



# SNØVERN

Om snøskred og drivsnø





**Statens vegvesen**

# SNØVERN

Om snøskred og drivsnø

# HÅNDBØKER I STATENS VEGVESEN

Dette er en håndbok i vegvesenets håndbokserie - en samling fortløpende nummerte publikasjoner som først og fremst er beregnet for bruk innen etaten.

Håndbøkene kan kjøpes av interesserte utenfor Statens vegvesen til de priser som er oppgitt i håndbokoversikten - håndbok 022.

Det er den enkelte fagavdeling innen Vegdirektoratet som har hovedansvaret for utarbeidelse og ajourføring av håndbøkene.

De daglige fellesfunksjoner som utgivelse av håndbøker fører med seg, blir ivaretatt av det sentrale håndboksekretariat.

Vegvesenets håndbøker utgis på 2 nivåer:

Nivå 1 - Rød farge på omslaget - omfatter Forskrifter, Normaler og Retningslinjer godkjent av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.

Nivå 2 - Blå farge på omslaget - omfatter veiledninger, Lærebøker og Vegdata godkjent av den enkelte fagavdeling i Vegdirektoratet.

## **Snøvern**

Nr.167 i vegvesenets håndbokserie

Forsidefoto: Kurt Skagen

Layout: Vegdirektoratet, Håndboksekretariatet

Opplag: 2 000

Trykk: Oslo Grafiske as

ISBN 82-7207-327-7

# INNHOOLD

## Forord

### 0. Innledning

#### 1. Snøløre .....9

##### 1.1 Om snø og snøskred .....9

###### 1.1.1 Snø i atmosfæren og nedbør .....9

###### 1.1.2 Vind .....10

###### 1.1.3 Snøtransport .....11

###### 1.1.4 Snødekkets utvikling .....12

###### 1.1.5 Klassifisering av skred .....14

##### 1.2 Karakteristiske trekk ved skredfarlig terreng .....19

###### 1.2.1 Inndeling av skredbanen .....19

###### 1.2.2 Skredets løsneområde .....20

###### 1.2.3 Skredbanen og utløpsområdet .....22

###### 1.2.4 Vurdering av utløpsdistansen .....23

#### 2. Sikring av veger mot snøskred .....25

##### 2.1 Problem snøskred skaper for trafikantene .....25

##### 2.2 Sikringstiltak mot skred .....26

###### 2.2.1 Generelt .....26

###### 2.2.2 Skredoverbygg og tunneler .....26

###### 2.2.3 Bru over skredbanen .....33

###### 2.2.4 Støtteforbygninger .....34

###### 2.2.5 Terrengtiltak .....36

###### 2.2.6 Snøskjermer .....43

###### 2.2.7 Registrering av skred og varsling til trafikantene .....45

###### 2.2.8 Kunstig utløsning av skred .....46

##### 2.3 Planlegging av sikringstiltak .....51

###### 2.3.1 Valg av sikringsnivå .....51

###### 2.3.2 Forundersøkelser .....53

###### 2.3.3 Utarbeiding av sikringsplaner .....54

###### 2.3.4 Eksempler på sikringsplaner .....56

##### 2.4 Varsling av fare for skred .....61

###### 2.4.1 Værtyper som forårsaker utløsning av skred .....61

###### 2.4.2 Metoder for å vurdere skredfare .....63

#### 3. Planlegging og bygging av veger i drivsnøområder .....67

##### 3.1 Innledning .....67

##### 3.2 Bruk av snø- og vindmålinger .....68

3.2.1	Formålet med kartlegging av snø- og vindforhold .....	68
3.2.2	Oversikt over eksisterende snø- og vindregistreringer .....	68
3.2.3	Vindregistreringer .....	69
3.2.4	Snømålinger .....	71
3.3.	Lokalisering av vegen .....	73
3.3.1	Krav til plasseringen av vegen i terrenget .....	73
3.3.2	Lokalisering av vegen i forhold til terrengdetaljer .....	74
3.4.	Utforming av vegens tverrprofil .....	76
3.4.1	Fyllinger .....	76
3.4.2	Skjæringer .....	79
3.4.3	Spesielle konstruksjoner nær vegen .....	82
3.5	Konstruktive tiltak utenfor selve vegbanen .....	83
3.5.1	Snøskjermer .....	83
3.5.2	Planting av leskog .....	89
<b>4.</b>	<b>Trafikkmessige tiltak i drivsnøområder .....</b>	<b>91</b>
4.1	Trafikkregulerende tiltak under uvær .....	91
4.2	Værobservasjoner .....	92
4.3	Vintermerking av vegen .....	93
4.4	Overvåking av trafikken .....	95
4.5	Bommer og bomområder .....	95
4.6	Informasjon til trafikanter og publikum .....	96
4.7	Gode råd til trafikantene .....	97
<b>5.</b>	<b>Anbefalt litteratur .....</b>	<b>97</b>
	Stikkordregister .....	101

# FORORD

Snøskred og drivsnø skaper betydelige problemer for driften og vedlikeholdet av mange veger i Norge. Det har derfor vært et behov for å samle relevant kunnskap og erfaring om dette emnet til praktisk bruk i vegesenet.

Denne boka er skrevet for å ivareta dette behovet, og skrevet slik at den skal kunne benyttes av alle som arbeider innenfor disse problemområdene. Spesielt vil kapittelet om snøføre kunne gi brøytesjåfører og vedlikeholdsmannskaper bedre grunnlag for å vurdere snøskredfare. Boka bør også kunne være et tilskudd til undervisningslitteraturen innen emnet. Så langt vi har erfart, er det første gang at vegrelatert stoff om snøskred og drivsnø er samlet i en bok.

Boka er skrevet av dr.ing. Harald Norem, NGI. En styrings-gruppe har bistått Norem i arbeidet og bidratt med forslag og tilpasninger til praktisk bruk. Med i styringsgruppa har vært:

Overing. Jon Krokeborg, Vegdirektoratet, Veglaboratoriet  
Overing. Roald Hanssen, Vegdirektoratet, Vedlikeholdskontoret  
Oppsynsm. Arnold Hustad, Statens vegvesen, Møre og Romsdal  
Vegmester Harald Thorbergsen, Statens vegvesen, Nordland

Sikring av veger mot ras og bygging av veger i sårbare miljøer som høgfjellet, vil alltid gripe inn i terrenget og kunne skape endringer i det landskapsmessige miljøet. Snøskred og drivsnø innvirker også i stor grad på trafiksikkerheten. Denne boka omhandler i stor grad rene snøtekniske problemstillinger, og generelle miljø- og trafiksikkerhetshensyn er ikke tatt med. I så måte henvises til normaler, retningslinjer og veiledninger som behandler slike spørsmål. En oversikt over slik litteratur finnes i Håndbok 022 fra Vegdirektoratet.

I slutten av boka er det tatt med et kapittel kalt "Trafikkmessige tiltak i drivsnøområder". Dette er et stort fagområde som er nøye knyttet sammen med drift og vedlikehold av veger i slike områder. Det er også stor utvikling på den tekniske siden med hensyn til fjernovervåking og overvåkingsutstyr. Kapittel 4 beskriver noen erfaringer og råd så langt, både til vegvesenets eget personell og til trafikantene. En grundig behandling av dette emnet ligger utenfor denne veiledningens mandat, men det vurderes å lage en egen veiledning om drift og vedlikehold av veger i drivsnøområder.

Oslo, februar 1993

Vegdirektoratet, Veglaboratoriet

---

## ORDFORKLARINGER

Fotogrammetri:	kartlegging ved hjelp av 2 fotografier over samme område tatt på to forskjellige steder
Kohesjon:	jfr. kohesjonskrefter, det som holder et stoff sammen
Konveks:	utbulet, som buler utover (mots. konkav)
Permeabel:	gjennomtrenglig
Returperiode:	den statistiske sannsynlighet for at et fenomen skal opptre <u>en</u> gang i løpet av en gitt tidsperiode eks: Et skred med en returperiode på 30 år vil statistisk opptre <u>en</u> gang i løpet av 30 år. (30 års-skredet)
Suspenderte:	svevende ( - enkeltpartikler)
Tachymetri:	måling av flatinnhold ved hjelp av tachymeter (landmålingsinstrument)
Topografi:	geografisk overflatebeskrivelse

## 0. INNLEDNING

Håndboka omhandler planlegging og drift av veger i snøskred- og drivsnøområder. Felles for disse snøproblemene er at de kan føre til stenging av veger i kortere eller lengre tid, og at de kan representere en alvorlig fare for både trafikanter og brøytemannskap.

Problemer forårsaket av snø er den hyppigste årsaken til at veger må stenges i Norge. Årlig registreres det 200-250 vegstenginger og av disse skyldes ca. 65% drivsnø eller snøskred. Stenging på grunn av drivsnø foretas hovedsakelig på de 23 vegstrekningene hvor det er organisert kolonnekjøring, og ennå er det 7 vegstrekninger som stenges i hele vinterhalvåret. Vegstenginger på grunn av snøskred forekommer først og fremst på Vestlandet og i Nord-Norge, og 440 km av det totale riks- og fylkesvegnettet er klassifisert som skredfarlig. (Tallmateriale pr. 1993.)

Målsettinga med håndboka er å gi Vegvesenets ansatte og andre som er engasjert i planlegging, drift og vedlikehold av veger, et faglig grunnlag for å forstå hvorfor snøproblemene oppstår og hvordan de kan reduseres. Det er ved utarbeidingen av håndboka lagt vekt på at den skal være til praktisk nytte for ansatte innen vegsektoren. Håndboka bygger på både norske og utenlandske erfaringer, men det er lagt størst vekt på å systematisere erfaringene med utviklingsarbeid og praktiske forsøk utført av Statens vegvesen og ved NGI de siste 20 åra.

Det finnes få tilsvarende håndbøker fra andre land når det gjelder sikring av veger mot snø. Det finnes imidlertid en rekke generelle håndbøker om snø og snøskred. Kapitlet om snølære dekker minimumskunnskapene på dette feltet og for videre studier henvises leseren til mer generell litteratur om dette emnet. Det er i slutten av håndboka utarbeidet en liste med anbefalt litteratur for dem som ønsker å sette seg bedre inn i emnet.



# 1. SNØLÆRE

## 1.1 Om snø og snøskred

### 1.1.1 SNØ I ATMOSFÆREN OG NEDBØR

Snøkrystallene blir dannet i atmosfæren i fuktig vannmettet luft som har en temperatur mellom  $-12^{\circ}\text{C}$  og  $-40^{\circ}\text{C}$ . Når det i slik luft er til stede frysekjerner i form av mikroskopiske partikler, vil underkjølt vanddamp feste seg til disse og danne iskrystaller. Avhengig av lufttemperaturen og fuktigheten i lufta, vil krystallene vokse til bestemte krystalltyper, og de mest vanlige er sekskantete stjerner eller plater, figur 1.1. Nedbør opptrer der de mettede luftmassene 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 fra havet mot fjellkjeder ved land, men hevingen av luftmassene kan også skyldes passering av kald- og varmfronter. I Norge vil den overveiende del av nedbøren komme med lavtrykk som kommer fra Atlanterhavet med fuktige luftmasser som beveger seg i østlig-nordøstlig retning.



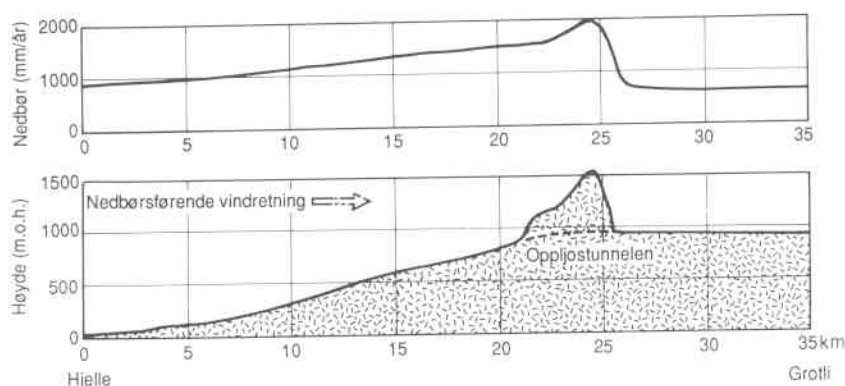
Figur 1.1 Eksempel på de mest vanlige snøkrystalltypene. (Fra Lawinenhandbuch).

De største nedbørmengdene i Norge finner vi i kystfjellene i Sør- og Nord-Norge, og spesielt på vestsiden av kystnære isbreer. Slike steder er også preget av store nedbørintensiteter. Den største døgnedbøren som hittil er registrert, 230 mm, er ved Indre Matre, vest for Folgefonna. Dette er like mye som årsnedbøren i vårt tørreste område, som er Bråtådalen i Øvre Ottadalen.

Nær vannskillet øst-vest er det ofte store lokale variasjoner i nedbørmengdene, og variasjonene kan skje over korte avstander. På figur 1.2 er det vist et lengdeprofil langs Rv. 15, Strynefjellsvegen, og variasjon av gjennomsnittlig årsnedbør langs vegen. Figuren viser at den største nedbørmengden finnes i høyden og på vestsiden av fjellkjeden. På le side av de nedbørførende vindretningene faller nedbørmengden markert i dette fjellområdet. Den gjennomsnittlige, maksimale snømengden reduseres fra ca. 2500 mm vest for fjellryggen, Oppljosegga, til ca. 1500 mm på østsiden. Denne markerte reduksjonen skjer over en strekning på bare 4,5 km. Navnet Oppljosegga beskriver da også at skydekket vanligvis pleier å løse seg opp over dette fjellet.

## 1.1.2 VIND

Vind i høyere luftlag er et resultat av virkningen mellom høytrykk og lavtrykk. Vinden blåser bestandig fra høytrykk mot lavtrykk, men på grunn av jordas rotasjon dreies vinden slik at den roterer mot urviserne og inn mot senteret av lavtrykket. Spesielt store vindstyrker får vi når det oppstår lavtrykk med store trykkforskjeller over korte avstander.



Figur 1.2 Lengdeprofil av rv.15, Strynefjellsvegen. Legg merke til hvordan nedbøren øker gradvis på vestsiden, og faller markert på le side av fjellet

Vinden langs bakken er også påvirket av temperaturforskjellene i fjellet og i dalbunnene. Kald luft er tyngre enn varm luft, og spesielt om vinteren kan det oppstå kraftige dalvinder. Dette skjer fordi det er kaldere i fjellet enn i dalbunnene, og kaldluften renner ut i de store dalførene som en elv.

De vindretningene som oftest skaper problemer for driften av norske veier, er de som både har store vindstyrker og som også er nedbørsførende. I fjellet i Sør- og Nord-Norge er det vind fra sektoren SV-NV som er dominerende. I Sør-Norge og vestlige dalfører må en også ta hensyn til vind fra SØ. Dessuten kan det både i det østlige Sør-Norge og i Finnmark forekomme kraftige uvær fra NØ.

Vindstyrkene angis i daglig tale etter en skala utviklet av Beaufort. Denne er inndelt i 13 vindstyrker, fra stille vær og til orkan. Figur 1.3 gir en oversikt over inndelingen med hensyn til navn og de respektive vindstyrker målt i m/s. I figuren er det også satt opp en oversikt over hvordan vi kan anslå vindstyrken om vinteren ut fra karakteristiske kjennetegn.

Navn på vindstyrke	Beaufort	Hastighet m/s	Virkning om vinteren
Stille	0	0,0 - 0,2	Snøfaller daler omtrent rett ned.
Flau vind	1	0,3 - 1,5	Vinden er så vidt følbar. Snøfillene driver tydelig med vinden.
Svak vind	2	1,6 - 3,3	Vinden godt følbar i sterk kulde. Snøfillene beveger seg mer horisontalt enn vertikalt.
Lett bris	3	3,4 - 5,4	Vinden kan sjenere og snøfillene beveger seg raskere horisontalt enn vertikalt.
Laber bris	4	5,5 - 7,9	Ubehagelig i kaldt vær. Fallende snø hvirvler av sted med vinden. Snødreivet mot ansiktet er meget ubehagelig.
Frisk bris	5	8,0 - 10,7	Tungt å gå på ski mot været. Fokksnø driver langs bakken og snødreivet pisker i ansiktet.
Liten kuling	6	10,8 - 13,8	Slitsomt å ta seg fram mot været og vanskelig å holde ubeskyttet ansikt mot vinden i lengre tid. Snøfokket setter ned sikten til under 1 km.
Stiv kuling	7	13,9 - 17,1	I motvind må en lute seg fram og det er vanskelig å holde seg på bena i vindrossene. Snøfokket setter ned sikten til få hundre meter.
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.
Liten storm	9	20,8 - 24,4	Vind og snøfokk gjør det umulig å gå på ski i fjellet.
Full storm	10	24,5 - 28,4	Trær velter og det knaker i hus. Mindre trær kan bli ført med vinden.
Sterk storm	11	28,5 - 32,6	Skog blir rasert og det kan bli skader på bygninger.
Orkan	12	Over 32,6	Omfattende skader på bygninger.

Figur 1.3 Gruppering av vindstyrker og karakteristiske trekk ved virkningen om vinteren. (Fra Dannevig: Fjellboka).

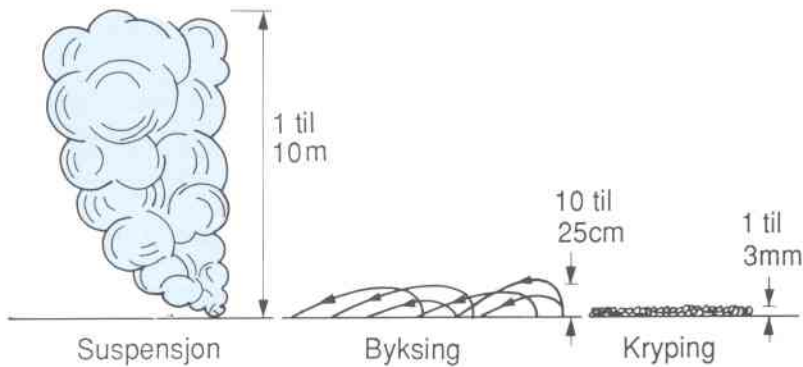
### 1.1.3 SNØTRANSPORT

I stille vær faller snøkrystallene til jorda enkeltvis, eller flere krystaller er heftet sammen. Når partiklene faller til ro på snøoverflaten hektes kantene på partiklene sammen, og vi får et jevnt fordelt snødekke med liten tetthet og fasthet.

De fleste snøfall i fjellet er imidlertid som oftest ledsaget av vind. Vinden kan transportere både fallende snøpartikler og partikler som er erodert fra bakken over lange avstander. Dette fører til en omfordeling av snødekket med utvikling av fonnområder og partier med lite eller ingen snø. Kunnskaper om hvordan snøen transporteres med vinden har derfor betydning både for planlegging og drift av veger i drivsnøområder og for bedre å kunne vurdere faren for snøskred.

Snø som eroderes fra bakken og transporteres med vinden, kan transporteres på tre måter, fig. 1.4. I et ca. 1 - 3 mm tykt lag nærmest snødekket, ruller partiklene i nær kontakt med bakken. Dette kalles kryping og skjer ved vindhastigheter over 4 -7 m/s (laber bris). Ved større vindhastigheter, 8 - 10 m/s (frisk bris), begynner partiklene å bevege seg i lange byks, inntil 1,0 m lange, og ca. 0,25 m i høyden. De

transporterte snømengdene på grunn av byksing er moderate, og de fører sjelden til store problemer for driften av vegene, eller til øket skredfare. Byksende partikler kan imidlertid gi redusert sikt bak brøytekanter eller i trange vegskjæringer.



*Figur 1.4 Snøpartiklene transporteres av vinden som krypende, byksende eller suspenderte partikler.*

Ved større vindstyrker enn 12 - 13 m/s (liten kuling) vil ca. 90% av alle transporterte partikler bli holdt svevende i luftstrømmen. Snøkonsentrasjonen er størst nær bakken, og den er svært liten høyere enn 2,0 m over bakken, når det ikke er nedbør samtidig.

De transporterte snømengdene øker med tredje potens av vindhastigheten. Ved 20 m/s (storm) er det målt en snøtransport på 2000 gram per sekund gjennom en vertikal flate med 1,0 m bredde. Dette vil si at hvis all transportert snø blir samlet på en 8 m bred veg, vil snømengden på veggen øke med ca. 1 m på 20 min.

Snøpartiklene som transporteres med vinden blir gradvis erodert fra bakken, og det er først etter at vinden har blåst over et 1000 - 2000 m åpent område at vinden oppnår full transportkapasitet. Deretter er snøtransporten konstant inntil vinden når terrengformasjoner som endrer vindhastigheten vesentlig. Store fonnområder får vi der vindhastigheten blir redusert og vinden ikke lenger har energi nok til å transportere så store snømengder. Dette vil si på le side av hauger og rygger i terrenget, og bak andre barrierer som skogholt, snøskjermer, brøytekanter og markerte elveleier. Bak fonnområdene tar det igjen tid for vinden å erodere ny snø, og de beste forholdene finner en bestandig på le side av fonnområdene.

#### 1.1.4 SNØDEKKETS UTVIKLING

Umiddelbart etter at snøkrystallene har falt til ro på bakken, starter en kontinuerlig omvandlingsprosess (metamorfose) som varer helt til partiklene smelter om våren. Denne prosessen har avgjørende betydning for utviklingen av snødekkets tetthet, fasthet og stabilitet. For å kunne vurdere faren for snøskred er det spesielt viktig å vite om det utvikler seg lag med liten fasthet, og å kunne forstå hvordan slike lag dannes.

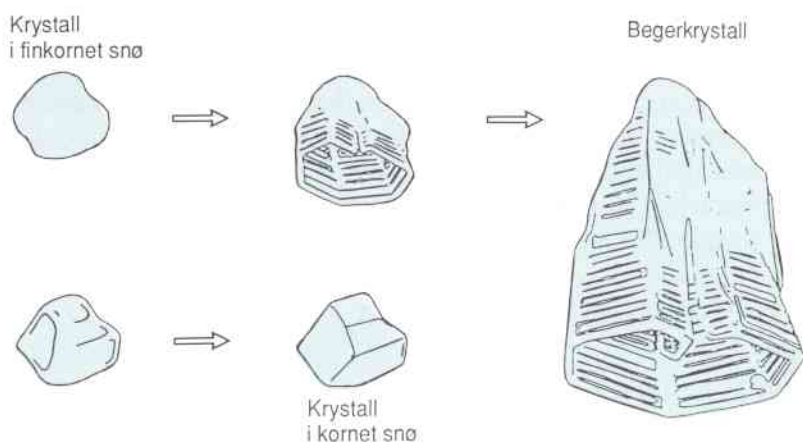
Den første delen av omvandlingen består i at forgreininger og skarpe kanter på krystallene brytes ned. Krystallene vil under denne prosessen bli avrundete og kornene får større kontaktflate. Mellom kornene vil det bli bygget opp isbroer som binder dem bedre sammen. Denne prosessen kalles nedbrytende omvandling og fører til at snødekket setter seg og får øket fasthet. Et snødekke vil derfor vanligvis stabilisere seg i løpet av de første dagene etter et snøfall.

Etter at den nedbrytende omvandlingen har stoppet opp, kan snødekket utvikle færre, men større krystaller. Dette skjer spesielt der snødekket er tynt, og hvor det er stor temperaturforskjell mellom bakken og snøoverflaten. Under slike forhold vil deler av partiklene nær bakken gå over til vanndamp, og dampen vil bli transportert oppover i snødekket og avsatt på partikler nærmere snøoverflaten. Resultatet er at enkelte krystaller vokser på bekostning av krystaller lenger nede i snødekket. Denne prosessen kalles oppbyggende omvandling.

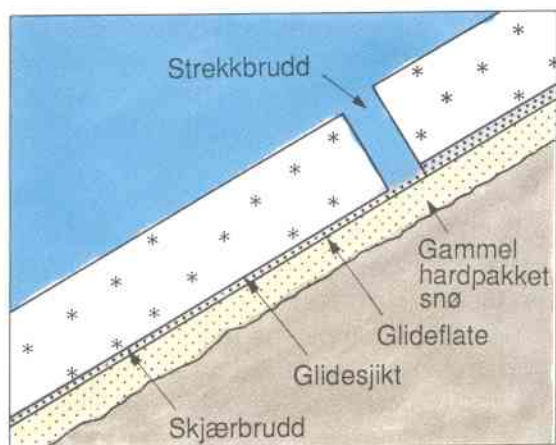
De nye krystallene som bygges opp, får oftest en terning- eller prismeform, figur 1.5. Dersom prosessen varer lenge nok, blir det utviklet sekskantete, hule krystaller som vokser i den ene enden. Disse krystallene kan bli flere millimeter i diameter, og blir kalt begerkrystaller eller rennsnø.

Snøkrystaller som har gjennomgått en oppbyggende omvandling, har liten kontaktflate mellom kornene. Denne snøen har derfor liten kohesjon, og snødekkets stabilitet reduseres gjennom prosessen. Begerkrystallag er spesielt farlige, og disse kan en merke på skitur ved at en hører dumpe drønn i snødekket når kornstrukturen bryter sammen på grunn av ekstrabelastningen fra skiløperen. Det er bare enkelte år det utvikles begerkrystaller i fjorddistriktene, men i innlandsstrøk, både i Sør- og Nord-Norge, vil en finne begerkrystaller de fleste vintrene.

Andre snøtyper som kan gi potensielle glidelag for snøskred, er oppløste skarelag og rim. Et skarelag utvikles på grunn av smelteprosesser i snøoverflaten, og like under skarelaget utvikles det ofte et snølag med løs struktur. Rim dannes under lengre kuldeperioder med klarvær og vindstille, ved at det bygges opp krystaller på toppen av snøoverflaten. Når det faller snø på rim, vil det pakkes noe sammen, men laget vil fortsatt beholde sin løse struktur.



*Figur 1.5 Snøkrystaller som har gjennomgått en oppbyggende metamorfose. Krystallen til høyre er en begerkrystall som er hul i den ene enden*



Figur 1.6 Oppbygging av et snødekke med glidelag. Glidelaget kan enklest finnes med spaden.

(Foto: U. Domaas)

Potensielle glidelag kan enklest finnes med spadeprøven, figur 1.6, som går ut på å grave en sjakt i snødekket. Deretter skjæres en blokk løs langs sidekantene. Spaden settes så i bakkant av blokken, og spadeskafet trekkes nedover. Dersom blokken løsner ved liten belastning, og langsetter et tydelig plan, tyder det på dårlig feste mellom snøkornene.

Andre faktorer enn snødekkets utvikling som har betydning for snødekkets fasthet, er:

- Tettheten av snødekket
- Temperaturen
- Vanninnholdet

Snøens tetthet vil til en viss grad reflektere avstanden mellom snøkornene og derved arealet av isbroene mellom kornene. Generelt vil derfor et snølag med stor tetthet også ha stor fasthet.

Snøens fasthet eller bruddstyrken er avhengig av kohesjonen og friksjonsvinkelen. Kohesjonen er vanligvis bestemt av styrken og arealet av isbroene. Den øker derfor under den nedbrytende omvandlingen og ved synkende temperatur. Tilsvarende reduseres kohesjonen under den oppbyggende omvandlingen, ved økende temperatur i snødekket og ved tilstedeværelsen av fritt vann som løser opp isbroene.

Friksjonsvinkelen er først og fremst bestemt av ruheten på partiklene og lagringstettheten, og også friksjonsvinkelen varierer med omvandlingsgraden. Den er ca. 35 - 50 grader i finkornet, nyfallen snø, og øker under den nedbrytende omvandlingen. I grovkornet snø, begerkrySTALL og i andre løse snølag kan den ha minimumsverdier ned til 25 - 30 grader. Friksjonsvinkelen for det svakeste laget i snødekket representerer den nedre grensen for terreghellinger hvor det er mulig å få utløst naturlige skred. Derfor er det sjeldent at det forekommer skred i terreng som er slakere enn 30 grader.

### 1.1.5 KLASSIFISERING AV SKRED

Snøskred er en fellesbetegnelse på snø som av naturlig eller kunstig årsak er satt i bevegelse. Det finnes flere variasjoner av snøskred, og det er derfor naturlig å inndele snøskred i forskjellige hovedgrupper.

