

Sammenstilling og vurdering av alternative utforminger av vegens sideterreng

Håvar Birkeland Stormoen

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2014

Hovedveileder: Helge Mork, BAT

Medveileder: Nils Sigurd Uthus, Statens vegvesen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Sammenstilling og vurdering av alternative utforminger av vegens sideterreng	Dato: 10.06.2014		
	Antall sider (inkl. bilag): 91		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Håvar Birkeland Stormoen			
Faglærer/veileder: Helge Mork			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Nils Sigurd Uthus / Terje Giæver			

Ekstrakt:

Vegens sideterreng skal ivareta flere hensyn. Dette inkluderer blant annet trafikantenes sikkerhet ved utforkjøring, sørge for drenering av vegkroppen, lede bort overvann fra kjørebanelen samt være effektivt å drifte og vedlikeholde. Sikring av sideterrengen kan enten gjøres ved å sette opp rekkverk, eller ved å flate ut grøfteskråningen samt fjerne større steiner og andre faremomenter fra området nærmest vegen.

Målet med denne oppgaven har vært å utarbeide forskjellige forslag til utforming av vegens sideterreng, både med og uten bruk av rekkverk. De forskjellige forslagene er vurdert utfra sikkerhet, drenering, arealbruk, hensyn til drift og vedlikehold samt anleggskostnader. Oppgaven har også sett på relevante krav i forhold til utforming av sideterrengen i Norge, Sverige og USA.

Sammenligningen ga anbefalte utforminger innenfor fire forskjellige kategorier: løsmasseskjæring med åpen og lukket drenering, samt fjellskjæring med åpen og lukket drenering. Felles for alle de anbefalte forslagene var at de har en grøfteskråning med helning 1:6. Denne helningen gir bedre sikkerhet og bidrar til å gjøre drift- og vedlikeholdsarbeidet mer effektivt enn en helning 1:4. Slakere grøfteskråning betyr følgelig bredere profil. På grunn av kravene til sikkerhetssonens bredde vil forslagene i fjellskjæring bli veldig brede på veger med stor trafikk og høy fartsgrense. På disse vegene vil det nok derfor også i fremtiden være mest samfunnsøkonomisk å benytte rekkverk. Uansett viser denne oppgaven at det er mulig å bruke åpne dreneringsløsninger, også i fjellskjæringer, uten bruk av rekkverk.

På grunn av dreneringskapasiteten anbefales det at minimumskravet til grøftedybden økes fra 0,3 til 0,5 meter. For å utnytte den økte sikkerheten, bør det vurderes om kravet til sikkerhetens bredde kan reduseres hvis det benyttes en grøfteskråning med helning 1:6 istedenfor 1:4.

Stikkord:

1. Vegens sideterreng
2. Veggroft
3. Trafikksikkerhet
4. Rekkverk

Forord

Denne rapporten er resultatet av mitt arbeid med masteroppgaven som avslutter min tid som student ved Institutt for bygg, anlegg og transport ved NTNU. Arbeidet er gjennomført i 10. semester ved masterstudiet Bygg- og miljøteknikk, studieretning Veg, transport og geomatikk med hovedprofil Veg. Oppgaven er gjort i samarbeid med Statens vegvesen.

Jeg ønsket en oppgave i forbindelse med en av de sentrale håndbøkene til Statens vegvesen. Dette for å lære disse godt å kjenne, noe jeg så på som meget nyttig før jeg starter arbeidslivet som vegplanlegger. I samarbeid med Nils Sigurd Uthus, Terje Giæver og Randi Eggen hos Vegdirektoratet kom jeg fram til denne oppgaven om utforming av vegens sideterreng. Håpet er at oppgaven kan gi noen viktige innspill til videre arbeid med de aktuelle håndbøkene.

Mot slutten av arbeidet med oppgaven kom det ut en ny Håndbok 018, samt at alle håndbøkene skiftet navn. Dette skjedde én uke ført fristen på denne oppgaven. Derfor er de gamle navnene benyttet her. Kravene fra den gamle Håndbok 018 er også de som presenteres her, men det er prøvd å nevne de mest relevante kravene som er endret i den nye utgaven.

Til slutt vil jeg takke alle som har hjulpet meg i arbeidet med denne oppgaven. I første rekke gjelder dette Nils Sigurd Uthus og Terje Giæver hos Vegdirektoratet i Trondheim. De har hjulpet meg fremover når det har skortet på motivasjonen, samt vært med og diskutert faglige spørsmål. En stor takk rettes også til veileder ved NTNU, førsteamanuensis Helge Mork.

Trondheim, 10.06.2014

Håvar Birkeland Stormoen

Sammendrag

Vegens sideterreng skal ivareta flere hensyn. Dette inkluderer blant annet trafikantenes sikkerhet ved utforkjøring, sørge for drenering av vegkroppen, lede bort overvann fra kjørebanelen samt være effektivt å drifte og vedlikeholde. Sikring av sideterrenget kan enten gjøres ved å sette opp rekkverk, eller ved å flate ut grøfteskråningen samt fjerne større steiner og andre faremomenter fra området nærmest vegen. Vegens sideterreng er i denne oppgaven definert som området utenfor vegens skulderkant.

Målet med denne oppgaven har vært å utarbeide forskjellige forslag til utforming av vegens sideterreng, både med og uten bruk av rekkverk. De forskjellige forslagene er vurdert ut fra sikkerhet, drenering, arealbruk, hensyn til drift og vedlikehold samt anleggskostnader. Oppgaven har også sett på relevante krav i forhold til utforming av sideterrenget i Norge, Sverige og USA.

I Norge omhandles vegens sideområde hovedsakelig i to håndbøker, Håndbok 018, *Vegbygging*, og Håndbok 231, *Rekkverk og vegens sideområder*. Kravene i disse er ikke helt samstemte. For eksempel fører kravene i Håndbok 018 til at en åpen grøft må være minimum 1,0 meter dyp, mens Håndbok 231 kun tillater en grøftedybde på 0,6 meter før det stilles krav om rekkverk. Disse kravene er strengere enn i Sverige, hvor det kreves at grøfta skal være minimum 0,5 meter dyp og det tillates grøftedybder opptil 2,0 meter uten bruk av rekkverk.

Det meste av den generelle litteraturen tar for seg utforming av sideterreng kun med hensyn til trafiksikkerhet. Data om kostnader ved å bygge ulike utforminger viste det seg å være vanskelig å finne gode tall for. Derfor måtte det benyttes en enkel metode i sammenligningen av de forskjellige forslagene. Alle forslagene ble rangert innenfor hver av de fem vurderingskriteriene, og plassifrene ble lagt sammen.

Sammenligningen ga anbefalte utforminger innenfor fire forskjellige kategorier: løsmasseskjæring med åpen og lukket drenering, samt fjellskjæring med åpen og lukket drenering. Felles for alle de anbefalte forslagene var at de har en grøfteskråning med helning 1:6. Dette er slakere enn anbefalingene gitt i Håndbok 231. Fordelene er økt trafiksikkerhet og mulighet for vedlikeholdsmaskiner å operere på grøfteskråningen. Slakere grøfteskråning betyr følgelig bredere profil. På grunn av kravene til sikkerhetssonens bredde vil forslagene i fjellskjæring bli veldig brede på veger med stor trafikk og høy fartsgrense. På disse vegene vil det nok derfor også i fremtiden være mest samfunnsøkonomisk å benytte rekkverk. Uansett

viser denne oppgaven at det er mulig å bruke åpne dreneringsløsninger, også i fjellskjæringer, uten bruk av rekkverk.

På grunn av dreneringskapasiteten anbefales det at minimumskravet til grøftedybden økes fra 0,3 til 0,5 meter. Dette vil også ha andre fordeler som bedre kapasitet til snø og mindre problemer med utglidninger fra løsmasseskjæringer inn i vegen. Videre anbefales det å vurdere om kravet til sikkerhetssonens bredde kan reduseres hvis det benyttes en grøfteskråning med helning 1:6 for å utnytte den økte sikkerheten dette gir i forhold til en helning 1:4.

Summary

The roadside terrain should meet several demands. This includes minimizing the consequences of a run off accident, provide drainage of the superstructure, divert surface water from the road and it should be efficient to rehabilitate and maintain. The roadside could be secured either by a guardrail or by flattening the foreslope as well as removing rocks and other hazards close to the road. In this thesis, the roadside terrain is defined as the area outside the road shoulder.

The goal of this thesis is to develop different proposals of the roadside design, both with and without guardrails. The different proposals are evaluated on five different criteria: traffic safety, drainage capacity, land use, effective rehabilitation and maintenance and construction costs. This assignment has also looked at requirements relevant to roadside design in Norwegian, Swedish and American handbooks.

The roadside design is in Norway mainly covered by two handbooks, Handbook 018, *Road construction*, and Handbook 231, *Vehicle restraint systems and roadside areas*. Some of the requirements in these two handbooks are not coherent. For example, according to the requirements in Handbook 018, an open ditch should be at least 1.0 meter deep, but Handbook 231 only allows a depth of 0.6 metres before it demands the use of guardrails. This requirement is stricter than in Sweden. The Swedish handbook tells that the ditch should be at least 0.6 meter deep, and it allows ditches that are as deep as 2.0 metres without the use of guardrails.

Most of the literature about roadside design only addresses the traffic safety aspects of it. It proved difficult to find good data about the construction costs of different roadside designs. Therefore a quite simple method was used to compare the different proposals. All of the proposals were ranked within each of the five criteria. The best ones were found by adding together the ranking from all the criteria.

The comparison gave recommended designs in four different categories: soil cut with open and closed drainage, as well as rock cut with open and closed drainage. All of the recommended proposals have a foreslope of 1:6. Handbook 231 recommends a foreslope of 1:4. The benefits of using a foreslope of 1:6 are a reduction in accidents with personal injury and it allows maintenance equipment to operate on the foreslope, so that it does not interrupt other traffic. But a flatter foreslope gives a wider profile. Due to clear zone requirements, the rock cut proposals will be very wide on high-volume roads and roads with a high speed limit.

On these roads it will most probably be socioeconomic to use guardrails. Anyway, this thesis shows that it is possible to use an open drainage solution, also in rock cuts, without the use of guardrails.

Due to the drainage capacity of the ditch, the minimum depth in the Norwegian handbooks should be increased from 0.3 to 0.5 meters. This also gives other benefits such as improved capacity for snow during the winter and less problems with slides from soil cuts getting onto the road. Furthermore, it should be looked into whether or not the clear zone requirements could be reduced when using a foreslope 1:6 instead of 1:4 to exploit the increased safety it provides.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	iii
Sammendrag.....	v
Summary	vii
Figurer	xi
Tabeller.....	xiii
Liste med forkortelser og definisjoner	xv
1 Innledning.....	1
1.1 Leserveiledning.....	2
2 Metode.....	5
3 Litteraturstudie	7
3.1 Elementer i vegens sideterreng	7
3.1.1 Rekkverk	7
3.1.2 Grøft	8
3.1.3 Fylling og skjæring.....	9
3.1.4 Faremomenter.....	10
3.2 Norske håndbøker	10
3.2.1 Håndbok 018, Vegbygging.....	10
3.2.2 Håndbok 231, Rekkverk og vegens sideområder	13
3.2.3 Andre håndbøker	19
3.3 Svenske håndbøker	20
3.4 Amerikanske håndbøker	22
3.5 Annen litteratur	24
3.5.1 Notat av Harald Norem	28
3.6 Oppsummering av litteraturstudiet.....	33
4 Statusvurdering.....	35
5 Profiler av vegens sideterreng	39
5.1 Presentasjon av profilene	39
5.1.1 Løsmasseskjæring, åpen drenering.....	40
5.1.2 Løsmasseskjæring, lukket drenering	42
5.1.3 Fjellskjæring, åpen drenering	44
5.1.4 Fjellskjæring, lukket drenering.....	47
5.1.5 Oppsummering	49
5.2 Vurdering av profilene	50

5.2.1	Løsmasseskjæring	51
5.2.2	Fjellskjæring	55
5.2.3	Oppsummering	59
6	Diskusjon	61
6.1	Diskusjon av litteraturen	61
6.2	Diskusjon av resultater	62
6.3	Sammenligning mot dagens håndbøker	64
7	Konklusjon	67
7.1	Videre arbeid	68
	Referanseliste	69
	Liste over vedlegg	71

Figurer

Figur 1 Definisjon av vegens sideterreng, med aktuelle uttrykk.....	2
Figur 2 Arbeidsbredde (W) og deformasjonsbredde (D)	8
Figur 3 Eksempel på lukket drenering med drensledning,	8
Figur 4 Skisse som viser kravene til grøft ved åpen dreneringsløsning,	9
Figur 5 Normalprofil for bergskjæring når rekkverk ikke benyttes	11
Figur 6 Redusert skjæringsprofil med tilbakefylling mot berg	12
Figur 7 Dimensjonering av fanggrøft for steinsprang	12
Figur 8 Veiledning for valg av drens-system	13
Figur 9 Sikkerhetssonens bredde ved skråning brattere enn 1:4	16
Figur 10 Sikkerhetssonens (S) bredde ved stigende terreng	17
Figur 11 Største tillatte skråningshøyde uten behov for rekkverk	18
Figur 12 Dypeste tillatte grøfteprofil uten behov rekkverk ved fartsgrense ≤ 80 km/t.....	18
Figur 13 Minstekrav til utforming av tilbakefylling mot fjellskjæring,	19
Figur 14 Forslag til profil i skjæring uten rekkverk for motorveg	21
Figur 15 Plassering av rekkverk ved vegkanten.....	22
Figur 16 Foretrukket sammenheng mellom grøfteskråning og tilbakefylling i grøft.....	24
Figur 17 Utløpslengde for steinsprang fra en 12 meter høy, vertikal skjæring	27
Figur 18 Utløpslengde for steinsprang fra en 12 meter høy skjæring, med helning 1:1.	28
Figur 19 Relativ ulykkesfrekvens som funksjon av helningen på grøfteskråningen.....	29
Figur 20 Sammenheng mellom ulykkesfrekvens, helning på grøfteskråningen og ÅDT.	30
Figur 21 Sammenheng mellom relativ ulykkesfrekvens og avstand til farlig sidehinder.	30
Figur 22 Forslag til utforming, løsmasseskjæring med dyp sidegrøft.	32
Figur 23 Forslag til utforming, løsmasseskjæring med grunn sidegrøft.	32
Figur 24 Forslag til utforming, fjellskjæring med dyp sidegrøft.....	32
Figur 25 Forslag til utforming, fjellskjæring med grunn sidegrøft.	33
Figur 26 Eksempel med kort avstand mellom kantlinje og fjellskjæring.....	35
Figur 27 Eksempel med tilfredsstillende utforming av sideterreng.	36
Figur 28 Eksempel på ny veg med god utforming av sideterreng.....	36
Figur 29 Alternativ I, løsmasseskjæring med dyp grøft, uten rekkverk.....	40
Figur 30 Alternativ II, løsmasseskjæring med dyp grøft, uten rekkverk.....	40
Figur 31 Alternativ III, løsmasseskjæring med dyp grøft, uten rekkverk.	41
Figur 32 Alternativ IV, løsmasseskjæring med dyp grøft, uten rekkverk.....	41
Figur 33 Alternativ V, løsmasseskjæring med dyp grøft, uten rekkverk.	42
Figur 34 Alternativ VI, løsmasseskjæring med dyp grøft og rekkverk.....	42
Figur 35 Alternativ VII, løsmasseskjæring med grunn grøft, uten rekkverk.	43
Figur 36 Alternativ VIII, løsmasseskjæring med grunn grøft, uten rekkverk.....	43
Figur 37 Alternativ IX, løsmasseskjæring med grunn grøft, uten rekkverk.....	44
Figur 38 Alternativ X, løsmasseskjæring med grunn grøft, uten rekkverk.....	44
Figur 39 Alternativ XI, fjellskjæring med dyp grøft, uten rekkverk.	45
Figur 40 Alternativ XII, fjellskjæring med dyp grøft, uten rekkverk.....	45
Figur 41 Alternativ XIII, fjellskjæring med dyp grøft, uten rekkverk.	46
Figur 42 Alternativ XIV, fjellskjæring med dyp grøft, uten rekkverk.....	46
Figur 43 Alternativ XV, fjellskjæring med dyp grøft og rekkverk.	47
Figur 44 Alternativ XVI, fjellskjæring med grunn grøft, uten rekkverk.....	47

Figur 45 Alternativ XVII, fjellskjæring med grunn grøft, uten rekkverk.	48
Figur 46 Alternativ XVIII, fjellskjæring med grunn grøft og rekkverk.	48
Figur 47 Det skraverte område viser arealet på det åpne tverrsnittet i grøfta.	51

Tabeller

Tabell 1 Fordeler med åpen og lukket drenering.....	9
Tabell 2 Krav til sikkerhetsavstand langs en veg	15
Tabell 3 Krav til minimumsbredde for sikkerhetssonen i Sverige.	21
Tabell 4 Amerikanske forslag til sikkerhetssonens bredde,	23
Tabell 5 Virkninger på skadegrad i ulykker med stålrekkverk langs vegkanten	25
Tabell 6 Forslag til lavere sikkerhetsavstand for grøfteskråninger med helning 1:6.	31
Tabell 7 Oppsummering av de ulike alternativene.....	49
Tabell 8 Rangering av alternativene mht. sikkerhet.....	52
Tabell 9 Rangering av alternativene mht. drenering.	53
Tabell 10 Rangering av alternativene mht. arealbruk.	53
Tabell 11 Rangering av alternativene mht. drift og vedlikehold.....	54
Tabell 12 Rangering av alternativene mht. anleggskostnader.....	55
Tabell 13 Rangering av alternativene mht. sikkerhet.....	56
Tabell 14 Rangering av alternativene mht. drenering.	56
Tabell 15 Rangering av alternativene mht. arealbruk.	57
Tabell 16 Rangering av alternativene mht. drift og vedlikehold.....	58
Tabell 17 Rangering av alternativene mht. anleggskostnader.....	58
Tabell 18 Sammenstilling av alle alternativene i løsmasseskjæring.	59
Tabell 19 Sammenstilling av alle alternativene i fjellskjæring.	59

Liste med forkortelser og definisjoner

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
Hb018	Forkortet skrivemåte for Statens vegvesens Håndbok 018, Vegbygging
Hb231	Forkortet skrivemåte for Statens vegvesens Håndbok 231, Rekkverk og vegens sideområder
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet
NTP	Nasjonal Transportplan
NVDB	Nasjonal vegdatabank
VGU	Vägars och gators utforming, Svensk håndbok for planlegging, prosjektering, bygging og vedlikehold av veger
ÅDT	Årsdøgntrafikk

1 Innledning

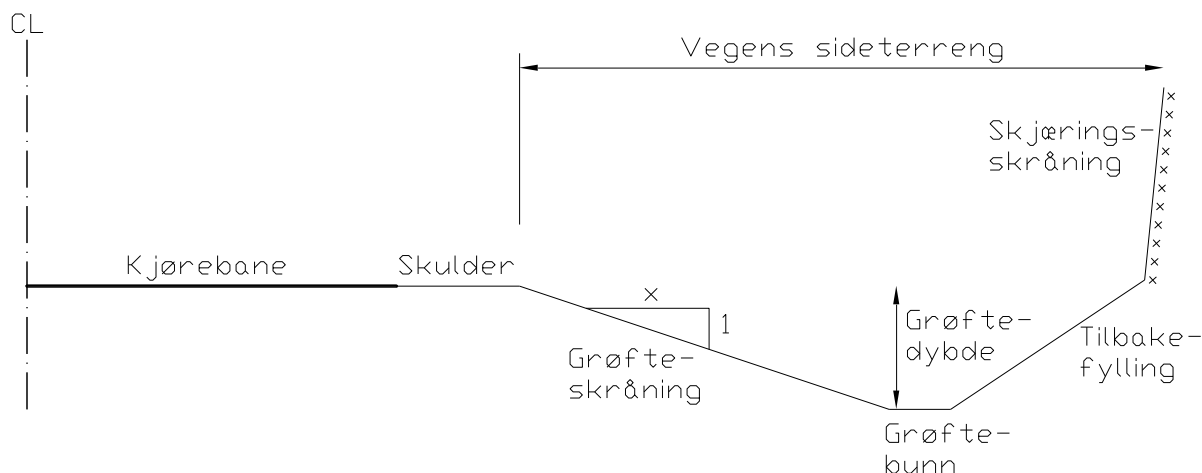
I perioden 2005 – 2012 var 34 % av alle dødsulykker i trafikken utforkjøringsulykker (Haldorsen, 2013). Farlig sideterreng regnes som en medvirkende faktor til skadeomfanget i 23 % av alle dødsulykkene i samme tidsperiode. Tallene er tilsvarende i andre land. I USA var 28,1 % av alle dødsulykker i trafikken utforkjøringsulykker hvor kun én bil var involvert (AASHTO, 2011). Det er tydelig at det er stort potensial i å bedre sikkerheten i vegens sideterreng. Utbedring av vegens sideterreng er derfor et viktig tiltak for å nå målene i gjeldende NTP om å halvere antall drepte og hardt skadde i vegtrafikken (Samferdselsdepartementet, 2013).

Samtidig skal sideterrenget ivareta flere funksjoner. For å sikre drenering av vegens overbygning, og ta hånd om overvannet er det nødvendig med en grøft. I tillegg kan sideterrengets utforming ha noe å si for effektiv drift og vedlikehold av vegnettet. På toppen av dette skal terrenginngrepet helst være så lite som mulig. Dette både av estetiske og kostnadmessige hensyn. I praksis betyr dette at den totale bredden på veg og sideterreng skal være minst mulig.

At vegens sideterreng skal dekke flere funksjoner fører ofte til konflikter. En ønsker dype grøfter for å få god drenering, dette er derimot ikke ønskelig ut fra hensyn til trafikksikkerhet. På grunn av Norges topografi ligger mange veger i store skjæringer og i bratte fjellsider. Dette har gjort det nødvendig å bruke rekkverk for å minske konsekvensene av en utforkjøring.

Denne oppgaven skal fremme flere ulike løsninger til utforming av vegens sideterreng. Disse skal så sammenlignes ut fra fem kriterier: sikkerhet, drenering, arealbruk, anleggskostnader og hensynet til drift og vedlikehold. Det skal sees på løsninger både med og uten bruk av rekkverk. Til slutt skal de beste løsningene vurderes opp mot anbefalingene i dagens norske håndbøker. I tillegg til dette skal oppgaven også gjennomføre en kort statusvurdering av sideterrenget på norske veger ved hjelp av NVDB.

Vegens sideterreng er området mellom vegen og tilstøtende terreng. I denne oppgaven er dette definert som den delen av veginngrepet som ligger utenfor skulderen, se figur 1. Dette inkluderer grøfteskråning, grøftebredden, eventuell tilbakefylling mot skjæring og skjæringsskråningen. Utformingen av selve skjæringsskråningen er ikke behandlet i særlig grad i denne oppgaven.



**Figur 1 Definisjon av vegens sideterreng, med aktuelle uttrykk.
Grøfteskråningen har her en helning 1:x.**

1.1 Leserveiledning

Under er det gitt en kort beskrivelse av innholdet i hvert kapittel. Til slutt er det gjort noen presiseringer rundt begrep brukt i teksten.

Kapittel 2 beskriver metoden som er brukt i oppgaven. Dette inkluderer metoden som er brukt for å sammenligne og vurdere de ulike løsningene for utformingen av vegens sideterreng.

Kapittel 3 presenterer relevant litteratur. Dette inkluderer relevante krav fra norske, svenske og amerikanske håndbøker.

I kapittel 4 er det ved hjelp av NVDB foretatt en vurdering av status for sideterrengets utforming på norske veier i dag.

Kapittel 5 viser de ulike forslagene til løsninger. Også vurderingen av løsningene presenteres her.

Kapittel 6 diskuter resultatene fra sammenstillingen av de ulike løsningene. Kapitlet inkluderer også en sammenligning av de beste løsningene fra kapittel 5 opp mot anbefalingene i de norske håndbøkene.

Til slutt konkluderes det i kapittel 7. Kapitlet inneholder og en oppsummering av oppgaven, samt anbefalinger om hvordan resultatene kan brukes videre.

Flere steder i teksten er helninger på skråninger og fyllinger nevnt. De benevnes 1:x (leses «1 på x»). 1 viser her til den vertikale og x til den horisontale avstanden, jamfør figur 1.

Statens vegvesens håndbøker 018, Vegbygging, og 231, Rekkverk og vegens sideområde, nevnes så ofte i teksten at det er valgt å forkorte de til henholdsvis Hb018 og Hb231. 1. juni 2014 innførte Statens vegvesen et nytt nummersystem for sine håndbøker (Statens vegvesen, 2014a). Hb018 er endret til N200, mens Hb231 er endret til N101. Disse endringene inntraff så sent at de gamle numrene er brukt i denne oppgaven. Den 1. juni 2014 kom det også ut en ny utgave av Hb018 (N200). Dette var så tett opptil fristen for denne oppgaven, slik at den nye utgaven ikke er gjennomgått i detalj. I den nye utgaven er det hovedsakelig kapittel 5, Vegfundament, som er revidert (Statens vegvesen, 2014b). Det er likevel noen endringer som er relevante for denne oppgaven. Dette er ikke inkludert i litteraturstudiet (kap. 3), men nevnes kort i diskusjonskapittelet (kap. 6).

