Eit alternativ er i følgje Nordal (1965) å føre vatn via ein frostfri dreneringsveg. Ein kan oppnå ein frostfri dreneringsveg ved å legge rørsystem i frostfri djupne og ha ei smal og djup grøft som vatn kan renne i. Einaste tiltak mot uventa og plutselig danning av iskjøving er å grave ut isen for å sikre avrenning av vatn frå veg, (ROADEX, 2014, kap. 5.2.1.). Det medfører arbeid for drifts – og vedlikehaldspersonell. Dette kan ein forhindre ved å utforme grøft med tilstrekkeleg kapasitet ved bygging.

I kapittel 6.1 er det anbefalt å auke kapasiteten til sidegrøfter slik at dei kan ta imot dimensjonerande avrenning. Ut frå erfaringane som er gjort kan ei sei at dette er eit rimelig resultat. Resultat frå analyse av kapasitet i kapittel 7 byggjer også opp under dette resultatet. I denne oppgåva er ikkje det anbefalte tverrsnittet satt bastant. Løysinga er ikkje utprøvd, og samtidig vil nødvendig kapasitet til ei grøft variere etter lokale forhold. Det er også anbefalt for å få auka kapasiteten i takt med klimaendringar, og for å få full utnytting av drenelement som ein finn i sidegrøft. I kapittel 6.1. kunne ein også sjå ei samanlikning av ulike grøfteprofil som er presentert i ulike handbøker. Det er tydeleg etter synfaring at det herskar usikkerheit rundt kva slags reglar ein skal følgje ved dimensjonering av eit dreneanlegg. Det kom også fram at kapasitet til grøft ikkje blir rekna på. Det blir i staden valt grøfteprofil frå handbøkene og deretter utforma etter lokale forhold. Difor bør forslag i dei ulike handbøkene vere samstemt. Forslag i dei ulike handbøkene burde også vere presentert som eit minste profil, og at det deretter kjem tydeleg fram at ein bør rekne på kapasitet til grøft og dimensjonerande avrenning for ulike vegprosjekt. Dette er gjort til dømes i Sverige, der minste dimensjonar og ulike utformingar for grøfteprofil kjem godt fram, (ATB VÄG, 2005).

Terrenggrøft har tidlegare vore nytta for å hindre iskjøving i vegskjeringar og hindre utvasking ved vegskjering. Det bør ein også nytte det til i framtida, då terrenggrøft i følgje Norem (1998) vil ha stor effekt, sjølv om grøfta ligg eit stykke frå vegen. I kapittel 6.2. er det anbefalt avskjerande grøft, også der det ikkje er vegskjering, dersom det er store mengder overvatn i området. Ved synfaring og berekning er det observert at terrenggrøft er nyttig også for å avlaste eit lukka dreneanlegg. I følgje Statens vegvesen (2003) terrenggrøfter ei billig sikringsmetode som kan vise seg effektiv for å hindre iskjøving i fjellskjeringar og tunellmunningar. Eit anna argument for å byggje terrenggrøft er i følgje Jarle Tangen i Statens vegvesen at ein då kan skilje mellom reint og skite overvatn. Dersom ein har terrenggrøft som tek unna det reine overvatnet får ein mykje mindre vassmengder å reinse. Slik kan ein få spart kostnadar som er knytt til reinsing.

I kapittel 6.3. finn ein forslag til utforming av bekkeinnløp og nedføringsrenne. Utforminga er foreslått ut frå erfaringar til tilsette i Statens vegvesen og synfaring. I tillegg er det nytta teori for å bygge under forslaget til utforming. Dette er ei løysing som passar der det er stor vassføring, eller bratt slik at vatnet renn rask. Ved å implementere ei slik løysing bør ein vurdere lokale forhold. Vassføring og faren for erosjon bør kontrollerast. Kraftig utforming som tåler ein del vatn er difor foreslått i kapittel 6.3. Det samsvarar med anbefaling frå Hb N200 der ei nedføringsrenne bør utformast med solid steinsetting for å sikre mot erosjon og redusere hastigheita til vatnet, (Statens vegvesen, 2014a, s.153). Å steinsette nedføringsrenner blir også anbefalt av Ksaibati og Kolkman (2006) for å hindre erosjon. Utforminga som er foreslått her er ikkje utprøvd og det svekkjer kor gyldig resultatet er. Liknande utformingar er utprøvd nokre stadar på dei ulike vegstrekningane og har fungert godt. Det er difor truleg at foreslått utforming fungerer godt, men det bør likevel testast for å kunne fastslå det med større sikkerheit.

I arbeid med denne oppgåva har ein erfart at utforming av innløp og rist framføre innløpet kan ha mykje å seie for kor stor kapasitet innløpet har. Med utgangspunkt i nokre løysingar som har føresetnad for å fungere godt saman med teori, diskusjon med fagfolk i Statens vegvesen og erfaringar frå synfaring har det blitt utarbeidd forslag til ulike innløp med tilpassa rist. Desse er presenterte i kapittel 6.4. Ristene som er forslått har ein del som er skrå og ein del som er horisontal og/eller flat Berg m. fl. (1992) skriv at ei rist med ein horisontal del vil vere relativt lett å reinske både ved flaum og tørrver. Dette har vore eit viktig kriterium sidan det er bygd på driftserfaringar. Berg m. fl. (1992) skriv også at sjølv om den er lett å reinske kan ei horisontal og/eller flat rist relativt raskt kan gå tett. Difor er ristene kombinert med ein skrå del. . I følgje Ole Almenningen i JBV vil rist med ein skrå del vere tilnærma sjølvreinsande. Det er fordi vatnet vil «presse» gjenstandar nedover ved hjelp av tyngdekrafta vekk frå rista.

Ristene som er utforma til innløpet har ein kapasitet ca. 3- 4 gangar kapasiteten til innløpet. Dette er for å hindre hyppig drift og vedlikehald av ristene for å oppretthalde kapasitet. I følgje Grønli (2012) vil ein ved rist som ikkje er tildekt ha eit falltap som er tilnærma ingenting. Medan med rist som er delvis tildekt kan ein få veldig stort falltap. Kapasiteten til rist vil då bli redusert. Det viser kor viktig det er med tilstrekkeleg kapasitet. For å spare arbeid med drift og vedlikehald kan ein i staden rekne ein ekstra kapasitet.

I følgje VA – norm (2011) bør ein ved dimensjonering av inntaksrist rekne ein kapasitet to gongar full vassføring. Sellevold (2015) skriv at kapasiteten til rist bør vere minst 5 gongar så stor som arealet til tilhøyrande stikkrenne. Kvalsvik (2014) omtaler nokre kuppelrister ved E39 Renndalen – Staurset der det har vore eit stort problem med tildekking. Det har medført store ressursar på drift og vedlikehald for å oppretthalde kapasiteten til kuppelristene. Difor vart halvparten av spilene på kuppelristene fjerna. Endring av innløpet har medført mykje betre kapasitet og det er ikkje lengder naudsynt med store ressursar på drift og vedlikehald. Det er ikkje vurdert kor vidt det er ei løysing som følgjer regelverket i denne oppgåva. Liknande erfaringar vart gjort i eit casestudium av stikkrenner. Etter vurdering av ei stikkrenne i Bulken fann ein ut at ved auka drift og forandring på innlaupet ville ha stor påverknad på kapasiteten, Statens vegvesen (2011c). Auke av strøymingsareal gav auka kapasitet, og tilstrekkeleg kapasitet. Forslaga i kapittel 6.4. er ikkje utprøvd i praksis og det bør ein gjer før ein kan slå fast med stor sikkerheit at det er gode løysingar.

Etter synfaring kom det fram at der det er etablert fordrøyningsbasseng har Statens vegvesen gode erfaringar med ei slik løysing. Det kjem av at det kan avlaste drensssystemet i stor grad. Dersom det har ein reservekapasitet kan fordrøyningsbasseng også hindre skadar i ein flaumsituasjon. Ved eit fordrøyningsbasseng er det ofte lite arbeid med drift og vedlikehald også. Sidan fordrøyningsbasseng avlastar drensssystemet kan det medføre redusert behov for drift og vedlikehald. Etter samtale med planleggjar kom det fram at gode forslag til utforming av fordrøyningsbasseng er sakna. Det er difor foreslått nokre faktorar ein bør ta omsyn til ved utforming i kapittel 6.6. Forslag til faktorar ein skal vurdere ved utforming er basert på erfaring med eksisterande fordrøyningsbasseng, synfaring og teori. Desse ulike kjeldene stadfestar kvarandre med tanke på kva faktorar som skal vere med. At ulike kjelder bekreftar kvarandre styrkar truverdet til resultatet. Ein kan på tross av dette ikkje sjå vekk frå at det er andre faktorar ein må vurdere som ikkje er inkludert i denne oppgåva. Det kan til dømes vere lokale forhold som gjer at det er andre ting ein må vurdere. Det er ikkje foreslått eit gitt tverrsnitt då det vil variere i stor grad etter lokale forhold. I følgje Bergen kommune (2005) kan opne fordrøyningsbasseng til dømes vere søkk i terrenget, grøfter, dammar, myrer, og ulike kunstige basseng.

I kapittel 6 er det foreslått at ein kan nytte stikkrenner i plast med diameter opp til 800 mm fleire stadar for å sikre tilstrekkeleg kapasitet. Mange stadar har det tradisjonelt vore nytta betong for stikkrenner med diameter større enn 600 mm. Under synfaring har ein derimot observert stikkrenner med diameter på 800 mm utan at det har vore noko problem knytt til desse. Personell i Statens vegvesen sine erfaringar er også at det ikkje er noko problem med stikkrenner med slik dimensjon. Hb N200 anbefaler Mannings tal og helling til stikkrenner i plast med diameter større enn 800 mm som har innløpskontroll. Dersom ein vurderer lokale forhold og samtidig følgjer anbefalingar frå Hb N200 kan ein truleg fint nytte stikkrenner i plast med diameter 800 mm, og truleg også for større dimensjonar.

Ut frå erfaringar med fordrøyningsbasseng blir det anbefalt å sikre tilstrekkeleg kapasitet til fordrøyningsbasseng. I dette ligg det også å ha tilstrekkeleg høgde rundt bassenget. Dette samsvarar med Statens vegvesen (2014b) der dei skriv at botnen til eit sedimentasjonsbasseng bør ligge på eit lågare nivå enn objektet om skal sikrast, og der dette ikkje er mogleg bør tiltaket kombinerast med ein fangvoll for å oppnå tilstrekkeleg lagringsvolum. Dette gjeld i samband med flaum- og sørpeskred, men det same vil gjelde for eit fordrøyningsbasseng. Det er også foreslått at ein bør ha ein alternativ flaumveg eller eit overløp på fordrøyningsbassenget for å sikre mot store vassmengder eller tetting av utløp. I følge Bergen kommune (2005) kan eit overløp hindre driftsproblem også ved vinterforhold.

Å planlegge ein alternativ flaumveg blir anbefalt i kapittel 6.7. Ein flaumveg kan vere svært viktig i ein kritisk situasjon som til dømes flaum. Ein alternativ flaumveg kan hindre store skadar, og det kan også redusere for drifts- og vedlikehaldsbehovet i ein kritisk flaumsituasjon. Dersom vatnet har ein alternativ veg, kan drifts- og vedlikehaldspersonell prioritere kritiske punkt der vatn ikkje har ein alternativ veg. Under synfaring kunne ein sjå at det ikkje alltid var planlagt ein alternativ flaumveg. Det er difor foreslått ulike måtar ein kan ha ein alternativ flaumveg på. Desse forslaga er basert på teori, erfaring til fagfolk og synfaring. Ein kan difor tenkje seg at forslaga er gyldige ved mange ulike forhold.

Ein alternativ flaumveg er avhengig av lokale forhold, og kva slags behov ein har for flaumveg er avhengig av dreneringsanlegget. Ein alternativ flaumveg kan utformast på mange ulike måtar, og det kunne ein også sjå under synfaring. I kapittel 6.7. blir alternativ flaumveg foreslått til å vere til dømes grøft i samsvar med løysing på E39 Kvivsvegen. Dette samsvarar med anbefalingar frå Berg m. fl (1992) det veggrøft blir foreslått som alternativ flaumveg. Dette forutsettar sjølvsagt at grøfta har tilstrekkeleg kapasitet til å bli utforma som alternativ flaumveg. I litteraturen er det samstemt at ein bør planlegge ein alternativ flaumveg. Til dømes Berg m. fl. (1992) skriv at alternativ flaumveg alltid bør vurderast i samband med planlegging og dimensjonering av kulvertar (stikkrenner). Ved å planlegge alternativ flaumveg kan ein også unngå skader som erosjon på dreosanlegget og ein kan unngå skader på vegkroppen dersom det oppstår ein kritisk situasjon. I følge Bergen kommune (2005) skal ein alternativ flaumveg dimensjonerast for å kunne ta imot all avrenning frå eit nedbørsfelt. Det seier noko om kor store skadar ein flaumveg kan hindre.

## 10.2. Enkel analyse

Hypotesen for delstrekning 1 var at alle drenselement, utanom grøfta nokre stadar, har tilstrekkeleg kapasitet. I staden viste det seg at ved 16 av 21 nedbørsfelt var det minst eit drenselement som ikkje hadde tilstrekkeleg kapasitet. For dei fleste av desse nedbørsfelta var det meir enn 1 drenselement som hadde for liten kapasitet til å ta imot dimensjonerande avrenning.

Hypotesen for delstrekning 2 var at omtrent alle drenselement ville ha mindre kapasitet enn dimensjonerande avrenning. Ved 20 av 40 nedbørsfelt var det eit drenselement med for liten hydraulisk kapasitet i forhold til dimensjonerande avrenning. Det viste seg at ved 15 av 31 aktuelle nedbørsfelt hadde stikkrenna ved driftsvegen for liten kapasitet til å handtere dimensjonerande avrenning. Stikkrenne ved driftsveg som tek imot store mengder overvatn frå terrenget.

At resultatet vart noko anna enn først antatt i hypotesen var overraskande, men samtidig gjer det at resultatet verkar meir gyldig, då utrekningane ikkje er tilpassa antatt hypotese. Ved å rekne på kapasiteten har det i tillegg gitt eit betre bilete på det som er observert på synfaring. Til dømes at skadane på delstrekning 2 som ein kan sjå i figur 13 kjem av at det er for liten

kapasitet på stikkrennene ved driftsveg, og at det ikkje kjem av for liten kapasitet på heile systemet som først antatt. At resultata frå utrekning og synfaring stemmer med kvarandre er med på å underbygge truverdet til resultata.

Ved rekning på kapasitet fann ein at på delstrekning 1 hadde i underkant av 50 % av stikkrennene for liten kapasitet. På delstrekning 2 var det i underkant av 50 % av stikkrennene ved driftsvegen som hadde for liten kapasitet, mot 2 % av stikkrennene som går på tvers av E39. Resultatet varierer for ulike vegar, og det vil det gjer også, men det er ein tydeleg tendens at stikkrenner har for liten kapasitet. I ei undersøking av kapasitet på stikkrenner på E136 Dombås – Ålesund var resultatet at 30 % av stikkrennene hadde for liten kapasitet til å ta imot dimensjonerande avrenning, Statens vegvesen (2011b). Det viser at det er eit problem også fleire stadar at drenelement ikkje har tilstrekkeleg kapasitet.

Ved synfaring har ein sett at på grunn av manglande kapasitet ved innløp har det oppstått erosjonsproblem oppstrøms innløpet. Dressystemet nedstrøms har då ikkje blitt utnytta. Manglande kapasitet på desse stikkrennene bekreftar det ein kunne observere på synfaring på delstrekning 2. Vatnet samlar seg oppstrøms innløpet til stikkrenne på grunn av manglande kapasitet. Den manglande kapasiteten kan medføre erosjonsskader oppstrøms stikkrenna slik som omtalt i kapittel 3.4.2.

På delstrekning 1 var det ingen av inntaksristene som vart kontrollert som hadde tilstrekkeleg kapasitet. Det var 6 nedbørsfelt ved delstrekning 1 der kuppelrister tok imot det meste av overvatn var ført rett til grøft. Medan på delstrekning 2 hadde kuppelristene ved 34 av 40 nedbørsfelt tilstrekkeleg kapasitet. Ved delstrekning 2 er store delar av overvatnet frå terrenget fanga opp av avskjerande grøft, eller stikkrenner før grunn sidegrøft. Der overvatn frå terreng vart ført rett til grunn sidegrøft ved delstrekning 2 hadde ikkje kuppelristene tilstrekkeleg kapasitet til å ta imot avrenning. Resultatet viser at ved å ha terrenggrøfter og andre avskjerande grøfter kan ein avlaste resten av dreneringsanlegget. Erosjon rundt enkelte kuppelrister som ein kunne sjå under synfaring på delstrekning 2 kjem truleg av desse har utilstrekkeleg kapasitet.

I kapittel 6.4.3. vart kapasiteten til kuppelrist 1 funne til 22 l/s og kuppelrist 2 til 39 l/s. Kapasiteten til kuppelristene er rekna ut i frå gjennomstrøymingsarealet. Når kapasiteten til

innløpsristene på dei ulike delstrekningane har blitt kontrollert er det tatt utgangspunkt i berekningane i kapittel 6.4.3. I følgje Hoven m. fl. (2013) kan ein anta ein kapasitet opp mot 30 l/s for ei kuppelrist som er dekt over med vatn. Dette samsvarar godt med berekningane. Lindholm (2015) skriv at det er rimeleg å anta ein kapasitet på 25 l/s for eit sandfang med rist. Han skriv deretter at eit maks areal eit sandfang med ein slik kapasitet kan betene er  $1600 \text{ m}^2 = 0,16 \text{ ha}$ . I bilag C17 kan ein sjå ei samanlikning av totalt areal til nedbørsfelt og tal kuppelrister. Dersom ein reknar maks areal som  $0,16 \text{ ha}$  er ikkje det nok kuppelrister ved nokon av nedbørsfeltene i delstrekning 1. Dette samsvarar med utrekningane som er gjort i enkel analyse og det styrkjer truverdet til resultata.

Av analysen kunne ein sjå at der store mengder overvatn blir ført rett til grøft, får grøfta problem med kapasiteten. På delstrekning 1 har ikkje grøfta tilstrekkeleg kapasitet ved 14 av 21 nedbørsfelt. På delstrekning 1 har ein hatt problem med erosjon i sidegrøft, og ein årsak til dette kan vere manglande kapasitet i grøfta til å ta imot avrenning. Erosjon og sedimentering er ofte årsak til dyrt og vankeleg vedlikehald av sidegrøfter, (Nordal, 1965, s.19). Det er difor viktig å sikre tilstrekkeleg kapasitet på grunn sidegrøft. Dersom andre drenselement ikkje har kapasitet til å ta unna vatnet, til dømes kuppelrist, kan vatn samle seg i grøfta. Større vassmengder enn medrekna kan medføre erosjon. God tilgang til overvatn i grunn sidegrøft kan medføre iskjøving. På delstrekning 2 har grøfta tilstrekkeleg kapasitet ved 34 av 39 nedbørsfelt.

Kapasiteten til grøfta er funne med Mannings formel. Til denne formelen er det knytt ein del usikre faktorar. Til dømes er tverrsnittet til grøfta antatt å vere likt heile vegen, noko som ikkje er tilfellet. Avrenning som går til grøfta er funne med den rasjonelle formel, også her er det usikkerheit knytt til utrekningane. Generelle faktorar for usikkerheit knytt til flaumberekning er nærmare omtalt i kapittel 4. I følgje NVE (2011) er det vanskeleg å kvantifisere usikkerheit ved flaumberekning. Det er difor anbefalt å klassifisere usikkerheit ved flaumberekning ut frå kva grad ein har godt hydrologisk datagrunnlag. I denne oppgåva har ein ikkje observasjonar for gitt vassdrag. Det er derimot samla inn observasjonar frå nærliggande områder via Meteorologisk institutt. Ein kan difor trekkje at ein har eit middels godt hydrologisk datagrunnlag. På grunn av dei store differansane mellom kapasitet i grøfta og avrenning for dei nedbørsfeltene som ikkje har tilstrekkeleg kapasitet er det likevel rimelig å anta at resultata er representative.