Den internasjonale snøskredklassifiseringen bygger på tidligere sveitsiske arbeider. Den viktigste grupperingen foretas på grunnlag av skredenes bruddform, og det er to hovedgrupper; *løssnøskred* og *flakskred*, figur 1.7. Dessuten kan en undergruppering foretas på grunnlag av:

- Glideflatens plassering
- Grad av fuktighet
- Skredbanens form
- Bevegelsesmåte
- Utløsningsfaktor

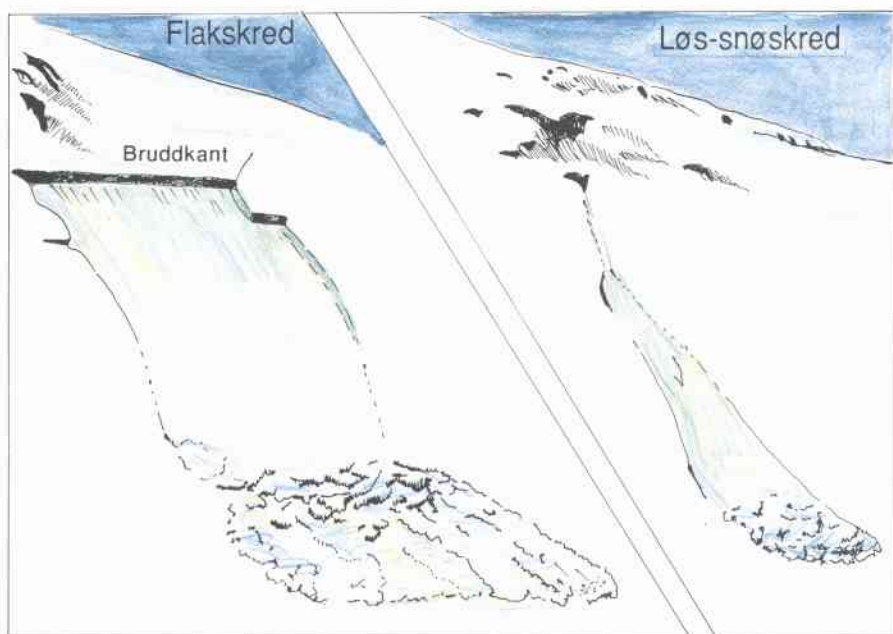
En tredje kategori "snøskred" er sørpeskred.

### Løssnøskred

Løssnøskred oppstår i snø med liten sammenheng mellom snøkrystallene. Vanligvis er dette nyfallen snø som glir ut før snøen får satt seg, eller våt snø som har fått redusert kohesjonen på grunn av oppvarming eller regnvær.

Løssnøskred starter ofte fra et punkt hvor en får en lokal utglidning, figur 1.7. Etter hvert som skredet utvikler seg, blir nye snøkorn revet med, og skredet får derved en pæreform.

Løssnøskred forekommer oftest i bratte fjellsider. Hvert enkelt skred er lite og det kan noen ganger synes harmløst. Denne skredtypen kan imidlertid være til stor sjenanse for driften av vegen, og må ikke undervurderes. Størrelsen av skredet kan være tilstrekkelig til å sperre hele vegen, og kan også bety en reell fare for trafikantene. Dessuten er skredaktiviteten ofte stor i perioder med løssnøskred, og det kan forekomme flere skred pr. dag selv i det samme skredløpet. Det er derfor vanskelig å avgjøre når en veg skal ryddes og åpnes når slike skred opptrer.



Figur 1.7 Snøskred inndeles i to hovedgrupper, flakskred og løssnøskred

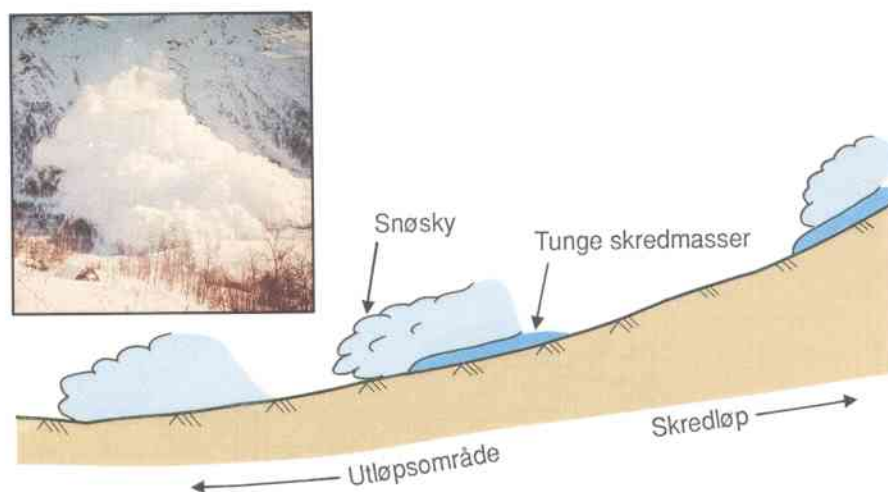
## Flakskred

Navnet flakskred kommer av at en større del av snødekket, et flak, utløses samtidig langs et glideplan, figur 1.8. Flakskred er karakterisert ved en markert bruddkant normalt på snøoverflaten, og sagtakkete kanter på sidene av skredet. Bruddkantens høyde varierer mellom 0,2 - 4,0 m. Kort tid etter at flakskredet er satt i bevegelse, brytes strukturen i snødekket ned, og skredet beveger seg som et granulært materiale. Tørre snøskred beholder en finkornet struktur under hele skredbevegelsen, mens det i fuktige og våte skredmasser danner seg snøballer, 5 - 50 cm i diameter.

Bruddkanten oppstår gjerne der det er store strekkspenninger i snødekket. Dette kan være i konvekse partier av utløsingsområdet, bak oppstikkende steiner og trær, og under hengeskavler og steile partier, figur 1.8. Denne effekten kan også studeres i forbindelse med takras hvor bruddkanten ofte går i rett linje mellom punkter som binder snødekket, som f. eks. pipe, luftekanal og karnappvindu, o.l.



Figur 1.8 Utvikling av et flakskred som er utløst kunstig



Figur 1.9 De fleste skred består av både en snøsky og tyngre masser under denne. (Foto: I. Tøndel)



De fleste skred består av to hovedkomponenter, figur 1.9. Nærmest bakken beveger partiklene seg i nær kontakt med hverandre og skredmassene har relativt stor tetthet, 100 - 300 kg/m<sup>3</sup>. Det er denne delen av skredet som bestemmer skredets hastighet i skredbanen, og som også har størst ødeleggende effekt. Skredet kan få en hastighet på inntil 60 - 70 m/s (210 - 250 km/t), og utøve et trykk på konstruksjoner i skredbanen på inntil 600 kpa (60 t/m<sup>2</sup>).

Snømengdene i hvert enkelt skred kan bli betydelige. De største skredene som er målt i Norge er ca 1 mill. m<sup>3</sup>, og de største skredavsetningene på vegene er 15 - 20 m høye. De fleste skredene er mindre og mange av dem dekker bare deler av vegbanen.

Over de tunge massene dannes det en markert snøsky, figur 1.9. Partiklene i snøskya holdes oppe på grunn av turbulens og de er i liten grad i kontakt med hverandre under skredbevegelsen. I et tørrsnøskred som vist på fotoet, kan snøskydelen bli opptil 50 m høy, og den har et vesentlig lengre utløp enn de tunge massene.

Snøskydelen av skredet har langt mindre ødeleggende effekt enn de tyngre skredmassene, men det har flere ganger vist seg at trykket har vært tilstrekkelig til å blåse biler av vegen. Dessuten er siktforholdene inne i en snøsky så dårlige at de også av denne grunn betyr en risiko for trafikantene. Snøskydelen av skredet samler imidlertid sjelden mer enn 5 - 10 cm snø på vegen og forårsaker derfor sjelden langvarige stenginger.

Formen på skredbanen er avgjørende for hvordan skredet beveger seg. De tunge massene har god kontakt med terrenget og lar seg i stor grad styre av terrengformasjonene, og de følger derfor oftest bekkedaler og forsenkninger. Snøskydelen derimot er i langt mindre grad styrbar, og for enkelte skred kan de tunge massene og snøskya skille lag og sperre vegen på to forskjellige steder.

Alle større skred er av flakskredtypen. Denne skredtypen er derfor dimensjonerende for beregning av skreds maksimale utløpsdistanse og belastninger på eventuelle sikringstiltak.

### **Sørpeskred**

Sørpeskred er en spesiell skredtype hvor skredmaterialet består av vannmettet snø. Terrenghellingen hvor skredene utløses har som oftest en helling mellom 5° og 25°, men skred har forekommet i både større og mindre hellinger. Skredtypen opptrer bare i forbindelse med spesielle vær-situasjoner. Enkelte store skredulykker er forårsaket av sørpeskred, og de kan forårsake store materielle skader.

Forutsetningen for utløsning av sørpeskred er at det i en viss tidsperiode er større tilsig av vann til snødekket enn avrenning, og at tilsiget av vann samles opp i et minimum ca. 0,5 m tykt snødekke som har høy porøsitet. Ofte forekommer sørpeskred i nysnø eller eldre grovkornet snø som både har høy porøsitet og liten fasthet. I enkelte tilfelle er det imidlertid registrert at fonner på grunn av drivsnø eller tidligere snøskred kan være årsaken til oppdemming av vannet i snødekket.



Figur 1.10 Foto av sørpeskred

Sørpeskredene utløses der tilsiget av vann til snødekket er størst. Dette vil si i bekkefar og i forsengkninger med lite permeabel grunn. De mest aktuelle stedene for sørpeskred er der bekker passerer områder med fjell i dagen, myrer eller dyrket mark hvor dreneringssystemet ikke funksjonerer, f.eks. på grunn av frost.

Stor tilførsel av vann til snødekket får en gjerne ved intense regnvær. Derfor ser en også at sørpeskredene forekommer oftest i fjorddistriktene hvor en både kan ha relativt store snødybder og oppleve dager med stor nedbørintensitet i form av regn om vinteren. Det er sjelden registrert sørpeskred i fjordområder med mindre nedbør enn 40 mm/døgn. I fjellet og i indre Østlandsbygder kan sørpeskred også bli utløst i forbindelse med omslag til varmt vær og med intens solinnstråling.

Når et sørpeskred blir utløst vil skredmassene bestå av snø mettet med vann. Skredet beveger seg derfor som en tung væske som ikke kommer til ro før skredet når fram til tilnærmet horisontale flater. Sørpeskredene beveger seg i nær kontakt med bakken og de kan ha stor erosjonsevne, og kan gjøre betydelige materielle skader på vegetasjonen, grunnen og alle former for byggverk. I noen tilfelle er transporten av løsmasser så stor at det kan være vanskelig å skille dem fra mer vanlige flomskred som består av løsmasser og vann.

Mindre sørpeskred følger oftest forsengkninger og bekkedaler, mens større skred kan få en hastighet på opptil 20 - 30 m/s, og de kan da utvide seg i bredden og berøre områder langt større enn selve bekkedalen. Fordi skredene kan betraktes som en væske, er det vanskelig å stoppe dem i hellende terreng med terrengtiltak, men det er til en viss grad mulig å styre skredbevegelsen ved hjelp av ledevoller. Dimensjonerende trykk mot konstruksjoner i skredbanen kan bli inntil ca. 400 kPa (40 t/m<sup>2</sup>).

## 1.2 Karakteristiske trekk ved skredfarlig terreng

### 1.2.1 INNDELING AV SKREDBANEN

Det er viktig å kunne vurdere terrenget for å forutsi hvor skred kan bli utløst. De forhold en ønsker å få opplysninger om, er:

- Hvor skred kan forekomme
- Skredhyppighet
- De vanligste skredtypene
- Skredets størrelse, hastighet og utløpsdistanse for normale og maksimale skred

Skred forekommer bare der både de terrengmessige og de klimatiske forholdene ligger til rette for skred. Det er derfor nødvendig både å studere topografien nøye og samle inn mest mulig data om nedbør, vind og temperatur.

Når en studerer topografien av eventuelle skredbaner, er det vanlig å dele denne inn i tre soner, figur 1.11:

- Løsneområdet, som omfatter området fra bruddkanten og til nedre kant av flaket som glir ut.
- Skredløpet, som er den del av skredbanen hvor skredet øker i hastighet eller har tilnærmet konstant hastighet.
- Utløpsområdet, hvor skredet bremses ned og til slutt stopper.

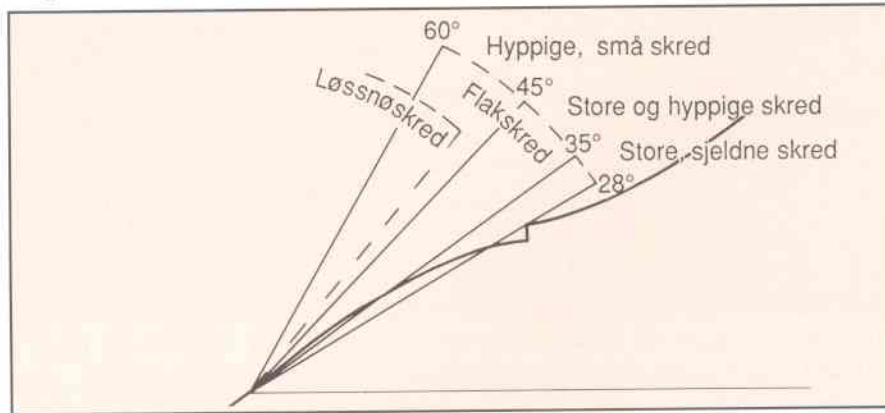


*Figur 1.11 Fotoet viser tydelig at skredbanen består av tre forskjellige løsneområder, et kanalisert skredløp og et utløpsområde med dårligere kanalisering. (Foto: A.Hustad)*

## 1.2.2 SKREDETS LØSNEOMRÅDE

### Terrenghellingen

De aller fleste skred løsner i terreng med større helling enn  $35^\circ$ , men rene snøskred kan forekomme ned til  $28 - 30^\circ$ , figur 1.12. I tillegg kan sørpeskred bli utløst i terreng med helling ned til  $5^\circ$ .



Forutsetningen for skred er at belastningene på snødekket må overstige snøens fasthet. I slake løsneområder er det nødvendig både med et glidelag med spesielt lav friksjonsvinkel og store snømengder over dette. Dette forekommer bare enkelte år. Derfor er det sjelden snøskred i terreng med helling mellom  $30 - 35^\circ$ , men hvis skred forekommer er hvert enkelt skred stort.

I terreng mellom  $35^\circ$  og  $45^\circ$  løsner det skred de fleste vintre, samtidig som skredstørrelsen kan variere fra moderat til stor. De fleste skred i denne terrenggruppen er flakskred.

Den farligste terrengtypen sett fra Vegvesenets synspunkt, er løsneområder med helling  $45 - 55^\circ$ . I slike fjellsider er det hyppige skred, samtidig som enkelte skred kan ha betydelig størrelse.

Spesiell oppmerksomhet må også vies terreng med helling større enn  $55^\circ$ . I så bratt terreng vil snøen sjelden bli liggende lenge, og flakskred er derfor sjeldne. Derimot går det i perioder med kraftige snøfall eller med sterk soloppvarming en rekke mindre løssnøskred - ofte flere i samme skredløp hver dag. Der det er bratte fjellsider kan det også forekomme større skred hvis det i fjellsiden finnes hyller med slakere helling.

### Terrenghellingen i forhold til framherskende vindretninger og solinnstråling

I tillegg til terrenghellingen har terrengets evne til å samle store snømengder betydning for hvor og hvor ofte det går skred. Størst fare for skred er det på de stedene som ligger i le for både framherskende og nedbørførende vindretninger. De største snømengdene finnes på le side av store plataer hvor vinden har fått tid til å erodere og transportere snø langs bakken fram til lesenen. Målinger har vist at snømengdene da kan bli mer enn tre ganger det som er normal snømengde, og de største snømengdene vil en finne høyt oppe i fjellsiden, like under toppen av fjellryggen, se også figur 2.16.

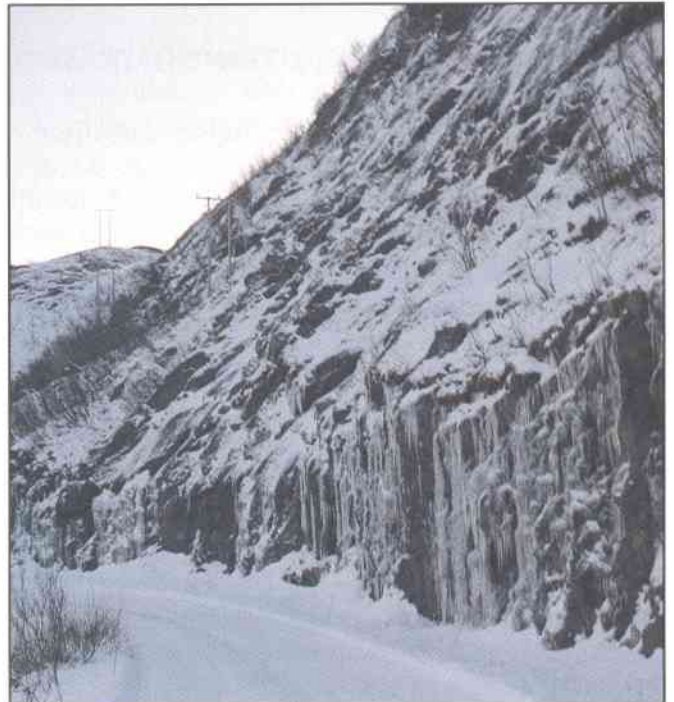
Figur 1.12 Sammenheng mellom terrenghelling i løsneområdet og skredtyper. Profil av Holmenkollbakken er vist som sammenlikning for hellingen

Det er hyppige og store skred i den ca. 45 bratte forsenkningen som ligger i le for framherskende vindretning. Derimot er det bare mindre skred fra den 60 bratte fjellveggen, eller det 35 bratte urområdet. Det siste har så stor ruhet at de større steinene binder snødekket.



De fleste skred løsner fra skar og åpne skåler og følger bekkedalen så lenge denne er godt kanalisert.

Skredfarlig terreng er også bratte svaberg, selv om de har liten utstrekning.



*Figur 1.13 Eksempler på forskjellige typer skredfarlig terreng. (Foto: H. Norem).*

De terrengformasjoner som samler mest snø, er større forsenkninger som skålformer, elvegjel og markerte skar fordi disse samler snø fra flere vindretninger. Derfor forekommer det oftere skred fra slike terrengpartier enn fra rygger og konvekse områder hvor snøen av og til blåser bort. Fotoene på figur 1.13 viser hvor skred vanligvis utløses i fjellsider med uregelmessig form.

Terrengets retning i forhold til solinnstrålingen har også betydning for hvor og når det går skred. Fjellsider som ligger i skyggesiden får lavere snøtemperatur enn fjellsider som er vendt mot sør. En får derved lettere bygget opp begerkrystaller og svake snøsjikt i skyggesider. Samtidig vil skarelag og rimsnølag også beholde sin opprinnelige struktur i lengre tid når snødekket ikke blir varmet opp. Skyggesider er derfor noe mer utsatt for skred midtvinters enn mer solrike fjellsider. Om våren tilføres de sørvendte fjellsidene mer solenergi, og faren for våtsnøskred er oftest større enn i mer skyggefulle og nordvendte fjellsider.

### **Vegetasjon og overflateforhold i løснеområdet**

Skred forekommer sjelden før snøen har dekket ujamnheter i løснеområdet, og det blir dannet et glidelag i høyde med ujamnheter. En får derfor hyppigere skred i en jevn fjellside, som f.eks. svaberg eller gras-/lyngheier, enn der det stikker opp store steiner eller andre ujevnheter.

Svaberg kan også være årsak til at det utløses våtsnøskred helt ned til fjellet i mildværsperioder, fordi smeltevann vil renne langs svaberget og redusere bindingen mellom fjellet og snøen. Derved kan et potensielt glidelag bli dannet.

Trestammer binder snødekket godt, men avstanden mellom trærne bør ikke overstige 5 m for å kunne eliminere skredfaren. Snøskred som løsner i skogsområder har gjerne liten kohesjon, og løssnøskred er derfor hyppigst i slike områder.

### **1.2.3 SKREDBANEN OG UTLØPSOMRÅDET**

Skredbanen deles inn i to hovedgrupper, kanalisert og åpen bane. I den kanaliserte banen følger den tunge delen av skredet kanaliseringen, og det er enkelt å forutsi hvor skred av normal størrelse vil treffe vegen. Ofte vil en imidlertid se at i overgangssonen mellom skredbanen og utløpsområdet går kanaliseringen over i en skredvifte med ingen eller dårlig kanalisering, figur 1.11.

I åpne skredbaner med få terrengformasjoner som styrer skredbevegelsen, vil skredene få tilnærmet samme bredde som løснеområdet. I utløpsområdet, hvor skredene bremses opp, er det imidlertid en tydelig tendens til at skredene utvider seg i bredden. Dette skyldes at noe av de bakre massene i skredet blir presset ut til sidene når fronten av skredet stopper.

Det er mange tegn i naturen som kan gi indikasjoner på hvor skred forekommer. De viktigste er skader på vegetasjonen, erosjonsskader og avsetning av skredtransportert løsmateriale.

Figur 1.14 Eksempler på skredskadet skog.  
(Foto: U. Domaas).



Skred vil som oftest gi skader på vegetasjonen, selv om det i mange tilfelle skal et trenet øye til for å oppdage skadene. Generelt vil treslag som er sprø i kaldt vær oftest brette, mens myke tresorter vil bli presset ned av skredmassene. Der det forekommer gran, furu og osp i fjellsiden, med åpne vertikale striper i terrenget, er dette som oftest et sikkert tegn på skredaktivitet. Likeledes kan et tett bestand av kun yngre, myke trær som or og bjørk, gi indikasjon på skredaktivitet.

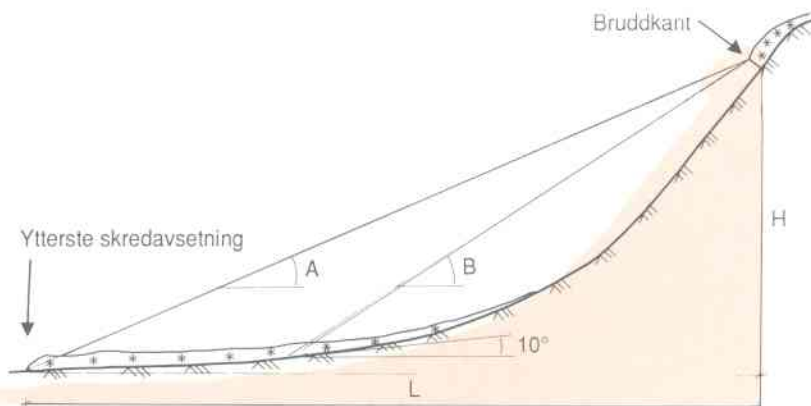
Snøskred skader trærne på en karakteristisk måte. Tunge snømasser bryter trærne i snøhøyden, eller de presser trærne ned i skredretningen. Karakteristisk for skredskadet skog i forhold til vindfall er at rotsystemet ikke blir ødelagt, og på nedpressete trær vil greinene danne nye toppskudd på den horisontale stammen. Skredskadet skog kan også ofte få lange skjærbrudd i stammens lengderetning.

Snøskredet fører til skader høyt opp på stammen. Det er spesielt greinene på skredsiden av treet som skades, og eldre trær i skredbanen vil ofte bare ha greiner på lesiden av treet.

De fleste snøskred fører også med seg mye stein. Det kan imidlertid være vanskelig å avgjøre om steinen er skredavsatt eller transportert til stedet på andre måter. Skredtransportert stein får kontakt med bakken først etter at snømassen har smeltet. Hvis vegetasjonen under steinen ikke er ødelagt, steinen ligger på toppen av nedbøyde stammer, eller mindre stein ligger på toppen av større stein, er alt dette indikasjon på snøskred.

## 1.2.4 VURDERING AV UTLØPSDISTANSEN

Skredets utløpslengde er sterkt avhengig av skredstørrelsen og skredmassens konsistens og fuktighet. Generelt øker utløpsdistansen med størrelsen, og skred med helt tørr eller helt våt masse har større utløpsdistanse enn fuktige skred.



Figur 1.15 Utløpsdistansen angis som vinkelen fra bruddkanten til ytterste skredavsetning

Vanligvis begynner nedbremsingen av skredet ved en terrenghelling på 20 - 30°. Mindre skred stopper få meter etter at skredet treffer et slakere område, mens andre skred kan passere slake partier med flere hundre meters bredde.

Det er foretatt enkelte undersøkelser av hvordan skredets størrelse og utløpsdistanse varierer med returperioden, dvs. antall år mellom hvert skred. Undersøkelse viser at for hyppigere skred, returperiode < 20 år, er det ikke så stor forskjell på utløpslengden for f.eks. et 5-års skred i forhold til et 10-års skred. Derimot, for de sjeldnere skredene, returperiode 20 - 300 år, øker utløpslengden vesentlig med lengre returperiode. I forbindelse med sikring av veger er det derfor viktig å velge en returperiode som gir et rimelig forhold mellom krav til sikkerhet og sikringskostnader.

I Norge er den maksimale utløpsdistansen for kjente snøskred med en returperiode mellom 100 og 300 år kartlagt og analysert. Analysene har vist at det er en klar sammenheng mellom skredløpets helling og utløpsdistansen.

Utløpsdistansen bestemmes som hellingsvinkelen, A, mellom bruddkanten og ytterste skredavsetning, figur 15. Når skredets totale høydeforskjell, H, er kjent, vil utløpsdistansen, L, bli:

$$L = H / (\operatorname{tg} A) \quad (1.1)$$

hvor: L = Utløpsdistansen (m)  
H = Høydeforskjellen (m)  
A = Hellingsvinkelen mellom bruddkanten og ytterste skredavsetning (grader)

Skredløpets helling defineres ved vinkelen B, som er hellingen fra bruddkanten til punktet i skredløpet hvor terrenghellingen er 10°. Den beste sammenheng mellom vinklene A og B er funnet ved likningen

$$A = 0,96 B - 1,4^\circ \quad (1.2)$$

Denne likningen viser at utløpsdistansen er størst (liten vinkel) der en har slake skredbaner, og 10°-punktet ligger langt ut i dalsiden.

Likning 1.2 angir vinkelen som bestemmer den maksimale utløpsdistansen for snøskred, og vil derfor ha betydning for plassering av brakker for anlegg og drift av veger, og for hvor nye veger kan plasseres skredsikkert.



## 2. SIKRING AV VEGER MOT SNØSKRED

### 2.1. Problem snøskred skaper for trafikantene

Hver vinter er det ca. 200 - 300 snø- og sørpeskred som sperrer norske riks- og fylkesveger. De fleste sperringene skjer mens vegene er åpne for fri ferdsel.

En vegstenging fører til problem for trafikantene, de samfunn vegene skal betjene og brøytemannskapet. For det første representerer snøskred fare for alvorlige ulykker, og for det andre vil enhver vegstenging hindre ferdselen og kunne føre til isolasjon av samfunn.

I normale skredår er ca. 10-15 biler involvert i snøskred, og i gjennomsnitt er det i underkant av én dødsulykke pr. år. Brøytemannskapet er involvert i ca. 40% av hendelsene i forbindelse med brøyting, spesielt ved rydding og åpning av veger etter skredstenging.

Vegstenging på grunn av snøskred eller fare for snøskred, utgjør ca. 55% av all registrert vegstenging. Snøskred er derfor den hyppigste årsaken til dårlig framkommelighet på vegnettet. En vegstenging kan vare fra under en time til flere døgn. Samlet stengingstid for våre fylkes- og riksveger kan grovt anslås til 1500 - 2000 timer pr. år.

Faren for snøskred skaper frykt og usikkerhet. Dette er særlig fremtredende der det foregår transport av skolebarn. Den mest konkrete ulempen på grunn av skred, er imidlertid redusert framkommelighet, stengte veger og av og til isolasjon av hele samfunn.

*Figur 2.1 Hvert år blir 10-15 biler truffet av skred og ca. 40 % skjer i forbindelse med ryddearbeide.*

*(Foto: P. Schaerer)*



## 2.2 Sikringstiltak mot skred

### 2.2.1 GENERELT

Målsettingen for ethvert sikringstiltak er å oppnå best mulig sikkerhet og regularitet for en så liten investering som mulig. Det er videre viktig at sikringstiltak ikke medfører andre former for fare for trafikantene, vedlikeholdsmannskapene eller fastboende i området.

Det er gjennom årene utviklet en rekke forskjellige sikringsmetoder, med store variasjoner når det gjelder kostnader og sikringseffekt. Generelt gjelder at de mest kostbare metodene gir størst sikkerhet, og at de er anvendelige mot alle skredtyper og i alle typer terreng. De rimeligere metodene er oftest bare effektive mot enkelte skredtyper eller i spesielle terreng.

Sikringstiltakene mot snøskred må innpasses i de generelle planene for vegen, som f.eks. med hensyn til linjeføring, trafikksikkerhet, miljø og vedlikeholdskostnader. Erfaring har vist at den mest kostnadseffektive sikringen er oppnådd når en lengre vegstrekning har blitt sikret samtidig, og når flere sikringsmetoder er kombinert.

De fleste sikringstiltakene mot snøskred forutsetter relativt store inngrep i terrenget og inngrepene blir ofte lett synlige. Det er en forutsetning at tiltakene utformes og avsluttes slik at de varige sårene blir redusert.

### 2.2.2 SKREDOVERBYGG OG TUNNELER

Skredoverbygg og tunneler gir best sikkerhet mot snøskred. Disse er imidlertid dyre konstruksjoner, og er bare aktuelle der andre sikringsmetoder ikke gir tilfredsstillende sikkerhet.

