



Veger og drivsnø

VEILEDNING

Håndbok V137



Statens vegvesens håndbokserie får nye nummer fra 1. juni 2014.

Håndbøkene i Statens vegvesen er fra juni 2014 inndelt i 10 hovedtema der hvert tema får sin unike 100-nummerserie. Under hvert hovedtema er håndbøkene, som før, gruppert etter normaler, retningslinjer og veiledninger. Håndbøkene får oppdaterte kryssreferanser til de andre håndbøkene i samsvar med det nye nummereringssystemet.

Se håndboksidene (www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker) for mer informasjon om det nye nummereringssystemet og dokument-speil som viser oversikt over nye og gamle nummer.

Det faglige innholdet er uendret. Det er kun håndboknummeret på forsiden og kryssreferanser som er endret. Nye håndboknummer influerer ikke på gyldigheten av separate kravdokumenter, som for eksempel rundskriv, som er tilknyttet håndbøkene med den gamle nummerserien.

Denne håndboken erstatter etter omnummereringen håndbok 285, Veger og drivsnø, 2012.

Vegdirektoratet, juni 2014

Veger og drivsnø

Håndbøker i Statens vegvesen

Dette er en håndbok i Statens vegvesens håndbokserie. Vegdirektoratet har ansvaret for utarbeidelse og ajourføring av håndbøkene.

Denne håndboka finnes kun digitalt (PDF) på Statens vegvesens nettsider, www.vegvesen.no.

Statens vegvesens håndbøker utgis på to nivåer:

Nivå 1: • **Oransje** eller • **grønn** fargekode på omslaget – omfatter *normal* (oransje farge) og *retningslinje* (grønn farge) godkjent av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.

Nivå 2: • **Blå** fargekode på omslaget – omfatter *veiledning* godkjent av den avdeling som har fått fullmakt til dette i Vegdirektoratet.

Veger og drivsnø
Nr. V137 i Statens vegvesens håndbokserie

ISBN 978-82-7207-644-2

Forord

Snø som transporteres med vinden, drivsnø, representerer et betydelig problem for drift- en av våre høyfjellsveger og andre veger som er lokalisert i åpne områder med beskjeden vegetasjon. Statens vegvesen har i 40 år arbeidet aktivt med å planlegge og drifte slike veger for å gi trafikantene tilfredsstillende framkommelighet og sikkerhet under uværsituasjoner.

Denne håndboka representerer en sammenstilling av de kunnskapene som er bygget opp i denne perioden. Boka gir forslag til innsamling og analyse av meteorologiske data, lokalisering og utforming av veger i drivsnøområder og råd for gjennomføring av driften av slike veger. Boka henvender seg først og fremst til dem som arbeider med planlegging og utbedring av veger eksponert for drivsnø, men bør ha stor praktisk nytte for dem som drifter disse vegene. Det er også vårt håp at håndboka vil være nyttig innen undervisningen i vegfaget.

Boka er en videreføring av Håndbok 167 «Snøvern». Snøvern omhandlet både drivsnø, snøskred og sørpeskred. Tiltak mot drivsnø er inkludert i denne håndboka, mens sikring mot snøskred og sørpeskred omhandles henholdsvis i Håndbok V138 Veger og snøskred og Håndbok V139 Flom- og sørpeskred.

Denne håndboka er skrevet av Harald Norem, Statens vegvesen, Skuli Thordarson, Vegsýn, Island og Espen Thøring, Rambøll A/S. En referansegruppe har bistått i arbeidet med utarbeiding av håndboka og denne gruppa har bestått av:

Kjell Kvåle, Statens vegvesen
Jon Holskar Nilsen, Statens vegvesen
Yngve Øverli, Statens vegvesen
Geir Sjøk, Mesta A/S

Arbeidet med håndboka er utført som en del av forskningsprosjektet «Klima og transport». Dette prosjektet ble gjennomført av Statens vegvesen i årene 2007–2010. Hensikten med prosjektet var å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegnett som svar på endrede klimaforhold. Mer informasjon om dette prosjektet og publikasjoner som er utgitt som en del av dette prosjektet finner en på <http://www.vegvesen.no/klimaogtransport>

Oslo
Vegdirektoratet

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Hensikten med håndboka	7
1.2	Veger og drivsnø	7
1.3	Forhold til andre håndbøker	8
2	Vind og snølære	9
2.1	Dannelse av snø og nedbør	9
2.2	Dannelse av vind	11
2.3	Drivsnø	14
3	Klimaundersøkelser	25
3.1	Formålet med klimaundersøkelser	25
3.2	Datagrunnlag	26
3.3	Vindanalyser	27
3.4	Snøforhold	34
4	Lokalisering av vegen	39
4.1	Krav til veger i drivsnøområder	39
4.2	Lokalisering på oversiktsplannivået	39
4.3	Lokalisering på reguleringsplanstadiet	45
5	Utforming av veg og sideterreng	49
5.1	Innledning	49
5.2	Fresfelt	50
5.3	Fyllinger	52
5.4	Skjæringer	55
5.5	Kryss, avkjørsler og rasteplasser	60
5.6	Tunnelportal og overbygg	61
6	Utbedring av eksisterende veger	63
6.1	Målsettingen for utbedringen	63
6.2	Registrering av eksisterende forhold	64
6.3	Oversikt over aktuelle utbedringstiltak	68
7	Konstruktive tiltak utenfor vegen	73
7.1	Snøskjermer	73
7.2	Planting av leskog	82
7.3	Støyskjermer og voller	85

8 Drift av drivsnøutsatte veger	89
8.1 Målsetting for driften av veger med drivsnøproblemer	89
8.2 Observasjoner av vær- og trafikk	89
8.3 Trafikkregulerende tiltak	91
8.4 Oppmerking av vegen	99
Litteraturliste	101

1 Innledning

1.1 Hensikten med håndboka

Håndboka omhandler lokalisering, utforming og drift av veger i drivsnøområder. Hensikten med håndboka er å gi ansatte i Statens vegvesen og andre som er engasjert i planlegging og drift av veger i drivsnøområder et faglig grunnlag for å forstå hvordan vegene i drivsnøområdene bør lokaliseres og utformes og gi råd for hvordan en best kan gjennomføre driften for å ta vare på framkommelighet og sikkerhet.

Håndboka bygger først og fremst på norske erfaringer og forskningsarbeid i Norge. Det finnes også litteratur fra andre land, fortrinnsvis USA, Island og Japan, og disse er så langt som mulig tatt med i denne boka. Det er i slutten av håndboka utarbeidet en liste med anbefalt litteratur for dem som ønsker å sette seg bedre inn i emnet.

1.2 Veger og drivsnø

De største drivsnøproblemene finnes på veger som ligger nær opptil eller over skoggrensa, hvor det både kan være store vindstyrker og store åpne flater hvor snøpartiklene blir ført med vinden. En kan også få store lokale problemer i lavlandet når det på vegens vindside er åpne flater, som for eksempel myrområder, dyrket mark eller vann.

Problemene drivsnøen skaper for driften av veger i drivsnøområder kan deles i fire hovedgrupper:

- Brøyteproblem
- Siktproblem
- Fare for funksjoneringsfeil hos bilene
- Sikkerhetsproblem

Den transporterte snøen blir felt ut i områder med redusert vindhastighet, for eksempel bak brøytekanter, hauger og forhøyninger i terrenget. Oppbyggingen av fonnene kan skje så fort at vegen kan bli uframkommelig allerede få minutter etter at brøytebilen har passert. I uværperioder er det derfor nødvendig med kontinuerlig brøyting, men det er bare i spesielle situasjoner det er umulig å holde vegen farbar med dagens snøryddingsmateriell.

Det er først og fremst sikten som er det største problemet ved driften av vegene i uværssituasjoner. Sikten kan bli så dårlig at det er uforsvarlig å ha fri trafikk på vegen, selv om framkommeligheten med hensyn til snø på vegen er tilfredsstillende. Kjøring på en veg med drivsnø er krevende både for bilistene og bilene. Etter få kilometer i snøstorm kan det oppstå funksjoneringsfeil og vinduspusserne er ikke dimensjonert for slike ekstreme forhold. Dessuten er mange av bilistene heller ikke mentalt forberedt på å takle vanskelige situasjoner under uvær. Selv en liten ulykke kan derfor føre til panikkreaksjoner og få

katastrofale følger. Vedlikeholdsmannskapet påtar seg derfor et stort ansvar ved å slippe trafikantene inn på en veg med dårlig sikt og sterk vind.

For å tilfredsstille kravene til trafiksikkerhet under uvær er det vanlig å innføre trafikkregulerende tiltak på de mest utsatte vegene i form av kolonnekjøring og stenging av veger. Vanligvis vil omfanget av stengt veg og kolonnekjøring omfatte henholdsvis 20–200 timer og 50–400 timer for de høfjellsvegene som er en del av stamvegnettet. Kostnadene for vinterdriften er anslagsvis 100–200 000 kr./km. Både kostnader og kolonne/stengingstimer er sterkt avhengig av klimaet og vegens lokalisering og utforming.

1.3 Forhold til andre håndbøker

Denne håndboka er en veiledning som inngår i håndbokserien til Statens vegvesen. Hensikten med håndboka er å gi de som arbeider med veger og drivsnø et faglig grunnlag for de beslutninger som skal fattes. Det er viktig at en i forbindelse med planleggingen og driften av utsatte veger arbeider innenfor de rammene som andre normaler og veiledninger setter. De viktigste normalene, som har betydning for forslagene i denne håndboka, er:

- Håndbok N100 Veg- og gateplanlegging
- Håndbok N200 Vegbygging
- Håndbok N500 Vegtunneler
- Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger
- Håndbok N101 Rekkverk

2 Vind og snølære

2.1 Dannelse av snø og nedbør

Snøkrystallene blir dannet i atmosfæren i vannmettet luft som har en temperatur mellom -12 og -40° C. Når det i slik luft er til stede frysekjerner i form av mikroskopiske partikler vil underkjølt damp feste seg til disse og danne iskrystaller. Avhengig av lufttemperaturen og fuktigheten i luften, vil krystallene vokse til bestemte krystalltyper. De mest vanlige er sekskantete stjerner eller plater, figur 2-1.



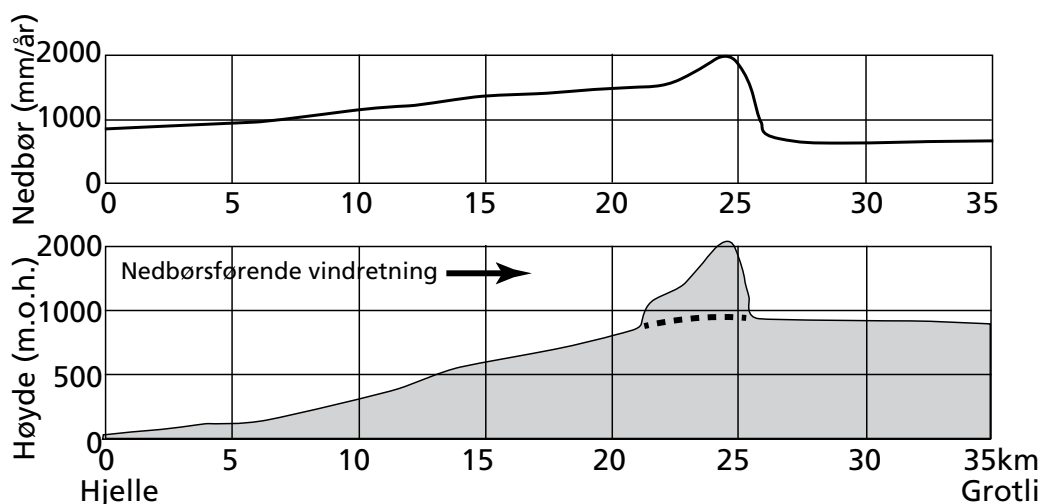
Figur 2-1. Eksempler på de vanligste snøkrystallene (Gabl og Lackinger 1986)

Nedbør opptrer der de mettede massene blir avkjølt og ikke lenger kan inneholde så stor fuktighet. Avkjølingen av luftmassene skyldes som oftest at de blir presset oppover til kaldere luftlag når de kommer mot fjellkjeder, men hevingen av luftmassene kan også skyldes passering av varm- og kaldfronter. En introduksjon til hvorfor nedbør oppstår og dannelse av fronter er blant annet gitt i veiledningen Meteorologi og klimastasjoner (Statens vegvesen 2005).

De fleste nedbørsførende skyene opptrer i forbindelse med lavtrykksaktivitet. Lavtrykkene dannes der varm og kald luft møtes, og for lavtrykkene som berører Norge vil dette som oftest være sør for Grønland eller i Atlanterhavet. Lavtrykkene følger oftest en sørvestlig-nordøstlig bane og de største nedbørsmengdene opptrer sør og vest for sentret til lavtrykkene. Vinden blåser rundt lavtrykkene i retning mot urviserne, og de største nedbørsmengdene opptrer med vind fra sektoren sørvest til nordvest. I Sør- og Øst-Norge opptrer det også kraftig nedbør i forbindelse med vind fra sør og sørøst, som fører fuktig vind inn fra Skagerak.

Der fuktig vind fra havet kommer inn mot høye kystfjell blir luften avkjølt og det felles ut nedbør. De største nedbørsmengdene i Norge finner vi derfor vest for vannskillet, og spesielt på vestsiden av kystnære breer. Nedbørsmengden øker som oftest også med høyden over havet, og generelt kan en anta at økningen er ca 10 prosent per 100 meter høydeforskjell. På le side av fjellrygger har det vesentligste av nedbøren i skyene blitt felt ut. De tørreste områdene i Norge finner vi derfor i områder som ligger i le for fuktige vinder fra både vest og sørøst. I Sør-Norge er dette de sentrale innlandsområdene og i Nord-Norge gjelder det Finnmarksvidda.

Det er ofte store lokale variasjoner med hensyn til nedbøren, og variasjonene kan skje over korte avstander. Dette gjelder spesielt nær vannskiller og det er viktig å kartlegge slike variasjoner i forbindelse med vegprosjekteringen. Et eksempel på en slik variasjon er vist i figur 2-2 fra riksveg 15 over Strynefjellet. Figuren viser et lengdeprofil av terrenget og gjennomsnittlig årsnedbør langs veien. På vestsiden er årsnedbøren ved Hjelle, vest for Strynevatnet, ca 1000 mm. Nedbøren øker gradvis med høyden mot vannskillet og er her ca 2000 mm i 1500 meters høyde. Øst for vannskillet faller nedbøren brått til ca 800 mm over en strekning på 2–3 kilometer. Under vannskillet går riksveg 15 i en 4,5 kilometer lang tunnel og på denne korte strekningen faller nedbøren fra 2000 mm til 800 mm.



Figur 2-2. Riksveg 15 Strynefjellsvegen, lengdeprofil og gjennomsnittlig årsnedbør fra Hjelle til Grotli.

Snømengdene i et område er, foruten nedbøren, også avhengig av temperaturen og varigheten av vintersesongen. Gjennomsnittlig temperatur faller i gjennomsnitt med ca 0,9° C for hver 100 meter høydeforskjell. Vintertemperaturen er i tillegg avhengig av nordlig bredde og nærheten til kysten. Generelle opplysninger om nedbør, snømengde og varighet av vinteren finner en i Nasjonalatlas for Norge (Statens kartverk 1992). Dessuten har Meteorologisk institutt et omfattende stasjonsnett med lange observasjonsserier. Observasjonsdataene fra disse stasjonene er tilgjengelige på nettportalen E-klima på hjemmesidene til Meteorologisk institutt. Dessuten vil en finne verdifull informasjon om vær og klima i nettportalen SeNorge (<http://www.senorge.no>), som driftes i samarbeid mellom Meteorologisk institutt, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Statens vegvesen.

2.2 Dannelse av vind

Vind som registreres på jordas overflate har forskjellig opprinnelse. Det som er felles er at all vind skyldes forskjeller i lufttrykk. Årsaken til disse forskjellene kan være trykkforskjeller i høyere luftlag, lokale trykkforskjeller forårsaket av soloppvarming eller varmeutstråling og trykkforskjeller dersom det er områder med store temperaturdifferenser.

De vindene som gir de største vindstyrkene er i all hovedsak vinder som dannes på grunn av atmosfæriske forhold. På grunn av temperaturforskjeller fra sør til nord bygger det seg opp områder med enten høytrykk eller lavtrykk. Vinden blåser bestandig fra høytrykk og mot lavtrykk, og på grunn av jordas rotasjon dreies vinden slik at den roterer mot urviserne og inn mot sentret av lavtrykket. Spesielt store vindstyrker får vi når det oppstår lavtrykk med store trykkforskjeller over korte avstander. Denne type vind kalles gradientvind eller geostrofisk vind.

Vinden langs bakken er også påvirket av temperaturforskjellene i fjellet og dalbunnene. Kald luft er tyngre enn varm luft, og spesielt om vinteren kan det oppstå kraftige dalvinder. Dette gjelder spesielt i trange vestlandsdaler hvor det er målt vindstyrker opptil stormstyrke, selv om det er vindstille i fjellet. Denne vindtypen kalles topografisk vind.

De vindtypene som skaper størst problemer med driften av vegene er i all hovedsak gradientvinden, siden det er denne vindtypen som gir de største vindstyrkene og opptrer hyppig. Dessuten er det som oftest også nedbør i forbindelse med gradientvind. Størst vindaktivitet er det i Norge om vinteren, fordi da er temperaturforskjellene mellom hav og land størst. På den nordlige halvkule følger lavtrykkene gjerne en bane fra sørøst mot nordvest, og siden vinden blåser mot urviserne rundt lavtrykkene er det spesielt vind i sektoren sørvest til nordvest som har de største vindstyrkene.

På fjellet er det også viktig å ta hensyn til topografiske vinder. Dersom disse blåser i samme retning som gradientvinden gir de en forsterket effekt. Derfor ser en ofte på norske fjelloverganger at de største drivsnøproblemene øst for vannskillet opptrer i forbindelse med vind fra vestlig retning og fra østlig retning vest for vannskillet.

I åpent terreng øker vindhastigheten med høyden over bakken. Ved bakkenivå er hastigheten teoretisk lik null og hastigheten øker raskt fra 0 til ca 10 meter over bakken, og over 200 meter er økningen minimal. Det luftsjiktet der nedbremsingen fra maksimal hastighet og til bakken kalles grensesjiktet, og dette har en tykkelse på 200–2000 meter. Nedbremsingen av vinden fører til at det overføres store friksjonskrefter mot bakken og vegetasjonen, og det er disse friksjonskreftene som fører til at snøpartiklene kommer i bevegelse og danner drivsnø.

Vindstyrkene angis i daglig tale etter en skala utviklet av Beaufort. Denne er inndelt i 13 vindstyrker, fra stille vær til orkan. Tabell 2-1, i avsnitt 2.3.2 Snøtransport, gir en oversikt over inndelingen med hensyn til navn og de respektive vindstyrker målt i m/s. I tabellen er det også satt opp en oversikt over hvilke kjennetegn i terrenget og på vegen de enkelte vindstyrkene har.

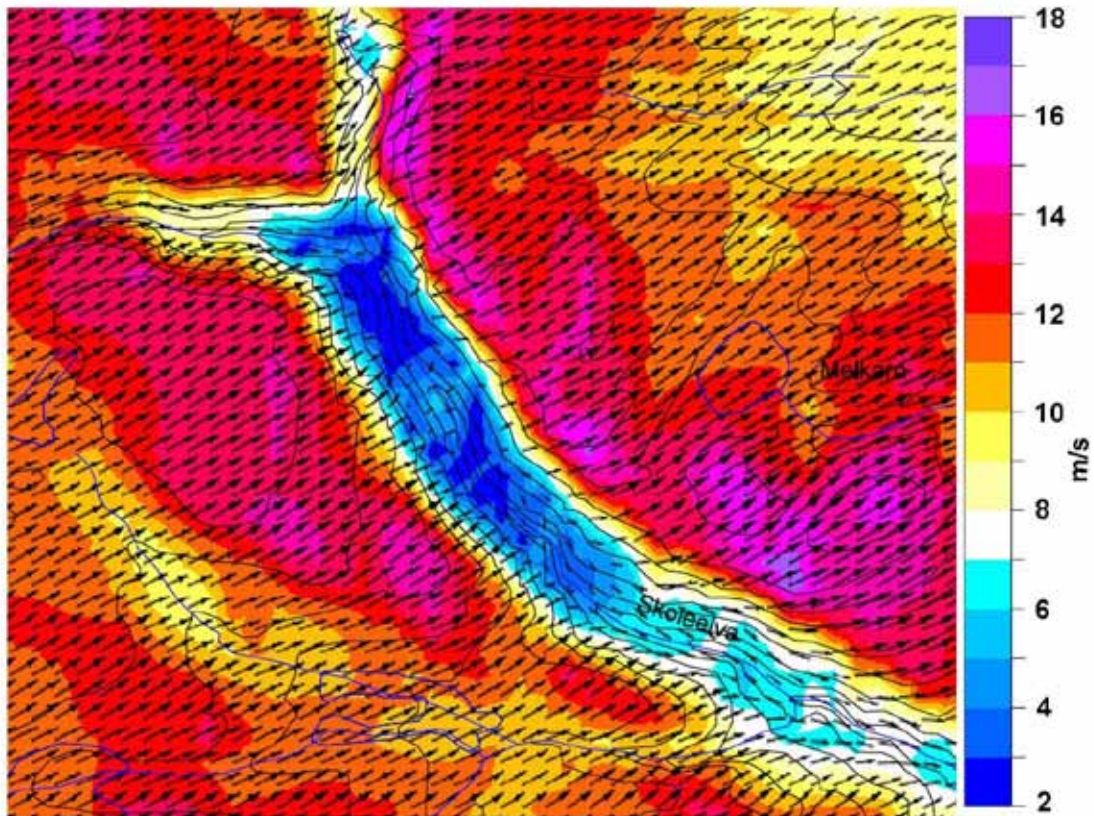
2.2.1 Topografiens påvirkning

Vindens styrke og retning i grensesjiktet blir påvirket av store og små elementer i topografien, alt fra fjellrygger, fjorder og daler og ned til åser, rygger, kløft og elveleie eller små forsenkninger i terrenget. På en enda mindre skala kan det nevnes ting som vegfyllinger og skjæringer og utforming av vegens sideområde.

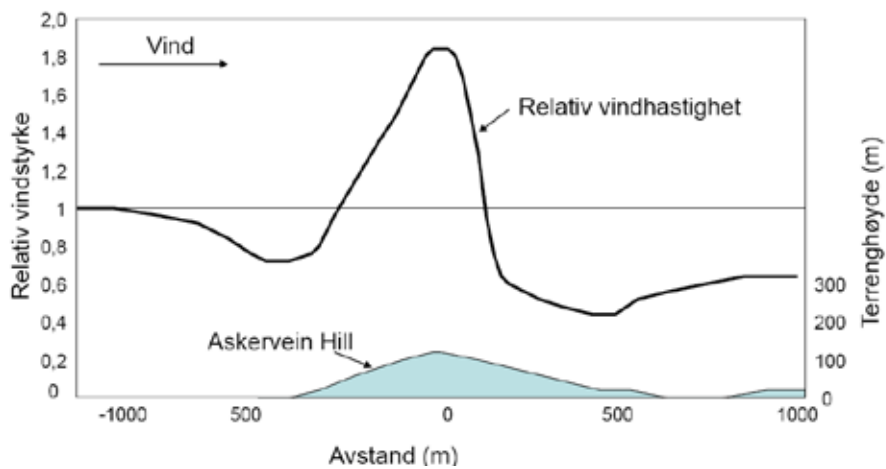
Det er vanlig at vinden blåser langs etter dalene, selv om gradientvinden ovenfor grensesjiktet kan ha en annen retning. Vinden følger også oftest mindre sidedaler, for så å dreies og renne sammen med vinden langs det dominerende dalføret. Figur 2-3 viser et eksempel fra numeriske vindbergninger for et område i Båtsfjord kommune, hvor det er et markert dalføre mot sørøst, og på begge sider av dalføret er det fjellvidder.

Beregningene er utført med en antatt gradientvind fra VSV. Pilene viser beregnet vindretning i de forskjellige punktene og fargeskalaen angir de beregnede vindhastighetene. Figuren viser tydelig at de største vindhastighetene finner en på høydedragene på hver side av dalføret, mens det i selve dalføret, som ligger på tvers i forhold til gradientvinden, er beregnet beskjedne vindstyrker og vinden er kanalisert ned dalføret.

Når vinden passerer på tvers over en terrengrygg blir det også store endringer i vindhastigheten. Figur 2-4 viser tverrsnitt av en 116 meter høy avrundet rygg i Skottland, Askervein Hill, hvor det er foretatt omfattende målinger av vindhastigheten. Ved foten av ryggen på lovart side faller vindhastigheten til ca 60 prosent av den opprinnelige hastigheten. På toppen av ryggen er det en betydelig økning av hastigheten, og på selve toppen er hastigheten fordoblet. På le side er reduksjonen betydelig og selv i en slakt skrånende leside er hastigheten bare 20–30 prosent i forhold til forholdene på lovart side av ryggen. Der som hellingen på le side hadde vært større kan vindstrømmen separeres fra bakken og et område med resirkulerende vind blir dannet.



Figur 2-3. Simulering av forholdene som oppstår når kraftig vind fra vest-sørvest krysser et 200 meter bredt elveleie som går fra vest-nordvest. Området som vises er knappe 2 kilometer i utstrekning, høydekurver med 20 meter ekvidistanse. Fargeskalaen gjengir vindens styrke (m/s) i en bestemt høyde over bakken. Videre er bredden på pilehodene proporsjonal med vindstyrken. Resultatene viser at innerst i kløften dannes det et lunt område og at vinden dreier seg langs elveleiet og kommer ut i munningen med opp til halve styrken til vinden oppstrøms på kanten av juvet og med en nitti graders dreining i vindretningen. (Klimaplan A/S og Orion Consulting, for Båtsfjord kommune).



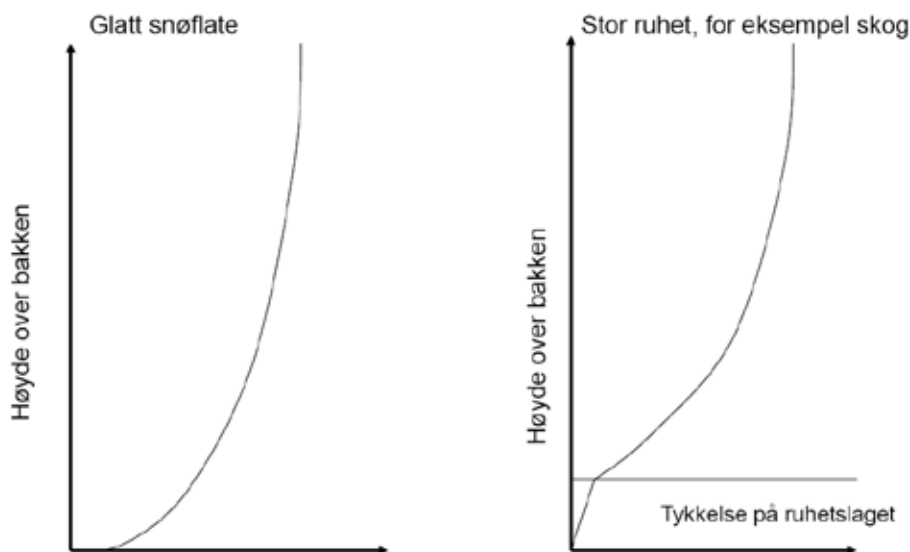
Figur 2-4. Målinger av vindhastighet rundt en 116 meter høy rygg. Vinden blåser fra venstre og de oppgitte vindhastighetene er i forhold til vindhastigheten før ryggen. (Reprodusert fra Taylor og Teunissen, 1987).

2.3 Drivsnø

2.3.1 Vindprofilet

Vindhastigheten øker med høyden over bakken og i åpent terreng kan det vertikale vindprofilet tilnærmet beskrives som et logaritmisk profil. Dette vil si at de største endringene skjer nær bakken og at vindhastigheten er nær konstant i større avstand, figur 2-5.

Hvor fort vindhastigheten øker med høyden er avhengig av bakkens ruhet og vindstyrken. Et snødekke på en åpen flate har veldig lav ruhet og derfor dannes det relativt store friksjonskrefter tett inntil bakken når vinden blåser kraftig. Langs en overflate med større ruhet, som for eksempel bjørkeskog, dannes det nær bakken en sone med mindre hastighetsøkning og det er først ovenfor det ru området at en finner det logaritmiske hastighetsprofilet, figur 2-5. Ruheten påvirker også hvor store friksjonsspenninger som overføres til bakken og derved hvor stort potensial vinden har til å erodere snø og transportere den videre.



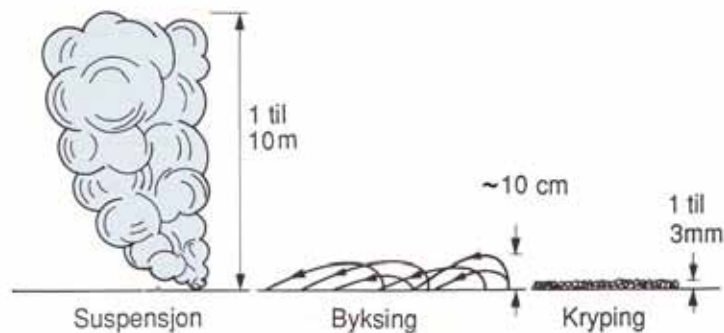
Figur 2-5. Eksempler på hastighetsprofil over en glatt snøflate og over et terreng med stor ruhet.