2 Metode

Dette kapittelet forklarer kort om metodene brukt i denne oppgaven. Først ble det gjennomført en litteraturstudie for å danne en basis for utarbeidelsen av forslag til utformingen av vegens sideområde. I tillegg til litteratursøk danner også data fra *Nasjonal vegdatabank* (NVDB) et grunnlag. Gjennom å se på bilder av vegene som ligger inne her, er det dannet et bilde av hvordan situasjonen er på norske hovedveger i dag.

Med utgangspunktet i litteratursøket ble det utformet flere forslag til profiler for utforming av vegens sideterreng. Profilene ble delt i to kategorier, hvor hver kategori igjen hadde to underkategorier:

- Løsmasseskjæring
 - Med åpen drenering
 - Med lukket drenering
- Fjellskjæring
 - Med åpen drenering
 - Med lukket drenering

Profilene ble sammenlignet mot hverandre innenfor sin kategori, men det ble kåret en vinner for hver underkategori. Til slutt vil det altså stå igjen fire anbefalte profiler. Sammenligningen ble gjort ut fra vurderingskriteriene gitt i oppgaveteksten:

- Sikkerhet
- Drenering
- Arealbruk
- Hensyn til drift og vedlikehold
- Anleggskostnader

Profilene ble sammenlignet ved hjelp av sammenligningsmetoden *enkel rangordning* (Arge & Lerstang, 1974). I enkel rangordning rangeres profilene etter hvor bra de oppfyller målene for hvert vurderingskriterium. De forskjellige kriteriene kan gis ulik vektning, men det er ikke valgt her. For hvert alternativ summeres plassifrene fra alle vurderingskriteriene. Vinneren blir dermed det alternativ med minst totalsum.

Metoden har en stor svakhet ved at den kun viser om et profil er bedre eller dårligere enn et annet, og ikke hvor mye bedre/dårligere det er. Styrken ligger i at den er forholdsvis enkel å

bruke, og viser et tydelig resultat. Det ble besluttet å benytte metoden her, fordi det for flere av kriteriene ble vanskelig å si hvor mye bedre et alternativ var i forhold til et annet. Dette skyldes mangel på data.

De foreslåtte alternativene i denne oppgaven er kun testet med bakgrunn i data det har vært mulig å oppdrive i litteraturstudie. Det er ikke utført noen tester av profilene på noen måte.

3 Litteraturstudie

Dette kapitlet tar for seg relevant litteratur for utforming av vegens sideterreng. Det starter med en kort beskrivelse av de ulike elementene i vegens sideterreng. Deretter er det en gjennomgang av hva de norske håndbøkene sier. Videre gjennomgås svenske og amerikanske håndbøker, med vekt på det som skiller seg fra de norske. Til slutt presenteres litt annen relevant litteratur.

Litteratur ble funnet ved søk i Bibsys og i søkemotorene *Google* og *Google Scholar*. Typiske søkeord har vært: *vegens sideterreng*, *grøfteutforming* og *rekkverk* samt tilsvarende på engelsk. Også pensum fra tidligere fag på NTNU har blitt benyttet noe, særlig faget TBA4335 *Vegplanlegging og –teknologi*. Notatet *Refleksjoner om utforming av vegens sideterreng* er også brukt flittig. Dette er et internt notat for Statens vegvesen, utarbeidet av Harald Norem (2012). Notatet gjennomgår relevant litteratur og gir anbefalinger til hvordan sideterrenget bør utformes.

Det meste av litteraturen som er funnet knyttet til vegens sideterreng gir råd med tanke på sikkerhet eller drenering hver for seg. Det virker altså som om det er lite litteratur som omhandler alle funksjoner som sideterrenget skal oppfylle under ett.

3.1 Elementer i vegens sideterreng

Sideterrenget kan inneholde forskjellige elementer. Dette kapitlet gir en kort beskrivelse av de ulike elementene.

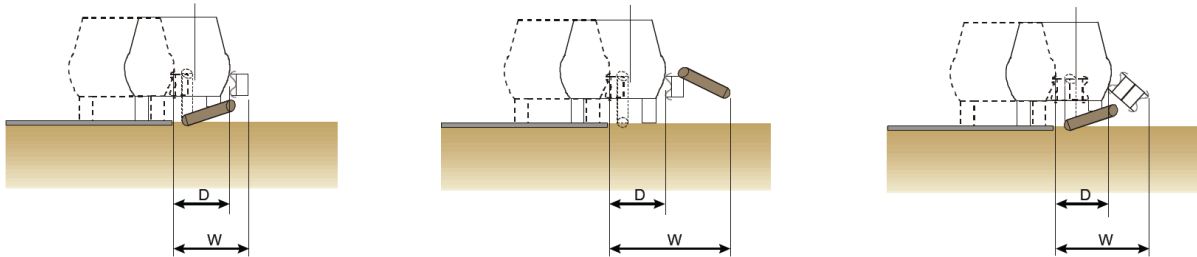
3.1.1 Rekkverk

Rekkverk er en anordning som settes opp for å øke trafikksikkerheten på vegen. De er ikke primært utviklet for å forebygge ulykker, men for å redusere skadegraden når en ulykke forekommer. Derfor skal alltid alternativer til rekkverk vurderes. Dette kan gjøres ved å endre vegens sideområde, fjerne faremomentet eller erstatte det med ettergivende konstruksjon (Statens vegvesen, 2011).

Rekkverk skal redusere skadeomfanget på mennesker og materiell ved en utforkjøring. Formålet er altså å hindre konflikter ved høye skråninger, dype og bratte grøfter og vann, motgående trafikk, myke trafikanter og lignende. Rekkverket skal lede kjøretøyet i en liten vinkel tilbake mot kjørebanelen eller langs rekkverket det stopper (Statens vegvesen, 2013b).

Siderekkverk, midtrekkverk og brurekkverk omfattes normalt i begrepet rekkverk. De vanligste rekkverkstypene er stålskinnerekkverk, betongrekkverk, wirerekkverk og

rørrekkverk. Rekkverkstype velges med basis i nødvendig styrkeklasse, arbeidsbredde eller deformasjonsbredde samt skaderisikoklasse. Figur 2 illustrerer begrepene arbeidsbredde og deformasjonsbredde. Skaderisiko er definert utfra rekkverkets stivhet, og er et uttrykk for skadene som en påkjørsel av rekkverket kan føre til (Statens vegvesen, 2013b).

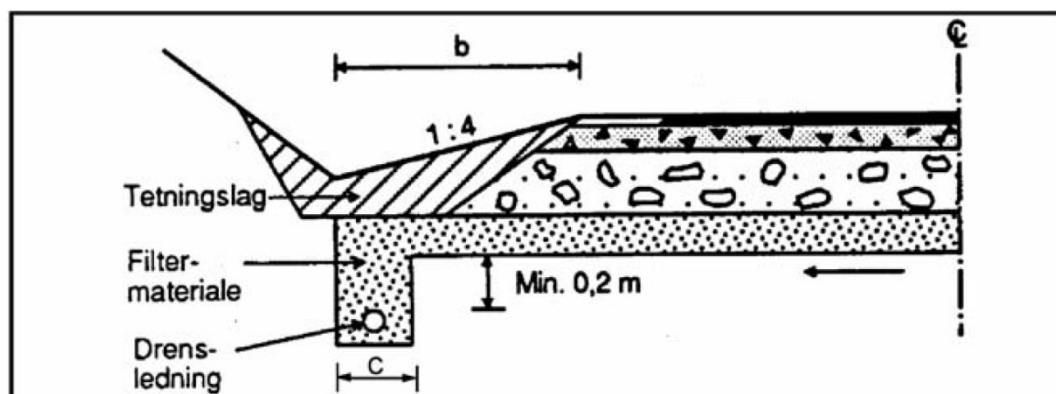


Figur 2 Arbeidsbredde (W) og deformasjonsbredde (D), kopi av figur 3.2 i Hb231.

3.1.2 Grøft

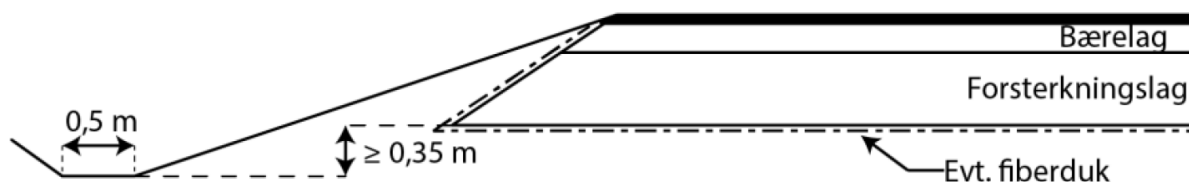
Effektiv drenering er noe av det viktigste i forbindelse med veger. Dårlig drenering av vegens overbygning reduserer vegens bæreevne og øker risikoen for telehiv. Dreneringssystemet skal i tillegg ta unna overvann fra kjørebanelen, samt sikre mot flomskader, ras og erosjon (Hovd, 2011a). Det er to typer dreneringssystem, åpen og lukket. Utforminga av grøfta avhenger i stor grad av hvilket system som velges. Et åpent system krever en grøft som er minst 0,35 meter dypere enn vegens overbygning for å kunne drenere vegkroppen, dette er vist i figur 4. I et lukket system kan en ha en grunn grøft, siden det kun er overflatevannet som samles her. Overbygningen dreneres her ved hjelp av dreneringsrør eller selvdrenerende materialer under den grunne grøfta. Et eksempel på utforming av lukket drenering er vist i

figur 3. Tabell 1 viser fordeler for hver av de to dreneringssystemene.



Figur 3 Eksempel på lukket drenering med drensledning, kopi av figur 406.3 i Hb018.

Grøfta i seg selv inneholder flere elementer, disse er vist i figur 1. Nærmest vegskuldra er grøfteskråningen. Grøfteskråningens bredde og helning bestemmer grøftas dybde. Bunnen av grøfta kan ha flere forskjellige utforminger. Den kan for eksempel være flat, u-formet eller v-formet.



Figur 4 Skisse som viser kravene til grøft ved åpen dreneringsløsning, kopi av figur 406.3 i N200.

Tabell 1 Fordeler med åpen og lukket drenering, kopi av figur 406.1 i Hb018.

Fordeler ved lukket system	Fordeler ved åpent system
Bedre trafikksikkerhet	Generelt lite vedlikehold ved stabile grøfteskråninger
Redusert arealinngrep og mindre masseuttak	Ofte lavere anleggskostnader
Ved lite lengdefall på vegen ($s < 5 \%$) unngås ekstra masseuttak til ondulering (gi grøfta vekslende fallretning) av grøft i åpent system	Ekstra sikt i kurver pga. større terrenginngrep, bredere grøfter
Redusert erosjon over lengre grøftestrekninger ved bruk av nedføringskummer	Lettere å fastslå behov for eventuelt vedlikehold
Driftssikkerhet ved små fall (ingen lokale vannlommer)	Mindre behov for tilførsel av byggemateriale, som rør og gjenfyllingsmasser
Gunstigere mht. estetikk og miljø	Bedre plass til snølagring
Bedre mht. innspenningsforhold (kantbæreevne)	Normalt har åpent system bedre reservekapasitet og sikkerhet ved flom

3.1.3 Fylling og skjæring

Hvis vegen ligger lavere eller høyere enn opprinnelig terreng, er det behov for en fylling eller en skjæring. En skjæring kan ligge i både fjell og løsmasse. Utformingen av fyllinger og skjæringer er viktig fra et vedlikeholds- og sikkerhetsmessig perspektiv. Fyllingens (og grøfteskråningens) helning er en viktig del sideterrengets utforming, og beskrives videre senere i oppgaven.

I løsmasser avhenger maksimal helning for skråningen av jordartens stabilitetsegenskaper og erosjonsforholdene. Den varierer typisk mellom 1:1,5 for grus og 1:2 for silt. For fjellskjæringer bestemmes utformingen av geologi, trafikksikkerhet og landskapstilpassing. Vanligvis

sprenges fjellskjæringer med en helning mellom 5:1 og loddrett. Skjæringen bør av trafikksikkerhetsmessige årsaker ikke ha utstikkende partier større enn 0,3 meter (Hovd, 2011b).

3.1.4 Faremomenter

Faremomenter langs vegen deles inn i fire hovedkategorier (Statens vegvesen, 2013b):

- Faste sidehindre medfører alvorlig skaderisiko ved påkjøring. Dette kan for eksempel være kulverter, lysmaster, stein, fjell, store trær, vann, murer og bygninger.
- Farlige skråninger som er så bratte at et kjøretøy vil velte eller bråstoppe ved utforkjøring.
- Øvrige trafikanter som gående, syklende eller motgående kjøretøy
- Spesielle anlegg som ved påkjøring vil kunne resultere i sekundærulykker med meget alvorlige og omfattende følgeskader. Langsgående eller kryssende jernbane, drivstofftanker og vannreservoarer er eksempler på spesielle anlegg.

3.2 Norske håndbøker

Statens vegvesen gir ut en rekke håndbøker som omhandler vegprosjektering og vegbygging. Utforming av vegens sideterreng omfattes hovedsakelig av krav gitt i Hb018, Vegbygging og Hb231, Rekkverk og vegens sideområder. Disse håndbøkene er normaler, noe som betyr at de er hjemlet i lovverk og gjelder for alle offentlige veier/gater. I videre delkapitler presenteres relevante krav og anbefalinger fra de nevnte håndbøkene.

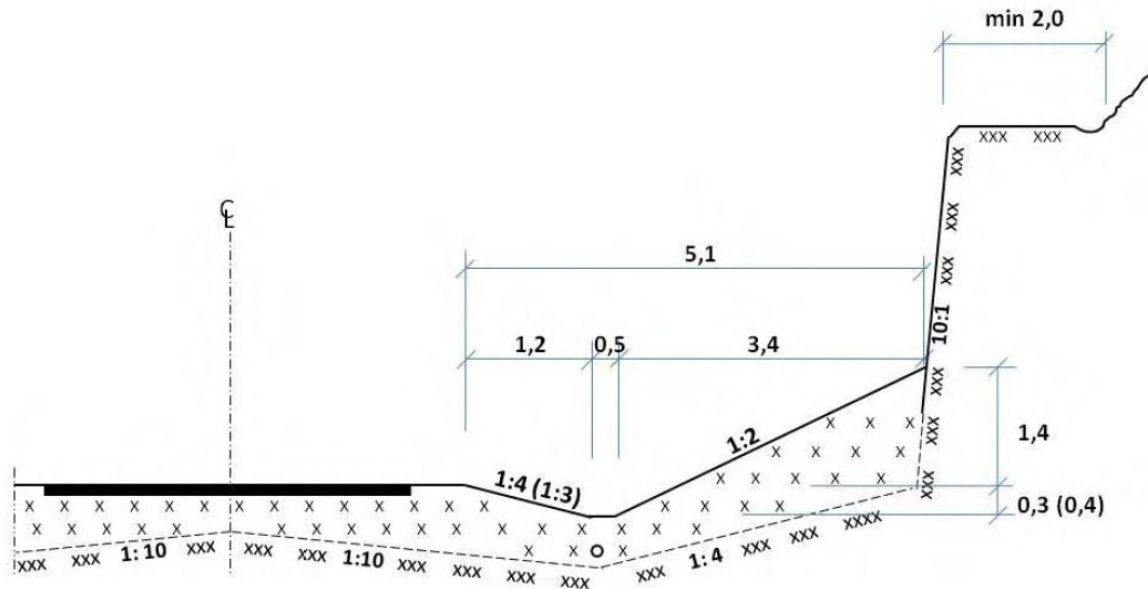
3.2.1 Håndbok 018, Vegbygging

Håndbok 018 inneholder material- og utførselskrav for veganlegg. Krav til utformingen av sideterrenget er følgelig også gitt her. Dette innbefatter krav om grøfteutforming med hensyn til drenering, samt høyder og helning på skjæringer og fyllinger.

I kapittel 22 gis det krav til skjæringer i berg. Skjæringens helning bestemmes ofte ut fra lagdeling og brudd i bergveggen. Uansett benyttes ikke brattere helning enn 10:1. Bergskjæringer med lengde mindre enn 20 meter, samt bergpartier i jordskjæringer, bør utformes med samme helning som tilstøtende jordskjæring. Dette gjøres ut fra vegtype, trafikksikkerhet og estetikk.

Ved bergskjæringer hvor det ikke benyttes rekkverk, skal det benyttes tilbakefylling mot skjæringsveggen, se figur 5. Tilbakefyllingen skal ha en høyde på minimum 1 meter over kjørebanelen. Samtidig bør den ikke være høyere enn vist i figur 5 for å hindre at eventuelle steinnedfall får så stor rulleenergi at de kommer inn i vegbanen. I figur 6 er det vist et smalere

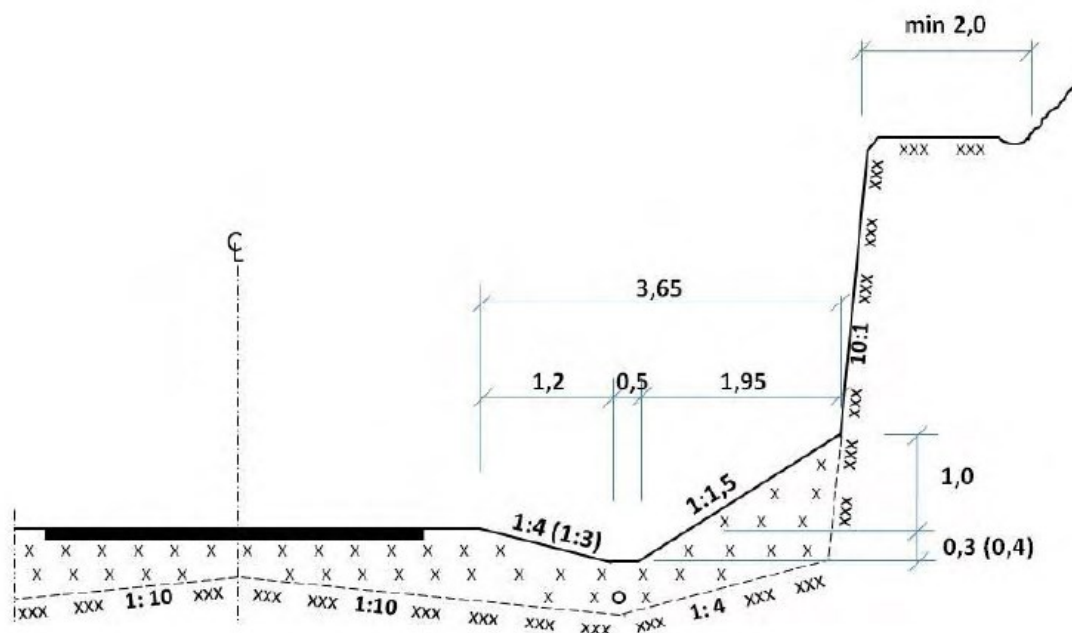
alternativ som kan benyttes i vanskelig eller kostbart/sårbart terreng. Øverst i tilbakefyllingen bør det anvendes masser som demper bevegelsesenergien til eventuelle nedfall. Grus egner seg godt til dette.



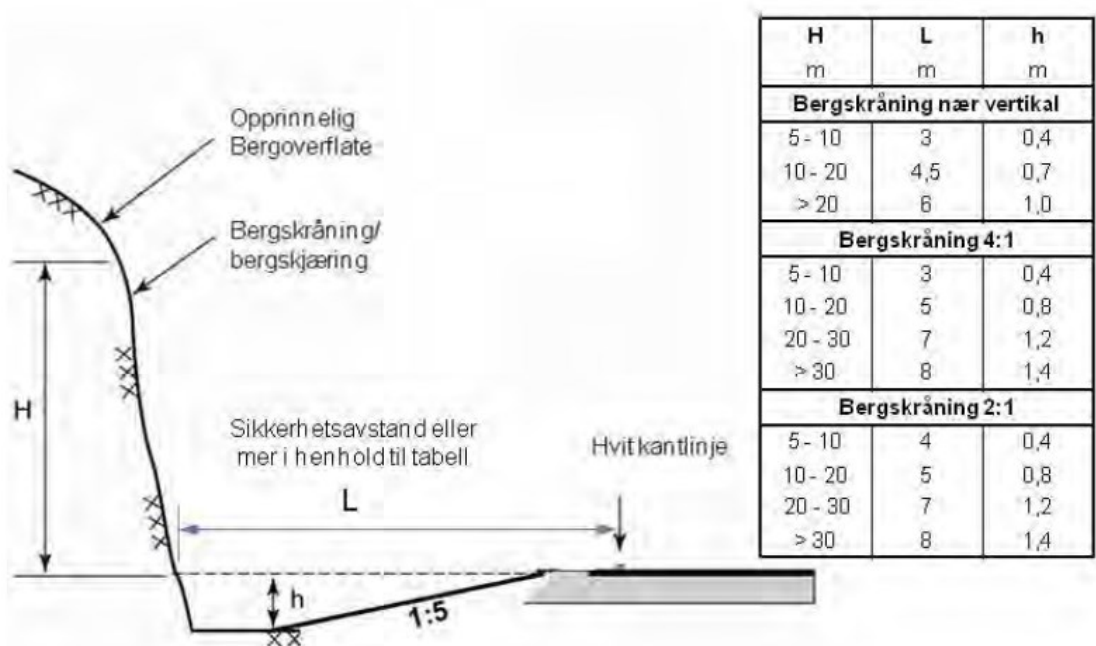
Figur 5 Normalprofil for bergskjæring når rekkverk ikke benyttes, kopi av figur 225.1 i Hb018.

Der det er fare for at steinnedfall kan forekomme, til tross for sikringstiltak, benyttes en fanggrøft for å fange opp nedfallet. Fanggrøft skal utformes i henhold til figur 7. Grøftas dybde kan her medføre krav til rekkverk.

Iskjøving oppstår når vann kommer i kontakt med åpne, kalde flater (Norem, 2012). Vannet starter da å fryse der vannet ikke renner konsentrert. Så lenge det er tilgang på vann, vil iskjøvingen vokse ved å bre seg ut til siden. Ved små høydeforskjeller vil vannet dermed dekke store flater. I Hb018 foreslås det drenering av skjæringer, for eksempel ved bruk av drenasjehull, brede grøfter eller bruk av steinsprangnett.



Figur 6 Redusert skjæringsprofil med tilbakefylling mot berg, kopi av figur 225.2 i Hb018.



Figur 7 Dimensjonering av fanggrøft for steinsprang, kopi av figur 225.4 i Hb018.

Kapittel 24 gir krav til skråninger og skjæringer i jord. Skråningshelningen skal tilpasses jordartens stabilitetsegenskaper samt erosjonsforholdene. Dette bestemmes ut fra geotekniske undersøkelser. Generelt varierer helningen fra 1:1,5 for stein til 1:3 for leire. I mange tilfeller ønskes en slakere helning enn dette ut fra estetiske, miljømessige, sikkerhetsmessige, på grunn av snøforhold og ut fra landbruksmessig utnyttelse. For dyrkningsjord er bratteste

akseptable helning vanligvis 1:6. Helning på 1:1,5 er altså det bratteste som er praktisk mulig i løsmasseskjæringer. En så bratt helning gir krav til massene som kan brukes. Dette er en grunn til at det ofte brukes helninger på 1:2 eller slakere.

Fyllinger omtales i kapittel 25. Skråningshelningen for fyllinger kan være noe brattere enn for skjæringer. Tillatt helning varierer fra 1:1,25 for stein til 1:2 for silt. Eventuelt behov for rekkverk omhandles i Hb231.

Som forklart i kapittel 3.1.2 er det to hovedtyper av dreneringssystem, åpen og lukket. Veiledning til valg av dreneringssystem er vist i figur 8. Her ser en at lukket system bør brukes i tett bebyggelse, samt på veger med stor trafikk.

Vegtype	ÅDT	Bebyggelse		
		Spredt	Middels	Tett
H	> 5000	Å/L	L	L
H	< 5000	Å	Å	L
S, A	< 5000	Å	Å/L	L
G/S		Å/L	Å/L	L

Å= Åpent system
L= Lukket system

Figur 8 Veiledning for valg av drens-system, kopi av figur 406.2 i Hb018.

Ved bruk av åpen drenering, skal sidegrøften ha en dybde 0,35 meter under vegens overbygning. Grøftebunnen skal være flat og ha en bredde på 0,5 meter. Dybden på vegens overbygning varierer avhengig av grunnforhold og ÅDT for tunge kjøretøy. Vanligvis har den en tykkelse på mellom 0,6 og 1,1 meter. Dette betyr at den åpne grøfta må ha en dybde på cirka 1,0 – 1,5 meter.

3.2.2 Håndbok 231, Rekkverk og vegens sideområder

Hb231 gir krav til rekkverk, behov for rekkverk og vegens sideområde. Håndboka er forankret i nullvisjonens mål om kraftig reduksjon i antall drepte og hardt skadde. Dagens Hb231 gjelder fra januar 2014. Den nye utgaven har ingen endringer i kravene til grøfter og behovet for rekkverk ved skjæringer. En prosjektgruppe er satt ned for å utarbeide et rundskriv som skal erstatte kravene til grøfter i Hb231 og andre håndbøker som omtaler temaet. Alt som presenteres i dette delkapitlet tar derimot utgangspunkt i gjeldene Hb231 (Statens vegvesen, 2013b).