Dimensjonering og utforming av skredoverbygg er behandlet i Håndbok 100 - Bruprosjektering 16, Skredoverbygg. Emner som er fastlagt i denne normalen, er bare i begrenset grad tatt med i denne veiledningen.

Under normale forhold har en fjelltunnel en løpemeterpris på 30 - 50% i forhold til et betongoverbygg. Et overbygg av betong kan derfor sjelden forsvares hvis det blir mer enn 50% av lengden i forhold til en alternativ tunnel. Siden 1981 er det bygget flere skredoverbygg av stålrør. Rørtunnelene er best egnet i terreng med liten helling, og løpemeterprisen er da noe lavere enn for betongoverbygg.

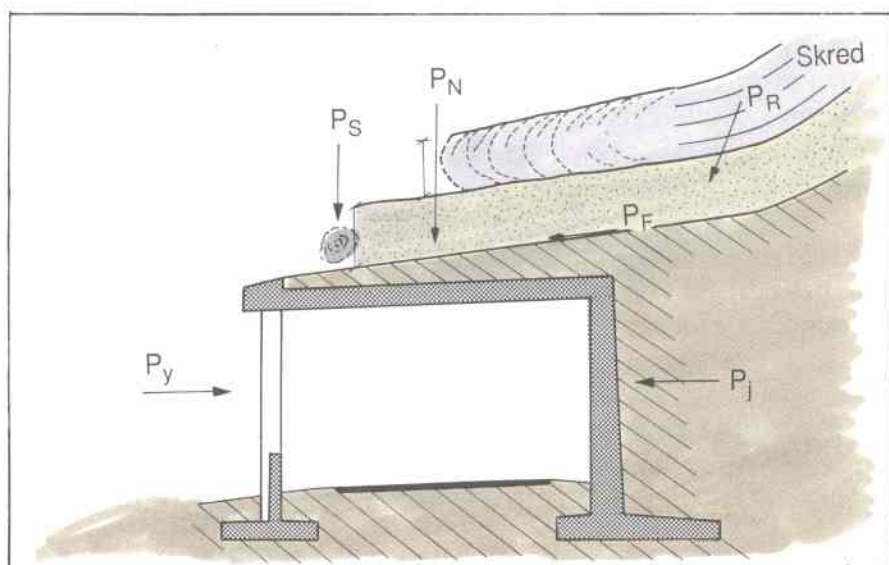
#### Dimensjonerende laster

Skredoverbygg dimensjoneres for et skred med en returperiode på 20 år. Lastene avhenger av dimensjonerende skreds flyte høyde, tetthet, hastighet og utforming av overgangen mellom terrenget og overbygget. De dynamiske trykk- og friksjonslastene som virker på overbygget, er, figur 2.3:

Figur 2.2 Et skred-  
overbygg gir trafikantene god  
sikkerhet og det er en  
sikringsmetode som kan  
brukes i all slags terreng.  
Kostnadene er imidlertid  
høye. (Foto: H. Norem).



Figur 2.3 Skjematisk  
framstilling av skred-  
belastning på overbygg.



- 1)  $P_N$  -Last normalt på takflaten, som er summen av avlagret snø og vekt av skredlaget.
- 2)  $P_F$  -Last parallelt med takflaten, som anslås å være lik vekten av skredlaget multiplisert med en friksjonskoeffisient.
- 3)  $P_R$  -Resultantlast, som skyldes retningsendring av skredet ved overbygget.  $P_R$  avhenger av skredlagets vekt, skredhastighet og utformingen av overgangen mellom terrenget og overbygget.
- 4)  $P_J$  -Jordtrykklaster, som består av en ren hvilelast og et øket jordtrykk på grunn av skredlasten i forbindelse med skredet.
- 5)  $P_s$  -Punktlast på grunn av steinsprang eller av stein transportert i skredet.
- 6)  $P_y$  -Last mot ytre sidevegg, som både kan være suglast når skredet passerer, eller sidetrykk fra avlagrede skredmasser.

## Utforming av overbygget

Et skredoverbygg vil endre kjøreforholdene langs vegen, og det er viktig at byggingen av overbygget ikke reduserer den generelle trafikksikkerheten. Trafikksikkerheten påvirkes først og fremst av linjeføringen, lysforholdene i overbygget og dreneringen av vegbanen.

Et overbygg skaper endrede lysforhold for trafikantene og det representerer et trafikkfarlig punkt. Det er viktig at vegen får en naturlig linjeføring der det skal bygges et overbygg for å redusere overraskelsesmomentene til et minimum. Dette gjelder spesielt der en har en-felts overbygg. Portalene skal videre sikres med rekkverk i henhold til Håndbok 017 - Vegutforming.

Ut fra et trafikksikkerhetsmessig synspunkt er det ønskelig at ytre vegg av overbygget er laget med søyler for å få brukbare lysforhold inne i overbygget. En slik utforming er bare å anbefale dersom terrenget nedstrøms for overbygget har stor helling. I alle andre tilfeller vil skredsnøen bygge seg opp på utsiden av overbygget og ledes inn i overbygget. Dessuten vil det ofte ved passering av tørrsnøskred skapes et sug i overbygget, som igjen fører til at de suspenderte snøpartiklene føres inn i overbygget og skaper dårlige siktforhold. Det anbefales derfor i de aller fleste tilfellene å utforme overbygget med en tett vegg på utsiden.

På kalde dager med sterk soloppvarming blir det ofte is på vegbanen inne i overbygget og isfri vegbane utenfor. Dette kan skape farlige situasjoner, og for et overbygg i Rogers Pass, Canada, har det vært langt flere alvorlige ulykker på grunn av glatt vegbane inne i overbygget enn det en ville hatt av skredulykker uten overbygg. Et annet problem er dyr som legger seg i åpningen og inne i overbyggene. En bør derfor vurdere om en bør bygge ferister og vannrister nær portalen for å hindre dyr og smeltevann i å komme inn i overbygget.

## Tilpasning av overbygget til terrenget

Plasseringen av vegen og utformingen av terrenget rundt overbygget er oftest et kompromiss mellom en rekke forhold, hvorav følgende faktorer er viktige:

- 1) Utnytte terrenget ved endene av overbygget slik at skredmassene blir ledet over overbygget. Derved kan både bredden på skredet og nødvendig lengde av overbygget bli redusert.
- 2) Utnytte mulighetene for å minimalisere belastningene på overbygget og å kunne ta opp dimensjonerende laster enkelt og rimelig.
- 3) Plassere vegen slik at den får en god linjeføring.

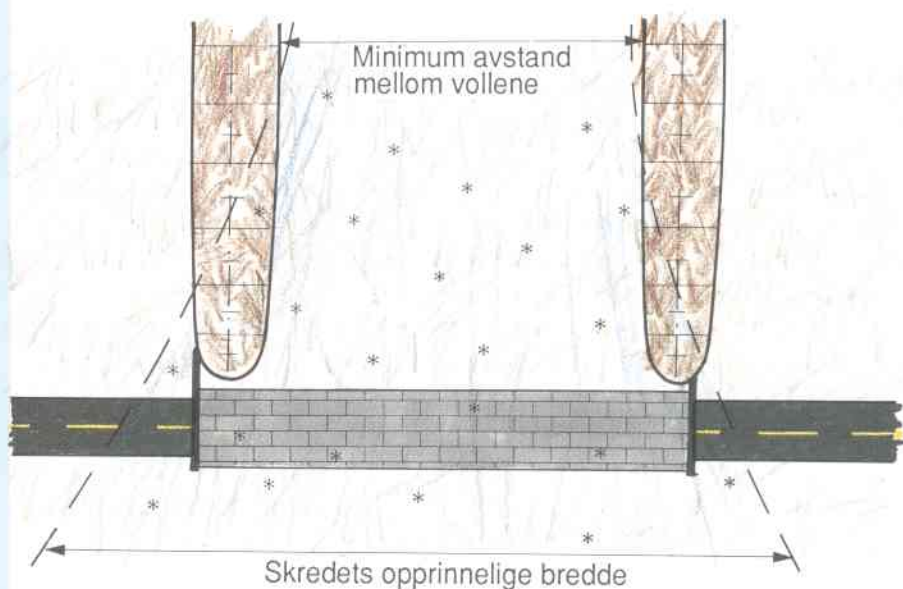
- 4) Plassere vegen slik at skredfaren på begge sider av overbygget blir redusert, og eventuell skredsikring utenfor overbygget bør kunne utføres rimelig.
- 5) Oppnå en hensiktsmessig drenering av overflatevannet i overbyggsområdet.

Den bakre veggen på et skredoverbygg bør bestandig få en tilbakefylling slik at det blir en jevn overgang mellom terrenget og taket på overbygget. Det er derfor ønskelig å legge overbygget i en markert skjæring, mellom 5 m og 8 m høy, for å få en god tilpasning mellom overbygget og terrenget. En slik plassering gjør det også mulig å utforme overbygget med helling på taket for å redusere skredbelastningene, og for at skredmassene skal gli lettere over overbygget.

Når et overbygg planlegges lagt i en stor skjæring, vil også vegen utenfor overbygget få skjæringer. Dette kan føre til at det blir vanskelig å sikre områdene utenfor overbygget med rimelige sikringsmetoder. Det kan derfor ofte være riktig å legge overbygget lenger ut fra terrenget slik at det blir mindre skjæringer utenfor overbygget, og heller foreta større terrengtiltak i forbindelse med tilbakefyllingen.

Bredden av skredene, og derved nødvendig lengde av overbyggene, kan reduseres ved hjelp av ledevoller, ledemurer og mer omfattende terrenginngrep. Det finnes imidlertid flere eksempler på at innkortingene av overbyggene er blitt for stor, slik at skredmassene har passert vollene og stengt vegen.

En hovedregel for plassering av ledevoller i forbindelse med overbygg er at avstanden mellom foten av vollene ikke skal være mindre enn bredden av skredet i selve skredbanen. Det er derfor bare breddeøkningen av skredet i utløpsområdet som kan kompenseres med bygging av ledekonstruksjoner, figur 2.4.



Figur 2.4 Bygging av ledevoller brukes for å styre skredmassene slik at lengden av overbygget kan reduseres. Avstanden mellom vollene bør ikke være mindre enn bredden av skredet i skredbanen.

Ved bygging av vollene er det viktig å ta ut masse mellom vollene og få skredbanen så jevn og rettlinjert som mulig. Spesielt viktig er det å fjerne små rygger eller store steiner i skredløpet. Slike forhøyninger fører til oppstuvning av skredmasser i området mellom vollene og skredet brer seg deretter ut til sidene. Det skal overraskende små detaljer til før vollene blir mindre effektive.

Ledevollene føres fram til taket av overbygget. På taket av overbygget vil det imidlertid være rimeligere å bygge en ledemur framfor å bygge en ledevoll, fordi en voll har større bredde og krever et lengre overbygg. De to mest aktuelle utførelsene for framføring av ledevoller mot overbygget er (figur 2.5):

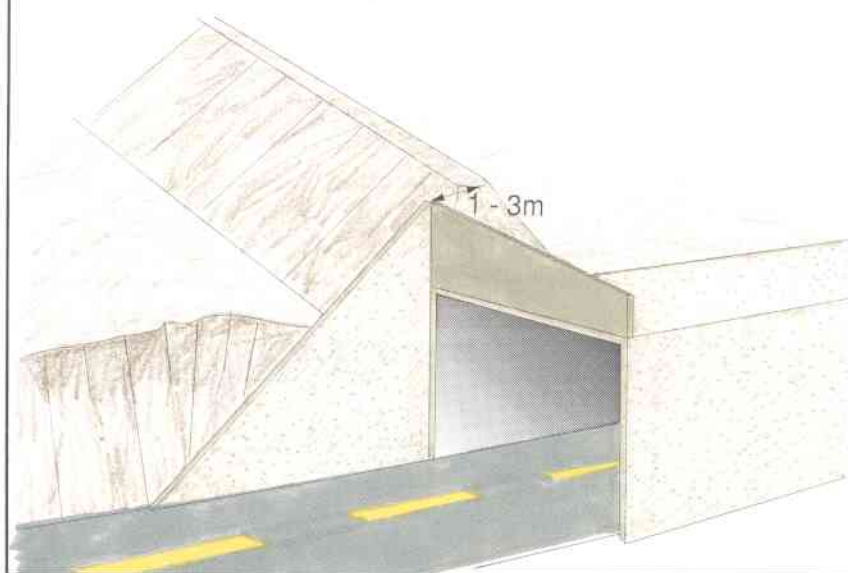
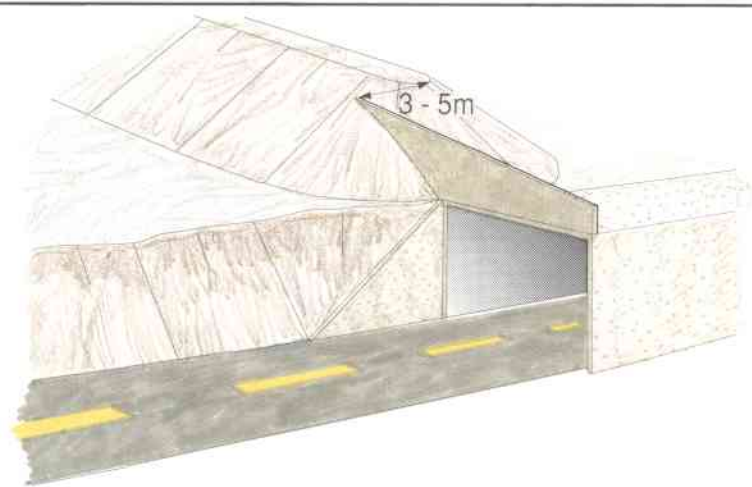
- 1) Ledevollen føres inn til bakveggen av overbygget og kronen av vollen har en retning 3 - 5 m innenfor kanten av overbygget. For å få god kontakt mellom vollen og ledemuren bygges denne med en ving inn mot vollen. Denne utførelsen er mest aktuell der terrenget har moderat helling på terrengsiden av overbygget. Utførelsen krever at overbygget lages 6 - 10 m lenger enn bredden av skredet i det kanaliserte partiet.
- 2) Der terrenget på innsiden av overbygget bare er noe slakere enn naturlig rasvinkel, er det vanskelig å få bygd opp en tilstrekkelig høy ledevoll av friksjonsmasser. Det er da nødvendig å bygge støttemuren i forlengelsen av overbygget like høy som ledemuren for å få en støttfot for ledevollen. Utformingen, som er vist på figur 2.5, kan redusere lengden av overbygget med ca. 3 - 4 m i forhold til tradisjonell utførelse.

Forøvrig bør en bestandig vurdere om det er mulig å bygge ledevollen som tørrmur eller ordnet steinfylling for å kunne redusere lengden av overbygget ytterligere. En tørrmur gir også som oftest et godt visuelt inntrykk.

Høyden på ledemuren bør være minimum 2,0 m i ytre kant og minimum 3,0 m på terrengsiden. Der en forventer spesielt store skredavsetninger på overbygget, kan høyden på terrengsiden økes til 5,0 m. Med hensyn til dimensjonering og utførelse, henvises til Håndbok 100. Bruk av ledevoller vil også bli mer utførlig beskrevet i avsnitt 2.2.5, Terrengiltak.

### **Drenering av overflatevann**

Skred forekommer som oftest i forsenkninger i terrenget hvor det er naturlige bekkeløp, og disse må ledes forbi overbygget. Dreneringen av overflatevannet gjøres enten ved å føre vannet i rør under overbygget eller ved å bygge åpne vannrenner på taket av overbygget, figur 2.6 og 2.7.

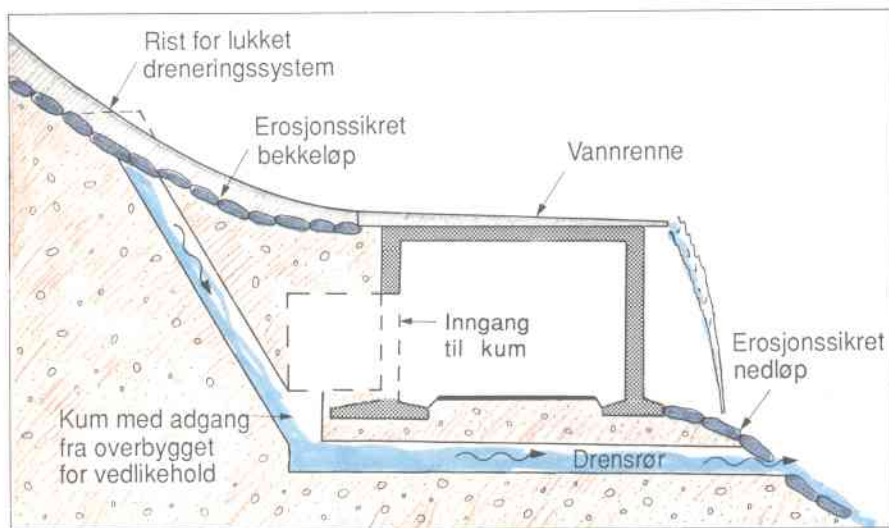


Figur 2.5 Forslag til tilpasning av støttemurer og ledemurer.

Det siste alternativet er som oftest å foretrekke. I disse tilfellene bør vannet føres i et plastret løp fram til overbygget og i en lav, støpt renne på taket. Høyden bør vanligvis ikke overstige 20 - 35 cm for at skredmassene ikke skal bli bremsset mot vannrenna og deretter presset ut til sidene. Fotoet på fig. 2.7 viser et tilfelle der det har vært nødvendig å forhøye den ene vangen på muren på grunn av stor vannføring, og fordi vegen ligger i sterk stigning.

Vannet som føres over overbygget, har stor erosjonseffekt der det treffer bakken. Vannet bør derfor ledes over overbygget slik at det treffer et spesielt erosjonssikret område. Det anbefales også å sikre områdene til side for bekkeløpet i tilfelle vannrenna blir tettet av skredmasser og dreneringsvannet følger andre retninger.

Drenering under overbygget er bare aktuelt der det er vanskelig å fange opp overflatevannet, eller det gir store erosjonsproblemer å føre vannet over overbygget. Der det er sommerveg på utsiden av overbygget, er denne løsningen også aktuell. Rister, rør og sluk må da utformes slik at skredtransporterte løsmasser kan fjernes maskinelt.



Figur 2.6 Eksempler på drenering av overflatevann forbi overbygg.

En mulighet er å føre dreneringen gjennom ledemuren og til side for overbygget. Når en slik løsning blir valgt, bør en ha tilrettelagt for alternativ drenering over taket i tilfelle skredsnø tetter til den opprinnelige dreneringsvegen.

Skredene fører gjerne med seg en blanding av jord, stein og trematerialer. Det er derfor absolutt nødvendig å bygge en tilkomstveg for anleggsmaskiner for å kunne fjerne løsmaterialene og kunne foreta vedlikehold av dreneringssystemet og ledevollene.



Figur 2.7 Eksempel på skredoverbygg med høy ledemur og dreneringsvannet ført i renne over overbygget. (Foto: H. Thorbergsen).

### Stål- og betongkulverter som skredsikring

Kulverter av korrugerte stålrør har vært brukt som vanngjennomløp i mer enn 40 år. Det er imidlertid først i de senere årene at kulvertene er bygd med så stor spennvidde at de kan brukes som en vegtunnel. Den første stålrørskulverten brukt som skredoverbygg, ble bygget på vegen til Veitastrand, Sogn og Fjordane i 1981. Senere er det bygget flere, men hittil bare på en-felts veger. Sirkulære betongkonstruksjoner er også brukt som skredsikring i forbindelse med tunnelportaler, men ennå ikke som selvstendig skredsikring.



Figur 2.8 Rørtunnel kombinert med tørrmurer ved portalene.  
(Foto: H. Norem).



Bruken av korrugerte stålrør forutsetter et samvirke mellom stålpplatene og jordfyllingen rundt disse, og det er jordfyllingen som representerer hovedbæreelementet og det kraftfordelende elementet i det statiske systemet. For å oppnå tilstrekkelig styrke er det nødvendig med en minimum overdekning og sidefyllinger. En generell hovedregel er at sidefyllingene bør ha en bredde tilsvarende høyden for kulverten, og overdekningen bør være minimum 2,5 m innenfor de aktuelle spennviddene.

Skredoverbygg av kulverttypen er derfor mest aktuelt i terreng med relativt liten sidehelling hvor det er mulig å legge opp en tilstrekkelig stor sidefylling. Hellingen på sidefyllingen kan gjøres steilere ved hjelp av armert jord, tørrmur eller ordnet steinfylling, figur 2.8.

Der forholdene ligger til rette for bruk av stålrør har erfaring vist at løpemeterprisen er ca. 50% i forhold til tradisjonelle overbygg av betong.

En vesentlig svakhet ved kulvertene er at det er vanskelig å bygge ledemurer ved portalene. Ledevollene må derfor føres over hele overbygget, og dette krever at kulverten ofte blir 10 - 15 m lenger enn et betongoverbygg. Kulvertene blir derved mer konkurransedyktige i pris når det er snakk om lengre strekninger som skal sikres.

### 2.2.3 BRU OVER SKREDBANEN

Når vegen krysser godt kanaliserte skredløp, kan bygging av bruer over skredløpet være en aktuell sikringsmetode, figur 2.9. Det er da størrelsen av skredet, og ikke vannføringen, som blir dimensjonerende for bruas lysåpning.

En bru som krysser et skredområde kan bli utsatt for store horisontallaster, og skredmassene kan også overføre store oppadrettete laster mot selve bruplata. En slik bru må derfor få en helt spesiell dimensjonering og konstruksjon.



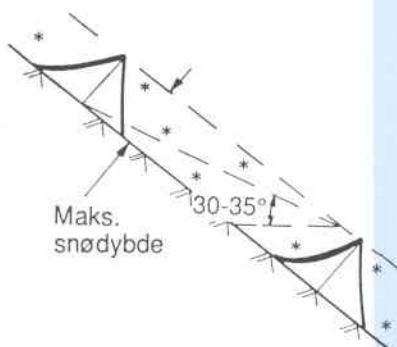
Figur 2.9 Bru bygget over et skredløp.  
(Foto: Kolbeinsens Foto).

De fleste snøskred er materialførende og det er viktig at det bygges en atkomstveg til elvebunnen for å kunne fjerne eventuelle skredmasser slik at bruas lysåpning kan opprettholdes.

En bru som sikringsmetode gir oftest vegen naturlig og god linjeføring ved kryssing av kanaliserte skredløp, samtidig som vegen kan planlegges uten store terrenginngrep på begge sider av brua. En bru gir imidlertid liten sikkerhet mot snøskydelen av skredet, og mot spesielt store skred.

## 2.2.4 STØTTEFORBYGNINGER

Skred kan hindres i å bli utløst ved å forankre snøen i løsneområdene med støtteforbygninger. Forbygningene må dimensjoneres for snøens sigebelastninger parallelt med bakken, og de må ha en høyde som tilsvarer maksimal snødybde på stedet. Vanligvis dimensjoneres de for en returperiode på 30 år.



Figur 2.10 Foto av en støtteforbygning og prinsippskisse for plassering av forbygningene.  
(Foto: J. O. Larsen).

For å hindre utløsning av skred må hele skredets løsneområde sikres. Forbygningene settes gjerne opp i rader, og med øvre rad ca. 10 - 15 m fra toppen av løsneområdet. Avstanden mellom hver rad er avhengig av terreghelling, snøhøyde og terrengets ruhet. En hovedregel er at hellingen fra foten av en rad og til toppen av neste rad skal være ca. 30° - 35°. Vanlig avstand mellom hver rad er gjerne 15 - 25 m, figur 2.10.

Dimensjoneringen av forbygningene er basert på prinsippet om å fange opp de kreftene som skyldes snøsig og glidning av snødekket langs bakken. Dimensjoneringsreglene kan finnes i sveitsiske retningslinjer (EIFSL 1986) og i NGI-publikasjoner.

Støtteforbygningene har tradisjonelt vært laget av stålbejelker, og i enkelte tilfeller med tverrliggere av tre. De senere årene har det blitt introdusert forbygninger av nettype som er konstruert av grovmasket wirenett for å gi nødvendig styrke, og et enklere innernett for å oppnå tilstrekkelig tetthet. Nettforbygningene er rimeligere enn de momentstive forbygningene, og brukes i dag i utstrakt grad.

Fundamenteringen av forbygningene er av vesentlig betydning for totalkostnadene. I fast fjell er fundamenteringen enkel, mens det i løsmasser kan være vanskelig å ta opp de store forankringskreftene. Ved spesielt vanskelige grunnforhold må det monteres store rammekonstruksjoner i betong for å oppnå stive forbindelser. Etter ideer fra Sveits utføres nå fundamenteringen med såkalte sprengankre. Med denne metoden bores det ned foringsrør i løsmassene, og i hvert hull foretas det en liten sprengning for å utvide volumet av hullet. Dette fylles deretter med betong og innstøpt forankring for montering av selve forbygningen.

Forbygninger er en økonomisk forsvarlig sikringsmetode for veger, der løsneområdet har liten utstrekning i høyden, og det ikke er nødvendig med mer enn 2 - 4 parallelle rader. Bratte svaberg hvor det både kan forekomme steinsprang, snøskred og isras, synes å være spesielt gunstig for bruk av forbygninger. I slike områder vil forbygningene holde snøen på plass gjennom hele vinteren slik at også tendensen til iskjøving i svaberget reduseres.

Siden 1986 er det utført forsøk med å montere sikringsnett for å fange opp mindre snøskred og isras som allerede er kommet i bevegelse. Effekten mot stein og is er vel dokumentert, men erfaringene med hensyn til snøskred er ennå mangelfulle. Erfaringene tyder på at nett er mest effektive til å fange opp mindre våtsnøskred og til dels skred med tørrere masser. En del av skredmassene går av og til gjennom nettet, og det er utvilsomt riktig å sette opp to parallelle rader med nett. Det er imidlertid grunn til å advare mot å bruke nett der det kan forekomme større skred som kan ødelegge forbygningene.

## 2.2.5 TERRENGTILTAK

Når en studerer skredfarlig terreng, er det tydelig at skredmassene i stor grad lar seg styre av terrengformasjonene, og at skredets utløpsdistanse avhenger av terrengforholdene. De kunnskapene vi kan samle ved å registrere hvordan terrenget styrer og bremser skred, kan også brukes for å sikre veger ved å omforme terrenget på skredsiden av vegen. Terrengtiltakene vil derfor ha til hensikt å:

- Styre skredmassene mot områder hvor de ikke er til skade, f.eks. over tunneler, overbygg eller til områder parallelt med vegen.
- Brems ned skred slik at skredmassene ikke når fram til vegen.

Terrengtiltak har vist seg mest effektive der det er relativt lite naturlig snø på bakken, hvor de fleste skred består av faste snømasser og hvor hvert enkelt skred har moderat størrelse. Terrengtiltak er derfor best egnet nær kysten og i lavlandet, og minst egnet på fjellvegene.

Terrengtiltak kan aldri gi trafikantene full sikkerhet mot skred, fordi de ikke er effektive mot snøskydelen og spesielt store skred. På den annen side vil terrengtiltakene ikke påvirke den generelle trafiksikkerheten negativt som f.eks. skredoverbygg. I mange tilfeller vil derfor terrengtiltak gi en bedre total sikkerhet enn f.eks. overbygg, som er en dyrere sikringsmetode.

Et terrengtiltak representerer alltid et stort inngrep i naturen, og det får oftest en utforming som bryter med de naturlige landskapsformene. Ved planleggingen er det viktig at både massetak og fyllinger tilpasses eksisterende terreng. Områdene må ryddes og istandsettes så snart tiltakene er ferdige.

### Terrengtiltak for å bremse skred

Av bremseforbygninger er det 2 typer, bremsekjegler og fangvoller. Bremsekjeglene bygges for å redusere hastigheten på skredet, og derved også skredets utløpsdistanse. Fangvoller bygges for å stanse skredet i et bestemt område. I mange tilfeller oppnår en best resultat med å kombinere bremsekjegler med en fangvoll.