I følge Statens vegvesen (2014a) er det ein usikkerheit ved fastsetjing av C – verdi for den er avhengig av helling på nedbørsfelt, innsjøareal, avstand til grunnvatn osv. I forbindelse med enkel analyse vart data for markslag for å fastsetje C-verdi henta inn frå dei ulike kommune. Data for markslag på E39 Astad – Høgset og Fv 653 Eiksundsambandet var ikkje oppdatert sidan bygging av vegane. Det kan difor vere avvik i verkelege forhold og forhold som er antatt i denne oppgåva. Det er gjort store endringar sidan Statens vegvesen starta å byggje vegane, og ein må nytte andre metodar for å finne ut kva markslag det er for aktuelt område. Det er heller ikkje tatt nye flyfoto. For å redusere graden av usikkerheit er det brukt eksisterande kart og flyfoto i kombinasjon med synfaring. Difor kan ein tenke seg at det er antake rimelege verdier i analysen.

Det er også knytt usikkerheit til bruk av IVF – kurver i analysen som er utført. Til dømes for Fv 653 Eiksundsambandet var det berre ein målestasjon som var aktuell. Målestasjonen ligg i Ålesund og det er eit stykke frå Fv 653 Eiksundsambandet. Når det er berre ein aktuelle stasjon blir det vanskeleg å vurdere om nedbørsmålingane vil vere gyldige for Fv 653 Eiksundsambandet, det kan vere store lokale variasjonar. Ei anna usikkerheit knytt til IVF – kurve er at stasjonen med lengst dataserie har data for 42 år. Verdier for 50 års – 200 års flaum er det difor knytt stor usikkerheit til sidan det er ekstrapolerte verdier. I følge Statens vegvesen (2014a) er det ein generell regel at god statistikk for 100- års nedbør kan utarbeidast dersom det er basert på nedbørsobservasjonar for ei periode på minst 25 år. For delstrekning 1 er nedbørsobservasjonar som er nytta 25 år og for delstrekning 2 er det 34 år. Ut frå dette kan ein slutte at det truleg er rimeleg sikra data som er nytta for desse to delstrekningane.

### 10.3. Tiltak dersom det er for liten kapasitet

Frå analysen kunne ein sjå at ikkje alle drenelement hadde tilstrekkeleg kapasitet. Det blir difor foreslått nokre tiltak her dersom eit drenelement har for liten kapasitet. Dersom ein oppdagar under planlegging at det er for liten kapasitet ved eit drenelement kan ein auke dimensjonen til ein har kapasitet til å ta unna dimensjonerande avrenning. I følge Lindholm m. fl. (2008) kostar det lite å mangedoble kapasiteten til rør ved stikkrenner. Ei dobling av diameter til rør aukar kapasiteten meir enn seks gonger, (Lindholm m. fl., 2008, s.52). For å teste denne påstanden har kapasiteten til stikkrenner ved Fv 653 Eiksundsambandet blitt funne ved å gå opp

ein dimensjonen på stikkrennene. Resultatet kan ein sjå i bilag C18. Ved opphavleg dimensjon på stikkrenne var det tilstrekkeleg kapasitet ved 11 av 21 nedbørsfelt. Ved å gå opp ein dimensjon på stikkrenne var det tilstrekkeleg kapasitet ved 15 av 21 nedbørsfelt. Det viser at det hjelp å auke kapasiteten til ulike drenselement.

Dersom det er for liten kapasitet ved eit etablert drenselement kan ein i første grad undersøke om det er mogleg å bytte ut drenselementet til noko med større kapasitet. Ein må i tilfelle undersøke om andre drenselement nedstrøms i dreneringsanlegget kan handtere større vassmengder som følgje av utskiftinga. Ein må også vurdere faktorar som kostnad, vil det medføre stenging av veg osv. Dersom ein må stengje veg for å bytte drenselement kan det medføre store kostnadar. Det kan medføre store forseinkingar for trafikken. Ein bør i slike tilfelle vurdere andre tiltak.

Eit anna tiltak ein kan vurdere å gjennomføre dersom det er for liten kapasitet ved eit drenselement er at ein kan endre strøyminga til vatnet. Til dømes dersom ei stikkrenne har stor reservekapasitet, medan ei anna er overbelasta kan ein leie vatn frå den overbelasta til den med reservekapasitet. I dømet for kapasitet til stikkrenner som viser i bilag C18 er det mange stikkrenner som har stor reservekapasitet etter at diameter er auka. Stikkrennene har då kapasitet til å ta imot avrenning frå dei nedbørsfeltene som har for liten kapasitet. Det kan ein gjer ved å etablere avskjerande grøft eller føre vatnet i rør til aktuell stad. Dette er mogleg dersom det ikkje er for stor avstand mellom stikkleidningane.

Eit anna alternativ kan vere å etablere ulike typar fordrøyingstiltak. Til dømes fordrøyningsbasseng, bekkeinnløp eller liknande kan også vere tiltak mot for liten kapasitet. Det må då utformast slik at den har kapasitet til å ta imot større vassmengder enn det som vil renne vidare. Det kan vere med på å forseinke vatnet i ein flaumsituasjon og berre tilføre dreneringselementet den mengda vatn som det har kapasitet til å ta imot. I følgje Bergen kommune (2005) kan eit fordrøyingstiltak utformast slik at det blir infiltrert vatn på staden.

Resultat frå analysen viste at det ofte ikkje var tilstrekkeleg kapasitet ved grøft. Dersom stadelege forhold tillét det kan ein vurdere å endre tverrsnittet ved problemområdet. Ein kan til dømes grave djupare og/eller breiare grøfter. Dersom ein vel å endre grøfteprofil til grøfta må ein hugse å likevel ta omsyn til TS, men samtidig sikre ein god kapasitet i grøfta. Berntsen (2011) påpeikar også at nokre tiltak kan kome i konflikt med kvarandre. Eit døme på dette er grøfting kontra vegbreidde og stabilitet av vegskulder/vegskråning (Berntsen, 2011, s. 10). Ein bør difor vurdere lokale forhold ved utviding av grøfteprofil. Grøfter bør ha stor nok kapasitet til å ta imot dimensjonerande avrenning, i tillegg til at ein gjerne kan ha ein ekstra kapasitet som vil vere med å forseinke vatnet i ein flaumsituasjon. Ved fleire av vegstrekningane det vart utført synfaring på var det også eit problem med iskjøving. Ved nokre av vegstrekningane var det varmekablar ved stikkrenner som ofte frys om vinteren. Dette er eit tiltak som har fungert godt, det kan truleg fungere ved å hindre danning av is ved andre drenselement. ROADEX Network (2014) anbefala å leggje varmekabel i grøft dersom det kvart år problem med kjøving av is på dei same stadane.

Dersom ein ikkje får implementert tiltak ved for liten kapasitet kan ein planlegge ein alternativ flaumveg. Ein veg vatnet kan ta dersom dreosanlegget ikkje har mulighet til å ta unna alt vatnet, der vatnet kan gjer minst mogleg skade. Berg m.fl. (1992) skriv at ein alternativ flaumveg alltid bør vurderast i samband med planlegging og dimensjonering av kulvertar (stikkrenner). Dette gjeld for ein flaumsituasjon, dersom dreneringsanlegg ikkje klarer å ta unna avrenning for ein normal situasjon bør ein vurdere om det er betre med eit anna dreneringsanlegg, til dømes open drenering. Ein kan i tilfelle etablere open drenering på delar av strekningane eller på heile, – alt etter lokale behov.

Ved for liten kapasitet er et svært viktig med hyppig drift og vedlikehald for å oppretthalde eksisterande kapasitet. Resultat frå ROADEX Network (2014) viser klart at å holde dreneringsanlegg i god stand er det mest lønnsame tiltak som er mogleg på vegar med låg trafikkmengde. I følgje Avinor m. fl. (2007) kan for dårleg standard på vegar og drenering skyldast mangelfull drift og vedlikehald i tillegg til at nødvendige omsyn til utforming ikkje vart tatt ved bygging.

## 10.4. Generelle retningslinjer for utføring av analyse

Etter å ha gjennomført analyse av kapasiteten til ulike drenelement i denne oppgåva har ein sett at det kan vere behov for å gjennomføre ei tilsvarande analyse ved planlegging av dreosanlegg. Slik får ein kontrollert at dei ulike drenelementa har tilstrekkeleg kapasitet. I analysen i kapittel 7.1 og 7.2 kunne ein sjå at ved mange nedbørsfelt var det minst eit drenelement som ikkje hadde tilstrekkeleg kapasitet. Det kan medføre at dreneringsystemet ikkje verkar slik det er tenkt, og ein kan få skader på veg og dreneringsanlegg. Ut frå erfaringar ved å ha gjennomført ei analyse i denne oppgåva vil det bli foreslått nokre generelle retningslinjer for utføring av analyse ved planlegging av dreosanlegg. Kan starte med å få tak i tilgjengeleg data for dreneringsområdet. Aktuell data som kan vere interessant å få tak i er veggeometri, dreneringsgeometri, markslag, kart og klimadata. Ksaibati og Kolkman (2006) skriv at det er viktig å ha både veggeometri og dreneringsgeometri ved planlegging av dreneringsanlegg for å avklare potensielle problem ein kan avsløre i ei analyse.

Ein kan deretter rekne på mengde vatn som blir påverka av veganlegg og som dreneringsanlegg må ha kapasitet til å ta unna. I denne analysen bør ein vurdere faktorar som infiltrasjon av overvatn, smeltevatn, grunnvatn og avrenning frå veg. For å gjennomføre ei slik analyse kan ein nytte formlane som er nemnt i kapittel 4. Dersom ein nyttar dataprogram som AutoCAD, Novapoint, Microsoft Excel vil analysen vere enklare å gjennomføre, Dersom det er stor avrenning i feltet bør ein vurdere drenelement som til dømes avskjerande grøft eller fordrøyningsbasseng for å avlaste resten av dreosanlegget. Ved å ha dreosløysingar som avlastar resten av dreosanlegget påverkar det kor stor avrenning dreosanlegget skal dimensjonast for. Ved liten avrenning kan ein vurdere å føre avrenning til grunn sidegrøft.

Når ein har bestemt type dreneringsanlegg kan ein dimensjonere dreneringsystemet slik at det kan fjerne nødvendig vassmengder. Ved dimensjonering av dressystemet blir type og storleik på drenelement bestemt. Ved dimensjonering av stikkrenner kan ein nytte utrekningsprogram frå produsentane Basal og Pipelife for å gjer analysen enklare å gjennomføre. Det er også mogleg å gjer desse utrekingane manuelt eller med andre program. Helling til ulike drenelement er også viktig å tenkje på i samband med dimensjonering av dressystemet. Ein bør kontrollere for at det er tilstrekkeleg helling til at ein får avrenning av vatnet, og ein må kontrollere for å hindre erosjon ved bratt helling.

Etter val av dreneringsanlegg bør ein analysere kapasiteten til valt dreneringsanlegg og eventuelt endre design om nødvendig. Formlar for å rekne på kapasiteten kan ein som sagt finne i kapittel 4. For å finne avrenning kan ein ta utgangspunkt i dimensjonerande returperiode frå tabell i bilag D5. Dersom ein skal reknekapasiteten på til dømes rist og stikkrenne, har rist ei dimensjonerande returperiode på 50 år eller 100 år, medan ei stikkrenne har høvesvis ei returperiode på 100 år eller 200 år. Når ein dimensjonerer for å få eit dreneringsystem som fungerer som eining er det eit poeng at alle drenselement skal ha moglegheit til å ta imot like stor avrenning. Spesielt dersom drenselementa er i direkte system. I analysen i kapittel 4 og 7 vart kapasiteten til dei ulike drenselementa opphavleg samanlikna med avrenning for alle returperiodar. Det medfører ein del arbeid, og er ikkje alltid naudsynt. anbefaler difor å berre rekne ut aktuell returperiode for gitte drenselement når ein skal kontrollere kapasitet. Ein må deretter kontrollere at alle drenselement utgjer eit system som har tilstrekkeleg kapasitet til å ta imot avrenning.

Resultatet frå analysen i kapittel 7 synte at når ein ser på total avrenning er bidraget frå veg så lite at ein kan sjå vekk i frå det. Slik kan ein forenkla utrekningane. Dersom til dømes ei grøft berre skal ta imot avrenning frå veg må ein sjølvstundt inkludere bidraget avrenning frå veg gir.

Til slutt må ein sikre at dreneringsanlegg transporterer vatn heile vegen til resipient, og eventuelt via reinsing. Ein må i tillegg kontrollere at det ikkje er fare for erosjon eller andre skader ved nokon av drenselementa. Ein bør i tilfelle gjennomføre tiltak for å hindre skader, til dømes erosjonstiltak som energidrepar eller liknande. Alternativ flaumveg bør planleggast som ein del av eit dreneringsanlegg for å hindre store skader dersom det oppstår flaum. Ksaibati og Kolkman (2006) skriv at når ein har designa lukka dreneringsanlegg ferdig bør ein til slutt vurdere resultatet. Dette bør ein vurdere opp mot økonomi og yting til planlag dreneringsanlegg.

## 10.5. Drenering ved ulike plannivå

Korleis ein inkludera drenering i planlegginga har stor påverknad på kor godt eit dreosanlegg vil fungere. Lindholm m. fl. (2008) skriv at grunnlaget for god handtering av overvatn blir lagt i arealplanlegginga. Effekten av vatn må relaterast til vegen sin geometri og omliggande terreng. Forslag til kvalitetskrav og detaljkrav som ein finn i kapittel 8 er foreslått for at ein skal få planar som i større grad tek omsyn til drenering så tidleg som mogleg. Forslaga har sin bakgrunn i ein kombinasjon av erfaringar, synfaring og studering av drensplanar på ulike plannivå. Sidan forslaga er utarbeidd frå ein kombinasjon av kunnskap som stadfestar kvarandre kan ein tenkje seg at dette pålitelege resultat. Samtidig er ikkje forslaga utprøvd, og det kan vere at det til dømes medfører så store kostnadar å planleggje detaljert på eit høgre plannivå at det ikkje lønner seg.

Under synfaring kunne ein sjå at dreneringa nokre stadar kunne fungert betre dersom ein hadde inkludert fleire detaljar på eit tidlegare plannivå. Det samsvarar med Bergen kommune (2005) som skriv at ein må tenkje einskapleg i ei tidleg fase for å utnytte moglegheiter for infiltrasjon, fordrøyning, reinsing, osv. Reguleringsplan utgjer grunnlag for grunnerverv. Ved å vurdere behov for drenelement som ligg utanfor vegareal til dømes terrenggrøft, bekkeinnløp, nedføringsrenne og liknande på reguleringsplannivå kan ein ha eit grunnlag for nødvendig grunnerverv utanfor vegen sitt areal. Bergen kommune (2005) Grunnerverv kan vere ein stor kostnad, og dersom det i tillegg kjem eit behov for grunnerverv etter at reguleringsplan er vedtatt, kan det utsette eit vegprosjekt i relativt lang tid. Utsetting av vegprosjekt er også ein stor kostand. Bergen kommune (2005) skriv også at alternativ flaumveg bør inngå som ein del av ein regulerings- og byggeplan.

Ved å stille krav til detaljar vil planar få ein høgre grad av detaljar. Det kan vere at ein då får planar med færre feil. Det kan truleg også medføre at ein får eit dreneringsanlegg som fungerer som ei eining. I kapittel 8 er det anbefalt ein at ved ein byggeplan bør det bli dokumentert at alle drenelement fungerer tilstrekkeleg. Dette kjem av at ein i denne oppgåva har erfart at ikkje alle drenelement fungerer tilstrekkeleg. Anbefalinga samsvarar med Thorolfosson (2013) som skriv at dokumentasjon av berekningar av vassmengder og dimensjonering av overvassanlegg og val av løysingar skal leggjast fram ved ein prosjektplan (byggeplan).

## 10.6. Vurdering av metode

Hovudmålsetjinga med denne oppgåva har vore å hente inn erfaringar frå relativt nybygde vegar som ligg utanfor tettbygde strøk og har lukka drenering. Kvalitativ forskingsmetode har blitt nytta. Intervju i samband med synfaring har blitt nytta i denne oppgåva. Intervjuobjekta har hatt god muligheit til å utdjupe sine meiningar under synfaring. Det har gjort det lettare å kome med oppfølgingsspørsmål til intervjuobjekta. For at intervju skal vere ei god metode for forskning er det viktig at intervjuobjekta har stor truverde. Det har intervjuobjekta i denne oppgåva hatt. Alle har mange år med erfaring innan drift og vedlikehald eller ved planlegging og/eller bygging av anlegg. For kvar vegstrekning har det blitt gjennomført intervju med minst to fagfolk. Desse kunne bekrefte opplysningane frå kvarandre. Dette har gitt truverdige resultat, som kan tyde på at valt metode passa til denne oppgåva.

Under synfaring vart fleire ulike løysingar undersøkt. Samanfallande forhold vart bekrefte gjennom intervjuobjekt frå ulike vegprosjekt og klimasoner. Ved stadfesting av samanfallande forhold kan det tyde på gyldige resultat. Etter intervju og synfaring viste det seg at det kunne vere interessant å sjå nærmare på nokre detaljar på enkelte vegstrekningar. Kvalitativ metode gir rom for å studere detaljar nærmare. Data som kart og drensplanar vart difor samla inn for dei aktuelle tilfella. Data har blitt brukt i ei analyse til å verifisere opplysningar frå intervju og observasjonar ved synfaring. Resultata frå denne analysen bygger opp under resultata frå intervju og synfaring i denne oppgåva. Det gjer at resultata i større grad verkar rimelege. Ved kvalitativ metode blir berre eit lite utval undersøkt nærmare. I denne oppgåva er det undersøkt eit lite utval frå ulike stadar i Noreg. Store lokale skilnader i Noreg gjer at ein ikkje kan vere bastant i konklusjonane Difor blir enkelte av konklusjonane trekt med eit atterhald.

## 11. Oppsummering og konklusjonar

Ei erfaring som gjekk igjen på alle vegstrekningane er at lukka drenering utanfor tettbygde strøk gir meir arbeid med drift, vedlikehald og overvaking enn open drenering. Eit døme på dette er at når det er fare for flaum må kritiske punkt på nettet kontrollerast for å unngå tetting og redusert kapasitet. Døme på kritiske punkt på eit dreosanlegg er stikkrenner eller bekkeinnløp. Når ein har lukka dreosanlegg er det mange fleire kritiske punkt enn ved eit ope dreosanlegg. Lukka dreneringsanlegg gir derfor eit stort behov for overvaking.

Under synfaring og intervju kom det fram at planleggarar og dei som var ansvarlege for drift og vedlikehald i Statens vegvesen i nokre tilfelle føretrekk ulike løysingar. Når det vart avslørt for den andre part var det ei overraskande nyheit. I andre tilfelle kunne ein sjå at der erfaringane frå drifts og vedlikehaldspersonell vart nytta i vidare prosjektering resulterte i godt fungerande løysingar. Ved betre kommunikasjon her kan det truleg resultere i dreneringsanlegg som fungerer betre.

Ut frå arbeid med analysen kan ein trekkje at det er viktig å planlegge dreneringsanlegg som ei eining. Det er med andre ord viktig å sikre at alle drenselement har tilstrekkeleg kapasitet, og at det ikkje er ein komponent som hindrar heile dreosanlegget å fungere slik det skal. Slik kan ein hindre at ein får «flaskehalsar» som lagar problem for dreneringa, vegen, og området rundt.