For å ha en god sikkerhet langs vegen bør faremomenter unngås. Rekkverk er et faremoment, og bør derfor kun settes opp om de beskytter mot en større fare. Av denne grunn skal

alternative løsninger alltid vurderes før det besluttes å sette opp rekkverk. Alternative løsninger er for eksempel å:

- fylle opp sideterrenget for å unngå høye og bratte fyllinger
- flate ut fyllinger og runde av skråningstopper og -bunner
- utvide bergkjæringer og legge opp avrundete voller mot bergskjæringene
- sprengte ut bergskjæringer med jevnest mulig overflate
- benytte lukkede grøfter
- benytte påkjørselssikre støyskjermer
- benytte jordvoll eller fanggrøfter i stedet for rekkverk
- fjerne eller flytte faremomenter
- benytte ettergivende lysmaster, skiltmaster m.m.
- benytte tilstrekkelig bredde på trafikkskillet til gang- og sykkelveger
- flytte veglinjen

Disse løsningene skal fortrinnsvis velges istedenfor rekkverk. Men hvis rekkverk gir en vesentlig besparelse i forhold til alternativene, skal det settes opp hvis kravene tilsier det.

Sikkerhetssonen

Hb231, kapittel 2.2, beskriver hvordan sikkerhetssonens bredde skal bestemmes. Sikkerhetssonen er et område utenfor kjørebanelen hvor det ikke skal forekomme faremomenter som er farlige for trafikantene.. Sikkerhetssonens bredde måles fra kjørebaneløkant (hvit linje) og vinkelrett og horisontalt ut i sideterrenget. Selv om nødvendig bredde for sikkerhetssonen kan finnes eksakt, sier Hb231 at eventuelle faremomenter som befinner seg like utenfor sikkerhetssonen også bør vurderes fjernes eller sikres med rekkverk. Sikkerhetssonens bredde finnes med utgangspunkt i følgende formel:

$$S = A + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$$

S = sikkerhetssonens bredde

A = sikkerhetsavstanden

T_1 = tillegg for krappe kurver

T_2 = tillegg/fratrekk for skråninger

T_3 = tillegg for øvrige trafikanter, jernbane

T_4 = tillegg for spesielle anlegg

T_5 = tillegg for midtdeler

Sikkerhetsavstanden er utgangspunktet for å beregne bredden på vegens sikkerhetssone.

Denne avhenger kun av ÅDT og fartsgrense. Dagens krav til sikkerhetsavstand er vist i tabell

2. For nye veger skal det benyttes forventet ÅDT 20 år etter åpning.

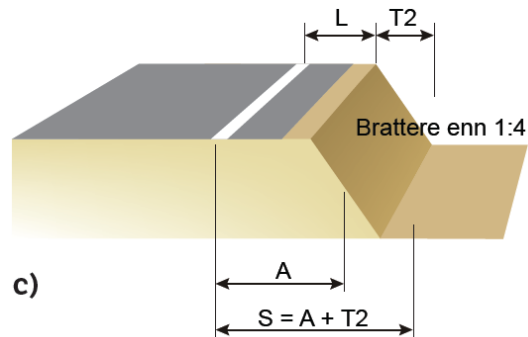
Tabell 2 Krav til sikkerhetsavstand langs en veg, kopi av tabell 2.2 i Hb231.
*** Gjelder bare for nye veger. For eksisterende benyttes verdier for ÅDT 4000 – 12000.**

ÅDT	Fartsgrense [km/t]			
	50	60	70 og 80	≥ 90
0 – 1500	2,5 m	3 m	5 m	6 m
1500 – 4000	3 m	4 m	6 m	7 m
4000 – 12000	4 m	5 m	7 m	8 m
≥ 12000	5 m*	6 m*	8 m*	10 m*

I krappe ytterkurver vil utforkjøringslengden vanligvis bli større enn på rett strekning grunnet større utforkjøringsvinkel. Derfor skal sikkerhetssonens bredde økes med to meter i kurver med horisontalradius mindre enn R_{\min} ($T_1 = 2$ meter). R_{\min} er minste tillatte radius, og verdier finnes i håndbok 017, Veg- og gateutforming. I utgangspunktet skal det derfor ikke finnes kurver krappere enn R_{\min} , men det kan forekomme i spesielle tilfeller. For horisontalkurver med radius større en R_{\min} er det ikke noe tillegg.

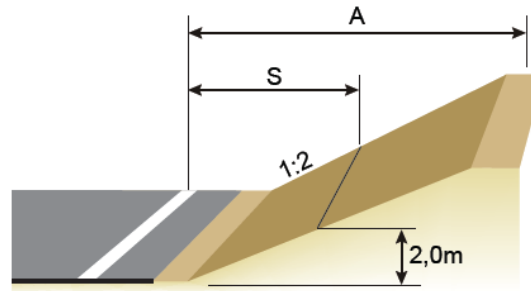
Helningen på skråninger i vegens sideterreng kan ha stor innvirkning på sikkerhetssonens bredde. For fall er 1:4 angitt som den kritiske helningsgraden. Er helningsgraden 1:4 eller slakere, vil et kjøretøy kunne retarderes og kontrolleres i stor nok grad. Slike skråninger gir ikke noe tillegg til sikkerhetssonens bredde ($T_2 = 0$). For alle grøfteskråninger hvor helningen er 1:4 eller brattere, skal grøfteskråningstopp og grøfteskråningsfot avrundes. Dette gjøres for å redusere faren for at kjøretøy velter i skråningen.

I skråninger med fall brattere enn 1:4, sier Hb231 at kjøretøyet vil tvinges ned skråningen til skråningsfoten. Dette betyr at det må legges til et tillegg i sikkerhetssonens bredde. Tillegget er satt til å være like stort som skråningens bredde, se figur 9.

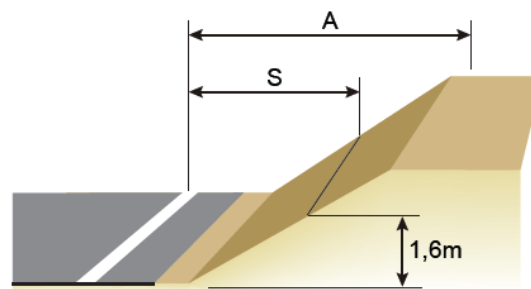


Figur 9 Sikkerhetssonens bredde ved skråning brattere enn 1:4, kopi av figur 2.4c i Hb231.

Helningsgraden har også stor innflytelse på sikkerhetssonens bredde i jordskjæringer. I jordskjæringer med helning slakere enn 1:2, er det hverken noe tillegg eller fratrukk til sikkerhetssonens bredde ($T_2 = 0$). For skråninger med helning lik 1:2, går sikkerhetssonen kun fram til det punktet hvor skråningen er 2,0 meter over vegbanenivå, se figur 10. Tilsvarende vises det også i figur 10 at sikkerhetssonen kun går fram til det punktet hvor skråningen er 1,6 meter over vegbanenivå ved en stigning brattere enn 1:2. Sikkerhetssonen er i disse tilfelle uansett ikke større enn sikkerhetsavstanden.



b) Stigning 1:2



c) Stigning brattere enn 1:2

Figur 10 Sikkerhetssonens (S) bredde ved stigende terreng, kopi av figur 2.5b-c i Hb231.

De tilleggene til sikkerhetsavstanden som er presentert ovenfor, er de mest relevante i forhold til denne oppgaven. Resterende tillegg presenteres kun kort. Der hvor en bilveg eller gang- og sykkelveg krysser under vegen, får den øverste vegen et tillegg til sikkerhetsavstanden på en halv sikkerhetsavstand ($T_3 = 0,5 \times A$). Hvis det går en jernbane eller T-bane langs ved eller under vegen blir tillegget like stort som sikkerhetsavstanden ($T_3 = A$). Spesielle anlegg ved vegens sideområde gir et tillegg på en halv sikkerhetsavstand ($T_4 = 0,5 \times A$). For midtdeler mellom to motgående kjørefelt er tillegget lik sikkerhetsavstanden, slik at avstanden mellom kjørefeltene er minimum $2A$ ($T_5 = A$).

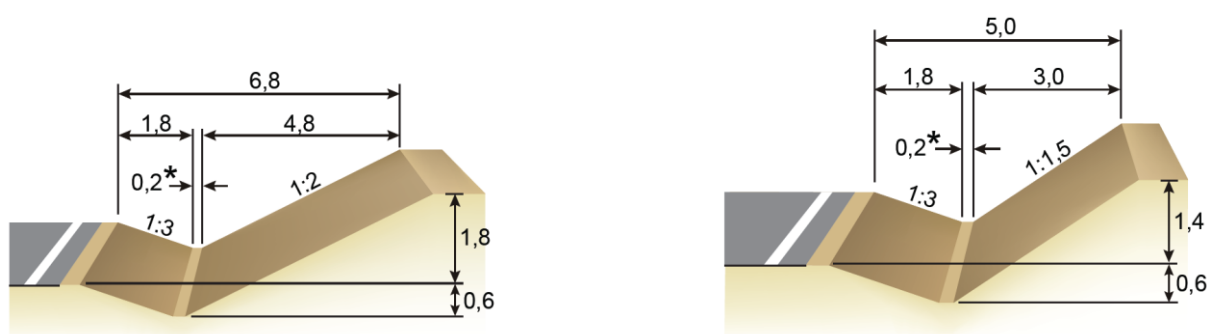
Behov for rekkverk

Kapittel 2.3 – 2.9 i Hb231, gir krav til når det er behov for rekkverk. I fallende terreng slakere enn 1:3 er det ikke behov for rekkverk siden det er liten sannsynlighet for at kjøretøyet vil velte. For skråninger med fall 1:3 må rekkverk vurderes fordi faren for velt øker betydelig. Figur 11 viser hvor høy skråning en kan ha før det er behov for rekkverk. Alle skråninger innenfor sikkerhetssonen må regnes med. Skråninger brattere enn 1:1,5 regnes som stup og omhandles for seg.

ÅDT	Skråningshøyde (fall) H			
	Skrånings-helning*	Fartsgrense 60 km/t og lavere	Fartsgrense 70 og 80 km/t	Fartsgrense 90 km/t og høyere
0 – 4 000	1:1,5	3 m	2 m	1,5 m
	1:2	5 m	3 m	2 m
	1:3	8 m	6 m	4 m
4 000 – 12 000	1:1,5	3 m	2 m	1 m
	1:2	4 m	3 m	1,5 m
	1:3	7 m	4 m	3 m
> 12 000	1:1,5	2 m	1,5 m	1 m
	1:2	3 m	2 m	1,5 m
	1:3	5 m	3 m	2 m

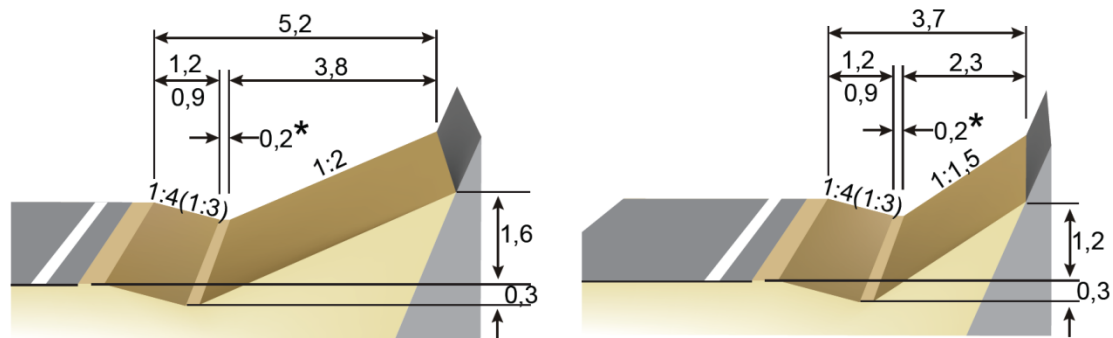
Figur 11 Største tillatte skråningshøyde uten behov for rekkverk, kopi av tabell 2.6 i Hb231.

Figur 12 viser forslag til utforming av dyp grøft i løsmasseskjæring, uten bruk av rekkverk. For veier med fartsgrense høyere enn 80 km/t tillater ikke Hb231 dypere grøft enn 0,3 meter før det er behov for rekkverk. Utforming i bergskjæring er tilsvarende som for jordskjæring. Samtidig understrekes det at bergskjæring bør ha jevnest mulig overflate. Det bør ikke være utstikkende partier på mer enn 0,3 meter.



Figur 12 Dypeste tillatte grøfteprofil uten behov rekkverk ved fartsgrense ≤ 80 km/t, kopi av figur 2.10 i Hb231. * kan variere fra 0,2 – 0,5.

For å unngå grøft i fjellskjæringer må fjellskjæringen sprenges ut med mest mulig jevn overflate. Utstikkende partier i skjæringen på mer enn 0,3 meter tillates ikke. Hb231 foreslår tilbakefylling av jordmasser mot fjellskjæringen som et godt alternativ til rekkverk. Tilbakefyllingen skal ha en utforming som vist i figur 13. Hvis tilbakefyllingen har slakere helning enn 1:2 skal det settes opp rekkverk dersom fjellskjæringen er innenfor sikkerhetssonen. Grøftedybden kan økes til 0,6 meter hvis fartsgrensen er mindre eller lik 80 km/t.



Figur 13 Minstekrav til utforming av tilbakefylling mot fjellskjæring, kopi av figur 2.11 i Hb231.

I kapittel 2.10.3 gis krav til minsteavstand mellom kjørebane-kanten og rekkverksfrontside. For vegger med ÅDT mindre enn 12 000 skal denne avstanden være minimum 0,5 meter. På vegger med ÅDT over 12 000 skal avstanden være minimum 0,75 meter. Rekkverket skal plasseres slik rekkverkets forkant flukter med den asfalterte vegskulderens ytterkant.

Kapittel 4.6 gir krav til plassering av rekkverket i vegens tverrprofil. Mellom rekkverket og færemomentet skal det være plass til rekkverkets deformasjonsbredde. For å sørge for at rekkverksstolpene får tilstrekkelig innfestning skal det være minst 0,4 meter fra bakkant av stolpene til skråningstoppen. Rekkverk kan plasseres i skråning med helning slakere enn 1:5.

3.2.3 Andre håndbøker

Håndbok 017, Veg og gateutforming (Statens vegvesen, 2013a), gir krav til utforming av selve vegen. Krav til skulderens bredde, som er en del av vegens sikkerhetssone gis her. Den varierer fra 0,25 til 3 meter avhengig av dimensjoneringsklasse. Ellers gir ikke Håndbok 017 noe krav til utforming av vegens sideterreng bortsett fra at det kreves stoppsikt overalt. Dette kravet er det tatt hensyn til i kravene til utforming av høybrekkskurver. I skjæringer i krappe kurver kan det også bli problemer med stoppsikt. Håndbok 017 inneholder likevel ingen krav eller rutiner for beregning av stoppsiktlengder her.

Håndbok 111, Standard for drift og vedlikehold av riksveger (Statens vegvesen, 2012a), gir krav til hvordan vegsystemet skal vedlikeholdes. For grøfter skal opprinnelig profil og dybde beholdes. Det må dermed utføres grøfterens når dette er nødvendig. Eventuelle rør i lukket drenering skal i utgangspunktet gjennomspyles minst hvert tredje år. Dette bidrar til at det blir forskjell i drift- og vedlikeholdskostnadene for vegger med ulike dreneringsløsninger. Det gis også krav til kantslått. Ryddebredden langs vegen avhenger av fartsgrensen. Er fartsgrensen 50 km/t eller lavere skal det ryddes minimum fire meter. Ved fartsgrense mellom 60 og 80 km/t skal det ryddes seks meter, mens ryddebredden er åtte meter ved fartsgrense 90 km/t eller høyere. Videre gir håndbok 111 krav til at rensk av fjellskjæringer skal gjennomføres

hvert 5. år. I tillegg er det andre drift- og vedlikeholdsoppgaver som må gjennomføres ved behov. Dette inkluderer for eksempel sikring av løsmasseskjæringer samt fjerning av utglidde og eroderte materialer.

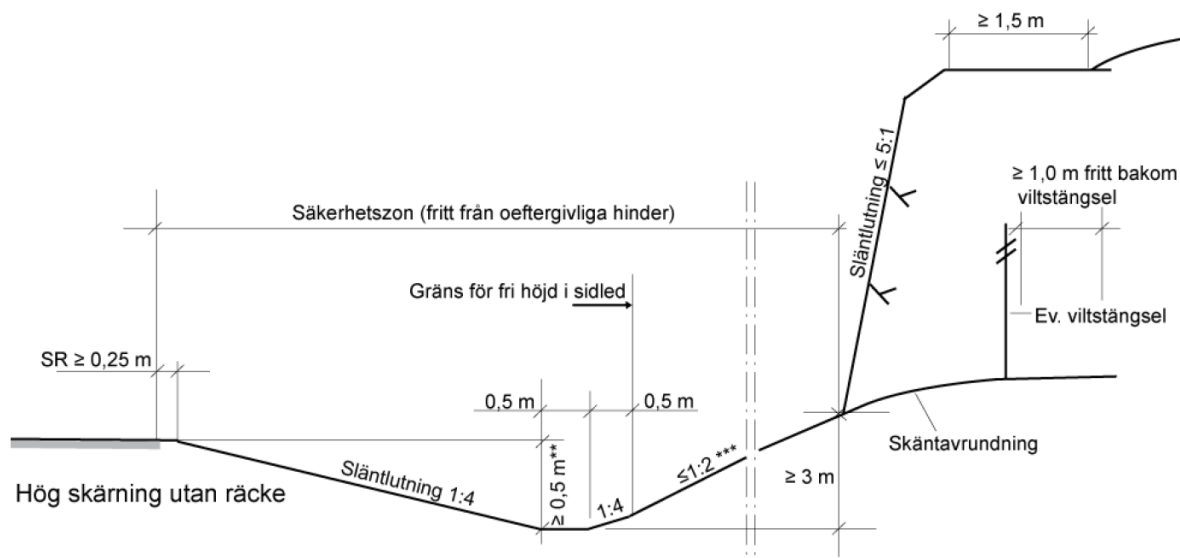
I Håndbok 285, Veger og drivsnø (Statens vegvesen, 2012b), gis det krav til fresfelt. Et fresfelt er et kjørbart område utenfor vegen hvor snøfres eller annet brøytemateriale kan operere. Det antas at disse kravene også kan gjelde for andre vedlikeholdsmaskiner, som for eksempel kantslåttmaskiner. Helningen i et fresfelt skal ikke være brattere enn 1:6. I tillegg må underlaget ha tilstrekkelig bæreevne.

Ellers gir Håndbok 285 gode anbefalinger til utforming av sideområde for å minske problemet med drivsnø. Denne problematikken er mest aktuell på fjelloverganger med mye vind, og er ikke tatt hensyn til i særlig grad i denne oppgaven.

3.3 Svenske håndbøker

I Sverige er håndboksystemet ganske annerledes enn slik det er i Norge. Istedenfor mange forskjellige håndbøker, som omtaler vært sitt tema, er alt samlet i ett stort dokument kalt *Vägars och gators utforming* (VGU). Dette dokumentet finnes i fire versjoner avhengig av hvor strenge krav det er. *Myndighetsföreskrift* inneholder bestemmelser som gjelder for alle vegholdere. *Övergripande krav* gjelder alltid for *Trafikverkets* egne anlegg. Dette er krav om samfunnsnytte, livssyklus kostnader og standarder. De fleste kravene er funksjonskrav. Det tredje nivået, *Krav*, inneholder krav som settes i kontrakter for planlegging, bygging, vedlikehold og drift. Til slutt er det *Råd* som inneholder råd om hvordan krav skal tolkes og anvendes. VGU gis ut av *Trafikverket* i sammen med *Sveriges Kommuner och Landsting*. Videre i kapittelet presenteres de delene av VGU som samsvarer eller viker fra de norske kravene og anbefalingene for vegens sideterreng.

I *Krav för VGU* (Trafikverket, 2012a) vises det hvordan vegens sideområde skal utformes for ulike typer veger. Figur 14 viser hvordan sideterrenget utformes i skjæring, for motorveg med fartsgrense 110 eller 120 km/t, uten bruk av rekkverk. Det tillates en grøftedybde på mellom 0,5 og 2,0 meter. Sikkerhetssonen er minimum 11 meter ved en hastighet på 110 km/t. Mellom grøftebunn og tilbakefyllingen er det det lagt inn en overgang med slakere helning. Dette skal gi en mykere overgang mellom grøfteskråningen og tilbakefyllingen. Utformingen er lik for veger med fartsgrense lik 80 og 100 km/t, men kravet til sikkerhetssonen er noe mindre. Tabell 3 viser krav til sikkerhetssonens bredde for forskjellige vegtyper.

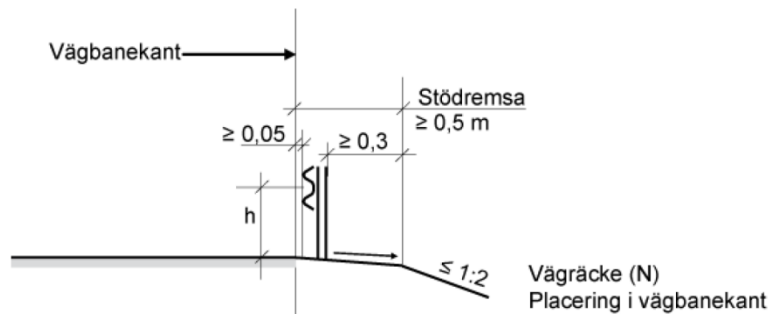


Figur 14 Forslag til profil i skjæring uten rekkverk for motorveg, kopi av figur 1.1-3 i *Krav for VGU*. Grøfta kan være opptil 2,0 meter dyp.

Tabell 3 Krav til minimumsbredde for sikkerhetssonen i Sverige.
Kilde: Trafikverket (2012a)

Type veg	Fartsgrense [km/t]	ÅDT	Sikkerhetssonens bredde [m]
Motorveg	120	-	12
	110	-	11
Møtefri veg	110	> 8000	11
		≤ 8000	10
	100	> 4000	10
		≤ 4000	9
Tofelts-veg	100	-	9
		> 8000	8
		2000 – 8000	7
	80	1000 – 2000	6
		≤ 1000	5
		60	-

Rekkverksrommet skal ha et fall ut av vegen på 1:10, se figur 15 (Trafikverket, 2012a). Ellers minner plasseringen av rekkverk i stor grad slik som Hb231.



Figur 15 Plassering av rekkverk ved vegkanten, kopi av figur 1.3-1 *Krav för VGU*.

For veger med fartsgrense lik 80 km/t eller høyere, kan ikke sideterrenget ha fall brattere enn 1:4 uten at det kreves rekkverk (Trafikverket, 2012a). På veger med lavere fartsgrense er det tillatt med fall på 1:3 før rekkverk kreves.

Råd för VGU anbefaler at motorveger i utgangspunktet bør utstyres med rekkverk (Trafikverket, 2012b). Unntak kan forekomme ved lave fyllinger og i jordskjæringer. For tofeltsveger med fartsgrense lik 80 km/t anbefales det derimot så langt som mulig å unngå rekkverk.

3.4 Amerikanske håndbøker

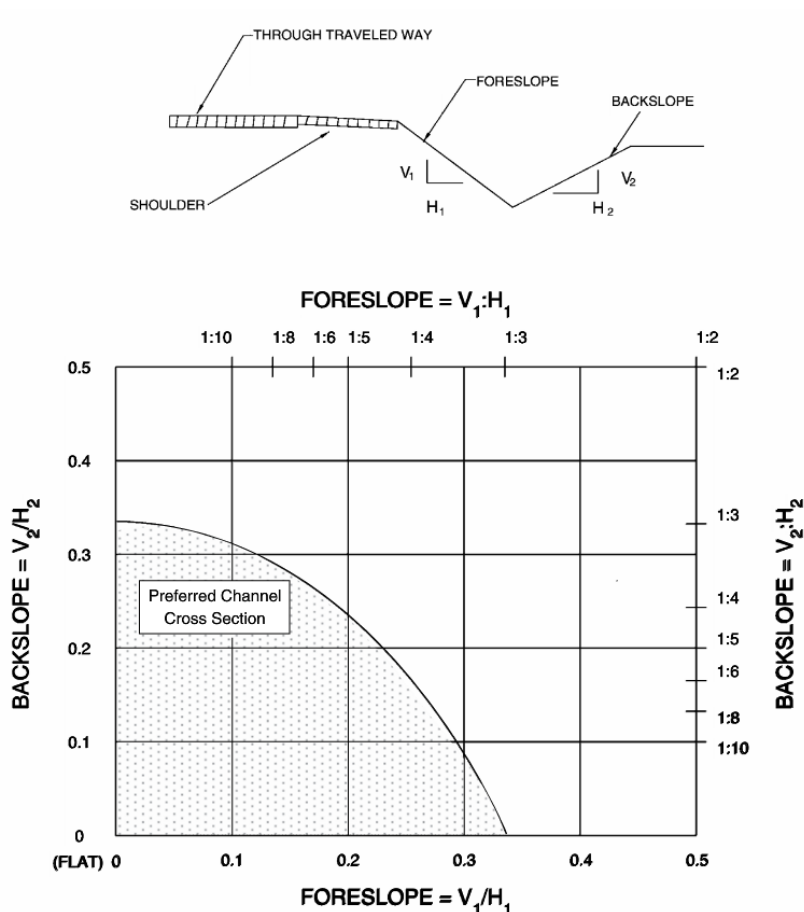
AASHTO er en amerikansk organisasjon som representerer samferdselsdepartementene i alle USAs 50 stater (AASHTO, u.å.). De fungerer som et bindeledd mellom statene og regjeringen. AASHTO ansees som internasjonalt ledende når det gjelder tekniske standarder for veger. I dette kapitlet presenteres relevant informasjon fra deres *Roadside design guide* (AASHTO, 2011).