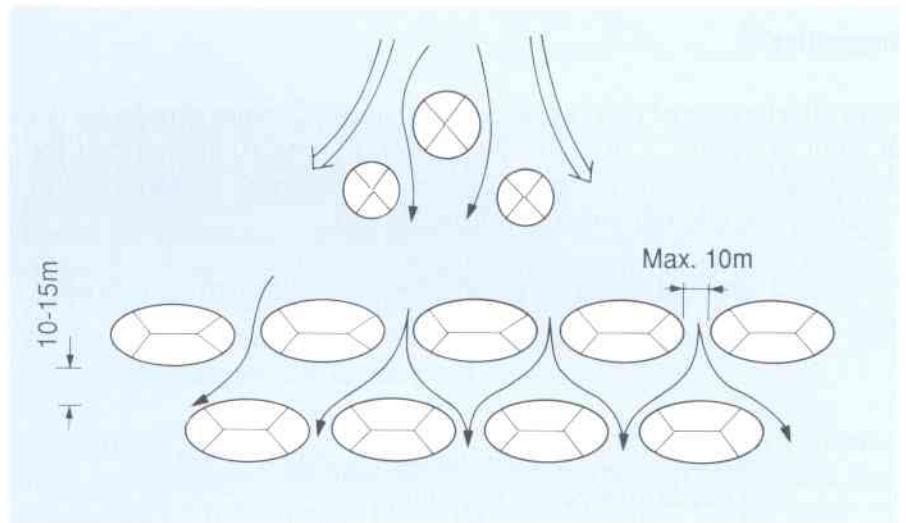
### Bremsekjegler

Bremsekjegler bygges normalt opp av løsmasser, og hensikten med kjeglene er både å øke friksjonen langs bakken ved å lage en ru terrengoverflate, og å øke den indre friksjonen i skredet ved å skape store, interne bevegelser i skredmassene. Kjeglens effektivitet er derfor avhengig av avstanden mellom kjeglene og deres høyde i forhold til høyden på den tunge delen av skredet (skredets flyte høyde).

Plasseringen av kjeglene i terrenget er viktig for å oppnå et gunstig resultat, og en må legge vekt på følgende, figur 2.11:

- Skredmassene bør spres sideveis for å redusere skredets flyte høyde, og for å foreta nedbremsingen over et stort areal.
- Kjeglesystemet bør ha stor utstrekning i skredretningen slik at skredmassene blir påvirket over en lengre strekning.
- Terrenget i kjeGLEområdet bør om mulig omformes og slakes ut for å hindre at skredet kan følge kanaliserte løp.

For å spre skredmassene, er det ofte gunstig å plassere 1 - 3 kjeGLEer relativt høyt oppe og sentralt i skredløpet. Nedstrøms for disse bygges det minst to rader, helst 3 - 4 rader i et sjakkbrettmønster. Det kan imidlertid være riktig å utnytte terrengformasjonene framfor å følge sjakkbrettmønsteret slavisk. Høyden på kjeGLEene kan variere mellom 4 og 8 m, målt i framkant av kjeGLEen og til toppen. De største kjeGLEehøydene er nødvendige der det er store snømengder, og hvor det opptrer større skred.



Figur 2.11 Bremskjegler.  
(Foto: H. Norem).

Tradisjonelt har bremsekjeglene vært bygget som rene kjegler, med kortest mulig avstand mellom hver kjegle. Denne utformingen har vist svakheter ved at skred har kunnet passere nesten uhindret, diagonalt gjennom kjeglerekkene. Det anbefales derfor at kjeglene bygges opp som små voller, med lengde lik kjeglens høyde, figur 2.11. Avstanden mellom kjeglene i hver rekke bør være så liten som mulig, men kan være opptil 10 m i skredretningen.

Erfaringene med bremsekjegler er noe variert. De er effektive mot mindre skred og skred med fuktige masser. Derimot vil større skred oftest passere kjeglene. Virkningsgraden er også sterkt avhengig av terrengets helling, og de anbefales ikke brukt i større hellinger enn 15° (ca. 1:4).

Konstruksjonsmessig er det enklest å bygge kjegler av stedlige masser. I ujevnt og bratt terreng kan det være nødvendig å flytte masser innen skredområdet for å foreta uttak av masser der en har mest nytte av det. Spesielt viktig er det å slake ut terrenget i de bratteste områdene, og fjerne rygger som kan kanalisere skredbevegelsen.

### Fangvoller

Fangvoller bygges på tvers av skredretningen for å stanse skredet før det når fram til vegen. I Norge er fangvoller de siste 10 årene brukt for sikring både av hus og veger, og det er etterhvert samlet et stort erfaringsmateriale om vollenes sikringseffekt.

De faktorer som har størst betydning for vollens effektivitet, synes å være:

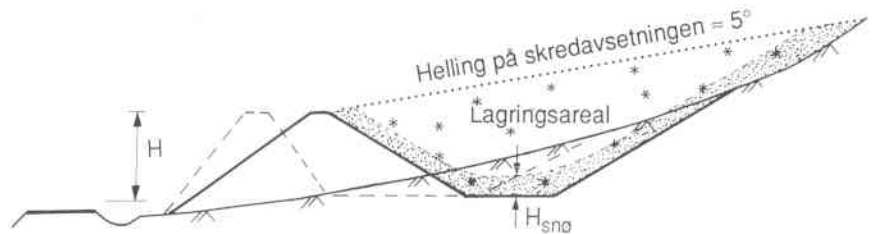
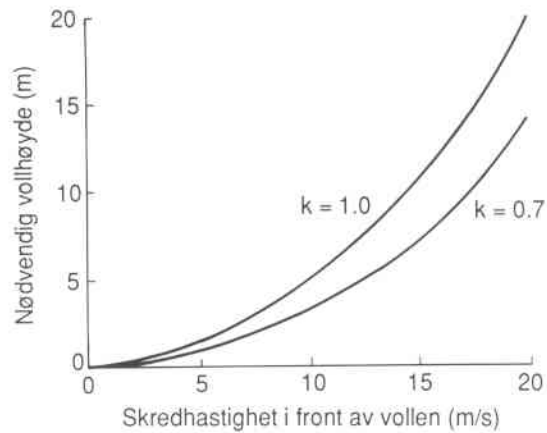
- Vollhøyden
- Skredets hastighet når det treffer vollen
- Skredets flyte høyde og volum
- Terrengets utforming ovenfor vollen
- Skredets fuktighetsgrad

Generelt kan nødvendig høyde på fangvollen beregnes fra følgende formel:

$$H = k \cdot v^2/2g + H_{\text{snø}} \quad (2.1)$$

- hvor:
- H = Nødvendig vollhøyde
  - v = Skredhastigheten
  - k = Konstant (k varierer mellom 0,7 og 1,0)
  - g = Gravitasjonskonstanten (9,81 m/s<sup>2</sup>)
  - H<sub>snø</sub> = Snøhøyden i fronten av vollen

Figur 2.12 Fangvoller.  
Nødvendig vollhøyde og  
lagringsareal for fangvoller.



Likningen viser at skredets oppstigningshøyde er sterkt avhengig av skredhastigheten, se også figur 2.12. Skredhastigheten kan beregnes på grunnlag av eksisterende beregningsmodeller, eller anslås på skjønn, basert på dimensjonerende skredtype og utløpsdistanse. Erfaring tyder på at fangvoller bare er effektive hvis skredhastigheten i fronten av vollen er mindre enn 20 m/s. Det virker også som om det er urealistisk å oppnå en større reduksjon av utløpsdistanse enn 50 - 100 m med bygging av kun én fangvoll.

For å oppnå god effekt av en fangvoll, kan skredhastigheten reduseres med bremsekjegler før skredet når vollen. Dette er som oftest mer kostnadseffektivt framfor å bygge en enkel, stor voll. Det har også vist seg at bremsekjegler bør kombineres med en mindre fangvoll for bedre å kunne kontrollere hvor skredet stopper. Det anbefales derfor som en generell regel at der vi ønsker både å bremse og stoppe skred, bør bremsekjegler og fangvoller kombineres.

En fangvoll stopper skredmassene mer effektivt hvis det er et relativt bredt, horisontalt areal mellom vollen og utgravingsområdet. Dette henger blant annet sammen med at de bakre massene av skredet da overfører mindre krefter mot de fremre massene, og oppstigningshøyden for fronten av skredet blir mindre.

Arealet bak vollen må ha en minimumsbredde på 3,0 m for at det skal være mulig å fjerne skredmassene og sikre vegen mot senere skred. Dessuten er et slikt areal viktig for et effektivt vedlikehold av vollen.

Vollens nødvendige høyde kan reduseres noe hvis den bygges med steile vollsider. Derved kan vollen plasseres nærmere vegen der skredhastigheten ofte er mindre, samtidig som en bratt vollside stopper skred mer effektivt, figur. 2.12.

Fangvollens effektivitet avhenger også av terrengets utforming ovenfor vollen. Vollen må ha et tilstrekkelig lagringsvolum for skredsnøen for å hindre at ikke bare fronten av skredet stoppes, men at det også er plass for de bakre massene i skredet. Lagringsvolumet kan grovt anslås ved å trekke en linje med ca. 5° helling fra toppen av vollen, figur 2.12.

Konstanten  $k$  i likning 2.1 gis laveste verdi 0,7 når dimensjonerende skred består av fuktig skredmasse, og det er en minimum 10 m bred grøft mellom vollen og utgravingsområdet. Den høyeste  $k$ -verdien, 1,0, velges når vollen også kreves effektiv mot tørrsnøskred og sørpeskred, og hvis det bare er en mindre grøft i framkant av vollen.

Et spesielt problem ved bruk av fangvoller er drenering av flomvann fra de bratte fjellssidene. De fleste skred følger forsenkninger i terrenget, hvor det også er bekkeløp. Ved bygging av fangvoller må bekkene dreneres ved hjelp av gjennomgående kulverter, eller ved å føre bekkeløpene ut til siden for vollen. Den siste løsningen er å foretrekke, men en må da sikre seg at terrenget utformes slik at skredmassene ikke følger det nye bekkeløpet. Dette kan f. eks. gjøres ved å bygge to eller flere parallellforskjøvede voller slik at vannet kan slippe forbi ved en S-formet bevegelse. Dette tilsier at jo større problem en har med overflatevannet, jo mer favoriseres bruken av bremsekjegler eller flere og mindre fangvoller.

### Bruk av brede grøfter og flytting av veger

De fleste skred som sperrer veger er relativt små, og de stopper enten i vegen, eller passerer vegen med få meter. I slike tilfeller skal det lite til av terrengtiltak for å bedre sikkerheten vesentlig. Utflytting av vegen, eller utgraving av brede grøfter, har gitt god bedring i skredsikkerheten. Figurene 2.13 og 2.14 viser enkelte eksempler på slike brede grøfter.

Ved utforming av grøfter, er det viktig at skred både skal stoppes effektivt, og at skredmassene skal kunne fjernes maskinelt for å forberede for neste skredperiode. Det anbefales derfor å utforme grøftene med en helling på ca. 1:5, slik at maskiner kan arbeide både langs og på tvers av vegens retning. En alternativ utførelse er å ha en 1 - 2 m dyp og en bred, horisontal kjørbare grøft.

Bredden av grøfta bør velges avhengig av skredets hastighet og størrelse. I de fleste tilfellene er det ønskelig med 10 - 15 m bredde, og minimumsbredden er 3,0 m. Grøftene har best effekt når skredmassene faller nesten loddrett ned i grøfta. Hvis forholdene ligger til rette for det, er det ønskelig å ta ut all løsmasse mellom vegen og en eventuell bratt fjellside, for å utforme vegen med en bratt skjæringsskråning.

Mer effektivt er det selvsagt å foreta større omlegginger for å få god avstand mellom vegen og fjellside. I enkelte tilfeller er vegen også blitt flyttet ut på fylling i vann.



*Figur 2.13 En bred grøft stopper effektivt mindre skred. Det er også mulig å fjerne skredmassene i stabile perioder for å forberede for neste skredperiode. (Foto: H. Norem).*



*Figur 2.14 Når vegen flyttes mer enn 30 m fra fjellsiden, har en sikret vegen mot de fleste skred av normal størrelse. (Foto: H. Norem).*



Et vannmagasin har både positive og negative effekter. Det positive er at de avlagrete massene i sjøen delvis smelter mellom hver skredperiode, og at vannet bremser skredbevegelser effektivt. Det negative er at skred kan generere bølger som er farlige for trafikantene. Dessuten er det nødvendig med rekkverk på en fylling i vann, og det blir kostbare skader når sjeldne, store skred passerer vegen. Skadeomfanget kan imidlertid reduseres hvis rekkverket seksjoneres i det skredutsatte området.

Et vannmagasin bryter med de vanlige regler for vegestetikk, og vegen på en fylling i vann kan gi en uheldig estetisk løsning. Den økologiske konsekvensen for den delen av vannet som blir innestengt må også vurderes.

## Ledevoller som separat sikringstiltak

Bruk av ledevoller i forbindelse med bygging av skredoverbygg, er behandlet i et tidligere avsnitt. Når ledevoller brukes som et separat sikringstiltak, er hensikten å endre skredets retning slik at det får en retning mer eller mindre parallelt med vegen. Fordi hensikten med slike voller er å endre skredretningen, må disse gjøres høyere enn voller som står parallelt med skredet, og som bare skal hindre at skredet brer seg ut til siden. Følgende likning kan brukes for å beregne nødvendig vollhøyde for ledevoller:

$$H = k v^2/2g \sin^2 \alpha + H_{\text{sne}} \quad (2.2)$$

hvor:  $\alpha$  = Vinkelen mellom skredets og vollens retning

En ledevoll bør ikke ha større vinkel i forhold til skredet enn  $25^\circ$  der skredet først treffer vollsiden. Det anbefales derfor å utforme ledevollen med liten vinkel mot skredet i øvre del av vollen, og øke vinkelen gradvis nedover i skredbanen. Det kritiske punktet på enhver ledevoll er der retningsendringen av skredet skjer hurtigst, og det er på dette partiet at vollen bør ha størst effektiv høyde, figur 2.15.

Ved bygging av vollen må det sikres at det er god plass mellom vollen og terrenget for at skredmassene ikke skal stuves opp i innsnevring i skredløpet. Det må videre sikres at det er god lagringsplass for skredsnøen i skredets utløpsområde.

En ledevoll bør utformes med konstant stigning på vollkrona, framfor å ha konstant høyde over terrenget. Dette er viktig fordi der det er forsenkninger i terrenget er det størst sannsynlighet for at skredet har stor mektighet, og det er derfor behov for ekstra stor vollhøyde ved kryssing av forsenkninger.

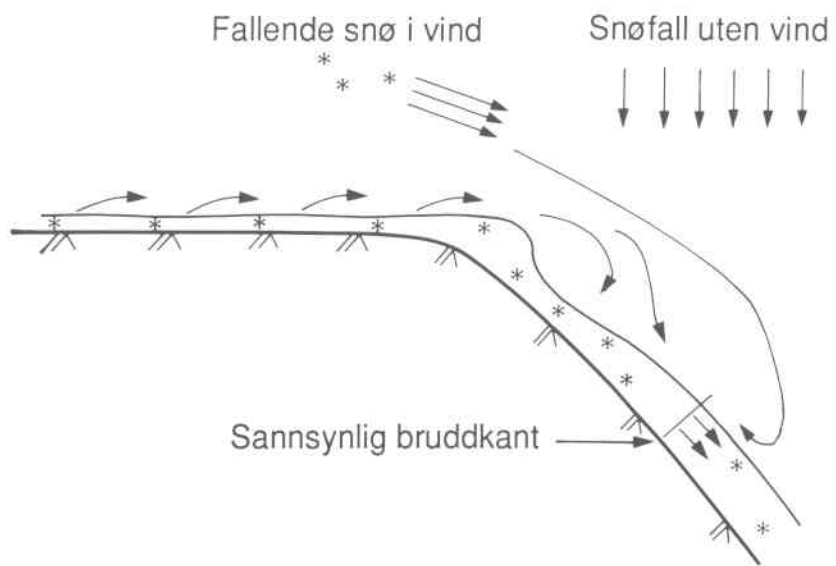


Figur 2.15 Ledevoller kan brukes som separate sikringstiltak ved å endre skredets retning parallelt med vegen. (Foto: A. Hustad).

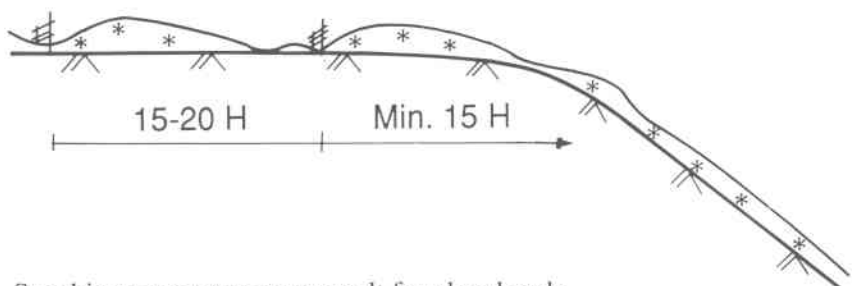
## 2.2.6 SNØSKJERMER

I dette avsnittet blir bruken av snøskjerner som sikringsmetode mot snøskred beskrevet, mens tradisjonell bruk av snøskjerm mot drivsnø og forslag til konstruksjon av skjerner, er behandlet i avsnitt 3.5.1, Snøskjerner.

Hensikten med å bruke snøskjerm som sikringsmetode, er å samle drivsnøen på et fjellplata før snøen ellers ville samle seg i de skredfarlige fjellsidene. Skjermen kan enten brukes som separat sikringsmetode, eller den kan kombineres med andre metoder, f.eks. støtteforbygninger i skredets løsnemråde. I det siste tilfellet brukes snøskjermen for å redusere snømengden i fjellsida, slik at hovedsikringsmetoden kan utføres rimeligere.



Snødekket i en fjellside består av snø som er transportert dit av fallende snø med og uten vind, og drivsnø som er transportert langs bakken. Snøskjerner er bare effektive mot drivsnøen.



Snøskjerner settes opp normalt framherskende vindretning. Avstanden mellom første skjermrad og fjellsiden bør være min. 15 ganger skjermhøyden, H, og avstanden mellom skjermradene 15-20 ganger skjermhøyden.

Figur 2.16 Plassering av snøskjerner for sikring mot snøskred.

Eventuelle snøskjermer som settes opp for å redusere snømengden i en fjellside, virker bare på drivsnømengden langs bakken. Det er derfor bare en begrenset andel av de tilførte snømengdene som kan holdes tilbake ved hjelp av snøskjermer.

Følgende betingelser må være oppfylt for at snøskjermen skal være effektiv til å redusere antall skred på vegen, figur 2.16:

- Skredets løsneområde må være en leside i forhold til de dominerende vindretningene.
- En vesentlig del av snøen i skredets løsneområde må være transportert langs bakken.
- På vindsiden av skredområdet bør det være et stort platå for å kunne samle snøen på et skredsikkert område.
- Det bør ikke være større høydeforskjell enn ca. 100 m mellom skredets løsneområde og platåets nivå, fordi dette antas å være den maksimale utstrekning av skjermens effektive lesone.

Når en skal plassere skjermer i terrenget, må en vurdere terrengforholdene, framherskende og nedbørførende vindretninger og hvordan snøen fordeler seg i området.

Snøskjermer som har som formål å sikre mot skred, settes gjerne opp i værharde områder og hvor det er betydelige snømengder. Det er derfor ønskelig å bruke høye snøskjermer, 4,0 - 5,0 m, og som er dimensjonert for store vind- og snøsiglaster. Der det er behov for høyere skjermer enn 5,0 m, anbefales det heller å sette opp to eller tre parallelle rader med skjermer for å oppnå tilstrekkelig samleffekt.

Snøskjermene bør plasseres på langsgående rygger i terrenget, eller områder med mindre snø enn gjennomsnittlig for området. Snøskjermene bør også plasseres mest mulig normalt på framherskende vindretning for å oppnå størst samleffekt. Snøskjermene har størst samleffekt hvis terrenget heller svakt på lesiden av skjermen. Er terrenghellingen større enn ca. 10° ved skjermen blir snøsigkrefteene mot skjermen betydelige, og en bør derfor være forsiktig med å bruke snøskjermer i sterkt hellende terreng. Av estetiske hensyn bør en være forsiktig med bruk av snøskjermer hvis disse vil danne en kunstig horisont sett fra vegen.

En lefonn fra en snøskjerm får vanligvis en utstrekning på ca. 15 ganger skjermens høyde. Denne lengden kan bli noe større når vinden blåser med terrenghellingen. Minimumsavstanden mellom det skredfarlige terrenget og første skjermrad bør derfor være 15 ganger skjermhøyden, figur 2.16. Der det er nødvendig med flere skjermrader bør avstanden mellom radene være minst 15 - 20 ganger skjermhøyden. Bruk av snøskjermer krever derfor relativt store åpne flater på lovart side av fjellsiden for å være effektive.

## 2.2.7 REGISTRERING AV SKRED OG VARSLING TIL TRAFIKANTENE

Forsøk har vist at det er mulig å oppdage steinsprang og fjellskred en viss tid før massene settes i full bevegelse. Tilsvarende forhåndsvarsler har man også lenge forsøkt å registrere når det gjelder snøskred. Håpet har vært at man kunne registrere små bevegelser eller lydsignaler som kunne gi tid nok til å stenge vegen, og organisere eventuell omkjøring. Forsøkene har imidlertid ikke lyktes.

Langt lettere er det å registrere skredet idet det har kommet i bevegelse. Til gjengjeld har en da kortere tid til varsling og evakuering. Tiden vil være maksimalt ca. 30 sek., men oftest bare ca. 10 - 20 sek.

Det finnes flere system for registrering av skred som er satt i bevegelse. Det vanligste er at skredet fører til en belastning eller en bevegelse i en eller annen konstruksjon i skredbanen. Konstruksjonen kan være en port som blir åpnet, en mast som blir belastet, eller belastning av en wire som er spent over skredbanen.

I Norge er det i drift flere anlegg hvor skredbevegelsen blir registrert av geofoner. Dette er rystelsesmålere som er utviklet for seismiske undersøkelser, og de registrerer rystelser i bakken skapt av skredbevegelsen, figur 2.17.

Geofoner er spesielt følsomme instrumenter, og de kan registrere både nedfall av stein og rystelser fra tungtrafikk i stor avstand fra der rystelsen skapes. Vanskeligheten med å bruke geofoner er derfor ikke å registrere skredet, men å velge et fornuftig følsomhetsnivå for å unngå for mange feilregistreringer.

*Figur 2.17 Geofoner kan brukes til å registrere skred som er i bevegelse. Trafikantene blir varslet om skredet med lys- og lydsignaler. (Foto: A. Hustad).*



Geofoner er rimelige i innkjøp og montering. Dessuten produserer de selv strøm ved registreringen. Det er derfor ikke nødvendig å ha en strømførende kabel fra vegen og opp til geofonen. Dette er imidlertid nødvendig for alle de andre registreringsmetodene.

Utgangssignalet fra geofoner blir ført i kabel ned til et elektronisk styringssystem ved vegen. Ved et tilstrekkelig sterkt signal, vil trafikantene bli varslet ved at røde signallys i hver ende utenfor skredområdet blir slått på. I henhold til Vegnormalene, Håndbok 050, er det nødvendig å bruke to lyshoder med blinkende rødt lys. Det anbefales videre å montere kraftige ringeklokker sammen med trafikklysene for ytterligere å varsle trafikantene, og også få gitt varsel til eventuelle fotgjengere i skredområdet. Generelt vil skred ha en hastighet på 40 - 60 m/s (144 - 216 km/t). Trafikkhastigheten under snøfall vil oftest være 50 - 60 km/t (14 - 17 m/s). Skredhastigheten vil derfor generelt være ca. 3,5 - 4,5 ganger så stor som trafikkhastigheten. Ut fra denne opplysningen bør avstanden fra vegen til geofonene være ca. 4 ganger avstanden mellom lyshodene. I tillegg må det også tas hensyn til stoppdistansen for bilene, slik at det anbefales å bruke et forholdstall på 5.

Geofonene bør plasseres sentralt i skredbanen og på forhøyninger som blir påvirket av skredet. Vanligvis bør det plasseres 3 - 4 geofoner for å være sikker på å få registrert skredet. Det anbefales å beskytte geofonene mot skredbelastningen ved å støpe rundt dem. Ledningene fra hver geofon føres mest mulig beskyttet fram til en koplingsboks, og videre til vegen hvor de kobles til et styringsskap.

Lyshodene må plasseres slik at bilistene blir stoppet på et sted som er trygt for skred. En må derfor ta hensyn til hvor stort skredet kan bli i ekstreme tilfeller, og om det kan utløses skred mot de steder hvor det kan bli dannet eventuelle køer.

Det røde lyset må stå på i en tid som er tilstrekkelig lang til at man med sikkerhet vet at eventuelle skred har passert vegen. Etter at det røde lyset slås av, skal et gult lys blinke kontinuerlig til mannskap kommer til rasstedet. Det viser seg nemlig at det kan oppstå ulykker ved at bilister kjører inn i skredmasser på vegen. Ved gult lys er det imidlertid tillatt å kjøre videre hvis vegen er framkommelig.

Ut fra de erfaringer vi har i dag, synes det som om geofoner registrerer skred effektivt, og at varslingen til trafikantene er tilfredsstillende. Varslingstiltak vil derfor gi en sikkerhetsmessig gevinst. Derimot vil vegens regularitet stort sett bli den samme om man har dette utstyret eller ikke.

## **2.2.8 KUNSTIG UTLØSNING AV SKRED**

I Norge er det satt strenge krav til utløsningsmetodene, og det er satt krav om at sprengstoffet skal kunne avfyres under alle værforhold og med minimal risiko for de som behandler det. De metoder som er mest brukt, er bruk av taubane og forhåndsutlagte ladninger. I enkelte situasjoner utføres det også sprengning med manuell plassering av sprengstoffet umiddelbart før sprengning.

Den gunstigste plasseringen av sprengstoffet i forhold til snødekket, er å foreta detoneringen 2 - 5 m over snøoverflaten. Hvis dette ikke er mulig, bør sprengstoffet enten ligge på snøoverflaten eller ha kontakt med bakken. Dårligst utnytting av sprengingsenergien får en hvis sprengstoffet er plassert nede i snøen.

Sprengstoffet har best effekt når det er overveiende strekk- og skjærspenninger som holder snødekket på plass. Derfor bør sprengning helst foretas under eller umiddelbart etter et snøfall når det er stor skredfare. Sprengningseffekten er også best i tørr snø. Om våren derimot, når det har vært en spenningsomlagring i snødekket, har sprengstoffet mindre virkning.

Sprengstoffets effektivitet er avhengig av at det blir plassert der spenningene i snødekket er størst. I tørr snø bør en foreta sprengningen i nærheten av der en forventer en bruddkant, eller der snødekket har stor mektighet. Eldre snødekker har sitt kritiske område i trykksonen, og sprengstoffet bør plasseres lenger nede i skredbanen sent på vinteren.

Bruk av sprengstoff medfører bestandig en risiko. Det har derfor vært utført flere forsøk for å finne fram til alternativ til sprengstoff som har sikrere bruks- og lagringsegenskaper. Den mest lovende metoden synes i dag å være gassblandinger av acetylen og oksygen, eller propan og oksygen. De to gassene blir da lagret hver for seg og blandes først umiddelbart før bruk.

Frankrike har kommet lengst med utvikling av detonering av gassblandinger for å utløse skred, men det er også utført mindre forsøk i Norge.

Bruk av sprengstoff for å utløse skred har aldri fått noen stor utbredelse i Norge. I Alpelandene og i Nord-Amerika er det imidlertid en omfattende bruk av sprengstoff, både for sikring av veger og spesielt for sikring av skiområder. De sprengingsmetodene som hittil er tatt i bruk er:

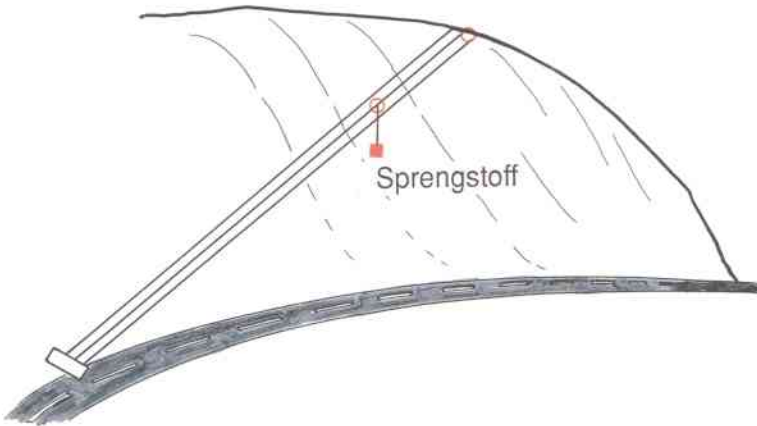
- Skyting med bombekastere, artilleri eller spesialbygde kanoner
- Plassering av sprengstoff ved å kaste det ut fra helikopter
- Manuell plassering fra skredsikre standplasser
- Utkjøring av sprengstoff ved hjelp av taubane
- Detonering av ladninger som blir lagt ut om høsten og tilkopleet eget avfyringssystem.

De to første metodene er hittil ikke tillatt brukt i Norge av Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern, da en ikke har kontroll over eventuelle blindgjengere.