2.3.2 Snøtransport

Snøtransport blir initiert når skjærspenningene som vinden påfører bakken blir større enn den kritiske grensen som må til for å få revet opp snøpartiklene. Til vanlig vil drivsnøen begynne ved vindhastigheter mellom 4 og 5 m/s når snødekket består av nysnø og øker til 6-8 m/s når snødekket har større fasthet. Fastheten avhenger av alderen og temperaturen

på snødekket, og om det er dannet skarelag. Dersom det er sterk vind over lengre tid vil det også danne seg en erosjonshud med stor fasthet. Erfaringsmessig vil det derfor være størst drivsnømengder i den første delen av en uværsperiode dersom det ikke er samtidig snøfall.

Ved de lave vindhastighetene vil snøkornene begynne å krype eller rulle i et 1–3 mm tynt lag nærmest bakken. Ved økende vindhastighet, rundt 8–10 m/s beveger de seg i inntil 50 cm lange byks i opptil 10 cm høyde. Ved større vindstyrker enn 12–13 m/s vil største-parten av snøpartiklene bli suspendert i luften. Snøkonsentrasjonen er størst nær bakken og den er liten høyere enn 2 meter over bakken når det ikke er nedbør samtidig. Disse tre måtene snøen blir transportert på er illustrert på figur 2-6.



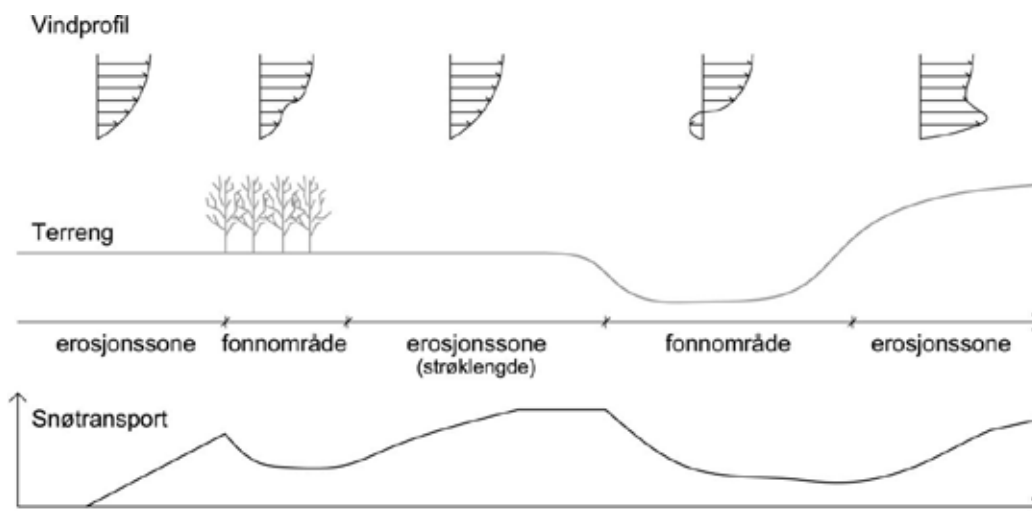
Figur 2-6. Snøpartiklene transporteres av vinden som krypende, byksende eller suspenderte partikler (Mellor, 1965).

Kapasiteten vinden har til å erodere og transportere snø er sterkt avhengig av vindstyrken og de transporterte snømengdene øker omtrent med tredje potens av vindstyrken. Snøpartiklene blir gradvis erodert fra bakken, og det er først etter at vinden har blåst over et 1000–2000 meter åpent område at vinden blir fullt mettet med snø og har dermed nådd sin maksimale transportkapasitet. Denne strekningen kan defineres som strøklengde (figur 2-7). Strøklengden måles oppstrøms fra vegen og frem til neste fonnområde (som for eksempel bekkeløp eller et annet naturlig fonnområde), eller til et omfattende hinder som skogkant. Strøklengden må være minimum 100–200 meter for at de transporterte snømengdene skal bli store nok til at de bør tas hensyn til under vegplanleggingen.

I områder der topografien tillater en konstant eller økende vindstyrke vil snøpartiklene bli revet opp med vinden. Dette defineres som erosjonssoner og regnes med i strøklengden. På motsatt vis vil områder der vindhastigheten blir redusert defineres som fonnområder eller sedimentasjonssoner. Ved fullt snømettet vindprofil, d.v.s. når vinden har nådd sin transportkapasitet, vil snøpartiklene begynne å bli felt ut hvis vindhastigheten reduseres.

Utfelling av snø (fonndannelse) skjer ikke ved en kritisk hastighetsgrense som når drivsnøen begynner, men vil kunne skje når vindhastigheten reduseres tilstrekkelig over en viss avstand. På den måten kan en svak hellingsendring i terrenget kunne gi utfelling, for eksempel hvis vindhastigheten faller fra 10 til 8 m/s, men likevel vil betydelige snømengder fortsatt transporteres nedstrøms så lenge fonnområdet ikke blir fylt opp. Derimot, hvis reduksjonen i vindhastigheten er stor og den skjer over en kort strekning vil det meste av drivsnøen bli felt ut i løpet av kort tid, og forholdene på en veg på le side av et slikt markert fonnområde er spesielt gunstige.

Disse forholdene er forsøkt illustrert figur 2-7. På le side av skogen vil vindstyrkene mot bakken gradvis øke, samtidig som vinden vil erodere og transportere mer og mer snø. Etter noen hundre meter vil vinden passere en markert bekkedal som fører til reduserte vindstyrker og utfelling av drivsnø. Inntil bekkedalen er fylt opp med snø er det begrenset med drivsnø på le side av denne, til tross for at vindstyrkene nær bakken er stor på høydedraget.



Figur 2-7. Skjematisk definisjon av strøklengde, erosjonssone og fonnområde. Øverst gis en indikator på vindprofilens utvikling, nederst ligger det et diagram som viser hvordan mengde snø transportert i luften varierer langs erosjonssonene og fonnområdet.

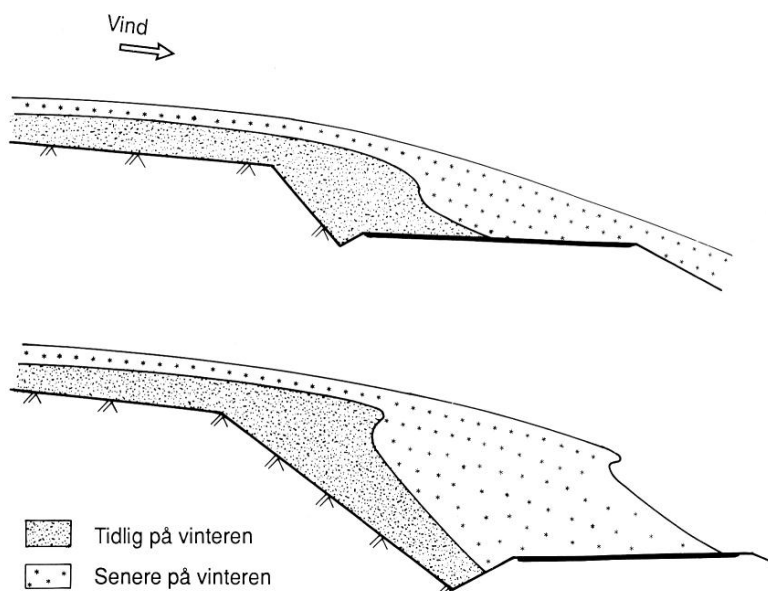
Tabell 2-1. Gruppering av vindstyrker og karakteriske trekk ved virkningen om vinteren (Fra Dannevig's Fjellboka). Tilleggskolonne for virkningen for vegtrafikkanten og brøyteforholdene.

Navn på vindstyrke	Beufort	Hastighet (m/s)	Virkning	Virkning for vegtrafikkanten og brøyteforholdene
Stille	0	0,0–0,2	Snøfiller daler omtrent rett ned	Ingen problemer med drivsnø
Flau vind	1	0,3–1,5	Vinden er så vidt følbart. Snøfillene driver tydelig med vinden.	Ingen problemer med drivsnø
Svak vind	2	1,6–3,3	Vinden godt følbart i sterk kulde. Snøfillene beveger seg mer horisontalt en vertikalt.	Ingen problemer med drivsnø
Lett bris	3	3,4–5,4	Vinden kan sjenere og snøfillene beveger seg raskere horisontalt en vertikalt.	I forbindelse med nysnø på bakken kan det drive snø langs bakken og bli redusert sikt bak brøytekanter
Laber bris	4	5,5–7,9	Ubehagelig i kaldt vær. Fallende snø virvler av sted med vinden. Snødreivet mot ansiktet er meget ubehagelig.	Ved nysnø på bakken kan det bli dårlig sikt bak brøytekanter. Ubehagelig å kjøre dersom brøytekanter er høyere enn bilistens øyehøyde
Frisk bris	5	8,0–10,7	Tungt å gå på ski mot været. Fokksnø driver langs bakken og snødreivet pisker i ansiktet.	Ved samtidig vind og snøfall er sikten så dårlig at det kan bli aktuelt å innføre kolonnekjøring
Liten kuling	6	10,8–13,8	Slitsomt å ta seg frem mot været og vanskelig å holde ubeskyttet ansikt mot vinden i lengre tid. Snøfokket setter ned sikten til under 1 km.	Vanskelige kjøreforhold selv for bilister som sitter inntil 1 m høyere enn brøytekanter. Elendig sikt bak brøytekanter og i trange skjæringer.
Stiv kuling	7	13,9–17,1	I motvind må en lute seg frem og det er vanskelig å holde seg på bena i vindrossene. Snøfokket setter ned sikten til få hundre meter.	Vanskelig å gjennomføre kolonnekjøring under snøvær og dårlig sikt selv når det ikke er samtidig nedbør
Sterk kuling	8	17,2–20,7	Fjellet står i kok og sikten er under hundre meter. Umulig å orientere seg i terrenget. Kvister fra trærne driver med vinden.	Fare for at biler kan blåse av vegen på glattføre dersom vinden blåser normalt på vegens retning. Svært vanskelige kjøreforhold dersom vegen har uheldig lokalisering eller utforming
Liten storm	9	20,8–24,4	Vind og snøfokk gjør det umulig å gå på ski i fjellet.	Det er vanskelig å holde biler med stort vindfang på vegen Vanskelig å gjennomføre kolonnekjøring selv om vegen har en gunstig lokalisering og utforming

Navn på vindstyrke	Beufort	Hastighet (m/s)	Virkning	Virkning for vegtrafikkanten og brøyteforholdene
Full storm	10	24,5–28,4	Trær velter og det knaker i hus. Mindre trær kan bli ført med vinden.	Sannsynlig at biler blåser av veggen dersom vinden blåser normalt på vinden. Elendig sikt, selv på fyllinger, dersom forhold for drivsnø er til stede
Sterk storm	11	28,5–32,6	Skog blir rasert og det kan bli skader på bygninger.	Stor sannsynlighet for at biler blåser av veggen. Elendig sikt ved drivsnø
Orkan	12	Over 32,6	Omfattende skader på bygninger.	Stor sannsynlighet for at biler blåser av veggen. Elendig sikt ved drivsnø

2.3.3 Snøfordeling

Store fonnområder får vi der vindhastigheten blir redusert og vinden ikke lenger har nok energi til å transportere så store snømengder. Man vil derfor lett anta at en skjæring er mer kritisk jo større skjæringshøyden er, men det er ikke noen enstydig sammenheng mellom skjæringshøyde og stort drivsnøproblem. En lav skjæringskant vil alltid stå nær inn til veggen, og skjæringens samleareal er meget lite. Alt tidlig på vinteren vil en slik skjæring samle snø på veggen og være årsak til oppbygging av fonner, figur 2-8.

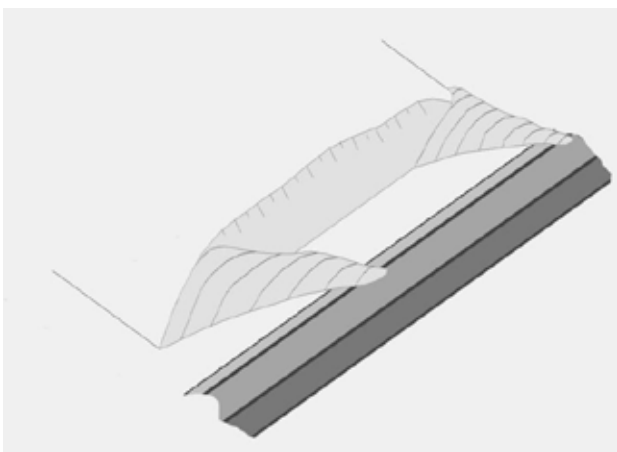


Figur 2-8. En lav skjæring samler snø på veggen tidligere på vinteren enn en høy skjæring. En høy skjæring vil imidlertid gi høyere brøytekanter.

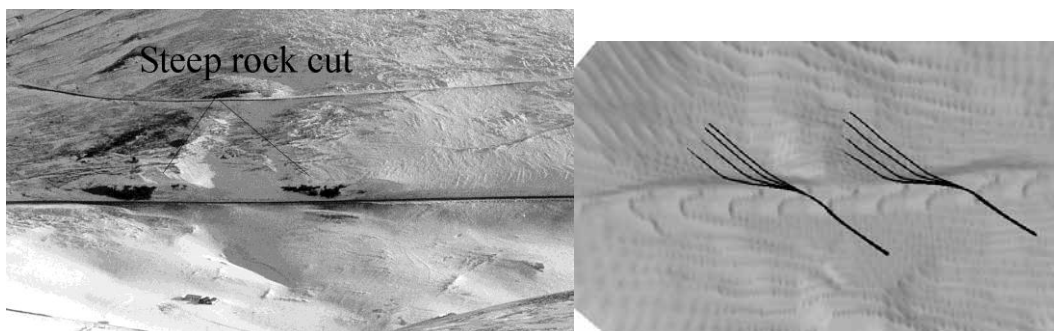
I en høy skjæring vil skjæringskanten være lenger fra vegen, og det meste av fokksnøen felles ut før vinden når vegen. Høye skjæringer vil derfor gi problem først senere i vinterseongen, men når problemene først oppstår er de gjerne betydelige.

Ved lange sammenhengende skjæringer og spesielt der hvor vinden ikke kommer helt vinkelrett inn på vegen vil den resulterende fonndannelsen noen ganger kunne ta en uventet form. Dette skyldes tredimensjonale strømningsmønstre som utvikler seg ved slike forhold, spesielt der hvor skjæringene er forholdsvis bratte og danner en brå vinkel med eksisterende terreng. Der hvor vinden kommer skrått på en bratt skjæringskant er det kjent at virvler dannes under kanten og kan transportere store mengder drivsnø parallelt med vegen. Dette kan føre til at fonndannelsen varierer betydelig langs skjæringen. Et fellestrekk med slike skjæringer er imidlertid at fonndannelsen oftest er størst ved skjæringsendene, se figur 2-9. Dette har å gjøre med at et sted må luften i virvelen blandes med hovedstrømningen og fortsette videre nedstrøms. Det vanligste er at dette finner sted ved slutten av skjæringen. Der hvor virvelen opphører og blandes med hovedstrømmen vil vindens kapasitet til å transportere snø bli kraftig redusert og en snøfonn blir dannet. Hvis skjæringen er lang, vil det imidlertid bli fare for at denne virvelen opphører eller blir vridd på tvers av vegen før slutten av skjæringen.

Strømningsforholdene i skjæringer har vært undersøkt under både numeriske modellforsøk og ved fysiske forsøk i vindtunnel og ved observasjoner ute i felt. Et eksempel på slike observasjoner er blitt gjennomført i forbindelse med riksveg 1 i den nordre delen av Island, hvor den ligger i en fjellside ved Bólstaðarhlíðarbrekka opp mot Vatnsskarð fjell- overgang, se figur 2-10.



Figur 2-9. Figuren viser hvordan de høye, bratte partiene av en skjæring ofte kan bli frie for snø, mens fonndannelsen forekommer ved begynnelsen og slutten av skjæringen. (Thordarson, 2007).



Figur 2-10. Figurene viser fonndannelse (venstre) og beregnede strømningsforhold (høyre) under to bratte fjellskjæringer som ligger side om side. Øverst til høyre viser strømlijer hvordan vinden blir vridd langs med vegen for så å fortsette videre nedstrøms (Thordarson, 2002).

Det venstre bildet i figur 2-10 viser foto av to bratte fjellskjæringer hvor de største snømengdene langs vegen finnes spesielt på høyre side av skjæringene. Det høyre bildet er resultatet av en numerisk beregning som viser hvordan strømlijene følger skjæringskanten og blander seg med hovedstrømmen i enden av skjæringen.

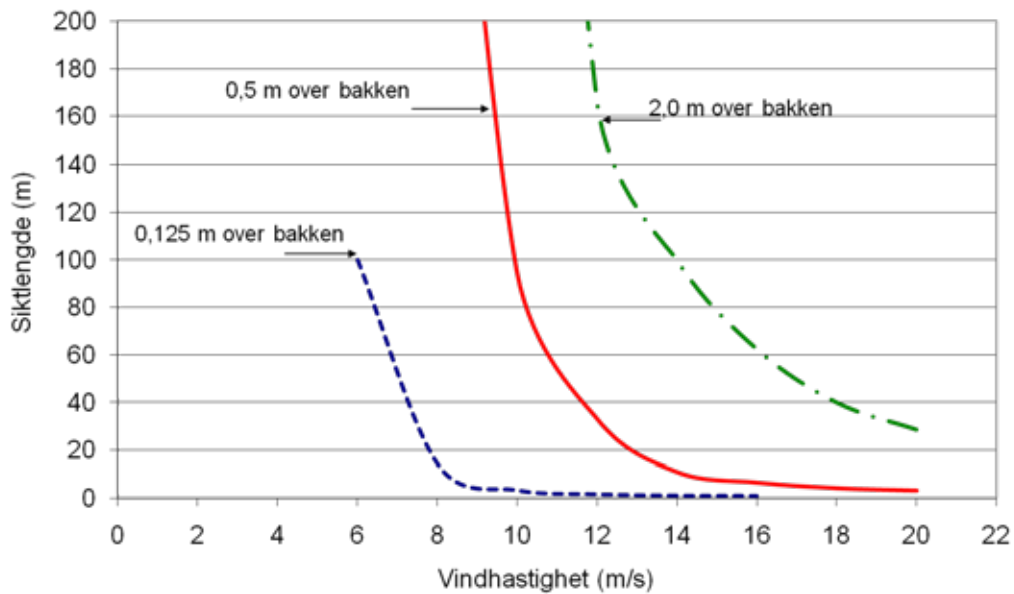
2.3.4 Siktforhold under drivsnø

Det er en klar sammenheng mellom snøkonsentrasjonen i luften og siktlengden, fordi hvert enkelt snøkorn vil hindre sikten mot fjerne gjenstander og partiklene vil spre lyset slik at gjenstandene trer mer diffust fram. Basert på observasjoner fra Antarktis, oppgir Budd et al (1965) følgende sammenheng mellom siktlengde og snøkonsentrasjon:

$$S_m = \frac{100}{c} \quad (1)$$

Der S_m er siktlengden i meter og c er snøkonsentrasjonen i luften målt i g/m^3 . Under intense snøfall kan konsentrasjonen i vindstille bli opptil $0,2\text{-}0,3 \text{ g}/\text{m}^3$, mens det nær bakken er målt konsentrasjoner mellom 100 og $1000 \text{ g}/\text{m}^3$ i vind av storm styrke. Det er derfor klart at det er først og fremst i forbindelse med sterk vind og nær bakken at en har de vanskeligste siktforholdene.

Figur 2-11 viser beregnede siktlengder avhengig av vindhastighet og høyde over bakken. Figuren er basert på målinger av snøkonsentrasjon av Budd et al (1965) og sammenhengen de fant mellom siktlengde og snøkonsentrasjon, likning 1. Figuren viser at nær bakken (blå stiplet linje) vil sikten bli svært dårlig allerede ved vindstyrker på $7\text{-}8 \text{ m}/\text{s}$. Den røde linjen representerer siktlengdene $0,5$ meter over bakken, og ved denne høyden vil siktlengden bli mindre enn 100 meter først ved $10\text{-}11 \text{ m}/\text{s}$. Dersom øyehøyden er 2 meter over bakken vil den reduserte sikten først bli merkbar ved ca $14 \text{ m}/\text{s}$.



Figur 2-11. Beregnete siktlengder i drivsnø avhengig av vindhastighet og høyde over bakken.

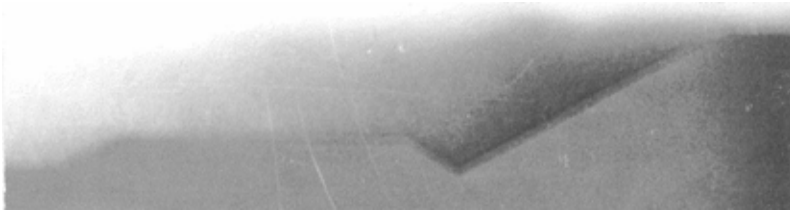
Dette forholdet er vist også vist i figur 2-12. Begge bildene er tatt på samme sted langs riksveg 15 Strynefjellsvegen på en dag med liten kuling og uten nedbør. Det venstre bildet er tatt nær brøytekanten og ca 20 cm høyere enn brøytekanten, mens det høyre bildet er tatt ca 1,5 meter høyere enn toppen av brøytekanten. Bildene viser den markerte forskjellen i siktlengder en bilist i en personbil og i en lastebil har under uvær.



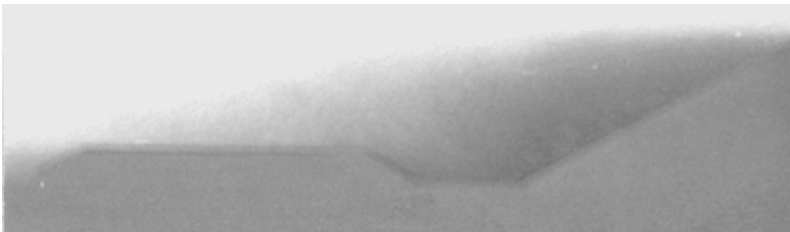
Figur 2-12. Siktforhold i forbindelse med drivsnø. Det venstre bildet viser sikten for en bilist i personbil bak en ca 0,5 meter høy brøytekant, mens det høyre bildet viser tilsvarende sikt fra en lastebil. (Foto: Harald Norem)

For planleggingen og driften av veger i drivsnøområder er det også viktig å vite hvor raskt sikten bedrer seg etter at vinden har passert et område med utfelling av snø. Fotoene i figur 2-13 viser resultatet fra modellforsøk med sand i rennende vann for å simulere siktforholdene i drivsnø (Norem 1974). De to første figurene viser sikten bak en 5 meter høy skjæring med helling 1:2 med henholdsvis smal grøft og grøftebredde på 3 meter. De to neste fotoene viser sikten bak en modellert fjellskjæring med tilsvarende grøfter.

Modellforsøkene viser at en vesentlig del av drivsnøen felles ut innenfor en avstand på 10–15 meter fra punktet der vindhastigheten blir redusert. Fotoene viser også at en har en relativt god effekt med hensyn til sikten med bruk av brede grøfter. Fotoene i figur 2-13 viser også at det er en klart bedre sikt på venstre side av veggen enn på høyre side.



Jordskjæring, Helling 1:2, smal grøft



Jordskjæring, Helling 1:2, 3 m bred grøft



Fjellskjæring, Helling 5:1, smal grøft



Fjellskjæring, Helling 5:1, 3 m bred grøft

Figur 2-13. Siktforhold bak henholdsvis jordskjæring og fjellskjæring med smal og bred grøft. Resultater fra modellforsk med rennende vann for å simulere drivsnø. Vinden kommer fra høyre side slik at skjæringene danner en lesone. (Norem 1974)

3 Klimaundersøkelser

3.1 Formålet med klimaundersøkelser

Utredning av de lokale klimatiske forholdene er en viktig del av planleggingen av veger i drivsnøområder. Dette kapitlet beskriver det aktuelle datagrunnlaget og behandling av data for å trekke ut nødvendig informasjon som vegplanleggeren trenger i sitt arbeid. De klimatiske faktorene som har størst betydning for drivsnøproblemene er vind- og nedbørsforholdene.

Opplysninger om vindstyrken langs en veg gir informasjon om hvor mye drivsnø en kan forvente mot vegen, og dermed i hvilken grad det må tas hensyn til drivsnø ved utforming av vegen. Detaljert kartlegging av vindstyrke i et bestemt område vil også fortelle hvor det er ønskelig å lokalisere vegen.

Vindens retning i forhold til vegen har stor betydning for hvilke snøproblem en kan forvente. Vegens utforming vil også være avhengig av vinkelen mellom vegen og den dimensjonerende vindretningen.

Undersøkelser av snøforhold i forbindelse med vegprosjekteringen er nødvendig av flere grunner. Det er både nødvendig med informasjoner om generelle snødybder på åpne flater langs vegtraseen og om fordelingen av snøen der det er store variasjoner i snødybdene. Formålet med nøyaktige klimaundersøkelser både på oversikts- og reguleringsplanstadiet kan derfor sammenfattes i følgende punkt:

- Vurdere drivsnøproblemene for forskjellige oversiktsplanalternativ
- Kartlegge de fonndannende vindretningene og størrelse og utstrekning av fonnområdene for å finne frem til hensiktsmessig lokalisering av vegen
- Kartlegge lokale vindretninger, vindstyrker og snødybder for å bestemme utformingen av vegen og vegens sideterreng.

Undersøkelsene av vind- og snøforholdene bør helst foretas over flere vintersesonger. Dersom dette ikke er mulig, må en benytte seg av tilgjengelige observasjoner fra de nærmeste meteorologiske stasjoner og snø- og nedbørsmålinger fra NVE. Slike observasjoner har oftest lengre måleserier, slik at det er mulig å sammenlikne disse målingene med kortere måleserier som foretas for de aktuelle vegprosjektene.

Prosedyrer for behandling av klimadata som introduseres i dette kapitlet kan anvendes ved hjelp av regneark (for eksempel Excel). Man trenger ikke spesielle programmeringskunnskaper, men det vil være en fordel med noe erfaring i bruk av regneark.

3.2 Datagrunnlag

Datagrunnlaget for å kunne gjennomføre klimaundersøkelser må bygge på tidligere registreringer og målinger og kartlegginger for det spesielle vegprosjektet. Det mest aktuelle datagrunnlaget for klimaundersøkelsene er gitt i følgende tabell.

Tabell 3-1. Aktuelt datagrunnlag ved klimaundersøkelser

Data / kilde	Beskrivelse
Meteorologiske stasjoner	Meteorologisk institutt driver en rekke meteorologiske stasjoner i landet. Disse stasjonene har som oftest en lang observasjonsperiode og er viktig å bruke for sammenliknende undersøkelser. På grunnlag av disse observasjonene utarbeides normaldata som gir 30 års gjennomsnitt.
Klimastasjoner	I forbindelse med nye veganlegg bør det settes opp en eller flere klimastasjoner langs den planlagte vegen med målinger av lufttemperatur, vindstyrke og vindretning. Andre aktuelle parametre kan være luftfuktighet, nedbør og siktlengde. Staten vegvesen og andre offentlige etater har i flere år drevet lokale klimastasjoner som også kan gi verdifull informasjon.
Digitale kart	Hovedkartserie for Norge, 1:50.000 / (M711) dekker hele Norge. Denne gjengir høydekurver med 20 meter ekvidistanse og kan brukes til oversiktsformål. Kartserie 1:5.000 med 5 m ekvidistanse dekker alle eksisterende veger i Norge. Til detaljplanlegging av vegens utforming er det ønskelig med 1 meters høydekurver i målestokk 1:1.000. Slike kart må som regel bestilles til prosjektførmål.
Flyfoto	Flyfoto kan benyttes for to formål. For det første gir det informasjon om terrengeoverflatens type og struktur, som f.eks. vegetasjon og andre elementer som beskriver ruhet og dermed terrengets snøsamlingkapasitet. For det andre kan flyfoto tatt om våren gi informasjon om snøens fordeling i landskapet. Flyfoto bør være på digitalt format for å kunne benyttes sammen med kartdata i DAK eller GIS sammenheng.
Feltundersøkelser	Feltbefaring gir størst utbytte når måledata fra klimastasjon er ferdig utarbeidet slik at dimensjonerende vindretninger foreligger. Fortrinnsvis bør feltbefaring foretas både om sommeren og om vinteren. Om sommeren kan sannsynlig snøfordeling og vindbelastning i terrenget kartlegges ved å studere plantefordelingen. Måling av snødybde om vinteren kan foretas under befaringen med stenger eller i faste målepunkt over lengre periode.
Personer med lokalkunnskap	Intervju av brøytepersonale eller andre lokalkjente er en viktig informasjonskilde som bør brukes om mulig.
Satellittbilder	Denne muligheten er ikke benyttet i vegplanleggingen tidligere. Med stadig høyere oppløsning av satellittdata vil dette imidlertid kunne bli et alternativ i nærmeste fremtid. I Norge har satellittdata vært brukt av Norut (Northern Research Institute) for analyse av snødekkets fordeling med 250 m oppløsning for kartlegging av vannressurser for driften av kraftverk. En kan anta at ved oppløsning på nærmere 50–100 meter vil metoden egne seg som hjelpemiddel ved valg av vegtrase på oversiktsplanstadiet.

Dette er kun en oversikt over hva som er mulig å skaffe av forskjellige data som kan benyttes. Noe er tilgjengelig hele tiden, noe må bestilles eller legges til rette, f.eks. ved installasjon av en ny klimastasjon i en planlagt vegtrase, og noen målinger og kartlegginger må gjennomføres som en integrert del av befaringene for vegprosjekteringen.