Kapittel 3 tar for seg utforming av sideterrenget. Som i Norge anbefales det å ta utgangspunkt i fartsgrense og ÅDT for bestemmelse av sikkerhetssonens bredde. Noen av kravene til sikkerhetssonens bredde er vist i tabell 4. Legg merke til at sikkerhetssonen kan være cirka 1 meter smalere ved fall på 1:6, sammenlignet med 1:4. De foreslåtte breddene for sikkerhetssonen i tabell 4 er basert på empiriske data, men de er hverken absolutte eller presise. Det understrekes at en hensiktsmessig bredde er et kompromiss mellom å maksimere sikkerheten og å minimere konstruksjonskostnadene.

Tabell 4 Amerikanske forslag til sikkerhetssonens bredde, fra tabell 3-1 i Roadside design guide.

Fartsgrense [km/t]	ÅDT	Sikkerhetssone [m], ved fall	
		≤ 1:6	1:5 – 1:4
≤ 60	< 750	2,0 – 3,0	2,0 – 3,0
	750 – 1 500	3,0 – 3,5	3,5 – 4,5
	1 500 – 6 000	3,5 – 4,5	4,5 – 5,0
	> 6 000	4,5 – 5,0	5,0 – 5,5
70 – 80	< 750	3,0 – 3,5	3,5 – 4,5
	750 – 1 500	4,5 – 5,0	5,0 – 6,0
	1 500 – 6 000	5,0 – 5,5	6,0 – 8,0
	> 6 000	6,0 – 6,5	7,5 – 8,5
100	< 750	5,0 – 5,5	6,0 – 7,5
	750 – 1 500	6,0 – 7,5	8,0 – 10,0
	1 500 – 6 000	8,0 – 9,0	10,0 – 12,0
	> 6 000	9,0 – 10,0	11,0 – 13,5

Roadside design guide gir også anbefalinger til utformingen av dype grøfter. Figur 16 viser foretrukken kombinasjon helning på grøfteskråning og tilbakefylling. Grøfteutformingene som ligger i det skyggelagte område anses å være trygge å passere for kjøretøy. Andre kombinasjoner kan tillates i visse situasjoner, for eksempel i sterkt kupert terreng eller veger med lite trafikk. Der hvor utforkjøringer med stor vinkel kan forekomme, for eksempel på yttersiden i krappe kurver, bør kravene i figur 16 følges.



Figur 16 Foretrukket sammenheng mellom grøfteskråning og tilbakefylling i grøft, kopi av figur 3-6 i *Roadside design guide*.

3.5 Annen litteratur

Del 2 i *Trafikksikkerhetshåndboken* (TØI, 2012) gir estimater for effekten forskjellige tiltak har på antall ulykker i trafikken. Estimatenes er hentet fra flere artikler, og er i liten grad basert på egne forsøk. I kapittel 1.12 *Utbedring av vegens sideterreng* vises effekten ved utflating av skråninger. En utflating av skråningen fra 1:3 til 1:4 gir en reduksjon i antall personskadeulykker på 42 %. Antallet materiellskadeulykker synker derimot kun med 22 %. Dette tyder altså på at det er skadeomfanget som reduseres mest, ikke antallet ulykker. Utflating fra 1:4 til 1:6 vil gi en reduksjon på 22 % i personskadeulykker og 24 % i materiellskadeulykker. For alle disse estimatene oppgis det en usikkerhet på cirka ± 5 prosentpoeng. *Trafikksikkerhetshåndboken* nevner også kostnadene for de forskjellige tiltakene. For utflating av sideterreng konkluderes det med at kostnadene vil variere stort med terrengforholdene, og at det derfor ikke foreligger noen relevante kostnadstall.

Trafikksikkerhetshåndboka kapittel 1.15, *Vegrekkverk og støtputer*, gir estimater på effekten av å sette opp rekkverk langs vegen. Disse er vist i tabell 5. Det kommer derimot ikke godt fram hvordan sideterreng i før-situasjonen var. For utforkjøringer der det er grøft ved siden

av vegen øker risikoen for å bli drept med 19 % hvis det settes opp rekkverk. Det er likevel tydelig at det er tryggere å kjøre inn i et rekkverk enn i objekter langs vegen som for eksempel trær, stolper og fjellvegger. Påkjøring av rekkverk vil ofte, men altså ikke alltid gi en lavere risiko for personskader enn ved en utforkjøring.

Tabell 5 Virkninger på skadegrad i ulykker med stålrekkverk langs vegkanten, kopi av tabell 1.15.2 i Trafikksikkerhetshåndboken (TØI, 2012).

Prosent endring av antall ulykker			
Ulykkens alvorlighetsgrad	Ulykkestyper som påvirkes	Beste anslag	Usikkerhet i virkning
Drept i ulykke	Alle ulykker	-43	(-90; +221)
Skadd i ulykke	Alle ulykker	-48	(-76; +14)
Drept i ulykke	Utforkjøring	-24	(-49; +15)
Skadd i ulykke	Utforkjøring	-53	(-59; -45)
Drept i ulykke	Utforkjøring (voll ved siden av vegen)	-70	(-100; +1743)
Skadd i ulykke	Utforkjøring (voll ved siden av vegen)	-58	(-61; -55)
Drept i ulykke	Utforkjøring (sideterreng flatt / nedoverbakke)	-46	(-67; -12)
Skadd i ulykke	Utforkjøring (sideterreng flatt / nedoverbakke)	-55	(-65; -42)
Drept i ulykke	Utforkjøring (grøft ved siden av vegen)	+19	(+15; +24)
Skadd i ulykke	Utforkjøring (grøft ved siden av vegen)	-35	(-42; -27)
Drept i ulykke	Velt i utforkjøring	+38	(-6; +103)
Skadd i ulykke	Velt i utforkjøring	-51	(-86; +73)
Drept i ulykke	Påkjøring av objekt ved vegen (alle objekter)	-58	(-68; -44)
Skadd i ulykke	Påkjøring av objekt ved vegen (alle objekter)	-43	(-52; -32)
Drept i ulykke	Påkjøring av brupilar	-72	(-90; -25)
Skadd i ulykke	Påkjøring av brupilar	-32	(-56; +6)
Drept i ulykke	Påkjøring av tre	-69	(-82; -48)
Skadd i ulykke	Påkjøring av tre	-65	(-73; -54)
Drept i ulykke	Påkjøring av fjellvegg	-45	(-51; -39)
Skadd i ulykke	Påkjøring av fjellvegg	-62	(-68; -54)
Drept i ulykke	Påkjøring av stolpe	-38	(-59; -5)
Skadd i ulykke	Påkjøring av stolpe	-19	(-44; +16)
Drept i ulykke	MC utforkjøring	+82	(-45; +498)
Skadd i ulykke	MC utforkjøring	+236	(-33; +1571)
Skadd i ulykke	MC, påkjøring av smalt objekt ved vegen	-38	(-80; +94)

I forbindelse med arbeidet med ny rekkverksnormal i 2000/2001 ble det gjennomført en nytte-kostnadsanalyse av de foreslåtte endringene (Elvik, 2001). I rapporten er det sett på lønnsomheten av alternativer til rekkverk. Alternativene det er sett på er fjerning av faste hindre, typisk trær, i sikkerhetssonen inntil 9 meter fra vegen og å flate ut sideterreng fra 1:2 til 1:4. Beregningene viser at det er lønnsomt å fjerne sidehindre på veger med ÅDT over cirka 1 500. Det understrekes at disse beregningene kun stemmer i relativt flatt terreng, siden det kun er sett på kostnaden ved å fjerne trær. Utflating av terrenget er kun lønnsomt på veger

med ÅDT over 5 000. Beregningene viser likevel at rekkverk er mer lønnsomt uansett. Det er gjort en stor forenkling i beregningene ved at det antas at kostnaden for utflating er den samme som for oppsetting av rekkverk.

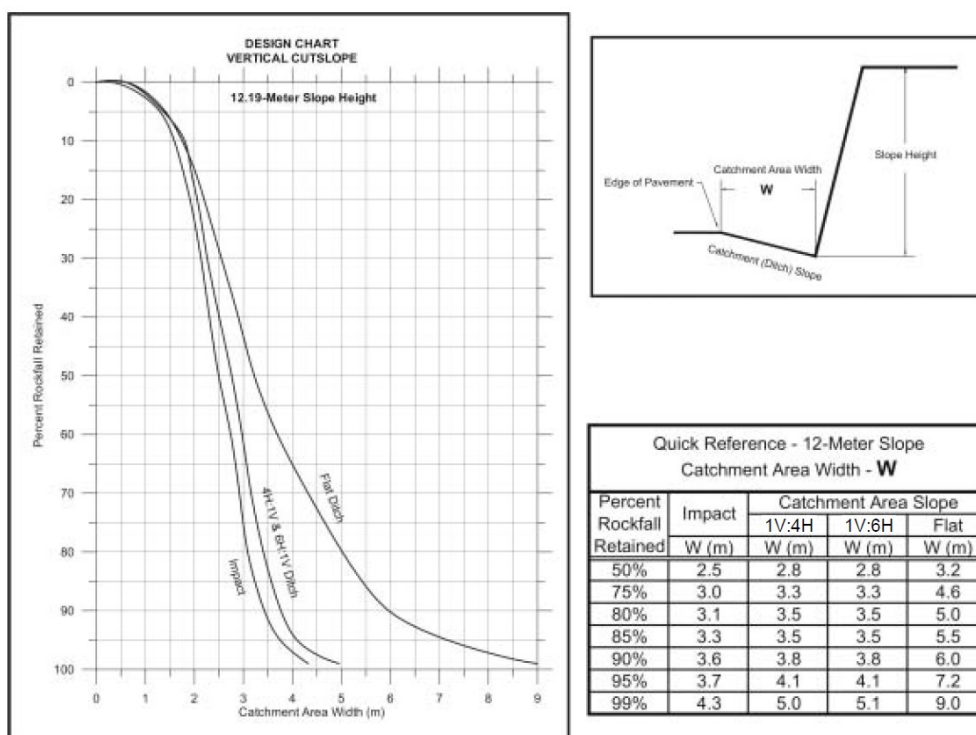
I en rapport fra 2012 er kostnadene ved å fjerne vedlikeholdsetterslepet på det norske riksvegnettet kartlagt (Sund, 2012). Alle regionvegkontorene i Statens vegvesen har bidratt i kartleggingen. Det er sett på forfall på tunneler, bru og kaianlegg, vegutstyr, vegfundament og vegdekker samt drenerings- og avløpsanlegg. Den totale kostnaden for å få hele riksvegnettet til å tilfredsstille kravene i gjeldende standard for drift og vedlikehold ble anslått til å være i om lag 25 – 40 milliarder kroner. Halvparten av disse kostnadene er knyttet til oppgradering av tunneler. Å fjerne forfallet for drenerings- og avløpsanlegg vil koste 1 – 2 milliarder kroner. Rapporten understreker viktigheten av at alle vegobjekter vedlikeholdes på en slik måte at en oppnår ønsket sikkerhet mot uønskede hendelser, samtidig som en har lavest mulig levetidskostnader.

I en rapport laget for Statens vegvesen i Hordaland og Sogn og Fjordane har Harald Norem (1998) sett på sikring av veger mot isras. Et av tiltakene som nevnes her er brede grøfter inntil fjellskjæringer. Erfaring viser at for skjæringer med høyde opptil 10 meter er det tilstrekkelig med 3 meter brede grøfter for å fange de fleste israsene.

Iskjøving oppstår når vann kommer i kontakt med åpne, kalde flater. Vannet starter da å fryse der hvor vannet ikke renner konsentrert. Så lenge det er tilgang på vann, vil iskjøvingen vokse ved å bre seg ut til siden. Ved små høydeforskjeller vil vannet dermed dekke store flater. Iskjøving er særlig et problem ved fjellskjæringer. Forskjellig litteratur foreslår forskjellige løsninger for å redusere iskjøving. *Sikring av veger mot isras* av Norem (1998) foreslår at dette kan løses ved å montere en betong- eller plastrenne i bunnen av grøfta, for å samle vintervannføringa. Renne bør ikke være bredere enn 25 centimeter, samt være dypere enn den er bred. I *Refleksjoner om utforming av vegens sideterreng*, nevner Norem (2012) at det beste tiltaket mot iskjøving er dype og smale grøfter. Dette er i konflikt med ønske om en trafikksikker utforming. Han anbefaler 0,5 meter som minimumsdybde for alle grøfter, samt at grøftebunnen plasseres så langt som mulig fra vegkanten. Dette mener han vil redusere tendensen til at flomvann og iskjøving når fram til kjørebane betraktelig.

I en undersøkelse fra 2001 er det sett på utløpslengden for steinsprang ved forskjellige skjæringsutforminger og helninger for grøfteskråningen (Pierson, Gullixson, & Chassie,

2001). Utløpslengden ble definert som avstanden fra bunnen av skjæringen. Resultatene fra en 12 meter høy vertikal skjæring, og tre forskjellige helninger for grøfteskråningen er vist i figur 17. For eksempel er utløpslengden for 90 % av steinene 3,8 meter både når grøfteskråningen har helning 1:4 og 1:6. Dette er bare 0,2 meter lengre enn treffpunktet for steinen. En flat grøfteskråning har til sammenligning en utløpslengde på 6,0 meter. Det er også sett på utløpslengder for steiner fra skjæring med helning 1:1, vist i figur 18. Her er utløpslengden for 90 % av steinene 3,7 meter for en grøfteskråning med helning 1:4, mens den er 6,7 meter hvis helningen er 1:6. Merk at treffpunktet er 0 meter, som betyr at steinene ruller ned hele skråningen. Det er ikke gjort noen forsøk med vertikal skjæring og tilbakefylling.

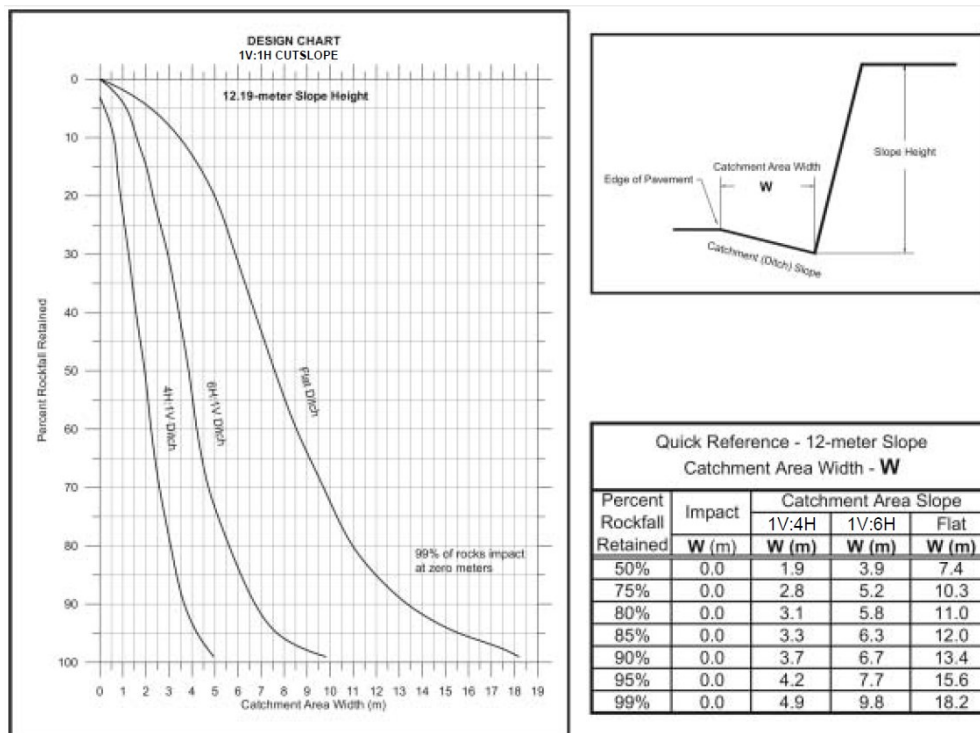


Figur 17 Utløpslengde for steinsprang fra en 12 meter høy, vertikal skjæring. (Pierson et al., 2001).

Marte Granden (2013) nevner i sin masteroppgave ved NTNU, *Rekkverk – påvirkning for drift og vedlikehold av veger*, at flere som driver med vegplanlegging og TS-inspeksjoner ikke har noe særlig kunnskap om ulempene ved å sette opp rekkverk. Rekkverk blir sett på som en enkel løsning for å bedre trafikksikkerheten. Det er kjapt å sette opp, relativt rimelig og gir ifølge statistikken god effekt. Dette fører ofte til at rekkverk velges uten at alternativene vurderes skikkelig.

Ulempene med rekkverk er at det er et faremoment i seg selv. For eksempel har flere møteulykker skyldes at kjøretøy har truffet siderekkerket og blitt slengt tilbake over i

motgående kjørebane. Videre vanskeliggjør rekkverk i mange tilfeller drift- og vedlikeholdsarbeid ved at arealet bak rekkverket blir vanskelig tilgjengelig og krever spesialutstyr. Rekkverk gjør i mange tilfeller snørydding vanskeligere. Det er krav om at det skal ryddes snø helt inntil rekkverket. Dette fører til skader på rekkverk og brøyteutsyr fordi disse skraper borti hverandre. Under rekkverk dannes det ofte snø- og isranker om vinteren. Disse vil kunne gi problemer i form av økt avrenning inn på vegen i perioder den ellers ville være tørr (Granden, 2013).



Figur 18 Utløpslengde for steinsprang fra en 12 meter høy skjæring, med helning 1:1. (Pierson et al., 2001).

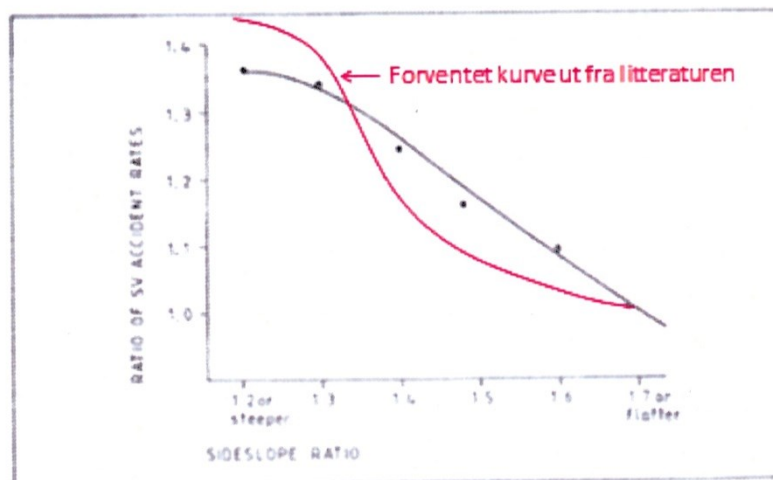
3.5.1 Notat av Harald Norem

Harald Norem (2012) har utarbeidet et notat om utforming av vegens sideterreng for Trafikksikkerhet, miljø og teknologiavdelingen i Vegdirektoratet. Notatet er ment å danne grunnlag i arbeidet med revidering av Håndbøkene 017, 018 og 231. I notatet er det gjort fornuftige refleksjoner rundt vegens sideterreng samt at det er samlet mye relevant litteratur. Til slutt vises forslag til hvordan sideterrenget bør utformes.

Sannsynligheten for alvorlige ulykker i forbindelse med utforkjøringer er først og fremst avhengig av helningen på grøfteskråningen samt avstanden mellom vegkanten og et faremoment. All litteratur bruker tre kritiske helninger på grøfteskråningen. Ved helning 1:2

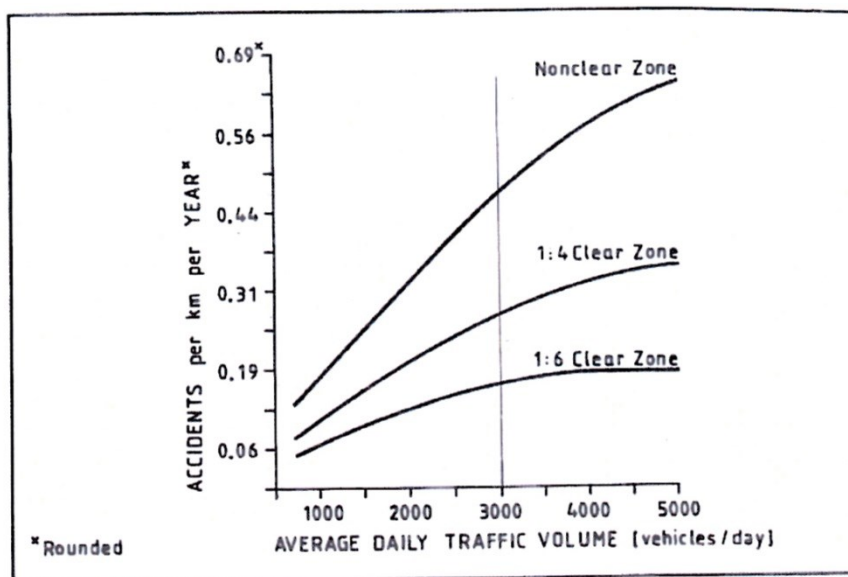
eller brattere vil kjøretøyet ved stor sannsynlighet velte og konsekvensene ved en utforkjøring blir alvorlige. Er helningen 1:3, vil de aller fleste kjøretøy ha kontakt med underlaget ved en utforkjøring, og faren for velt er liten. Ved helning 1:4 eller slakere er føreren i mange tilfeller i stand til å styre bilen kontrollert på grøfteskråningen. Helling 1:4 er derfor ansett som den bratteste helningen hvor konsekvensene av en utforkjøring er redusert til et akseptabelt nivå.

Videre vises det til en rapport utarbeidet av Lamm, Psarianos & Mailender i 1999 (sitert av Norem, 2012). Her har de referert til undersøkelser om ulykkesfrekvens som en funksjon av helningen på grøfteskråningen. Resultatet er vist i figur 19. Ulykkesfrekvensen er satt til 1,0 for helning 1:7 eller slakere. Ulykkesfrekvensen øker jevnt når helningen økes fra 1:7 mot 1:4. For brattere helninger flater ulykkesfrekvensen ut. Forskjellen i ulykkesfrekvens er liten for en helning 1:3 kontra en helning 1:2. Resultatene er annerledes enn det en ville forvente ut fra beskrivelsene i litteraturen. Dette har Norem forsøkt å illustrere med den røde grafen i figur 19. Her er det større forskjell i ulykkesfrekvens mellom helninger på 1:2 og 1:4, mens forskjellene er mindre mellom helninger på 1:4 og 1:7.



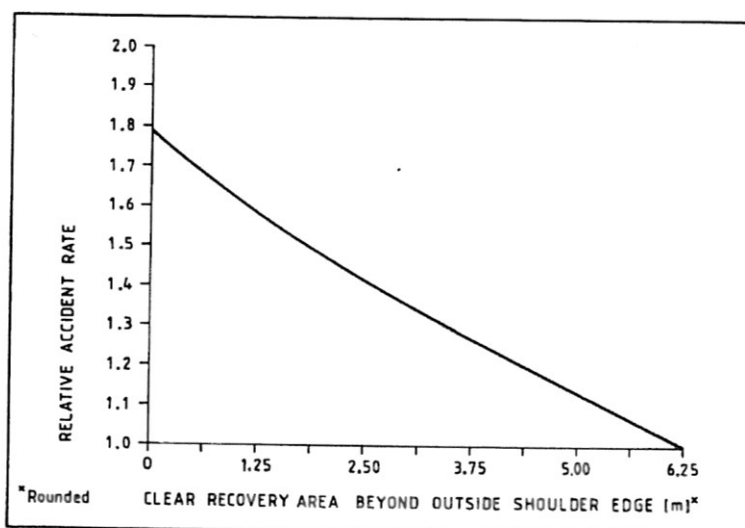
Figur 19 Relativ ulykkesfrekvens som funksjon av helningen på grøfteskråningen. Forventet kurve ut fra beskrivelser i litteraturen er tegnet med rød strek (Norem, 2012).