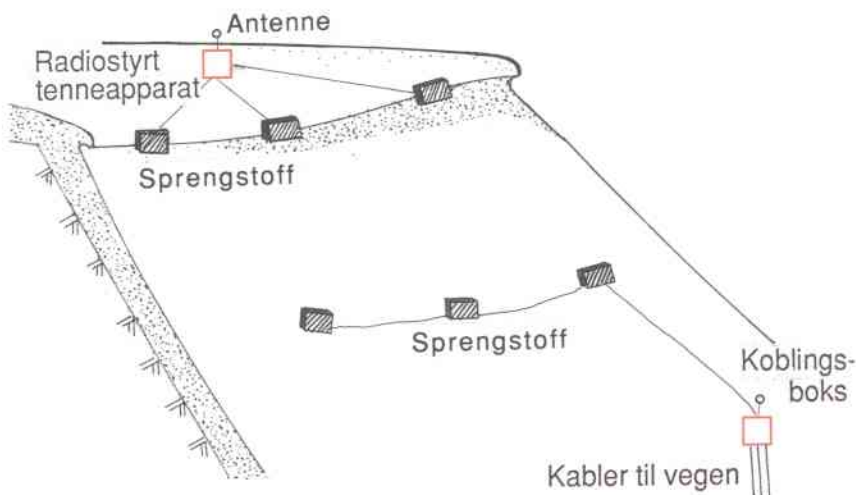
## Taubaner

Taubaner bygges for å kunne frakte sprengstoff fra vegen og opp til skredets utløpsområde umiddelbart før sprenging. Taubaner er først og fremst aktuelt der følgende kriterier er oppfylt:

- Høydeforskjellen mellom vegen og skredets løsneområde er moderat, og ikke mer enn 500 - 600 m.
- Det finnes en sikker standplass for å operere taubanen, og hvor det er god oversikt over skredområdet.
- Terrengforholdene gjør det mulig å ha minimum 15 - 20 m fri høyde mellom kabelen og terrenget.
- Eventuelle skred ikke kan bli så store at hus eller dyre konstruksjoner kan bli ødelagt.



Taubaner brukes for å transportere sprengstoffet til løsneområdet umiddelbart før sprenging. Sprengstoffet henger i et 10-20 m langt tau under sprengingen.



Forhåndsutlagte ladninger plasseres enten i skredets løsneområde eller der det danner seg en skavl. Sprengstoffet detonerer med et radiostyrt tenneapparat eller et kabelstyrt tenningsystem.

Figur 2.18 Metoder for kunstig utløsning av skred ved hjelp av sprengstoff.



Taubanen bør bygges med en bærekabel med en variabel stramming og en trekk- og returline. Hensikten med å kunne variere strammingen på bærekabelen er å kunne senke sprengstoffet ned mot snøen under sprengningen, figur 2.18.

Sprengstoffet, 5 - 20 kg, festes til en løpekatt med et ca. 15 m langt tau, og det henger i tauet under sprengingen. Detoneringen har hittil foregått ved at en tjærelunte med brenntid på ca. 15 min. er tent før utkjøring av sprengstoffet. Det er imidlertid utviklet spesielle løpekatter hvor en både kan senke sprengstoffet til ønsket høyde og foreta tenningen radiostyrt.

Erfaringene med taubaner så langt er god. Det er også mulig å bruke dem under værforhold med dårlig sikt hvis kablene merkes tydelig. Det er imidlertid visse problem med å bruke dem i sterk vind. Den største hindringen for at taubaner skal få en mer utstrakt bruk, er kostnadene ved store høydeforskjeller, og vanskeligheter med å finne en skred-sikker plass for dem som skal operere taubanen.

### **Forhåndsutlagte ladninger**

Ladninger som legges ut om høsten, bør fordeles i flere serier, slik at en kan foreta sprenging flere ganger hver vinter. Vanligvis er det tilstrekkelig med fem uavhengige serier, men flere serier kan være nødvendig i områder med mange uværsperioder hver vinter.

Utlegging av sprengstoff med ferdig montert fenghette er i strid med sprengstoff-forskriftene, og det kreves tillatelse fra Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern i hvert enkelt tilfelle. Tillatelse er ikke mulig å få med mindre det er minimal ferdsel både om høsten og vinteren der dynamitten plasseres. Det må også påvises at alternative sikringsmetoder ikke er mulig eller er vesentlig dyrere.

Det er to prinsipper for plassering av sprengstoff (figur 2.18):

- 1) Plassering der det danner seg en markert skavl rett ovenfor løsneområdet. Sprengstoffet legges oftest ut med 50 - 100 kg i hver serie, og avstanden mellom hver ladning på 25 kg er 5 - 10 m. Skyteledningene føres inn på plataet hvor det ikke er fare for skred. Når det sprenges vil snøskavelen løsne, og det er en kombinasjon av sprengingen og vekten av den fallende skavlen på de ustabile massene nedenfor som utløser skredet.
- 2) Sprengstoffet plasseres i selve løsneområdet. I dette tilfellet får en best effekt hvis sprengstoffet plasseres nær forventet bruddkant. Om våren har sprengstoffet bedre effekt i nedre del av løsneområdet. Det kan derfor være aktuelt å legge ut én eller to serier lenger nede i løsneområdet.

Der det er mulig å sprengne skavler bør denne metoden brukes. Ledningene kan da føres fram til et skredsikkert sted, og det er mulig å foreta reparasjon av tenningsystemet og eventuelt foreta manuell sprenging av de forhåndsutlagte ladningene.

Det er en forutsetning for å kunne bruke forhåndsutlagte ladninger at detoneringen kan foretas fra et sikkert sted, og helst nær vegen. I Norge er det utviklet to tenningsystemer for fjernstyring, et radiostyrt og et kabelstyrt.

Bruk av lange kabler i forbindelse med sprenging, har sikkerhetsmessige konsekvenser på grunn av faren for indusering av høye spenninger i kablene. Det er derfor ikke tillatt å koble fenghettene til lange kabler uten å ta spesielle forholdsregler.

Det kabelstyrte systemet som er tatt i bruk i Norge har to kretser for hver fenghette. Når systemet ikke er i bruk er fenghettekretsen brutt i en reléboks nær sprengstoffet. Kort tid før sprenging settes det på en intern spenning som fører til at reléet kopler inn fenghettekretsen. Sprenging kan foretas med et vanlig skyteapparat. Dette systemet har vist seg driftssikkert, og er vel egnet der avstanden fra koblingsboksen og til løsneområdet er mindre enn 1000 - 1500 m.

Det radiostyrte systemet er basert på at det skal sendes både en bærebølge med en viss frekvens og en 5-tones kombinasjon først for å åpne stasjonen, og deretter en ny kombinasjon for valg av hvilken serie som skal sprenges. Det kreves stor batterikapasitet for å gjennomføre sprengingen. De systemer som er i drift står som oftest på bare 1 - 2 timer pr. døgn for å spare batteriene, og sprenging kan derfor bare foretas i denne perioden.

Driftsikkerheten for radiostyrte tenningsystem har hittil vært varierende, og metoden anbefales bare der hvor avstanden fra vegen til løsneområdet er for stor for kabelstyrt sprenging.

Sprengstoffet må legges ut på steder hvor det ligger beskyttet mot snøsigkrefter, eller mot skred som passerer over. Hvis det ikke er mulig å finne naturlige steder, må det graves eller sprenges ut groper for plassering av sprengstoffet.

Forhåndsutlagte ladninger må av sikkerhetsmessige grunner bare detoneres med HU-tennere. Det radiostyrte tennapparatet eller reléboksen forbindes med sprengstoffet enten med elektriske kabler eller med detonerende lunte.

### **Manuell plassering umiddelbart før sprenging**

I forbindelse med akutt skredfare kan det være ønskelig å foreta kunstig utløsning av skred på steder hvor det ikke er forberedt for slik sprenging. Det er da nødvendig å arbeide fra et skredsikkert sted ovenfor skredets løsneområde.

De aktuelle sprengingsmetodene er:

- Nedsprenging av skavler over skredets løsneområde. Sprengstoffet graves ned i skavlen og det er nødvendig å bruke ca. 10 kg sprengstoff i hvert hull med ca. 5 m hullavstand, og totalt ca. 50 kg ved hver sprenging.
- Nedfiring av sprengstoff fra et sikkert område og til skredets løsneområde ved å feste 10 - 20 kg sprengstoff til et akebrett. Tenningen foretas helst med elektrisk fenghette, men tjærelunte kan også brukes.

Ved alt arbeid med manuell sprenging er det viktig at den som plasserer sprengstoffet sikres forsvarlig i tilfelle skavlen løsner under arbeidet, eller vedkommende glir i det bratte terrenget. Sikringstau må derfor benyttes og sikringsmannskaper skal være på plass.

## 2.3 Planlegging av sikringstiltak

### 2.3.1 VALG AV SIKRINGSNIVÅ

Valg av sikringsnivå er et vanskelig følelsesmessig problem, fordi det fra samfunnets side ofte må kunne aksepteres noe dårligere regularitet og muligens sikkerhet, på lavtrafikkerte enn på høytrafikkerte veger. På den annen side vil enhver trafikant kreve den samme sikkerheten for sin person uansett hva slags veg vedkommende trafikkerer.

Offentlige myndigheter har vedtatt minstekrav til sikkerhet for plassering av bygninger i skredutsatte områder, Plan- og bygningslov av 1986 og Byggeforskrift 1987, kap. 51:4. Største nominelle, årlige sannsynlighet for skred er i byggeforskriften fastsatt til  $10^{-3}$  (returperiode 1000 år). Dette kravet gjelder også alle former for brakker hvor det skal oppholde seg personer i lengre tid om vinteren.

Tilsvarende spesifikke krav til anleggsplasser eller for vedlikehold av eksisterende veger finnes ikke. Forskrifter til Arbeidsmiljøloven, best. nr. 299 "Snøskredfare ved oppholds- og anleggssteder" har følgende generelle krav:

- (1) I de tilfeller der den faglige vurdering under planleggingsfasen viser at det foreligger skredfare innenfor anleggsområdet, skal skredsakkyndig ved befaring vurdere hvilke sikrings- og beredskapstiltak det kan være nødvendig å gjennomføre. Det skal samtidig fastlegges hvilke forholdsregler som må følges i skredfarlige situasjoner.
- (2) Snøbrøyting på utsatte steder i skredfarlige situasjoner må ikke forekomme. Brøytemannskap skal ha radiotelefon eller annet sikkert kommunikasjonsutstyr til rådighet.

Arbeidsmiljøloven setter derfor strenge krav til når anleggs- og vedlikeholdsarbeid kan pågå i skredfarlige situasjoner. Sikkerhetskravene kan oppnås ved hyppige stenginger eller med fysisk sikring av vegen, og det vil da være samfunnets krav til regularitet som bestemmer i hvilken grad vegen skal sikres mot å bli sperret av skred.

Det foreligger ingen sentrale retningslinjer i Statens vegvesen om krav til regulariteten på vegnettet. Ved et vegkontor er det i langtidsplanen for 1993 - 1996 satt følgende målsetting:

Vegtype	Antall vegstenginger i løpet av en 20-års periode
Stamveger og viktige riksveger	4
Øvrige riksveger og viktige fylkesveger	20
Øvrige veger	Ingen krav

Denne målsettingen setter krav til antall vegstenginger, og ikke til antall skred som sperrer vegen. Perioder med mange skred på én dag og på én vegstrekning, vil bli registrert som én stenging.

Målsettingen for sikringsarbeidet vil derfor være å bedre regulariteten til det valgte nivået, og dette kan oppnås ved:

- Sikring av vegen i alle skredområder med hyppige skred, og hvor vegen erfaringsmessig sperres i værissituasjoner hvor det ellers er liten skredaktivitet.

De skredområdene hvor sikringstiltakene får minst effekt med hensyn til regulariteten, er områder med relativt sjeldne skred, og som utløses i værissituasjoner med generell stor skredaktivitet på hele vegstrekningen. En kan derfor etter at sikringstiltakene er utført fortsatt akseptere at vegen sperres i mer ekstreme værissituasjoner og hvor enkelte skred kan ha en sjelden stor utbredelse.

Det er en politisk og administrativ oppgave å inndele vegnettet og bestemme sikringsnivå for hver vegstrekning. De viktigste faktorene som inngår i en slik vurdering synes å være:

- Trafikkmengde
- Trafikktyper
- Eventuell skolebarnkjøring
- Omkjøringsmuligheter i tilfelle vegsperring

Spesielle krav stilles ofte til vegstrekninger hvor det bare er ett eller to skredområder hvor vegen kan sperres. Både trafikanter og vegholdere er da uforberedt på skred og hvordan en skal leve med skredfaren. Dette fører ofte til lengre stengingsperioder når skredfare opptrer, og sterkere krav om sikring av vegen.

Rimeligere sikringstiltak gir som oftest en begrenset sikringseffekt. Hvis sikringstiltakene ikke fanger opp mer enn 50 - 60% av skredene, synes det som om publikum vanskelig aksepterer investeringene, og det vil bli reist krav om mer omfattende sikring. Ved siden av generelle krav til regularitet for vegstrekningen bør det også settes krav til effekten av det enkelte sikringstiltaket.

### 2.3.2 FORUNDERSØKELSER

#### Nye vegprosjekt

Ved bygging av nye veger er det oftest begrenset lokal kunnskap om skredaktiviteten der vegen planlegges. Det er derfor nødvendig å samle inn alle tilgjengelige opplysninger om terreng, vegetasjon og klima for å kunne utarbeide en best mulig analyse om hvor skredene vil gå, og ved hvilke vær-situasjoner de vil bli utløst.

Studier av terrenget gjør det mulig å sette opp prognoser for hvilke vær-situasjoner som kan gi skred i de enkelte skredløpene. Samtidig kan Meteorologisk Institutt behandle sine vær-observasjoner statistisk og utarbeide sannsynligheten for hvor mange tilsvarende situasjoner som vil opptre hver vinter. En slik analyse er et godt hjelpemiddel for å anslå forventet regularitet for en planlagt veg.

Terrengforholdene og vegetasjonen vil gi gode svar på hvor store skred med en relativt stor hyppighet forekommer. Derimot kreves det lengre erfaring for å utarbeide nøyaktige hypoteser for følgende vesentlige faktorer:

- Utløpsdistanse og sidebegrensing for den dimensjonerende returperiode.
- Utløpsdistanse og sidebegrensing for skred med liten hyppighet, men som det likevel bør tas hensyn til under planleggingsprosessen.
- Områder hvor det er hyppige skred, men hvor hvert skred er så lite at det i liten grad påvirker vegetasjonen.
- Områder med steinsprang, isras og sørpeskred.

Forundersøkelsene bør også omfatte grundig kartlegging av skredaktiviteten gjennom så mange vintersesonger som mulig. Det er da viktig også å få registrert mindre skred og utglidninger. Hvis terrenget er vanskelig tilgjengelig om vinteren, anbefales det å sette opp skredmarkører i de potensielle skredløpene. Dette er lette konstruksjoner som vil tåle vind- og snøsigkrefter, men bli ødelagt av snøskred.

Lokalkjente kan gi viktige informasjon om skredaktiviteten. De gir vanligvis gode opplysninger om når det går skred, og hvor det går store skred. Imidlertid er det sjelden at mindre skred registreres. Bruk av lokalkjente er derfor viktig, men reduserer ikke behovet for egne undersøkelser.

## Eksisterende veger

Når det skal foretas sikring av eksisterende veger, er det vesentlig å få gode opplysninger om skredaktiviteten, fordi Vegvesenet over tid bygger opp et stort erfaringsmateriale. Imidlertid er det sjelden at disse kunnskapene er systematisert, og en må også for eksisterende veger sammenlikne opplysningene med de vurderinger en kan utarbeide ved å studere terreng og klimaforhold.

Det er dessuten viktig å vurdere om det er mulig å oppfylle andre målsettinger når en foretar store investeringer i skredsikring. Dette krever at det innhentes opplysninger om også andre forhold enn de rent skredtekniske for å kunne utarbeide gode sikringsplaner. De viktigste opplysningene som vil inngå i en slik undersøkelse er:

- Om det er andre skredtyper, f.eks. steinsprang, flomskred eller sørpeskred, som sikringstiltakene også må fange opp.
- Muligheter for å bedre linjeføring, siktforhold og vegmiljøet i forbindelse med skredsikringen.
- Spesielle faremomenter ved ryddingen av vegen etter skred, f.eks. flere skred pr. dag eller fare for skred i naboområdene som kan være farlige for ryddemannskaper og ventende biler.
- Muligheter for å forenkle vedlikeholdet av vegen i forbindelse med sikringen.

### 2.3.3 UTARBEIDING AV SIKRINGSPLANER

Formålet med en sikringsplan er å vise beslutningstakerne hva en kan oppnå med en viss investering, og hvordan denne investeringen bør utføres. Det er viktig at planen har et nøyaktighetsnivå og en presentasjonsform som harmonerer med Vegvesenets øvrige plannivåer.

Sikringsplanen bør utarbeides i flere alternativ. Forskjellige alternativ kan f. eks. være begrunnet med forskjellige sikringsalternativ for de enkelte skredløpene, forskjellig prioritering av hvilke skredløp som bør sikres eller om vegstrekningen bør bygges helt om framfor sikring av eksisterende veg.

#### Sikringsplaner på beslutningsnivå

På hovedplan- og høyere nivå er det viktig å foreta prinsipielle valg for en lengre vegstrekning. Krav til planen er blant annet at den for hvert sikringsalternativ viser:

- Hvilke skredområder som skal sikres.
- Aktuelle sikringsmetoder.

- Tidsplan for sikringsarbeidene.
- Sikringseffekt og antatt skredhyppighet på vegen etter at sikringstiltakene er utført.
- Andre positive eller negative effekter av skredsikringen, med hensyn til f.eks. vedlikehold, linjeføring og miljø.
- Kostnadsrammer

Et eksempel på bruk av et registreringsskjema og vurdering av forskjellige sikringsalternativer er vist på figur 2.19. Eksemplet er fra Rv. 60, Røyr - Hellesylt hvor det er registrert sju skredløp og totalt 24 skred de siste 15 årene.

Skredløp nr.	Reg. skred pr. 15 år	Navn	HP:9 km	Sikringsnivå I			Sikringsnivå II		
				Sikringsmetode	Antatt sikrings-effekt, %	Kostnad mill. kr (1992)	Sikringsmetode	Antatt sikrings-effekt, %	Kostnad mill. kr (1992)
1	1	Nyfonna	0,95				Voller/magasin	60	0,25
2	4	Herdalsnibba	1,70	Voller/magasin	70	0,25	Voller/magasin	70	0,25
3	3	Herdalen	2,51	Voller/magasin	70	0,30	Voller/magasin	70	0,30
4	10	Hamregjølet	6,10	Betongoverbygg	90	6,50	Betongoverbygg	90	6,50
5	4	Sagelva	6,85	Bru, skred under	80	3,00	Bru, skred under	80	3,00
6	1	Beithoggane I	6,97				Betongoverbygg	90	2,50
7	1	Beithoggane II	7,29				Betongoverbygg	90	3,00
Sum	24				70	10,05		80	15,80

Figur 2.19 Utdrag av registreringsskjema for Rv. 60, Røyr - Hellesylt.

For å oppnå en sikringseffekt på henholdsvis 70 og 80% er det nødvendig å sikre vegen for 10,05 eller 15,80 mill. kr.

### Sikringsplaner på bygge- og arbeidsnivå

På bygge- og arbeidsnivå er sikringsmetode valgt, og den viktigste hensikten med planen er å vise hvordan sikringstiltaket skal utføres, og detaljberegne kostnadene for byggingen.

Planen må ha tilstrekkelig nøyaktighet til at den kan stikkes ut i terrenget, og den skal gi detaljerte anvisninger for:

- Utformingen av sikringstiltaket og byggemåte.
- Plassering og utforming av eventuelle massetak slik at masseuttaket går inn i skredsikringen og tilpasses den landskapsmessige utformingen av sikringstiltaket.

- Dreneringsplan for området og forslag til eventuell erosjonssikring av dreneringssystemet.
- Nødvendig etterarbeid og tilsåing av hensyn til landskapsvern, erosjonssikring av terrengarbeid og senere drift og vedlikehold av sikringstiltaket.

### 2.3.4 EKSEMPLER PÅ SIKRINGSPLANER

#### Prioriteringsplan for E-10, Ytre Lofoten

I Ytre Lofoten ble den 53 km lange vegstrekningen mellom Å og Finnbyen vurdert med hensyn til snøskredfare, og det ble utarbeidet tre alternative utbedringsplaner. Skredproblemene er konsentrert om tre separate strekninger, og de mest karakteristiske trekkene ved skredproblemene er:

##### Å - Reine:

Igjennomsnitt er det 4,5 stengninger pr. år og 10 stengningstimer. Mer enn 50% av skredene er i ett skredløp. Vegen forbinder flere lokalsamfunn og vegen trafikkeres av 8 skolebusser hver dag.

##### Hamnøy - Mølnarodden:

Den mest utsatte strekningen med 7,2 skred og 38 stengningstimer hver vinter i gjennomsnitt. Det er også mye steinsprang. 65% av alle skred skjer på en 0,9 km lang strekning. Det er bare fjerntrafikk på strekningen.

##### Strømsnes - Finnbyen:

Igjennomsnitt 2,5 skred og 10 stengningstimer pr. år. Skredene går som oftest i andre værforhold enn på de øvrige strekningene. Det er bare fjerntrafikk på strekningen.

For hvert enkelt skredløp ble det utarbeidet forslag til sikring, fortrinnsvis med to alternativ. Det ene alternativet forutsatte tunnel eller overbygg for å gi full skredsikkerhet. Det andre alternativet var basert på terrengtiltak eller ombygging av vegen som vil gi en rimeligere utførelse, men mindre sikkerhet mot skred.

Det ble deretter utarbeidet 3 forskjellige alternativ for den 53 km lange strekningen, og de mest karakteristiske trekkene for hvert alternativ er:

*Alternativ A* innbefatter bruk av enkle terrengtiltak på de mest skredutsatte vegstrekningene, og spesielt der det er skolebarnkjøring. Kostnad: 13,9 mill. kr.

*Alternativ B* forutsetter sikring av de samme skredløpene som i alternativ A, men med bruk av tunnel eller overbygg. Kostnad: 67,7 mill. kr.



*Alternativ C* forutsetter sikring med terrengtiltak på hele den undersøkte vegstrekningen. Kostnad: 20,3 mill. kr.

Fordelene med hvert enkelt alternativ er anslått med hensyn til:

- Bedret sikkerhet for fotgjengere og skolebarn
- Bedret sikkerhet for kjørende
- Redusert stengingstid for lokaltrafikk
- Redusert stengingstid for fjerntrafikk
- Reduksjon av vintervedlikeholdskostnadene
- Bedring av vegens linjeføring
- Bedring av drivsnøforholdene

### **Nytteeffekten er vurdert ved hjelp av en vekttallsanalyse.**

I vekttallsanalysen vil fordelene for hver faktor, f.eks. sikkerhet for skolebarn, bli gitt en poengverdi, som består av produktet av to tall. Det første er et vekttall som viser viktigheten til hver faktor, og vekttallene velges slik at summen av dem blir 100. Når en faktor har dobbelt så stort vekttall som en annen faktor, betyr dette at bedring av dette emnet har dobbelt så stor betydning som det andre. I dette tilfellet er sikkerhet og regularitet vurdert nesten likeverdig. Valg av vekttall uttrykker derfor preferansene til den som gjennomfører analysen.

Det andre tallet representerer den relative forbedringen i forhold til eksisterende forhold for hver faktor. Hvis f.eks. stengingstiden for fjerntrafikken blir redusert med 60% blir den relative forbedringen 0,6, og hvis denne faktoren har fått vekttallet 30 blir poengverdien 18,0. Summen av alle poengene gir den totale nytteeffekten, og når denne divideres med kostnadene får en et nytte-/kostnadsforhold som kan indikere hvilket alternativ som bør velges.

Resultatene fra E-10, og som er vist i figur 2.20, indikerer blant annet:

- Den økte sikkerheten en oppnår med tunneler og overbygg kan vanskelig forsvares hvis det er rimeligere alternativer og en kan godta noe skredaktivitet.
- Det høyeste nytte-/kostnadsforholdet oppnår en først når hele vegstrekningen er sikret slik at en får en vesentlig bedre regularitet.

	Vekt-tall	Plan A Poeng	Plan B Poeng	Plan E Poeng
Bedret sikkerhet for fotgjengere og skolebarn	10	7.0	9.0	7.0
Bedret sikkerhet for kjørende	20	9.0	12.0	16.0
Redusert stengningstid for lokaltrafikk	5	4.0	5.0	4.0
Redusert stengningstid for fjerntrafikk	30	15.0	18.0	25.0
Reduksjon av vintervedlikehold	15	5.0	2.0	9.0
Bedring av vegens linjeføring	15	3.0	6.0	4.0
Bedring av drivsnøforholdene	5	2.0	3.0	2.0
Sum	100	45.0	55.0	67.0
Investering, mill. kr		13.9	67.7	20.3
Nyttefaktor		3.2	0.8	3.3

Figur 2.20 Resultat av vekt-tallsanalysen for E-10 i Lofoten.

### Rv. 550, Odda - Utne, Velureskredene

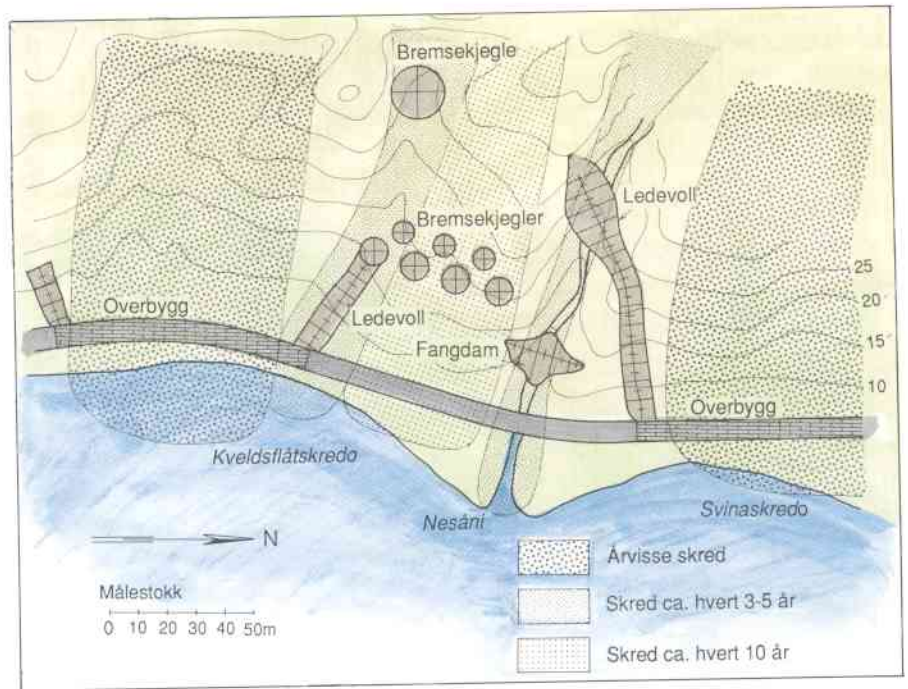
Den skredutsatte vegstrekningen langs Rv. 550 i Velure er 900 m lang. Vegen ble sikret i to etapper, den nordre delen i 1975 - 1977 og den søndre delen i 1988.

Den nordre delen består av tre skredløp, Svinaskredo, Nesåni og Kveldsflåtskredo, figur 2.21. De største skredene opptrer i Svinaskredo og Kveldsflåtskredo, og disse ble sikret med skredoverbygg. Ved Nesåni ville et eventuelt overbygg bli spesielt kostbart på grunn av vanskelige fundamenteringsforhold og omfattende terrengarbeid.

Det ble valgt å sikre Nesåni med å bygge en 7 m høy ledevoll med masser fra elvebrinken for å lede skredmassene inn mot skredoverbygget for Svinaskredo, figur 2.21. I tillegg ble det bygget en 5 m høy fangvoll i elveløpet nær vegen for å stoppe eventuelle skredmasser som passerte ledevollen. Vannet i Nesåni er ført i rør gjennom de to vollene.

Mellom Nesåni og overbygget for Kveldsflåtskredo var skredfrekvensen på vegen mindre, og det ble her ansett som tilstrekkelig å bygge en 8 m høy bremsekjegle, 6 mindre kjegler og en ledevoll.

Det har i løpet av 15 år vært flere skred mot ledevollen i Nesåni, og to av dem har passert ledevollen og stanset i framkant av fangvollen. Bremsekjeglene har sannsynligvis hindret to vegsperringer, mens ett skred passerte kjeglene og delvis sperret vegen.



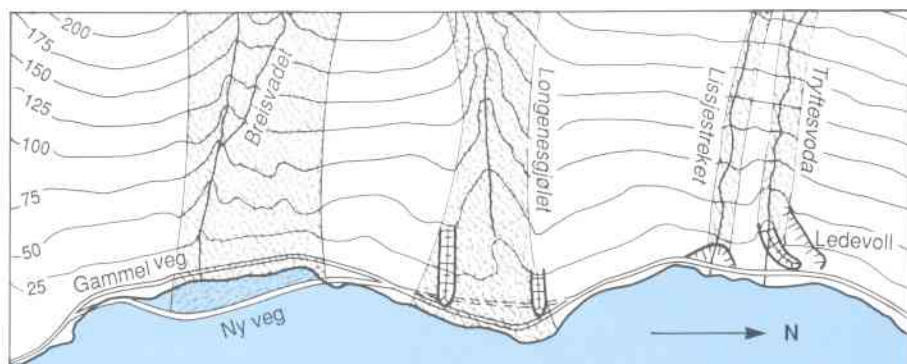
Figur 2.21 Rv. 550, Velure, Hardanger. Eksempel på kombinasjon av skred-overbygg, ledevoll, fangvoll og bremseskjegler. (Foto: H. Norem).