Der løysingar for lukka drenering har blitt kopiert frå vegar i tettbygde strøk til vegane utanfor tettbygde strøk har det medført ulike problem. Til dømes eit stort behov for drift og vedlikehald for å oppretthalde kapasiteten. Ein kan anta at det kjem av mangel på tilpassing av lokale forhold. Døme på forskjellar er at ein utanfor tettbygde strøk kan ha ei mykje større avrenning til vegen i tettbygde strøk. Difor kan ha drenselement ha for liten kapasitet dersom dei blir nytta utan at kapasitet er kontrollert mot dimensjonerande avrenning. I følgje Lindholm m. fl. (2008) er god overvasshandtering at metodane blir tilpassa lokale forhold og behov. Dei ulike løysingane må i tillegg fungere godt både ved vanleg nedbør, ved flaum og når det er tørt. Ved rekning på kapasitet har ein sett at mange løysingar ikkje har føresetnad for å fungere både ved vanleg nedbør, flaum og når det er tørt.



I arbeidet med å systematisere erfaringane over kva som fungerer og ikkje, og i tillegg ulike løysingar inngåande kan ein samanfatte nokre viktige hovudpunkt :

- Ein må søke å oppretthalde dei naturlege drensvegane mest mogleg. Ein har sett at det gir færrest problem. Fordrøyningsbasseng kan vere med på å oppretthalde naturlege drensvegar og samtidig fordrøye vatn.
- På stadar der det er mykje overvatn bør ein etablere avskjerande grøfter.
- Bekkeinnløp og nedløpsrenner må utformast slik at det ikkje oppstår erosjon og ein må sikre ein tilstrekkeleg hydraulisk kapasitet.
- Ved vassmengder der ein må ha stikkrenne med diameter 600 mm eller større til kum bør ein ikkje ha sandfangskum. Vatnet får så stor hastigheit at det er ikkje eit poeng å nytte sandfangskum. I slike tilfelle kan ein ha kum utan sandfang eller direkte føring av vatn utan kum.
- Erfaringar tilseier at ein fint kan nytte stikkrenner i plast for dimensjonar heilt opp i 800 mm.
- Ein bør (alltid) planlegge alternativ flaumveg. Det kan hindre store skadar i ein kritisk situasjon.
- Kuppelrister har ein kapasitet som gjer at dei ikkje kan ta imot store mengder overvatn. Innløpsrister bør ha ein kapasitet på minst 3 – 4 gangar tilhøyrande innløp, slik ein har tilstrekkeleg kapasitet til ei kvar tid.

Frå dette kan ein trekkje at det er viktig å tilpasse eit dreneringsanlegg etter lokale forhold for å få eit lukka dreneringsanlegg som fungerer. I dette ligg det også at ein må sikre tilstrekkeleg kapasitet. Synfaring og intervju syner ein trend ved at iskjøving og erosjon er problem som går igjen. For å hindre dette kan ein avskjere vatn før det når vegareal. Resultatet frå synfaring indikerer også at det er viktig å erosjonssikre utsette komponentar i eit dreneringsanlegg. Erfaringane som er samla antyder at dei ulike handbøkene bør ha samstemte anbefalingar for utforming av drensanlegg. I tillegg bør ein ha fleire anbefalingar for minste – tverrsnitt, avhengig av korleis drensanlegget blir utforma.

Ved å kontrollrekne på kapasiteten til ulike drenelement i den forenkla analyse kunne ein sjå at:

- Resultatet frå analysen viste at ca. 50 % av nedbørsfelta ved delstrekning 1 og 2 ikkje hadde tilstrekkeleg kapasitet til å ta imot dimensjonerande avrenning ved aktuell returperiode for gitte element.

Ut frå dette kan ein trekkje at for å sikre tilstrekkeleg kapasitet kan det vere naudsynt å gjennomføre ei analyse av kapasiteten til ulike drenelement ved planlegging av dreneringsanlegg. Resultatet indikerer også at dersom eit lukka dreosanlegg ikkje har tilstrekkeleg kapasitet bør ein vurdere om ein bør ha open drenering eller ei anna utforming av dreneringsanlegg. Det kan ein ha på delar av strekninga som er spesielt utsett for vatn, eller på heile strekninga.

Etter å ha undersøkt drensplanar på ulike plannivå kan ein samanfatte nokre viktige hovudpunkt:

- Tilsynelatande god kvalitet- og detaljgrad, det kan kome av at dei fleste planane var «som – bygg» - plan. Intervju med fagfolk i Statens vegvesen avslørte at kvalitet og grad av detaljar ikkje alltid var tilstrekkeleg.
- Ved studering av planar vart det sakna nokre detaljar. Det resulterte i forslag til nye detaljkrav for drensplanar på ulike plannivå.
- Høgare grad av detaljar på drensplanar ved ulike plannivå kan truleg gi eit dreneringsanlegg som fungerer som ei eining og dermed vere eit godt fungerande system.
- Ein bør sikre tilstrekkeleg kapasitet på alle drenelement og samtidig dokumentere det.

Ut frå dette arbeidet kan ein trekkje at kvalitet – og detaljkrav som allereie eksistera er gode, men dei blir ikkje alltid følgt. Det indikerer at Statens vegvesen bør stille større krav til at kvalitet og detaljkrav er oppfylt før ein plan blir godkjent. Studering av dei ulike planane antyder også at det er ein samanheng mellom dokumentasjon som inneheld grunngjevingar for val av løysingar og gode løysingar. Ut frå dette kan ein trekkje at det er viktig at val av løysingar bør dokumenterast for å sikre eit godt dreneringssyte.

## 12. Vidare arbeid

I arbeidet med denne oppgåva er det avdekt mange forhold som kan vere interessant å studere nærmare. Det hadde vore spennande å jobbe vidare med å samle erfaringar knytt til drenering. Det er ei avgrensa mengde og mykje av litteraturen som finst er av eldre grad, og på grunn av endringar i klima og bruksområde av lukka drenering kunne det vore interessant for å auke kunnskapen om lukka drenering. Avgrensa mengde litteratur gjer at det er vanskeleg å konkludere for kva slags løysingar som fungerer ved lukka drenering. I samband med dette kunne ein også undersøkt korleis ein kunne auka fokuset på at drenering er viktig for å få ein god veg.

I denne oppgåva skulle drensplan på byggeplannivå og bygd resultat eigentleg samanliknast. Sidan det nesten berre var «som - bygd» planar som var mogleg å få tak i samband med denne oppgåva, og at det tok mykje tid å samle alle planane, var ikkje dette mogleg. Samanlikning av originale byggeplanar og bygd resultat hadde truleg gitt nokre spennande resultat. Det er difor mogleg som vidare arbeid. I samband med dette hadde det vore spennande å innarbeide detalj- og kvalitetskrav til drensplan på ulike plannivå og studere effekten av dette.

I samband med vidare arbeid bør dei ulike løysingane som er foreslått i kapittel 6 undersøkast nærmare. Dei bør testast under verkelege forhold og bli undersøkt for å sjå om dei vil fungere som planlagt. Ein bør kontrollere at det ikkje oppstår skader som erosjon eller utgraving, og at den hydrauliske kapasiteten blir oppretthalden. Som eit ledd i dette arbeidet kunne ein gjort nødvendige undersøkingar for å gjer eventuelle endringar i dei ulike handbøkene til Statens vegvesen. Det hadde til dømes vore interessant å undersøke ulike tverrprofil for å gjer eventuelle endringar i handbøker. I dette arbeidet kunne ein til dømes undersøkt helling til grøft som er maksimal med tanke på trafikksikkerheit. Ut frå desse undersøkingane kunne Hb til Statens vegvesen anbefale eit minste tverrsnitt for ulike avrenningssituasjonar.

# Referansar

ATB VÄG (2005) D. Avvattning och dränering. Trafikkverket

Avinor, Jernbaneverket, Kystverket, Statens vegvesen (2007) Nasjonal Transportplan, 2010 – 2019, Virkninger av klimaendringer i transportsektoren.

Berg, A., Lunde, T., Mosevoll, G. (1992) Flomberegning og kulvertdimensjonering. Sintef.

Bergen Kommune (2005) Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen Kommune. Bergen Kommune. Byrådsavdeling for byutvikling. Vann og avløpsetaten.

Berntsen, G. (2011) Kapittel 7. Drenering. Statens vegvesen

Dingman, S. L. (2008) Physical Hydrology. 2.utg. Illinois, Waveland press, inc.

Eklima, Gratis tilgang til vêr – og klimadata frå Meteorologisk institutt frå historiske data til sanntidsobservasjonar, Tilgjengeleg frå:

[http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL) (Henta: 25.03.2015)

Fergus, T., Hoseth, K. A., Sæterbø, E. (2010) Vassdragshåndboka: Håndbok i vassdragsteknikk. 2.utg. Trondheim: Tapir akademisk forlag.

Fossåskaret, E., (1997) Metodisk feltarbeid: Produksjon og tolkning av kvalitative data. Aase, T. (red), Oslo universitetsforlag, s.11 – 48.

Grønli, V., (2012) Notat, Fellesprosjektet E6 Dovrebanen – Dimensjonering vanngjennomløpet. Statens vegvesen, Jernbane

Hofshagen, T. (2004) Trenger Norge en egen VA – lov? Drøfting om behovet for egen sektorlov for vann og avløp. Nr. 141. NORVAR BA.

Hoven, L., Fremo, S., Risholt, L., Wormdal, M., m.fl. (2013) Forprosjekt Fredlybekken. Trondheim kommune.

Huserbråten, K., Myrberg, G, Stenberg, T. ( (2006) Risikovurdering innen drift og vedlikehold på veg: en undersøkelse basert på taus kunnskap. Statens vegvesen.

JBV (2004) Regler for vedlikehold. Eksempel på sjekkliste for inspeksjon for dreosanlegg. Tilgjengeleg frå: <https://trv.jbv.no/PDF/Underbygning/522/Vedlegg/t2207a03.pdf> (Henta: 21.01.15.)

JBV(2014) Underbygning/ Prosjektering og bygging/ Drenering. Tilgjengeleg frå: [https://trv.jbv.no/wiki/Underbygning/Prosjektering\\_og\\_bygging/Drenering](https://trv.jbv.no/wiki/Underbygning/Prosjektering_og_bygging/Drenering) (Henta: 21.01.15).

Kartverket, Norgeskart, Tilgjengeleg frå: <http://www.norgeskart.no/#5/429379/7226208> (Henta: 15.03.15)

Kasibati, K., & Kolkman, L. L. (2006). Highway Drainage Systems and Design. The Handbook of Highway Engineering.

Kommunal og moderniseringsdepartementet (1994) Retningslinjer for planlegging av riks – og fylkesveger etter plan – og bygningsloven. Tilgjengeleg frå: <https://www.regjering.no/nb/dokumenter/t-1057-riks-og-fylkesveger/id107727/> (Henta: 16.01.15)

Kommunal og moderniseringsdepartementet (2008) Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan og bygningsloven). Tilgjengeleg frå:  
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71> (Henta: 16.01.15)

Kvalsvik, M. (2014) Dimensjonering og utføring av lukka drenering for vegar. Prosjektoppgåve. NTNU

Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G., Aaby, L., (2008), Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Nr. 162. Norsk vann

Lindholm, O. (2015) Hvordan bør vi håndtere forurensinger fra veg i urbane områder fremover? Forurensingstilførsler fra veg og betydningen av å tømme sandfang. Norsk Vannforening. 19.januar, foredrag

Nordal, R.S. (1965) Drenering for vegar. Statens vegvesen. Veglaboratoriet

Norem, H (1998) Sikring av vegar mot isras. Statens vegvesen Hordaland, og Sogn og Fjordane

Norem, H. (2015a) Kap.2. Funksjonskrav. Utkast til ny teknisk rapport.

Norem, H. (2015b) Kap.4. Utarbeiding av dreneringsplaner. Utkast til ny teknisk rapport.

Norem, H. (2015c) Kap.6. Utforming og dimensjonering av nedløpsrenner. Utkast til ny teknisk rapport.

Norem, H. (2015d) Kap.9. Drenering av vegområdet. Utkast til ny teknisk rapport.

NVE (2011) Retningslinjer for flomberegninger. NVEs hustrykkeri

ROADEX Network (2014) Leksjon 3. Drenering av lavtrafikkveger. Tilgjengelig frå:  
<http://www.roadex.org/elearning/index.php/e-learning/drainage1nor> (Henta: 24.04.2015).

Sellevold, J. (2015) Kulverter. Utkast til ny teknisk rapport.

Statens vegvesen (2003) Temahefte til håndbok 111: Standard for drift og vedlikehold.  
Vegdirektoratet

Statens vegvesen (2004) Kulverter i uvær. For små til så mye ansvar? Tilgjengeleg frå:  
[http://www.vegvesen.no/\\_attachment/221126/binary/420155?fast\\_title=Kulverter+i+uv%C3%A6r.pdf](http://www.vegvesen.no/_attachment/221126/binary/420155?fast_title=Kulverter+i+uv%C3%A6r.pdf) (Henta: 30.01.15)

Statens vegvesen (2007) Hb R700. Tegningsgrunnlag. Vegdirektoratet. Oslo.

Statens vegvesen (2008) Rv.653. Eiksundsambandet hovedside. Tilgjengeleg frå:  
<http://www.vegvesen.no/Ferdigprosjekt/rv653eiksundsambandet> (Henta: 21.01.15)

Statens vegvesen (2009) Reguleringsplan E39, Hp 26, Astad – Knutset, Gjemnes kommune.  
Tilgjengeleg frå:  
[http://www.vegvesen.no/\\_attachment/117985/binary/217622?fast\\_title=Reguleringsplanhefte+Astad-Knutset.pdf](http://www.vegvesen.no/_attachment/117985/binary/217622?fast_title=Reguleringsplanhefte+Astad-Knutset.pdf) (Henta:16.01.15)

Statens vegvesen (2010a) E39 Renndalen – Staurset. Tilgjengeleg frå:  
<http://www.vegvesen.no/Ferdigprosjekt/e39renndalenstaurset> (Henta: 21.01.15)

Statens vegvesen (2010b) Pilotprosjekt på stikkrenner. E136 Dombås – Ålesund. Tilgjengeleg frå:

[http://www.vegvesen.no/\\_attachment/127463/binary/248020?fast\\_title=Pilotprosjekt+p%C3%A5+stikkrenner+E136+Domb%C3%A5s%E2%80%93%C3%85lesund.pdf](http://www.vegvesen.no/_attachment/127463/binary/248020?fast_title=Pilotprosjekt+p%C3%A5+stikkrenner+E136+Domb%C3%A5s%E2%80%93%C3%85lesund.pdf) (Henta: 30.01.15)

Statens vegvesen (2011a) E6 Labbdalen – Skaberud. Tilgjengeleg frå:

<http://www.vegvesen.no/Ferdigprosjekt/e6labbdalenskaberud>

Statens vegvesen (2011b) Kapasitetsberegninger av stikkrenner. E136 Dombås – Ålesund. VD rapport. Tilgjengeleg frå:

[http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Publikasjoner/VD+rapport/\\_attachment/218718?ts=13069364fa8&fast\\_title=Kapasitetsberegninger+av+stikkrenner%2C+E136+Domb%C3%A5s+%E2%80%93+%C3%85lesund.pdf](http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Publikasjoner/VD+rapport/_attachment/218718?ts=13069364fa8&fast_title=Kapasitetsberegninger+av+stikkrenner%2C+E136+Domb%C3%A5s+%E2%80%93+%C3%85lesund.pdf) (Henta: 03.02.15)

Statens vegvesen (2011c) Pilotprosjekt på stikkrenner. Casestudie på Bulken, Sagelva, og Neveråa. Tilgjengeleg frå:

[http://www.vegvesen.no/\\_attachment/218699/binary/416028?fast\\_title=Pilotprosjekt+p%C3%A5+stikkrenner%2C+Casestudie+p%C3%A5+Bulken%2C+Sagelva+og+Never%C3%A5a%286%2C3MB%29.pdf](http://www.vegvesen.no/_attachment/218699/binary/416028?fast_title=Pilotprosjekt+p%C3%A5+stikkrenner%2C+Casestudie+p%C3%A5+Bulken%2C+Sagelva+og+Never%C3%A5a%286%2C3MB%29.pdf) (Henta: 02.02.15)

Statens vegvesen (2012a) E39 Kvivsvegen. Tilgjengeleg frå:

<http://www.vegvesen.no/Ferdigprosjekt/e39kvivsvegen> (Henta: 03.02.15)

Statens vegvesen (2012b) Fv.651/E39 Hjartåberget. Tilgjengeleg frå:

<http://www.vegvesen.no/Vegprosjekter/hjartaberget> (Henta: 26.02.15)

Statens vegvesen (2012c) Rv.3 Åsta, Gita bru – Skjærodden. Tilgjengeleg frå:

<http://www.vegvesen.no/Riksveg/rv3asta> (Henta 03.03.15)



Statens vegvesen (2013a) E39 Astad – Høgset. Tilgjengeleg frå:  
<http://www.vegvesen.no/Ferdigprosjekt/e39astadhogset> (Henta: 21.01.15)

Statens vegvesen (2013b) Hb N100 Veg og gateutforming. Vegdirektoratet. Oslo

Statens vegvesen (2013c) Hb N101 Rekkverk og vegens sideutforming. Vegdirektoratet.  
Oslo

Statens vegvesen (2014a) Hb N200. Vegbygging. Vegdirektoratet. Oslo.

Statens vegvesen (2014b) Hb V139. Flom og Sørpeskred. Vegdirektoratet. Oslo

Statens vegvesen (2014c) Hb V712. Konsekvensanalyse. Vegdirektoratet. Oslo.

Statens vegvesen (2015) E6 Minnesund – Labbdalen. Tilgjengeleg frå:  
<http://www.vegvesen.no/Europaveg/e6minnesundlabbdalen> (05.02.2015)

Sunnmørskart, Tilgjengeleg frå: [http://sunnmorskart.no/Vis/WebInnsyn\\_Sunnmorskart](http://sunnmorskart.no/Vis/WebInnsyn_Sunnmorskart) (Henta  
22.01.15)

The highway agency (2004) Drainage of runoff from natural catchments. Tilgjengeleg frå:  
<http://www.standardsforhighways.co.uk/ha/standards/dmrb/vol4/section2/ha10604.pdf>  
(Henta: 21.01.15)

Thorolfsson, S. (2013) Kompendium: Overvannshåndtering. Mot mer bærekraftig  
overvannshåndtering.

Ulefos () Produkter. Tilgjengeleg frå: <http://ulefos.com/produkter/> (Henta: 30.01.15)

VA - Miljø blad (2006a) Overvannsdammer. Beregning av volum. Nr. 69 Norsk kommunalteknisk forening.

VA - Miljø blad (2006b) Innløp – og utløpsarrangement ved overvannsdammer. Nr. 70 Norsk kommunalteknisk forening.

VA - norm (2011) Utforming av bekkeinntak. Norsk vann

Walsh, I. (2011). ICE manual of highway design and management. Utg. 6. ICE Publishing

Ødegaard, H. (2014) Vann og avløpsteknikk. 2.utg. Norsk vann.

Åstebøl, S., Simonsen, Ø., Nordahl, H., Moldestad, K., (2008) Infiltrasjon av overvann i grøft. Statens vegvesen Region Øst.