Lamm et al. (1999, sitert av Norem, 2012) har også en figur som viser sammenhengen mellom ulykkesfrekvens, helningen på grøfteskråningen og trafikkvolum, se figur 20. Her vises det tydelig at det er en vesentlig gevinst ved å slake ut grøfteskråningen fra 1:4 til 1:6. På en veg med ÅDT på 3 000 er ulykkesfrekvensen 60 % større hvis grøfteskråningen har helning 1:4 istedenfor 1:6.



Figur 20 Sammenheng mellom ulykkesfrekvens, helning på grøfteskråningen og ÅDT. Lamm et al. (1999, sitert av Norem, 2012).

Sikkerhetssonens bredde har også stor innvirkning på ulykkesfrekvensen for alvorlige ulykker. Lamm et al. (1999, sitert av Norem, 2012) har presentert en sammenstilling av den relative ulykkesfrekvensen og avstanden til et sidehinder, se figur 21. Den relative ulykkesfrekvensen satt til 1,0 for en avstand på 6,25 meter fra skulderkanten til sidehinderet. Økningen i ulykkesfrekvens er tilnærmet lineær når avstanden til sidehinderet reduseres.



Figur 21 Sammenheng mellom relativ ulykkesfrekvens og avstand til farlig sidehinder. Lamm et al. (1999, sitert av Norem, 2012)

Når Norem (2012) skriver ulykkesfrekvens, antas det at det menes sannsynligheten for alvorlige ulykker. Litteraturen ellers sier at det er skadegraden som går ned, ikke nødvendigvis antall ulykker.

Videre viser Norem til at det har vært problemer på flere av vegene som har vært bygd de siste årene. Dette skyldes blant annet at grøftene har for dårlig kapasitet ved intense nedbørsperioder, iskjøving i grøftene og videre inn i vegen samt utglidninger fra løsmasseskjæringer som glir inn i vegen. Økt kapasitet i grøftene oppnås ved å øke grøftedybden og/eller bredden. Grøftebunnen bør plasseres lengst mulig unna vegen for å unngå at flomvann, vannsprut, utglidninger og iskjøving føres inn i vegen.

Norem har konkludert med at en bør vurdere å redusere sikkerhetsavstandene i Hb231 med inntil 1 meter hvis grøfteskråningen har helning 1:6 istedenfor 1:4. Dette begrunnes med kravene gitt i amerikanske håndbøker, se tabell 4. Norem har derfor laget et forslag med nye krav til sikkerhetsavstanden, vist i tabell 6, for å utnytte sikkerhetsgevinsten av slakere helninger. Kravene for helning 1:4 og 1:5 er de samme som i Hb231 i dag (se tabell 2), mens kravene for helning $\leq 1:6$ er Norems forslag. I tillegg har han lagt til en klasse for $\text{ÅDT} \leq 500$.

Tabell 6 Forslag til lavere sikkerhetsavstand for grøfteskråninger med helning 1:6. (Norem, 2012).

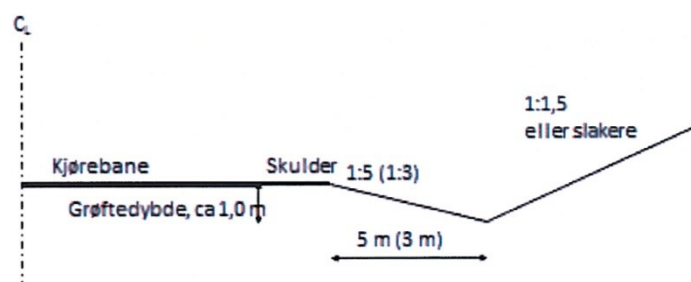
ÅDT	Fartsgrense [km/t]							
	50		60		70 – 80		≥ 90	
	1:4–1:5	≤ 1:6	1:4–1:5	≤ 1:6	1:4–1:5	≤ 1:6	1:4–1:5	≤ 1:6
≤ 500		1,5		2,0		3,5		4,0
500–1500	2,5	2,0	3,0	2,5	5,0	4,0	6,0	5,0
1500–4000	3,0	2,5	4,0	3,5	6,0	5,0	7,0	6,0
4000–12000	4,0	3,5	5,0	4,0	7,0	6,0	8,0	7,0

Videre anbefaler Norem at grøftedybden for grunne grøfter økes til minimum 0,5 meter for å øke kapasiteten. Dette vil gi mindre sannsynlighet for at flomvann og iskjøving når frem til vegen.

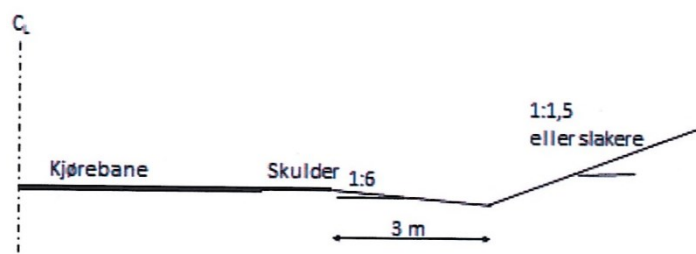
Norem kritiserer også tilbakefylling med løsmasser mot fjellskjæringer for å redusere skadeomfanget, siden dette har en rekke andre negative konsekvenser. Dette gjelder spesielt der det er fare for nedfall av stein og is. I tillegg fører tilbakefyllingen til at det er større fare for at flomvann og iskjøving når fram til vegen. Utformingen med tilbakefylling vanskeliggjør også drift- og vedlikeholdsarbeidet.

For å enkle drift- og vedlikeholdsarbeidet foreslår Norem at grøfteskråningen får en helning på 1:6 og en minimumsbredde på 3 meter. Dette muliggjør at vedlikeholdsmaskiner kan operere på grøfteskråningen, og slipper å sperre vegen.

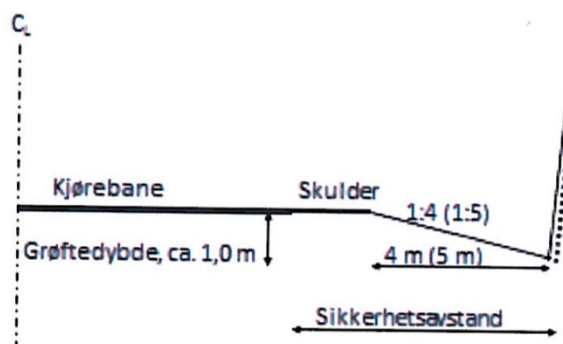
Med dette utgangspunktet foreslår Norem hvordan sideterrenget bør utformes. Dette er vist i figur 22, figur 23, figur 24 og figur 25.



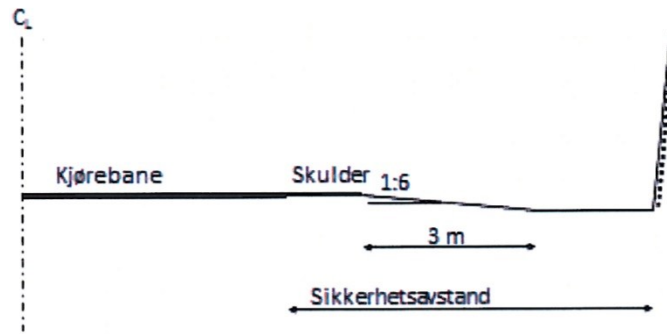
Figur 22 Forslag til utforming, løsmasseskjæring med dyp sidegrøft. (Norem, 2012).



Figur 23 Forslag til utforming, løsmasseskjæring med grunn sidegrøft. (Norem, 2012).



Figur 24 Forslag til utforming, fjellskjæring med dyp sidegrøft. (Norem, 2012).



Figur 25 Forslag til utforming, fjellskjæring med grunn sidegrøft. (Norem, 2012).

3.6 Oppsummering av litteraturstudiet

I dette kapitlet er det forsøkt å samle relevant litteratur knyttet til utformingen av vegens sideterreng. Mye av litteraturen gir råd for utformingen kun med utgangspunkt i trafiksikkerhet. Det har vært vanskeligere å finne litteratur som omhandler de andre funksjonene som vegens sideterreng skal ivareta. Spesielt er det veldig lite generell litteratur som tar for seg alle funksjoner under ett.

Det er lite tallmateriale knyttet til anleggskostnader og drift- og vedlikeholdskostnader for ulike løsninger av vegens sideterreng. Dette skyldes at kostnadene varierer veldig mye avhengig av terrenget det bygges i.

4 Statusvurdering

Ved hjelp av NVDB (Nasjonal vegdatabank) er det sett på hvordan sideterrenget ser ut på norske hovedveger i dag. NVDB har en funksjon som heter *Vis vegbilder*. Stort sett hvert år kjøres det gjennom hele riksvegnettet, og det tas bilder for hver 20. meter. E6 mellom fylkesgrensa Oppland/Sør-Trøndelag og Steinkjer i er valgt som en representativ strekning. Ved å se på bildene for E6 i Trøndelag er det valgt ut noen steder hvor utformingen av sideterrenget ser bra ut, og noen steder det ser mindre bra ut. Deretter er det forsøkt å finne data som grøftedybde og sidehelninger. Underveis i arbeidet viste det seg at det ikke var mulig å få ut data om sidehelninger. I tillegg viste det seg at dataene om grøftedybde var veldig mangelfulle. Vurderingene er derfor gjort hovedsakelig på bakgrunn av vegbildene.

Det er plukket ut noen bilder for å illustrere generelle situasjoner. Bildet i figur 26 er tatt i nordgående felt, ca. 6,5 kilometer nord for Verdal. Fartsgrensen på stedet er 60 km/t og oppgitt ÅDT er 8300. I følge kravene i Hb231 skal sikkerhetsavstanden være 5 meter (se tabell 2). Ut fra bildet ser en tydelig at avstanden mellom kantlinjen og fjellskjæringen ikke er så stor. Avstanden her er nok nærmere to meter. NVDB sier ikke noe om grøftedybden på stedet, men det oppgis at det er åpen drenering. Grøfta ser ut til maksimalt å ha en dybde på 0,3 meter, og er følgelig alt for grunn til å kunne drenere vegens overbygning. Steinsprang og annet nedfall fra fjellskjæringen vil også fort havne i vegbanen, når avstanden til vegen er så liten.



Figur 26 Eksempel med kort avstand mellom kantlinje og fjellskjæring. E6 ca. 6,5 km nord for Verdal. Bilde fra NVDB.

Bildet i figur 27 er tatt i nordgående felt i Drivdalen, ca. 20 km sør for Oppdal. Fartsgrensen her er 90 km/t, mens det er en ÅDT på 2130. Hb231 krever dermed en sikkerhetsavstand på 7 meter. Vegen ligger her i en løsmasseskjæring, hvor helningen ser ut til å være mellom 1:2 og

1:1,5. Helningen på grøfteskråningen er vanskeligere anslå ut fra bildet. Kravene til sikkerhetssonen ser uansett ut til å være tilfredsstillt, på grunn av at skjæringshøyden er mer enn 2 meter over vegbanen. NVDB sier at grøftedybden på stedet er 0,8 meter. På bildet ser grøfta grunnere ut, men det er vanskelig å si eksakt.



Figur 27 Eksempel med tilfredsstillende utforming av sideterrenget. E6 i Drivdalen, ca. 20 km sør for Oppdal. Bilde fra NVDB.

Figur 28 viser et bilde fra E6 i nordgående retning, ca. 500 meter sør for Melhus. Fartsgrensen er 90 km/t og vegen har her en ÅDT på 10 620. Vegen har lukket drenering, men det er ikke oppgitt noe grøftedybde. Vegstrekningen åpnet i 2005. I følge kravene i Hb231 skal sikkerhetsavstanden være 8 meter. Løsmasseskjæringen har her en utforming og høyde, slik at dette ikke er noe problem. Skjæringen ser ut til å ha en helning på ca. 1:2, og skjæringstoppen er mer enn 2 meter over vegbanen, slik at kravene i Hb231 tilfredsstilles. Dette forutsetter riktig nok at det er benyttet ettergivende master.



Figur 28 Eksempel på ny veg med god utforming av sideterrenget. E6 ca. 500 meter sør for Melhus. Bilde fra NVDB.

Analysen av vegbilder fra E6 har vist at vegene som er bygget de siste årene ser ut til å tilfredsstillende kravene gitt i Hb231. Grøftene kan derimot se noe grunne ut enkelte plasser. Når det gjelder eldre veger, som strekningen har mye av, ser det verre ut. Som vist er det flere steder meget kort mellom vegens kantlinje og fjellskjæringer. Grøften mellom vegen og fjellskjæringen er også nærmest ikke-eksisterende.

5 Profiler av vegens sideterreng

På bakgrunn av litteraturstudiet er det utarbeidet flere alternativer til utformingen av vegens sideterreng. I dette kapittelet presenteres først alle alternativene. Deretter utføres det en vurdering og sammenstilling av de ulike alternativene.

5.1 Presentasjon av profilene

Tverrprofilene som skal vurderes presenteres her sammen med en liten beskrivelse av hvorfor de er tatt med. Alle tverrsnitt, uten rekkverk, som presenteres har en skulder på 1 meter. Dette er valgt fordi dette er kravet til skulderbredde for veger med dimensjoneringsklasse H1, H2, H3 og H4 i Håndbok 017 (Statens vegvesen, 2013a). Veger med disse dimensjoneringsklassene regnes som vanlige norske hovedveger uten midtdeler. Skulderbredde er ikke noe som vurderes i denne oppgaven, det vises derfor til Håndbok 017 for valg av skulderbredde.

Alle profilene med åpen drenering vises med en grøftedybde på 1 meter. Dette er i de fleste tilfeller en minimumsdybde. Det er viktig at grøfta er dyp nok, slik at overbygningen får tilfredsstillende drenering. Dypere grøft vil gi noe bredere profil.

For profilene med lukket drenering er det valgt en grøftedybde på 0,5 meter. Dette er gjort blant annet med bakgrunn i anbefalingene i notatet til Norem (2012). Grøftedybde på 0,5 vil i de fleste tilfeller gi tilfredsstillende kapasitet til overvannet fra vegen. Det er likevel viktig å passe på at det ved høye fjellskjæringer kan være krav om dypere grøfter på grunn av faren for steinsprang.

Alle forslagene med løsmasseskjæring er tegnet med skjæringsskråning med helning 1:1,5. Det kan likevel velges slakere skrån timer, og ofte vil 1:2 være bedre på grunn av færre krav til hvilke masser som kan brukes. En helning på 1:1,5 er likevel brukt i illustrasjonene her for å vise at dette er det bratteste som tillates.

Fjellskjæringene vises med en helning 10:1. For fjell av god kvalitet er ikke dette noe problem. Der det er dårligere fjellkvalitet bør det ikke benyttes så bratte fjellskjæringer.

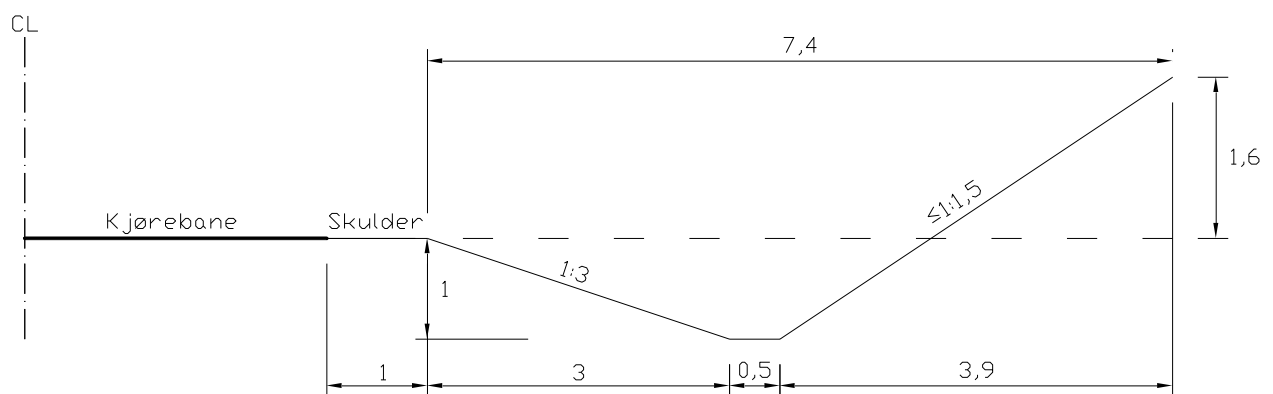
For alle profilene anbefales det å avrunde overgangen mellom skulder og grøfteskråning samt mellom grøfteskråning og grøftebunn. Dette gjelder spesielt profilene med helning brattere enn 1:4.

5.1.1 Løsmasseskjæring, åpen drenering

Her presenteres seks forskjellige profiler med åpen drenering i løsmasseskjæring.

Alternativ I

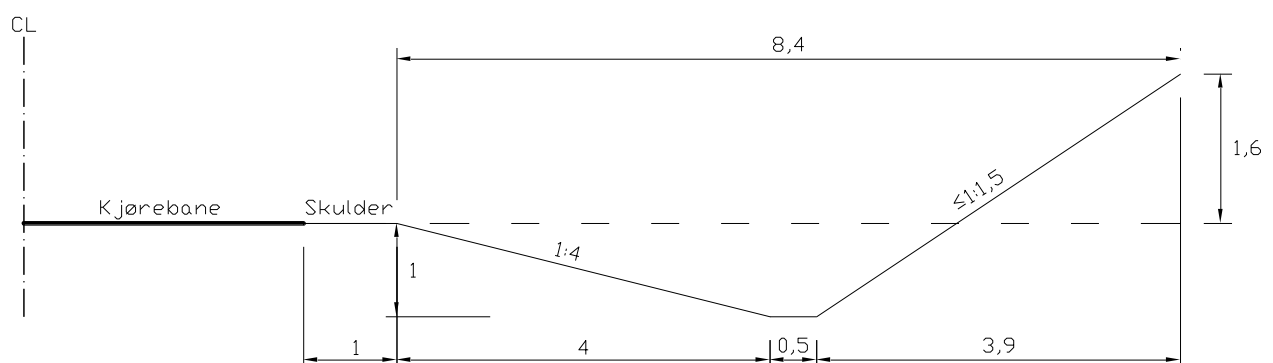
Med alternativ I, vist i figur 29, er det forsøkt å lage et profil som er så smalt som mulig, men likevel innenfor dagens krav gitt i Hb018 og Hb231. Det er valgt en grøfteskråning med helning 1:3. Brattere skråning enn dette anbefales ikke på grunn av faren for at kjøretøy kan velte. Hb231 sier at ved en skjæringsskråning med helning 1:1,5, går sikkerhetssonen maksimalt til det punktet hvor skråningen er 1,6 meter over kjørebane. For alternativ I er dermed maksimal bredde for sikkerhetszone 7,4 meter.



Figur 29 Alternativ I, løsmasseskjæring med dyp grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ II

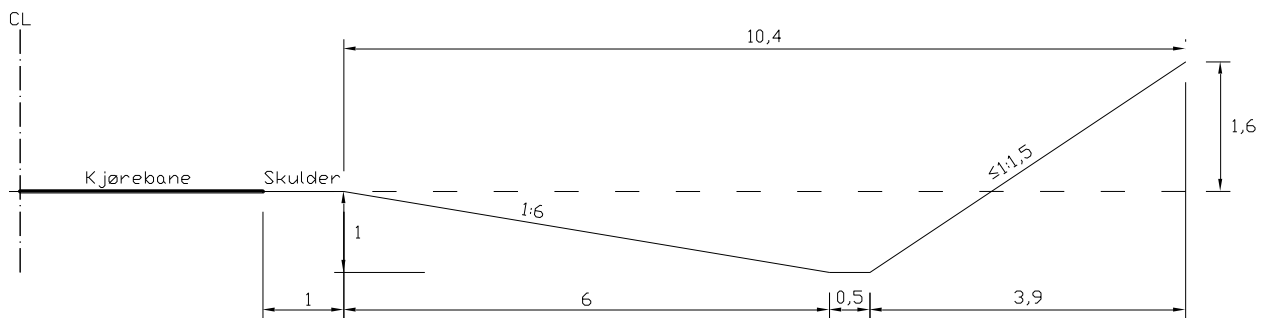
Alternativ II, vist i figur 30, er identisk med alternativ I bortsett fra at grøfteskråningen er slakere. En helning 1:4 gir førerne større mulighet til å kontrollere kjøretøyet. Maksimal bredde på sikkerhetssonen utenfor skulderen for dette tverrsnittet er 8,4 meter.



Figur 30 Alternativ II, løsmasseskjæring med dyp grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ III

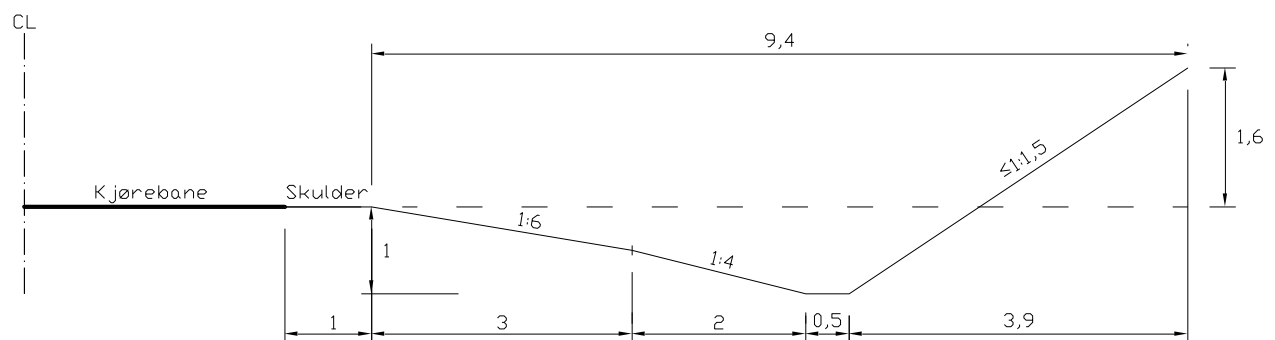
Den eneste forskjellen mellom alternativ III, vist i figur 31, og alternativ I og II er helningen på grøfteskråningen. Grøfteskråningen i alternativ III er den slakeste med helning 1:6. Denne helningen tillater at vedlikeholdsmaskiner kan kjøre på grøfteskråningen, både parallelt og normalt på vegen. Maksimal bredde på sikkerhetssonen utenfor skulderen er 10,4 meter for dette alternativet.



Figur 31 Alternativ III, løsmasseskjæring med dyp grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ IV

I alternativ IV, vist i figur 32, har grøfteskråningen en knekk. Den øverste delen, med en horisontal bredde på 3 meter, har helning 1:6. Det er tenkt at det skal være mulig for vedlikeholdsmaskiner å kjøre på dette område. Den nederste delen av grøfteskråningen har helningen 1:4. Knekken er valgt for å gjøre profilet smalere. Denne knekken bør avrundes for å sikre at kjøretøy ikke «hopper» ned i grøftebunnen. For dette alternativet er maksimal bredde for sikkerhetssonen utenfor skulderen 9,4 meter.

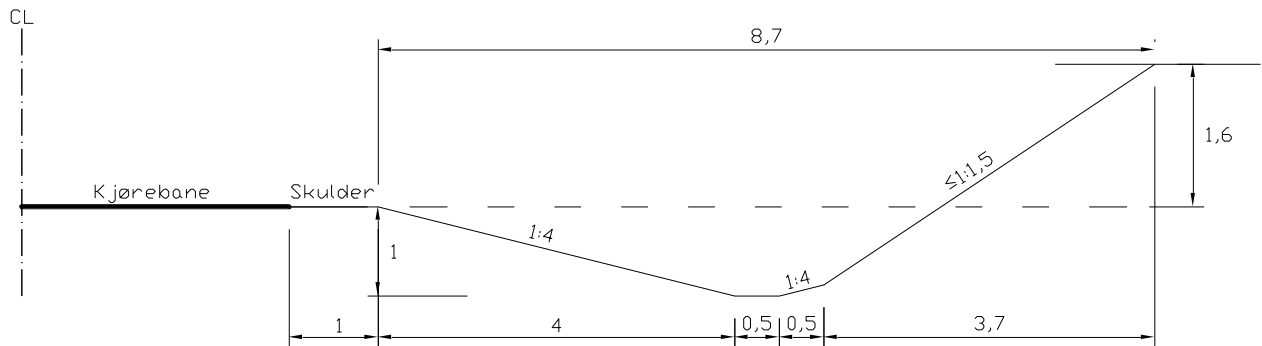


Figur 32 Alternativ IV, løsmasseskjæring med dyp grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ V

Alternativ V, vist i figur 33, har lik grøfteskråning som alternativ II. Mellom grøftebunnen og skjæringsskråningen er det derimot lagt inn en liten overgang med slakere helning. Dette er

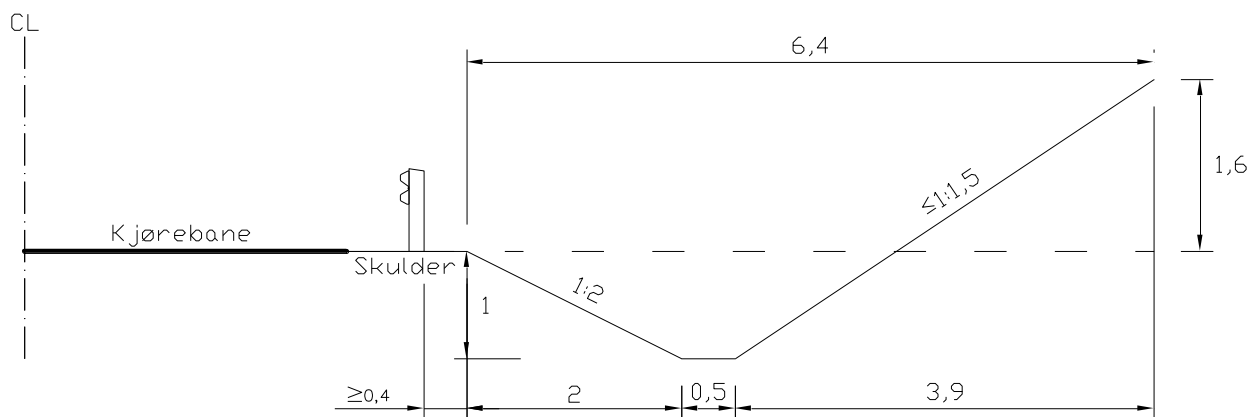
valgt med utgangspunkt i svenske anbefalinger. Meningen er at dette skal gi en mer kontrollert overgang til skjæringskråningen. Maksimal bredde for den delen av sikkerhetssonen som er utenfor skulderen er 8,7 meter for dette alternativet.