3.3 Vindanalyser

3.3.1 Dimensjonerende vindretninger

De vindretningene som ut i fra klimaanalysen gjør seg mest markant med hensyn til drivsnø blir betegnet som fonndannende vindretninger eller dimensjonerende vindretninger. Fonndannende vindretninger er den eller de vindretningene som erfaringsmessig bygger opp snøfonner i le av hauger eller hus i terrenget. En fonndannende eller dimensjonerende vindretning har hyppig forekomst av kraftig vind, ved lufttemperatur rundt eller under frysepunktet og kan opptre enten med eller uten snøfall. Ved analyse av en tidsserie fra klimastasjon er det vanlig å benytte en såkalt vindrose, som er en grafisk fremstilling av de ulike vindretningenes frekvens. Ved analysen av vindregistreringene er det viktig at en bare bruker de registreringene som erfaringsmessig gir problemer for vinterdriften, og en kan derfor legge inn bestemte kriterier for å utelate registreringer som er uinteressante for vårt formål. De viktigste kriteriene som klimadataene bør filtreres etter er:

- Lufttemperatur
- Vindhastighet
- Nedbør / Snøfall

Drivsnø kan opptre ved lufttemperatur opp til rett over frysepunktet og derfor ser man bort fra alle observasjoner med $T > 1^{\circ}\text{C}$. Den samme temperaturgrensen gjelder når det avklares om nedbøren er i form av snø eller regn (Haraldur Ólafsson og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, 2000). Snøen kommer i bevegelse når vindstyrken, V , overstiger 7–9 m/s og ved vindhastigheter 14–17 m/s kan drivsnømengdene bli så store at det er vanskelig å holde vegen åpen for fri trafikk. Hvis det er snøfall samtidig med vinden, må disse grenseverdiene reduseres til henholdsvis 5–7 m/s og 10–13 m/s. Med hensyn til drivsnøproblemer vil det derfor være aktuelt å filtrere registreringene med hensyn til vind eller snøfall etter følgende kriterier, som gir to separate vindrosor:

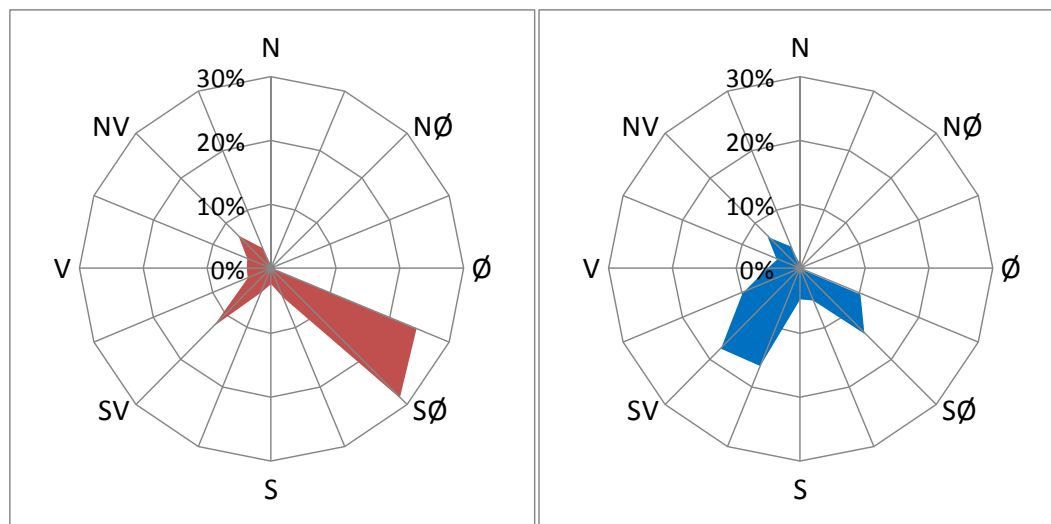
- Alle registreringer med $T \leq 1^{\circ}\text{C}$ og $V \geq 10,8$ m/s (Kulingsvindrose)
- Registreringer med nedbør, $T \leq 1^{\circ}\text{C}$ og $V \geq 5$ m/s (Snøfallsvindrose)

For å få oversikt over den relative hyppigheten eller frekvensen av de tilfellene som danner hver av vindrosene er det i tillegg viktig at man begrenser måleserien til et tidsintervall som representerer den potensielle drivsnøsesongen. Ved dette vil en redusere faren for å ha med værømslag om høsten og våren som ikke har betydning for drivsnø, som

for eksempel nattefrost mellom varme dager som fører til at snødekkets fasthet øker og mengde drivsnø blir derfor liten. Det anbefales å begrense observasjonsperioden til november t.o.m. april hver vinter for å kunne sammenligne data mellom steder på en tryggere måte.

Ved utarbeiding av vindrosene må oppdeling av vindretningene i passende sektorer avklares. Inndeling i 16 sektorer på 22,5 grader passer godt til verbal betegnelse av sektorer etter hovedretningene. Under første sektor, N (nord), kommer registreringer i intervallet $0^\circ/360^\circ \pm 11,25$. Sektor NNØ (nord-nordøst) dekker $22,5^\circ \pm 11,25$, deretter sektor NØ (nordøst) med $45^\circ \pm 11,25$ o.s.v. Tabell 3-2 med klimadata fra Saltfjellet viser et eksempel på dette, i tillegg til å vise hvordan de enkelte registreringene brukes i analysen.

På grunnlag av dataene fra klimastasjonen på Saltfjellet, plasseringen er vist på figur 4-2, er det utarbeidet to forskjellige vindroser basert på kriteriene om at en bare benytter registreringer som gir vanskeligheter for driften av vegen. For den første vindrosa, kulingvindrose, er basert på alle observasjoner med vindhastighet $\geq 10,8$ m/s og temperaturer $\leq 1^\circ$ C, mens den andre, snøfallsvindrose, er basert på observasjoner med nedbør og med vindhastighet ≥ 5 m/s og temperaturer $\leq 1^\circ$ C.



Kulingsvindrose: nov - apr, $T \leq 1^\circ\text{C}$,
 $V \geq 10,8$ m/s, observasjoner med og uten
nedbør.

Snøfallsvindrose: $T \leq 1^\circ\text{C}$,
 $V \geq 5$ m/s med samtidig nedbør

Figur 3-1. Vindroser fra Saltfjellet vintrene 2004–2008. Venstre: «Kulingsvindrose», høyre: «Snøfallsvindrose».

Måledataene fra Saltfjellet for årene 2004–2008 representerer totalt 77.799 gyldige observasjoner i perioden november til april basert på 10 minutters intervall. Av disse observasjonene er det 9.302 som oppfyller kravene til «Kulingsvindrosa» og 13.447 til «Snøfallsvindrosa». Frekvensen av «kuling» eller «snøfall» vil derved bli henholdsvis 12,0 prosent og 17,3 prosent. Vindrosene på figur 3-1, som viser frekvensen av vind fra de forskjellige vindretningene, er derimot bare basert på de observasjonene som er brukt fra analysene. Summen av frekvensen fra de 16 sektorene er derfor 100 prosent.

3.3.2 Poengberegning for vindforhold og snøfall

En alternativ behandling av klimadata er basert på at alle observasjoner skal gis et antall poeng som reflekterer de problemene en forventer ved vedkommende observasjon. For hver observasjon blir de registrerte vindstyrkene fratrukket en antatt grenseverdi for å utelukke observasjoner som ikke vil gi problemer og poengverdien øker deretter lineært med vindhastigheten. Den valgte grenseverdien er forskjellig med og uten samtidig nedbør. Deretter sorteres klimadataene i passende sektorer etter vindretning på samme måte som når en vanlig vindrose skal forberedes. Metoden ble utarbeidet i forbindelse med planleggingen av riksveg 15, Strynefjellsvegen, (Norem 1971), og er nærmere beskrevet i Norem (1975).

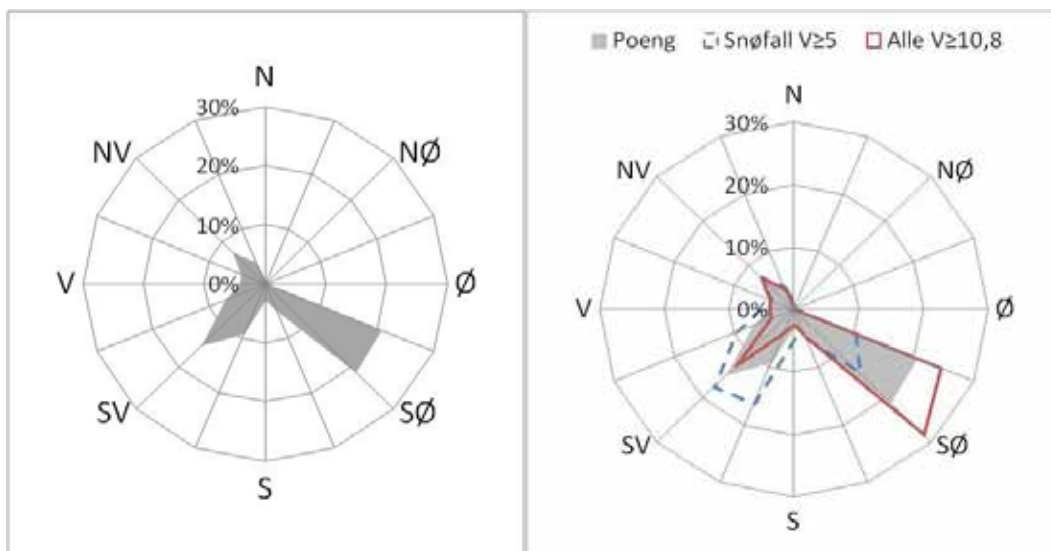
Følgende beregninger gjøres for hver sektor:

$$P_{\text{sektor}} = \sum_{\text{med-nedbør}} (V-5) + \sum_{\text{uten-nedbør}} (V-9)$$

hvor de to leddene har følgende forklaring:

- med nedbør: summen av (V-5) for registreringer over 5 m/s med lufttemperatur lik eller under 1° C når det er samtidig nedbør.
- uten nedbør: summen av (V-9) for registreringer over 9 m/s med lufttemperatur lik eller under 1° C uten nedbør.

Hensikten her er å identifisere og kvantifisere de vindretningene som har et vesentlig bidrag til drivsnøen og derfor blir registreringer under de respektive terskelverdiene 5 og 9 m/s ikke tatt hensyn til. En vindrose som er laget ved hjelp av denne formelen vises til venstre i figur 3-2, og eksempler på poengberegningen er vist i tabell 3-2. I den høyre figuren er det videre foretatt en sammenlikning av de tre typer av vindroser:



Poengvindrose: nov - apr

Sammenligning av de omtalte vindrosene

Figur 3-2. Venstre: Vindrose som er utarbeidet med grunnlag i poengverdier for hver enkelt vindretning, høyre: sammenligning av de forskjellige vindrosene som blir omtalt.

Poengvindrosen blir på denne måten en måte å trekke sammen de viktigste kriteriene som har betydning for drivsnøforholdene i en og samme figur. Selv om formelen rent fysisk sett ikke kvantifiserer de potensielle drivsnømengdene nøyaktig, gir den en systematisk tilnærming. Poengvindrosen blir dermed en fornuftig måte for å finne frem til den dimensjonerende vindretning eller vindretninger, i og med at:

- Det er bare registreringer som gir problemer som er med
- Formelen tar hensyn til at den relative forskjellen mellom registreringer med og uten nedbør avtar med økende vindstyrke, noe som gjenspeiler de observerte forholdene på veien
- Poengverdien øker med økende vindstyrke, akkurat som drivsnømengdene gjør

Informasjonene som gis i vindrosen til venstre i figur 3-2 tyder på at vind fra sørøst gir til sammen omtrent 47 prosent av poengene mens vind fra sørvest står for rundt 31 prosent. Andre vindretninger bidrar i mye mindre grad. En vil her kunne konkludere med at sørøst vil være den dimensjonerende vindretningen, men at hensyn også må tas til forhold som kan forårsake problemer i forbindelse med vind fra sørvest.

Den følgende tabellen viser resultater fra poengberegningene foretatt etter denne prosedyren:

Tabell 3-2. Eksempel på data fra klimastasjon på Saltfjellet. De tre siste kolonnene angir henholdsvis hvilken vindrose enkelte registreringer tilhører med hensyn til kriteriene ovenfor og poengverdiene de tilfører den aktuelle vindretningssektoren. Med bakgrunn i denne sorteringen lages de tre vindrosene i figur 3-1 og figur 3-2.

		Lufttemperatur, °C	Nedbør, mm pr. time	Vindhastighet, m/s	Vindretning (0°-360°)	Inndeling pr. 22,5° (N, NNØ, NØ ...)	Registreringens betydning: Brukes i vindroser kuling, snøfall, begge deler, eller den utgår	Poeng uten snøfall (V-9)	Poeng med snøfall (V-5)
DATO	TID	T	NM	V	R	Sektor	Anvendelse	P uten	P med
12.12.2007	21:00	-2,8	0,0	10,0	220,0	225,0	(utgår)	1,0	0,0
12.12.2007	22:00	-3,2	0,0	9,3	221,0	225,0	(utgår)	0,3	0,0
12.12.2007	23:00	-2,6	0,0	11,3	220,0	225,0	kuling	2,3	0,0
13.12.2007	00:00	-2,7	0,0	12,9	233,0	225,0	kuling	3,9	0,0
13.12.2007	01:00	-2,8	0,3	9,9	241,0	247,5	snøfall	0,0	4,9
13.12.2007	02:00	-3,4	1,2	8,9	192,0	202,5	snøfall	0,0	3,9
13.12.2007	03:00	-3,0	0,8	10,7	220,0	225,0	snøfall	0,0	5,7
13.12.2007	04:00	-3,0	0,7	10,8	216,0	225,0	kuling / snøfall	0,0	5,8

3.3.3 Dimensjonerende vindstyrker

En vindrose basert på poengverdiene vil gi viktige informasjoner om hvilke vindretninger en skal ta hensyn til under planleggingen. Derimot, hvis en ønsker å sammenlikne forholdene fra et område til et annet er det nødvendig å ha kunnskap om frekvensen av store vindstyrker en kan forvente i de forskjellige områdene. De mest aktuelle metodene for å kunne foreta en slik sammenlikning er å sammenlikne poengverdier eller frekvensen av store vindstyrker.

For å ta høyde for at observasjonsintervallet kan være forskjellig mellom ulike kilder klimadata må disse verdiene normaliseres om en ønsker en sammenlignbar fremstilling. I vårt eksempel er poengberegningene foretatt på 10 minutters intervall. Måledataene har 77.799 gyldige observasjoner i vinterhalvåret og den samlede poengsummen for alle sek-

torer er 84.549. Vi kan nå definere begrepet «poeng per observasjon», som blir en indikator på vindstyrkene og antall observasjoner med nedbør i området.

$$\text{Poeng pr. observasjon} = \frac{\text{samlet poengverdi for alle vindretninger}}{\text{antall observasjoner}}$$

hvor «antall observasjoner» viser til totalt antall observasjoner når klimastasjonen har vært i drift i vinterhalvåret.

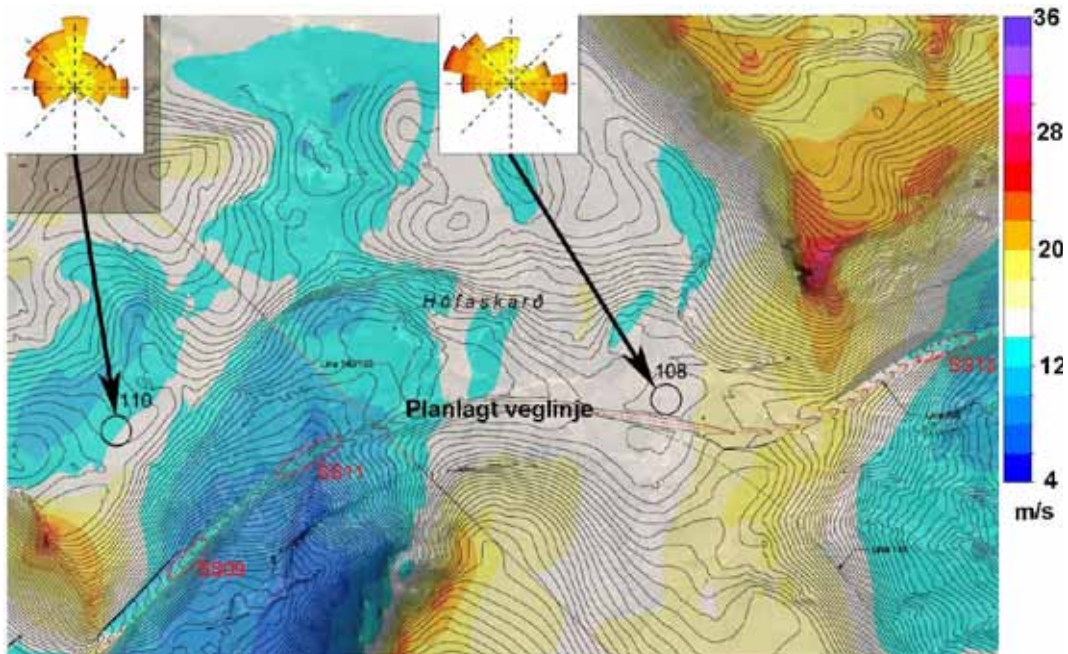
Et annet kriterium er å bruke kulingfrekvensen som ble introdusert i forrige avsnitt:

$$\text{Kulingsfrekvens} = \frac{\text{antall observasjoner } V \geq 10,8 \text{ m/s og } T \leq 1^{\circ} \text{ C}}{\text{antall observasjoner}}$$

For observasjonene fra Saltfjellet for vintrene 2004–2008 ligger det første forholdstallet på 1,09 poeng pr. observasjon og kulingsfrekvensen er 12 prosent. Merk at i begge tilfellene er det kun tatt hensyn til observasjoner der hvor lufttemperaturen er $\leq 1^{\circ} \text{ C}$. Dette er spesielt viktig ved undersøkelser i områder med varierende klima hvor temperaturen ofte kan komme over frysepunktet om vinteren.

3.3.4 Numeriske vindberegninger

Med hjelp av numeriske strømningsberegninger av vind er det mulig å kartlegge den relative fordelingen av vindhastighet i terrenget ved en gitt vindretning. Slike vindkart har vært utarbeidet i forbindelse med en rekke prosjekter, både i Norge og i utlandet. Det finnes flere forskjellige kommersielle programmer som kan anvendes til dette formålet. Et av de mest brukervennlige og kraftigste verktøyene er det norske systemet Windsim (Vector AS), hvor klimadata fra en værstasjon innenfor observasjonsområdet kan beregnes for andre punkter i terrenget ved hjelp av simuleringene. Med bakgrunn fra en utarbeidet vindrose fra et punkt er det mulig å beregne sannsynlige vindroser for andre punkter i terrenget. På den måten kan «kunstige» vindroser plasseres rundt omkring i terrenget og gi verdifull informasjon, på samme måte som om flere klimastasjoner var utplassert i forbindelse med prosjektet. Dette er en metode som er svært nyttig i et større observasjonsområde med ulike landskaps- og terrengforhold, hvor en enkelt klimastasjon ikke kan representere forholdene langs hele vegtraseen.



Figur 3-3. Eksempel på et vindkart som viser den relative vindhastighetsfordelingen i terrenget ved kraftig vind fra øst. Fargeskalaen gjengir vindens styrke (m/s) i en bestemt høyde over bakken. I tillegg vises det beregnede vindroser langs den undersøkte vegtraseen. (Rv. 867, Norðausturvegur um Hólaheiði, Island. Orion Consulting, 2004 for Vegagerdin i Island).

3.4 Snøforhold

3.4.1 Formålet med snøundersøkelser

Undersøkelser av snøforhold i forbindelse med vegprosjekteringen er nødvendig av flere grunner. Det er både nødvendig med informasjon om generelle snødybder på åpne flater langs vegtraseen og om fordelingen av snøen der det er store variasjoner i snødybdene. Ved hjelp av opplysninger fra snøundersøkelsene har en grunnlag for å fastslå:

- Lokale fonndannende vindretninger
- Naturlige erosjons- og fonnområder
- Gjennomsnittlige og maksimale snødybder

Snøfordelingen kan også gi informasjon om fonndannende vindretninger ved å kartlegge retninger på fonner bak oppstikkende partier som steiner, markerte rygger eller klynger av. Dette er spesielt viktig der hvor aktuelle klimastasjoner ikke beskriver lokale forhold p.g.a. kanalisering eller andre forhold.

For å bestemme den nødvendige høyden på vegfyllinger i et åpent terreng er det viktig å ta utgangspunkt i gjennomsnittlig snødybde. Dette betyr både en snødybde som er representativ for en rekke år og som gjelder generelt langs vegtraseen. Til dette trenger en informasjon om snødybden sent på vinteren når en har maksimale snømengder. Lokal snøfordeling vil også gi informasjon om nødvendig utforming av skjæringer og behovet for å tilrettelegge for bruk av brøyteutstyr for å fjerne snø i skjæringene.

Ved vurdering av snødybder med grunnlag i kortvarige observasjoner er det viktig å sammenligne dataene opp mot en lengre tidsserie med snøhistorikk som er representativ for observasjonsområdet. Meteorologisk institutt utgir kart hver vintermåned med akkumulert nedbør i snøperioden i forhold til normalåret. Disse informasjonene gjør at selv korte observasjonsserier kan gi verdifulle opplysninger.

3.4.2 Metoder for snømålinger

Flyfoto kan benyttes i noen grad for å bestemme den relative snøfordelingen i landskapet, men for å bestemme den eksakte snødybden vil dette kreve en fotogrammetrisk behandling. Til vanlig bruk blir ikke flyfotografering foretatt før snøen er borte om våren og derfor må flyfotografering bestilles. Dette kan bli aktuelt i større prosjekt hvor fordelene ved denne metoden kan forsvare kostnadene.

Målinger kan foretas manuelt i faste målepunkt langs vegtraseen ved hjelp av faste stolper slik at gjentatte målinger foretas i nøyaktig samme punkt. Det anbefales å gjennomføre

målingene en gang i måneden fra årsskiftet og ut på sen vinteren. Ved feltbefaringene er det viktig å dokumentere de bare partiene og fonnområdene ved hjelp av kamera og eventuelt video, slik at en kan komme tilbake til disse observasjonene når arbeid med utforming av veggen starter.

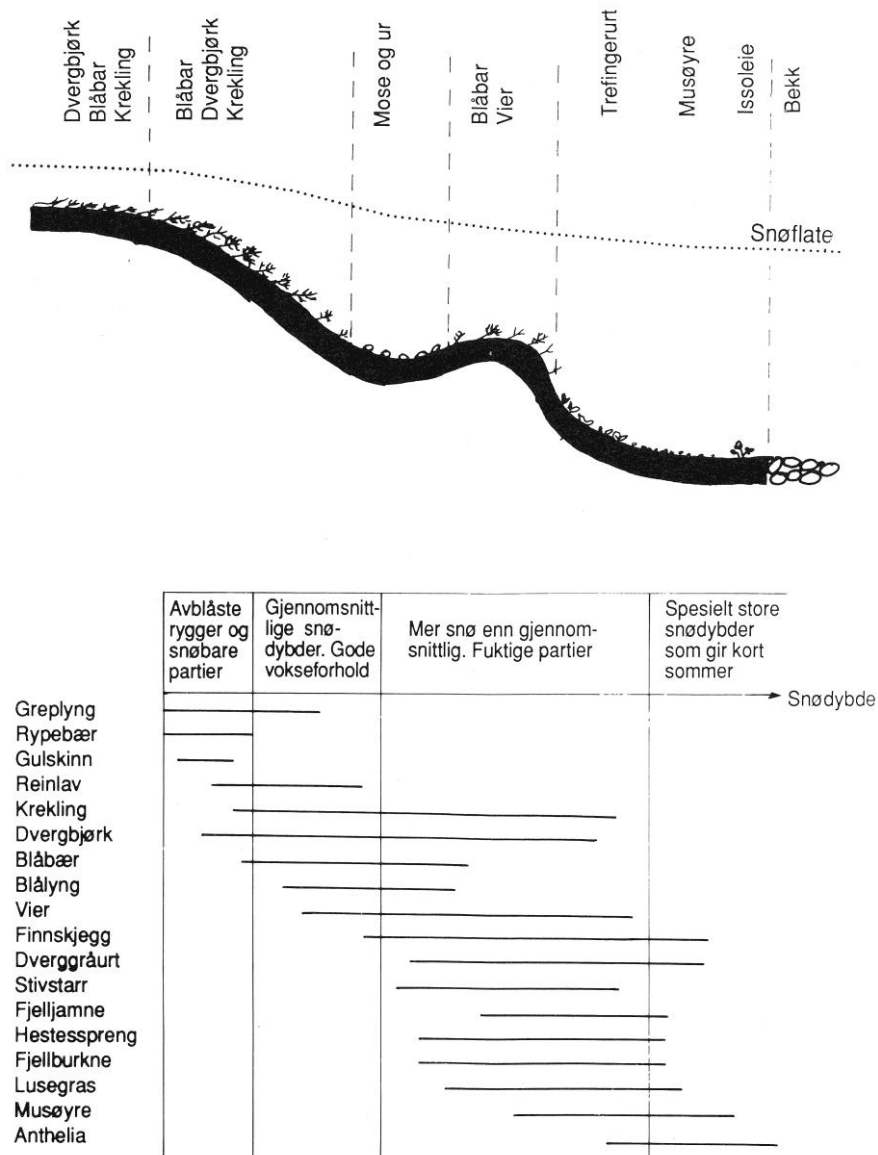
GPS utstyr kan brukes på forskjellige måter ved snømålinger:

- En effektiv og nøyaktig metode for å måle snødybdene er å kjøre med GPS (land målingsinstrument, ikke av kvalitet som ellers brukes i kjøretøy eller på tur) påmontert på en snøscooter og sørge for å ha en referanse GPS-enhet utplassert i et kjent fastpunkt i området. Da vil en kunne kjøre midt i veglinjen og med ønsket forskyvning til hver side og samtidig samle inn et høydeprofil på snødekket, som etterpå blir fratrukket terrenghøyden.
- Norges vassdrags- og energiverk har brukt en snøradar for å måle snødybdene og anslå snøens vanninnhold slik at snøens bidrag til vannressursene til energiproduksjonen kan anslås. Utstyret blir trukket av en snøscooter og krever GPS-posisjonering. Fordelen med denne metoden fremfor å kun måle høyden på snøens overflate er at en ikke behøver digitale kart med samme nøyaktighet, og har derfor større frihet med hensyn til valg av observasjonsområde før digitale kart med høy presisjon utarbeides i forbindelse med vegprosjektet.
- Ved måling av snødybder med en flyttbar stang er GPS den beste måten å bestemme posisjon av målingene. Også denne metoden er uavhengig av tilgang på digitale kart i høy oppløsning da snødybden måles direkte.

Ved å studere plantefordelingen vil en erfaren observatør kunne kartlegge den relative snøfordelingen under sommerbefaringen. Dette skyldes at i fjellet er snødekkets tykkelse og hvor lenge snøen ligger en kritisk faktor for hvilke planter som vokser. Enkelte plantearter er konkurransedyktige på snøfattige steder, andre på snørike steder. En nærmere beskrivelse av metoden er beskrevet i Nordhagen (1951).

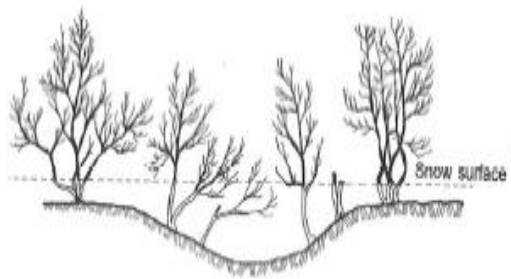
I figur 3-4 er det tegnet opp tverrsnitt av en haug, plantefordelingen på le side og snøfordelingen. På ryggen finnes lyngplanter med tykke stengler og læraktige blad som hindrer uttørking om vinteren. Lavere i terrenget finner man blåbær, blålyng og andre planter som både er avhengige av snødekke om vinteren og en lang sommer. Nederst finner en så planter som klarer å utvikle blomster og frø i løpet av en kort sommersesong.

Figur 3-4 viser også en liste over de vanligste fjellplantene og hvordan de grupperer seg med hensyn til snødybden. Videre er det trukket opp grensene for fem grupper med forskjellig snødybde, som kan brukes som en støtte for kartlegging av snødybdene. Den botaniske kartleggingen gir god oversikt over hvor det er mye og lite snø, men er noe unøyaktig i områdene med mer normale snømengder.



Figur 3-4. En skjematisk fremstilling av plantefordelingen i forhold til relative snødybder og lengden av snøfri periode om sommeren (Norem 1975).

I bjørkeskogbeltet er det også mulig å bruke voksehøyden for snølav for å kartlegge den maksimale snøhøyden. Snølav er en svart alge som vokser på eldre bjørkestammer, og den trives bare på den delen av stammen som aldri dekkes av snø, figur 3-5. Snølaven kan derfor brukes til å bestemme den maksimale snøhøyden og ikke bare snøfordelingen, som en får fra vanlig botanisk snøkartlegging.



Figur 3-5. Foto av snølav og eksempel på hvordan voksehøyden av snølav kan bestemme maksimal snødybde. (Foto: Harald Norem)

4 Lokalisering av veggen

4.1 Krav til veger i drivsnøområder

Ved planleggingen av en veg ønsker en å skape en veg som har små brøyteproblemer og gode siktforhold for trafikantene. Dette er mulig å oppnå dersom en finner fram til områder som både har moderate snømengder og vindstyrker.