Wadel, C. (1991) Feltarbeid i egen kultur: en innføring i kvalitativt orientert samfunnsforskning. Flekkefjord: SEEK

#### Kontaktar

<b>Namn</b>	<b>Tittel</b>	<b>Firma</b>	<b>Adresse</b>
<b>Almenningen, Ole Erik</b>		Jernbaneverket	
<b>Bersås, Rønnaug</b>	Prosjekt E39 Astad-Høgset	Statens vegvesen, region midt.	Fylkeshuset, MOL DE
<b>Hatlelid, Geir</b>		Statens vegvesen, Region midt	Fylkeshuset, MOL DE

<b>Haukeberg, Kjell</b>	Fagkoordinator Drift og vedlikehold, vegavdelinga i Møre og Romsdal	Statens vegvesen, region midt.	
<b>Lindset, Odd Arild</b>	Prosjekt E39 Astad – Høgset	Statens vegvesen, region midt.	Industrivegen 47, Sunndalsøra
<b>Lunde, Ola Harald</b>	Drift Hedmark	Statens vegvesen, region øst.	Parkgata 54, Hamar
<b>Lødøen, Kurt</b>	Plan og prosjekteringsseksjonen	Statens vegvesen, region midt.	Fylkeshuset, MOL DE
<b>Løvlien, Brede</b>	Kontrollingeniør, Fellesprosjektet E6 – Dovrebanen og E6 Gardermoen - Biri	Statens vegvesen, region midt	
<b>Moen, Eli Grete</b>		Gjemnes kommune	
<b>Nymark, Kjell Joar</b>	Senior prosjektleder	COWI	Grenseveien 88, P.O. Box 6412 Etterstad. 0605 Oslo
<b>Nøkleholm, Johan</b>	Drift Hedmark	Statens vegvesen, region øst.	Parkgata 81, Hamar
<b>Pladsen, Oddbjørn</b>	Prosjekt E39 Kvivsvegen	Statens vegvesen, region midt.	Fylkeshuset, MOL DE
<b>Rotevatn, Dagfinn</b>	Prosjekt E39 Kvivsvegen	Statens vegvesen, region midt.	Hovdebygda, Ørsta
<b>Skeide, Svein</b>	Prosjekt E39 Kvivsvegen	Statens vegvesen, region midt	Hovdebygda, Ørsta

<b>Skålvik, Nils Erling</b>		Statens vegvesen, region midt	
<b>Stensø, Torgeir</b>		Volda kommune	
<b>Sølberg, Ole Gunnar</b>		Statens vegvesen, region midt	Fylkeshuset, MOL DE
<b>Tangen, Jarle</b>	Stabsleder Fellesprosjektet E6 – Dovrebanen og E6 Gardermoen - Biri	Statens vegvesen, region øst	Parkgata 54, Hamar
<b>Vatne, Jostein</b>		Ørsta kommune	
<b>Winge, Eva – Lena</b>	Prosjektingeniør, Fellesprosjektet E6 – Dovrebanen og E6 Gardermoen - Biri		

## Bilag

Bilag A. Spørsmål frå synfaring.....	iii
Bilag B. Bileter og figurar .....	v
B1: Terrengmodell, Fv 653 Eiksundsambandet – 3D .....	vi
B2: Terrengmodell, E39 Astad – Høgset – 3D.....	vi
B3: Grøftesnitt for Fv 653 Eiksundsambandet .....	vii
B4: Grøftesnitt for E39 Astad – Høgset .....	viii
B5: Kum i 3D. ....	ix
B6: Kuppelrist.....	x
Bilag C. Grunnlag for utrekningar .....	xi
C1. Avrenning frå nedbørsfelt, Fv 653 Eiksundsambandet.....	xii
C2. Avrenning frå nedbørsfelt, E39 Astad - Høgset.....	xiii
C3: Konsentrasjonstid ved avrenning frå veg.....	xiv
C4: Avrenning frå veg Fv 653 Eiksundsambandet.....	xv
C5-1: Avrenning frå veg E39 Astad – Høgset.....	xvii
C5-2: Avrenning frå veg E39 Astad – Høgset.....	xviii
C6: Kapasitet sidegrøft Fv 653 Eiksundsambandet.....	xix
C7: Kapasitet sidegrøft E39 Astad – Høgset .....	xx
C8: Kapasitet 1200 mm stikkrenne – betong.....	xxii
C9: Kapasitet 1400 mm stikkrenne – betong.....	xxiii
C10: Kapasitet 2000 mm stikkrenne - betong .....	xxiv
C11: Kapasitet 250 mm stikkrenne .....	xxv
C12: Kapasitet 300 mm stikkrenne .....	xxvi
C13: Kapasitet 400 mm stikkrenne .....	xxvii
C14: Kapasitet 600 mm stikkrenne .....	xxviii
C15: Kapasitet 800 mm stikkrenne .....	xxix

C16: Kapasitet til ulike grøfteprofil.....	xxx
C17: Kapasitet til ulike grøfteprofil.....	xxx
C18: Kapasitet til stikkrenner ved auka dimensjon .....	xxxi
Bilag D. Dimensjoneringstabellar .....	xxxii
D1: Avrenningsfaktor, C (Statens vegvesen, 2014, s.141, fig. 405.2) .....	xxxiii
D2: Nedbørsintensitet for E39 Astad - Høgset .....	xxxiv
D3: Nedbørsintensitet for Rv 653, Eiksundsambandet .....	xxxv
D4: Manningstall og tilhøyrande vasshastigheit utan fare for erosjon (Statens vegvesen, 2014, s.147, fig.405.8). .....	xxxvi
D5: Returperiode for ulike komponentar (Statens vegvesen, 2014, s.123, fig.403.1).....	xxxvi

## Bilag A. Spørsmål frå synfaring

## **Prosjektering**

- Kor detaljerte har drensplanane vore? Har dei vorte følgt eller har det vore opp til entreprenøren?
- Kva har problema vore under bygging, og på grunn av eksisterande forhold?

## **Grøfter**

- Kapasitet og problem med is i grøftene?
- Erosjonsproblem i grøftene?
- Nedføringsrenner – erosjonsproblem eller andre problem? Kva reperaturar har det gjort?

## **Mekanisk**

- Går kummane tette? Eventuelle rutinar for å forhindre dette.
- Rutinar for drift av lukka drenering. Tøming av kummar og sandfang. Får dei gjort det maskinelt?
- Er det noko problem med tetting av stikkrenner? Gjengroing av grøfter og bekkar?
- Nedføringsrenner – erosjonsproblem eller andre problem? Kva reperaturar har det gjort?

## **Utbetringar**

- Kva tiltak har blitt gjennomført?
- Når oppstår problema, haust, vår?
- Kva synst drift problema har vore, vs. andre i Statens vegvesen?

## **Anna**

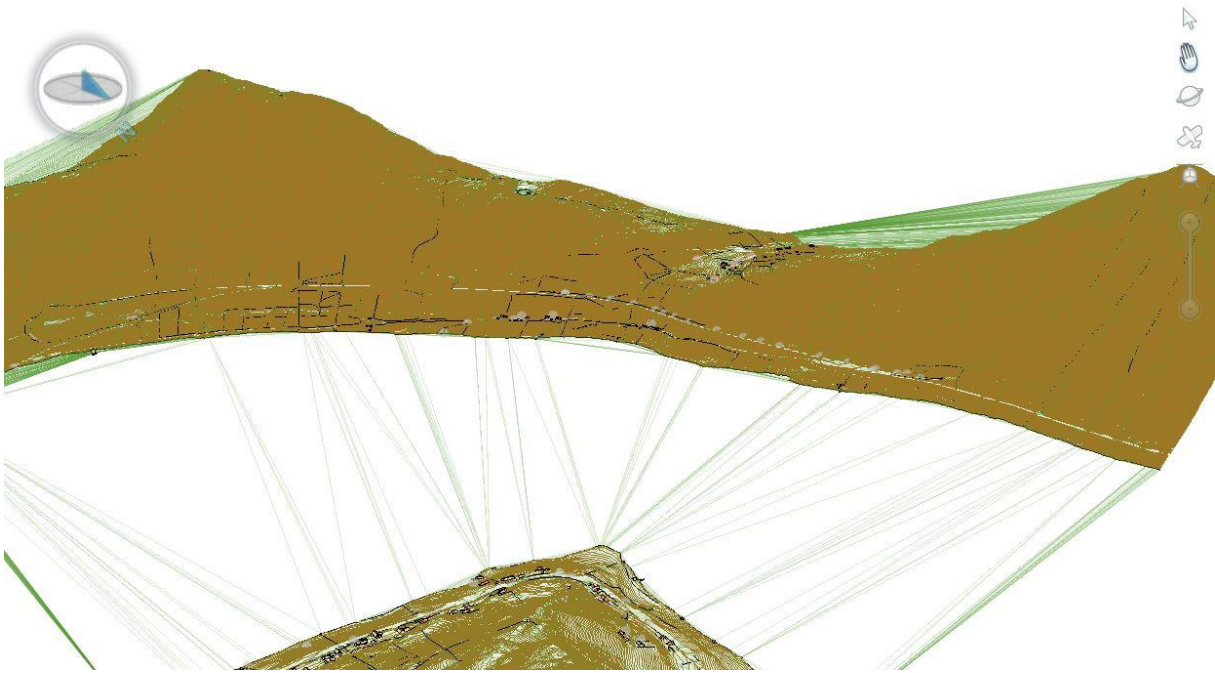
- Problem med vegkroppen på grunn av vatn? Til dømes setningar/televiv?
- Kasteforvar på vatn. Korleis har det påverka her, skadar i asfaltdekke, is på vegen osv.?
- Skadar på utsida av vegen ?

IKKJE MINST; KVA ER DET SOM FUNGERAR BRA? ☺



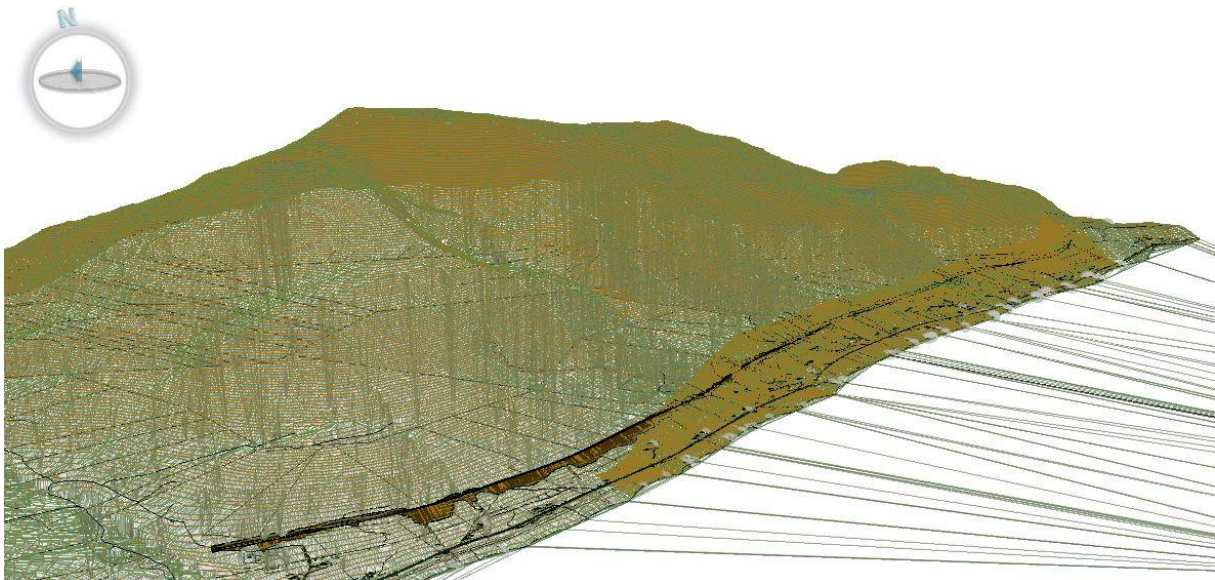
## Bilag B. Bileter og figurar

## B1: Terrengmodell, Fv 653 Eiksundsambandet – 3D



Helgehornet er fjellet som ligg til venstre og Lidaveten er fjellet som ligg til høgde. Eiksundsambandet går i tunnell i desse fjella og går i dag i mellom dei.

## B2: Terrengmodell, E39 Astad – Høgset – 3D

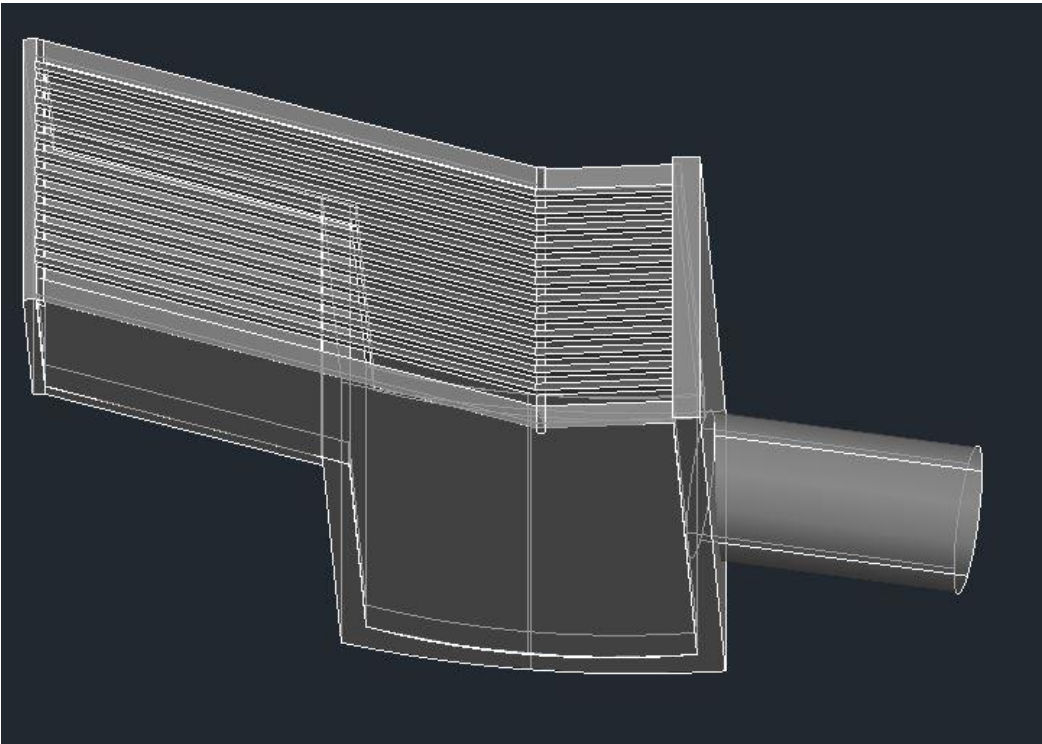
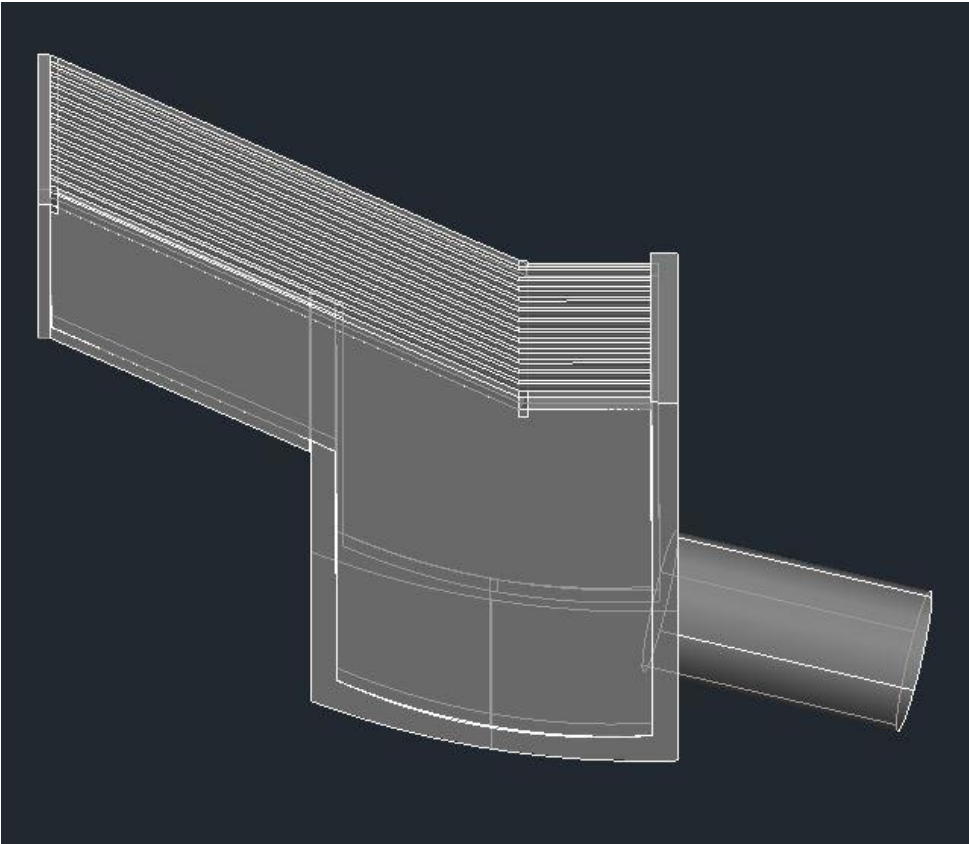


I bilag B2 startar vegen ved Blakstadelva og går til Høgsettunnellen.





B5: Kum i 3D.