### Fv. 65, Standal - Festøy, Standalstranda

Fylkesvegen mellom Standal og Festøy er den eneste forbindelsen for flere mindre lokalsamfunn. Vegen var spesielt utsatt for skred, og årlig var det registrert ca. 14 skred i de 4 skredløpene som omfattes av dette eksemplet.

Vegen var mest skredutsatt i Breisvadet og Longeneset, hvor det kunne gå mer enn 10 skred pr. vinter, og utsatt vegstrekning i begge skredløpene var ca. 160 m, figur 2.22. I de to andre skredløpene var det vesentlig mindre skred som sperret vegen, og skredhyppigheten var ca. 1 - 3 skred pr. år.



Breisvadet

Veg på fylling i sjøen.  
Massebehov: 95 000 m<sup>3</sup>.

Longeneset

Rørtunnel av stål: 131 m.  
2 ledevoller.  
Plastring av elveløp.  
Utgraving: 70 000 m<sup>3</sup>.

Lissjestrøket

15 m bred grøft med helling 1 : 5.  
Massefylling: 2 500 m<sup>3</sup>.

Tryftesvoda

Ledevoll som endrer skredets  
retning parallelt veg.  
Massefylling: 30 000 m<sup>3</sup>.



Figur 2.22 Skredsikring av Fv. 65, Standal - Festøy. (Foto: H. Norem).

Ved valg av sikringsmetode ble det lagt vekt på å bruke kostbare metoder bare der hvor rimeligere metoder ikke kunne anvendes. Det ble dessuten lagt vekt på at både fyllings- og utgravingsarbeidene skulle gi positiv effekt med hensyn til skredsikringen.

Den dyreste konstruksjonen er byggingen av den 131 m lange rørtunnelen i Longeneset. Plasseringen av denne forutsatte utgraving av ca. 70.000 m<sup>3</sup> løsmasse. Disse ble plassert på en undersjøisk rygg dannet av tidligere skred i Breisvadet. Fyllingen gjorde det mulig å flytte vegen ca. 30 m ut fra fjellsiden, og få et sjømagasin mellom fjellet og terrenget. Fyllingen krevde en masseflytting på ca. 95.000 m<sup>3</sup>, og de øvrige massene ble hentet fra skredløp på begge sider av Breisvadet for å etablere brede grøfter i disse. De to øvrige skredløpene, Lissjestrøket og Tryftesvoda er sikret med henholdsvis en 14 m bred grøft, figur 2.13 og en ledevoll, figur 2.15.

Effekten av tiltakene er fulgt nøye opp etter at de ble bygget i 1986 - 1988.

I Breisvadet ble det i løpet av 5 år registrert 25 skred, hvorav 10 skred vinteren 1987. Det er hittil ikke registrert skred på vegen, men to ganger har sørpeskred generert bølger som har ødelagt rekkverket. Det er ukjent om snøskydelen av skred hittil har vært kraftig nok til at biler kunne blitt blåst på sjøen.

Flere store skred har passert rørtunnelen ved Longeneset, og mektigheten på skredavsetningene har vært opptil 6 - 8 m. Vegen har hittil vært sperret 1 gang i nordre del fordi overbygget er noe for kort.

Den 15 m brede grøfta i Lisjestreket har på 5 år stoppet 10 skred og ingen har nådd fram til vegen. Også ledevollen i Tryftesvoda har fungert tilfredsstillende mot alle 15 registrerte rene snøskred. Imidlertid viste vollen i det bratte terrenget seg lite effektiv mot et sørpeskred vinteren 1992.

## 2.4. Varsling av fare for skred

### 2.4.1 VÆRTYPER SOM FORÅRSAKER UTLØSNING AV SKRED

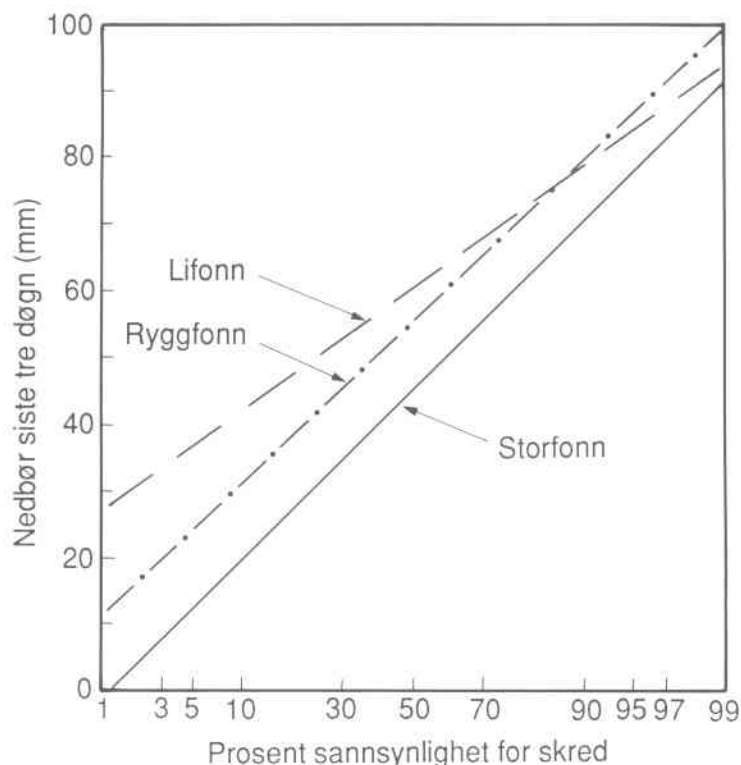
Et *naturlig* snøskred blir bare utløst hvis snødekket allerede er i en labil likevekt og værforholdene er slik at snødekkets stabilitet reduseres med tiden. De viktigste faktorene som påvirker stabiliteten er:

- Nedbør
- Vind
- Temperatur og solstråling

#### Nedbør

Vekten av ny snø til et labilt snødekke vil føre til at belastningene på det potensielle glidesjiktet øker. Den økte vekten fører også til at snødekket setter seg og får en økende fasthet. Det er bare når nedbørintensiteten forårsaker større belastninger enn fasthetsøkninger at det er økende skredfare.

Et godt grunnlag for å vurdere faren for skred er å ta utgangspunkt i nedbøren de siste tre døgn. Figur 2.23 viser sammenhengen mellom tredøgnsnedbøren og sannsynligheten for skred for tre skredløp i tilknytning til Rv. 15 Strynefjellsvegen. Når nedbørmengdene siste tre døgn er mer enn 90 mm, er det 99% sjanse for skred i alle tre løpene. Ved så store nedbørmengder kan det danne seg glidelag også i nysnøen, og det vil kunne gå skred selv om det gamle snødekket er stabilt.



Figur 2.23 Sannsynligheten for skred beregnet på grunnlag av nedbøren siste 3 døgn for tre skredområder langs Rv. 15, Strynefjellsvegen.

Ved mindre nedbørmengder reduseres sannsynligheten for skred og det er store variasjoner fra et skredløp til et annet. 50 mm nedbør vil f.eks. gi 70% sannsynlighet for skred i Storfonn, men bare 30% i Lifonn. Årsaken til denne forskjellen er blant annet at Storfonn har et brattere løseområde enn Lifonn. Andre faktorer som påvirker sannsynligheten for skred er eksponering i forhold til nedbørførende og framherskende vindretninger og solinnstrålingen.

Hvis det er lite vind og konstant temperatur, er det erfaringsmessig få naturlige skred som utløses ved mindre nedbørintensiteter enn 1,0 - 1,5 mm/time. Dette skyldes at nysnø setter seg relativt raskt og skredfaren reduseres oftest hurtig etter at den mest intense nedbøren er over. Imidlertid er det mulig å utløse skred kunstig i flere dager etter at den naturlige skredfaren er over.

Nedbør i form av regn vil bestandig øke skredfaren, fordi regnet både gir øket vekt til snødekket, og vannet ødelegger bindingene mellom snøpartiklene. Ved intense regnfall, større enn 40 - 50 mm/døgn, vil tilførselen av vann bli større enn avrenningen. Under slike værforhold må en også vurdere faren for sørpeskred, som kan opptre i helt andre områder enn der snøskred forekommer.

## Vind

Det er sagt at vinden er snøskredenes byggmester. Fjellsider som ligger i le for vinden kan få tilført så store snømengder at skred kan bli utløst selv på dager uten nedbør. Vanligvis må vinden i fjellet ha større hastighet enn 10 m/s over mer enn 6 timer for å ha betydning for skredfaren. Vinden kan også stabilisere snødekket hvis den blåser mot eller parallelt med fjellsiden.

## Temperatur og solstråling

Økende temperatur reduserer fastheten av snødekket, og den største fasthetsreduksjonen skjer når snødekket blir oppvarmet til 0 grader. Da smelter isbroene mellom snøpartiklene, og det blir fritt vann tilstede i snødekket.

På varme dager med sterk sol vil snødekket bli gradvis oppvarmet og det kan forekomme flere skred hver dag. Først løsner skredene fra lave terrengnivåer og i de øvre, oppvarmete snølagene. Etter hvert som hele snødekket blir varmet opp vil det også løsne skred fra høyere nivåer og dypere ned i snødekket.

Det er oftest langt vanskeligere å varsle skred som skyldes soloppvarming enn nedbørutløste skred, fordi det tar lang tid å varme opp snødekket og smelte isbroene. Generelt gjelder også at denne skredtypen utløses når den destabiliserende effekten er på det største. På dager med sol er det sjelden skred i sydvendte fjellsider før kl. 12, og den avtar etter kl. 15 - 16. Når fjellsidene er mer vestvendt vil tidspunktet for snøskredene bli forskjøvet slik at den største skredfaren opptrer når solinnstrålingen er sterkest.

### 2.4.2 METODER FOR Å VURDERE SKREDFARE

Vurdering av skredfaren bør primært foretas på grunnlag av både værobservasjoner, værvarsler og registrering av snødekkets sammensetning i skredenes løsneområde. Det siste er vanskelig å gjennomføre fordi løsneområdene oftest er 500 - 1000 m høyere enn vegen. De fleste skredvarsler blir derfor utarbeidet bare på kunnskap om været, selv om dette gir noe dårligere nøyaktighet.

De fleste som bor i områder med mye skred bygger opp en solid lokalkunnskap. Dette utnytter Statens vegvesen som i flere år har utarbeidet skredvarsler basert på daglige værobservasjoner og værvarsler for området. Skredvarslet blir utarbeidet i tre faregrupper:

- 1) Ingen eller liten skredfare
- 2) Middels skredfare
- 3) Stor skredfare, definert som stor sannsynlighet for skred på vegen de neste 24 timer

Figur 2.24 viser resultatene fra seks vegstasjoner etter to års forsøk. I gjennomsnitt ble det varslet 6 dager med stor skredfare på de undersøkte vegen, og på disse ble det registrert skred 5 av dagene. I tillegg var det også 3 dager med registrerte skred på de 127 dagene det var varslet liten eller ingen skredfare. Figuren viser også at hele 75% av alle skred ble utløst på dager med varslet stor skredfare. Erfaringen er derfor at det er relativt enkelt å varsle dagene med stor skredaktivitet, mens det er skredkunnskapen og lokalkunnskapen som avgjør om en også klarer å varsle nøyaktig når skredaktiviteten er liten.

Sveitserne har siden 1983 arbeidet med utvikling av en varslingsmetode som har fått navnet "nærnaabometoden". Denne metoden er videreutviklet av NGI for Statens vegvesen for å kunne brukes i en daglig varslingsstjeneste overfor trafikanter og egne ansatte.

---

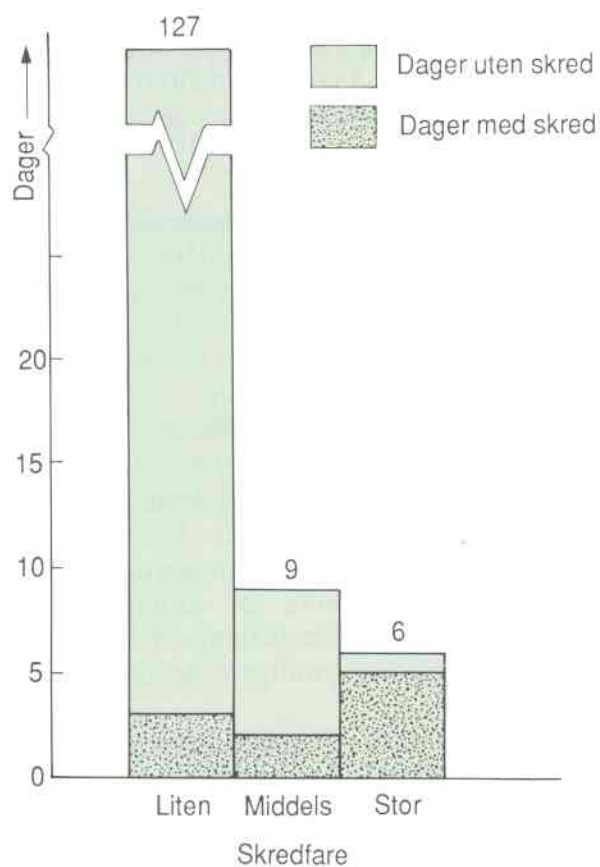
Ideen bak nærbabometoden er at en bygger opp kunnskapen om skred på samme måte som lokalkjente har bygget opp sin kunnskap. Værforholdene ved "dagen i dag" blir sammenliknet med tidligere, registrerte dager med mest mulig like værforhold, samtidig som en også får opplysninger om eventuell skredaktivitet disse dagene. For å fungere, trenger systemet en database for flest mulig vinterdager med både værparametre og opplysninger om skred på vegnettet. Jo større antall data som ligger i systemet, desto bedre er mulighetene for å finne dager som likner på "dagen i dag". Etter hvert som systemet blir brukt, vil databasen bli utvidet, og nøyaktigheten øker med lengre tids bruk.

Databasen for værobservasjoner inneholder observasjoner fra nærmeste klimastasjon om nedbør, temperatur, vindstyrke, vindretning og snøhøyde. Etter at opplysningene er matet inn, foretas en skalering og vektning for å kunne sammenlikne observasjonene og gi dem en vekt som tilsvarer parametrenes betydning for utvikling av skredfare.

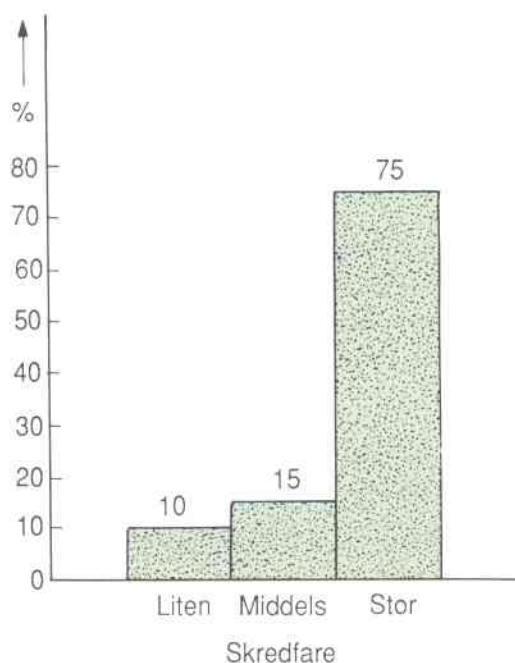




Figuren viser at pr. vintersesong ble det i gjennomsnitt meldt stor skredfare 6 dager, og skred på vegen ble registrert på 5 av dem. Liten skredfare ble meldt 127 dager pr. vinter, og på tre av dagene kom det skred på vegen



I gjennomsnitt kom 75 % av alle skredene på de 6 dagene pr. vinter som det ble meldt stor skredfare. Bare 10 % av skredene kom på de 3 dagene hvor det ble registrert skred, men meldt liten skredfare.



*Figur 2.24 Resultat av forsøk med varsling av skredfare. Figuren er et gjennomsnitt for 2 år fra 6 vegstasjoner.*

Hvor lik "dagen i dag" er med tidligere dager blir beskrevet som en beregnet "avstand" mellom de registrerte verdiene. Avstandsberegningen er vist på figur 2.25 for et eksempel med bare to parametre, nedbør og temperatur. Likheter mellom dagene kan da finnes ved å måle avstanden mellom observasjonene for "dagen i dag" og tidligere dager.

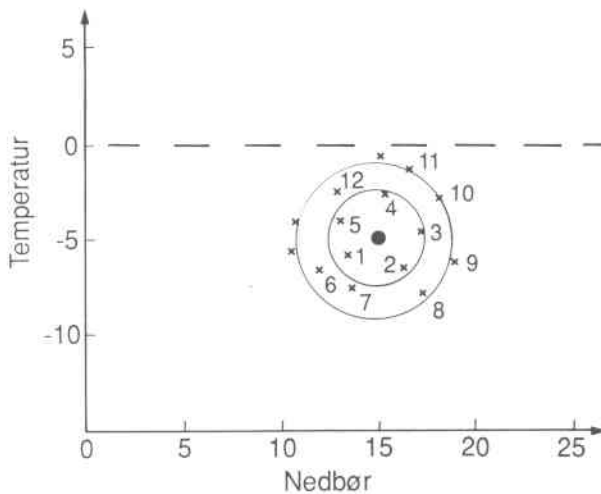
Når det er flere observasjoner som brukes til sammenlikningen, vil den beregnede avstanden bli:

$$a^2 = (x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \text{osv.} \quad (2.3)$$

- hvor: a = Avstanden mellom dagene  
 $x_1$  = Dagens verdi for parameter 1  
 $x_2$  = Dagens verdi for parameter 2, osv.  
 $y_1$  = Tidligere dags verdi for parameter 1, osv.

Opplysningene om tidligere skredaktivitet tas fra vegvesenets egne registreringer av skred, f.eks. skjema for stenging av veger, maskinrapporter eller dagbøker. Nøyaktigheten av nærbømetoden avhenger derfor også av hvor nøyaktig tidligere skred er registrert.

Det nødvendige datamaskinprogrammet er tilgjengelig på en vanlig PC. Etter at dagens registreringer er foretatt, leter maskinen opp de dagene som har mest sammenliknbare værforhold, og forteller om det ble registrert skred på disse dagene. Det er dessuten mulig å overføre dataene for værprognosene fra "meteogrammene" utarbeidet av Meteorologisk Institutt. Prognosene for de neste 24 timene vil derved representere "dagen i dag", og vil danne grunnlaget for skredvarslet.



Nr.	Dato	Avstand	Temperatur	Nedbør	Reg. skred
1	25/1-85	2.0	-6.0	13.5	1 Fv 40
2	2/2-88	2.1	-6.5	16.5	2 Fv 65 1 Rv 1
3	18/12-79	3.0	-4.0	17.0	2 Fv 40 1 Rv 1 2 Fv 65

Figur 2.25 Eksempel på avstandsberegning med to parametre. Sentrum i sirkelen representerer "dagen i dag".

## 3. PLANLEGGING OG BYGGING AV VEGER I DRIVSNØOMRÅDER

### 3.1 Innledning

Den viktigste målsettingen med planlegging av veger i drivsnøområder er å skape en veg med færrest mulig stengingstimer under uværperiodene, og som gir trafikantene best mulige kjøreforhold. Det er dessuten viktig å utforme vegen slik at eksisterende vedlikeholdsmaskiner kan arbeide effektivt og rasjonelt om vinteren.

De største drivsnøproblemene finnes på høyfjellsveger, hvor det både kan være store vindstyrker, og store åpne flater hvor snøpartiklene blir erodert og ført med vinden. En kan imidlertid også få store lokale problem i lavlandet når det på vegens vindside er åpne flater som f.eks. dyrket mark, myrområde eller vann.

Problemene drivsnøen skaper for driften av slike veger kan deles i fire grupper:

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

Den transporterte snøen blir felt ut i områder med redusert vindhastighet, f.eks. bak brøytekanter, hauger og forhøyninger i terrenget. Oppbyggingen av slike fonner kan skje så fort at vegen kan bli uframkommelig få minutt etter at brøytebilen har passert. Med det brøytemateriellet vi disponerer i dag, er vi imidlertid i stand til å holde de fleste vegene farbare selv under harde uværperioder.

Under uvær er sikten det største problemet for trafikantene. Sikten kan bli så dårlig at det er uforsvarlig å ha trafikk på vegen selv om framkommeligheten er tilfredstillende.

En veg utsatt for drivsnø kan også bli stengt fordi erfaring tilsier at kjøreforholdene er for krevende både for bilene og bilistene. Etter få kilometer i snøstorm kan det oppstå funksjoneringsfeil i det elektriske anlegget og vinduspussere får redusert effekt. Ofte er heller ikke bilistene mentalt forberedt på å takle vanskelige situasjoner under uvær. Selv en liten ulykke kan derfor føre til panikkreaksjoner og få katastrofale følger.

Hvis kravene til sikkerhet mot ulykker ikke er tilfredsstillt, må vegen enten stenges for all trafikk, eller bilistene må passere den utsatte vegstrekningen i følge med brøytebil eller følgebil (kolonnekjøring).

En ombygging av en høyfjellsveg utformet etter prinsippene beskrevet i denne håndboken, kan gi vesentlige forbedringer med hensyn til regularitet og sikkerhet i forhold til en tradisjonelt utformet høyfjellsveg. Den siste totalt ombygde høyfjellsvegen i Norge er E-6 over Saltfjellet, åpnet i 1991, hvor antall dager med stenginger er blitt betraktelig mindre og brøytekostnadene er vesentlig redusert.

## 3.2. Bruk av snø- og vindmålinger

### 3.2.1 FORMÅLET MED KARTLEGGING AV SNØ- OG VINDFORHOLD

De klimatiske faktorene som har størst betydning for drivsnøproblemene, er vind- og nedbørforholdene.

Opplysninger om vindstyrken langs en veg vil gi informasjon om hvor mye drivsnø en kan forvente mot vegen, og derved i hvilken grad det må tas hensyn til drivsnø ved utforming av vegen. Detaljert kartlegging av vindstyrken 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 ved en viss vindretning. Vegens utforming vil også være avhengig av vinkelen mellom vegen og framherskende vindretning.

Snømengdene og antall dager med snøvær vil ha betydning for vegens regularitet, sikt- og brøyteproblem, samtidig som kravene til hvordan vegen bør utformes avhenger av de lokale snømengdene.

Formålet med nøyaktige klimaundersøkelser både på hovedplan- og detaljplanstadiet kan derfor sammenfattes i følgende punkt:

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

### 3.2.2 OVERSIKT OVER EKSISTERENDE SNØ- OG VINDREGISTRERINGER

Det Norske Meteorologiske Institutt har helt fra starten i 1866 samlet inn verdifullt materiale om norsk klima. I de senere årene har også andre offentlige etater gjennomført større klimaundersøkelser og de foretar også kontinuerlige klimaregistreringer. De viktigste etatene er NVE, Statkraft, lokale kraftverk og Statens Vegvesen. Alle disse registreringene, og den statistiske behandlingen som er foretatt av dem, gir viktige opplysninger på hovedplansnivå. Derimot er nytteverdien mindre på detaljplansnivå, såfremt de ikke kombineres med lokale registreringer eller vurderinger av lokalklimaet.

Meteorologisk Institutt har utarbeidet 30-års normaler for de fleste av sine klimastasjoner med opplysninger for hver måned om:

- Vindroser med registrerte vindstyrker
- Antall kuling- og stormdager
- Antall dager med nedbør
- Nedbørmengde og snømengde

For eksisterende stasjoner finnes det datautskrifter hvor dataene er sortert etter følgende kriterier:

- Utskrift for en tidsperiode
- Statistisk analyse av store nedbørmengder
- Vindfordeling, styrke og retning for en bestemt periode
- Vindfordeling, styrke og retning samtidig med nedbør
- Midlere og maksimal snødybde for hver måned

Norges Vassdrags og Energiverk (NVE) har på bakgrunn av vannføringsmålinger utarbeidet et kart over avrenningsforholdene i Norge, som kan omregnes til gjennomsnittlig årsnedbør. Kartet er sannsynligvis det mest nøyaktige vi har i dag om nedbørmengder i Norge.

Siden 1975 har det vært en stor utvikling innen automatiske klimastasjoner og fjernoverføring av data. Både kraftverkene og Statens vegvesen har opprettet flere stasjoner i vanskelig tilgjengelige områder. Dette gjør det mulig å sammenlikne data fra en kortvarig klimaundersøkelse for et vegprosjekt med data fra samme tidsperiode for en stasjon som har en lengre observasjonsperiode.

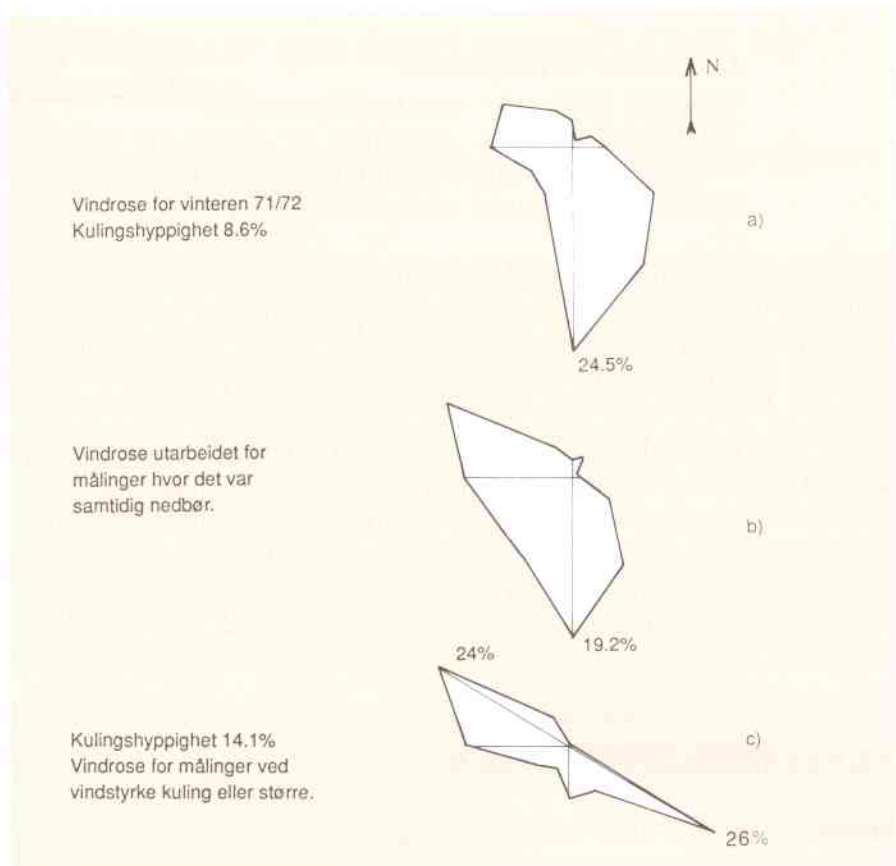
### 3.2.3 VINDREGISTRERINGER

Snøpartiklene blir ikke erodert fra bakken og satt i bevegelse før vindstyrken overstiger 7 - 9 m/s. Grenseverdien avhenger av fastheten på snødekket og snøens temperatur. Ved økende vindstyrker øker drivsnømengdene, 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.

Ved bruk av vindregistreringene er det derfor ønskelig å sortere dataene etter følgende kriterier:

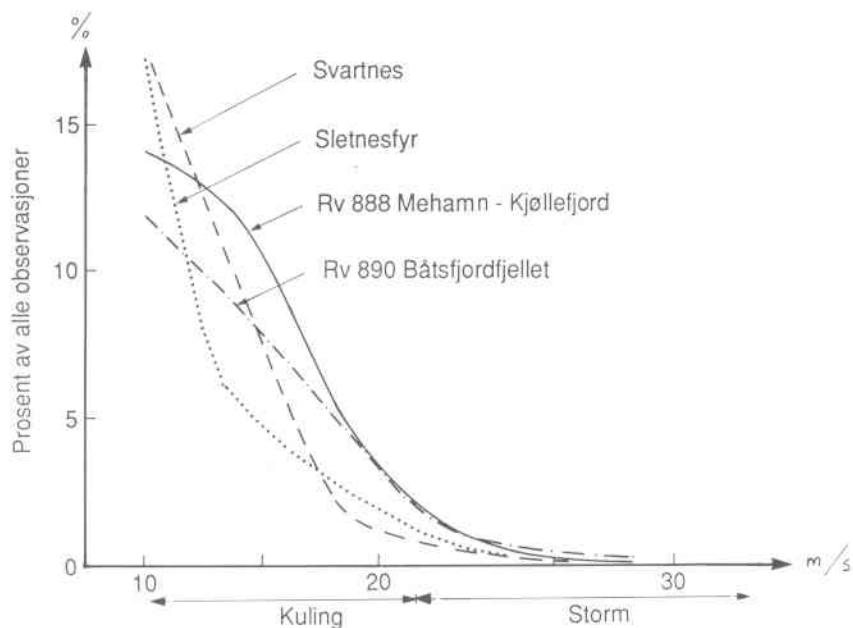
- Fordeling av vindretningene for de registreringene hvor vinden er over en viss grense.
- Fordeling av vindretningene for de registreringene hvor det bare er samtidig nedbør (nedbørførende vindretning).
- Fordeling av vindretningene for de registreringene hvor vinden er over en viss grense og det er samtidig nedbør.