Antall timer med kolonnekjøring og stengt veg er først fremst avhengig av vindstyrkene langs veggen, og i mindre grad avhengig av snømengdene. Det er derfor viktig å legge større vekt på vindforholdene enn snøforholdene ved lokalisering av en ny veg i drivsnøområdene. En veg som ligger utsatt til for sterk vind er sårbar under uværssituasjoner fordi eventuelle brøytekanter vil føre til at det samler seg mye snø på veggen og siktforholdene blir forverret. Dessuten er det fare for at bilene kan blåse av veggen i forbindelse med kraftige vindkast. En kan derfor godta noe brøyting framfor å ha en veg som er ideell med hensyn til snøforholdene. En hovedregel ved plasseringen av veggen i terrenget vil derfor være å legge veggen så lunt som mulig, men utenfor de store fonnområdene.

Ut fra dette bør derfor en godt planlagt veg med hensyn til framkommelighet om vinteren oppfylle disse kravene:

- Liten fonndannelse på veggen
- Moderate vindstyrker og liten transport av drivsnø over veggen
- Best mulige siktforhold langs hele veggen
- Enkelt og rimelig å holde veggen farbar med eksisterende vedlikeholdsmateriell

For å oppnå disse kravene er det viktig både hvordan veggen blir lokalisert i terrenget og hvordan vegens tverrprofil blir utformet. For lokaliseringen gjelder det å foreta riktige valg på oversiktsplannivå i valg mellom dalfører og hvilken side av dalførene som skal benyttes. På detaljeringsnivået er det lokalisering i forhold til rygger og forsenkninger i terrenget og ved passering av lokale sidedaler som har størst betydning. Ved lokaliseringen av vegene er det viktig at en i tillegg til kravene for en god lokalisering med hensyn til drivsnøen også tilfredsstiller de mer generelle kravene til estetikk og landskapstilpassning.

4.2 Lokalisering på oversiktsplannivået

4.2.1 Bruk av klimaundersøkelser

På oversiktsplannivå skal det oftest fattes et vedtak om hvilke dalfører en ny veg skal lokaliseres til eller hvilken side av et dalføre som bør velges. På dette stadiet i planprosessen er det dessuten viktig å kunne anslå regulariteten for den nye veggen, uttrykt i forventet timer med kolonnekjøring og stengt veg, og en bør avklare hvilke strekninger som vil representere det svakeste leddet i en framtidig vegforbindelse.

Registrering og analyse av klimadata er behandlet i kapittel 3, mens dette kapitlet utdyper bruken av klimaregistreringer i forbindelse med planlegging av vegen. De viktigste kunnskapene om klimaet som det er ønskelig å bruke i forbindelse med lokalisering av en veg i drivsnøområder er.

- Fonndannende vindretning
- Dimensjonerende vindstyrker, som kan uttrykkes som antall poeng per registrering eller som frekvens av vindstyrker $>10,8$ m/s, kulingsfrekvens
- Gjennomsnittlige snømengder i området for planlagt veg
- Snøfordelingen, med spesiell vekt på områder med mye og lite snø og variasjoner i snømengdene.

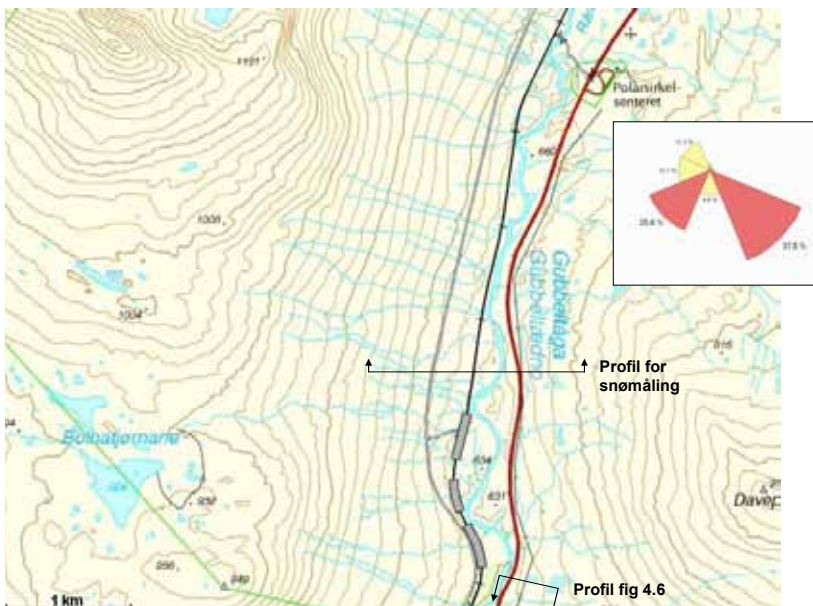
Fonndannende vindretning eller vindretninger er spesielt viktig å kartlegge på et tidlig stadium i planprosessen. Denne eller disse har stor betydning med hensyn til hvordan snøen fordeler seg i området. Dersom det er kraftige sekundære vindretninger er det også nødvendig å ta hensyn til flere vindretninger ved lokaliseringen og utformingen av vegene. Spesielt viktig er det også å kartlegge om det i tillegg er viktige lokale vindretninger, som det også bør tas hensyn til. Et eksempel er der vegen følger en hoveddal og den krysser en sidedal. Oftest følger de sterke vindene hoveddalføret, men det kan opptre hyppige og sterke vinder også fra sidedalene.

Det kan også være store variasjoner med hensyn til lokalklimaet innen overraskende korte avstander og mellom to dalsider i fjellet. Følgende to eksempler fra henholdsvis riksveg 15 Strynefjellet og E6 Saltfjellet viser dette.

Figur 4-1 viser et utsnitt av kartet fra Langevatnet innerst i Breidalen der riksveg 15 Strynefjellsvegen går inn i Oppljostunnelen. I forbindelse med planleggingen av vegen ble det først plassert vindmålere både ved Langvatnet og Stavbrekka. I løpet av måned-ene november 1970– januar 72 hadde en registrert 30 kulingdager ved Langevatn og 57 ved Stavbrekka, (Norem 1971). Avstanden mellom målepunktene er ca 3 kilometer. Senere ble den ene vindmåleren flyttet fra Stavbrekka til inngangen til Oppljostunnelen, og også for denne stasjonen var hyppigheten av kulingdager cirka dobbelt så stor som ved Langvatnet. Årsaken til disse store forskjellene er at Langvatnet ligger noe beskyttet for vind fra nordvest og at denne stasjonen i mindre grad er påvirket av den markerte innsnevringen av dalen midt på Langvatnet.



Figur 4-1. Plassering av vindmålerne ved Langvatnet i forbindelse med planleggingen for rv. 15 Strynefjellsvegen



Figur 4-2. Kart over E6 Saltfjellet sør for polarsirkelen. Figuren viser lokalisering av snøprofilen som ble målt inn og vindrose fra polarsirkelen basert på poengberegning.

I forbindelse med planleggingen av ny E6 over Saltfjellet i 1970 var det viktig å avklare hvilken side av dalføret sør for polarsirkelen som var gunstigst med hensyn til lokalisering av vegen, figur 4-2. Dette valget ble tatt etter at det var gjennomført omfattende snø- og vindmålinger i området. Blant annet ble det målt opp inntil 2 kilometer lange profiler på

tvers av dalen, og disse viste at gjennomsnittsdypden vest for elva var 1,29 meter og tilsvarende 0,79 meter på østre side av vassdraget, (Norem 1970), figur 4-2.

Årsaken til de store forskjellene i snødybde skyldes at vestre side, Stokkalia, ligger i le for nedbørsførende vindretning fra sørvest. Dessuten samler det seg store snømengder i den markerte elveforsenkningen, som ytterligere reduserer snømengdene på østre side av dalen.

Vindregistreringene fra Stødi, en kilometer nord for Polarsirkelsenteret, viser at det er vind fra sørøst som har størst frekvens og også størst poengverdier. Vind fra denne retningen er imidlertid sjelden nedbørsførende og har gjennomgående mindre vindstyrker enn sørvesten. Det ble derfor antatt at det var gunstigst å legge vegen langs østre side av dalføret og relativt nær elveforsenkningen for å utnytte le- og samleeffekten av denne.

Snøfordelingen i et område forteller mye om de klimatiske forholdene der en ønsker å lokalisere vegen. Dersom det er stor variasjon i snømengdene tyder dette på at frekvensen av sterke vinder er stor og med stor snøtransport som omfordeler snøen. I slike tilfeller er det sannsynlig at drivsnøproblemene blir betydelige og det er spesielt viktig å lokalisere vegen til de mest egnete områdene.

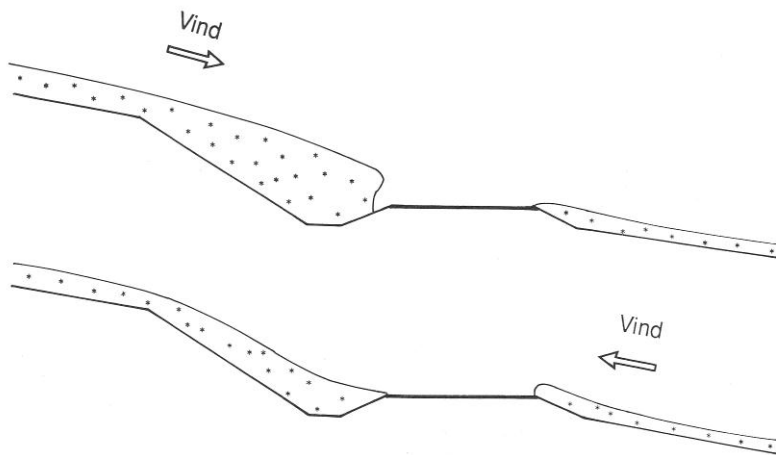
Stor variasjon i snømengdene vil en også få i småkupert terreng. De fleste forhøyningene er oftest bare eller har lite snø mens det er betydelige snømengder på le side av disse. Det er oftest vanskelig å skape en god veg med hensyn til drivsnø i slikt småkupert terreng da vegen ofte får hyppige overganger mellom fylling og skjæring. Stor variasjon i snømengdene er derfor en klar indikasjon på vanskelige forhold både på grunn av sannsynlig stor snøtransport og vansker med å gi vegen en gunstig utforming.

4.2.2 Lokalisering i forhold til vindretninger

På hvilken side av et dalføre en veg skal planlegges er oftest bestemt av andre faktorer enn hensynet til drivsnøen, men for enkelte vegprosjekter kan det være en aktuell problemstrekning. De forholdene som da bør tas i betraktning er blant annet:

1. Generelt er forholdene gunstigst på le side av hoveddalføret. Der fonndannende vindretning blåser med terrenghellingen er det erfaringsmessig mer snø på lovart side enn på le side.
2. Dersom vegen blir liggende i en skjæring er det gunstigst at skjæringssiden ligger på le side av vegen. Når vinden blåser med terrenghellingen, virker gravitasjonsretningen i samme retning som vinden, figur 4-3. Følgen er at snøtransporten er gjennomgående større når vinden blåser med terrenghellingen enn motsatt. I tillegg blir vegens skjæringsside, som er fonndannende, en leside når vinden blåser med terrenghellingen.

3. Markerte dalbunner kan samle betydelige snømengder. En vil ofte oppnå bedre snø- og siktforhold på le side av disse enn på lovart side av forsenkningene.
4. Der dalbunnen er flat eller det er vann kan imidlertid vinden få bedre tak ved passering av dalbunnen, og i slikt terreng kan det ofte være gunstigst å legge vegen på lovart side av dalen, dersom det på denne siden er terrengdetaljer som gir reduserte vindstyrker og som feller ut drivsnø.
5. Det er viktig å utnytte le-effekten av eventuell skog langs planlagt veg. Generelt er det bedre klima der skogen har klart å etablere seg, og selv vegetasjon som har liten høyde over snødekket reduserer drivsnømengdene vesentlig.



Figur 4-3. Det transporteres mer snø når vinden blåser med terrenghellingen enn mot. Dessuten samler det seg mer snø på vegen når vegens skjæringside er vegens vindside.

Generelt bør derfor vegen lokaliseres slik at fonndannende vindretning blåser parallelt med vegen eller skrått inn mot vegens fyllingsside. Dette tilsier at hovedregelen for vegens plassering er på le side av hoveddalføret. Et viktig unntak er der sterk vind kan føre store drivsnømengder inn mot vegen etter å ha passert islagte vann eller store åpne flater, eller der eventuell vegetasjon på lovart side av dalen kan gi en positiv effekt med hensyn til drivsnøen.

Med økende vinkel mellom vinden og vegen øker problemene med drivsnøen av flere grunner. For det første vil fonnene på le side av skjæringer og andre fonndannende detaljer lettere nå fram til vegen. Dessuten er vegen mer sårbar for fonndannelse bak eventuelle brøytekanter når det er stor vinkel mellom vinden og vegen. Et annet viktig moment er at sikten under uvær er vesentlig bedre når vinden blåser nær parallelt med vegen. Dette gjelder spesielt når vegen ligger på høye fyllinger, der det er rekkverk langs vegen eller i skjæringer.

Generelt blåser fonndannende vindretning mer eller mindre parallelt hoveddalførene i Norge. Det er derfor størst sannsynlighet for at en får en stor vinkel mellom vinden og vegen under følgende forhold:

1. Ved kryssing av hoveddalføret, se eksempel på figur 4-1
2. Ved passering av sidedaler, se eksempel på figur 4-7
3. Når vegen må legges rundt framstikkende partier i hoveddalføret, figur 4-4

Med hensyn til kryssing av dalfører vil vegen under slike forhold også bli liggende på en bro når vassdraget krysses. Der det er bro og høye fyllinger er det også nødvendig å utstyre vegen med rekkverk av trafiksikkerhetsmessige hensyn. Kryssing av vassdraget i værharde områder bør derfor helst unngås, og dersom det må gjøres må det legges spesiell vekt på å utforme vegen slik at snø- og siktforholdene blir redusert optimalt. Med hensyn til utforming av vegen henvises til neste kapittel.



Figur 4-4. Riksveg 15, Strynefjellsvegen, vest for Hamseviki. Vindstyrkene er større på ryggen der bildet er tatt og i utkurven ved brøytestasjonen enn i innkurven hvor det vokser skog. (Foto: Harald Norem)

4.3 Lokalisering på reguleringsplanstadiet

4.3.1 Bruk av lune områder

I områder med stor snøtransport er det viktig å dra nytte av samleeffekten av fonndannende terrengdetaljer. Et godt eksempel på dette er vist i figur 4-5 som viser en veg som er lagt på le side av en bekkedal. En ser tydelig hvilke konsekvenser det kunne fått hvis en ikke hadde utnyttet bekkedalens samleeffekt.



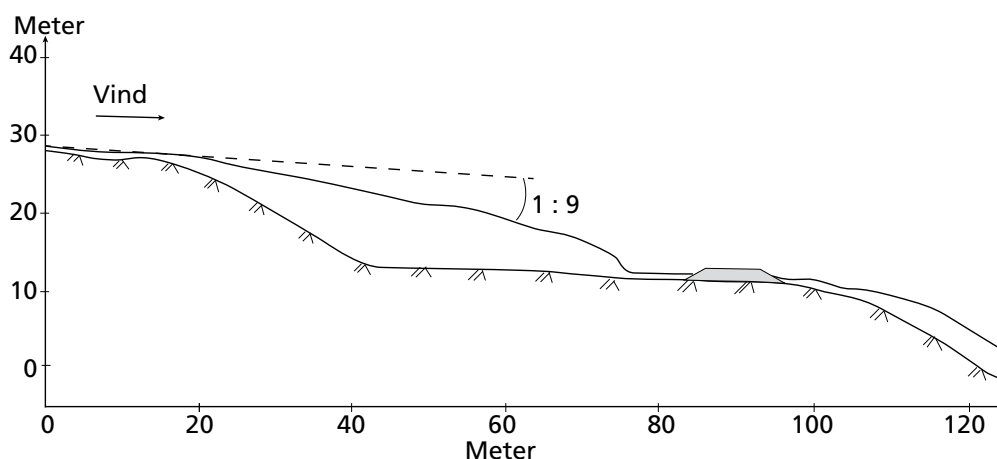
Figur 4-5. Vegen bør plasseres på le side av terrengdetaljer som fører til fonndannelse, men utenfor selve fonnområdet. (Foto: Harald Norem)

Nytten av å bruke samleeffekten av terrengdetaljer vil en også tydelig se av figur 4-6. Figuren er basert på oppmåling av en fonn, dannet av en brink langs E6 over Saltfjellet, figur 4-2. På toppen av brinken er det lite snø, men det har åpenbart vært mye snø i bevegelse siden brinken har samlet så store snømengder. En veg på toppen av brinken vil derfor få

gunstige snøforhold, men redusert sikt, og vegen vil være sårbar for fonndannelse dersom det dannes en brøytekant langs vegen.

Dersom vegen plasseres for nær brinken vil vegen ligge i et område med begrensede vindstyrker, men hvor det samles mye snø. Den gunstigste plasseringen finner vi der vegen ligger i lesonen av brinken, men utenfor det markerte fonnområdet. I dette tilfellet ligger også vegen på le side av elvefordypningen i forhold til den nedbørsførende vinden fra sørvest.

En hovedregel ved plasseringen av vegen i terrenget vil derfor være å legge vegen så lunt som mulig, men utenfor de store fonnområdene i terrenget. Den leskapende effekten av slike terrengdetaljer reduseres med avstanden fra fonnområdet og dersom avstanden er større enn ca 100 meter er effekten relativt liten.



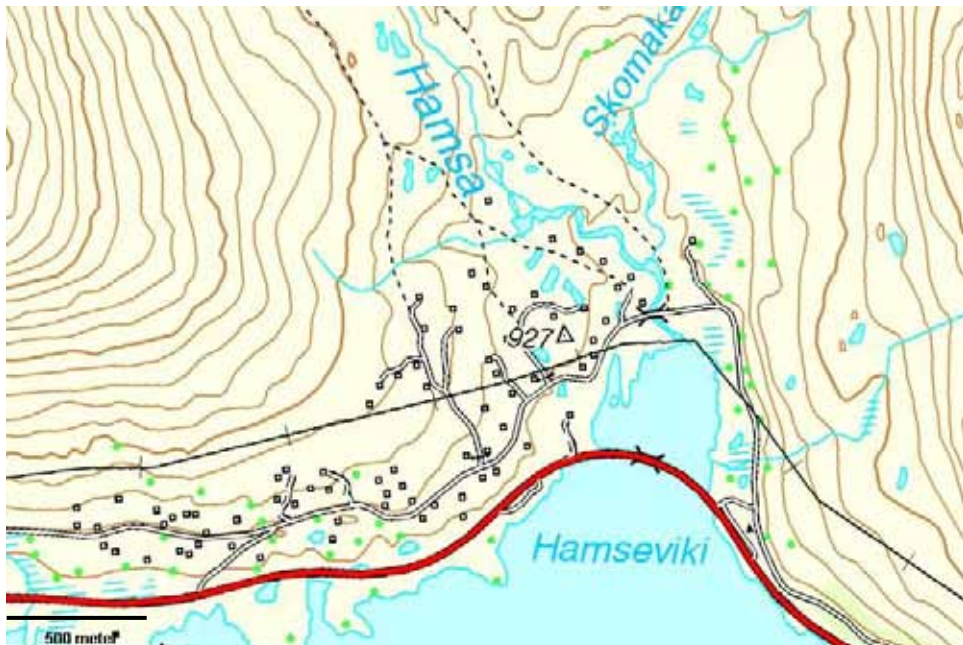
Figur 4-6. Oppmåling av et fonnområde ved planlagt E6 på Saltfjellet, Figur 4 2. Snøfonna er dannet ved vind fra sørøst.

4.3.2 Effekt av sidedaler

Der sidedaler fører i inn mot hoveddalføret får en ofte spesielle vindforhold ved at konvergerende vindstrømmer møtes. Dette kan føre til store vindhastigheter og stor turbulens, som igjen gir vanskelige kjøreforhold under uvær. Slike områder er også ofte karakterisert med større snømengder enn områdene omkring. Enhver sidedal representerer derfor et potensielt vanskelig område for driften av vegen.

Figur 4-7 viser et eksempel på kryssing av en sidedal. Riksveg 15, Strynefjellsvegen, følger hoveddalføret i Breidalen, og i forbindelse med kryssing av Hamseviki er vegen lagt på en lang fylling over Hamseviki og i skjæring på hver side av kryssingen.

Vindregistreringene i forbindelse med vegplanleggingen viste at vinden hovedsakelig blåser parallelt hoveddalføret, og at det er vind fra vest som gir mest nedbør og størst vindstyrker. Ved Hamseviki ble det registrert vind og snømengder over to vintre. Vindmålingene tydet på at vind fra vest var svakere ved Hamseviki enn lenger øst ved Grotli. Derimot var vinden fra øst sterkere enn ved Grotli. Med hensyn til snømengdene var disse omtrent like langs hele dalføret, (Norem 1971).



Figur 4-7. Kartutsnitt av rv. 15 Strynefjellsvegen ved Hamseviki, hvor sidedalen, Hamsedalen, føres inn mot hoveddalføret i Breidalen.

Erfaringene med driften av vegen er at partiet ved Hamseviki og videre vestover representerer et av de vanskelige partiene langs vegen. Dette skyldes blant annet:

- Vegen over Hamseviki ligger på en 15 meter høy fylling med rekkverk. Når vannet er nedtappet om vinteren får en store siktproblemer på grunn av den høye fyllingen og det samler seg mye snø på grunn av rekkverkene.
- Vind fra øst er relativt kraftig ved Hamseviki og den fører store drivsnømengder inn mot vegen vest for vika.
- Ved vind fra nordvestlig retning møtes vind fra hoveddalføret og Hamsedalen. I området hvor disse vindretningene møtes blåser vinden i stor vinkel mot vegen samtidig som vegen har en skjæring på vindsiden. Dette fører til stor fonndannelse på vegen og dårlig sikt.

Ved kryssing av sidedaler, både store og små, bør det derfor legges spesiell vekt på lokaliseringen og utformingen av vegen. En bør legge vekt på å unngå at vegen får for stor vinkel i forhold til hovedvindretningene og eventuelle skjæringer og fyllinger bør utformes for å redusere snø- og siktproblemene til et minimum.

5 Utforming av veg og sideterreng

5.1 Innledning

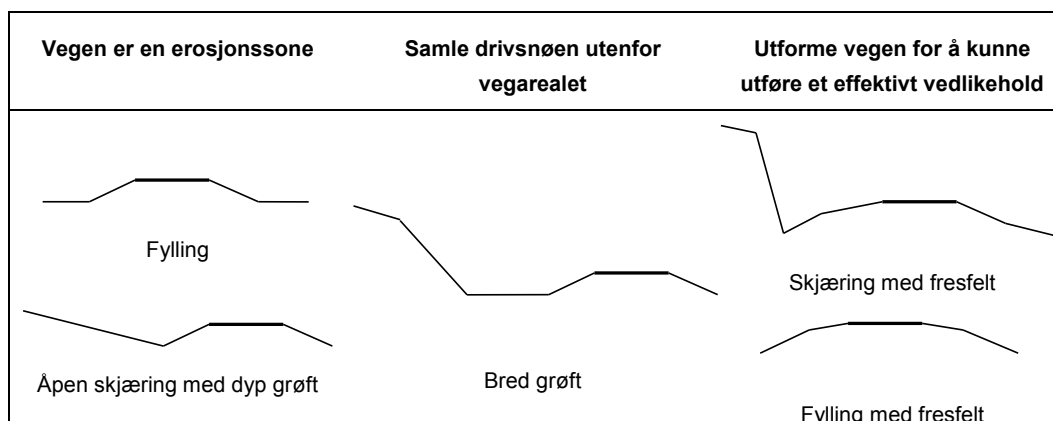
Vegens og sideterrengets utforming bør ta hensyn til snø- og klimaforholdene. I dette kapittelet beskrives spesielle tiltak ved utforming av fyllinger, skjæringer og vegkryss. De viktigste parametrene som danner grunnlag for valg av løsning er:

- Gjennomsnittlig snødybde
- Vegens vinkel i forhold til dimensjonerende vindretning
- Antatt mengde drivsnø

I tillegg skal det tas hensyn til vegklasse og trafikkmengde, slik at vegen også oppfyller det generelle krav til utforming. Forslagene som presenteres i dette kapittelet tar høyde for minimumskravene som stilles i andre håndbøker med hensyn til drenering og trafiksikkerhet, spesielt gjelder dette krav til oppsetting av rekkverk.

Prinsipper for vegens utforming

Det er tre hovedprinsipper som gjelder for utforming av veger i drivsnøområder, figur 5-1. I de mest værharde områdene og i rimelig terreng for vegbygging er det ønskelig å bygge vegen som en erosjonssone. Dette er også viktig der hvor det er korte partier med problemer og det er lang kjøring å hente snøfres. For å oppnå dette bør vegen ligge i minst samme høyde som snødekket har på siden av vegen. Under prosjekteringen av vegen har en derfor valget mellom å heve vegen i forhold til terrenget, eller å senke terrenget i forhold til vegen, for derved å redusere høyden på snødekket. Ethvert profil hvor en ikke oppnår tilstrekkelig fyllingshøyde, vil derved kreve en terrengutforming som reduserer høyden av snødekket i tilstrekkelig grad, og deretter bygges vegen på en tilstrekkelig høy fylling i det nye terrenget.



Figur 5-1. Prinsipper for utforming av veger i drivsnøområder.

Der vegen ligger i sidebratt eller kostbart terreng kan en utforme sideterrenget med brede grøfter på lovart side av vegen slik at drivsnøen sedimenteres utenfor vegarealet, og man oppnår gode sikt- og brøyteforhold.

I områder med moderate drivsnømengder som transporteres over vegen, eller ved utbedring av eksisterende veger, er etablering av fresfelt et aktuelt alternativ. Hensikten med et fresfelt er å kunne fjerne snøen utenfor vegen i godværsperioder slik at en er bedre forberedt før neste uvær. Dessuten vil fresfeltet gi vesentlig bedre sikt og brøyteforhold inn til drivsnøen har fylt opp fresfeltet og brøytekannten kommet frem til kjørebanelen (se figur 2-13).

Fresfelt forutsetter derfor at snøfresen kan arbeide utenfor vegen for å fjerne snø som har samlet seg i løpet av siste uværsperiode. Et fresfelt vil derfor kreve mer omfattende brøyting enn de mer kostbare prinsippene for vegutforming, men de har vist seg å være kostnadseffektive i egnet terreng og klima.

5.2 Fresfelt

Fresfelt blir her definert som et kjørbart område utenfor selve vegbanen hvor snøfres eller annet brøytemateriale kan operere (se prinsippsskisser til høyre i figur 5-1). Fresfelt kan være aktuelt både i forbindelse med skjæringer og fyllinger. For at fresen kan operere trygt på fresfeltet bør dette ha en bredde på minimum 4 meter. Et fresfelt er å anbefale i følgende situasjoner:

Fresfelt i skjæring:

- I sidebratt terreng der en praktisk og kostnadmessig ikke kan anlegge en tilstrekkelig bred grøft som har kapasitet til å samle snøen utenfor vegen (figur 5-2 venstre)
- Ved moderate drivsnømengder der det ikke er nødvendig med bred grøft eller åpen skjæring
- Der skjæring ligger på le side av vegen eller vinden er parallell med vegen.

Fresfelt på fylling:

- På høye fyllinger der vinden ligger tilnærmet vinkelrett på vegen, eller der snø- og drivsnømengdene er betydelige
- På fyllinger hvor tradisjonell utforming av fyllingene krever oppsetting av rekkverk
- På steder der bruken av rekkverk ikke kan unngås.



Figur 5-2. Eksempler på fresfelt under vinterforhold. Venstre: Et fresfelt under høy fjellskjæring på Haukeliffjellet. Høyre: Et fresfelt på Strynefjellesvegen, hvor brøytemannpersonalet har valgt å ikke fjerne brøytekant mellom vegen og fresfeltet. (Foto: Skuli Thordarson).

For at et fresfelt skal kunne brukes på en tilfredsstillende måte må følgende krav ivaretas

- Hellingen eller tverrfall skal ikke være større enn 1:6, fortrinnsvis skal helling 1:8 brukes
- Minimumsbredde er 4 meter. Dette for at fresen skal få tilstrekkelig arbeidsbredde
- Underlaget må ha tilstrekkelig bæreevne og jevnhet til å unngå skader på snøfresen
- Det må legges til rette for enkel og trygg adkomst inn og ut av fresfeltet

Det er en fordel at fresfeltene anlegges mest mulig sammenhengende, slik at en oppnår at fresen kan arbeide utenfor vegen over lengre strekninger. Det vil derfor ofte være behov for å etablere fresfelt også langs kortere fyllingspartier. I slike tilfeller blir det nødvendig å forlenge stikkrennene langs vegen.

Utforming av fresfelt i forbindelse med henholdsvis fyllinger og skjæringer blir beskrevet i de respektive kapitlene.

5.3 Fyllinger

5.3.1 Fyllingshøyde

Veiledende krav til fyllingshøyde presenteres i tabell 5-1. nedenfor. Fyllingshøyden, F_h er avhengig av gjennomsnittlig snødybde langs vegen, S_d , andel vindregistreringer over 10,8 m/s (d.v.s. kulingsfrekvens) og vegens vinkel i forhold til fonndannende vindretning. Referanseverdier for snødybde og vindstyrke bør tas fra 30-årsnormalen. Der hvor bruk av sammenhengende fresfelt over lengre strekninger er aktuelt kan fyllingshøyden reduseres i forhold til de anbefalte verdiene i tabell 5-1.



Figur 5-3. Definisjon av gjennomsnittlig snødybde, S_d , og vegens fyllingshøyde, F_h .