## B6: Kuppelrist



Kuppelrist frå: <http://ulefos.com/product/krul-6512-selvlasende-kuppelrist/#prettyPhoto>

## Bilag C. Grunnlag for utrekningar

# C1. Avrenning frå nedbørsfelt, Fv 653 Eiksundsambandet

NF	Kommentar	L(m)	H(m)	Tot. Areal (ha)	t <sub>c</sub>	C <sub>skog/mark</sub>	C <sub>busetnad</sub>	C	i(U/sha) 50 år	i(U/sha) 100 år	i(U/sha) 200 år	Kf 50 år	Kf 100 år	Kf 200 år	Q [l/s] 50år	Q [l/s] 100år	Q [l/s] 200år
1	Utsikkert på tunnelopning	500	370	9.8	15.6	0.5			70.4	74.8	79.9	1.35	1.4	1.5	561	644	766
2	Skog/mark	502	250	2.5	19.0	0.5			67	71.5	75.7	1.35	1.4	1.5	134	154	182
3	Skog/mark	331	225	2.6	13.2	0.5			72.8	77.1	82.7	1.35	1.4	1.5	154	177	211
4	Skog/mark	363	240	11.1	14.1	0.5			83.6	88.7	94.2	1.35	1.4	1.5	751	861	1018
5	Skog/mark	272	140	2.8	13.8	0.5			82.8	87.8	93.3	1.35	1.4	1.5	188	215	255
6	Skog/mark/ busetnad	776	165	24	36.2	0.5			152.4	161.5	168.3	1.35	1.4	1.5	2961	3390	3936
	Skog/mark/ busetnad	776	165	24	36.2	0.5			152.4	161.5	168.3	1.35	1.4	1.5	2961	3390	3936
7	Skog/mark	628	185	10.3	27.7	0.5			125.9	133.5	139.7	1.35	1.4	1.5	1055	1208	1409
8	Skog/mark	442	190	7	19.2	0.5			99.6	105.7	111.5	1.35	1.4	1.5	569	652	766
9	Skog/mark	418	180	6.2	18.7	0.5	0.8	0.5	67.3	71.9	75.7	1.35	1.4	1.5	340	393	461
10	Skog/mark	546	200	4.1	23.2	0.5	0.8	0.5	61.9	66.6	71.8	1.35	1.4	1.5	205	238	286
11	Skog/mark	578	200	2.8	24.5	0.5			61.6	66	70.2	1.35	1.4	1.5	139	161	191
12	Skog/mark	1139	450	14.9	32.2	0.5			54	58.3	62.9	1.35	1.4	1.5	650	758	911
13	Skog/mark	974	460	8.6	27.2	0.5			58.8	63.6	65.7	1.35	1.4	1.5	407	477	548
14	Skog/mark	932	455	6.1	26.2	0.5			59.8	64.6	66.9	1.35	1.4	1.5	296	345	398
15	Skog/mark	1167	455	9.2	32.8	0.5			53.4	57.6	62.3	1.35	1.4	1.5	398	464	559
16	Skog/mark	957	540	8.3	24.7	0.5			61.4	65.8	70	1.35	1.4	1.5	412	478	566
17	Skog/mark	830	530	6.1	21.6	0.5			63.1	68	73.4	1.35	1.4	1.5	311	362	435
18	Skog/mark	830	530	5.5	21.6	0.5			64.4	69	72.9	1.35	1.4	1.5	288	333	393
19	Skog/mark	820	530	14.8	21.4	0.5			64.7	69.2	73.2	1.35	1.4	1.5	776	897	1057
20	Skog/mark	943	540	12	24.3	0.5			60.9	65.5	70.7	1.35	1.4	1.5	590	686	824
21	Skog/mark	623	270	8.3	22.7	0.5			63.3	67.8	71.9	1.35	1.4	1.5	427	494	583



## C2. Avrenning frå nedbørsfelt, E39 Astad - Høgset

NF	Kommentar	Tot. Areal (ha)	L (m)	ΔH (m)	t <sub>c</sub>	I <sub>40</sub> år (l/isha)	I <sub>100</sub> år (l/isha)	I <sub>500</sub> år (l/isha)	C	K <sub>r,40</sub> år	K <sub>r,100</sub> år	K <sub>r,200</sub> år	Q <sub>40</sub> år [l/s]	Q <sub>100</sub> år [l/s]	Q <sub>200</sub> år [l/s]
1	Skog/mark	4.9	294	130	15.5	127.4	140.3	153.1	0.5	1.35	1.4	1.5	509	605	764
2	Skog/mark	2.3	293	140	14.9	130.0	143.1	156.2	0.5	1.35	1.4	1.5	241	286	361
3	Skog/mark	3.1	615	325	20.5	109.4	120.5	131.6	0.5	1.35	1.4	1.5	273	325	411
4	Skog/mark	1.1	615	365	19.3	113.1	124.5	136.0	0.5	1.35	1.4	1.5	101	120	152
5	Skog/mark	2	700	385	21.4	107.3	118.1	129.0	0.5	1.35	1.4	1.5	173	206	260
6	Skog/mark	7.6	720	402	21.5	106.9	117.8	128.6	0.5	1.35	1.4	1.5	662	787	995
7	Skog/mark	5	750	485	20.4	109.5	120.6	131.7	0.5	1.35	1.4	1.5	446	531	671
8	Skog/mark	2.3	700	435	20.1	110.2	121.4	132.5	0.5	1.35	1.4	1.5	209	248	314
9	Skog/mark	4.2	815	440	23.3	102.9	113.3	123.7	0.5	1.35	1.4	1.5	350	417	526
10	Skog/mark	4.6	740	425	21.5	107.0	117.8	128.6	0.5	1.35	1.4	1.5	402	479	605
11	Skog/mark	7.5	750	555	19.1	113.9	125.4	136.9	0.5	1.35	1.4	1.5	690	821	1037
12	Skog/mark	8.2	1070	535	27.8	92.7	102.1	111.4	0.5	1.35	1.4	1.5	618	736	929
13	Skog/mark	8.2	1030	380	31.7	48.3	52.4	56.7	0.5	1.35	1.4	1.5	322	377	472
14	Skog/mark	2.9	694	395	21.0	108.3	119.3	130.3	0.5	1.35	1.4	1.5	254	302	382
15	Skog/mark	0.8	650	375	20.1	110.2	121.3	132.5	0.5	1.35	1.4	1.5	70	83	105
16	Skog/mark	4.4	695	435	20.0	110.5	121.7	132.9	0.5	1.35	1.4	1.5	391	466	588
17	Skog/mark	1.7	690	480	18.9	114.6	126.2	137.8	0.5	1.35	1.4	1.5	153	182	230
18	Skog/mark	9.6	855	445	24.3	100.6	110.8	120.9	0.5	1.35	1.4	1.5	778	926	1170
19	Skog/mark	9.3	990	460	27.7	92.8	102.2	111.6	0.5	1.35	1.4	1.5	702	835	1055
20	stort areal	95.3	1853	620	44.7	66.2	72.6	78.9	0.5	1.35	1.4	1.5	5113	6052	7615
21	Skog/mark	20.9	1032	625	24.8	99.5	109.6	119.7	0.5	1.35	1.4	1.5	1682	2001	2528
22	Skog/mark	10.1	1157	630	27.7	92.9	102.3	111.7	0.5	1.35	1.4	1.5	757	901	1137
23	Skog/mark	6.5	1333	699	30.3	46.2	50.2	54.2	0.5	1.35	1.4	1.5	242	284	355
24	Skog/mark	6.4	1297	707	29.3	89.2	98.3	107.2	0.5	1.35	1.4	1.5	461	549	693
25	Skog/mark	9.6	1330	695	30.3	46.3	50.2	54.3	0.5	1.35	1.4	1.5	360	422	528
26	Skog/mark	10.1	1221	670	28.3	91.4	100.7	109.9	0.5	1.35	1.4	1.5	745	886	1119
27	Skog/mark	4	1197	645	28.3	91.5	100.8	110.0	0.5	1.35	1.4	1.5	298	355	448
28	Skog/mark	15.2	1611	695	36.7	55.1	60.2	65.2	0.5	1.35	1.4	1.5	677	798	1001
29	Skog/mark	19.3	1267	640	30.0	87.5	96.4	105.2	0.5	1.35	1.4	1.5	1369	1629	2057
30	Skog/mark	18.2	1183	630	28.3	91.5	100.8	110.0	0.5	1.35	1.4	1.5	1349	1605	2027
31	Skog/mark	5.2	1159	623	27.9	92.4	101.8	111.1	0.5	1.35	1.4	1.5	388	462	584
32	Skog/mark	11.5	1162	620	28.0	92.1	101.5	110.7	0.5	1.35	1.4	1.5	859	1022	1291
33	Skog/mark	7.1	961	625	23.1	103.5	113.9	124.4	0.5	1.35	1.4	1.5	592	705	890
34	Skog/mark	11.7	1066	545	27.4	93.5	103.0	112.4	0.5	1.35	1.4	1.5	884	1051	1328
35	Skog/mark	7.5	602	320	20.2	110.1	121.2	132.4	0.5	1.35	1.4	1.5	671	798	1009
36	til opa greft	52.6	1400	580	34.9	52.7	57.4	62.2	0.5	1.35	1.4	1.5	2244	2640	3310
37	Skog/mark	6.7	600	330	19.8	111.2	122.4	133.7	0.5	1.35	1.4	1.5	605	720	910
38	Skog/mark	24	784	362	24.7	99.6	109.7	119.8	0.5	1.35	1.4	1.5	1935	2302	2908
39	Skog/mark	2.4	505	275	18.3	117.0	128.8	140.6	0.5	1.35	1.4	1.5	229	273	344
40	Skog/mark	12.3	688	335	22.6	104.6	115.2	125.8	0.5	1.35	1.4	1.5	1039	1236	1561

### C3: Konsentrasjonstid ved avrenning frå veg

Helling	H	L	Tc
2 %	0.17	8.50	0.4677208
0,1%	0.0085	8.50	1.50448679

## C4: Avrenning frå veg Fv 653 Eiksundsambandet

NF	Lengd veg	Helling veg	C	Vegbreidde	areal [ha]	$[L_{50 \text{ år}}]$ [U/sha]	$[L_{100 \text{ år}}]$ [U/sha]	$[L_{500 \text{ år}}]$ [U/sha]	$K_{50 \text{ år}}$	$K_{100 \text{ år}}$	$K_{1200 \text{ år}}$	$Q_{50 \text{ år}}$ [U/s]	$Q_{100 \text{ år}}$ [U/s]	$Q_{200 \text{ år}}$ [U/s]
1	86	ensidig tverrfall	0.95	8.5	0.073	273	297	324	1.35	1.4	1.5	26	29	34
2	67	ensidig tverrfall	0.95	8.5	0.057	273	297	324	1.35	1.4	1.5	20	22	26
2	23	takfall	0.95	4.25	0.010	273	297	324	1.35	1.4	1.5	3	4	5
3	125	takfall	0.95	4.25	0.053	273	297	324	1.35	1.4	1.5	19	21	25
4	344	takfall	0.95	4.25	0.146	273	297	324	1.35	1.4	1.5	51	58	67
5	102	ensidig tverrfall	0.95	8.5	0.087	273	297	324	1.35	1.4	1.5	30	34	40
5	178	takfall	0.95	4.25	0.076	273	297	324	1.35	1.4	1.5	27	30	35
6	170	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
7	130	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
8	110	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
9	178	takfall	0.95	4.25	0.076	273	297	324	1.35	1.4	1.5	27	30	35
9	93	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
10	98	takfall	0.95	4.25	0.042	273	297	324	1.35	1.4	1.5	15	16	19
11	47	ensidig tverrfall	0.95	8.5	0.040	273	297	324	1.35	1.4	1.5	14	16	18
12	110	ensidig tverrfall	0.95	8.5	0.094	273	297	324	1.35	1.4	1.5	33	37	43
13	43	takfall	0.95	4.25	0.018	273	297	324	1.35	1.4	1.5	6	7	8
13	27	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
14	93	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
15	80	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
16	145	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
17	115	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
18	68	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
19	57	takfall	0.95	4.25	0.024	273	297	324	1.35	1.4	1.5	8	10	11
19	61	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
20	116	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0
21	64	takfall	0.95	4.25	0.027	273	297	324	1.35	1.4	1.5	10	11	13
21	94	ensidig tverrfall motsatt	0.95	0	0.000	273	297	324	1.35	1.4	1.5	0	0	0



## C5-1: Avrenning frå veg E39 Astad – Høgset

NF	Lengd veg	helling veg	C	Vegbredsde	areal [ha]	$I_{30 \text{ år}} [N/sha]$	$I_{100 \text{ år}} [N/sha]$	$I_{300 \text{ år}} [N/sha]$	$K_{350 \text{ år}}$	$K_{100 \text{ år}}$	$K_{1200 \text{ år}}$	$Q_{30 \text{ år}} [l/s]$	$Q_{100 \text{ år}} [l/s]$	$Q_{300 \text{ år}} [l/s]$
1	160	takfall	0.95	4.25	0.068	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	28.04	31.73	36.82
1	43	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
2	115	takfall	0.95	4.25	0.048875	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	20.15	22.8	26.47
3	22	takfall	0.95	4.25	0.00935	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	3.86	4.36	5.06
3	92	ensidig fall	0.95	8.5	0.0782	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	32.24	36.49	42.35
4			0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
5	43	ensidig fall	0.95	8.5	0.03655	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	15.07	17.05	19.79
6	26	ensidig fall	0.95	8.5	0.0221	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	9.11	10.31	11.97
6	160	takfall	0.95	4.25	0.068	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	28.04	31.73	36.82
	58	takfall	0.95	4.25	0.02465	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	10.16	11.5	13.35
7	40	ensidig fall	0.95	8.5	0.034	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	14.02	15.86	18.41
8	57	ensidig fall	0.95	8.5	0.04845	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	19.98	22.61	26.24
9	78	ensidig fall	0.95	8.5	0.0663	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	27.34	30.93	35.9
10	51	ensidig fall	0.95	8.5	0.04335	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	17.87	20.23	23.47
10	30	takfall	0.95	4.25	0.01275	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	5.26	5.95	6.9
11	147	takfall	0.95	4.25	0.062475	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	25.76	29.15	33.83
12	83	takfall	0.95	4.25	0.035275	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	14.54	16.46	19.1
13	56	takfall	0.95	4.25	0.0238	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	9.81	11.1	12.89
13	31	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
14	23	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
15	22	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
16	60	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
	47	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
17	13	takfall	0.95	4.25	0.005525	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	2.28	2.58	2.99
18	167	takfall	0.95	4.25	0.070975	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	29.26	33.11	38.43
19	176	takfall	0.95	4.25	0.0748	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	30.84	34.9	40.5

## C5-2: Avrenning frå veg E39 Astad – Høgset

NF	Lengd veg	helling veg	C	Vegbreiddde	areal [ha]	$I_{50 \text{ år}} [\text{l/gha}]$	$I_{100 \text{ år}} [\text{l/gha}]$	$I_{300 \text{ år}} [\text{l/gha}]$	$K_{150}$	$K_{100}$	$K_{200}$	$Q_{50 \text{ år}} [l/s]$	$Q_{100 \text{ år}} [l/s]$	$Q_{300 \text{ år}} [l/s]$
20	30	takfall	0.95	4.25	0.01275	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	5.26	5.95	6.9
	80	takfall	0.95	4.25	0.034	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	14.02	15.86	18.41
21	167	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
22	116	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
23	48	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
24	0		0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
	22	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
25	58	ensidig fall	0.95	8.5	0.0493	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	20.33	23	26.7
	83	ensidig fall	0.95	8.5	0.07055	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	29.09	32.92	38.2
26	33	takfall	0.95	4.25	0.014025	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	5.78	6.54	7.59
27	57	takfall	0.95	4.25	0.024225	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	9.99	11.3	13.12
28	100	takfall	0.95	4.25	0.0425	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	17.52	19.83	23.01
29	68	takfall	0.95	4.25	0.0289	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	11.92	13.48	15.65
29	28	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
30	147	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
31	69	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
32	52	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
33	55	takfall	0.95	4.25	0.023375	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	9.64	10.91	12.66
34	195	ensidig fall	0.95	8.5	0.16575	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	68.34	77.33	89.75
35	108	takfall	0.95	4.25	0.0459	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	18.93	21.42	24.85
36	170	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
37	137	takfall	0.95	4.25	0.058225	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	24.01	27.17	31.53
38	219	motsatt fall	0.95	0	0	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	0	0	0
39	142	takfall	0.95	4.25	0.06035	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	24.88	28.16	32.68
40	310	ensidig fall	0.95	8.5	0.2635	321.5	350.8	380	1.35	1.4	1.5	108.65	122.94	142.69

## C6: Kapasitet sidegrøft Fv 653 Eiksundsambandet

NF	Mannings tall	Areal grøft [m <sup>2</sup> ]	P (vått tverrsnitt) [m]	Helling grøft [m/m]	Q, Kapasitet grøft [l/s]	V [m/s]	Qavrenning, tot, 200 år [l/s]	V, Q tot, 200år [m/s]
1	20	0.3975	2.28	0.02	378	952	800	2.0
2	20	0.3975	2.28	0.02	378	952	213	0.5
3	20	0.3975	2.28	0.04	370	930	236	0.6
4	20	0.3975	2.28	0.01	496	1248	1086	2.7
5	20	0.3975	2.28	0.02	299	752	330	0.8
6	20	0.3975	2.28	0.01	301	757	3976	10.0
7	20	0.3975	2.28	0.02	308	774	1409	3.5
8	20	0.3975	2.28	0.01	237	595	766	1.9
9	20	0.3975	2.28	0.01	261	657	496	1.2
10	20	0.3975	2.28	0.01	251	631	305	0.8
11	20	0.3975	2.28	0.01	256	644	209	0.5
12	20	0.3975	2.28	0.02	335	842	954	2.4
13	20	0.3975	2.28	0.03	419	1055	556	1.4
14	20	0.3975	2.28	0.01	257	647	398	1.0
15	20	0.3975	2.28	0.01	277	698	559	1.4
16	20	0.3975	2.28	0.01	291	733	566	1.4
17	20	0.3975	2.28	0.02	327	823	435	1.1
18	20	0.3975	2.28	0.01	301	757	393	1.0
19	20	0.3975	2.28	0.02	323	813	1068	2.7
20	20	0.3975	2.28	0.03	461	1159	824	2.1
21	20	0.3975	2.28	0.03	441	1110	583	1.5

## C7: Kapasitet sidegrøft E39 Astad – Høgset

<b>NF</b>	<b>Mannings tall</b>	<b>Areal grøft [m2]</b>	<b>P (vått tverrsnitt) [m]</b>	<b>Helling grøft [m/m]</b>	<b>Q, Kapasitet grøft [l/s]</b>	<b>V [m/s]</b>
1	20	0.42	2.41	0.01	260	0.62
2	20	0.42	2.41	0.04	524	1.25
3	20	0.42	2.41	0.02	347	0.83
4	20	0.42	2.41	0.02	322	0.77
5	20	0.42	2.41	0.02	400	0.95
6	20	0.42	2.41	0.01	309	0.74
7	20	0.42	2.41	0.01	250	0.59
8	20	0.42	2.41	0.02	347	0.83
9	20	0.42	2.41	0.04	514	1.22
10	20	0.42	2.41	0.01	206	0.49
11	20	0.42	2.41	0.01	306	0.73
12	20	0.42	2.41	0.02	407	0.97
13	20	0.42	2.41	0.02	397	0.95
14	20	0.42	2.41	0.02	386	0.92
15	20	0.42	2.41	0.02	395	0.94
16	20	0.42	2.41	0.01	239	0.57
17	20	0.42	2.41	0.02	338	0.81
18	20	0.42	2.41	0.01	287	0.68
19	20	0.42	2.41	0.01	198	0.47



<b>20</b>	20	0.42	2.41	0.02	338	0.81
<b>21</b>	20	0.42	2.41	0.01	203	0.48
<b>22</b>	20	0.42	2.41	0.01	243	0.58
<b>23</b>	20	0.42	2.41	0.01	267	0.64
<b>24</b>	20	0.42	2.41	0.02	395	0.94
<b>25</b>	20	0.42	2.41	0.01	293	0.70
<b>26</b>	20	0.42	2.41	0.02	344	0.83
<b>27</b>	20	0.42	2.41	0.02	347	0.83
<b>28</b>	20	0.42	2.41	0.02	371	0.88
<b>29</b>	20	0.42	2.41	0.01	268	0.64
<b>30</b>	20	0.42	2.41	0.01	216	0.51
<b>31</b>	20	0.42	2.41	0.01	316	0.75
<b>32</b>	20	0.42	2.41	0.01	257	0.61
<b>33</b>	20	0.42	2.41	0.01	250	0.59
<b>34</b>	20	0.42	2.41	0.01	265	0.63
<b>35</b>	20	0.42	2.41	0.03	437	1.04
<b>36</b>	20	0.42	2.41	0.01	284	0.68
<b>37</b>	20	0.42	2.41	0.02	388	0.92
<b>38</b>	20	0.42	2.41	0.01	307	0.73
<b>39</b>	20	0.42	2.41	0.01	220	0.52
<b>40</b>	20	0.42	2.41	0.03	447	1.06

## C8: Kapasitet 1200 mm stikkrenne – betong

Utløpet må være fritt, ikke dykket

Vannstand innløp må være mindre enn rørdiameter

Dimensjonerende vannføring [l/s]:	2140
Kulvertens fall [promille]:	20
Mannings tall [1/M]:	70
<a href="#">Beregn dimensjon</a>	
Beregnet dimensjon [mm]:	<b>1200</b>
Kritisk helning [promille]:	5,9
Innløpskontroll, dimensjon OK	

## C9: Kapasitet 1400 mm stikkrenne – betong

Utløpet må være fritt, ikke dykket

Vannstand innløp må være mindre enn rørdiameter

Dimensjonerende vannføring [l/s]:

Kulvertens fall [promille]:

Mannings tall [1/M]:

[Beregn dimensjon](#)

Beregnet dimensjon [mm]: **1400**

Kritisk helning [promille]: **5,6**

Innløpskontroll, dimensjon OK

## C10: Kapasitet 2000 mm stikkrenne - betong

Utløpet må være fritt, ikke dykket

Vannstand innløp må være mindre enn rørdiameter

Dimensjonerende vannføring [l/s]:

Kulvertens fall [promille]:

Mannings tall [1/M]:

**Beregn dimensjon**

Beregnet dimensjon [mm]: **2000**

Kritisk helning [promille]: **5**

Innløpskontroll, dimensjon OK

# C11: Kapasitet 250 mm stikkrenne

## Kapasitetsberegning (Colebrook-White) for rør med delfylling

### Inndata

Norwegian ▼

#### Beregn

- Kapasitet og hastighet  
 Diameter og hastighet

#### Rørdata

Pragma/Infra rør Pragma ID 250 ▼

Vanlige glatte rør

Ruhet  $\mu$  Hovedledning - 0.25 ▼ [mm]

Fall  $\alpha$  20 ‰ ▼

Beregn

Beveg musepekeren over figuren for å velge en verdi for fyllingshøyden

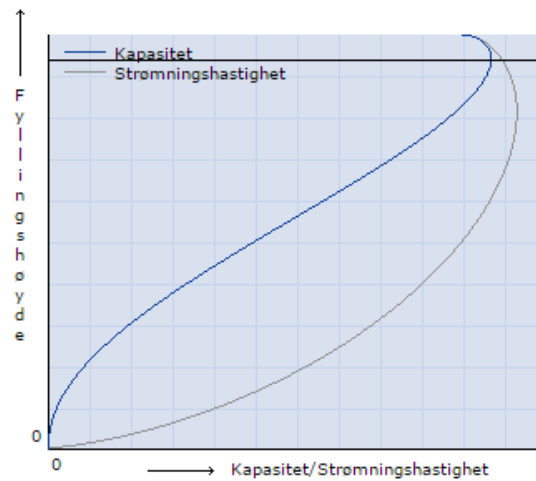
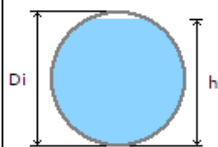
#### Resultater

##### Inndata:

Innvendig diameter 250 mm  
Ruhet 0.25 mm  
Fall 20 ‰

##### Valgt verdi:

Fyllingshøyde 94.0 %  
Kapasitet 116 l/s ▼  
Strømningshastighet 2.42 m/s



# C12: Kapasitet 300 mm stikkrenne

## Kapasitetsberegning (Colebrook-White) for rør med delfylling

### Inndata

Norwegian ▼

#### Beregn

- Kapasitet og hastighet  
 Diameter og hastighet

#### Rørdata

Pragma/Infra rør Pragma ID 300 ▼

Vanlige glatte rør

Ruhet  $\mu$  Hovedledning - 0.25 ▼ [mm]

Fall  $\alpha$  20 ‰ ▼

**Beregn**

Beveg musepekeren over figuren for å velge en verdi for fyllingshøyden

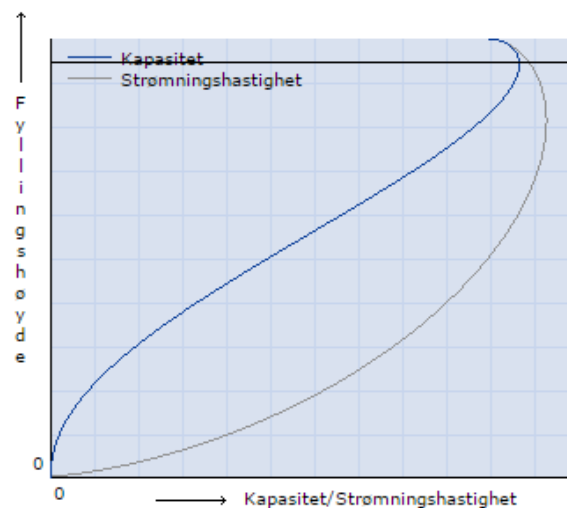
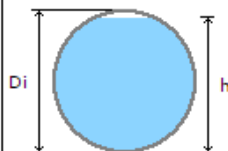
#### Resultater

##### Inndata:

Innvendig diameter 300 mm  
Ruhet 0.25 mm  
Fall 20 ‰

##### Valgt verdi:

Fyllingshøyde 94.8 %  
Kapasitet 187 l/s ▼  
Strømningshastighet 2.70 m/s



# C13: Kapasitet 400 mm stikkrenne

## Kapasitetsberegning (Colebrook-White) for rør med delfylling

### Inndata

Norwegian ▼

#### Beregn

- Kapasitet og hastighet
- Diameter og hastighet

#### Rørdata

Pragma/Infra rør Pragma ID 400 ▼

Vanlige glatte rør

Ruhet  $\mu$  Hovedledning - 0.25 ▼ [mm]

Fall  $\alpha$  20 ‰ ▼

Beveg musepekeren over figuren for å velge en verdi for fyllingshøyden

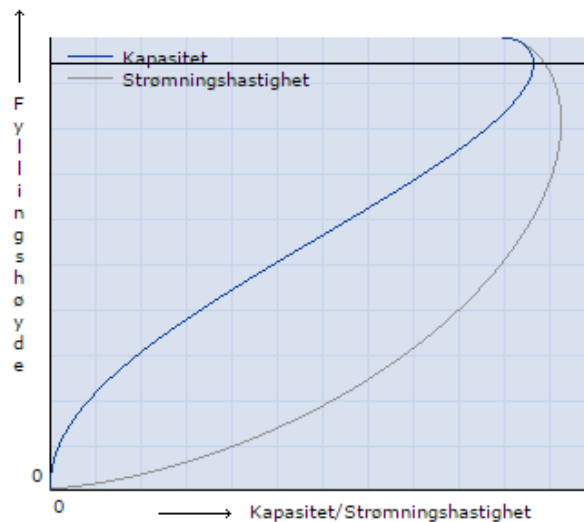
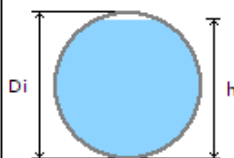
#### Resultater

##### Inndata:

Innvendig diameter 400 mm  
Ruhet 0.25 mm  
Fall 20 ‰

##### Valgt verdi:

Fyllingshøyde 94.4 %  
Kapasitet 397 l/s ▼  
Strømningshastighet 3.23 m/s



# C14: Kapasitet 600 mm stikkrenne

## Kapasitetsberegning (Colebrook-White) for rør med delfylling

### Inndata

Norwegian ▼

#### Beregn

- Kapasitet og hastighet
- Diameter og hastighet

#### Rørdata

- Pragma/Infra rør Pragma ID 600 ▼
- Vanlige glatte rør

Ruhet  $\mu$  Hovedledning - 0.25 ▼ [mm]  
Fall  $\alpha$  20 ‰ ▼

Beregn

Beveg musepekeren over figuren for å velge en verdi for fyllingshøyden

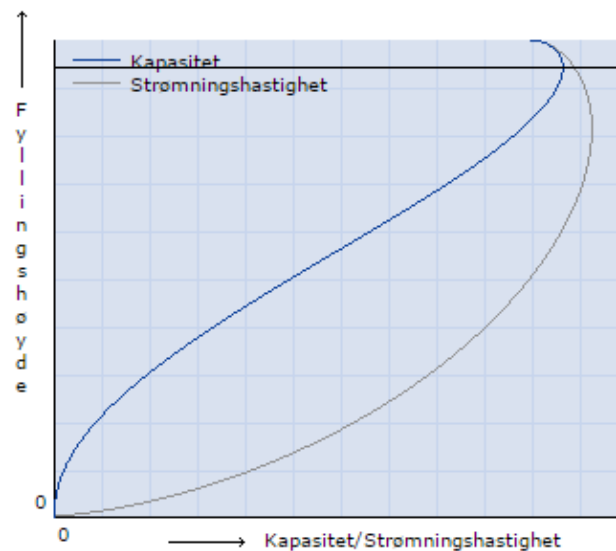
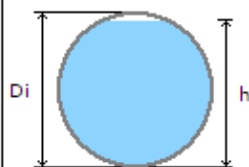
#### Resultater

##### Inndata:

Innvendig diameter 600 mm  
Ruhet 0.25 mm  
Fall 20 ‰

##### Valgt verdi:

Fyllingshøyde 94.4 %  
Kapasitet 1147 l/s ▼  
Strømningshastighet 4.15 m/s





# C15: Kapasitet 800 mm stikkrenne

## Kapasitetsberegning (Colebrook-White) for rør med delfylling

### Inndata

Norwegian ▼

#### Beregn

- Kapasitet og hastighet
- Diameter og hastighet

#### Rørdata

- Pragma/Infra rør
- Vanlige glatte rør

Pragma ID 800 ▼

Ruhet

$\mu$

Hovedledning - 0.25 ▼

[mm]

Fall

$\alpha$

20

‰ ▼

Beregn

Beveg musepekeren over figuren for å velge en verdi for fyllingshøyden

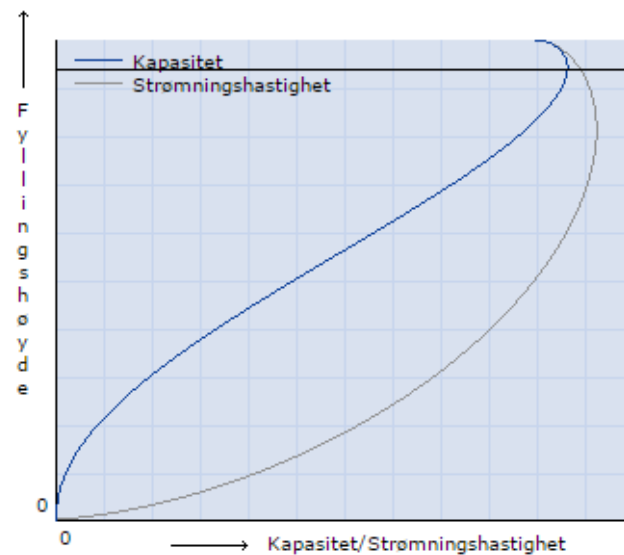
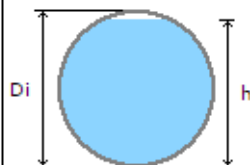
#### Resultater

##### Inndata:

Innvendig diameter 800 mm  
Ruhet 0.25 mm  
Fall 20 ‰

##### Valgt verdi:

Fyllingshøyde 94.0 %  
Kapasitet 2431 l/s ▼  
Strømningshastighet 4.96 m/s



## C16: Kapasitet til ulike grøfteprofil

	<b>Flate-areal</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Lengd</b> [m]	<b>Kapasitet</b> [l/s]	<b>M</b>	<b>A</b> [m <sup>2</sup> ]	<b>P</b> [m]	<b>R</b> [m]	<b>I</b> [m/m]
<b>pr.1 frå</b> <b>hb n101</b>	14059	2375 (jord)	239.5	25	0.33	2.11	0.156	0.01
		1989 (fjell)						
<b>pr.2 frå</b> <b>hb n101</b>	15129	2275 (jord)	327.6	25	0.42	2.41	0.174	0.01
		2009 (fjell)						
<b>pr.3 frå</b> <b>hb n200</b>	15876	2380 (jord)	557.2	25	0.6	2.65	0.226	0.01
		2094 (fjell)						
<b>pr.4 nytt</b> <b>forslag</b>	18193	2330 (jord)	802.1	25	0.8	3.15	0.254	0.01
		2204 (fjell)						

## C17: Kapasitet til ulike grøfteprofil

<b>Nedbørsfelt</b>	<b>Tot. Areal</b> <b>(ha)</b>	<b>Kapasitet inntaksrist</b> <b>(l/s)</b>	<b>Tot. Areal (ha) per</b> <b>kuppelrist</b>
<b>2</b>	2.5	22	2,5
<b>3</b>	2.6	44	1,3
<b>4</b>	11.1	88	2,8
<b>5</b>	2.8	66	0,9
<b>6</b>	24.0	66	8,0
<b>7</b>	10.3	44	3,4
<b>8</b>	7.0	110	1,4

## C18: Kapasitet til stikkrenner ved auka dimensjon

NF	$\emptyset$ stikkrenne (mm)	Material	Kapasitet, $Q$ (l/s)	$\emptyset$ ny stikkrenne (mm)	Kapasitet ny stikkrenne $Q$ (l/s)	Returperiode	$Q_{\text{avrenning}}$ tot (l/s)	$\Delta Q$ [l/s]
1	600	Plast	1147	800	2431	200 år	800	1631
2	250	plast	116	300	187	200år	213	-26
3	400	plast	397	500	712	200 år	236	476
4	400	Plast	397	500	712	200år	1086	-374
5	400	Plast	397	500	712	100 år	279	433
6	600	Plast	1147	800	2431	100 år	3390	-959
	300	Plast	187	400	397			397
7	300	Plast	187	400	397	100 år	1208	-414
8	400	Plast	397	500	712	100 år	682	30
9	400	Plast	397	500	712	100 år	409	303
10	400	Plast	397	500	712	100 år	254	458
11	600	Plast	1147	800	2431	100 år	198	2233
12	400	Plast	397	500	712	100 år	765	-53
13	400	Plast	397	500	712	100 år	477	235
14	400	Plast	397	500	712	100 år	345	367
15	500	Plast	712	600	1147	100 år	464	683
16	400	Plast	397	500	712	100 år	478	234
17	400	Plast	397	500	712	100 år	362	350
18	400	plast	397	500	712	100 år	343	369
19	1400	Betong	3145	1600		100 år	897	ok
20	600	Plast	1147	800	2431	100 år	697	1734
21	400	Plast	397	400	397	100 år	494	-97

## Bilag D. Dimensjoneringstabellar

D1: Avrenningsfaktor, C (Statens vegvesen, 2014, s.141, fig. 405.2)

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

*Figur 405.2 Avrenningsfaktor C for ufrosset overflate, returperiode 10 år.*

## D2: Nedbørsintensitet for E39 Astad - Høgset

<b>Returperiodar(År); Nedb.Å.rintensitet i liter pr. sekund pr. hektar(10 000m<sup>2</sup>) (l/s*ha)</b>														
<b>64300 KRISTIANSUND - KARIHOLA</b>														
<b>Periode: 1973 - 2013</b>														
<b>Talet p.Å sesongar: 34</b>														
Å..r	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.
2	173,1	144,9	128,4	109,1	79,4	63,3	53,5	42,6	34,3	29,1	23,7	20,2	16,6	11,7
5	220,7	181,4	166,0	140,6	104,6	84,4	71,7	57,0	44,7	37,4	29,5	24,9	20,1	13,6
10	252,2	205,5	190,9	161,4	121,2	98,4	83,8	66,6	51,6	42,9	33,4	28,0	22,4	14,8
20	282,4	228,6	214,9	181,3	137,2	111,8	95,4	75,7	58,2	48,1	37,1	31,0	24,6	16,0
25	292,0	236,0	222,4	187,7	142,3	116,1	99,1	78,6	60,3	49,8	38,3	31,9	25,3	16,4
50	321,5	258,6	245,8	207,2	157,9	129,2	110,5	87,5	66,7	55,0	41,9	34,9	27,4	17,5
100	350,8	281,0	269,0	226,5	173,4	142,2	121,7	96,4	73,1	60,1	45,5	37,8	29,5	18,7
200	380,0	303,4	292,2	245,8	188,9	155,2	132,9	105,2	79,5	65,2	49,1	40,7	31,7	19,9

### D3: Nedbørsintensitet for Rv 653, Eiksundsambandet

<i>Returperiodar (År); Nedb. Årintensitet i liter pr. sekund pr. hektar (10 000 m<sup>2</sup>) (l/s*ha)</i>														
60940 Å... LESUND - SPJELKAVIK														
Periode: 1970 - 1995														
Talet på sesongar: 25														
År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.
2	153,7	123,0	105,4	86,4	59,7	48,7	42,8	34,0	27,2	24,0	20,6	18,6	15,8	11,6
5	192,0	141,9	123,3	100,6	68,3	55,9	50,2	41,1	32,5	28,1	23,4	21,0	17,7	13,7
10	217,3	154,4	135,2	110,0	74,0	60,6	55,2	45,8	36,0	30,8	25,2	22,6	19,0	15,1
20	241,7	166,4	146,7	119,1	79,4	65,1	59,9	50,3	39,4	33,4	27,0	24,1	20,2	16,4
25	249,4	170,2	150,3	122,0	81,2	66,6	61,4	51,8	40,5	34,2	27,5	24,5	20,6	16,9
50	273,1	181,9	161,5	130,8	86,5	71,0	66,0	56,2	43,8	36,8	29,3	26,0	21,8	18,2
100	296,7	193,5	172,5	139,6	91,8	75,4	70,6	60,5	47,1	39,3	31,0	27,5	22,9	19,4
200	323,9	200,1	178,7	144,8	97,3	80,6	74,5	65,0	50,0	41,6	32,7	29,1	24,0	20,7

D4: Manningstall og tilhørende vasshastighet utan fare for erosjon (Statens vegvesen, 2014, s.147, fig.405.8).

Kledningsmateriale i grøft	Mannings tall, M	Vannhastighet uten fare for erosjon
	m <sup>1/3</sup> /s	m/s
Betongkledning	50 – 80	2,5 – 5,0
Asfaltert dekke	60 – 75	2,0 – 5,0
Steinsetting (jevnt utlagt)	30 – 60	2,0 – 5,0
Grus	30 – 50	1,0 – 1,5
Småstein	30 – 50	1,2 – 2,0
Jord uten vegetasjon	25 – 30	0,5 – 0,8
Jord med lett vegetasjon	20 – 30	0,5 – 1,2
Ujevn steinkledning	25 – 30	1,5 – 3,0
Jord med kraftig vegetasjon	15 – 25	1,0 – 2,0
Naturlig bekk og elv	5 – 40	–

Figur 405.8 Mannings tall for grøfter. Vannhastighet uten fare for erosjon

D5: Returperiode for ulike komponentar (Statens vegvesen, 2014, s.123, fig.403.1)

Veg-/dreneringselement	Valg av returperiode for nedbør <sup>1)</sup>	
	Veg med omkjøringsmuligheter	Veg uten omkjøringsmuligheter
Rister, sluk, overvannsledning, terrenggrøfter - LANGS VEIEN	50 år	100 år
Kulvert, innløp, utløp, nedføringsrenne - PÅ TVERS AV VEIEN	100 år	200 år
Sikring av nye eller justerte elve- eller bekkeløp <sup>2)</sup>	100 år	200 år

- 1) I områder hvor overvann fra veg skal tilknyttes kommunale/lokale overvannssystemer skal kommunale/lokale dimensjoneringsregler følges.
- 2) NVE skal kontaktes ved endring av vassdrag.

Figur 403.1 Returperiode (gjentakintervall)



# Vedlegg

Vedlegg 1. Oppgåvetekst .....	II
Vedlegg 2. Drensplan Fv 653 Eiksundsambandet.....	VII
Vedlegg 3. Detaljar frå drensplan, Fv 653 Eiksundsambandet .....	XIII
Vedlegg 4. Drensplan, E39 Astad – Høgset, Blakstad – Knutneset.....	XVII
Vedlegg 5. Detaljar til drensplan, E39 Astad - Høgset .....	XXII
Vedlegg 6: Drensplan, E39 Staurset – Renndalen, (Busteinbukta – Staurset).....	XXIX
Vedlegg 7: Detaljer til drensplan, E39 Staurset – Renndalen, (Busteinbukta – Staurset) .....	XXXVI
Vedlegg 8: Drensplan, E39 Kvivsvegen .....	XXXVIII
Vedlegg 9: Detaljer til drensplan, Kvivsvegen .....	XLVII
Vedlegg 10: Drensplan, Rv 3 Åsta (Gita - Skjærodden).....	L
Vedlegg 11: Detaljar til drensplan, Rv 3 Åsta .....	LIV
Vedlegg 12: Drensplan, E6 Labbdalen - Skaberud .....	LVI
Vedlegg 13: Detaljar drensplan, E6 Labbdalen – Skaberud .....	LIX
Vedlegg 14: Drensplan, E6 Strandlykkja – Labbdalen (Kleverud) .....	LXI
Vedlegg 15: Samandrag frå mengderapport.....	LXXV

## Vedlegg 1. Oppgåvetekst

## **MASTEROPPGAVE**

(TBA4940, Veg, masteroppgave)

VÅREN 2015  
for  
**Miriam Natalie Lande Kvalsvik**

### **Erfaringar med lukka dreneringsanlegg for vegar utanfor tettbygd strøk**

#### **BAKGRUNN**

Masteroppgåva er ei vidareføring av prosjektoppgåva Miriam Kvalsvik gjennomførte ved NTNU hausten 2014 ved faggruppe Veg, transport og geomatikk om dimensjonering og utføring av lukka drenering for vegar.