Hvor forskjellig resultatene kan bli avhengig av hvordan registreringene sorteres, er vist i figur 3.1. Figuren ble utarbeidet for stasjonen Vestredalsvatn i forbindelse med stortingsmeldingen om stamveg Oslo - Bergen i 1973. Figur 3.1a viser en vindrose utarbeidet på grunnlag av alle observasjonene. Det går fram at vind fra S er framherskende i området, og kulingshyppigheten (% observasjoner med vind > 10,7 m/s) er 8,6%.



Figur 3.1 Vindroser utarbeidet på grunnlag av registreringene ved Vestredalsvatn

For vindrosen i figur 3.1b har en bare tatt med registreringer ved samtidig nedbør. En ser hvordan vind fra V-NV gjør seg mer gjeldende. Kulingshyppigheten er nå 14,1%, noe som viser at nedbør ofte forekommer samtidig med store vindstyrker.



Figur 3.2 Fordeling av vindstyrker for to kyststasjoner og to fjellstasjoner i Finnmark

I den siste vindrosen, figur 3.1c, er det tatt med alle registreringer med vind større enn kuling (10,7 m/s). Figuren viser at de kraftige vindstyrkene opptrer i sektorene SØ og V-NV. Vind fra S, som har 24,5% av registreringene, vil altså ikke skape vesentlige problem for driften av veggen.

Det er sannsynligvis en kombinasjon av figur b og c som vil gi det beste inntrykket av hvilke vindretninger som gir størst problem.

Snøproblemene på en vegstrekning avhenger først og fremst av hvor ofte det blåser vind sterkere enn kuling og storm. Figur 3.2 viser resultatet av vindmålinger foretatt for flere vegger i Finnmark. Den største kulingshyppigheten er funnet for Svartnes nær Vardø og ved Sletnes fyr ved Gamvik. De to registreringene som er foretatt i fjellet, Rv. 890, Båtsfjordfjellet og Rv. 888, Mehamn - Kjøllefjord, har mindre kulingshyppighet. Derimot er hyppigheten av storm større i fjellet enn for de to kyststasjonene, og det er stormhyppigheten som først og fremst avgjør veggens regularitet, mens behovet for kolonnekjøring avgjøres av kulingshyppigheten.

### 3.2.4 SNØMÅLINGER

Snømålingene bør gi opplysninger om både gjennomsnittlig snødybde og snøfordelingen i området. Hvor store variasjonene i snødybdene er, forteller også mye om hvor store drivsnømengdene er, og hvordan vinden omfordeler snødekket.

De mest aktuelle metoder å kartlegge snødybdene og snøfordelingen:

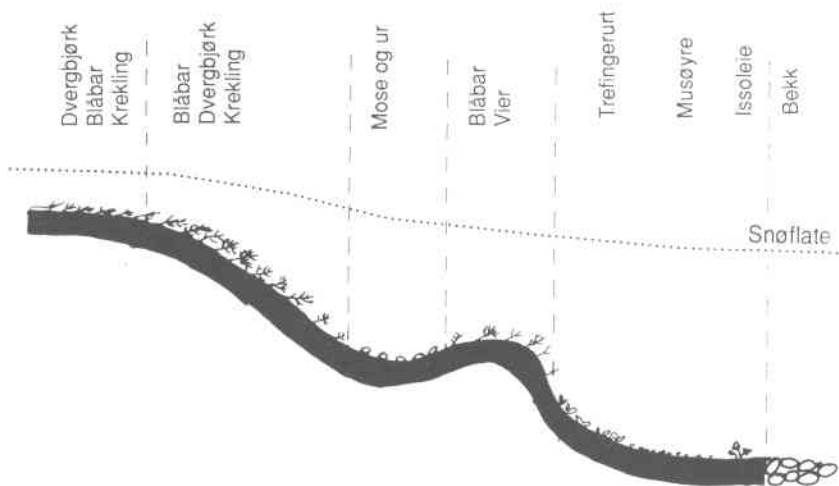
- Måling i faste målepunkt
- Tachymetrisk snøkartlegging
- Fotogrammetrisk snøkartlegging
- Botanisk snøkartlegging

Måling i faste målepunkt bør gjennomføres over minst 2 - 3 år. Gjennomsnittlige snømengder kan deretter anslås ved å sammenlikne med beregningene til Meteorologisk Institutt om hvordan snømengdene var i vedkommende år i forhold til normalen.

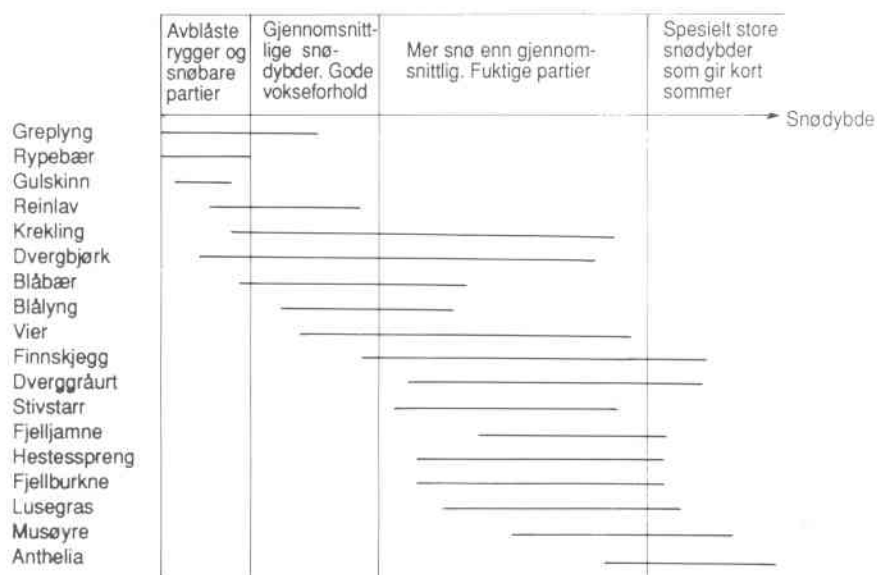
Målepunktene bør plasseres på åpne flater, og det er ønskelig å få en gjennomsnittlig snødybde rundt målepunktet. Målingene foretas gjerne en gang i måneden i februar, mars og april. Faste målepunkter skal gi opplysninger om gjennomsnittlige snømengder, og det er ikke nødvendig å ha flere enn ett punkt for hver 4 - 5 km.

Der det skal foretas store terrenginngrep eller en frykter at veggen blir liggende i lokale fonnområder, er det nødvendig med mer omfattende kartlegginger. Det er da viktig at alle målepunktene kan koordinatbestemmes for å få fram snøfordelingen i de kritiske partiene.

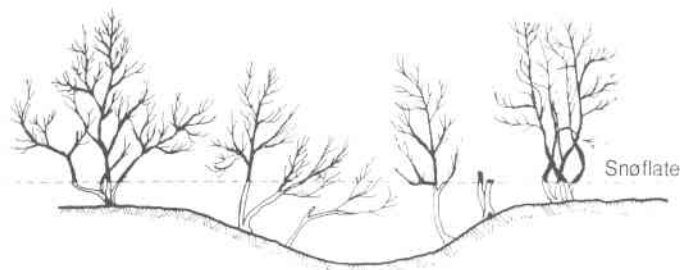
En slik detaljert snøkartlegging kan enten foretas med tachymetri eller som en fotogrammetrisk snøkartlegging. I det siste tilfellet er det nødvendig å foreta fotografering både om sommeren og om vinteren, enten fra fly eller i terrenget. Snødybden blir da definert som differansen i de to høydenivåene. Metoden er fullt gjennomførbar og har gitt en nøyaktighet på ca. 30 cm med en flyhøyde på ca. 1000 m.



Figur 3.3 Snøfordelingen og plantefordelingen på le side av en markert, ca. 5 m høy rygg



Figur 3.4 Skjematisk framstilling av plantefordelingen i forhold til snødybden og lengden av sommeren



Figur 3.5 Skjematisk bilde av sammenhengen mellom snøflatens gjennomsnittlige høyde på et bestemt sted i vinterhalvåret og forekomst av den svartbrune lav *Parmelia olivacea* på bjørkestammene



Både den tachymetriske og den fotogrammetriske metoden er kostbare og tidkrevende å gjennomføre. Det er derfor bare aktuelt å gjennomføre en slik kartlegging på de vanskeligste partiene.

Den botaniske kartleggingsmetoden er basert på kunnskapene om at i høyfjellet er snødekkets tykkelse og hvor lenge snøen ligger om våren, en bestemmende faktor for hvor plantene vil trives. Dette er vist skjematisk i figur 3.3, som viser tverrsnittet av en haug, snøfordelingen på le side av denne og hvordan plantefordelingen endrer seg fra toppen og til bunnen. En ser av figuren at der det er lite snø, trives bl.a. lyng med vedaktige stengler og som har blad som tåler uttørking. I de snøtunge partiene finnes flere grasarter, vier, urter og bregner. Disse plantene er karakterisert ved at de kan utvikle blomster og sette frø i løpet av en kort periode, og plantene har derved tilpasset seg korte sommersesonger. En oversikt med relativ snødybde for en del plantearter er vist på figur 3.4.

Den botaniske kartleggingsmetoden er enkel og rimelig å gjennomføre, og gir svært gode opplysninger om de relative snødybdene i et lokalt område. Plantene gir imidlertid usikre indikasjoner på de totale snømengdene i et område. I bjørkeskogbeltet kan en imidlertid finne dette ved hjelp av snølaven, figur 3.5. Dette er en svart lavart som lever på eldre bjørketrær, og som bare trives over snøen. Laven angir derfor maksimal snødybde.

De opplysningene en får ved hjelp av snømålingene og vurderingen av snøforholdene bør brukes for å fastslå:

- Lokale fonndannende vindretninger
- Naturlige erosjons- og fonnområder
- Gjennomsnittlige snødybder for området og forventede maksimalforhold
- Utforming av vegens sideterreng der vegen krysser fonnområder
- Hensiktsmessig normalprofil
- Plassering av eventuelle snøskjermer

## 3.3 Lokalisering av vegen

### 3.3.1 KRAV TIL PLASSERINGEN AV VEGEN I TERRENGET

På grunn av sikkerhetsproblemene ved driften av en høyfjellsveg, må det til enhver tid være stasjonert brøytemannskap på fjellet. Kostnadene ved en moderat brøyting som ikke krever ekstra bemanning under uværperiodene, er derfor liten. En kan derfor godta noe brøyting, spesielt på slutten av vinteren og i snørike vintre, framfor å planlegge en ideell veg med hensyn til snøforholdene, men som er mer kostbar i utførelse.

Ut fra dette kan en si at en godt planlagt høyfjellsveg bør blant annet oppfylle disse punktene:

- Liten fonndannelse på vegen
- Liten snøtransport over vegen
- Best mulige siktforhold langs hele vegen
- Eventuelle utforkjøringer bør ikke gi alvorlige ulykker
- Rimelige anleggskostnader
- Enkelt å fjerne snøen slik at en opprettholder det valgte tverrprofilet

### 3.3.2 LOKALISERING AV VEGEN I FORHOLD TIL TERRENGDETALJER

#### Bruk av lune områder



*Figur 3.6 Vegen bør plasseres på le side av terrengformasjoner som fører til fonndannelse, men utenfor fonnområdet*

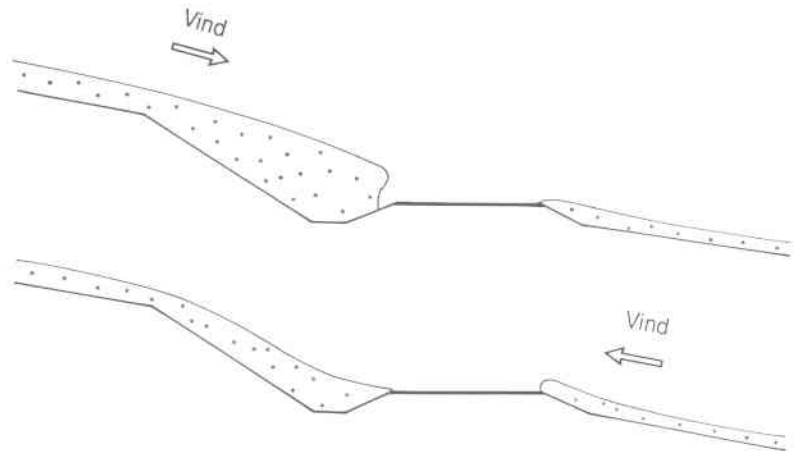
Den viktigste forutsetningen for å få en god veg i drivsnøområder, er at en finner fram til de lune områdene i terrenget, men som likevel har moderate snømengder. Slike steder er snøtransporten over vegen liten, og snømengdene er mer jevnt fordelt i terrenget.

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 3.6 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. Andre terrengdetaljer som samler mye snø, er langsgående rygger i terrenget, og skog.

Den beste plasseringen av vegen finner en nær opptil fonnområdet. I denne sonen er snømengdene mindre enn normalt, samtidig som det meste av drivsnøen har blitt felt ut i fonnområdet, og vinden ikke har fått tid til å erodere ny snø opp fra bakken. Derved har denne sonen også gode siktforhold. 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.

### Vindens retning i forhold til terrenghellingen og vegens retning

Når vinden blåser med terrenghellingen, virker gravitasjonskraften i samme retning som vinden, figur 3.7. Følgen er at snøtransporten er større når vinden blåser nedover fjellsidene enn motsatt retning. Dessuten blir vegens skjæringsside en leside når vinden blåser med terrenghellingen.



*Figur 3.7 Det transporteres mer snø når vinden blåser med terrenghellingen enn mot. Dessuten samler det seg mer snø på vegen når vegens vindside er en skjæring*

Prinsippielt bør en derfor tilstrebe å plassere vegen slik at fonndannende vindretning blåser mot terrenghellingen. Denne regelen må brukes med varsomhet. I enkelte tilfeller kan den føre til at vegen kommer i le av store, åpne områder som f.eks. vann og myrområder. Vindhastigheten over disse er stor, og store snømengder blir erodert og transportert mot vegen.

All erfaring viser at det er vesentlig mindre problem med driften av en høyfjellsveg når den er lagt parallelt med fonndannende vindretning enn normalt på denne. Dette skyldes at vegen da ikke er så utsatt for å fylles med snø på grunn av brøytekanter og fonndannende terrengdetaljer. Eventuelle brøytekanter gir også mindre siktproblem når vinden blåser parallelt med vegen.

Det settes derfor større krav både til utformingen av vegen og til utføringen av vedlikeholdet når det er stor vinkel mellom vegen og fonndannende vindretning.

## 3.4. Utforming av vegens tverrprofil

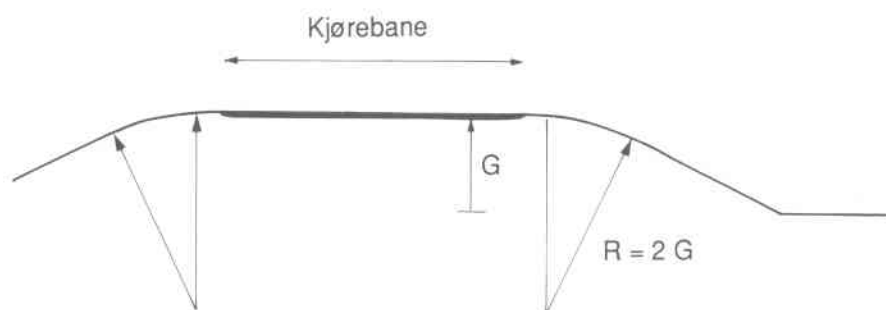
### 3.4.1 FYLLINGER

#### Nødvendig fyllingshøyde

I et værhardt terreng 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.

Nødvendig fyllingshøyde angir krav til høydenivået for vegbanen over det eksisterende eller det nye terrenget. Nødvendig fyllingshøyde er avhengig av gjennomsnittlig snødybde på stedet og vindstyrken langs vegen. Vegnormalenes definisjon av grøftedybde som høydeforskjellen mellom vegbanen og grøftebunnen, tilsvarer derfor kravet til nødvendig fyllingshøyde i forbindelse med bygging av veger i drivsnøområder.

I områder med spesielt vanskelige værforhold, hvor det er registrert mer enn ca. 15 kulingdager hver vintermåned, eller kulingshyppigheten er større enn 15%, anbefales det å velge grøftedybden 0,5 m større enn gjennomsnittlig snødybde for området. Minimum grøftedybde i så værharde områder bør være 2,0 m, selv om snømengdene er små, fordi det er nødvendig også å ha lagringsplass for utbrøytet snø, figur 3.8.



G - Grøftedybden

Kulingdager pr. vintermåned	Grøftedybde	Min. grøftedybde m
≥ 15	Gj.snitt snødybde +0.5m	2.0
10 – 15	Gj.snitt snødybde	1.5
6 – 10	Gj.snitt snødybde i utsatte områder	1.0
< 6	1.0 m i lune områder Ingen spesielle krav	

Figur 3.8 Forslag til utforming av fyllinger

Langs de fleste av våre høyfjellsveger er det 10 - 15 kulingdager pr. vintermåned. Erfaring har vist at en oppnår tilfredsstillende forhold hvis grøftedybden velges lik snødybden. En grøftedybde mindre enn 1,5 m bør imidlertid ikke velges.

Det kan også gjøres noen tillempninger med hensyn til vegens retning i forhold til fonndannende vindretning. Hvis vegen ligger nesten normalt på vindretningen, bør grøftedybden økes med ca. 50 cm. Tilsvarende kan den reduseres noe der vinden blåser parallelt med vegen.

Klimasoner med 6 - 10 kulingdager pr. vintermåned representerer en overgangssone mellom de vegene hvor det er små problem, og de vegene hvor det er nødvendig å organisere en vakt- og kolonnetjeneste. Problemene i overgangssonen er oftest konsentrert til enkelte partier hvor det er store brøyte- og siktproblem, mens lange strekninger har gode kjøreforhold. I slike områder er det mulig å bruke en grøftedybde på minimum 1,0 m i de lunere områdene og følge kriteriene for høyfjellsvegene langs de utsatte strekningene.

For veger som er utsatt for færre kulingdager enn 6 pr. vintermåned, er det sjelden behov for en spesielt stor grøftedybde. Behovet vil først og fremst være å skape lagringsplass for utbrøytet snø, og dette vil bli behandlet i avsnittet om skjæringer.

### **Utforming av fyllingen**

En fylling bør utformes strømlinjeformet for å oppnå gode siktforhold og redusere tendensen til fonndannelse på vegen. Modellforsøk har vist at en fyllingsskråning 1:4 gir vesentlige bedre forhold enn helling 1:2.

Tilsvarende gode strømningsforhold kan også oppnås ved en avrunding av fyllingstoppen og fyllingsskråninger 1:2. Avrundingsradien bør være ca. 2 ganger fyllingshøyden, figur 3.8.

I praksis vil dette si at vegfyllingen gjøres 1,0 - 1,5 m bredere enn normalt, og at en bruker den ekstra bredden for å foreta avrundingen.

Det er flere grunner til at en ønsker å avrunde fyllingstoppen framfor å bruke fyllingsskråning 1:4, hvorav de viktigste er:

#### *Kostnadmessige*

En 3 m høy fylling i flatt terreng trenger 9,7 m<sup>3</sup>/m mer fyllmasse med helling 1:4 enn med avrundet fyllingstopp og helling 1:2.

#### *Driftsmessige*

Det er ønskelig med god plass for utbrøytet snø. Med en slak fyllingsskråning er det større risiko for at utbrøytet snø skal føre til oppbygging av brøytekanter.

#### *Sikkerhetsmessige*

Det er en fordel med en klart definert fylling slik at sidearealet ikke egner seg for parkering. Med helling 1:4 er det mulighet for uønsket parkering langs vegen.

## Bruk av rekkverk

Rekkverk fører til at snøen samler seg i vegen og at snødreket blir hevet i forhold til vegen. Dette gjør at siktforholdene, spesielt for privatbilister, er vesentlig dårligere der det er rekkverk, enn der vegen ligger på en fylling uten rekkverk. Dessuten har det vist seg vanskelig å fjerne brøytekantene som danner seg rundt rekkverket. Det er derfor viktig å utforme en høyfjellsveg slik at en mest mulig unngår bruk av rekkverk.

Der fyllingene er så høye at det kreves rekkverk med tradisjonell utforming av vegen, kan en unngå rekkverkskravet med å slake ut fyllingsskråningene etter kravene fastsatt i Vegnormalene. Derved tilfredstiller en kravene for sikkerhet mot utforkjøring samtidig som en får en vegutforming med bedre siktforhold.

Der vegen er lokalisert nær vann kan en enkelte steder unngå rekkverk enten ved å foreta en utfylling i vannet, eller ved å montere et demonterbart rekkverk. Hensikten med det demonterbare rekkverket er å ha dette montert når det er åpent vann og derved behov for rekkverket. Om vinteren, når det er små konsekvenser ved en eventuell utforkjøring, kan rekkverket fjernes. Dette muliggjør også at en kan arbeide med brøytekantene om vinteren. Hittil er det bare brukt kabelrekkverk som demonterbart rekkverk.

På enkelte partier er det imidlertid umulig å unngå rekkverk. Det er da ønskelig å bruke smale rekkverk (f.eks. har rørrekkverk vist seg å fungere godt), og rekkverket bør monteres så høyt over vegplanum som det er tillatt i henhold til vegnormalene. Det er også viktig å avrunde fyllingstoppen når vegen sikres med rekkverk.

Et spesielt problem på høyfjellsvegene er ofte brurekkverk, fordi disse er korte og har et stort leareal. Det vil da bli dannet smale fonner på vegen, som kan være vanskelige å oppdage og derfor kan komme overraskende på bilistene. Fonndannelsen er spesielt markert nær endeavslutningene av rekkverket, figur 3.9.



*Figur 3.9 Fonndannelse ved endeavslutning for brurekkverk. (Foto: H. Thorbergesen).*

Også brurekkverk bør utformes så smale som mulig, og endeavslutningene må føres raskt ned i bakken. Det er også viktig at eventuelle brøytekanter nær rekkverket fjernes systematisk gjennom hele vinteren.

Hvis det faller fuktig snø på vegen har erfaring vist at det vil danne seg brøytekanter rundt smale rekkverk, og det blir kostbart og tungvint å fjerne snøen fra fyllingskanten. Derfor er det større nytteeffekt av smale rekkverk i områder med overveiende tørr snø, enn i kystnære områder.

### 3.4.2 SKJÆRINGER

#### Prinsipielle vurderinger om utforming av skjæringer

Skjæringene er de mest sårbare partiene på enhver veg som er utsatt for drivsnø. En uheldig utformet skjæring vil få store brøyteproblemer, og det er ofte sikten i skjæringene som avgjør vegens regularitet. Det er imidlertid mulig å utforme skjæringene slik at snøproblemene ikke blir vesentlig dårligere enn på fyllingene, hvis en utnytter kunnskapene fra vind- og snømålingene riktig.

Skjæringer i høyfjellet 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 anleggsmessig og landskapsmessig er bedre å ha enkelte store skjæringer framfor flere mindre. Derved blir det totale arealet som blir berørt av vegbyggingen redusert, samtidig som de store skjæringene gir mulighet for konsentrerte massetak.

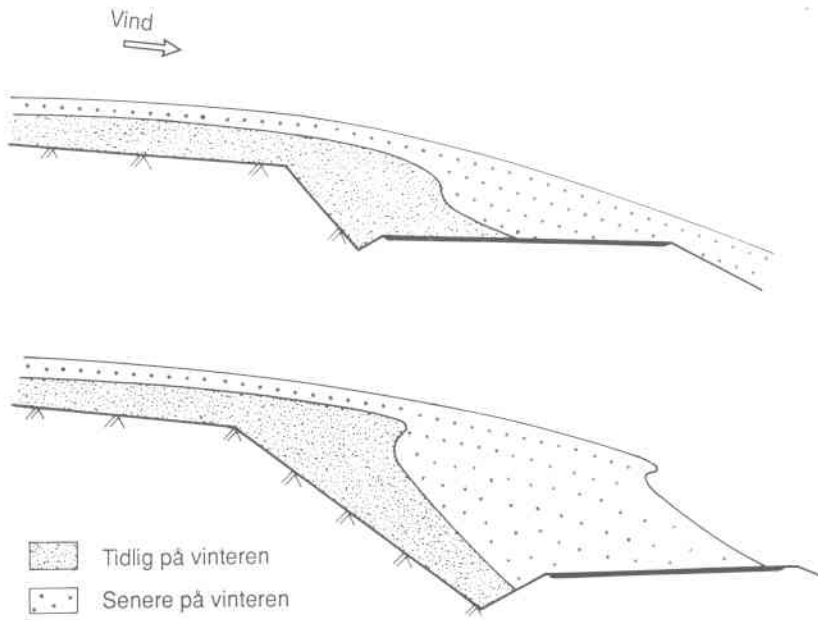
Man vil lett anta at en skjæring er mer kritisk jo større skjæringshøyden er, men det er ikke noen entydig sammenheng mellom skjæringshøyde og stort drivsnøproblem. En lav skjæringskant vil alltid stå nær inntil vegen, og skjæringens samleareal er meget lite. Alt tidlig på vinteren vil en slik skjæring samle snø på vegen og være årsak til oppbygging av fonner, figur 3.10.

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

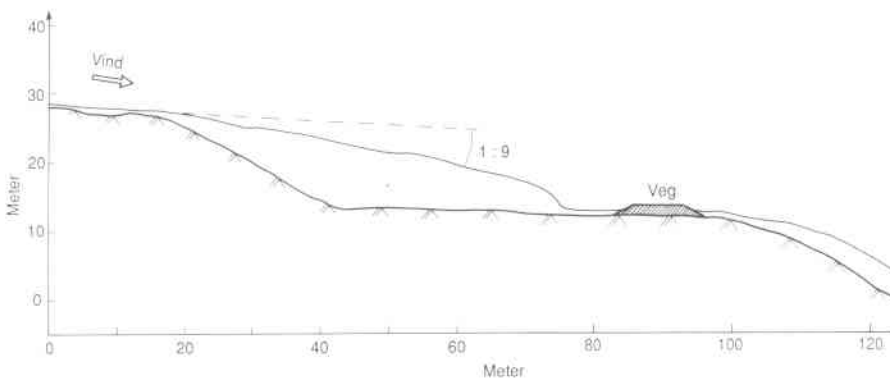
Gode siktforhold i en skjæring kan en oppnå enten ved å utforme skjæringene slik at den oppbygde vegen blir en erosjonssone, eller ved å starte fonndannelsen i tilstrekkelig avstand fra vegen. I det siste tilfellet oppnår en at det meste av drivsnøen felles ut før vinden når fram til vegen.

#### Bruk av brede grøfter

Snøen felles ut der det er en brå overgang i terrenghellingen. På figur 3.11 er det vist oppmåling av samleffekten til en naturlig skråning på Saltfjellet. Figuren viser at fonndannelsen startet ca. 60 m fra enden av fonna, og at fonna ikke har nådd sin maksimale utstrekning dette året. Det oppsamlete volumet er ca 370 m<sup>3</sup>/m.



Figur 3.10 En lav skjæring samler snø på vegen tidligere på vinteren enn en høy skjæring. En høy skjæring vil imidlertid gi høyere brøytekanter.



Figur 3.11 Oppmåling av fonnområde på Saltfjellet. Vegen er bygget ved profil 90.

Det er derved mulig å finne nødvendig samlekapasitet til skjæringene ved å måle opp snøansamlingen bak naturlige skråninger i vegområdet. For de fleste høyfjellsvegene er det nødvendig med 20 - 30 m brede grøfter i 4 - 5 m høye skjæringer hvis fonn dannende vindretning blåser normalt på vegens retning.