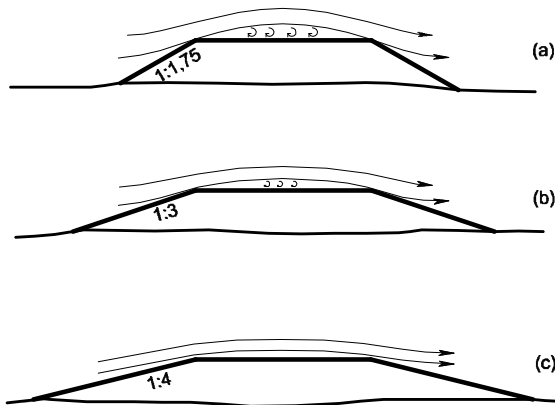
Tabell 5-1. Veiledende fyllingshøyde i forhold til gjennomsnittlig snødybde, kulingsfrekvens og vegens vinkel i forhold til fonndannende vindretning.

Veiledende fyllingshøyde, F_h

Kulingsfrekvens ($V \geq 10,8$ m/s)	Vegens vinkel i forhold til vinden (angrepsvinkel)		
	90° vinkelrett	45° skrått	0° parallelt
Mer en 15 %	$S_d + 0,5$ m min. 2,0 m	$S_d + 0,5$ m min. 1,5 m	$S_d + 0,5$ m
Mellom 10 og 15 %	$S_d + 0,5$ m min. 1,5 m	S_d min. 1,0 m	S_d min. 1,0 m
Mindre en 10 %	1,0 m	Ingen spesielle krav	Ingen spesielle krav

5.3.2 Fylling uten rekkverkkrav

En fylling bør utformes strømlinjeformet for å oppnå gode siktforhold og redusere tendensen til fonndannelse på vegen. Både modellforsøk og praktiske erfaringer har vist at en fyllingsskråning 1:4 gir vesentlige bedre forhold enn 1:2 (Norem, 1974).



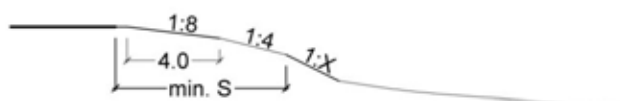
Figur 5-4. Skissene viser hvordan en fylling med helling 1:4 fører til mindre turbulent strømming over vegbanen og fører derfor til mindre risiko for fonndannelse (Norem 1974, Finney 1934)

En slak fyllingsskråning vil også gi bedre sikkerhet med hensyn til utforkjøring og redusere den kritiske fyllingshøyden med hensyn til kravet om bruk av rekkverk.

På steder hvor en spesielt høy fylling kreves, for eksempel ved kryssing av bekkeløp eller små daler, må fyllingsutformingen ta spesielt hensyn til drivsnøforholdene. Høye fyllinger (> 4 m) opptrer som et tydelig hinder for vindstrømmingen. Dermed vil en forholdsvis stor mengde luft bli presset opp på fyllingstoppen. I praksis vil dette si at vindhastigheten øker på vegskulderen for så å falle kraftig i et turbulent område nært vegbanen, slik figur 5-4a viser. I tillegg til dette problemet så oppstår det også behov for rekkverk på høye fyllinger, og rekkverk er et svært uheldig element i vegutformingen med hensyn til sikt og fonndannelse. Det er derfor viktig at fyllingene utformes slik at en unngår krav til rekkverk i henhold til Håndbok N101 Rekkverk.

Følgende prinsipper for utforming av fyllingene anbefales:

- Primært anbefales en fyllingsskråning på 1:4
- På høyere fyllinger kan helling 1:3 brukes så lenge det ikke oppstår krav til bruk av rekkverk
- For å unngå kravet til bruk av rekkverk kan fyllingen utformes med et fresfelt på utsiden av kjørebanelen, som vist figur 5-5



Figur 5-5. Høy fylling uten rekkverk. Ved å anlegge et fresfelt etterfulgt av en skråning med helling 1:4 slik at dette sammenlagt når den påkrevde sikkerhetssonens bredde, S i figuren, vil bruk av rekkverk være unødvendig.

5.3.3 Fylling med rekkverk

Rekkverk samler snø på vegen og skaper dårlige siktforhold i lesonen bak rekkverket. Spesielt gjelder dette ved enden av rekkverket der fonndannelsen blir stor, figur 5-6. Vegens utforming i drivsnøområder bør i størst mulig grad eliminere behovet for rekkverk. Det er derfor en dobbel gevinst ved å velge slake fyllingsskrånninger eller fresfelt fremfor å bruke rekkverk, da dette danner gunstigere strømningsforhold i tillegg til at en slipper de strømningsmessige ulempene rekkverk har. Spesielt bør korte partier med rekkverk forbi stikkrenner unngås, forhold som ofte opptrer i forbindelse med høy fylling over bekkeløp. Da er det viktig å vurdere en slakere fylling selv om dette krever en lengre og dyrere stikkrenne. Innløpet til stikkrenner av stor diameter som kan være farlig ved påkjøring kan sikres med rekkverk som står nede i fyllingsskrånningen. Et forslag til slik løsning er vist i figur 5-7.

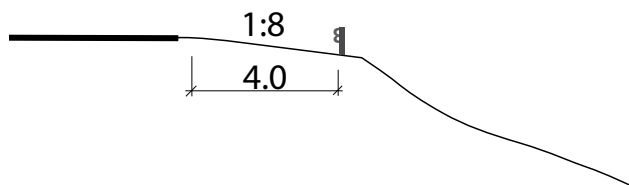
En vanlig rekkverksskinne med Σ -profil har en høy motstandskoeffisient med hensyn til vinden og opptar i tillegg et stort vertikalt areal. Den vil derfor i praksis fungere som en snøskjerm. Det finnes rekkverkstyper som har bedre strømningsmessig utforming og har vist seg å fungere bedre under bestemte forhold, for eksempel rørrykkverk. Disse blir imidlertid lettere ødelagt både av brøytemateriellet og snøtyngden og fører derfor til kostbart vedlikehold. Bruk av rørrykkverk fremfor vanlige skinner bør derfor kun vurderes ved moderate snømengder og der fyllingene danner en erosjonsone. Der hvor det er store snømengder og brøytekanter kan forventes, og hvor det ikke lar seg gjøre å unngå rekkverk, bør heller vanlig rekkverksskinne benyttes.



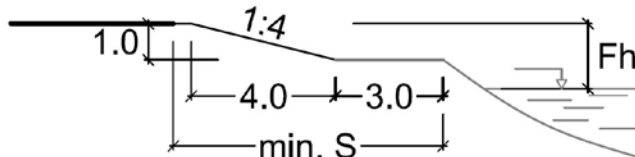
Figur 5-6. Fonndannelse ved rekkverksende. Fv. 891 Gednje-Båtsfjord. (Foto Yngve Øverli)

På fyllinger og på bruer der rekkverk vil være nødvendig, og det ikke er forutsetninger for å utforme fyllingen slik at rekkverk kan unngås, anbefales det å bygge ut et fresfelt på skulderen og la rekkverket stå på utsiden av feltet, som vist i figur 5-7.

På relativt lave fyllinger for eksempel der hvor vegen ligger i vannkanten eller i forbindelse med et fotgjengerfelt, vil bedre siktforhold oppnås ved å plassere fresfelt et stykke ned i skråningen slik at krav til rekkverk unngås som vist i figur 5-8. Om en likevel ønsker å benytte rekkverk bør dette stå på utsiden av fresfeltet. Det å flytte rekkverket lenger unna vegbanen er gunstig både med tanke på snøforholdene og trafikksikkerheten, jamfør Håndbok N101.



Figur 5-7. Høy fylling med rekkverk. Her er det anlagt en utvidet skulder med fresfelt.



Figur 5-8. Alternativ utforming som unngår krav om rekkverk på en relativt lav fylling mot vann. For å unngå rekkverk må avstand fra vegkant til vannkant (eller annet farlig hinder) bli minst lik sikkerhetssonens bredde, S , iht. til rekkverksnormalen, Håndbok N101.

5.4 Skjæringer

5.4.1 Prinsipielle vurderinger

Skjæringene er de mest sårbare partiene på en veg som er utsatt for drivsnø. En uheldig utformet skjæring vil få store brøyteproblemer, og sikten i skjæringene er ofte avgjørende for vegens regularitet. Det er derfor viktig at en utnytter kunnskapene fra snø- og vindmålingene for å finne fram til egnede utforminger av skjæringene, figur 5-1.

Skjæringer i fjellet vil lett bli dominerende i landskapet, samtidig som etablering av ny vegetasjon tar lang tid i fjellet. Det stilles derfor store krav til den landskapsmessige utformingen av skjæringene for å dempe skadevirkningen av store terrenginngrep. Erfaring tyder på at det både landskapsmessig og anleggsteknisk er bedre å ha enkelte store skjær-

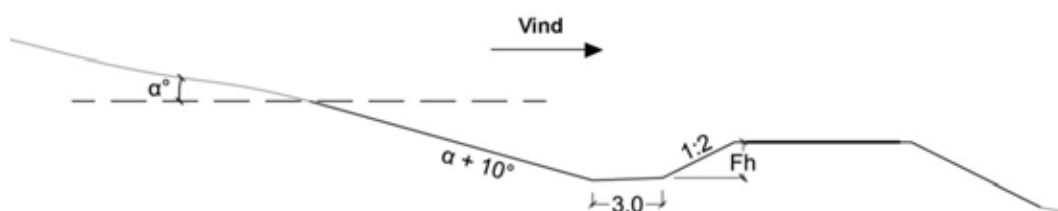
inger enn å ha flere mindre skjæringer. Dermed blir det totale arealet som blir berørt av vegbyggingen redusert, samtidig som de store skjæringene gir mulighet for konsentrerte massetak.

En lav skjæring er ofte mer kritisk enn en høy skjæring med hensyn til drivsnøproblemer. Dette skyldes at skjæringskanten til en lav skjæring står nærmere vegen og skjæringen har et mindre samleareal. Derved vil en slik skjæring allerede tidlig på vinteren samle snø på vegen og være årsak til oppbygging av fonner, se figur 2-8. En høy skjæring vil ha større samlekapasitet og det meste av drivsnøen felles ut før når vegen. Høye skjæringer vil derfor gi problem først lenger ut i vintersesongen, men når snøproblemer først oppstår, så blir de gjerne betydelige. Det er derfor viktigere å utforme mindre skjæringer mer strømningsmessig riktig enn større skjæringer.

5.4.2 Åpen skjæring

Det første forslaget i figur 5-1 med åpen skjæring tar sikte på en utforming som skal føre til at en fullt utviklet fonn ikke skal nå vegen, figur 5-9. Vegbanen skal med andre ord bli stående i en erosjonssone, selv etter at fonnen har fylt opp hele grøftebredden. Det forutsettes at en kan operere med snøfres i grøften. Vegbanens høyde over grøftebunnen skal være som i anbefalingene i tabell 5-1 for veiledende fyllingshøyde.

Målinger på snøfonner i leområder der det er brå overgang i terrenghellingen viser at en fonn oppnår en maksimal høyde og utstrekning slik at en likevektstilstand oppnås. Figur 4-6 viser oppmåling i et fonnområde på Saltfjellet. Fonnen i dette forslaget vil sannsynligvis bare nå frem til vegskulderen ved sin maksimale utstrekning sent på vinteren.



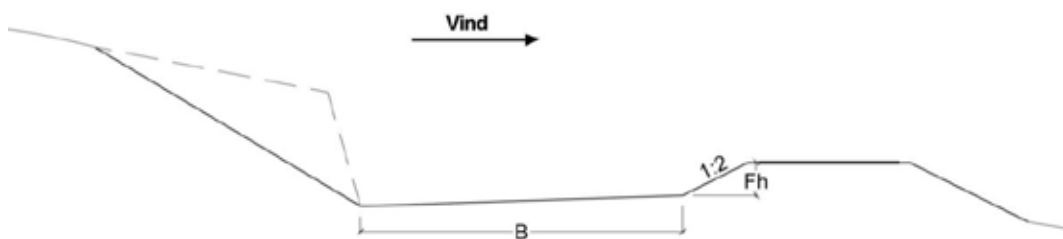
Figur 5-9. Løsning for veg i erosjonssone. Løsning antar åpen drenering. Grøftedybden blir tilsvarende kravene til veiledende fyllingshøyde, F_h , som definert i tabell 5-1.

5.4.3 Bred grøft - samleskjæring

Det andre forslaget til utforminger av skjæringer tar sikte på å ha såpass stor samlekapasitet at fonnen ikke når frem til vegen i løpet av vinteren. Utformingen egner seg der det ikke kan forventes at vegen kan bli stående i en erosjonssone. Hva som er tilstrekkelig samlekapasitet må vurderes ut i fra de forventede drivsnømengdene, og det skal tas hensyn til den dimensjonerendes vindretningens angrepsvinkel.

En skjæring vil få større samlekapasitet med økende grøftbredde. Erfaringene på norske høyfjellsveger tilsier at det er nødvendig med 10–15 meter brede grøfter i 4–5 meter høye skjæringer hvis fonndannende vindretning blåser vinkelrett på vegen. I utgangspunktet vil snøen kunne nå vegen og derfor vil det i de fleste tilfellene bli nødvendig med snørydding i grøften. Hvor ofte dette aksepteres må vurderes med hensyn til kostnadmessige forhold ved vegbyggingen på den ene siden og vinterdriften på den andre. I tillegg bør løsningen vurderes opp mot hele vegens forventede regularitet slik at de enkelte strekningene har mest mulig likt behov med hensyn til brøytefrekvens.

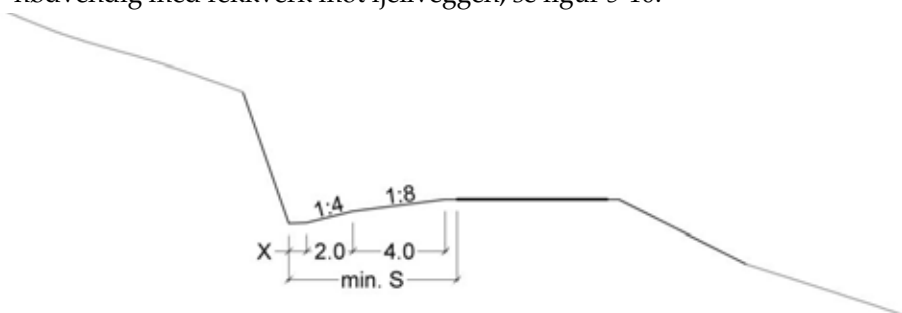
Med vind mer parallelt med vegen vil brøyte- og siktproblemer i en skjæring bli mindre kritiske. Da vil også kravene til samlekapasitet i skjæringene bli redusert og grøften trenger ikke være like bred. Der skjæringen ligger på le side av vegen er det oftest tilstrekkelig å utforme skjæringen med fresfelt, se neste avsnitt.



Figur 5-10. Løsning for skjæring med samlekapasitet. Grøftbredden, B, kan variere men vil sjelden bli større en 10-15 meter. Hellingen på flaten mot det urørte terrenget velges med hensyn til stabilitet av de opprinnelige massene. Hellingen skal gjerne være bratt i tilfelle fjellskjæring (stiplet linje). Grøftedybden blir tilsvarende kravene til veiledende fyllingshøyde, F_h , som definert i tabell 5-1. Adkomst for fres ned i grøften må sikres ved nedkjøringsrampe eller tilsvarende tiltak.

5.4.4 Bratt skjæring med fresfelt

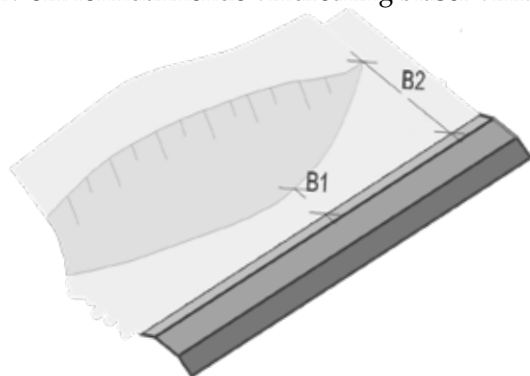
Den tredje løsningen som introduseres gjelder forhold i kostbart terreng der uttak av store masser ikke er aktuelt. Løsningen forutsetter etablering av fresfelt, fordi skjæringen har lite kapasitet for fonndannelse og utbrøytet snø. En riktig dimensjonering av fresfeltet gjør det også mulig å bygge vegen med åpen drenering og å utforme skjæringene slik at det ikke er nødvendig med rekkverk mot fjellveggen, se figur 5-10.



Figur 5-11. Skjæring som forutsetter anleggelse av fresfelt. Grøftebredden vil i hovedsak bli avgjort ved sikkerhetskrav ved utforkjøring mot fjellveggen, S , slik at bruk av rekkverk mot fjellveggen kan unngås. Løsningen kan utføres med åpen drenering dersom dybden på grøften er tilstrekkelig, men med en minimumsavstand på 6 meter til fjellveggen vil denne bli tilstrekkelig.

5.4.5 Skjæring med varierende bredde

I kapittel 2.3.3 Snøfordeling er det demonstrert hvordan snøfonnene ofte legger seg når vinden kommer skrått på en relativt bratt skjæring. Disse observasjonene har ført til utvikling av et prinsipp for skjæringer som tar utgangspunkt i varierende grøftbredde, slik at bredden på skjæringen er størst ved endene og minst på midten. Skjæringsfoten vil da følge en buform som den sekundære virvelen følger etter, dersom skjæringen er bratt. En utforming som vist i figur 5-12 gir også en rimeligere skjæringsutforming i den mest kostbare delen av skjæringen, og er snøteknisk bedre ved at snølagringskapasiteten økes der hvor skjæringen er lav (figur 2-8). I tillegg vil den vanligvis opptre i bedre harmoni med landskapet enn det skjæring med fast grøftbredde gjør. Denne løsningen kan med fordel benyttes uavhengig av om fonndannende vindretning blåser vinkelrett eller skrått mot vegen.



Figur 5-12. Et forslag til skjæringsutforming med størst bredde på grøften ved begge ender (Thordarson, 2007).

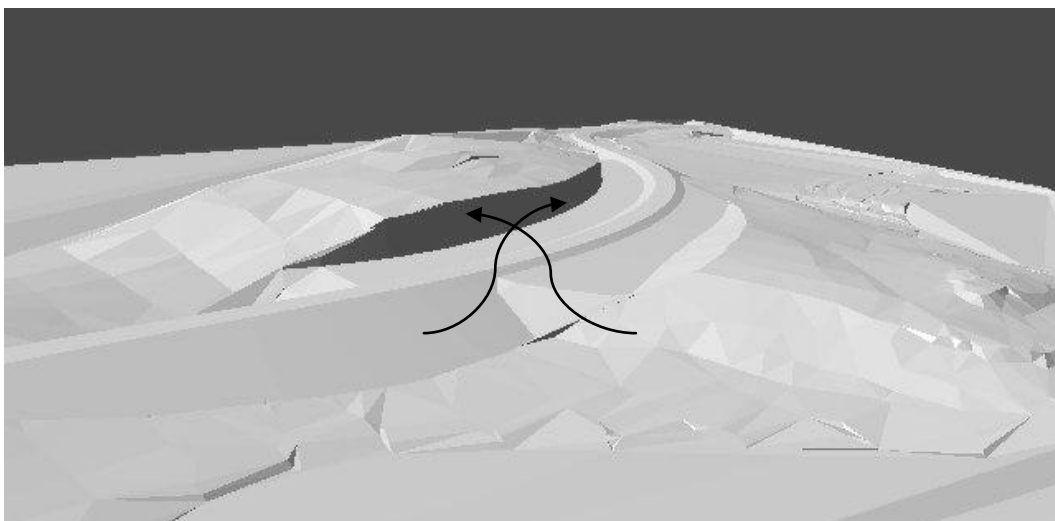
5.4.6 Overgang fra skjæring til fylling

Ved overgangen mellom skjæring og fyllingen kan det ofte bli vanskelige forhold. Et eksempel på dette ved Grotli på riksveg 15 Strynefjellsvegen er vist i figur 5-13.

Spesielt gjelder dette der hvor to vindstrømmer kolliderer i overgangsområdet. Slike situasjoner kan for eksempel oppstå når en luftstrøm blåser langs en åsside på tvers av vegen og en annen luftstrøm presses inn mot vegen ved avslutning av fyllingen, figur 5-13.

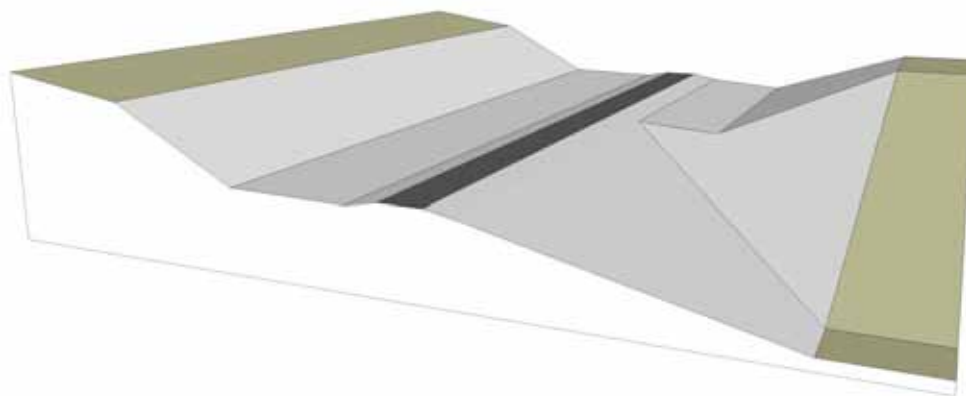


Figur 5-13. Et eksempel på overgangssone mellom skjæring og fylling, der hvor mye snø driver inn på vegen. Bildet er tatt ved Grotli på rv. 15, Strynefjellsvegen, (Foto: Skuli Thordarson).



Figur 5-14. En 3D terrengmodell av en veg som ligger på en høy fylling som avsluttes mot en dobbeltskjæring gjennom en terrengrygg.

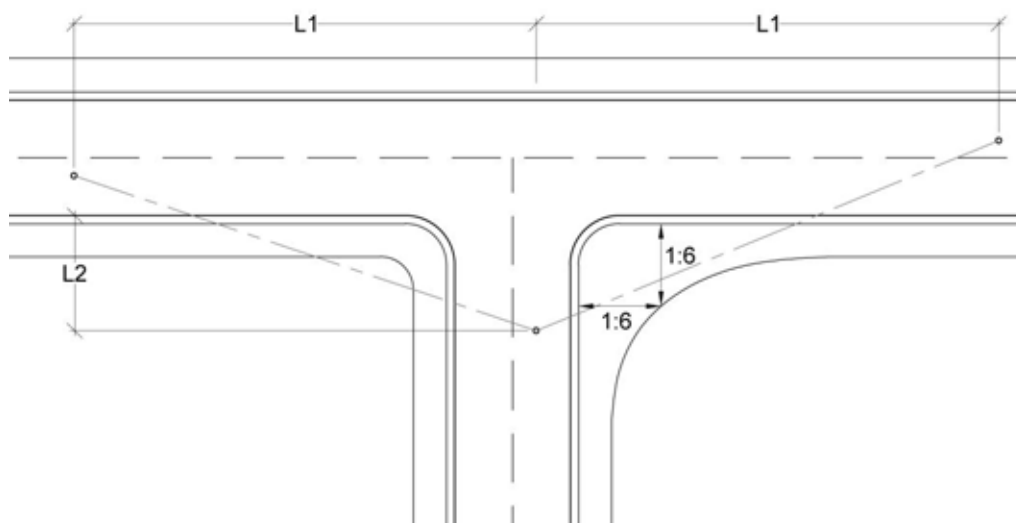
I slike situasjoner er det viktig å avrunde alle overganger og å redusere forhold som kan bidra til kanalisering av vind og trakteeffekter. I tillegg vil det være fornuftig med et sammenhengende fresfelt på utsiden av vegskulderen. Dette vil si at grøftebunnen under skjæringen dreies ned mot fyllingspartiet og renner sammen med fyllingsskråningen. Slik får man en strømlinjeformet overgang mellom skjærings- og fyllingspartiet, figur 5-15.



Figur 5-15. Skissen viser forslag til utforming av overgangen mellom fyllings- og skjæringspartiet ved en situasjon som oppstår når en veldig høy fylling avsluttes brått mot en skjæring.

5.5 Kryss, avkjørsler og rasteplasser

Der en sideveg kommer inn på hovedvegen eller i kryss generelt er det fare for at det oppstår hindringer for vinden som fører til fonndannelse på vegen. Dette vil da kreve mer brøyting og snørydding, med større behov for å kvitte seg med snømasser og større risiko for at brøytekanter dannes. Kryss og avkjørsler danner konfliktpunkter i trafikken som krever gode siktforhold og derfor er brøytekanter som hindrer sikten spesielt uheldige i kryssområdet. Det må tas hensyn til dette ved utforming av krysset, slik at det ikke blir unødvendig stort behov for brøyting, og at det er praktisk gjennomførbart å opprettholde god sikt i krysset ved effektiv bruk av brøytematerialet. For å redusere faren for fonndannelse i krysset er det ønskelig at avkjøringen til en sekundærveg eller rasteplass planlegges med fall. For å unngå at brøytekanter hindrer sikt i krysset kan hellingen på fyllingene slakes ut til 1:6 slik at fresen kan operere der. Figur 5-16 viser et forslag til utslaking av skråningshelling innenfor området som må holdes fritt for brøytekanter.



Figur 5-16. Utslaking av skråningshellingsen i krysset (vist på høyre side av sidevegen men gjelder på begge sider). Dette er for å redusere risikoen for at kritisk hinder dannes for vindstrømningen og for å gjøre det mulig for fers å fjerne snøen effektivt slik at siktkravene letter kan opprettholdes. Avstandene L1 og L2 referer til avstander forbundet med siktkrav gitt i Hb 017.

Med hensyn til rasteplasser bør disse også planlegges med et nivå tilsvarende normal snødybde lavere enn vegen. Det bør også settes av et minimum 20 meter bredt belte for lagring av utbrøytet snø.

5.6 Tunnelportal og overbygg

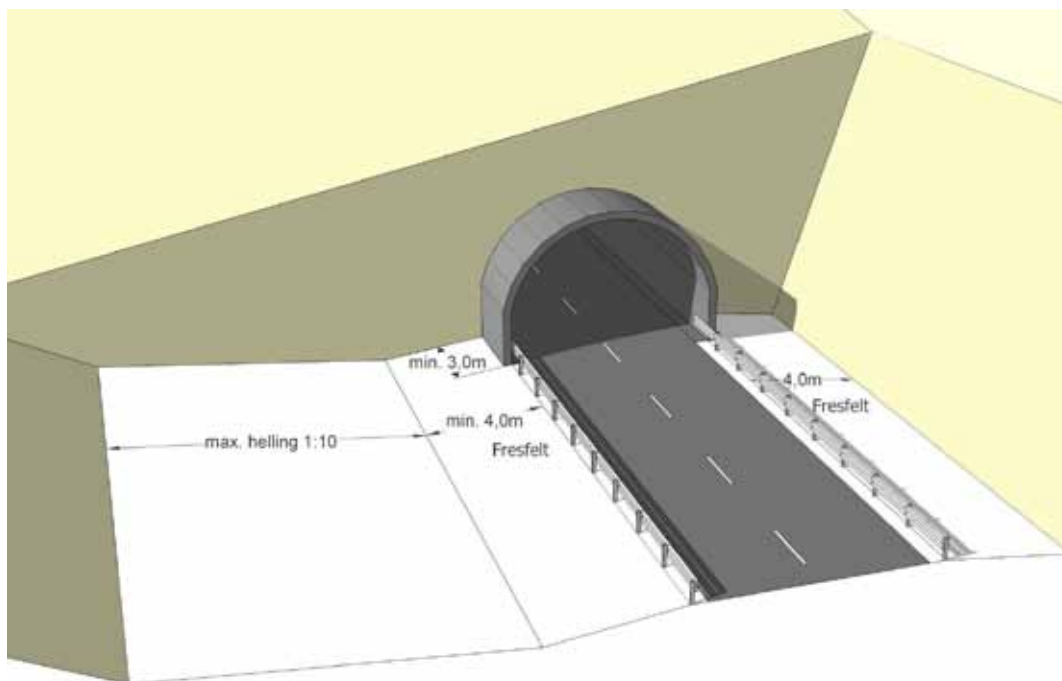
Portaler til tunneler og overbygg har større ulykkesfrekvens enn veger i dagen. Dette skyldes blant annet at det er vanskelige lysforhold nær portalene og om vinteren er det ofte store variasjoner i friksjonsforholdene innenfor og utenfor tunnelen eller overbygget.

I områder med drivsnø er det i tillegg fare for at portalene samler fonner på vegen fordi:

- Portalene danner en lesone dersom vinden blåser i stor vinkel i forhold til vegen.
- Det er nødvendig å sikre portalen med rekkverk av hensyn til trafikksikkerheten.
- Tunnelportaler er ofte lokalisert i skjæringer med vanskelige snøforhold

En portal for en tunnel eller et overbygg må derfor utformes slik at en reduserer faren for ulykker og slik at det er enkelt å holde vegen fri for snø. Generelt bør tunnelportalene være så lange at en unngår lange forskjæringer inn mot portalen, og eventuelle skjæringer bør en helst ha på bare en av sidene. Dette krever enten at portalene blir lange, eller at en omformer terrenget utenfor tunnelen for å unngå store fonndannelser på vegen, figur 5-17.