Det har av omsyn til trafikktryggleik vorte stadig vanlegare dei seinare åra å bruke lukka drenering også utanfor tettbygde strøk, spesielt for riksvegar og viktige fylkesvegar. Mange av desse ligg i sidebratt terreng i område med store nedbørmengder, men også i område der det tradisjonelt er mindre nedbør ser ein tendensar til at nedbørsintensiteten er aukande. Dette har ført til at ein mange stader har erfart problem med at dreneringssystemet ikkje har kapasitet til å ta unna vatnet i kritiske situasjonar og/eller at det er problem knytt til vinterdrift.

Dreneringsløysingar med lukka system utanfor tettbygd strøk er annleis enn dei tradisjonelt brukte i slike omgjevnader, og det vil då vere manglande erfaring med korleis dette fungerer. Spesielt i slike situasjonar bør det ideelt gjerast grundige analyser av og utarbeidast detaljerte planar for dreneringssystemet før dette vert etablert, då det kan vere vanskeleg eller i alle fall kostbart å rette opp eventuelle svakheiter i etterkant. Med dei problema som har oppstått ved nokre nyare anlegg av denne typen kan det likevel synes som om dette ikkje alltid har vorte gjort, i alle fall ikkje i tilstrekkeleg grad.

#### **OPPGÅVE**

##### **Omtale av oppgåva**

Denne masteroppgåva omhandlar lukka dreneringssystem for vegar, og skal sjå på erfaringar med slike på relativt nybygde vegar utanfor tettbygd strøk. For å få samla erfaringar frå ulike klimaforhold skal vegar frå både Statens vegvesen sine regionar Midt og Øst vere med i utvalget.

For nokre av desse strekningane skal det også utførast analyser av dreneringskapasiteten for systemet, og ein skal sjå på om manglande kapasitet evt. kan skuldast manglande detaljeringsgrad i analyse- og plangrunlaget for dreneringssystemet. Det skal på basis av slike analyser også utarbeidast generelle retningslinjer for korleis slike analyser kan gjennomførast og kva tiltak som kan settast inn dersom kapasiteten er for liten.

**Målsetting og hensikt**

Hovudmålsettinga med masteroppgåva er å få erfaringar frå relativt nye vegar utanfor tettbygd strøk, som er bygde med lukka drenering. I tillegg er det viktig å få fram kunnskapar om kvaliteten og detaljeringsgrada av dreneringsplanane som vert utarbeidde før bygging av vegane.

**Deloppgåver og forskingsspørsmål**

Kandidaten skal blant anna utføre følgjande oppgåver:

- På bakgrunn av synfaringar saman med personell frå Statens vegvesen og eventuelt andre relevante aktørar systematisere erfaringane med kva som fungerer og ikkje fungerer på dei utvalde vegstrekingane.
- Behandle meir i detalj parti der det er påvist både gode og uheldige løysingar.
- I den grad dei er tilgjengelege, gjennomgå dreneringsplanane for vegstrekingane og vurdere kvaliteten og detaljeringsgrada for desse. Der det eksisterer dreneringsplanar frå planfasen skal det for dei vegpartia som er spesielt omhandla i oppgåva leggest spesiell vekt på om det er samsvar mellom planane og gjennomføring.
- Utarbeide forslag til forbetra løysingar for enkelte av dei partia som har vist seg å ha store driftsproblem.
- Kontrollrekne kapasiteten av dreneringssystemet for enkelte parti som er spesielt interessante.
- Utarbeide forslag til kvalitets- og detaljeringskrav som bør settast til dreneringsplanar på regulerings- og byggeplannivå.

## GENERELT

Oppgåveteksten er meint som ei ramme for kandidatens arbeid. Justeringar vil kunne skje undervegs, når ein ser korleis arbeidet går. Eventuelle justeringar må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved vurderinga vert det lagt vekt på grundigheit i arbeidet og sjølvstendigheit i vurderingar og konklusjonar, samt at framstillinga er velredigert, klår, eintydig og ryddig utan å vere unødig voluminøs.

Det innleverte arbeidet skal innehalde:

- standard rapportframside (automatisk frå DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finn ein på sida <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- samandrag på norsk og engelsk (studentar som skriv masteroppgåve på eit ikkje-skandinavisk språk og som ikkje handterer eit skandinavisk språk, treng ikkje skrive samandrag av masteroppgåva på norsk)
- hovudteksten
- oppgåveteksten (denne teksten signert av faglærer) som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformast som ein vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneheld da de same punktane som beskrivi over, men der hovudteksten omfattar ein vitenskapelig artikkel og ein prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskriving ved prosjektarbeid og masteroppgåve oppheldar seg på <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>

## Kva skal innleverast?

Rutinar knytt til innlevering av masteroppgåva er nærare forklart på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgåva skal tingast via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgåva til instituttkontoret 2-4 dagar seinare. Instituttet betalar for 3 eksemplar, der instituttet skal ha 2 eksemplar. Ekstra eksemplar må kostast av kandidaten/ ekstern samarbeidspartnar.

Ved innlevering av oppgåva skal kandidaten levere arbeidet i digital form i pdf- og word-versjon med underliggjande materiale (til dømes innsamla data) i digital form (t.d. excel-filer). Vidare skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (frå DAIM) der både Ark-Bibl i SB I og Fellestenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med dei aktuelle signaturane skal underskrivast av instituttkontoret før skjemaet vert levert til Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samla inn under arbeidet med oppgåva, skal leverast inn saman med oppgåva.

Arbeidet er etter gjeldande reglement NTNU sin eigedom. Eventuell bruk av materialet kan berre skje etter godkjenning frå NTNU (og ekstern samarbeidspartnar der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatane av arbeidet til undervisnings- og forskingsformål som om det var utført av ein tilsett. Ved bruk ut over dette, som utgjeving og annen økonomisk bruk, må det inngåast særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtalar om ekstern rettleiing, gjennomføring utanfor NTNU, økonomisk stønad m.m. gjer ein greie for her når dette er aktuelt. Sjå <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

**Helse, miljø og sikkerheit (HMS):**

NTNU legg stor vekt på tryggleiken til den enkelte arbeidstakar og student. Tryggleiken til den enkelte skal kome i første rekke og ingen skal ta unødige sjansar for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgåva få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerheit ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgåva skal delta i feltarbeid, tokt, synfaring, feltkurs eller ekskursjonar, skal studenten setje seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m." Dersom studenten i arbeidet med oppgåva skal delta i laboratorie- eller verkstadarbeid skal studenten setje seg inn i og følgje reglane i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumenta finn ein på fakultetet sine HMS-sider på nettet, sjå <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>.

Studentar har ikkje full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom ein student ønskjer same forsikringsdekning som tilsette ved universitetet, vert det tilrådd at han/ho teiknar reiseforsikring og personskadeforsikring. Meir om forsikringsordningar for studentar finn ein under same lenke som ovanfor.

**Oppstart og innleveringsfrist:**

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

Faglærer ved instituttet: Helge Mork

**Rettleiar hos ekstern samarbeidspartnar:** Harald Norem, Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 6.1.2015, (revidert: 13.5.2015)

Underskrift



---

Faglærer

## Vedlegg 2. Drensplan Fv 653 Eiksundsambandet











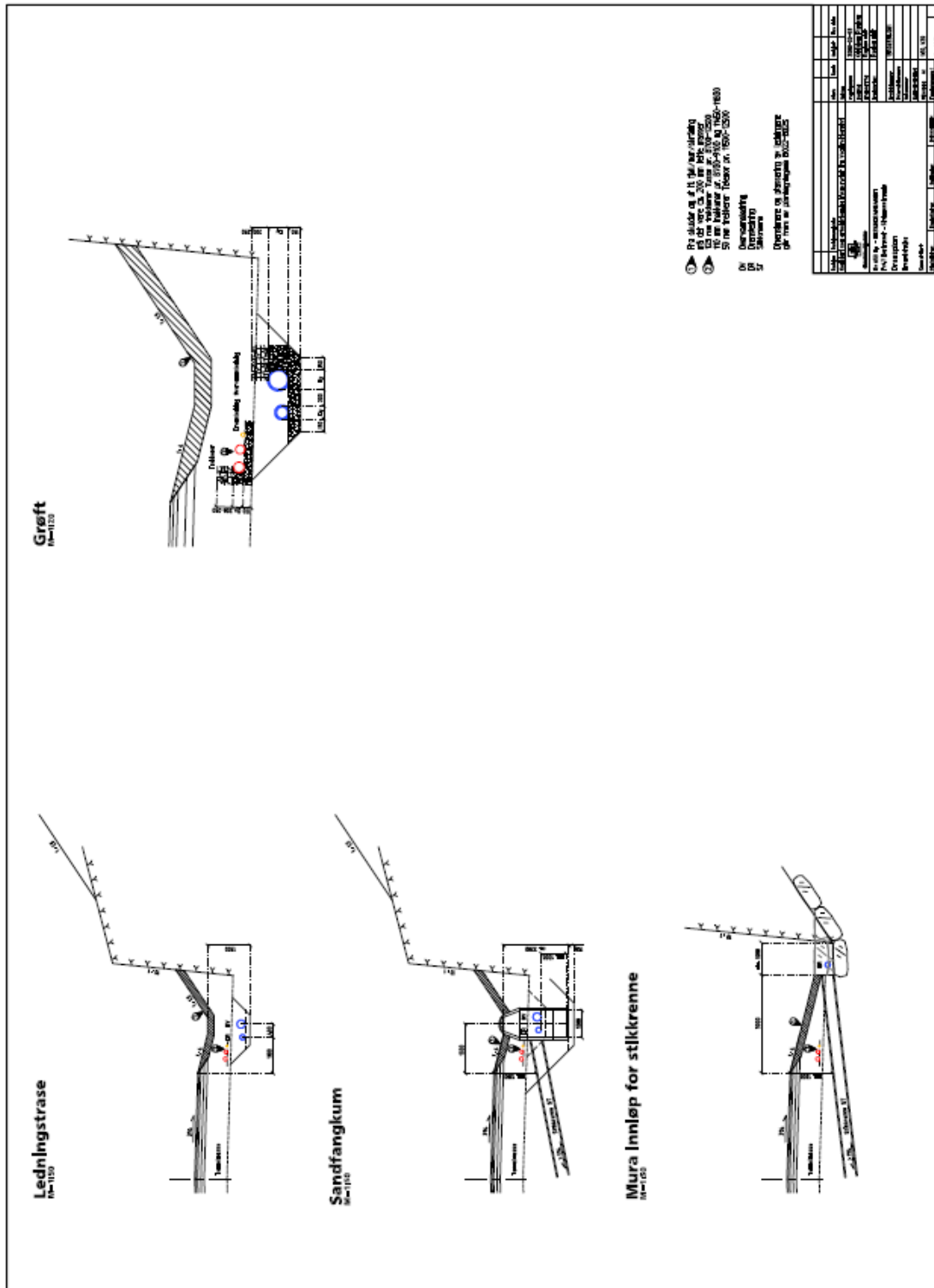


Vedlegg 3. Detaljar frå drensplan, Fv 653  
Eiksundsambandet





### 3.3. Detaljar frå drensplan Fv 653 Eiksundsambandet





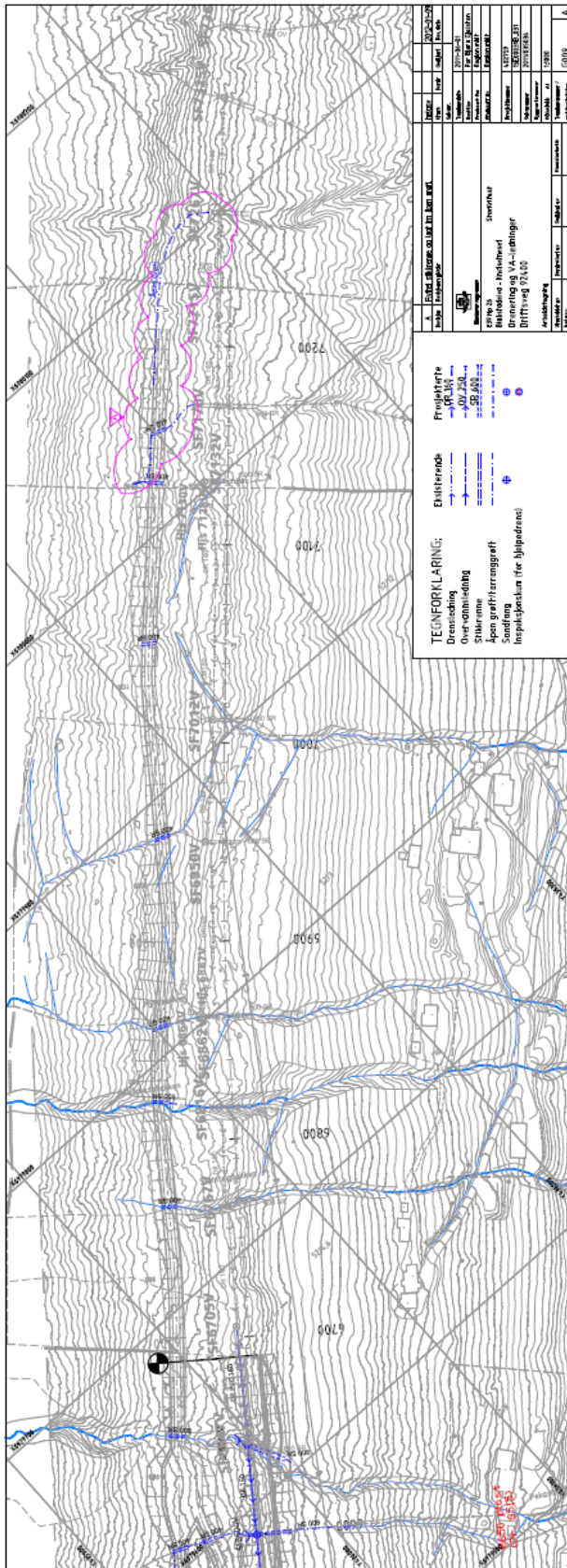
## Vedlegg 4. Drensplan, E39 Astad – Høgset, Blakstad – Knutneset







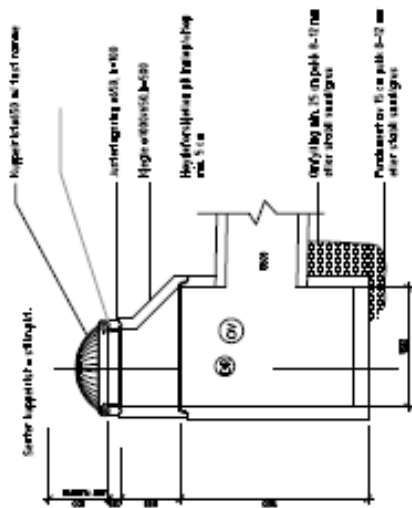
#### 4.4. Drensplan, E39 Astad – Høgset, Blakstad - Knutneset



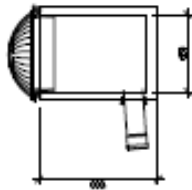
## Vedlegg 5. Detaljar til drensplan, E39 Astad - Høgset

## 5.1. Detaljar drensplan, E39 Astad – Høgset, Blakstad - Knutneset

SANDFANG MED KUPPELRIST Ø1000 FOR STIKKRENNEN Ø600  
No 150



HJSLUK KUPPELRIST  
No 150



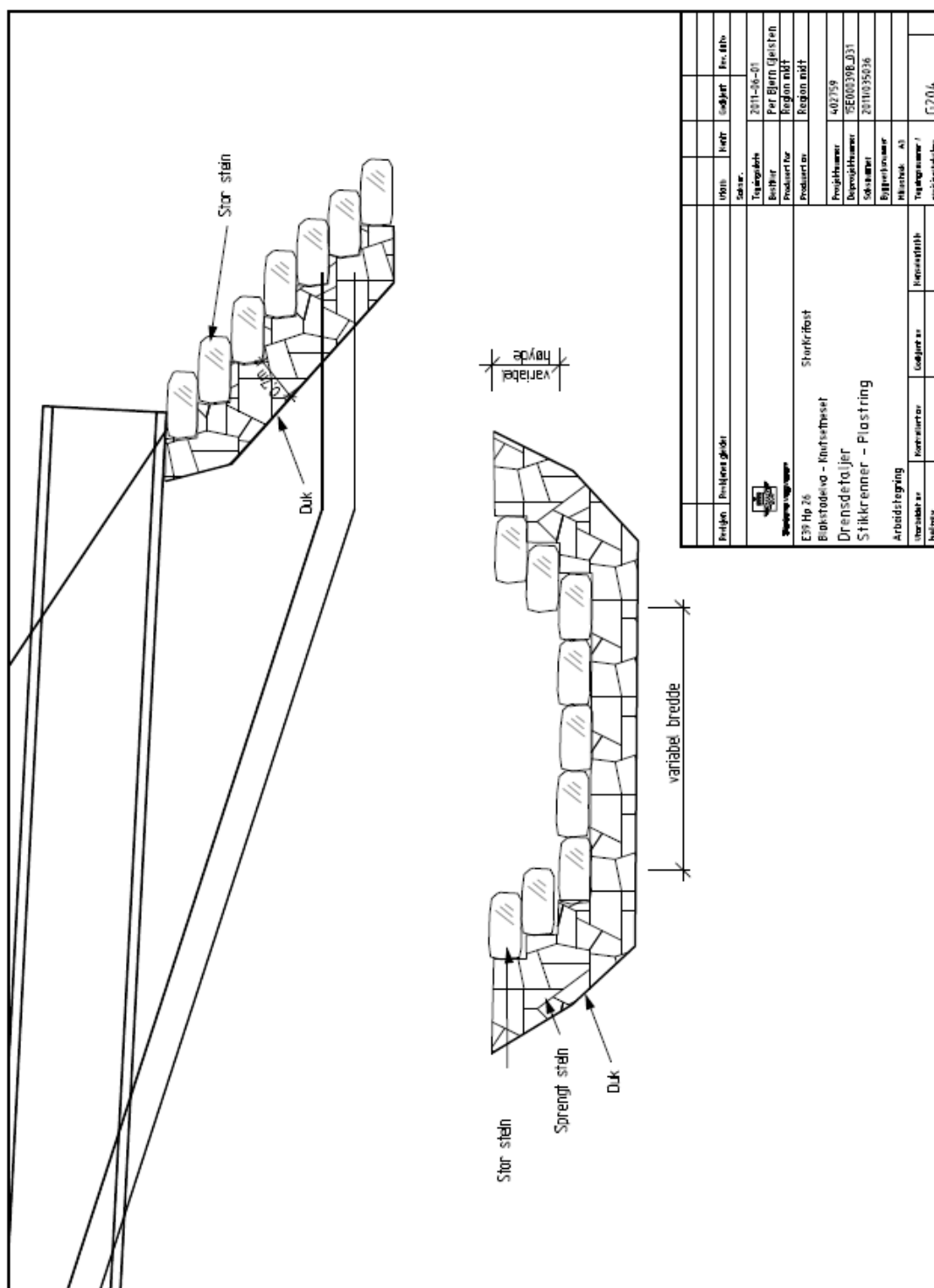
U	Utskrift nummer	Utskrift dato	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
1	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
2	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
3	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
4	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
5	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
6	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
7	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
8	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
9	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
10	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
11	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
12	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
13	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
14	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
15	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
16	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
17	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
18	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
19	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
20	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
21	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
22	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
23	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
24	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
25	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
26	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
27	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
28	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
29	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
30	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
31	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
32	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
33	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
34	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
35	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
36	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
37	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
38	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
39	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
40	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
41	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
42	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
43	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
44	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
45	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
46	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
47	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
48	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
49	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av
50	Utskrift nummer 1000000	10/10/2010	Utskrift av	Utskrift av	Utskrift av