Figur 33 Alternativ V, løsmasseskjæring med dyp grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ VI

Alternativ VI er med bruk av rekkverk, se figur 34. Ved å bruke rekkverk kan grøfteskråningen være brattere. Dette gir et smalere profil. For sammenligningens skyld er det også her vist avstanden fra skulderkanten til det punktet på skjæringskråningen hvor skjæringen er 1,6 meter over kjørebane. Denne avstanden er 6,4 meter for dette alternativet.



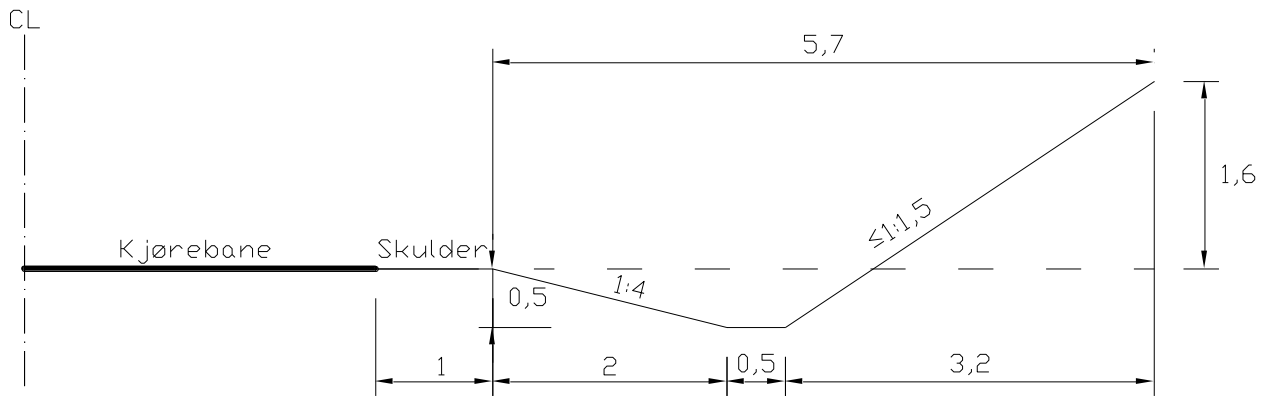
Figur 34 Alternativ VI, løsmasseskjæring med dyp grøft og rekkverk. Alle mål i meter.

5.1.2 Løsmasseskjæring, lukket drenering

Dette delkapittelet viser fire forskjellige profiler med lukket drenering i løsmasseskjæring.

Alternativ VII

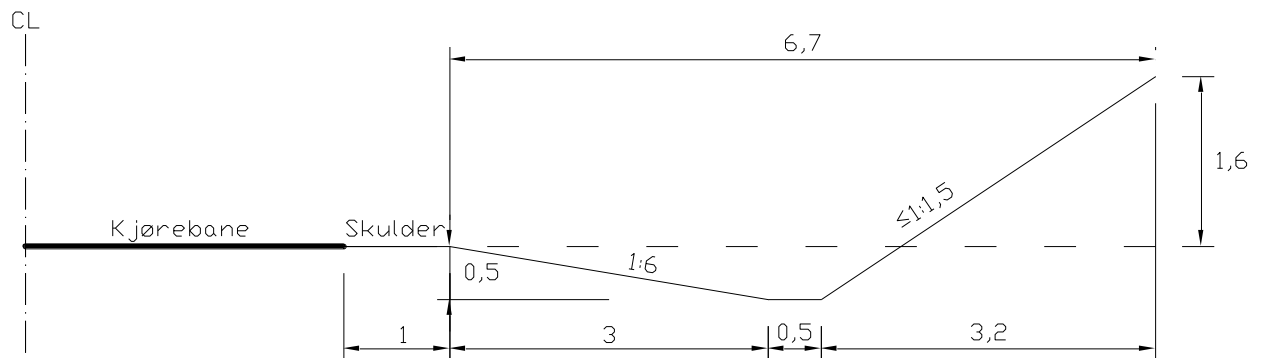
Dette alternativet, vist i figur 35, er likt alternativ II bortsett fra at grøftedybden er 0,5 meter istedenfor 1 meter. Grunnere grøft fører følgelig til at profilet blir smalere. Maksimal bredde for den delen av sikkerhetssonen som er utenfor skulderen er her 5,7 meter.



Figur 35 Alternativ VII, løsmasseskjæring med grunn grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ VIII

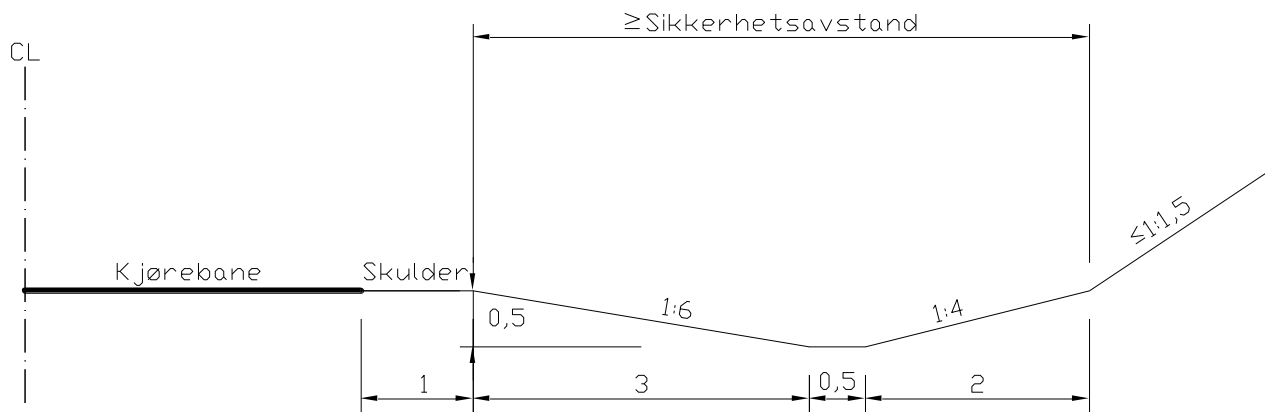
Alternativ VIII vises i figur 36. Dette profilet tilsvareer alternativ III, bortsett fra grøftedybden. Den slake grøfteskråningen med helning 1:6 tillater at vedlikeholdsmaskiner kan kjøre utenfor kjørebane. Maksimal bredde for den delen av sikkerhetssonen som er utenfor skulderen er her 6,7 meter.



Figur 36 Alternativ VIII, løsmasseskjæring med grunn grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ IX

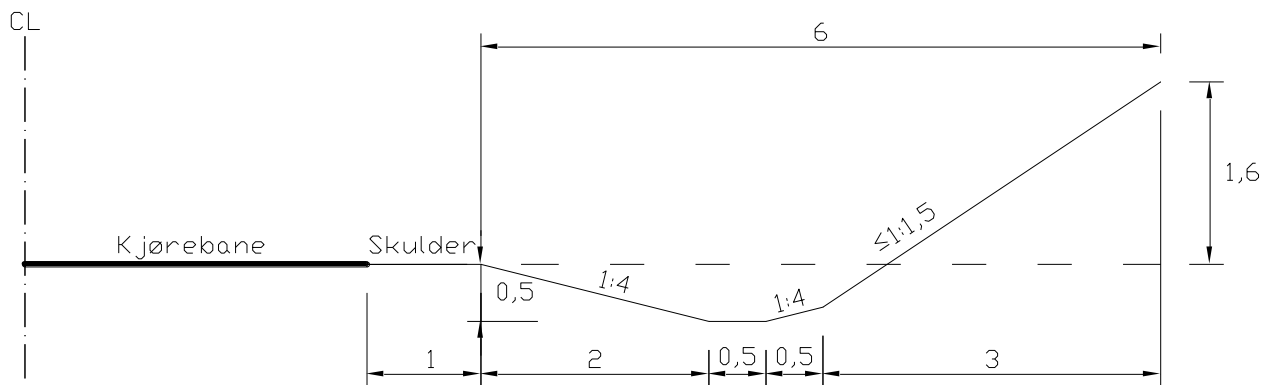
Alternativ IX, vist i figur 37, er basert på krav gitt i *Roadside Design Guide*. Profilet er trygt for utforkjøringer med stor vinkel på vegen, og tilfredsstiller kravene gitt i figur 16. Profilet har stor bredde på grunn av den slake helningen på tilbakefyllingen og grøfteskråningen. Den slake helningen gjør det mulig for vedlikeholdsmaskiner å kjøre på grøfteskråningen.



Figur 37 Alternativ IX, løsmasseskjæring med grunn grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ X

Dette alternativet, se figur 38, er identisk med alternativ V, bare med en grunnere grøft. Det er altså basert på svenske anbefalinger. Maksimal bredde for den delen av sikkerhetssonen som er utenfor skulderen er her 6 meter.



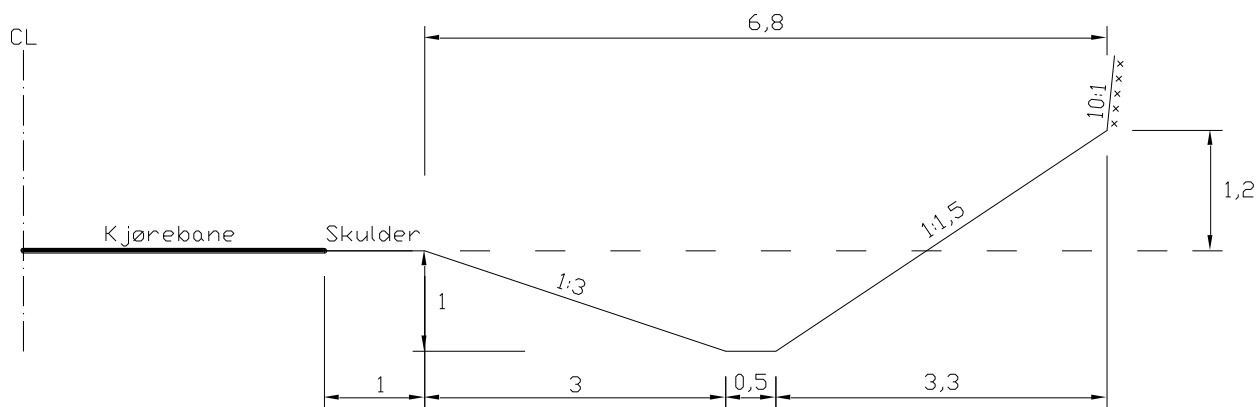
Figur 38 Alternativ X, løsmasseskjæring med grunn grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

5.1.3 Fjellskjæring, åpen drenering

Her vises fem forskjellige forslag til løsning med åpen drenering i fjellskjæring. Fire av forslagene er uten bruk av rekkverk, mens det er tatt med et forslag med rekkverk.

Alternativ XI

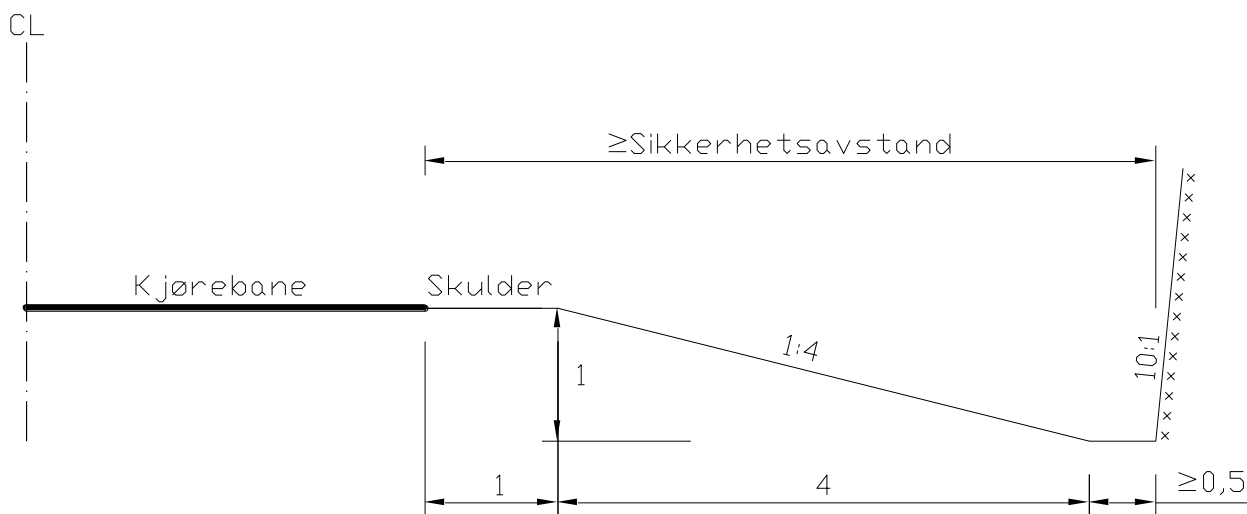
Alternativ XI, vist i figur 39, er lik alternativ I frem til sikkerhetssonen slutter. Profilet har tilbakefylling, slik som Hb231 anbefaler. Avstanden fra skulderkant til fjellskjæringen er 6,8 meter.



Figur 39 Alternativ XI, fjellskjæring med dyp grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ XII

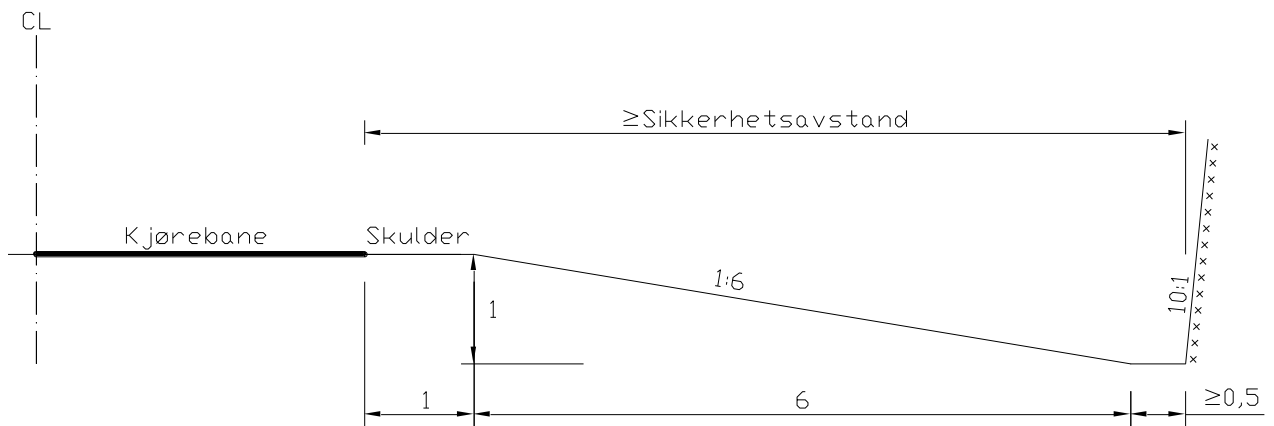
Alternativ XII, vist i figur 40, har en grøfteskråning med helning 1:4. Grøfteskråningens bredde kan dermed regnes som en del av sikkerhetssonen. Minste avstand fra skulderkant til fjellskjæringen er 4,5 meter. På en god del veger må denne bredden økes for å tilfredsstille kravene til sikkerhetssonen, jmfør tabell 2. Dette gjøres ved å øke bredden på den flate grøftebunnen.



Figur 40 Alternativ XII, fjellskjæring med dyp grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ XIII

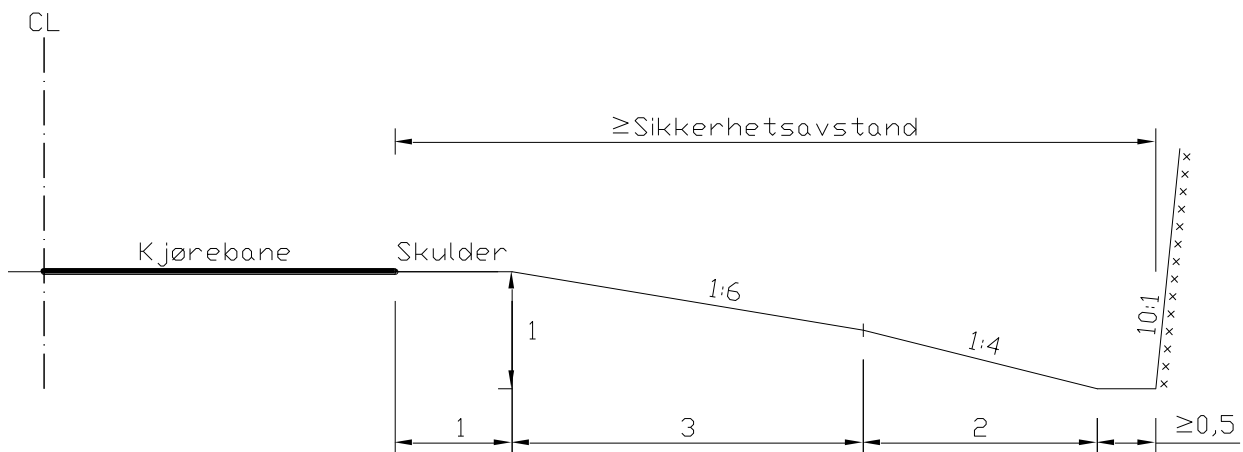
Alternativ XIII, vist i figur 41, har en grøfteskråning med helning 1:6. Dette tillater at vedlikeholdsmaskiner kan kjøre på grøfteskråningen. Minste avstand mellom skulderkant og fjellskjæring er 6,5 meter. På samme måte som i alternativ XII må bredden økes for veger med stor trafikk eller høy fartsgrense. Dette gjøres ved å øke bredden på den flate grøftebunnen.



Figur 41 Alternativ XIII, fjellskjæring med dyp grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ XIV

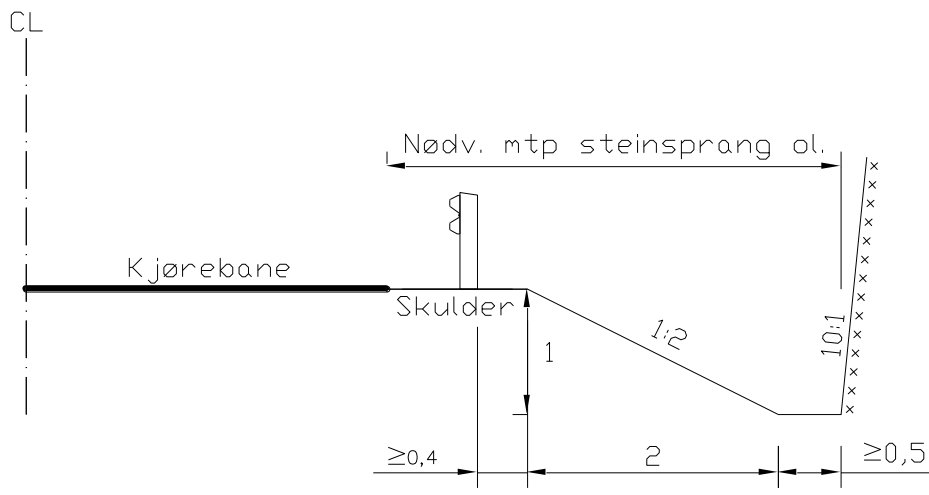
Alternativ XIV, vist i figur 42, minner om alternativ IV ved at grøfteskråningen har varierende helning. Nærmest vegen er helningen 1:6, noe som tillater at vedlikeholdsmaskiner kan kjøre på dette arealet. Ned mot grøftebunnen er helningen 1:4. Dette bidrar til at profilet kan bli noe smalere enn alternativ XIII. Minste avstand mellom skulderkant og fjellskjæring er 5,5 meter. Hvis det er behov for å øke denne avstanden, anbefales det at hele grøfteskråningen utføres med helning 1:6, som i alternativ XIII.



Figur 42 Alternativ XIV, fjellskjæring med dyp grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ XV

Alternativ XV, vist i figur 43, er et forslag med rekkverk. Bruk av rekkverk muliggjør et smalere profil. Avstanden fra skulderkant til fjellskjæring er 2,5 meter. Denne avstanden må i mange tilfeller økes for å hindre at steinsprang når fram til vegen, se figur 7. Dette kan gjøres ved å gjøre grøfteskråningen slakere og/eller ved å gjøre grøftebunnen bredere.



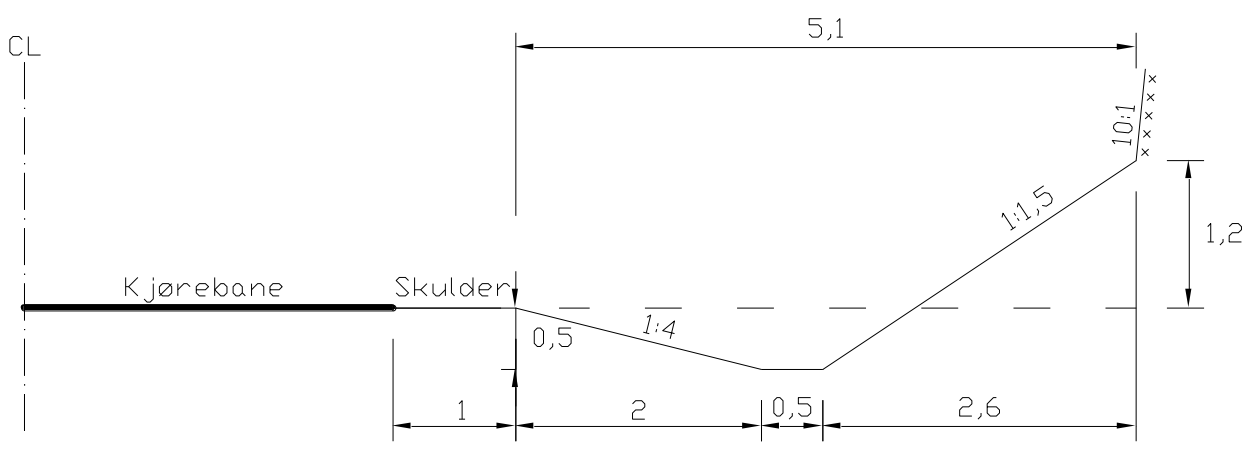
Figur 43 Alternativ XV, fjellskjæring med dyp grøft og rekkverk. Alle mål i meter.

5.1.4 Fjellskjæring, lukket drenering

Det er utarbeidet tre forskjellige forslag til utforminger med lukket drenering i fjellskjæring.

Alternativ XVI

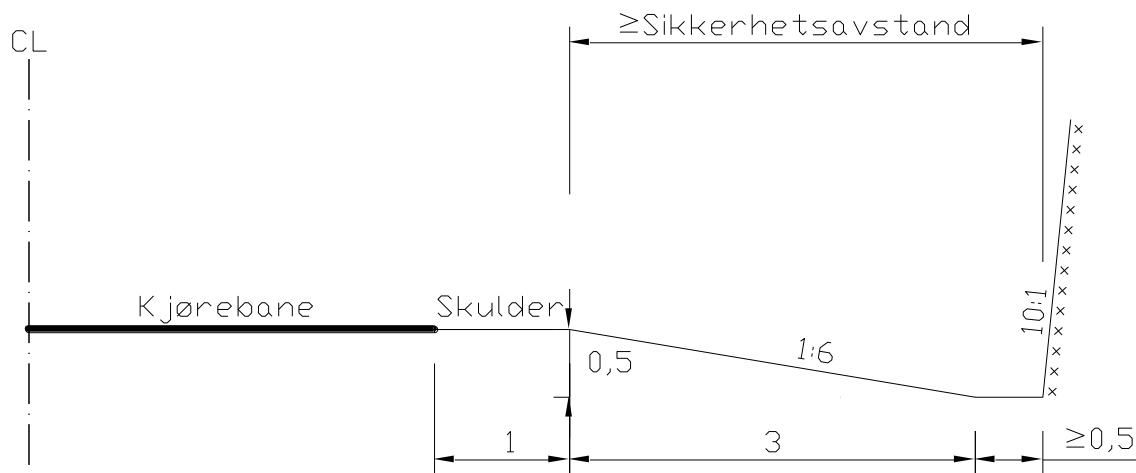
Alternativ XVI, vist i figur 44, har en grøfteskråning med helning 1:4 og en tilbakefylling mot fjellskjæringen. Bredden mellom skulderkant og fjellskjæring er 5,1 meter. Utformingen er veldig lik det som anbefales i Hb231. Krav til fanggrøft for steinsprang i Hb018 ved høye skjæringer, se figur 7, kan bety at grøftedybden må økes.