På begge sider av rekkverkene som fører inn mot portalen må det anlegges fresfelt for å kunne skape lagringsplass for utbrøytet snø og for å holde høyden på brøytekantene så lave som mulig. Dette fresfeltet bør føres min 3 meter forbi enden av portalen, figur 5-17. Derved unngår en at snøen rundt portalen danner en trang skjæring og en reduserer faren for fonndannelse på vegen ved munningen av tunnelen eller overbygget.



Figur 5-17. Forslag til utforming av en veg inn mot tunnelportal med rekkverk, fresfelt og utslaking til minst en av sidene.

6 Utbedring av eksisterende veger

6.1 Målsettingen for utbedringen

Der vegene har relativt god standard med hensyn til både linjeføring og bæreevne er utbedring/ombygging av eksisterende veg ofte et bedre alternativ framfor bygging av ny veg i helt ny trasé. Dette kan gi en rimeligere løsning, og man sparer hittil urørte områder for inngrep.

Ved planleggingen av utbedringstiltakene for veger i drivsnøområder er det viktig at både sikt- og snøforholdene bedres, samtidig som at den vegtekniske standarden bringes opp til et tilfredsstillende nivå. Krav til geometri ved utbedring av eksisterende veger er behandlet i Håndbok N100, Veg og gateutforming, kap. D. Videre gir notatet «Utvikling av eksisterende veg» (Statens Vegvesen 2009) råd med hensyn til gjennomføring av forstudier og analyser for utbedring av eksisterende veger.

Omfanget av drivsnøproblemer langs vegene kan variere fra separate strekninger, hvor det bare sporadisk oppstår vanskelige kjøreforhold, til lange strekninger hvor det er nødvendig å organisere kolonnekjøring. Områder med moderate snøproblemer er ofte karakterisert ved skjæringer i forbindelse med åpne myrområder eller dyrket mark langs strekninger hvor vegen ellers er beskyttet av skog. Mer omfattende utbedringstiltak er først og fremst nødvendig der vegen har fått en utilfredsstillende utforming i mer værharde områder.

Et eksempel på en veg hvor snøproblemene er vesentlig større langs en kortere strekning er vist i figur 6-1. Bildet viser der rv. 890 krysser Gednjevannet og det er montert rekkverk mot vannet. På begge sider av kryssingen har vegen en god utforming hvor det samles minimalt med snø på vegen under uvær, mens det er behov for kontinuerlig brøyting på strekningen med rekkverk.



Figur 6-1. Rv. 890 Auster Tana-Gednje hvor vegen krysser Gednjevannet. Mot vannet er det montert rekkverk. På den øvrige strekningen av vegen er det minimalt med behov for brøyting under uvær, mens det på strekningen med rekkverk samler seg betydelige snømengder på vegen. (Foto Yngve Øverli)

Målsettingen med utbedringstiltakene med hensyn til drivsnø vil nødvendigvis variere ut fra omfanget av problemer og hva som er realistisk å oppnå. Hovedmålsettingene for utbedringstiltakene vil finnes innenfor følgende områder:

- Utbedre korte, separate strekninger hvor det tidvis kan oppstå snø- og siktproblemer.
- Utføre tiltak som kan forbedre kjøreforholdene under uvær
- Utføre tiltak som gjør at snøryddingen kan utføres mer effektivt
- Utføre mer omfattende tiltak som vil gi vesentlig bedring både med hensyn til framkommelighet og regularitet.

Tiltakene som foreslås bør derfor både ha en positiv effekt for trafikantene, ved å gi de bedre kjøreforhold og regularitet, samtidig som driften av vegen bør bli enklere og rimeligere. For det siste formålet er det viktig at en reduserer behovet for bruk av spesialmaskiner som snøfres og veghøvel, og at en unngår lang tomkjøring med vedlikeholdsmaskiner til korte problemstrekninger. Det er også viktig at utbedringstiltakene gjør det mulig å utføre snøryddingen mer effektivt i godværsperioder, for å kunne forberede seg før neste uvær.

6.2 Registrering av eksisterende forhold

6.2.1 Omfang av driftsproblemene

Omfanget av driftsproblemer kan variere kraftig langs en vegstrekning. Det er derfor viktig å foreta en grundig forstudie og analyse av forholdene for å kartlegge de mest utsatte strekningene langs vegen, og å fastsette en realistisk målsetting for utbedringstiltakene.

Med hensyn til drivsnø så er det blant annet viktig å få kartlagt:

- Korte, separate strekninger hvor det erfaringsmessig trengs vesentlig mer innsats med plog og spesialmaskiner enn langs den øvrige vegstrekningen.
- Områder med så vanskelige siktforhold at det tidvis er nødvendig å innføre kolonnekjøring eller å stenge vegen
- Områder med fonndannelse under uvær slik at det er nødvendig med kontinuerlig brøyting under uvær
- Strekninger hvor brøytematerialet ikke kan utnyttes effektivt på grunn av smal veg eller det er vanskelig å fjerne brøytekantene.

Kartleggingen bør presenteres som en detaljert analyse med hensyn til hvor det er behov for utbedringer, hva som er årsak til problemene og vurderinger av hvilke områder som bør prioriteres. Et eksempel på en slik kartlegging er vist i tabell 6-1.

Tabell 6-1. Eksempel på kartlegging av snøforhold langs rv. 52, Hemsedalsfjellet.

Registrering av brøyteproblemer			
Veg: Rv. 52, Hp 01, Sogn og Fjordane Dato: 06.01.2002 Obs: Harald Norem			
Strekning - Km	Venstre side	Høyre side	Kommentarer
2,2–2,46	En markert 50 meter lang fjellskjæring ved km 2,180–2,23 skaper store problemer. Videre fra fjellskjæringen ligger vegen på en lav fylling og det er moderate problemer		Bør prioriteres høyt
2,46–2,95	En liten haug ved km 2,70 fører til fonndannelse på vegen	En rygg mellom km 2,85 og 2,95 fører til fonndannelse ved vind fra sør.	Tiltak på venstre side bør prioriteres høyt
2,95–3,40	En liten skjæring ved km 3,07 skaper problemer. En avkjøring til hytte ved km 3,40 fører til fonndannelse	Fonndannelse på en høy fylling ved km 3,3–3,4. Rekkverk er ønskelig av hensyn til trafiksikkerheten	Tiltak ved skjæringen er høyt prioritert. Stort behov for å vurdere alternativer til rekkverk på høyre side
8,35–9,00		Koller og småskjæringer skaper fonner i vegen ved østavind, selv ved svært lite snø. Figur 6-2	Tiltak er lavt prioritert, eventuelt etablering av fresfelt



Figur 6-2. Riksveg 52, Hemsedalsfjellet ved km 8,9 som viser fonndannelse bak mindre fjellskjæringer. (Foto Tonje Hellenes)

6.2.2 Registrering av vindforholdene

Langs de fleste vegene utsatt for drivsnø er det i dag satt opp en klimastasjon. En slik klimastasjon vil gi viktige opplysninger om både vindretning, vindstyrke, temperatur og nedbør i det punktet klimastasjonen er montert. Dataene fra klimastasjonen bør analyseres med hensyn til fonndannende vindretning og frekvens av sterke vinder, som beskrevet i kapittel 3.

Det er viktig å forstå at målingene fra klimastasjonene representerer forholdene i et bestemt punkt og at det kan være store endringer med hensyn til vindstyrke og vindretning over korte avstander. Ved kartlegging av vindforholdene langs vegen er det derfor spesielt viktig å registrere:

- Strekninger hvor det erfaringsmessig er vesentlig sterkere eller svakere vind enn ved klimastasjonen.
- Strekninger med andre fonndannende vindretninger enn ved klimastasjonen. Det er spesielt bør være oppmerksomme på er sidedaler hvor vinden ofte styres inn normalt på vegens retning.
- Strekninger med farlige kastevinder.

6.2.3 Registrering av snøforholdene

Med hensyn til snøforholdene langs eksisterende veger er det viktigst å få kartlagt forholdene på eller nært inntil vegene, fordi det sjelden vil være aktuelt å flytte vegen over lengre strekninger. Det er under kartleggingen ønskelig å få fram spesielt:

- Lengre strekninger med vesentlig mer fonndannelse enn gjennomsnittlig for strekningen
- Kortere, separate strekninger med fonndannelse. Slike forhold kan skyldes oftest trange skjæringer, mindre forhøyninger nær vegen eller trær som står inntil vegen
- Strekninger hvor eksisterende vedlikeholdsmaskiner ikke kan arbeide effektivt

Figur 6-3 viser eksempler på to vegstrekninger hvor snøproblemene er konsentrert til korte strekninger og hvor spesialmaskinene må kjøre lange transportetapper for å holde de korte problemstrekningene åpne.

Det øverste bildet er fra rv. 60 mellom Sykkylven og Stranda. I nærheten av vegens høyeste punkt er vegen lagt i en skarp sving ved Svartevatn. Fonndannende vindretning er langs vannet og inn mot vegen, der den ligger normalt på vindretningen. Fordi Svartvatnet er drikkevannskilde er det satt opp rekkverk i to høyder mot vannet, og disse samler betydelig med snø. I uværssituasjoner er det derfor nødvendig å kjøre snøfresere mer eller mindre kontinuerlig for å holde den 200 meter lange vegstrekningen åpen.

Det andre eksemplet er fra vegen opp for Sauðárkrókur på Island. Vegen ligger gjennomgående på en sammenhengende fylling hvor det samler seg lite snø. På et kort parti er det små rygger på begge sider av vegen. Til tross for at skjæringsskråningene på begge sider er slake, vil det samle seg betydelige snømengder på vegen der denne er lagt i en gjennomskjæring.



Figur 6-3. Eksempler på veger hvor lokale forhold fører til at det er nødvendig å bruke snøfres over korte strekninger for å holde vegene åpne. (Foto: Harald Norem)

6.2.4 Registrering av andre forhold

Med andre forhold regnes faktorer som karakteriserer vegens kvalitet som:

- Linjeføring
- Trafikkfarlige partier
- Bæreevne
- Drenering
- Sikt lengder

En utbedring av eksisterende veg med hensyn til snøforholdene kan ofte representere en stor investering og det er viktig at en i forbindelse med en slik investering også får utbedret vegene med hensyn til andre svakheter ved eksisterende veg.

6.3 Oversikt over aktuelle utbedringstiltak

Aktuelle utbedringstiltak har en stor variasjon med hensyn til omfang og kostnader, og kan omfatte fjerning av trær og små hauger til ombygginger over kortere strekninger. Nedenfor gis en kort oversikt over de mest aktuelle tiltakene for å utbedre vegger med hensyn til drivsnø, fra de helt enkle tiltakene til mer omfattende utbedringer.

6.3.1 Fjerning av skog og planting av skog

Det er sjelden eller aldri problemer med drivsnø, dersom det er sammenhengende skog langs vegen. Derimot kan enkeltstående trær eller skogholt nær vegen føre til store problemer.

Der det er glissen skog og relativt værhardt bør en helst ha et 15–20 meter bredt belte på begge sider fra vegen som er fri for all skog. Denne avstanden er et kompromiss mellom å skape rolige vindforhold og å unngå for store snømengder på vegen. Dersom avstanden er større kan en få unødvendig store vindstyrker over vegen og derved problemer med sikten.

Med mindre avstand vil skogen samle store snømengder på vegen, noe som gir behov for omfattende snørydding gjennom vinteren. Et belte på 15-20 meter bredde uten skog vil også gi gode siktforhold for trafikantene gjennom hele året.

Dersom vegen går parallelt vann kan det bli nødvendig å fjerne all skog for å oppnå en slik bredde for det skogfrie arealet. I slike tilfeller kan det være riktig å redusere bredden for fjerning av skogen for å beholde le-effekten av skogen, og heller akseptere de problemene som stor fonndannelse skaper for brøytingen.



Figur 6-4. Eksempel på veg som passerer et myrområde med drivsnøproblemer og er et område med glissen skog som samler snø på vegen. (Foto: Lars Bergstrøm, Roadex 2001)

Enkeltstående trær eller skogholt bør fjernes inntil 30 meter fra vegens vindside, fordi de kan lage fonner inntil 30–50 meter og de ikke har merkbar innvirkning på vindstyrkene over vegen.

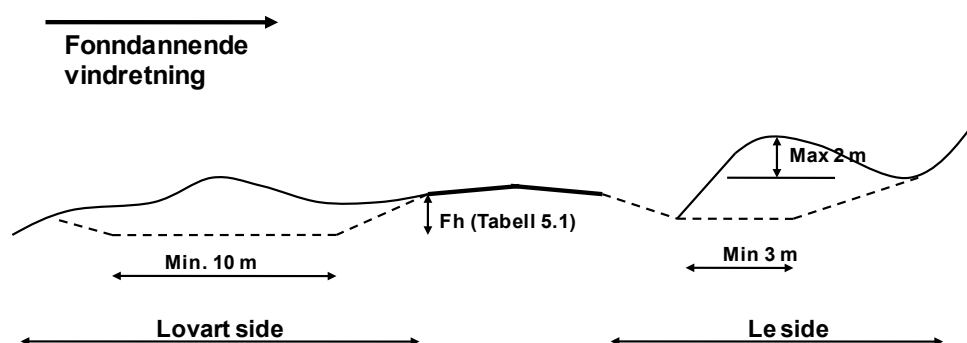
Ofte vil en ha vesentlige problemer med drivsnø der vegen passerer myrområder hvor det er jordsmonnet som setter begrensinger for om skog kan vokse. På slike steder kan det være enkelt å etablere leskog dersom en bearbeider grunnen med grøfting og gjødsling. All skogplanting må i dette tilfellet foretas minst 15 meter fra vegen. Råd med hensyn til etablering er gitt i kapittel 7.2, Planting av leskog.

6.3.2 Fjerning av mindre skjæringer og hauger nær vegen

En vesentlig del av sikt- og brøyteproblemene langs eksisterende veger skyldes mindre skjæringer og oppstikkende hauger langs vegen. Slike skjæringer og hauger skaper ofte større problemer jo mindre de er og jo nærmere vegen de står. Dette skyldes at dersom de står nær vegen vil haugene forårsake at det dannes brøytekanter tidlig på vinteren og deretter er det brøytekanter som samler snø på vegen. Skjæringene og haugene nær vegen vil også gjøre det vanskelig å bruke brøytemateriellet effektivt for å fjerne brøytekanter.

Generelt bør alle skjæringer eller hauger som har mindre høydeforskjell enn 2 meter i forhold til vegen fjernes, slik at de ikke samler snø på vegen, figur 6-5. Nivået for masseuttaket bør være bestemt av anbefalt høyde på fyllingene, gitt i tabell 5-1. På lovart side av vegen anbefales det for slike lavere skjæringer at grøftebredden er minimum 10 meter, alternativt kan skjæringen utformes som en åpen skjæring, vist i figur 5-9.

På le side av vegen kan skjæringene utformes noe enklere. På denne siden er det oftest tilstrekkelig med en 3 meter bred grøft eller et fresfelt. Ved utforming av skjæringen bør en tilstrebe å få en mest mulig naturlig overgang mellom terrenginngrepet og terrenget, figur 6-5.



Figur 6-5. Forslag til utbedring av veger (stiplet linje) hvor snøproblemene skyldes små hauger eller lave skjæringer lavere enn 2 meter.

Ved høydeforskjeller større enn 2 meter bør en foreta spesielle undersøkelser for å vurdere om forhøyningene skal fjernes helt eller om det er riktigere å utvide skjæringene og kombinere utvidingen med fresgrøfter.

6.3.3 Tiltak for fjerning av rekkverk

Rekkverk representerer et stort problem for alle vegger der det er vesentlige problemer med drivsnøen. Ved enhver utbedring av eksisterende vegger bør det vurderes om eksisterende rekkverk kan fjernes dersom faremomentene reduseres med andre tiltak. De vanligste tiltakene som kan gjennomføres for å ta vare på trafiksikkerheten er:

- Utslaking av fyllingsskrånninger
- Fjerning av farlige sidehindre
- Breddeutviding av fyllingene med fresfelt
- Utviding av fjellskjæringer
- Etablering av sikkerhetssoner mot vann

Alle disse tiltakene har også en gunstig effekt med hensyn til drivsnøen fordi utslaking av fyllingene gir et mer strømlinjeformet tverrprofil og en utviding av skjæringene gir større lagringsplass for snø og muligheter for utvikling av fresgrøfter. En videre drøfting av alternative utforminger med sikte på å unngå bruk av rekkverk er gitt i kap. 5.3.3 Fylling med rekkverk.

Tiltak for å kunne fjerne eksisterende rekkverk er derfor essensielt i forbindelse med utbedring av vegger i drivsnøområder.

6.3.4 Fresfelt

Et tiltak som har vist seg spesielt effektivt og som også er relativt rimelig for å bedre snøforholdene langs eksisterende vegger er etablering av fresfelt. Utforming av fresfelt er behandlet i kap. 5.2 Fresfelt. Etablering av fresfelt er oftest mest nødvendig i forbindelse med skjæringer, hvor en vanligvis har de største snøproblemene. Fresfelt er også aktuelt på fyllinger og mot vann for å redusere behovet for rekkverk.

I forbindelse med fresfelt er det viktig at disse gjøres sammenhengende over lengre strekninger slik at snøfresen kan arbeide utenfor vegen uten å inn på og ut av vegen unødvendig ofte. Dette har betydning både for effektiv bruk av fresen og for trafiksikkerheten. Dette betinger at en forlenger stikkrenner eller breddeutvider vegen også på kortere fyllinger.

6.3.5 Oppsetting av snøskjermer

Der forholdene ligger til rette for snøskjermer kan disse samle opp betydelige snømengder før snøen blåser fram til vegen. Skjermene kan også gi betydelige bedringer for siktforholdene under uvær. Der skjermene egner seg best bør det ikke være for store snømengder, helst mindre enn 1–2 meter snø og det bør være en tydelig fonndannende vindretning som blåser i stor vinkel i forhold vegens retning. Dessuten må det være egnete steder for plassering av skjermene i riktig avstand fra vegen. Utforming og plassering av skjermer er behandlet i kap. 7.1 Snøskjermer.

Snøskjermer er dyre konstruksjoner og de krever også omfattende og kostbart vedlikehold. Skjermer bør derfor ikke brukes annet enn på strekninger med relativt korte, separate snøproblemer. Oftest er det rimeligere å gjennomføre andre tiltak, som for eksempel fjerning av forhøyninger, utviding av skjæringer og etablering av fresfelt, framfor oppsetting av snøskjermer.

6.3.6 Ombygging av vegen

Der eksisterende veg enten har spesielt store snøproblemer eller det er svakheter ved linjeføringen kan det være aktuelt å bygge om vegen over kortere strekninger, selv der hovedmålsettingen kun er å utbedre eksisterende veg. I forbindelse med omleggingen er det nødvendig å foreta grundige undersøkelser med hensyn til vind og snø slik at en sikrer seg at forholdene er bedre der den nye vegen blir flyttet til. Omleggingen bør foretas på en slik måte at den nye vegen i størst mulig grad tilfredsstiller kravene til utforming som er satt for nybygging av veger, kap. 5 Utforming av veg og sideterreng.

7 Konstruktive tiltak utenfor vegen

7.1 Snøskjermer

7.1.1 Krav til snøskjermer

Bruk av snøskjermer for å samle opp drivsnøen som blåser inn mot vegen har vært kjent i Europa i minst 200 år. Snøskjermer var mer brukt i tidligere år, men er i dag i lite bruk fordi brøytemateriellet har blitt kraftigere og fordi det nå er relativt rimeligere og mer effektivt å omforme terrenget i forhold til oppsetting av snøskjermer.

Snøskjermer er dyre konstruksjoner og de krever et omfattende vedlikehold på grunn av store vind- og snøbelastninger. De representerer også et fremmedelement i naturen. Skjermer bør derfor bare settes opp der det er uforholdsmessig dyrt å omforme vegens sideterreng og det ikke er andre alternativer for å bedre forholdene.

Snøskjermer kan settes opp etter tre hovedprinsipper:

- Samleskjermer, som er skjermer som skal felle ut tilstrekkelig med snø fra vinden før vinden når fram til vegen.
- Ledeskermer, som er skjermer som styrer den snøførende vinden til side for vegen.
- Vindskermer, som er skjermer som skal skape en eroderende vind over vegen.

De relativt få skjermene som er i bruk i Norge i dag er i overveiende grad samleskermer. Tidligere var også ledeskermer i bruk, særlig i den første perioden etter at Bergensbanen ble åpnet. Vindskermer er kjent fra Japan, men er hittil ikke tatt i bruk i Norge, (CERI 2003). Vindskjermene settes opp nær vegen, og har spalter som presser den sterke vinden nedover, slik at en oppnår en eroderende vind over vegen. Vindskjermene kan være effektive dersom en har bare en fonndannende vindretning, men vil lett samle snø på vegen ved andre vindretninger.

Samleskermer settes opp på vindsiden av vegen for å skape le for den fonndannende vinden og dermed oppnå at mest mulig av drivsnøen blir felt ut før den når vegen. Riktig oppsatte skjermer kan derfor bedre både brøyteforholdene og siktforholdene langs vegen, (Tabler 1994). De mest aktuelle stedene for oppsetting av snøskjermer er:

- Der vegen har en utforming og beliggenhet i terrenget over en kort strekning, og hvor det er økonomisk urealistisk å bygge om vegen eller sideterrenget for å bedre forholdene.
- Der drivsnøen skaper dårlig sikt over kortere strekninger og oppsetting av skjermer kan bedre regulariteten.

Før snøskjermer settes opp bør det foretas en nøye vurdering av hva som er årsakene til de vanskelige snøforholdene. Ofte er dette små skjæringer eller rygger langs vegen eller

enkelstående trær. I slike tilfeller er det riktigere å fjerne disse terrengdetaljene framfor å sette opp skjermer.

For å oppnå god effekt av snøskjermene bør følgende målsettinger til utforming og plassering være oppfylt, figur 7-1, (Norem 1975 og 1985):

- Reduksjonen av vindhastigheten på le side av skjermen skal være tilstrekkelig til å felle ut det vesentligste av drivsnøen.
- Skjermen skal ha tilstrekkelig høyde til at den også har samlekapasitet på ettervinteren.
- Arealet mellom skjermen og vegen skal være tilstrekkelig slik at den utfelte snøen ikke samler seg på vegen.
- Skjermen skal ha best effekt i forhold til fonndannende vindretning og skjermen skal ikke samle snø på vegen for andre aktuelle vindretninger.
- Skjermen bør utformes slik at fonna på lovart side og under skjermen blir så liten som mulig.



Figur 7-1. En effektiv snøskjerm skal samle store mengder med snø og i god avstand fra skjermen, og snøansamlingen under og på vindsiden av skjermen skal være minst mulig. (Foto: Ingvar Tøndel)

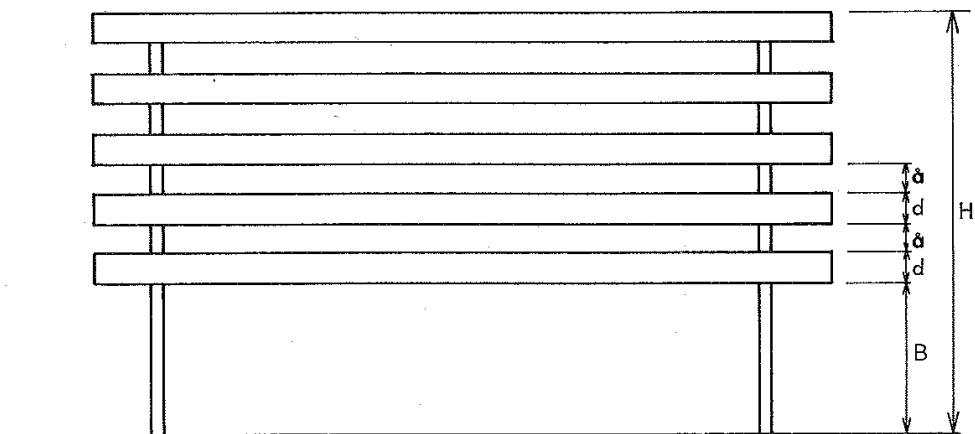
7.1.2 Utforming av skjermene

Vindforholdene rundt en samleskjerm

Vindforholdene og samleeffekten rundt en samleskjerm er først og fremst avhengig av:

- Høyden på skjermen
- Tettheten på skjermen
- Bakkeklaringen
- Bredden og formen på skjermelementene
- Terrengforholdene rundt skjermen

En skisse av en skjerm med definisjon av de viktigste størrelsene er vist i figur 7-2. Figuren viser at en kan definere to forskjellige tettheter for skjermene. Til vanlig angis tettheten som bredden av et skjermbord dividert med summen av bredden og åpningen mellom bordene. I mange tilfeller er det riktigere å operere med den totale tettheten, som er summen av arealet av skjermbordene dividert med det totale skjermarealet inklusive bakkeklaringen.



$$\text{Skjermtetthet} = P_1 = \frac{d}{a + d} \cdot 100\%$$

$$\text{Total skjermtetthet} = P_2 = \frac{\sum d + B}{H} \cdot 100\%$$

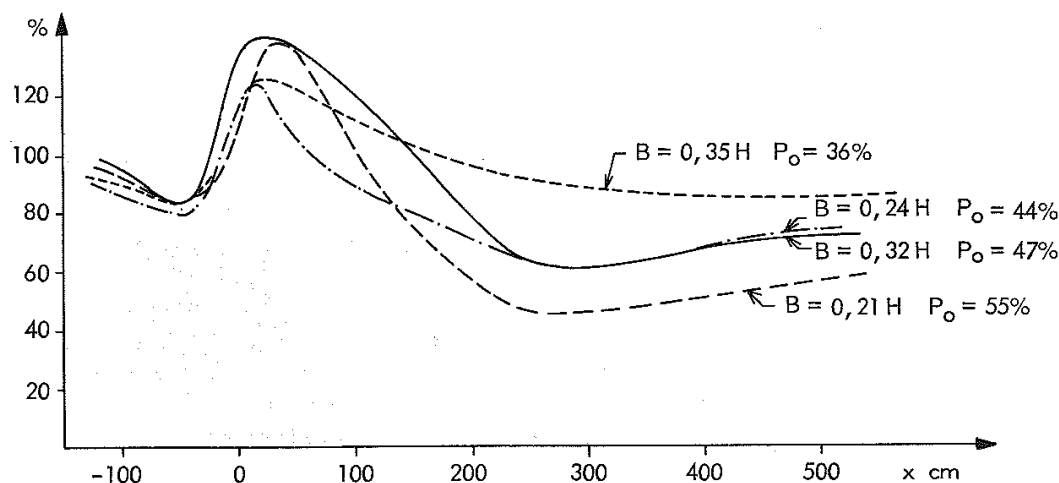
B = bakkeklaring

d = bredde på skjermelementene

a = åpningen mellom skjermelementene

Figur 7-2. Utforming av snøskjermer med definisjon av tetthet av skjermene.

Figur 7-3 viser resultatene fra forsøk utført i vindtunnel med forskjellige utforminger av snøskjermer, Tesaker (1969). Figuren viser den maksimale vindhastigheten inntil 20 cm over bakken, som tilsvarer 1 meter i naturen, som funksjon av avstanden fra skjermen. Den registrerte hastigheten er oppgitt i forhold til den uforstyrrede vindhastigheten på lovert side av skjermene og det er vist resultater for fire forskjellige skjermutforminger med variasjoner av tetthet og bakkeklaring.



Figur 7-3. Maksimale vindhastigheter inntil 20 cm over bakken ved forskjellige utforminger av skjermene. Skjermhøyde er 43,8 cm. B=Bakkeklaring og P0=Total skjermtetthet (Tesaker, 1969)

Figur 7-3 viser at under skjermene er det en kraftig vind, opptil 40 prosent sterkere enn foran skjermene. Denne kraftige vinden kan bidra til at vinden eroderer snø som ellers ville samle seg tett inn til skjermene. Bak skjermene reduseres vindstyrken vesentlig, inntil 50 prosent i forhold til den uforstyrrede vinden. Det er denne reduksjonen i vindstyrke som fører til at skjermene kan felle ut og samle en vesentlig del av drivsnøen.

Interessant er det å se at le-effekten i større grad er avhengig av den totale skjermtettheten, og ikke den vanlig oppgitte tettheten. I en avstand av 220 cm, fem ganger skjermhøyden, er de registrerte vindhastighetene nærmest identiske for to skjermmer med henholdsvis 53 og 69 prosent tetthet, men hvor den totale tettheten varierer mellom 44 og 47 prosent.

Tettheten av skjermene og bakkeklaring

De fleste undersøkelsene av snøskjermmer tyder på at de samler mest snø når de har en tetthet på ca 50 prosent. Det vil si at bredden av skjermbordene er lik åpningen mellom dem. Ved denne tettheten vil høyden på en fullt utviklet fonn være noe større enn skjermens høyde og lengden av fonna kan bli 15–20 ganger skjermens høyde. Grovt regnet kan en anta at en skjerm samler ca $10 \times H^2$ m³/m med snø i løpet av en vinter.

Ved mindre tetthet er reduksjonen i vindhastigheten noe mindre enn ved mer åpne skjermmer. Det er derfor en mindre andel av drivsnøen som blir felt ut med mer åpne skjermmer. I tillegg blir ofte fonna lenger og lavere slik at den totale skjermkapasiteten er redusert. Tilsvarende vil en tettere skjerm samle mer snø i forbindelse med hver drivsnøperiode,

men den totale samlekapasiteten blir redusert fordi fonnene bak en tettere skjerm blir kortere. En tettere skjerm kan derfor være mer effektiv enn en mer åpen skjerm tidlig på vinteren, men den vil til gjengjeld nå sin samlekapasitet tidligere i vintersesongen. Ved at snøen samles nærmere skjermen vil det også være større sannsynlighet at snøen legger seg tett inntil skjermen og at den derved blir utsatt for større sigekrefter om våren.