### 5.4. Detaljar drensplan, E39 Astad – Høgset, Blakstad - Knutneset



Prosjekt	Prosjektgjeld	Uttak	Heft	Godkjert	Rev. dato
Saksnr.		2011-26-21			
Tegningskole		Per Bjørn Olsen			
Bygghet		Region midt			
Produkt for		Region midt			
Prosjekt nr.					
Prosjektnummer		402759			
Dokumentnummer		SE003908.037			
Saksnummer		2011025236			
Eggenummer					
Målestokk		A3			
Tegningsnummer /					
revisjonsnummer		G204			

Prosjekt	Prosjektgjeld	Uttak	Heft	Godkjert	Rev. dato
Saksnr.		2011-26-21			
Tegningskole		Per Bjørn Olsen			
Bygghet		Region midt			
Produkt for		Region midt			
Prosjekt nr.					
Prosjektnummer		402759			
Dokumentnummer		SE003908.037			
Saksnummer		2011025236			
Eggenummer					
Målestokk		A3			
Tegningsnummer /					
revisjonsnummer		G204			





Vedlegg 6: Drensplan, E39 Staurset – Renndalen,  
(Busteinbukta – Staurset)















Vedlegg 7: Detaljer til drensplan, E39 Staurset –  
Renndalen, (Busteinbukta – Staurset)



## Vedlegg 8: Drensplan, E39 Kvivsvegen



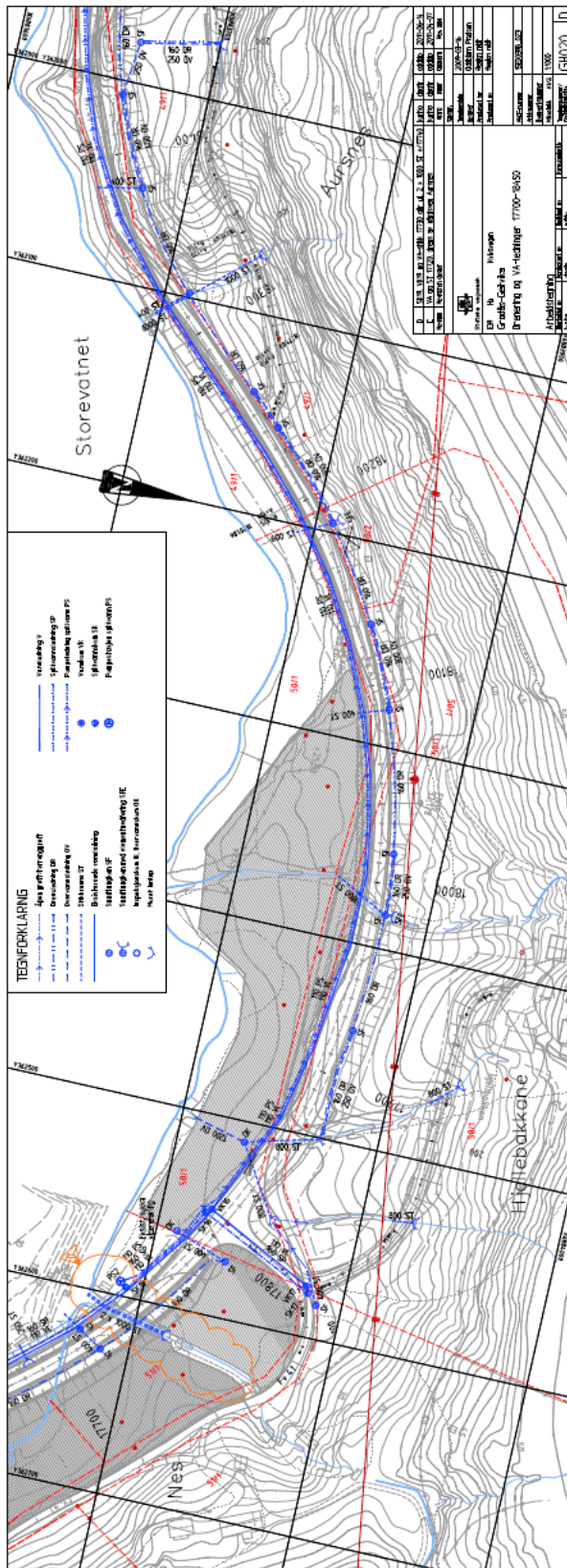








## 8.5. E39 Kvivsvegen (Grodås - Geitvika)









## Vedlegg 9: Detaljer til drensplan, Kvivsvegen







## Vedlegg 10: Drensplan, Rv 3 Åsta (Gita - Skjærodden)

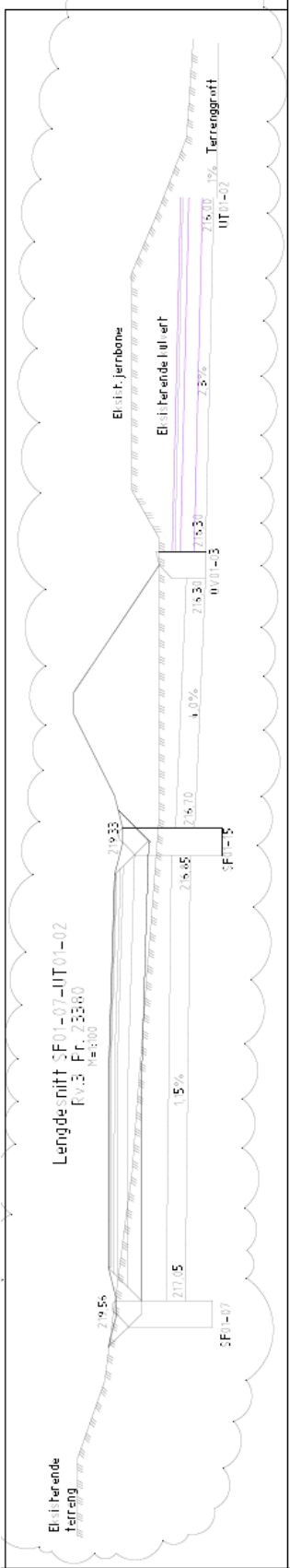






## Vedlegg 11: Detaljar til drensplan, Rv 3 Åsta

11.1: Detaljar til drensplan, Rv 3 Åsta



## Vedlegg 12: Drensplan, E6 Labbdalen - Skaberud







Vedlegg 13: Detaljar drensplan, E6 Labbdalen –  
Skaberud



Vedlegg 14: Drensplan, E6 Strandlykkja – Labbdalen  
(Kleverud)







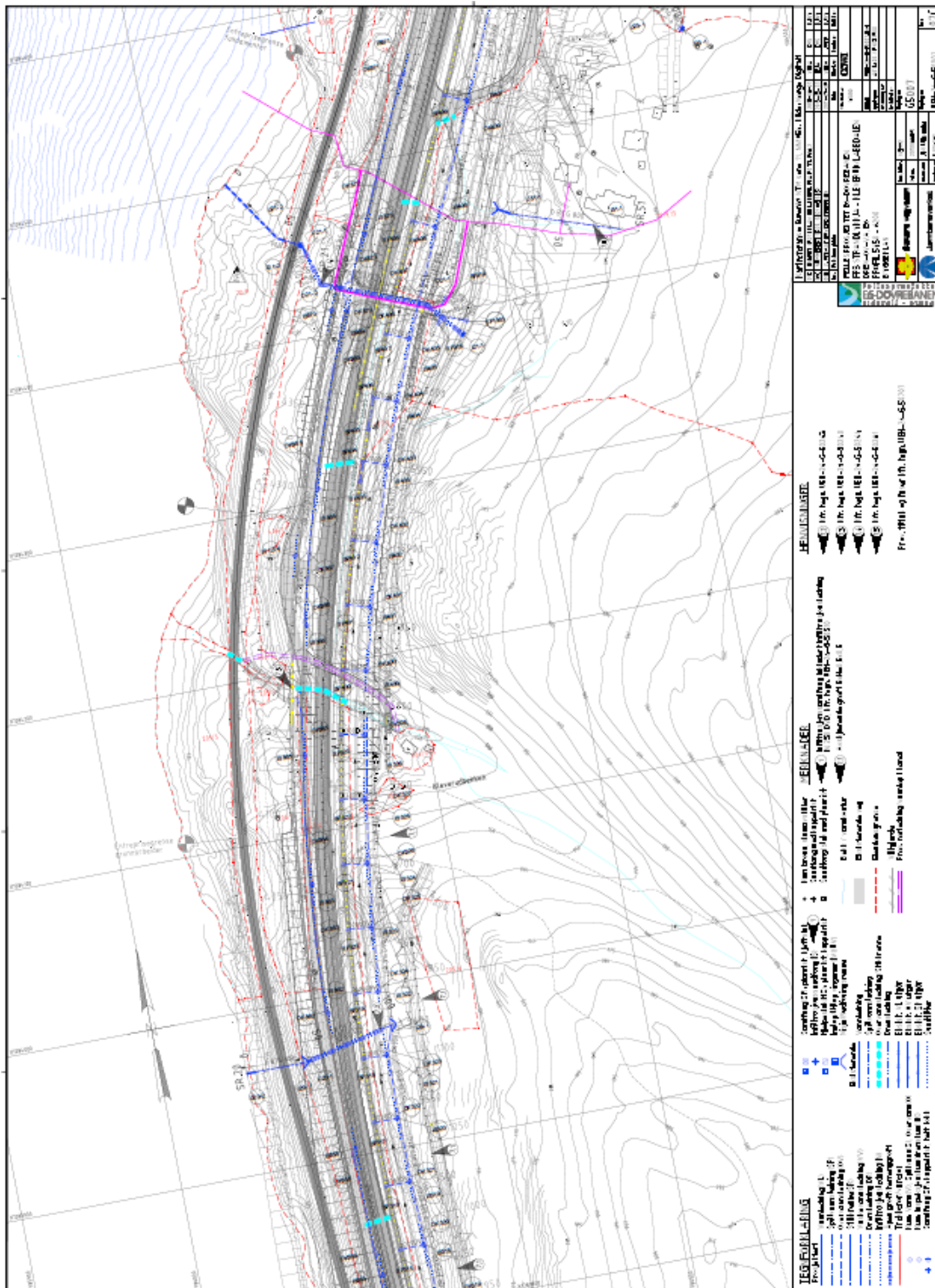








# 14.7. E6 Strandlykkja – Labbdalen

















## Vedlegg 15: Samandrag frå mengderapport

## 15.1. Mengderapport frå grøfteprofil 1.


**Novapoint**

Mengder sammensatt		Start profil: 0.00		
Sammendrag		Slutt profil: 4444.00		
Modell:	Veg 1	Dato sist endret: 18.03.2015		
Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde
Planering	m3		m3	
Jord	60994	1.00	60994	
Fjell	31950	1.40	44731	
Dypsprenging	0	-	0	
Fylling	310886	1.10	341975	
Tilskuddsmasser	m3		m3	
Jord	0	-	0	
Fjell	0	-	0	
Fylling	0	-	0	
Diverse mengder	m3			
Utskiftingsmasser	0			
Matjord	0			
Vegetasjon	0			
Utlagte masser	0			
Bakkeplanering, skjæring	0			
Bakkeplanering, fylling	0			
Justeringsmasser	0			

Avrunding, skjæring	252	
Avrunding, fylling	1050	
Inngår i planering	m3	
Lukket grøft, jordskjæring	0	
Lukket grøft, fjellskjæring	0	
Lukket grøft, fylling	0	
Tilleggsflater, jordskjæring	0	
Tilleggsflater, fjellskjæring	0	
Tilleggsflater, fylling	0	
Overbygning	m3	m2
Slitelag	1340	37774
Bindlag 1	979	38779
Bindlag 2	0	0
Bærelag 1	2014	39516
Bærelag 2	4249	40989
Forsterkningslag 1	25002	43921
Forsterkningslag 2	0	0
Filter- Frostsikringslag	/ 72	47929
Areal		m2
Midtdeler (Flategruppe 0)		0
Kjørebane (Flategruppe 1)		28899
Skulder (Flategruppe 2)		8892
Tilleggsflater (Flategruppe 3)		0

Grøft (Flategruppe 4)	14059
Fjellskjæring (Flategruppe 5)	5650
Jordskjæring (Flategruppe 6)	19463
Fylling (Flategruppe 7)	59765
Planum, jordskjæring	10666
Planum, fjellskjæring	15960
Planum, fylling	23928
Flåsprenkning	9203
Lengde	m
Åpen grøft, jord	2375
Åpen grøft, fjell	1989
Lukket grøft, jord	0
Lukket grøft, fjell	0
Lukket grøft, fylling	0

## 15.2. Mengderapport frå grøfteprofil 2.


					
Mengder sammensatt		Start profil:		0.00	
Sammendrag		Slutt profil:		4444.00	
Modell: Veg 2		Dato sist endret:		18.03.2015	
Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal lengde	og
Planering	m3		m3		
Jord	62342	1.00	62342		
Fjell	33022	1.40	46231		
Dypsprenging	0	-	0		
Fylling	319519	1.10	351470		
Tilskuddsmasser	m3		m3		
Jord	0	-	0		
Fjell	0	-	0		
Fylling	0	-	0		
Diverse mengder	m3				
Utskiftingsmasser	0				
Matjord	0				
Vegetasjon	0				
Utlagte masser	0				
Bakkeplanering, skjæring	0				
Bakkeplanering, fylling	0				
Justeringsmasser	0				
Avrunding, skjæring	212				
Avrunding, fylling	1100				

Inngår i planering	m3	
Lukket grøft, jordskjæring	0	
Lukket grøft, fjellskjæring	0	
Lukket grøft, fylling	0	
Tilleggsflater, jordskjæring	0	
Tilleggsflater, fjellskjæring	0	
Tilleggsflater, fylling	0	
Overbygning	m3	m2
Slitelag	1340	37774
Bindlag 1	978	38746
Bindlag 2	0	0
Bærelag 1	2010	39461
Bærelag 2	4234	40890
Forsterkningslag 1	25081	43716
Forsterkningslag 2	0	0
Filter- / Frostsikringslag	64	47870
Areal		m2
Midtdeler (Flategruppe 0)		0
Kjørebane (Flategruppe 1)		28917
Skulder (Flategruppe 2)		8898
Tilleggsflater (Flategruppe 3)		0
Grøft (Flategruppe 4)		15129
Fjellskjæring (Flategruppe 5)		5835
Jordskjæring (Flategruppe 6)		19418
Fylling (Flategruppe 7)		62245



Planum, jordskjæring	10660
Planum, fjellskjæring	15776
Planum, fylling	23966
Flåsprengning	9724
Lengde	m
Åpen grøft, jord	2275
Åpen grøft, fjell	2009
Lukket grøft, jord	0
Lukket grøft, fjell	0
Lukket grøft, fylling	0

### 15.3. Mengderapport fra grøfteprofil 3.

				
Mengder sammensatt		Start profil:	0.00	
Sammendrag		Slutt profil:	4444.00	
Modell:	Veg 3	Dato sist endret:	18.03.2015	
Mengde	Prosjekterte masser	Masseomreg- ningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal og lengde

Planering	m3		m3
Jord	64350	1.00	64350
Fjell	34230	1.40	47921
Dypsprenging	0	-	0
Fylling	310871	1.10	341958
Tilskuddsmasser	m3		m3
Jord	0	-	0
Fjell	0	-	0
Fylling	0	-	0
Diverse mengder	m3		
Utskiftingsmasser	0		
Matjord	0		
Vegetasjon	0		
Utlagte masser	0		
Bakkeplanering, skjæring	0		
Bakkeplanering, fylling	0		
Justeringsmasser	0		
Avrunding, skjæring	295		
Avrunding, fylling	1035		
Inngår i planering	m3		
Lukket grøft, jordskjæring	0		
Lukket grøft, fjellskjæring	0		
Lukket grøft, fylling	0		
Tilleggsflater, jordskjæring	0		
Tilleggsflater, fjellskjæring	0		
Tilleggsflater, fylling	0		
Overbygning	m3		m2
Slitelag	1337		37774
Bindlag 1	973		38598

Bindlag 2	0	0
Bærelag 1	1991	39201
Bærelag 2	4164	40409
Forsterkningslag 1	25078	42808
Forsterkningslag 2	0	0
Filter- / Frostsikringslag	73	48481
Areal		m <sup>2</sup>
Midtdeler (Flategruppe 0)		0
Kjørebane (Flategruppe 1)		28899
Skulder (Flategruppe 2)		8892
Tilleggsflater (Flategruppe 3)		0
Grøft (Flategruppe 4)		15876
Fjellskjæring (Flategruppe 5)		6187
Jordskjæring (Flategruppe 6)		20143
Fylling (Flategruppe 7)		59551
Planum, jordskjæring		10591
Planum, fjellskjæring		16081
Planum, fylling		23898
Flåsprengning		9828
Lengde		m
Åpen grøft, jord		2380
Åpen grøft, fjell		2094
Lukket grøft, jord		0
Lukket grøft, fjell		0
Lukket grøft, fylling		0

#### 15.4. Mengderapport frå grøfteprofil 4.

**Novapoint**

Mengder sammensatt	Start profil:	0.00			
Sammendrag	Slutt profil:	4444.00			
Modell:	Veg 4	Dato endret:	sist	18.03.2015	
Mengde	Prosjekterte masser	Masseomregningsfaktorer	Utførte anbrakte masser	Areal lengde	og
Planering	m3		m3		
Jord	68112	1.00	68112		
Fjell	37177	1.40	52047		
Dypsprenging	0	-	0		
Fylling	310874	1.10	341962		
Tilskuddsmasser	m3		m3		
Jord	0	-	0		
Fjell	0	-	0		
Fylling	0	-	0		
Diverse mengder	m3				
Utskiftingsmasser	0				
Matjord	0				
Vegetasjon	0				
Utlagte masser	0				
Bakkeplanering, skjæring	0				
Bakkeplanering, fylling	0				
Justeringsmasser	0				
Avrunding, skjæring	323				

Avrunding, fylling	1031	
Inngår i planering	m3	
Lukket grøft, jordskjæring	0	
Lukket grøft, fjellskjæring	0	
Lukket grøft, fylling	0	
Tilleggsflater, jordskjæring	0	
Tilleggsflater, fjellskjæring	0	
Tilleggsflater, fylling	0	
Overbygning	m3	m2
Slitelag	1337	37774
Bindlag 1	973	38600
Bindlag 2	0	0
Bærelag 1	1992	39206
Bærelag 2	4165	40417
Forsterkningslag 1	25104	42823
Forsterkningslag 2	0	0
Filter- / Frostsikringslag	73	48597
Areal		m2
Midtdeler (Flategruppe 0)		0
Kjørebane (Flategruppe 1)		28899
Skulder (Flategruppe 2)		8892
Tilleggsflater (Flategruppe 3)		0
Grøft (Flategruppe 4)		18193
Fjellskjæring (Flategruppe 5)		6492
Jordskjæring (Flategruppe 6)		20698

Fylling (Flategruppe 7)	59473
Planum, jordskjæring	10585
Planum, fjellskjæring	16081
Planum, fylling	23907
Flåsprengning	10498
Lengde	m
Åpen grøft, jord	2330
Åpen grøft, fjell	2204
Lukket grøft, jord	0
Lukket grøft, fjell	0
Lukket grøft, fylling	0