Figur 44 Alternativ XVI, fjellskjæring med grunn grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ XVII

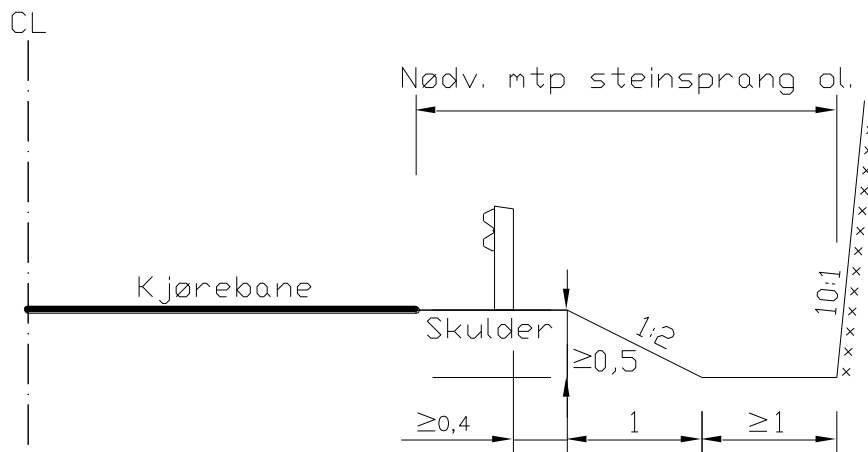
Alternativ XVII, vist i figur 45, har en grøfteskråning med helning 1:6. Dette tillater at vedlikeholdsmaskiner kan kjøre her, istedenfor i vegbanen. Avstanden mellom skulderkant og fjellskjæring er minimum 3,5 meter. På grunn av krav til sikkerhetsone og steinsprang må avstanden økes for en del veger, se figur 7 og tabell 2. Dette gjøres ved å øke bredden på den flate grøftebunnen. Kravene til steinsprang kan medføre at grøftedybden også må økes.



Figur 45 Alternativ XVII, fjellskjæring med grunn grøft, uten rekkverk. Alle mål i meter.

Alternativ XVIII

Alternativ XVIII, vist i figur 46, benytter rekkverk. Dette muliggjør et smalt profil, siden fjellskjæringen som færemoment skjermes. Minste avstand fra skulderkant til fjellskjæringen er 2 meter. Ved høye skjæringer må derimot avstanden mellom skulderkanten og skjæringen økes på grunn av faren for steinsprang, se figur 7. Dette kan gjøres ved å øke grøftebunnens bredde og/eller slake ut grøfteskråningen.



Figur 46 Alternativ XVIII, fjellskjæring med grunn grøft og rekkverk. Alle mål i meter.

5.1.5 Oppsummering

Tabell 7 viser en oppsummering av alternativene som er presentert ovenfor. Total bredde er bredden for den delen av sikkerhetssonen som ligger utenfor skulderkanten. For noen av alternativene vil bredden variere med kravene til sikkerhetssonen, disse er derfor merket med «S». Høye fjellskjæringer setter krav til avstanden mellom fjellskjæringen og kanten av kjørebanelen, se figur 7. De profilene hvor dette kan være aktuelt er merket med «L» i kolonnen for total bredde.

Tabell 7 Oppsummering av de ulike alternativene.
S er sikkerhetssonens bredde, L er nødvendig lengde for sikring mot steinsprang.

Alternativ	Skjæring	Drenering	Rekkverk	Fall grøfteskråning	Total bredde [m]
I	Løsmasse	Åpen	Nei	1:3	7,4
II	Løsmasse	Åpen	Nei	1:4	8,4
III	Løsmasse	Åpen	Nei	1:6	10,4
IV	Løsmasse	Åpen	Nei	1:6/1:4	9,4
V	Løsmasse	Åpen	Nei	1:4	8,7
VI	Løsmasse	Åpen	Ja	1:2	6,4
VII	Løsmasse	Lukket	Nei	1:4	5,7
VIII	Løsmasse	Lukket	Nei	1:6	6,7
IX	Løsmasse	Lukket	Nei	1:6	5,5 ≤ S
X	Løsmasse	Lukket	Nei	1:4	6,0
XI	Fjell	Åpen	Nei	1:3	6,8 ≤ L
XII	Fjell	Åpen	Nei	1:4	4,5 ≤ S, L
XIII	Fjell	Åpen	Nei	1:6	6,5 ≤ S, L
XIV	Fjell	Åpen	Nei	1:6/1:4	5,5 ≤ S, L
XV	Fjell	Åpen	Ja	1:2	2,5 ≤ L
XVI	Fjell	Lukket	Nei	1:4	5,1 ≤ L
XVII	Fjell	Lukket	Nei	1:6	3,5 ≤ S, L
XVIII	Fjell	Lukket	Ja	1:2	2,0 ≤ L

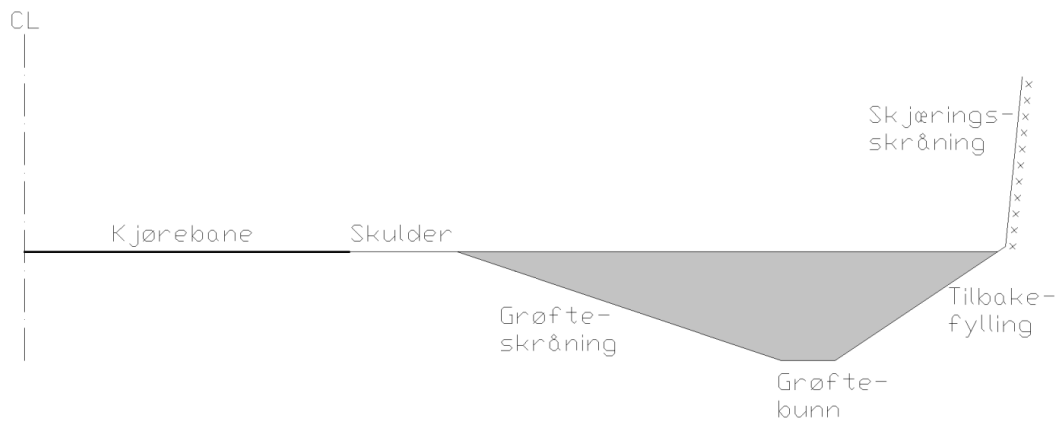
5.2 Vurdering av profilene

Alternativene ovenfor skal sammenlignes med hensyn på fem kriterier. Hvert kriterium har et mål, og profilene rangeres etter måloppnåelse:

- Sikkerhet
 - Mål: færrest mulig alvorlige ulykker
- Drenering
 - Mål: Størst mulig dreneringskapasitet
- Arealbruk
 - Mål: Minst mulig areal, som betyr smalest mulig tverrsnitt
- Hensyn til drift og vedlikehold
 - Mål: Lavest mulig drift- og vedlikeholdskostnad
- Anleggskostnader
 - Mål: Laveste mulig anleggskostnad

Med sikkerhet menes konsekvensene en utforkjøring vil medføre. Faktorer som vil påvirke sikkerheten er helningen på grøfteskråningen, avstand til faremoment og eventuelt sikring ved rekkverk. Generelt vil slakere skråning og bredere sikkerhetssone gi færre ulykker. Målet for dette kriteriet er færrest mulig alvorlige ulykker. I vurderingen av sikkerhet er det lagt vekt på grøfteskråningens helning. Litteraturstudiet viste at slakere grøfteskråning gir bedre trafiksikkerhet. Bredden på området med slak helning vil også spille inn, da dette gir mer plass til å få kontroll på kjøretøyet. Det er vanskelig å si ved hvor bratt helning det er sikrere med rekkverk. Men så lenge sideterrenget er fritt for faremomenter i sikkerhetssonen, regnes alle profilene med grøfteskråning 1:4 eller slakere som sikrere enn å bruke rekkverk. Dette fordi ved en helning på 1:4 vil de fleste kjøretøy kunne kontrolleres.

Profilene skal og vurderes i forhold til hvor god dreneringskapasitet de har. Det vil her være forskjell på åpen og lukket drenering. Dybden og bredden på grøfta er det som påvirker grøftas kapasitet. Målet for dette kriteriet er størst mulig dreneringskapasitet. Kapasiteten er definert som arealet på det åpne tverrsnittet i grøfta, se figur 47. Stor tverrsnitt gir større reservekapasitet for å ta unna overflatevann ved store nedbørsmengder.



Figur 47 Det skraverte område viser arealet på det åpne tverrsnittet i grøfta.

I utgangspunktet ønskes et minst mulig inngrep i terrenget. Derfor er også arealbruk tatt inn som en sammenligningsfaktor. Målet for dette kriteriet er derfor at profilet skal være smalest mulig.

De ulike profilene vil kunne gi ulike drifts- og vedlikeholdskostnader. Kostnadene avhenger i stor grad av nødvendig antall arbeidstimer. Enkelte profiler kan være enklere å drifte og vedlikeholde enn andre. Dette kan for eksempel skyldes at vedlikeholdsmaskiner kan operere i sideterrenget, istedenfor i fra vegbanen. Valg av dreneringsløsning spiller også inn, lukkede dreneringsløsninger krever mer vedlikehold. Dette skyldes at rørene må gjennomspyles slik at de ikke går tette. Rekkverk teller også negativt for drift og vedlikehold. For det første er det et ekstra element å vedlikeholde, samt at det kan være et problem ved for eksempel snørydding. Målet for dette kriteriet er at profilet bidrar til å minimere drift- og vedlikeholdskostnadene. På grunn av at det ikke er funnet bra data er det ikke vist noe tall for forventete kostnader for drift og vedlikehold av de forskjellige profilene.

Anleggskostnader er alle kostnader knyttet til det å bygge vegen. Den avhenger i stor grad av terrenget vegen bygges i. De forskjellige profilene vil ha ulik anleggskostnad, blant annet på grunn av ulike dreneringsløsninger. Bredden på profilet vil også ha stor innvirkning på anleggskostnaden. Målet for dette kriteriet er at profilet skal ha lavest mulig anleggskostnad. Som for drift- og vedlikeholdskostnader har det også vært vanskelig å finne data om anleggskostnader for de ulike profilene. Grunnlaget for vurderingen har her derfor vært bredden på profilet, valget av dreneringsløsning og bruk av rekkverk.

5.2.1 Løsmasseskjæring

Her presenteres vurderingen av de forskjellige profilene i løsmasseskjæring. Profilene som vurderes her, ble presentert i kapittel 5.1.1 og 5.1.2.

Sikkerhet

Resultatene av vurderingen er vist i tabell 8. Alternativ IX blir rangert som det sikreste, grunnet den slake grøfteskråningen samt den slake tilbakefyllingen. Videre følger alternativ III, som har 6 meter bred grøfteskråning med helning 1:6. Alternativ VIII har også helning 1:6, men det er kortere avstanden til den relativt bratte tilbakefyllingen. Rangert som nummer 4 er alternativ IV, med ulik helning på grøfteskråningen. Alternativ X og V følger på hhv. 5. og 6 plass. Begge alternativene har grøfteskråning med helning 1:4 og en slakere overgang til tilbakefyllingen enn de andre alternativene. Ved en grøfteskråning med helning 1:4 er det en fordel med mindre grøftedybde, på grunn av at kjøretøyet er vanskeligere å kontrollere enn ved helning 1:6. Dette er også grunnen til at alternativ VII med lukket drenering foretrekkes foran alternativ II, selv om begge har grøfteskråning med helning 1:4. Alternativ VI med rekkverk følger på 9. plass. Sist kommer alternativ I med grøfteskråning med helning 1:3.

Tabell 8 Rangering av alternativene mht. sikkerhet.

Rangering	Alternativ	Helning, grøfteskråning	Dreneringsløsning
1.	IX	1:6	Lukket
2.	III	1:6	Åpen
3.	VIII	1:6	Lukket
4.	IV	1:6/1:4	Åpen
5.	X	1:4	Lukket
6.	V	1:4	Åpen
7.	VII	1:4	Lukket
8.	II	1:4	Åpen
9.	VI	Rekkverk	Åpen
10.	I	1:3	Åpen

Drenering

Resultatene er vist i tabell 9. Alternativ III har plass til mest vann før det vil flomme inn i vegbanen. Av alternativene med lukket drenering er det alternativ IX som har størst kapasitet. Kjennetegnet på begge disse alternativene er at de har en grøfteskråning med helning 1:6.

Tabell 9 Rangering av alternativene mht. drenering.

Rangering	Alternativ	Dreneringskapasitet [m ²]	Dreneringsløsning
1.	III	4,25	Åpen
2.	V	3,54	Åpen
3.	IV	3,50	Åpen
4.	II	3,25	Åpen
5.	I	2,75	Åpen
6.	VI	2,25	Åpen
7.	IX	1,5	Lukket
8.	VIII	1,19	Lukket
9.	X	1,07	Lukket
10.	VII	0,94	Lukket

Arealbruk

Arealbruken for profilene bestemmes av hvor brede de er. Enkelte av profilene har ikke noen definert bredde, det er kun spesifisert at de skal være brede nok til at kravet til sikkerhetszone tilfredsstilles. Her gjelder dette alternativ IX. For å kunne sammenligne, er avstanden mellom skulderkant og det punktet på skjæringen som er 1,6 meter over kjørebanelen benyttet for alternativ IX.

Resultatene er vist i tabell 10. Alternativ VII er det smaleste med en bredde på 5,7. Av alternativene med åpen drenering er alternativ VI med rekkverk det smaleste.

Tabell 10 Rangering av alternativene mht. arealbruk.

Rangering	Alternativ	Bredde [m]	Dreneringsløsning
1.	VII	5,7	Lukket
2.	X	6,0	Lukket
3.	VI	6,4	Åpen
4.	VIII	6,7	Lukket
5.	I	7,4	Åpen
6.	IX	7,9	Lukket
7.	II	8,4	Åpen
8.	V	8,7	Åpen
9.	IV	9,4	Åpen
10.	III	10,4	Åpen

Hensyn til drift og vedlikehold

Resultatene av vurderingen er vist i tabell 11. Alternativ I er rangert som det beste grunnet at vedlikeholdsmaskiner kan operere på hele grøfteskråningen, og at det er åpen drenering. Videre følger alternativ IV som også har åpen drenering. Vedlikeholdsmaskiner kan også her kjøre på grøfteskråningen, men bunnen av grøfteskråningen er brattere, slik at maskinene ikke kan kjøre på hele skråningen. To alternativ er rangert likt på 3. plass, alternativ IX og VIII. Vedlikeholdsmaskiner kan operere på hele sideterrenget i begge alternativene, og begge har lukket drenering. Det er derfor lite som skiller alternativene i forhold til drift og vedlikehold. Videre er alternativ II og V begge på delt 5. plass. Alternativene er veldig like med grøfteskråning med helning 1:4 og åpen drenering. På grunn av at alternativ I har åpen drenering, og ingen rekkverk, rangeres det som nummer 7. Alternativ VII og X rangeres likt på 8. plass. Begge har lukket drenering og grøfteskråning med helning 1:4. Sist kommer alternativ VI med rekkverk.

Tabell 11 Rangering av alternativene mht. drift og vedlikehold.

Rangering	Alternativ	Dreneringsløsning
1.	III	Åpen
2.	IV	Åpen
3.	IX	Lukket
3.	VIII	Lukket
5.	II	Åpen
5.	V	Åpen
7.	I	Åpen
8.	VII	Lukket
8.	X	Lukket
10.	VI	Åpen

Anleggskostnader

Resultatet av vurdering er vist i tabell 12. Alternativ I er rangert først. Dette er det smaleste alternativet med åpen drenering og uten bruk av rekkverk. Videre følger alternativ VI. Selv om dette alternativet har rekkverk, er det hele 2 meter smalere enn alternativ to, som er det 3. smaleste med åpen drenering. Ellers følges samme rekkefølge som for arealbruk, med unntak av alternativ IX som rangeres som nummer IV, grunnet bruk av lukket drenering, og at det er mindre enn 1 meter smalere enn alternativ II og V.

Tabell 12 Rangering av alternativene mht. anleggskostnader.

Rangering	Alternativ	Dreneringsløsning
1.	I	Åpen
2.	VI	Åpen
3.	VII	Lukket
4.	X	Lukket
5.	VIII	Lukket
6.	II	Åpen
7.	V	Åpen
8.	IX	Lukket
9.	IV	Åpen
10.	III	Åpen

5.2.2 Fjellskjæring

Her presenteres vurderingen av de forskjellige profilene i løsmasseskjæring. Profilene som vurderes her, ble presentert i kapittel 5.1.3 og 5.1.4.

Sikkerhet

Det er ikke så lett å rangere alternativene etter sikkerhet. Hvilket profil som er best avhenger av hvordan utforkjøringen foregår. Hvis utforkjøringen foregår nær normalt mot skjæringen, og føreren er ute av stand til å kontrollere kjøretøyet, vil et profil med tilbakefylling eller rekkverk være det beste. Ved andre typer av utforkjøring vil et profil med slak og bred grøfteskråning være å foretrekke. For alle profilene er antatt at de oppfyller kravene om sikkerhetssonens bredde.

Resultatene er vist i tabell 13. Alternativ XVII er rangert først på grunn av slak grøfteskråning og grunn grøft. Bredden på grøftebunnen vil avhenge av kravet til sikkerhetssone. Deretter følger alternativ XIII med lik helning på grøfteskråning, men med dyp grøft. Videre følger alternativ XVI med grunn grøft og tilbakefylling mot fjellskjæringen, som sikrer at kjøretøyet ikke går rett i fjellskjæringen. Alternativene med rekkverk, XV og XVII rangeres likt på fjerde plass. Konsekvensen av en påkjørsel av rekkverket er uavhengig av om det er en dyp eller grunn grøft bak. Alternativ XII er rangert som nummer 6 på grunn av dyp grøft og en knekk i helningen på grøfteskråningen. En brattere grøfteskråning fører til at alternativ XII havner på 7. plass. Sist kommer alternativ XI, som har den bratteste grøfteskråningen.

Tabell 13 Rangering av alternativene mht. sikkerhet.

Rangering	Alternativ	Helning, grøfteskråning	Dreneringsløsning
1.	XVII	1:6	Lukket
2.	XIII	1:6	Åpen
3.	XVI	1:4	Lukket
4.	XV	Rekkverk	Åpen
4.	XVIII	Rekkverk	Lukket
6.	XIV	1:6/1:4	Åpen
7.	XII	1:4	Åpen
8.	XI	1:3	Åpen

Drenering

De fleste profilene har en bredde som avhenger av kravet til sikkerhetsavstanden. Dreneringskapasiteten vil i stor grad avhenge av denne bredden. Resultatene presentert her er likevel basert på profilene slik de er vist i kapittel 5.1.3 og 5.1.4.

Resultatene er vist i tabell 14. Alternativ XIII har størst dreneringskapasitet. Alle alternativene med åpen drenering kommer før de med lukket drenering.

Tabell 14 Rangering av alternativene mht. drenering.

Rangering	Alternativ	Drenerings- kapasitet [m ²]	Dreneringsløsning
1.	XIII	3,5	Åpen
2.	XI	2,75	Åpen
3.	XII	2,5	Åpen
4.	XIV	1,75	Åpen
5.	XV	1,5	Åpen
6.	XVII	1,0	Lukket
7.	XVI	0,95	Lukket
8.	XVIII	0,75	Lukket

Arealbruk

Bredden på profilene avhenger av krav til sikkerhetsavstanden. For eksempel vil en veg med fartsgrense 90 km/t og en ÅDT større enn 12 000 føre til at bredden vil bli 10 meter (minus bredden av skulderen) for alle profilene uten rekkverk eller tilbakefylling. To av alternativene, XI og XVI, har en tilbakefylling mot fjellskjæringen. Tilbakefyllingen har en høyde på 1,2

meter over vegbanen. For å ta hensyn til dette er bredden for alle profilene målt til det punktet på skjæringen som har en høyde på 1,2 meter over vegen.

Resultatene er vist i tabell 15. Alternativene med rekkverk er de smaleste.

Tabell 15 Rangering av alternativene mht. arealbruk.

Rangering	Alternativ	Bredde [m]	Dreneringsløsning
1.	XVIII	2,17	Lukket
2.	XV	2,72	Åpen
3.	XVII	3,67	Lukket
4.	XII	4,72	Åpen
5.	XVI	5,1	Lukket
6.	XIV	5,72	Åpen
7.	XIII	6,72	Åpen
8.	XI	6,8	Åpen

Hensyn til drift og vedlikehold

Resultatene er vist i tabell 16. Alternativ XIII er rangert som det billigste å drifte og vedlikeholde på grunn av at det har åpen drenering og vedlikeholdsmaskiner kan operere på hele grøfteskråningen. Videre følger alternativ XIV som også har åpen drenering. Vedlikeholdsmaskiner kan her operere utenfor kjørebanelen, men ikke på hele grøfteskråningen. Alternativ XVII har lukket drenering, men en fordel ved at grøfteskråningen er slak nok til at vedlikeholdsmaskiner kan operere på hele grøfteskråningen. Videre følger alternativ XII på fjerde plass. Her må vedlikeholdsmaskiner operere fra vegbanen, men det er åpen drenering. Det samme gjelder for alternativ XI på femte plass. Tilbakefyllingen kan gjøre drift og vedlikehold noe vanskeligere. Alternativ XVI har lukket drenering og vedlikeholdsmaskiner må operere fra kjørebanelen, og havner derfor på 7. plass. Alternativene mer rekkverk tar de to siste plassene.

Tabell 16 Rangering av alternativene mht. drift og vedlikehold.

Rangering	Alternativ	Dreneringsløsning
1.	XIII	Åpen
2.	XIV	Åpen
3.	XVII	Lukket
4.	XII	Åpen
5.	XI	Åpen
6.	XVI	Lukket
7.	XV	Åpen
8.	XVIII	Lukket

Anleggskostnader

I en fjellskjæring avhenger anleggskostnaden i sterk grad av bredden på tverrsnittet og høyden på skjæringen.

Resultatene av vurderingen er vist i tabell 17. Alternativ XV er rangert først fordi det er blant de smaleste samtidig som det har åpen drenering. Bruk av rekkverk trekker kostnaden noe opp, men profilet er minst to meter smalere enn alternativene uten rekkverk og med åpen drenering. Videre følger det andre alternativet med rekkverk, alternativ XVII. Dette er det smaleste alternativet, men har lukket drenering som gjør at det havner bak alternativ XV. Videre rekkefølge følger bredden på profilene, bortsett fra at alternativ XIV og XVI har byttet plass. Dette skyldes at det kun skiller ca. 0,6 meter i bredden, mens alternativ XIV har åpen drenering som er noe billigere.

Tabell 17 Rangering av alternativene mht. anleggskostnader.

Rangering	Alternativ	Dreneringsløsning
1.	XV	Åpen
2.	XVIII	Lukket
3.	XVII	Lukket
4.	XII	Åpen
5.	XIV	Åpen
6.	XVI	Lukket
7.	XIII	Åpen
8.	XI	Åpen

5.2.3 Oppsummering

I tabell 18 er en summering av alle løsmasse-alternativenes plassifre vist. Alternativ VIII kommer best ut. Alternativ III på andreplass skiller seg med tre plassering helt i toppen og to helt i bunn. Dette er også det beste alternativet med åpen dreneringsløsning.

Tabell 18 Sammenstilling av alle alternativene i løsmasseskjæring.

Alternativ	Sikkerhet	Drenering	Arealbruk	Drift og vedlikehold	Anleggs-kostnad	Totalsum
VIII	3.	8.	4.	3.	5.	23
III	2.	1.	10.	1.	10.	24
IX	1.	7.	6.	3.	8.	25
IV	4.	3.	9.	2.	9.	27
I	10.	5.	5.	7.	1.	28
V	6.	2.	8.	5.	7.	28
X	5.	9.	2.	8.	4.	28
VII	7.	10.	1.	8.	3.	29
II	8.	4.	7.	5.	6.	30
VI	9.	6.	3.	10.	2.	30

En summering av alle fjell-alternativenes plassifre er vist i tabell 19. Alternativ XVII kommer best ut totalt. Dette alternativet har lukket drenering. Alternativ XIII er det beste alternativet med åpen drenering.

Tabell 19 Sammenstilling av alle alternativene i fjellskjæring.