Bakkeklaringen, avstanden mellom bakken og opp til første skjermbord har betydning for hvordan snøen samler seg rundt skjermen. Ved liten bakkeklaring samler snøen seg helt inntil skjermen og om våren fører dette til store belastninger mot de nedre skjermbordene. Dersom bakkeklaringen er for stor samler skjermen mindre snø, og samleeffekten starter senere i vintersesongen.

Modellforsøk og praktiske erfaringer har vist at med en bakkeklaring på ca 20 prosent av skjermhøyden og tetthet på 50 prosent får en samlet mye snø og undersiden av skjermen holdes fri for snø, figur 7-1. Denne bakkeklaringen kan en benytte der terrenget er relativt jevnt og snøhøyden er mindre enn ca 30 prosent av skjermens høyde.

I områder med store snømengder i forhold til skjermhøyden, ved kryssing av forsenknin-ger i terrenget eller i snørike områder, kan det være riktig å øke bakkeklaringen til inntil 30 prosent av skjermhøyden. Dersom dette gjøres bør, også tettheten av skjermen økes, slik at den totale tettheten blir ca 45 prosent. Tilsvarende bør en redusere bakkeklaringen til ca 10 prosent av skjermhøyden på rygger og områder hvor det legger seg lite snø.

Høyden på skjermene

Nødvendig høyde på skjermene avhenger av drivsnømengdene, snømengdene og topografien der skjermene settes opp. Vanligvis vil skjermene bare være aktuelt der det er betydelige drivsnøproblemer og relativt lang vinter. Under norske forhold vil derfor snømengdene der skjermene skal settes opp, oftest være minst en meter, eller helst høyere. Dette betinger at minste aktuelle høyde i Norge vil være 3–4 meter. Vanligvis vil en velge skjermhøyder mellom 4–4,5 meter.

Ved skjermhøyder større enn 5 meter vil belastningen på skjermene bli spesielt store. Dersom en trenger større samlekapasitet enn det 5 meter høy skjermene kan gi, er det oftest bedre å sette opp to eller flere parallelle rader enn å sette opp høyere skjermene.

Bredden på skjermbordene

De fleste snøskjermene som settes opp i dag er faste skjermene. Det vil si at de står ute hele året. De bør derfor dimensjoneres for å motstå både vindkrefter og snøens sigekrefter. Tradisjonelt har vi i Norge bygget snøskjermene av tre, og i noen tilfeller av aluminium og Cor-ten stål. Felles for disse skjermene er at det er brukt et stivt materiale og at skjerm-

bordene er relativt brede, 10-20 cm i bredde. Dette gjør at skjermbordene ikke beveger seg i vinden og at våt snø ikke er i stand til å tette åpningene mellom skjermbordene.

Flere skjermtyper av fleksibelt plastmateriale er på markedet i dag. Erfaring tyder på at med mange og små åpninger kan åpningene bli tettet av snø, og skjermene vil virke som tettere skjermmer og samle snøen nærmere skjermen. Fleksible skjermmer har også hatt en tendens til å strekke seg på grunn av sigebelastningen fra snøen, og de blir etter få år stygge å se på. En bør derfor tilstrebe å bruke stive skjermbord, og disse bør ha en bredde på minimum 10 cm.

7.1.3 Skjermtyper

Krefter som påvirker skjermene

Dimensjonering og valg av materialer til snøskjermmer må avhenge av de kreftene som virker på dem, og som er:

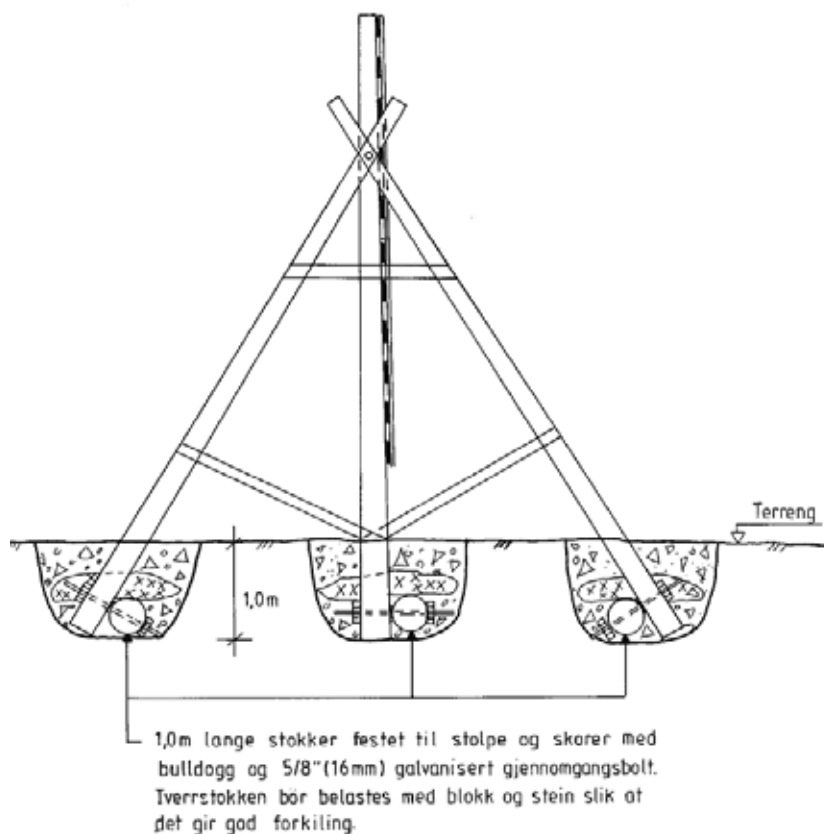
- Vindkrefter
- Snøkrefter

Vindkreftene har sin største virkning om høsten når skjermene har størst vindfang og det ennå ikke er tele i bakken. Det er sjelden at det er registrert skade på skjermelementene på grunn av vindkrefter. Derimot forekommer det relativt ofte at fundamenteringen for skråstagnene eller bardunene blir for dårlig, slik at hele skjermen velter.

Det er derfor viktig at skjermene bygges med et stort veltemoment. Dette kan oppnås ved at stagnene graves ned i bakken og fundamenteringsgropa steinsettes slik at stolpene forkiles. Et eksempel på fundamentering med steinsetting og forkiling er vist på figur 7.7 4. Det er også oppnådd gode resultater ved å forbinde begge skråstagnene og bærestolpe med en horisontal bjelke som ligger på bakken. Der skjermene står på fjell oppnår en best resultat ved å bruke fjellbolter for å ta vare på strekkreftene.

Snøkreftene mot skjermene er størst om våren i smelteperioden. Der skjermene har samlet snø tett inntil skjermen er det de nedre skjermbordene som er mest utsatt. Det er derfor viktig at skjermene utformes med tilstrekkelig bakkeklaring og at spesielt de nedre bordene festes godt til stenderne. Dessuten kan sigekreftene mot skråstagnene bli betydelige og det er viktig at de avstives med skråstag, figur 7.7 4.

Der terrenget er sidebratt kan skjermene også bli utsatt for store sigekrefter som virker parallelt terrenghellingen. Det er ingen skjermmer som er dimensjonert for slike sigekrefter, og en bør derfor være forsiktig med å sette opp skjermmer i skrånende terreng.



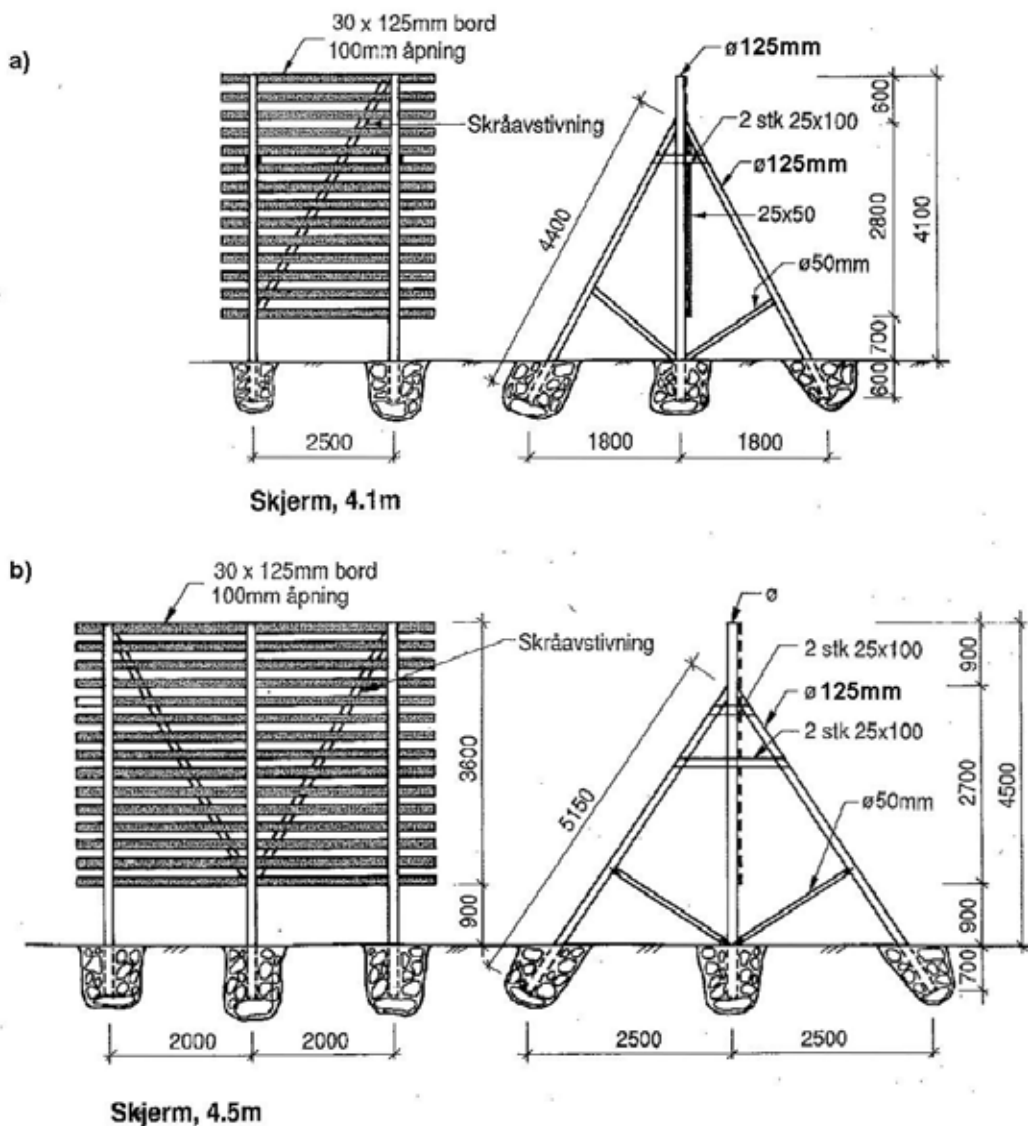
Figur 7-4 Prinsipp tegning av forslag til fundamentering av snøskjerm og til avstiving av skråstag.

Aktuelle skjermtyper

Figur 7-5 viser tegninger av de to mest brukte snøskjermene i Norge. Skjermtypene er av tre fordi disse har vist seg rimeligst og er relativt enkle å vedlikeholde. Dessuten er skjermene av tre oftest mindre dominerende i naturen enn skjermene av andre materialer.

Skjermen på figur 7-5a er 4,1 meter høy. Den er aktuell opp mot skoggrensa og langs høyfjellsvegene med moderate snøproblemer. Skjermen er effektiv til å samle snø, og den kan motstå sigekreftene dersom snøen samler seg inntil skjermen. Hvis skjermen passerer forsenkninger i terrenget hvor det er ønskelig med større skjermhøyde, kan høyden økes til 4,5 meter. Bakkeklaringen må da økes tilsvarende.

Snøskjermen på 4,5 meter, som er vist på figur 7-5b, er kraftig dimensjonert og er kostbar i utførelse. Denne skjermtypen er mest aktuell for bruk langs de høyfjellsvegene med hvor det er snømengder opp til 2 meter og med kulingfrekvens høyere enn 15 prosent i vintermånedene.



Figur 7-5. Forslag til utforming og dimensjonering av aktuelle snøskjerm.

7.1.4 Plassering av skjermene

Det mest egnete terrenget for bruk av snøskjerm er der det er en markert fonndannende vindretning som blåser i stor vinkel inn mot vegen og der skjermene ikke trenger å passere forsengkninger i terrenget. Hvis det er to eller flere vindretninger som kan forårsake fonndannelser, kan en risikere at den avlagrete snøen fra en vindretning samler snø rundt

skjermen for motsatt vindretning. Samlekapasiteten blir derved kraftig redusert. I områder med flere fonndannende vindretninger bør derfor snøskjermer brukes med stor forsiktighet. Vurdert ut fra klimatiske forhold er områder med kontinentalt klima best egnet for snøskjermer. Slike områder er karakterisert med moderate snømengder, og mange dager med drivsnø uten samtidig nedbør. Under slike forhold vil det vesentligste av drivsnøen som transporteres fram til vegen bli transportert langs bakken, og skjermene vil påvirke den snøførende vinden i større grad, enn når det er samtidig nedbør med vinden.

For å få et best mulig utbytte av en samleskjerm bør denne settes opp normalt på den fonndannende vindretningen og i tilstrekkelig avstand fra vegen, slik at den ikke samler snø på vegen. Vanligvis antar en at lengden av en fonn er ca 15 ganger skjermhøyden. Lengden er større når skjermen står på en rygg, og kan være vesentlig kortere når vinden blåser mot terrenghellingen. Lengden på snøfonna representerer derfor minimumsavstanden mellom skjermen og vegen. Maksimumsavstanden kan settes til ca. 100 meter. Blir avstanden større har vinden igjen erodert så mye snø at snømengdene i luften er betydelige før vinden når fram til vegen.

I områder med fuktig klima og hvor drivsnøproblemer bare opptrer med samtidig nedbør og sterk vind, kan avstanden reduseres noe. Når det er stor nedbørintensitet vil drivsnømengdene øke raskt etter at vinden har passert skjermen, og det er bare i et smalt belte at en har full nytte av skjermen. I slike tilfeller er det forsøkt med hell å redusere avstanden mellom vegen og skjermen til ca 10 ganger skjermhøyden. Det har da vært nødvendig å overdimensjonere høyden på skjermen for å ikke utnytte samleeffekten fullt ut, og dermed hindre at fonna når helt inn til vegen.

Snøskjermer må settes opp der vinden danner en erosjonssone i terrenget. Dette vil si rygger eller mer flate partier som har moderate snømengder. De gunstigste plasseringene for skjermene finner en derfor langs rygger som ligger mest mulig normalt i forhold til fonndannende vindretning. Dersom skjermene settes opp i et leområde med fonndannelse, vil eventuelle skjerner bli fylt med snø allerede tidlig på vinteren.

Der det ikke er mulig å finne sammenhengende rygger med gunstig retning bør en da forbinde flere rygger med en sammenhengende skjerm, eller en bør dele opp skjermstreknin-gen i flere parallelle skjerner. Ved passering av forsenkninger i terrenget er det da nødvendig å forhøye skjermene og bakkeklaringen slik at skjermene får en konstant høyde etter at den første snøen har jevnet ut terrenget, figur 7-6.



Figur 7-6. Snøskjermer er mest effektive når de står normalt på vindretningen og følger ryggen i terrenget. Ved kryssing av forsenkningen burde denne skjermen vært forhøyet. (Foto: Harald Norem)

Spesiell oppmerksomhet må vises hvis skjermene settes opp i sidebratt terreng. For det første kan de da utsettes for store snøsigekrefter, og for det andre varierer samleeffekten i forhold til det en har i flatt terreng. Der hvor vinden blåser mot terrenghellingen er lesjonen bak skjermen redusert, og samleeffekten blir redusert. På den annen side øker samleeffekten og fonnene blir lengre når vinden blåser med terrenghellingen. Dette er gunstig for bruk av skjermer.

7.2 Planting av leskog

7.2.1 Effekt av leplantinger

Trær plantet i et belte med vegen har i prinsippet den samme le- og samleeffekten som snøskjermer, forutsatt at leplantingen har tilstrekkelig tetthet og høyde. Av hensyn til estetikken og vedlikeholdskostnadene er det derfor å foretrekke å ha en effektiv leplanting framfor å sette opp snøskjermer.

En leplanting trenger tid til å etablere seg og å vokse til ønsket høyde for å gi le. Over skoggrensa vokser trærne svært sakte, og det kan være vanskelig å etablere skog innenfor

vegens levealder. Det er derfor mest aktuelt å plante leskog i øvre del av bjørkeskogbeltet eller lavere. Det kan også være aktuelt å forsøke planting ovenfor tregrensa fordi denne har øket relativt hurtig i alle årene etter 1950 på grunn av klimaendringer.

Ved planting av leskog anbefales det å ta kontakt med fagfolk med kunnskap om plantevalg, plantemetoder og stell av plantingen. Av fagfolk kan nevnes herredsskogmester, skogforsøksvesenet og landskapsarkitekter.

7.2.2 Vekstfaktorer

De to viktigste naturlige faktorene som avgjør en plantes vekst er jordbunnsforholdene og klimaet. Begge disse faktorene er det mulig å påvirke med spesielle tiltak. Der det i dag ikke finnes skog nedenfor tregrensa er det som oftest jordbunnsforholdene som er den begrensende faktoren. Det kan være fjell i dagen, tørre rabber eller myrområder med sur og vannsyk jord.

Generelt er jordsmonnet i fjellet dårlig. Det er lite som gror der og humussjiktet er derfor tynt. Jordforbedringen for leskogplanting bør bestå i å få grøftet området grundig, og foreta planting i de oppgravde massene sammen med fylljord og gjødsel. Der det ikke er nødvendig å grøfte er det viktig at røttene får kontakt med mineraljorda ved å bruke dype plantehull og god plantejord.

Langs flere av våre høyfjellsveger har det vært en kunstig lav tregrense på grunn av beiting spesielt av geiter og delvis sau. Husdyrholdet i fjellet har vært i retur og sammen med effekten av klimaendringene, ser en i dag mange steder kraftige oppslag av nye planter. Før en foretar planting av leskog er det viktig å undersøke om skogen allerede er i ferd med å utvikle seg. På slike steder kan det være riktigere å foreta en forsiktig gjødsling framfor å innføre nye treslag.

Det er sommerklimaet som avgjør hvor hurtig en plante vil vokse, mens vinterklimaet avgjør om den vil overleve. En forutsetning for å få plantene til å vokse hurtig og trives er derfor å bedre mikroklimaet rundt plantene.

Forsøk har vist at temperaturen like over bakken øker hvis det skapes et kunstig le i plantetområdet. Le-effekten kan skapes med oppsetting av snøskjerm eller mindre konstruksjoner som hindrer sterk vind nær bakken. Vinterklimaet vil også bli bedre rundt en skjerm fordi skjermingen fører til større snødybder og derved mindre fare for uttørring av plantene om vinteren. Det er imidlertid viktig at skjermingen ikke samler så mye snø at den forkorter veksts sesongen, eller at snødybden blir så stor at trærne brytes ned. Etter at leskogen gir tilstrekkelig effekt må snøskjermen fjernes av miljømessige hensyn.

7.2.3 Aktuelle treslag

De kravene en bør stille til aktuelle treslag i leskogplantingen er:

- De må ha god skjermeffekt om vinteren
- De må ha god vekst om sommeren
- De må tåle vinterstormene og motstå faren for uttørring om vinteren og våren
- De skal helst harmonere med den naturlige vegetasjonen

Det er vanskelig å finne et enkelt treslag som tilfredsstillende alle kravene. De mest hardføre treslagene kvitter seg med nålene eller bladene om vinteren for å kunne motstå faren for uttørring og vil da ha mindre le-effekt. Det er utført lovende forsøk med innføring av spesielt hardføre bartrær, men disse vil til gjengjeld sjelden harmonere med den naturlige vegetasjonen.

De utenlandske treslagene som er aktuelle for planting opp tregrensa er to lercearter (*Larix sibirica* og *Larix decidua*), fjelledelgran (*Abies laciocarpa*) og engelskmannsgran (*Abies engelmanni*). Planter av disse treslagene kan leveres enten gjennom spesielle planteskoler eller fra skogforsøksvesenet. I tillegg til disse planteslagene kan en også forsøke planter fra norsk gran eller furu såfremt frøene stammer fra områder med tilsvarende vanskelig klima.

Fjellbjørk er det treslaget som oftest danner skoggrensen i Norge, og som er lettest å få til å vokse. Planter av fjellbjørk skaffer en seg lettest ved å ta rotskudd fra det samme området og høydenivået som der det skal plantes. Det er selvsagt en fordel å bruke store planter, men dette er kostbart og setter store krav til plantemetoden. Ulempen med fjellbjørk er at den har dårlig le-effekt og det er vanskelig å få den til å vokse til stor høyde. Det vil derfor kreve større bredde i en leskogplanting av bjørk enn for tettere bestand av bartrær.

Fjellbjørk gir imidlertid godt le om sommeren for andre treslag, slik at disse vokser raskere. Innblanding av fjellbjørk gir også et bedre landskapsmessig inntrykk. Fjellbjørk bør derfor inngå som et av treslagene i enhver leskogplanting i fjellet.

7.2.4 Plassering av plantene

En leskogplanting bør ha en viss bredde for å oppnå tilfredsstillende leforhold og for at trærne skal trives. Bredden bør helst være 20–30 meter, men større bredder er ønskelig, spesielt hvis plantingene består av fjellbjørk eller lerk. En bredde på 10 meter må ansees som en minimumsbredde.

Planteavstanden bør være relativt liten, anslagsvis 1–1,5 meter. Med så liten planteavstand vil det senere bli nødvendig å foreta tynning etter at plantene har nådd tilstrekkelig høyde.

Avstanden fra vegen til første planterad kan variere mellom 20 og 50 meter. Minst bredde kan en ha der leplantingen har stor bredde eller drivsnømengdene er moderate. Mellom leskogbeltet og vegen bør alle enkeltstående trær fjernes, hvis disse forårsaker fonndannelse på vegen.

7.3 Støyskjermer og voller

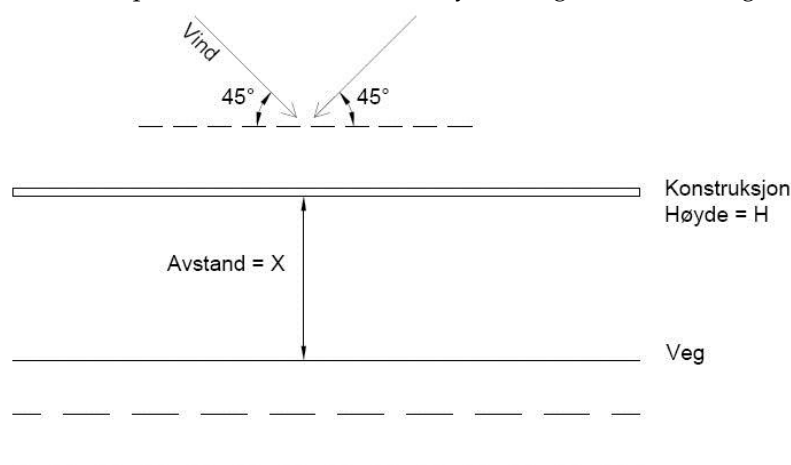
Noen ganger kan det av hensyn til trafikkstøy og innsyn til tomter og eiendommer langs høyfjellsveger bli ønskelig med oppsetting av støyskjermer eller voller. Det er imidlertid kjent at slike konstruksjoner vil kunne bidra til snøproblemer på en veg eller rundt bygninger i nærheten. Dette gjelder både på lesiden og lovart side av skjermene, men områdene på lesiden er mest utsatt. De viktigste faktorene som påvirker disse forholdene er konstruksjonens

- Avstand fra veg og bygninger
- Høyde
- Utforming
- Beliggenhet i forhold til drivsnøvindretning og andre objekter

Ved planlegging av skjermers og voller i drivsnømråder må det derfor tas hensyn til både forhold som ligger på lesiden og på lovart side for å redusere faren for at problemer oppstår i forbindelse med drivsnø.

7.3.1 Anbefalinger når veg ligger på lesiden av en skjerm/voll

For å redusere faren for at en skjerm eller voll vil gi fonndannelse på en veg som ligger nedstrøms (på lesiden) kan det tas hensyn til følgende veiledning som utgangspunkt:



Figur 7-7. Anbefalte kriterier for høyde og avstand fra veg med hensyn til vindretning når vegen ligger på leside av en skjerm eller voll. Avstanden X representerer korteste avstand mellom konstruksjon og veg, uavhengig av vegens retning.

Tabell 7-1. Anbefalte verdier for vurdering av kritisk høyde på konstruksjon og avstand fra veg når vegen ligger på lesiden av denne.

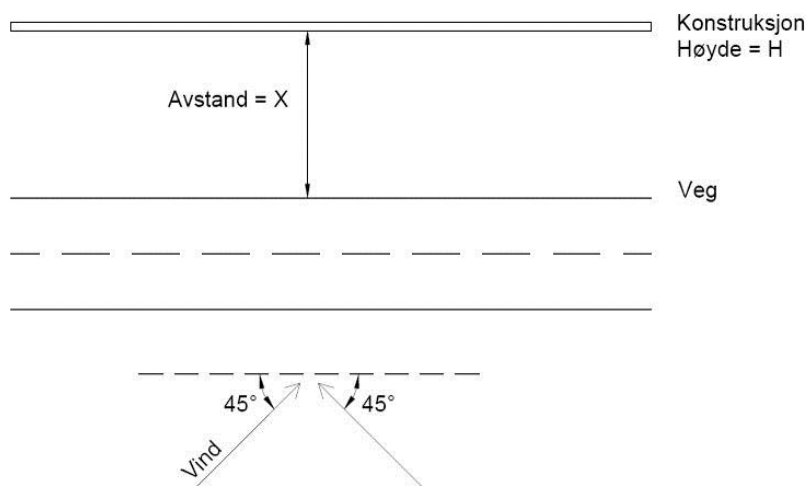
Vindretning i forhold til konstruksjon	> 45°	< 45°
Kritisk høyde på konstruksjon, H_{max}	$X/15$	$X/8$
Kritisk avstand fra veg, X_{min}	$15 \cdot H$	$8 \cdot H$

Dette betyr i prinsippet at en konstruksjon som ligger i 35 meter avstand fra veg bør ikke være høyere enn 3 meter hvis fonndannende vindretning treffer med stor vinkel (tilnærmet vinkelrett) i forhold til konstruksjonen. Tilsvarende om vinden blåser med liten vinkel (tilnærmet langs etter konstruksjonen) vil høyden kunne økes eller avstanden bli mindre, bort i mot 8 ganger høyden på konstruksjonen.

Innenfor disse kriteriene vil planlegging av konstruksjoner ikke behøve nærmere vurdering med hensyn til drivsnøforholdene på vegen. I tilfeller der hvor det er vanskelig å få dette til anbefales det at man undersøker muligheter for spesiell utforming som tar hensyn til drivsnø.

7.3.2 Anbefalinger når veg ligger på lovart side av en skjerm/voll

Fonndannelse skjer også på lovart side av en skjerm eller en voll. Dette betyr at når vegen ligger oppstrøms i forhold til skjermen er det også en risiko for at lovart fonn bygger seg fram til vegen. Faren kan reduseres ved å ta hensyn til følgende:



Figur 7-8. Anbefalt kriterium for høyde og avstand fra veg når vegen ligger på lovart side av en skjerm eller voll og vinden treffer med en stor vinkel, >45°.

Når vinden er tilnærmet vinkelrett på konstruksjonen, anbefales det at avstand fra veg ikke blir mindre enn fem ganger høyden på skjermen. Dette betyr at en 3 meter høy konstruksjon ikke bør stå nærmere vegen enn 15 meter.

Tabell 7-2. Anbefalte verdier for vurdering av kritisk høyde på konstruksjon og avstand fra veg når vegen ligger på lovart side.

Vindretning i forhold til konstruksjon	> 45°	< 45°
Kritisk høyde på konstruksjon, H_{\max}	X/5	Minimumskrav er fresfelt og plass til utbrøytet snø
Kritisk avstand fra veg, X_{\min}	5•H	

Om ikke den anbefalte minimumsavstanden kan oppnås bør det anlegges et fresfelt. Ved vindretninger mer parallelt med skjermen minsker tendens til snøavlagring betraktelig og det blir lite aktuelt med krav til minste avstand (dvs. når vinkel < 45°), men det må avsettes plass til fresfelt og avlagring av utbrøytet snø.

7.3.3 Anbefalinger for forhold mellom bygninger og skjermer/voller

En hytte og en skjerm eller en voll som står nært hverandre kan danne en effektiv lesone i området som ligger imellom og føre til store snøfonner. Dette er kjent i hyttefelt på fjellet der det er kort avstand mellom hyttene (se eksempel på figur 7-9). Verst blir problemene når vinden blåser tilnærmet vinkelrett på en konstruksjon som har store lange flater mot vinden. Det oppstår irregulære, turbulente strømnings som kan føre til mye fonndannelse tett inn til objektene. I noen tilfeller vil objektene kunne begraves delvis eller helt med snø. Når forholdene er slik at fonndannende vindretning slipper noenlunde uforstyrret inn imellom objektene minsker fonndannelsen mye.



Figur 7-9. Fonndannelse i hyttefelt ved Nystuen på Filefjell. Selv på en relativt snøfattig vinter med forholdsvis lite vind har kombinasjonen av bygninger og rekkverk ført til store fonner tett inn til husene. (Foto: Skuli Thordarson, 17.03.2011)

Da fonndannelse rundt flere objekter som står i relasjon til hverandre er et resultat av kompliserte forhold som varierer avhengig av flere faktorer, er det vanskelig å gi en generell veiledning om plassering av skjermer i forhold til bygninger. Som veiledende prinsipp i forhold til planlegging av skjermer og voller på hyttetomter kan en si:

- Plassering av skjermer og voller vil som regel ikke ha nevneverdige konsekvenser for fonndannelse når fonndannende vindretning ligger tilnærmet parallelt med konstruksjonen.
- Planlegging av skjermer og voller som ligger tilnærmet vinkelrett på fonndannende vindretning bør gjøres med forsiktighet når disse må stå nærmere hus som skal brukes om vinteren enn 50 meter.

8 Drift av drivsnøutsatte veger

8.1 Målsetting for driften av veger med drivsnøproblemer

Målsettingen for driften er å tilby trafikantene et fremkommelig, trygt og forutsigbart transportnett. Man ønsker å oppnå minst mulig forsinkelser for trafikken samtidig som trafikantenes sikkerhet ivaretas. Det kan være nødvendig å innføre trafikkregulerende tiltak om vinteren når vanskelige værforhold fører til at fri ferdsel ikke er forsvarlig.

Trafikkregulerende tiltak som kolonnekjøring eller stengte veger medfører venting og tidskostnader for bilistene. For næringstransporten kan de økonomiske tapene som følge av forsinkede vareleveranser bli betydelige. Spesielt kritisk er ferskvaretransport, der lasten kan forringes og ødelegges ved større forsinkelser. Forutsigbarhet er derfor et viktig og etterspurt element ved driften.

Den ulempen som påføres bilister og transportører som følge av stengt veg eller forsinkelser vil reduseres hvis man kan tilby god informasjon, til rett målgruppe og i rett tid. Når været og værutsiktene er slik at trafikkregulerende tiltak må forventes, så bør informasjon om dette nå frem til trafikantene så raskt som mulig.

Brøytemannskapene har sin arbeidsplass ute på vegen, og det må legges til rette for at vegen er en trygg arbeidsplass. Det oppnås blant annet gjennom å finne gode arbeidsrutiner gjennom vinteren. Vinterdriften preges gjerne av hektiske dager under uvær, mens det kan være mangel på arbeidsoppgaver på godværsdager om vinteren. Derfor bør man legge til rette for at forebyggende arbeid kan utføres i godværsperiodene, for best mulig å forberede seg til neste uværsperiode. Dette kan være oppgaver som utfresing av fresefelt og å jobbe med å ta ned brøytekanter langs vegen.

8.2 Observasjoner av vær- og trafikk

8.2.1 Patruljering og oppsyn av vegen

Mannskap som har ansvar for brøyting av drivsnøutsatte veger må følge med på vær- og føreforholdene kontinuerlig. Under uvær holdes vegen under konstant oppsyn ved at strekningen brøytes jevnlig. I perioder gjennom vinteren vil det imidlertid være mindre behov for brøyting, men i værharde områder vil regelmessig patruljering likevel være nødvendig av hensyn til sikkerheten. På steder med store avstander mellom fastboende, servicesteder og bensinstasjoner, og på steder uten mobildekning, vil selv små uhell som en fastkjøring eller motorstopp kunne medføre alvorlige konsekvenser for bilistene. Derfor er det viktig å ha kontroll med forholdene på vegen selv om det ikke er behov for brøyting.

På mange strekninger går det daglig rutetrafikk som busser, post og annen varetransport. Mange steder så har brøytemannskapene daglig kontakt med yrkessjåfører som kjører strekningen. På denne måten så har man flere øyne på vegen, og kan få beskjed om dårlig sikt og fremkommelighet og andre hendelser raskt.

På mange vegstrekninger i Norge er det installert kameraovervåkning. Blant annet monteres det ofte kameraer i tilknytning til klimastasjoner. Kameraene tar opp video eller stillbilder med jevne intervaller, bilder som kan gi nyttig informasjon om forholdene på vegen. Bilder fra slike vegkameraer bør gjøres tilgjengelig på internett slik at både brøytemannskaper og vanlige trafikanter har muligheten til å sjekke forholdene på vegen fra en pc.

8.2.2 Klimastasjoner

I dag er det utplassert mange klimastasjoner langs det norske vegnettet for at driftspersonell skal ha tilgang på oppdaterte værdata. Innhenting av data fra slike klimastasjoner er et verdifullt hjelpemiddel for å vurdere behovet for brøyting. Det bør derfor være utplassert klimastasjoner ved alle drivsnøutsatte veger. Driftspersonell må gis tilgang til dataene på en enkel og driftssikker måte via pc eller mobiltelefon.

Måledata

De viktigste måledata med tanke på drivsnøforhold er:

- vindhastighet og -retning
- lufttemperatur
- nedbør

Sammen med kjennskap til fastheten på snødekket og lokal erfaring gir disse opplysningene et grunnlag for å vurdere sannsynligheten for drivsnø.

Plassering av klimastasjoner

For at klimastasjoner skal være et best mulig hjelpemiddel for driftspersonell så bør klimastasjoner plasseres etter følgende prinsipper:

- steder der værforandringer merkes først
- der de høyeste vindhastighetene treffer vegen
- der hvor de største snøfallene kommer
- der sikt- og brøyteproblemer først oppstår

Slike vanskelige partier bør være identifisert under planleggingen eller driften av vegen. Dersom vegen krysser fjellområder kan det være store forskjeller i vær- og føreforhold fra den ene til den andre siden av fjellet. Da bør en ha klimastasjoner plassert på begge sider av fjellet.

I Håndbok R613 (Statens vegvesen, 2005) gis generelle retningslinjer for plassering, oppsett-ting og drift av klimastasjoner.

8.2.3 Værtjenester

Værvarsel

Meteorologenes tolkning av værprognosene er det man kjenner som vanlige værvarsel. Disse varslene gis som regel for større geografiske områder og representerer de generelle forhold en kan forvente. Tjenesten er lettfattelig og godt egnet for publikum.

Meteogrammer

Meteogrammer er et viktig hjelpemiddel for driftspersonell i vinterdriften. Meteogrammer er beregnede verdier for sentrale værparametere som vindhastighet og -retning, nedbørmengder og temperatur i timene og dagene fremover. Man bør opparbeide seg erfaring lokalt for å kunne tolke meteogrammene riktig og dermed få mest mulig ut av dataene. Det er viktig at driftspersonell følger med på værprognosene for å kunne planlegge innsatsen og å stille med tilstrekkelig bemanning når uværet inntreffer.

Les mer om meteogrammer i *Meteorologi og klimastasjoner* (Statens vegvesen, 2005).

Værradar

En værradar fungerer som et ekkolodd som kartlegger nedbør innenfor en radius på inntil 240 km. Radarbildene presenteres med ulike fargekoder slik at en kan lese ut nedbørsintensiteten. Det er det også mulig å måle om nedbøren kommer som regn, sludd eller snø. Værradarbilder presenteres slik at man kan «spole fremover» og se nedbørsbilder fra de foregående timene. Slik kan en danne seg et bilde av nedbørsfeltenes bevegelser og anslå når nedbøren vil inntreffe.

Les mer om værradar i *Meteorologi og klimastasjoner* (Statens vegvesen, 2005).

8.3 Trafikkregulerende tiltak

8.3.1 Innføring av trafikkregulerende tiltak

Under uvær vil drivsnøen ofte føre til problemer som gjør det nødvendig å innføre trafikkregulerende tiltak av hensyn til sikkerheten. Aktuelle tiltak er da kolonnekjøring og midlertidig stenging av vegen.

Det foreligger retningslinjer for midlertidig stengning og kolonnekjøring. Retningslinjene regulerer hvem som har vedtaksmyndighet, gir kriterier for når trafikkregulerende tiltak

skal innføres og de stiller krav til gjennomføringen. I dagens retningslinjer (NA-rundskriv 07/9) finnes følgende kriterier for når trafikkregulerende tiltak skal innføres:

«Kolonnekjøring skal innføres når vær- og føreforholdene er så vanskelige at det er fare for at biler kan sette seg fast og det er risiko for trafikkuhell p.g.a. dårlig sikt eller smal veg»

«Veger skal stenges helt for all vanlig trafikk når det p.g.a. uvær, rasfare eller andre sikkerhets problemer ikke er forsvarlig å føre kolonner over fjellet»

I praksis så kan det være vanskelig å vurdere hvor grensen for fri ferdsel går. Denne beslutningen må tas på grunnlag av erfaring og med utgangspunkt i «den dårligste bilist», sett ut fra kjøretøyutrustning og førerdyktighet. Så fort de dårligste bilistene får problemer med å komme seg trygt over strekningen, så må man stoppe fri ferdsel.

En tilsvarende vurdering må tas vedrørende stenging av vegen.

Grenseverdier for innføring av trafikkregulerende tiltak

Når det besluttes å stoppe fri ferdsel under uvær, så skyldes dette vanligvis ett eller flere av følgende forhold:

- nedsatt sikt på grunn av snødrev
- ufremkommelig eller smal vegbane grunnet fonndannelse
- fare for at kjøretøy blåser av vegen av kraftige vindkast

Det er ikke fastsatt grenser for nødvendig siktlengde, men erfaringsmessig vil man finne at kolonnekjøring innføres når sikten er mindre enn 50–100 meter. Ved sikt dårligere enn 20 meter vil vegen normalt være stengt.

Krav til fremkommelighet er to kjørbare felt i vegbanen, slik at møtende kjøretøy kan passere hverandre uten problemer. Dersom vegen driver igjen raskt og det ikke er praktisk gjennomførbart å opprettholde 2 kjørefeltbredder, så bør kolonnekjøring innføres.

Ved høye vindhastigheter, samtidig med at vegen for øvrig er fremkommelig, så vil man kunne tillate fri ferdsel opp til om lag 20 m/s på tvers av vegen. Ved vindhastigheter over 20 m/s så blir risikoen for at biler blåser av vegen stor. En bør da vurdere å holde vegen stengt inntil vinden løyer.

Oppheving av trafikkregulerende tiltak

Kolonnekjøring må opprettholdes til vegen er ryddet og fremkommelig i to hele kjørefelt og det er tilfredsstillende sikt. Man bør dessuten sjekke værvarsler og meteogrammer før

man avgjør om vegen kan åpnes for fri ferdsel. Kolonnekjøringen bør ikke oppheves før den forbedrede vær-situasjonen kan vurderes som varig.

For at en skal kunne oppheve stengt veg og starte med kolonnekjøring så bør siktforholdene være bedret til minst 20 meter, helst over 50 meter. I tillegg bør et utbrøytet kjørefelt være framkommelig i flere minutter etter brøyting for at kjøretøy ikke skal kjøre seg fast i kolonnen. Ventes det at forholdene skal forbli vanskelige i en tid fremover, så kan det være riktig å informere trafikantene om at vegen vil fortsette å være stengt.

8.3.2 Gjennomføring av kolonnekjøring

Når beslutningen om å stoppe fri ferdsel er tatt så skal vegen stenges fysisk med låste bommer i begge ender av kolonnekjøringsstrekningen. Det vil ofte være trafikanter inne på strekningen idet bommene går ned og disse må komme seg ut av strekningen før kolonnekjøring kan starte opp.

Sammensetting av kolonnen

På alle veger med kolonnekjøring skal det være fastsatt et maksimum antall biler og personer pr kolonne, i samråd med lokal redningstjeneste. Innenfor denne maksgrensen har brøytemannskap anledning til å organisere kjøretøyene i kolonnen slik de finner det forsvarlig. Ved vanlig kolonnekjøring med både lette og tunge kjøretøyer så bør man sortere de tunge kjøretøyene fremst.

Ved veldig dårlig sikt så kan en innføre kolonnekjøring begrenset kun til tunge kjøretøy, fordi sjåførene i lastebiler sitter høyere og har ofte betydelig bedre siktforhold enn førere av personbiler. Ved gjennomføring av slike tungbilkolonner så vil vegen være stengt for lette kjøretøy.

I alle tilfeller har brøytemannskapet anledning til å ekskludere enkeltkjøretøy som vurderes utilstrekkelig rustet. Dette kan være kjøretøy med sommerdekk eller for lav bakkeklaring. På veger med vanskelige stigninger kan en ekskludere tunge kjøretøy som mangler kjettinger.

Kolonnen gjennomføres alltid med ledebil fremst i kolonnen. Ledebilen brøyter vegen, og må samtidig sørge for å holde forsvarlig hastighet og følge med på at trafikantene lenger bak i kolonnen henger med. Farten skal ikke overstige 40 km/t.

Det skal også alltid være en følgebil bakerst i kolonnen for å holde kontroll med trafikantene. Det vil være hensiktsmessig å bruke en brøytebil til dette, slik at man kan brøyte vegen samtidig.

Opptelling

Før kolonnen starter skal brøytemannskap ha oversikt over antall kjøretøy i kolonnen. Når kolonnen er ført over fjellet må en kontrollere at alle bilene har blitt med kolonnen.

Noen steder er det avkjørsler til hytteområder og annet hvor trafikanter ønsker å forlate eller å komme inn i kolonnen underveis. Det kan gjøre det vanskelig å holde oversikt over kjøretøyene.

I utgangspunktet skal alle biler som blir med inn i kolonnen, ikke få slippe ut før man har kommet over. Trafikanter som ønsker å kjøre ut av kolonnen underveis skal gjøre avtale om dette med brøytemannskapet før oppstart. Tilsvarende er det ikke anledning til å slippe inn i kolonnen uten å ha meldt fra om det på forhånd. Det bør utvikles lokale rutiner for slike situasjoner og disse bør innlemmes i de lokale instruksjoner for kolonnekjøring.

8.3.3 Bomområdet

Kolonnekjøringsstrekningen bør ikke være lengre enn høyst nødvendig. En kortere strekning fører til mindre ventetid mellom hver kolonne. Bområder bør derfor anlegges tett opp til den værutsatte strekningen, men samtidig på et lunt sted. Dette vil ofte være rett oppunder tregrensa.

Plassering

Dersom det er tunneler i området så kan disse tilrettelegges som kolonneoppstillingsplass. Dette er fordelaktig da trafikantene venter i ly for uværet og kan gjøre forberedende tiltak på bilene som å koste snø av bilene og rengjøre vindusviskere. Tunneler har dessuten bart føre og god friksjon ved oppstart av en kolonne.

Det er viktig at det er god ventilasjon i slike tunneler under kolonnekjøring for å unngå høye konsentrasjoner av eksos og farlige avgasser der folk oppholder seg. Man bør også be trafikantene om å skru av tenningen under venting.



Figur 8-1. På Haukelifjell er det fire tunneler som er tilrettelagt for kolonneoppstilling. Ofte er været dårlig kun på den ene siden av fjellet - da er det effektivt å kunne kjøre kolonner mellom to tunneler kun på den vanskelige siden av fjellet. (Foto: Harald Norem)

For kolonneoppstillingsplasser i dagen er det viktig at de ligger på et sted med lite stigning, slik at tunge kjøretøy ikke får problemer med oppstarten på glatt føre.

Utforming

Bomområdet må ha en bom som kan senkes og låses slik at vegen sperres for gjennomkjøring. Bommen skal være utstyrt med røde lys som tennes når vegen er stengt.

Før bommen skal det være en skilttavle som viser om det er åpent, stengt eller kolonnekjøring på strekningen. I tillegg bør det være et skilt som forteller hvor en kan ringe for å få informasjon om forholdene og forventet ventetid. Det bør også finnes et oppvarmet rom hvor trafikantene kan være mens de venter, og det bør være tilgang på åpne sanitæranlegg.

Området må være utformet slik at det er mulig å snu med tunge kjøretøy. Den beste løsningen er å ha kolonneoppstilling i et eget felt parallelt med vegen og å ha sнопlass rett før bommen. Da har både nyankomne og ventende kjøretøy anledning til å kjøre ut av køen og snu.

Ved oppstilling i tunneler vil en slik utforming være plasskrevende og vanskelig, oppstilling må da gjøres i kjørefeltet. Da bør det finnes skilt som varsler om kolonnekjøring eller stengt veg på et tidligere punkt hvor en kan snu med tunge kjøretøy.

8.3.4 Informasjon til trafikantene

I perioder med dårlig vær, vanskelige kjøreforhold og redusert fremkommelighet, er informasjon om en eventuell trafikkregulering verdifull for trafikantene. Informasjonen må derfor nå ut til trafikantene raskt og på en entydig måte. Informasjonen bør også komme tidlig på kjørerutene, slik at trafikantene får muligheten til å velge om de vil avbryte reisen eller kjøre alternative ruter.

Det er også ønskelig å kunne gi prognoser for forholdene fremover. Basert på værprognoser bør det utarbeides egne vegprognoser for de kommende timene. Ofte vil man kunne forutse med god sannsynlighet om det vil bli nødvendig for eksempel med kolonnekjøring.

Skilt og tavler langs vegen

Skiltvarsel plassert langs vegen er en effektiv informasjonskanal for å gi korte beskjeder til trafikantene. Skiltene må fortelle om vegen er åpen, har kolonnekjøring, eller er stengt.

Slike varsler kan gis ved prinsipielt ulike steder:

- Ved bommen, hvor man kan stille seg i kø på oppstillingsplass eller velge å snu.
- Et sted før kolonnekjøringsstrekningen hvor det er mulig å snu med tunge kjøretøy, og hvor man kan raste og vente innendørs. Dette kan gjerne være ved et servicested som en bensinstasjon eller et vertshus.
- Knutepunkter tilbake på vegnettet hvor man kan velge mellom to eller flere alternative ruter. Her bør da informasjon om alle nærliggende ruter være tilgjengelig og oppdatert samtidig, slik at trafikantene kan gjøre et kvalifisert og riktig rutevalg.

For at skiltvarsel av denne typen skal fungere godt så er det viktig at tavlene har høy lesbarhet og at det gis korte, lettfattelige varsler. Spesielt der en kan velge alternative ruter bør det også være tavler med kart som viser de ulike rutene. Disse bør plasseres i nærheten av tekstvarselet på et sted der trafikantene kan stoppe trygt og studere kartet.

Et eksempel på skiltvarsel ved knutepunkt på Gol i Buskerud fylke er vist i figur 8-2. Ved Gol så kan en velge mellom tre ulike riksveger vestover mot Bergen. Alle de tre går over høyfjellet. Her bør trafikantene få informasjon om trafikkreguleringen slik at de kan ta et riktig rutevalg på turen videre vestover. På figur 8-2 vises en skilttavle som gir informasjon om hvorvidt det er fri ferdsel, kolonnekjøring eller stengt veg på de alternative høyfjellsvegene.

På samme sted er det også satt opp et stort skilt med kart over de ulike høyfjellsvegene, se figur 8-3.

De tre alternativene er;

- rv. 50 Aurland-Hol
- rv. 52 Hemsedalsfjellet
- rv. 7 Hardangervidda

En kan også se at vegen via Fagernes og E16 over Filefjell kan være et alternativ. Det dynamiske skiltvarselet ved Gol burde også varslet om E16 og rv. 51 er åpen.



Figur 8-2. Skiltvarsel som viser om vegene er åpne, har kolonnekjøring eller er stengt. (Foto: Espen Thøring)



Figur 8-3. Skilt med kart over alternative ruter. (Foto: Espen Thøring)

Vegtrafikksentralen

Trafikantene kan få oppdatert informasjon om kolonnekjøring og stengt veg ved å ringe vegtrafikksentralen på telefonnummer 175. Denne informasjonen er også tilgjengelig på:

- internett via pc på www.vegvesen.no/trafikk
- mobiltelefon med internett www.vegvesen.no/trafikk/mobil eller www.175.no
- NRK tekst-TV

All informasjon som gis via disse kanalene skal være fortløpende oppdatert.

Trafikkmeldinger på radio

Radio er en effektiv måte å distribuere informasjon til trafikanter ute på vegen. De aller fleste bilradioer støtter RDS som gjør at radioene tuner seg inn på trafikkmeldinger når slike gis ut. Statens vegvesen leverer trafikkmeldinger til radio fra vegtrafikksentralene.

Trafikkmeldinger kan gis

- Nasjonalt, hvilket egner seg til å gi kortfattet informasjon om trafikkregulerende tiltak på de viktigste fjellovergangene i Norge.
- Regionalt hvor RDS-systemet slår inn og leverer trafikkmeldinger innenfor et bestemt geografisk område.
- Lokalt hvor vakthavende driftspersonell ved en bestemt veg kan bryte inn og gi meldinger som gjelder på den aktuelle vegen. Man kan gi detaljert informasjon om når neste kolonne forventes å gå og eventuelt når oppheving av stengt veg og kolonnekjøring kan forventes.

Man bør finne løsninger for også å levere prognoser til distribusjon på radio. Regionale trafikkmeldinger egner seg slik at man alle trafikanter i en viss nærhet til vegstrekingene. Digitale trafikkmeldinger til bilens navigasjonsenhet.

En nyere løsning for informasjon til trafikantene er RDS-TMC (fork. Radio Data System Traffic Message Channel). Systemet benytter kodete meldinger som distribueres over radiofrekvenser. Navigasjonsenheter i biler (ofte kalt «gps») tolker disse dataene og gir brukeren informasjon om stengte veger, og kan beregne alternative ruter.

Løsningen forutsetter støtte for denne funksjonen. Denne støtten blir stadig vanligere i nye bilnavigasjonsenheter.

Trafikkmeldinger på RDS-TMC-systemet bærer informasjon om sted og type hendelse på vegnettet.

En fordel med dette systemet er at det vil fungere også for førere som ikke snakker norsk.

8.4 Oppmerking av vegen

8.4.1 Brøytestikk

Brøytestikker er en nødvendighet på norske vinterveger. Stikker skal stå plassert på hvitstripa og markerer kjørebaneanten. Det skal brøytes helt inntil stikkene. Innenfor vegstikkene skal det være fritt for skilt, rekkverk og andre hindringer. Plogen på brøytebilen skal slik kunne legges inntil stikkene uten fare for skade på plog eller vegutstyr.

Brøytestikkene gir også økt sikkerhet for trafikantene. Ved nedsatt sikt vil stikkene kunne synes gjennom snøen og dermed gi en optisk ledning. Spesielle lysforhold vinterstid, slik som såkalt flatt lys, kan også gjøre det vanskelig å se kjørebaneant. Da er det viktig at stikkene gir god kontrast mot snøen.

Kort avstand mellom stikkene er viktig for optisk ledning og sikkerhet under uvær. På de mest drivsnøutsatte partier av vegen anbefales en avstand mellom stikkene på 10 m eller mindre.

I høyfjell og andre snørike områder er det gjerne behov for å bruke lange stikker med refleksbånd i to høyder. Refleksbåndene anbefales plassert ved 0,7 meter og 1,5 meter over bakkenivå. Høyde 0,7 meter er valgt for at refleksene skal bli belyst av nærlysene på bilene. Den ekstra høyden ved 1,5 meter er nødvendig for at stikkene skal være synlige over snødrevet, og for at de ikke skal bli gravd ned i brøyteanten utover i vintersesongen.

8.4.2 Skilt

Man bør ta hensyn til følgende forhold ved plasseringen av skilt.

1. Store skiltplater skaper vindfang og kan samle fonner
2. Skiltplater kan skades av utkast fra plog og fres
3. I vindutsatte områder dekkes platene av fokksnø
4. Skilt kan være til hinder for snørydding

Store skiltplater bør generelt plasseres i lune områder. På utsatte partier bør store skilt unngås helt, og også små skilt bør plasseres med omhu.

På fyllingsprofiler som er tilrettelagt med fresefelt bør en unngå skiltstolper for ikke å være til hinder for snørydding. For fresefelt langs skjæringer kan skiltstolper plasseres ved begynnelse eller slutt av fresefeltet. Slik markerer de samtidig inn- og utkjøring på fresefeltet.

Skiltplatene bør stå høyt for å ikke bli begravd i brøytekanter, og for å være synlige over snødrevet. Under uvær og drivsnø er sikten dårligst i et sjikt opp til cirka 1 meter over underlaget. Skiltplatene bør derfor stå 1-2 meter høyere enn beregnet maks snødybde.

Skiltplater har også en tendens til å bli dekket med et fokksnølag av drivsnøen. Tendensen blir vesentlig redusert hvis skiltene monteres ca. 15° i forhold til vertikalaksen. Man oppnår da en økende vindhastighet langs skiltet som gjør at drivsnøen ikke fester seg.

8.4.3 Vegbelysning

Erfaringer fra drivsnøutsatte veger hvor det er vegbelysning er positive. For trafikantene gir det trygghet å se vegens videre forløp i vintermørke og snødrev. Faren for fastkjøringer og kollisjoner reduseres ved at vegbanen og fonner gjøres mer synlige.

Moderne tunneler i dag bygges med belysning. Overgangen fra en belyst tunnel til vintermørke og drivsnø fører til ekstra dårlig sikt da øynene trenger tid på å tilpasse seg mørkere omgivelser. På utsatte strekninger før eller etter tunneler bør en derfor vurdere å anlegge vegbelysning i dagen.



Figur 8-4. Vegbelysning på Haukelifjell under uvær. (Foto: Harald Norem)

Litteraturliste

Budd, W.F., Dingle W.R.J. and Radok, U. (1965)
The Byrd Snow Drift Project-outline and basic results
Antarctic Research Series, Vol 7. American Geophysical Union

CERI-Civil Engineering Institute (2003)
Highway Snowstorm Countermeasure Manual
Hokkaido

Dannevig, P. (1968)
Fjellboka
Nordangers håndbøker, Bergen

Finney, E.A. (1934)
Snow Drift Control by Highway Design
Michigan Eng. Experiment Station, Michigan State college, Bull no 86

Gabl. K og Lackinger, B. (1986)
Lawinenhandbuch
Tyrolia Verlag, Innsbruck

Mellor, M. (1965)
Blowing Snow
DA Project IV 025001A130, Cold Regions Res. & Eng. Lab. Hannover, USA

Nordhagen, R. (1952)
Hvorledes vegetasjonen i høyfjellet registrerer snødekkets tykkelse og varighet.
Norsk Vegtidskrift, nr 1, 2 og 3. Oslo

Norem, H. (1970)
Helårsvegen over Saltfjellet, vurdering av snøforholdene.
Sintef Vegteknikk, rapport STF61 70001. Trondheim. Norem, H. (1985)
Design criteria and location of snow fences.
Annals of Glaciology, no 6

Norem, H. (1971)
Oversikt over vind- og snøforholdene i Breidalen og prinsippene for vegens plassering.

Norem, H. (1973)
Stamveg Oslo – Bergen. Vurdering av brøyteproblemene.
Sintef Vegteknikk rapport nr. STF61 73002, Trondheim.

Norem, H. (1974)

Utforming av veger i drivsnøområder (Thesis)

Meddelelse nr. 11. Institutt for veg og jernbanebygging, NTH, Trondheim

Norem, H. (1975)

Lokalisering og utforming av veger i drivsnøområder

Meddelelse fra Veglaboratoriet nr. 49, Vegdirektoratet. Oslo

Norem, H. (1975)

Utforming og lokalisering av snøskjermer

Meddelelse fra Veglaboratoriet nr. 49, Vegdirektoratet. Oslo

Norem, H. (1975)

Registrering og bruk av klimadata ved planlegging av høyfjellsveger

Meddelelse fra Veglaboratoriet nr. 49, Vegdirektoratet. Oslo

Norem, H., Nistov, S. og Oterholm, A.I. (1999)

Evaluering av klimaforholdene i boligfeltene 4 og 6 i Fuglenesdalen i Hammerfest.

Sintef Vegteknikk, rapport nr. STF A99455, Trondheim

Ólafsson, H. og Haraldsdóttir, S.H. (2000)

Hitamörk rigningar og snjókomu. (no. Kritisk temperatur for snøfall og regn). Rapport fra det islandske meteorologiske institutt.

Roadex (2001)

Winter Maintenance Practise in the Northern Periphery. ROADEXsub project B, phase 1.

State-of-the-art study report. ERDF article 10. Northern Periphery program

<http://www.roadex.org/ROADEX%20I/RI-sub-project-B.htm>

Statens kartverk (1992)

Nasjonalatlas for Norge, Vann, snø og is.

Hønefoss.

Statens vegvesen (2010)

Utvikling av eksisterende veg-Forstudium

Vegdirektoratet

Statens vegvesen (2005)

Meteorologi og klimastasjoner

Rapp. Nr. 4/2005, Vegdirektoratet, Veg- og trafikkavdelingen, Oslo

Statens vegvesen (1993)

Snøvern

Håndbok 167, (utgått)Vegdirektoratet, Oslo

Statens vegvesen, Oppland (1971)

Notat nr. 6 fra Planleggingsgruppen for Helårsveg Stryn-Ottadalen, Lillehammer

Tabler, R.D., (1994)

Design Guidelines for the Control of Blowing and Drifting Snow. SHRP-H381. National Research Council, Washington DC.

Taylor, P.A. and Teunissen, H.W. (1987)

The Askervein Hill Project: Overview and background data. *Boundary-Layer Meteorology*, 39: 15-39.

Tesaker, E (1969)

Snøskjermer, modellforsøk.

Vassdrags- og havnelaboratoriet, NTH, Trondheim

Thordarson, S. (2007)

Snjóhönnun vega – Handbók. (no. Vegbygging i drivsnømråder. Håndbok for vegplanleggere i Island). Orion Consulting, på oppdrag av Vegagerdin, vegvesenet i Island.

Thordarson, S. (2002)

Wind Flow Studies for Drifting Snow on Roads. Dr. ing. avhandling. Institutt for veg- og jernbanebygging, meddelelse nr. 34, NTNU, Trondheim.



www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker

ISBN: 978-82-7207-644-2

Trygt fram sammen