Alternativ	Sikkerhet	Drenering	Arealbruk	Drift og vedlikehold	Anleggs-kostnad	Totalsum
XVII	1.	6.	3.	3.	3.	16
XIII	2.	1.	7.	1.	7.	18
XV	4.	5.	2.	7.	1.	19
XII	7.	3.	4.	4.	4.	22
XIV	6.	4.	6.	2.	5.	23
XVIII	4.	8.	1.	8.	2.	23
XVI	3.	7.	5.	6.	6.	27
XI	8.	2.	8.	5.	8.	31

6 Diskusjon

6.1 Diskusjon av litteraturen

I litteraturstudiet er det vist at det er to håndbøker som hovedsakelig stiller krav til utformingen av vegens sideterreng. Kravene i Hb231 er laget for at utformingen av sideterreng skal være mest mulig trafikksikker. I Hb018 gjelder kravene andre funksjoner sideterrenget skal ivareta. Dette er hovedsakelig drenering og å hindre at steinsprang og ras kommer inn i vegen. Hvis en skal følge kravene fra begge disse håndbøkene vil en i de fleste tilfeller ende opp med å måtte bruke rekkverk. Dette gjelder spesielt i høye fjellskjæringer, hvor kravene til fanggrøft mot steinsprang fører til at grøfta må være dypere enn tillatt i Hb231. Åpen drenering er også i praksis umulig å bruke uten bruk av rekkverk. Hb231 tillater ikke dypere grøft enn 0,6 meter før det kreves rekkverk. En åpen grøft må i de fleste tilfeller være minst 1,0 meter dyp.

Helt mot slutten av arbeidet med denne oppgaven, kom en ny versjon av Hb018 ut (nå kalt N200). Her er det nye krav til grunne sidegrøfter. De skal ha en dybde på minimum 0,4 meter (Statens vegvesen, 2014b). Hb231 er ikke oppdatert, og kravet er her at dybden maksimalt kan være 0,3 meter hvis fartsgrensen på vegen er høyere enn 80 km/t. Skal begge kravene følges samtidig er resultatet at alle disse vegene må bygges med rekkverk. Hb231 må derfor oppdateres til å sammenfatte med kravene i Hb018.

Sverige har en helt annerledes oppbygging av håndboksystemet enn Norge. I Sverige er alle krav i utgangspunktet samlet i en håndbok som eksisterer i fire forskjellige versjoner avhengig av kravsnivået. En annen forskjell er også at i svenskenes *Vägars och gators utforming* vises kravene for utforming av vegens sideterreng for de forskjellige dimensjoneringsklassene. I Norge er det et sett med krav som gjelder uavhengig av dimensjoneringsklasse.

I USA er systemet mer kompleks, da de forskjellige statene har sine egne regler. På nasjonalt nivå finnes det et sett med håndbøker som fungerer som anbefalinger. Dette systemet kan minne om det norske. Problemet med det norske systemet med flere ulike håndbøker, som delvis omhandler det samme temaet, er at disse kan ha motstridende krav. Eksempler på dette er vist ovenfor. De norske håndbøkene oppdateres også på forskjellige tidspunkter. Dette fører til kravene i de forskjellige håndbøkene ikke nødvendigvis samsvarer.

En mulig løsning som knytter alle håndbøkene bedre sammen, er å sette håndbøkene sammen i en wiki. Jernbaneverket har gjort dette med sitt tekniske regelverk (Jernbaneverket, 2014). Alle krav og anbefalinger ligger her tilgjengelig i en online database.

Et annet forslag er å samle alle kravene til utforming av vegens sideområde i en egen håndbok. Eventuelt kan det flettes inn i Håndbok 017, *Veg- og gateutforming*. For hver dimensjoneringsklasse kan det da vises hvordan sideområdet skal/bør utformes, slik som det praktiseres i Sverige. Alle aktuelle krav til utformingen av vegens sideterreng bør samles her. Andre håndbøker bør deretter følge kravene som gis i Håndbok 017.

Av annen litteratur vise det seg at det er lite generell litteratur som omhandler alle funksjonene vegens sideområde skal dekke. Dette gjenspeiler seg i de norske håndbøkene, hvor Hb231 dreier seg om trafiksikkerhet og Hb018 om drenering og skråningsstabilitet. I litteraturstudiet var det heller ikke mulig å finne noe data om forskjell i anleggskostnader og drift- og vedlikeholdskostnader. Dette påvirket vurderingen av profilene som ble utarbeidet.

6.2 Diskusjon av resultater

I arbeidet med å utarbeide forskjellige alternativer for sammenligning, ble det forsøkt å ta med forskjellige løsninger med inspirasjon fra litteraturen. Idéen var å ha alternativer som hadde forskjellige styrker. I ettertid kunne det nok vært med flere ulike alternativer med rekkverk. Uansett ga alternativene grunnlaget for å gjennomføre en god sammenligning.

Fordi det viste seg vanskelig å finne gode data for flere av vurderingskriteriene, ble sammenstillingen og vurdering av alternative noe enkel. Bruken av en ordinal skala som enkel rangering, får ikke fram forskjellene mellom alternativene. Dette fører til at det ikke nødvendigvis er det beste alternativet som kåres som vinner. For eksempel vil en marginal forskjell mellom det beste og nest beste alternativet for et kriterium telle like mye som om hvis forskjellen var stor. Metoden er likevel nyttig som et utgangspunkt for en diskusjon og en enda grundigere vurdering.

Av resultatene for alternativene med løsmasseskjæring (se tabell 18), ser en at alternativ VIII som vant ikke hadde noen topprangeringer, men scoret jevnt bra. Alternativ III på andre plass total, har to første plasser, én andre plass men også to sisteplasser. Ingen av alternativene skiller seg ut verken positivt eller negativt hvis en ser på totalsummen. Dette tyder på at resultatene kunne endret seg kraftig hvis en for eksempel vektet kriteriene forskjellig. Likevel

er det verdt å merke seg at de tre beste alternativene alle har en grøfteskråning med helning 1:6.

For alternativene i fjellskjæring er forskjellene større (tabell 19). Alternativene har delt seg i tre jevne grupper med alternativ XVII, XIII og XV i toppen. Midtgruppa gjøres opp av alternativ XII, XIV og XVIII, mens alternativ XI og XVI skiller seg ut i bunnen av listen. Av dette er det ikke så lett å trekke noen konklusjoner, siden de tre alternativene som ligger i toppen er veldig forskjellige. Alternativ XVII som kom best ut, har slak grøfteskråning og lukket drenering, mens alternativ XIII på andreplass også har slak grøfteskråning men åpen drenering og alternativ XV på tredjeplass har rekkverk.

Felles for vurderingene av alternativene i både løsmasse- og fjellskjæring er at resultatene trolig hadde blitt annerledes hvis det var valgt å vekte kriteriene forskjellig. Dette er likevel en av styrkene med sammenligningsmetoden som er valgt, siden det er lett å se hvilket alternativ som er best for hvert vurderingskriterium. Trolig vil kriteriene vektlegges annerledes avhengig av hvilken type veg en skal bygge. For en høyt trafikkert veg med høy fartsgrense er sikkerhet og muligheten for effektiv drift og vedlikehold sannsynligvis viktigere enn for en veg med liten trafikk. På en veg med liten trafikk er antagelig anleggskostnaden viktigere. Dette gjør at anbefalingene som ligger til grunn for valget av dreneringsløsning i Hb018 virker fornuftig. En trafikksikker utforming med lukket drenering krever mindre areal enn en tilsvarende trafikksikker utforming med åpen drenering.

Alternativ VIII som kom best ut i vurderingen av alternativene i løsmasseskjæring er nesten lik løsningen Harald Norem foreslår i sitt notat (figur 23). Den eneste forskjellen er at Norem ikke har lagt inn noen flat grøftebunn i sitt forslag. Profilet Norem foreslår for fjellskjæring med grunn grøft (figur 25) er helt likt alternativ XVII, som kom best ut i denne oppgaven. Det er ikke så overraskende at profilene er så like, siden det er tatt utgangspunkt i mye av den samme litteraturen. Alternativene Norem foreslår med åpen drenering har brattere grøfteskråning enn alternativene som kom best i vurderingen i denne oppgaven. Dette tyder på at Norem har lagt mer vekt på anleggskostnadene og arealbruken.

I vurdering av alternativene er drift og vedlikehold et av vurderingskriteriene. I de norske håndbøkene står det ingenting om at sideterrenget skal utformes slik at drift og vedlikehold kan utføres enklest mulig. Med tanke på det store etterslepet som er dokumentert på norske veger, bør det absolutt tilstrebes å velge løsninger som krever lite drift og vedlikehold.

Vurderingen av trafikksikkerheten ved de ulike løsningene har lagt vekt på at slakere grøfteskråning er sikrere. Dokumentasjon på dette er vist i litteraturstudiet, en utflating fra 1:4 til 1:6 vil gi en reduksjon i personskader på 20 – 25 %. Dette tas det ikke hensyn til i norske håndbøker. Her skiller det ikke noe på kravene så lenge grøfteskråningen er slakere enn 1:4. Harald Norem har laget et forslag til nye krav til sikkerhetsavstanden, hvor kravene er redusert med rundt én meter hvis grøfteskråningen har helning 1:6 eller slakere. Dette virker fornuftig, og bør føre til at denne helningen benyttes mere. Som vist har en grøfteskråning med helning 1:6 også en fordel ved at vedlikeholdsmaskiner kan operere her.

Ingen av alternativene med åpen dreneringsløsning, og uten rekkverk, tilfredsstillt kravene gitt i Hb231. Likevel bør det ikke være noe i veien for at alle disse alternativene bør godkjennes, med mulig unntak for alternativ XI med den bratteste grøfteskråningen. For resten av alternativene er grøfteskråningen så slak at den ikke utgjør noen fare, samt at fjellskjæringen er plassert utenfor sikkerhetssonen.

Løsninger med tilbakefylling med løsmasser mot fjellskjæringen er ikke anbefalt i denne oppgaven. Tilbakefylling brukes for å redusere skadeomfanget ved en utforkjøring, men den er uheldig i forhold til andre funksjoner sideterrenget skal sørge for. Spesielt øker tilbakefyllingen faren for at nedfall av stein og is skal rulle inn i vegen. Tilbakefyllingen stjeler også mye dreneringskapasitet, noe som øker sannsynligheten for at flomvann og iskjøving når fram til vegen.

6.3 Sammenligning mot dagens håndbøker

Alternativ VIII ble det beste med lukket drenering i løsmasseskjæring. Dette skiller seg fra anbefalingene i Hb231 og Hb018 på to områder. For det første er grøfteskråningen slakere med helning 1:6 istedenfor 1:4. Dette øker kontrollen fører vil ha over kjøretøyet ved en utforkjøring. I tillegg er grøfta 0,2 meter dypere enn kravene i Hb231. Dette er et bevisst valg som gjelder alle utformingene med lukket drenering i denne oppgaven. Grunnen til dette er at en grøftedybde på 0,3 meter gir liten kapasitet til overvannet ved intense nedbørsmengder. I den nye utgaven av Hb018 (nå kalt N200), som nettopp er kommet ut, er kravet av denne grunn at grøftedybden skal være minimum 0,4 meter. Det er ventet at Hb231 vil oppdateres til å samsvare med dette. Den slakere grøfteskråningen bør mer enn veie opp for ulempen ved en noe dypere grøft. Bakdelen med en slakere grøfteskråning og dypere grøft er at profilet blir bredere. Dette betyr igjen at anleggskostnaden sannsynligvis øker. På steder med høye skjæringer bør det derfor gjøres vurdering om en brattere grøfteskråning skal benyttes.

Alternativ III kom best ut av alternativene med åpen drenering i løsmasseskjæring. Dette er likt som alternativ VIII bare at grøftedybden er større. Hb231 tillater ikke, som beskrevet tidligere, åpen drenering uten bruk av rekkverk. Så lenge grøfteskråningen er 1:3 eller slakere bør det likevel ikke være noe stort problem og ha en dypere grøft. Dette fordi denne helningen tillates for alle fyllinger, uansett høyde. Derfor bør det kunne tillates grøftedybderover en meter. For å øke trafikksikkerhet kan det settes krav om at et parti av skjæringskråningen skal ha slakere helning, slik som i Sverige eller USA. Trafikksikkerheten i alternativ III er ikke dårligere enn anbefalingen i Hb231. Grøfteskråningen med helning 1:6 og dybde på 1 meter, bør være minst like trygg som en grøfteskråning med helning 1:4 og en dybde på 0,3 eller 0,6 meter. Alternativet er bruk av rekkverk. Dreneringskapasiteten i alternativ III er mye bedre enn forslaget i Hb231. Det samme er hensynet til drift og vedlikehold. Derimot vil bredden bli mye større ved å bruke alternativ III. Skal en ha åpen drenering må uansett grøftedybden være minst en meter. Ved bruk av rekkverk og en grøfteskråning med helning 1:2, vil alternativ III være hele 4 meter bredere. Alternativ III anbefales derfor kun brukt der det ikke er nødvendig med veldig høye skjæringer.

Av fjellskjæringene med lukket drenering kom alternativ XVII best ut. Hb231 krever rekkverk hvis fjellskjæringen er innenfor vegens sikkerhetssone. For å unngå at profilet blir veldig bredt, foreslår Hb231 en tilbakefylling mot fjellskjæringen. Dette har sine svakheter ved at det øker sannsynligheten for at eventuelle stein og annet som faller ned skjæringen vil rulle inn i vegen. Alternativ XVII har ikke tilbakefylling, og en grøfteskråning med helning 1:6. Bredden vil avhenge av kravet til sikkerhetssonen. På vegger med stor trafikk og høy fartsgrense betyr det at profilet blir veldig bredt.

Alternativ XIII kom best ut av fjellskjæringene med åpen dreneringsløsning. Dette alternativet har også en grøfteskråning med helning 1:6. I likhet med alternativ XVII vil bredden avhenge av kravet til sikkerhetssonens bredde. Bredden fra kantlinja til fjellskjæringen må derfor være 10 meter på en veg med fartsgrense på 90 km/t eller høyere og ÅDT over 12 000. Håndbøkene gir, som beskrevet tidligere ingen reelle anbefalinger for åpen drenering i fjellskjæringer uten bruk av rekkverk. Likevel bør det, som beskrevet i avsnittet om åpen drenering i løsmasseskjæring rett ovenfor, ikke være noe i veien for å tillate dette så lenge det tillates høye fyllinger.

Alle fire alternativene som kom best ut av vurderingen i denne oppgaven har en grøfteskråning med helning 1:6. Generelt vil dette gi en mer trafikksikker løsning, men

profilet vil bli bredere. Dette vil trolig føre til høyere anleggskostnader. Alternativene som er foreslått for fjellskjæringer er nok ikke veldig realistiske der hvor det kreves sikkerhetssone med bredde opp mot 10 meter. Til det vil kostnaden forbundet med utsprenging være for store, samt at et så stort terrenginngrep vil være lite populært. Alternativene som kom best ut av vurderingen er altså trolig ikke de beste i alle situasjoner.

7 Konklusjon

I denne oppgaven er det utarbeidet 18 alternativer til utforming av vegens sideterreng, for fire forskjellige situasjoner. Seks alternativer i løsmasseskjæring med åpen drenering, fire alternativer i løsmasseskjæring med lukket drenering, fem alternativer i fjellskjæring med åpen drenering og tre alternativer i fjellskjæring med lukket drenering er sammenlignet og vurdert. Vurderingen ble gjort med hensyn til fem vurderingskriterier: sikkerhet, drenering, arealbruk, hensynet til drift og vedlikehold, samt anleggskostnader. Det viste seg vanskelig å finne data for kostnader knyttet til drift- og vedlikehold og konstruksjon av de ulike alternativene. Anleggskostnadene varierer veldig mye avhengig av terrenget det bygges i. Sammenligningen av alternativene ble derfor gjort ved hjelp av metoden enkel rangordning. Alle alternativene som kom best ut har en grøfteskråning med helning 1:6. Dette fører til økt sikkerhet, ved at føreren enklere kan kontrollere kjøretøyet sammenlignet med en grøfteskråning med helning 1:4. Den slakere grøfteskråningen er også gunstig for drift- og vedlikeholdsarbeid ved at maskinene kan operere på grøfteskråningen istedenfor fra vegbanen. De foreslåtte alternativene i fjellskjæring vil bli veldig brede når kravene til sikkerhetssonens bredde er store. Her vil det nok være mest samfunnsøkonomisk og benytte rekkverk.

Oppgaven har vist at det er mulig med sikre utforminger av sideterrenget, selv med åpne dreneringsløsninger uten bruk av rekkverk. I følge dagens Håndbok 231 tillates ikke dette. Kravene om største tillatte grøftedybde bør derfor tas opp til vurdering. Det vises til Sverige hvor det er tillatt med grøftedybder opp til 2,0 meter uten at det krever bruk av rekkverk.

Kravene til minimum grøftedybde i Norge er 0,3 meter. Veger som har vært bygget med så grunne grøfter har hatt en del problemer med at de oversvømmes. Igjen anbefales det å se til Sverige, hvor minimumsdybden for grøfter er 0,5 meter. Kort tid før fristen for denne oppgaven, kom det ut en ny Håndbok 018 (nå kalt N200), hvor minimumsdybden er økt til 0,4 meter.

Kravene til vegens sideterreng er ikke oppfylt flere steder på vegnettet. Dette gjelder hovedsakelig på eldre strekninger, hvor det det kan være under to meter mellom kantlinja og fjellskjæringen. Dette er avdekket gjennom å studere vegbilder fra E6 i Trøndelag i NVDB. NVDB gir dessverre ikke gode data for bredder, dybder og helninger i vegens sideterreng. For veger bygd de senere årene ser kravene ut til å være fulgt.

Kravene for vegens sideterreng dekkes hovedsakelig av Håndbok 018 og 231. Det er litt problematisk at kravene er spredd på to ulike håndbøker. Spesielt siden Håndbok 231 kun fokuserer på utformingen med hensyn til trafikksikkerhet. Det bør derfor vurderes om kravene kan samles i en egen håndbok. Eventuelt kan en gjøre som i Sverige, der kravene til utformingen av vegens sideterreng henger sammen med vegens dimensjoneringsklasse. Det vil da være naturlig at kravene gis i Håndbok 017.

7.1 Videre arbeid

Oppgaven har vist at det er mulig å ha dype grøfter og samtidig ha trafikksikre løsninger. Det bør derfor arbeides videre med å inkludere noen av disse i en fremtidig håndbok om utforming av vegens sideterreng.

Det bør også vurderes om kravene til sikkerhetsavstanden kan reduseres hvis det brukes grøfteskråning med helning 1:6. Dette for å utnytte den sikkerhetsmessige gevinsten ved å slake ut grøfteskråningen.

Referanseliste

- AASHTO. (2011). *Roadside Design Guide* (4 ed.). Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (u.å.). About AASHTO. Retrieved 16. mai, 2014, from <http://www.transportation.org/Pages/Organization.aspx>
- Arge, N., & Lerstang, T. (1974). *Om sammenlikning av vegprosjekter* (Vol. 3/74). Oslo: Norsk institutt for by- og regionforskning.
- Elvik, R. (2001). *Nytte-kostnadsanalyse av ny rekkverksnormal* (Vol. 547/2001). Oslo: TØI.
- Granden, M. (2013). *Rekkverk - påvirkninger for drift og vedlikehold av veger*. (Masteroppgave), NTNU.
- Haldorsen, I. (2013). Dybdeanalyser av dødsulykker i vegtrafikken 2012 *Statens vegvesens rapporter*.
- Hovd, A. (2011a). *Drainage of roads*. Trondheim: Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU.
- Hovd, A. (2011b). *Tverrprofilen*. Trondheim: Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU.
- Jernbaneverket. (2014). Teknisk regelverk. from Jernbaneverket trv.jbv.no
- Norem, H. (1998). *Sikring av vegar mot isras: årsaker til isras, samling av erfaringer, utføring av sikringstiltak*. Fyllingsdalen: Hordaland vegkontor.
- Norem, H. (2012). Refleksjoner om utforming av vegens sideterreng *Internt notat*. Trondheim.
- Pierson, L. A., Gullixson, C. F., & Chassie, R. G. (2001). Rockfall catchment area design guide: Oregon Department of Transportation, Research Group.
- Samferdselsdepartementet. (2013). *Meld.St. 26 (2012-2013): Nasjonal transportplan 2014 - 2023*. (26). Oslo.
- Statens vegvesen. (2011). Håndbok 018, Vegbygging.
- Statens vegvesen. (2012a). Håndbok 111, Standard for drift og vedlikehold av riksveger. Oslo.
- Statens vegvesen. (2012b). Håndbok 285, Veger og drivsnø. Oslo.
- Statens vegvesen. (2013a). Håndbok 017, Veg- og gateutforming.
- Statens vegvesen. (2013b). Håndbok 231, Rekkverk og vegens sideområder.
- Statens vegvesen. (2014a). Gamle/nye nummer. Retrieved 5. juni, 2014, from <http://www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker/gamle-nye-nummer>
- Statens vegvesen. (2014b). Håndbok N200, Vegbygging.
- Sund, E. K. (2012). *Hva vil det koste å fjerne forfallet på riksvegnettet?: resultat av kartlegging* (Vol. Nr. 75). Oslo: Statens vegvesen.

Trafikverket. (2012a). Krav för Vägars och gators utformning. Borlänge.

Trafikverket. (2012b). Råd för Vägars och gators utformning. Borlänge.

TØI. (2012). Trafikksikkerhetshåndboken (4 ed.). Oslo.

Liste over vedlegg

Oppgavetekst

MASTEROPPGAVE

(TBA4940, Veg, masteroppgave)

VÅREN 2014

for

Håvar Birkeland Stormoen

Sammenstilling og vurdering av alternative utforminger av vegens sideterreng

BAKGRUNN

Vegens sideterreng skal ivareta flere hensyn; blant annet trafikantenes sikkerhet ved utforkjøring, drenering av vegkroppen og ta hensyn til effektiv drift og vedlikehold av vegnettet. Det har i den senere tid vært et stadig større fokus på utforming av vegens sideterreng. Mange steder er det gjort tiltak som utslakning av skråninger eller fjerning av steiner eller bergnabber i sideterrenget for å redusere potensielt skadeomfang ved utforkjøring. Dette kan redusere behovet for rekkverk, som har vært den tradisjonelle måten å sikre trafikantene mot farlige elementer i sideterrenget. Rekkverket vil generelt bedre sikkerheten for trafikantene, men kan ved feil utforming også utgjøre et fareelement i seg selv og medføre andre ulemper, eksempelvis i forbindelse med snørydding.

OPPGAVE

Beskrivelse av oppgaven

Denne masteroppgaven omhandler utforming av vegers sideterreng, og skal sammenstille ulike utforminger av sideterrenget med løsninger med rekkverk. Løsningene skal vurderes med hensyn på sikkerhet, drenering, anleggskostnader, arealbruk og hensynet til drift og vedlikehold.

Målsetting og hensikt

En viktig målsetting med oppgaven er å sammenligne norske og relevante utenlandske krav til tverrprofilutforming, å fremskaffe kunnskap om eksisterende status på området, og å se på praktiske og økonomiske effekter av ulike tverrsnittsutforminger med og uten rekkverk.

Deloppgaver og forskningsspørsmål

- Litteratursøk med beskrivelse av relevante krav fra Norge og Sverige, evt. supplert med data fra andre land som er relevante i denne sammenhengen.
- Ved hjelp NVDB skal det lages en kort statusvurdering av løsninger på det norske vegnettet
- Velge ut aktuelle tverrprofil/standardløsninger med og uten rekkverk, som tilfredsstillende vegnormalkravene
- Sammenstilling og vurdering av de valgte profilene på følgende faktorer:
 - Sikkerhet
 - Drenering
 - Arealbruk
 - Hensynet til drift og vedlikehold
 - Anleggskostnader

For de faktorene det er aktuelt for bør det fastsettes et beløp i kr for å beskrive konsekvensen av tiltaket. Det omfatter både anleggskostnader og drift- og vedlikeholdskostnader i elementets levetid.

- Ut fra en totalvurdering skal det settes opp et forslag til anbefalt utforming
- De anbefalte utformingene skal så sammenstilles med anbefalingene i dagens håndbøker

GENERELT

Opgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendighet i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- forord
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- innholdsfortegnelse inklusive oversikt over figurer, tabeller og vedlegg
- om nødvendig en liste med beskrivelse av viktige betegnelser og forkortelser benyttet
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger.
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.
- besvarelsen skal ha komplett paginering (sidenummerering).

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel. Arbeidet leveres da også med rapportforside og tittelside og om nødvendig med vedlegg som dokumenterer arbeid utført i prosessen med utforming av artikkelen.

Se forøvrig «Råd og retningslinjer for rapportskriving ved prosjektarbeid og masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport». Finnes på <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.

Det er inngått avtale om økonomisk utgiftsdekning fra Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Det vises til avtaleteksten for de betingelsene som må være oppfylt for at avtalt beløp utbetales. Se

<http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarung, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>.

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Innleveringsfrist:

Arbeidet med oppgaven starter 14. januar 2014

Besvarelsen leveres senest ved registrering i DAIM innen 10. juni 2014 kl 23:59.

Faglærer ved instituttet: Helge Mork

Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner: Nils Uthus/Terje Giæver, Statens vegvesen

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 08.01.2014, (revidert: 30.05.2014)

Underskrift



Faglærer