Med vind mer parallelt med vegen vil brøyte- og siktproblerne i en skjæring bli mindre kritiske. Det samme er tilfelle der skjæringen ligger på le side av vegen. En hovedregel for å kunne anslå reduksjonen av grøftebredden i slike tilfeller, kan være å bruke følgende formel:

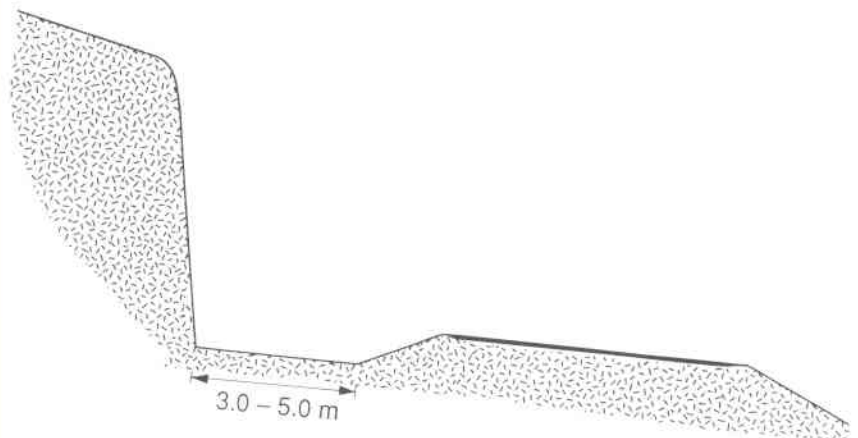
$$G_{\alpha} = G_{90} \sin \alpha \quad (3.1)$$

hvor:  $G_{\alpha}$  = Grøftedybde for vinkel  $\alpha$   
 $G_{90}$  = Nødvendig grøftebredde når vinden blåser normalt på vegen  
 $\alpha$  = Vinkel mellom vegen og fonndannende vindretning

Der det er liten fare for at skjæringen raskt vil fylles med snø, kan grøftebredden reduseres til minimum 3,0 m. Bruk av 3 - 5 m brede grøfter har vært forsøkt både i praksis og i modellforsøk, figur 3.12. Erfaringene er meget gode, og dette bygger på følgende forhold:

- 1) Ved å flytte fonndannelsen en viss avstand fra vegen, oppnår en at snøen felles ut før drivsnøen når vegen, og sikten bedres vesentlig.
- 2) Snøen vil i begynnelsen av uværet samle seg utenfor vegbanen, og antall brøyteturer kan derfor reduseres. Hvis grøfta har tilstrekkelig bredde, kan en også utsette bruken av fres til etter at uværet har lagt seg.
- 3) En 3 - 5 m bred grøft er enkel å ta opp med snøfreser i godværsperioder. Det er derfor mulig å utnytte godværsperiodene for å forberede seg for neste uværsperiode.

En grøftebredde på 3,0 m kan velges i mindre værharde områder, og når vinden blåser nesten parallelt med vegen eller mot terrenghellingen. Hvis antall kulingdager pr. vintermåned overstiger 8 - 10, bør grøftebredden økes til ca. 5,0 m for å oppnå full effekt under hvert enkelt uvær.



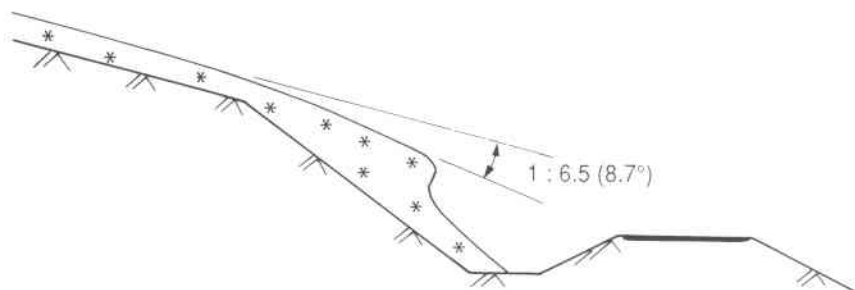
Figur 3.12 Når drivsnøproblemene er moderate, kan vegen planlegges med en 3,0 - 5,0 m bred, kjørbær grøft.

Når vegen utformes med en 3 - 5 m bred grøft, er det unødvendig med ekstra stor grøftedybde. Det er også mulig å ha en kjørbær skulder utenfor brøytstikkene i vegplanum hvis vegen utformes med lukket drenering.

### Utslaking av skjæringshellingen

Modellforsøk og praktiske erfaringer har vist at en utslaking av skjæringshellingen til ca. 1:6 i flatt terreng gir gode brøyte- og siktforhold. Det er også foretatt oppmåling av en rekke snøfonner som viser at overflaten av snøfonna danner en vinkel mellom 1:6,5 og 1:9 i forhold til terrenghellingen på vindsiden av fonnområdet, figur 3.11.

Der skjæringskanten ikke ligger i et fonnområde vil en foreslå følgende regel for valg av skjæringskråningen, figur 3.13:



Figur 3.13 Forslag til normalprofil for skjæring.

- En linje trukket fra snøoverflaten ved skjæringskanten og til vegkanten bør danne en vinkel på maksimalt 1:6,5 (8,7°) med terrengets naturlige helling, målt i vindretningen.

Denne regelen er viktigere å følge jo mindre skjæringshøyden er. Ved mindre skjæringer bør en, om mulig, helst fjerne terrenget horisontalt ut fra grøftebunnen. Der kravet til skjæringshelling gir en helling større enn 1:3, er det sannsynligvis bedre å utforme vegen med bratt skjæringskråning og heller bruke en bred grøft. Dette av hensyn til mulighetene for å vedlikeholde det opprinnelige profilet.

### 3.4.3 SPESIELLE KONSTRUKSJONER NÆR VEGEN

#### Rasteplasser og vegkryss

Enhver konstruksjon som ligger høyere eller på samme nivå som vegen vil føre til problem for vintervedlikeholdet. Det er derfor ønskelig at avkjøringen til en sekundærveg eller rasteplass planlegges med fall.

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 m bredt belte for lagring av utbrøytet snø.

## Plassering av hus i forhold til vegen

Hus og hytter kan i høyfjellet forårsake fonner med en lengde opptil 100 m. Lengden på fonnene er noe lengre når vinden blåser med terreghellingen. Fonner kan også dannes av f.eks. høyspentmaster, oppstikkende hauger, materiallagre og grensesteiner.

Det anbefales derfor å forsøke å øke veglovens generelle byggegrense for veger lokalisert i drivsnøområder. Hvis det er mulig å påvirke plasseringen av husene bør disse plasseres på le side av vegen, eller i områder hvor fonndannende vindretning og vegen er parallelle.



*Figur 3.14 Foto av en liten bu som har ført til flere vegstenginger på Rv. 98, Vadsø - Vardø.*

Problemene hus og andre små forhøyninger kan skape er vist i figur 3.14. Den lille bua, ca. 40 m fra vegen, har flere ganger laget så store fonner på vegen at det har vært nødvendig å foreta brøyting. Brøytekantene har deretter samlet mer snø og etter få timer kan snøproblemene bli så store at det har blitt nødvendig å stenge vegen. Selv om vegen på dette stedet er bygget med en sammenhengende fylling, er ikke dette tilstrekkelig når konstruksjoner ved siden av vegen samler nok snø til at det bygges opp brøytekanter.

## 3.5 Konstruktive tiltak utenfor selve vegbanen

### 3.5.1 SNØSKJERMER

#### Krav til snøskjermer

Snøskjermer er ett av flere hjelpemidler for å bedre drivsnøproblemene. Snøskjermer er både dyre konstruksjoner og de er et fremmedelement i naturen. Det er derfor nødvendig å vurdere alle andre alternativer før en vedtar oppsetting av snøskjermer.

Snøskjermene settes opp på vindsiden av vegen for å endre vindforholdene slik at drivsnøen felles ut før den når fram til vegen. De mest aktuelle stedene for oppsetting av snøskjermer er:

- Der vegen har en utforming og beliggenhet i terrenget som fører til brøyteproblemer, og terrengforholdene gjør det urealistisk å bygge vegen med et riktig profil.
- Der drivsnøen skaper spesielt dårlig sikt, og en kan bedre vegens regularitet med snøskjermer.

For å oppnå god effekt av snøskjermene bør følgende målsettinger til utforming og plassering oppfylles, figur 3.15:

- Reduksjonen av vindhastigheten på le side av skjermen skal være tilstrekkelig til å felle ut det vesentligste av drivsnøen.
- Arealet på le side av skjermen skal være tilstrekkelig til å lagren utfelte snøen utenfor vegen.
- Snøskjermen bør utformes slik at fonna på lovart side blir så liten som mulig for at skjermen skal bli effektiv hele vinteren.
- Snøskjermen skal være effektiv mot fonndannende vindretning, og den skal ikke samle snø på vegen for andre vindretninger.
- Snøskjermen skal være kostnadseffektiv både i oppsetting og vedlikehold.
- Snøskjermen bør tilpasses de naturlige omgivelser best mulig.
- Snøskjermen skal dimensjoneres både mot vind- og snøsigbelastninger.



*Figur 3.15 En effektiv snøskjerm skal samle snøen i god avstand fra skjermen, og snøansamlingen under og på vindsiden av skjermen skal være minst mulig. (Foto: I. Tøndel).*

## Utforming av snøskjermene

Utformingen av en snøskjerm er alltid et kompromiss mellom lagringskapasiteten, effektiviteten under hvert uvær og ønsket om å lage en rimelig skjerm.

Den nødvendige skjermhøyden er avhengig av drivsnømengdene i området, snødybden i skjermområdet og topografien rundt skjermen.

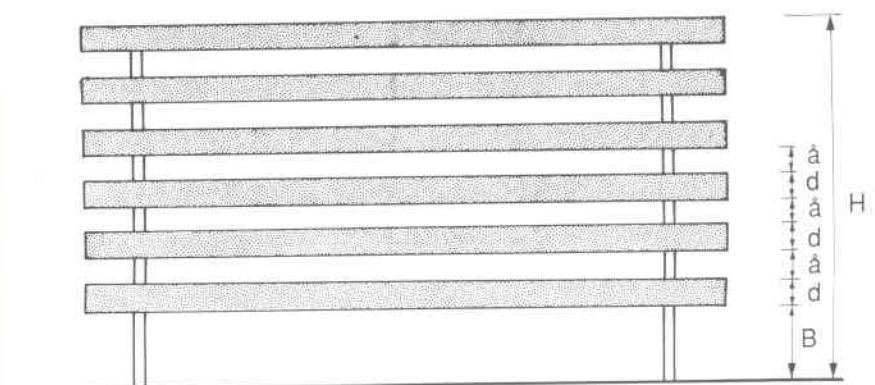
Generelt kan en si at med 1 - 1,5 m snø på bakken bør en skjerm ikke være lavere enn 3,0 m. Lavere snøskjermer har liten samlekapasitet og de fylles hurtig til kapasitetsgrensen, slik at de sjelden er effektive gjennom hele vinteren. Der det er mulig å bruke lavere skjermene enn 3,0 m er som oftest også snøproblemene så små at enkle terrengtiltak er en bedre løsning.

Langs de fleste av våre høyfjellsveger er det nødvendig med skjermhøyder på 3,5 - 4,5 m. Størst skjermhøyder må en ha der drivsnømengdene er store og der det ikke er mulig å plassere skjermene på rygger med moderate snødybder.

Skjermer høyere enn 5,0 m blir utsatt for store dimensjonerende vind- og snølast. Trengs det større samleareal enn det 5,0 m høye skjermene skaper, vil det være riktigere å sette opp flere rader med skjermene, enn høyere skjermene. Dette er også ønskelig av landskapsmessige hensyn.

Det anbefales å konstruere skjermene med en relativt stor avstand mellom bakken og det første skjermbordet. Denne avstanden kalles bakkeklaring, figur 3.16. Hensikten med bakkeklaringen er å skape en kraftig vind under skjermen slik at det samler seg lite snø inntil skjermen, og selve fonna blir avlagret noe lenger fra skjermen.

I flatt terreng med ca. 1,0 - 1,5 m snø anbefales det å bruke en bakkeklaring på ca. 1/5 av skjermhøyden. Når skjermen plasseres på rygger i terrenget hvor det er lite snø, kan bakkeklaringen reduseres til ca. 1/10. Tilsvarende kan den økes noe når skjermen passerer forsenkninger med store snødybder.



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

B - Bakkeklaring

d - Bredde på skjermelementene

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

$\hat{a}$  - åpningen mellom skjermelementene

Figur 3.16 Utforming av snøskjermer.

Snøskjermene bør utformes med en total skjermtetthet på ca. 45 - 50%. Skjermtettheten er definert som arealet av skjermbordene dividert med det totale skjermarealet, figur. 3.16. En tettere skjerm vil samle snøen tett inntil skjermen, mens en mer åpen skjerm lager en lavere og lengre fonn.

De fleste skjermene som brukes i Norge er permanente skjermmer, dvs. at de står ute hele året. En må da kreve at skjermmaterialet består av stive materialer, slik at de ikke beveger seg med vinden, eller får permanente tøyninger på grunn av snøbelastninger.

Forsøk har vist at hvis skjermen består av smale bånd og åpninger, samler snøen seg tettere inntil skjermen. En bør derfor velge skjermbord som er minimum 10 cm brede.

## Skjermtyper

Figur 3.17 viser tegninger av de tre mest brukte skjermtypene i Norge i dag. Alle skjermtypene er av tre fordi disse har vist seg rimeligst i oppførelse, og er enklere å vedlikeholde enn skjermmer av aluminium, stål eller av kunststoff. Dessuten er skjermmer av tre mindre dominerende i naturen enn de andre skjermtypene.

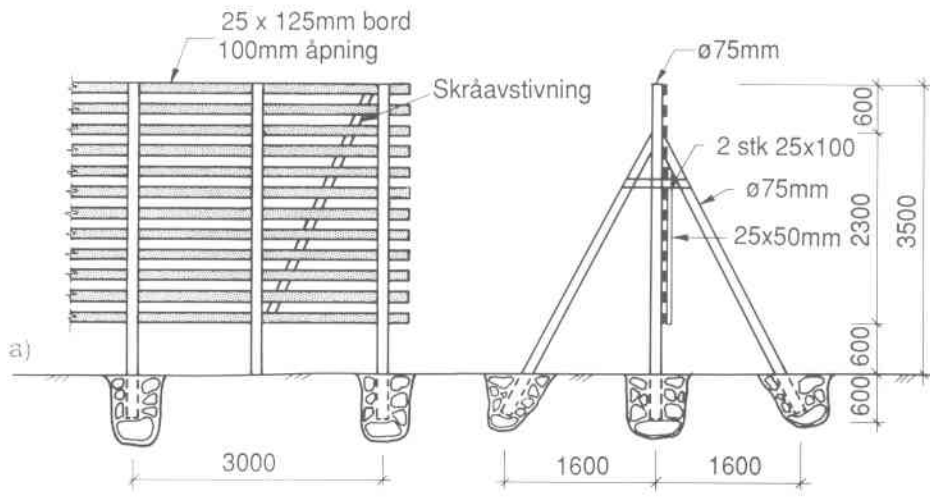
Den enkleste skjermen som er 3,5 m høy, figur 3.17a, brukes først og fremst på veger som ligger lavere enn skoggrensa, og hvor snømengdene ikke overstiger 1,5 m. Skjermen bør ikke brukes i bratt terreng, fordi den ikke er dimensjonert for snøsigkrefter.

Langs de fleste av våre høyfjellsveger er det mest aktuelt å bruke skjermtypen på 4,1 m, figur 3.17b. Skjermen er effektiv til å samle snø, og den motstår relativt store snøsigkrefter hvis snøen samler seg helt inntil skjermen. Hvis snøskjermen passerer forsenkninger hvor det er ønskelig med større skjermhøyder, kan høyden på denne skjermen økes til 4,5 m uten å endre de øvrige dimensjonene.

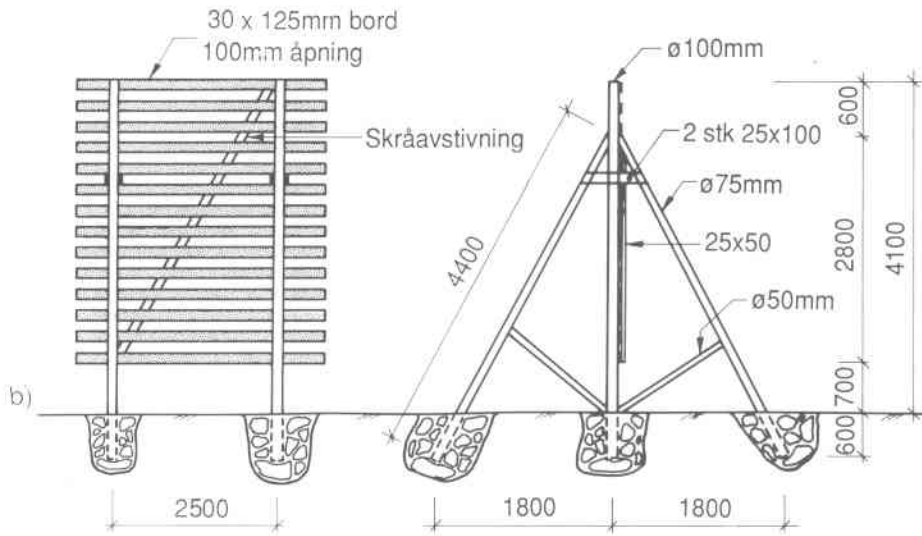
Snøskjermen på 4,5 m, som er vist på figur 3.17c, er kraftig dimensjonert og er kostbar i utførelse. Denne skjermtypen er bare aktuell i svært utsatte klimasoner, i bratt terreng og på fjellplatåer som sikring mot snøskred. Om ønskelig kan skjermtypen økes til 5 m høyde.

## Plassering av skjermene

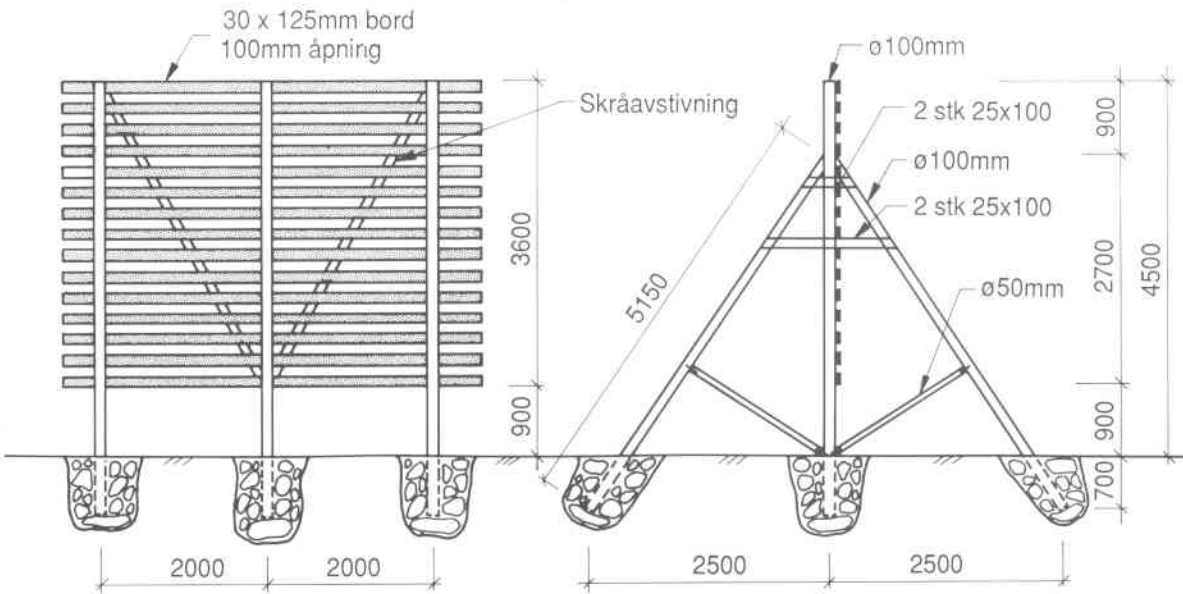
Snøskjermmer er mest effektive når det er bare én fonndannende vindretning. I slike tilfeller bør skjermene plasseres mest mulig vinkelrett på vindretningen. Hvis det er to eller flere vindretninger som kan forårsake fonndannelser, kan en risikere at den avlagrete snøen samler snø rundt skjermen for den sekundære vindretningen. Samlekapasiteten blir derved kraftig redusert for resten av vinteren. I områder med flere fonndannende vindretninger bør derfor snøskjermmer brukes med forsiktighet, og en bør bruke stor bakkeklaring for å samle snøen langt fra skjermen.



Skjerm, 3.5m



Skjerm, 4.1m



Skjerm, 4.5m

Figur 3.17 Utforming av snøskjermer.

Skjermene samler snø i inntil 15 ganger skjermhøyden på le side. Denne avstanden må betraktes som minimumsavstand mellom skjermen og vegen når den måles langs fonndannende vindretning. Aktuelle skjermplasseringer kan finnes i et 20 - 30 m bredt belte utenfor minimumsavstanden.

I områder med fuktig klima og hvor drivsnøproblemene 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 derfor bare i et lite belte at en har full nytte av skjermen. I slike tilfeller er det forsøkt med hell å redusere avstanden mellom skjermen og vegen 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 på vegen.

Snøskjermene har best effekt i mer kontinentalt klima, som er karakterisert ved moderate snømengder, og mange dager med drivsnø uten samtidig nedbør. I slike områder er det mulig å finne fram til egnet skjermplassering over større områder, fra ca. 60 m til 100 m målt parallelt med vindretningen for en ca. 4,0 m høy skjerm.

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

Den gunstigste skjermplasseringen finner en på langsgående rygger i terrenget som ligger mest mulig normalt i forhold til fonndannende vindretning, figur 3.18. Dette er det ikke alltid mulig å finne, og en må da søke å forbinde flere rygger med en skjerm, eller å dele opp skjermstrekningen i flere parallellforskjøvede skjerner. Det er også nødvendig å vurdere om en vil ha flere skjermrader.



*Figur 3.18 Snøskjerner er mest effektive når de står normalt på vindretningen og følger rygger i terrenget. Ved kryssing av forsenkningen burde denne skjermen vært forhøyet.*



Etter at skjermplasseringen er valgt, starter arbeidet med utformingen. Skjermhøyden velges på grunnlag av snømengdene på stedet og nødvendig høyde for å oppnå tilfredsstillende lagringskapasitet, og bakkeklaringen varieres med den lokale snødybden. Der skjermen passerer forsenkninger økes både skjermhøyden og bakkeklaringen slik at skjermen får en konstant høyde etter at den første snøen har jevnet ut terrenget, figur 3.18.

### 3.5.2 PLANTING AV LESKOG

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

En leplanting behøver tid til å etablere seg og å vokse til ønsket høyde for å gi le. Over tregrensa vokser trærne svært sakte, og det kan være vanskelig å etablere skog innenfor vegens levealder. Det er derfor mest aktuelt å plante leskog i eller nedenfor bjørkeskogbeltet.

Ved planting av leskog anbefales det å ta kontakt med fagfolk med kunnskap om plantevalg, plantemetoder og stell av leplantingen. Av fagfolk kan nevnes herredskogmester, statens fagtjeneste for landbruk, leplantingskonsulenten, skogforsøksvesenet og landskapsarkitekter.

#### 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 surt og lite næringsrikt vann.

Generelt er jordsmonnet i fjellet dårlig. Det er lite som gror der og humussjiktet er derfor tynt. Det er dessuten lite mikroorganismer, og røttene til trær og urter når sjelden ned til det mer næringsrike mineraljordlaget.

Jordforbedringen for leskogplanting bør bestå i å få grøftet området grundig, og foreta planting i de oppgravde myrmassene. Der det ikke er nødvendig å grøfte er det viktigst at røttene får kontakt med mineraljorda. I forbindelse med plantingens må en bruke dype plantehull og godt med fylljord og gjødsel.

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 en ser i dag 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 leplantingen til å vokse hurtig er derfor å bedre mikroklimaet rundt plantene.

Forsøk har vist at temperaturen over bakken øker hvis det skapes et kunstig le i planteområdet. Leområdet kan skapes f.eks. med oppsetting av snøskjerm. Vinterklimaet vil også bli bedre bak en skjerm fordi faren for uttørring om vinteren er mindre når snømengdene øker. Det er imidlertid viktig at skjermen ikke samler så mye snø at den forkorter vekstsesongen, eller at snødybden blir så stor at trærne brytes ned. Etter at leskogen gir tilstrekkelig effekt må snøskjermen fjernes av miljømessige hensyn.

### **Aktuelle treslag**

De krav en må stille til treslag i leskogplantingen er:

- De må tåle vinterstormene
- De må ha god vekst om sommeren
- De må ha god skjermeffekt om vinteren
- De skal helst harmonere med den naturlige vegetasjonen

Det er vanskelig å finne et enkelt treslag som tilfredsstillende alle kravene, bl.a. fordi de mest hardføre treslagene kvitter seg med nåler eller blad om vinteren for å kunne motstå faren for uttørring, og de vil da ha liten leeffekt. Det er utført lovende forsøk med innføring av spesielt hardføre utenlandske bartrær, men disse vil til gjengjeld sjelden harmonere med den naturlige vegetasjonen.

De utenlandske treslagene som er mest aktuelle for planting nær tregrensa er to lerkearter (*Larix sibirica* og *Larix decidua*), fjelledelgran (*Abies laciocarpa*) og engelskmannsgran (*Picea engelmanni*). Planter kan leveres enten gjennom spesielle planteskoler eller fra skogforsøksvesenet.

Fjellbjørk er det treslaget som 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 hvor det skal plantes. Det er selvsagt en fordel å bruke relativt store planter, men dette er kostbart og setter store krav til plantemetoden. Ulempen med fjellbjørk er at den har dårlig leeffekt og det er vanskelig å få den opp i stor høyde. Fjellbjørk gir imidlertid godt le om sommeren for andre treslag, slik at disse vokser fortere, samtidig som innblanding av fjellbjørk gir et bedre landskapsmessig inntrykk. Fjellbjørk bør derfor inngå som et av treslagene i enhver leskogplanting i fjellet.

### **Plassering av plantene**

Det er nødvendig å plante trærne i et belte med en viss utstrekning for å oppnå tilfredsstillende leeffekt, og for at trærne skal få gode voksevilkår. Helst bør beltet ha en bredde på ca. 20 m, og 10 m må betraktes som en minimumsbredde.

Avstanden fra vegen til første planterad kan variere mellom 20 og 50 m, avhengig av vindens retning i forhold til vegen. Mellom leskogbeltet og vegen bør all eksisterende skog fjernes, hvis skogen forårsaker fonner på vegen og gir dårlige siktforhold. Det er overraskende ofte at det er enkeltstående trær som forårsaker snøproblemene, og ikke utforming av vegens sideterreng.

## 4. TRAFIKKMESSIGE TILTAK I DRIVSNØOMRÅDER

### 4.1 Trafikkregulerende tiltak under uvær

Under uvær er det ofte nødvendig å iverksette spesielle tiltak for å kunne avvikle trafikken innenfor en akseptabel sikkerhetsramme. De tiltakene som er mest aktuelle er innføring av kolonnekjøring, eller stenging av vegen for all trafikk når forholdene er for vanskelige. Slike tiltak er hjemlet i Vegtrafikkloven, paragraf 7, 2. ledd.

#### Kolonnekjøring

Kolonnekjøring blir innført enten når siktforholdene er så dårlig at det er stor sannsynlighet for fastkjøring, kollisjon, eller brøytingen gjør det umulig for to biler å passere hverandre. Kolonnekjøring kan også innføres når det er fare for at biler kan blåse av vegen. Kolonnekjøringen skjer ved at bilene bare får lov å passere den kritiske vegstrekningen sammen med brøytemannskap. Utfra dagens retningslinjer for kolonnekjøring skal det være en brøytebil foran bilkolonnen for å brøyte vegen, og en bil bakerst for å kontrollere at alle bilene følger med. Ved bruk av kolonnekjøring vil trafikkhastigheten normalt måtte reduseres til ca. 10 - 30 km/t.

Vanligvis vil kolonnekjøring bli innført ved følgende kriterier:

- Vindstyrke 10 - 14 m/s når det er snøfall samtidig
- Vindstyrke 12 - 17 m/s når det er løst snødekke, men ikke snøfall samtidig

Kolonnekjøringen vil vare inntil uværet har lagt seg, eller til vegen er blitt åpnet i full bredde, eventuelt til kolonnekjøring ikke lenger er forsvarlig.

Disse grenseverdiene avhenger både av temperaturen og snøtypen, og ikke minst vegens lokalisering og utforming. På en veg med rekkverk, eller som har trange skjæringer, må kolonnekjøring innføres på et tidligere tidspunkt, og en trenger også lenger tid for å åpne vegen i full bredde etter uværet.

#### Stenging av vegen

En høyfjellsveg vil bli stengt når det ikke er sikkerhetsmessig forsvarlig å slippe trafikantene inn på fjellet. Vanligvis vil en klare å holde en veg farbar opp til vindstyrker på ca. 18-25 m/s (liten storm). Ved større vindstyrker enn 25 m/s er faren for panikkreaksjoner og faren for at bilene skal blåse av vegen så stor at det er uforsvarlig å holde dem åpne. Det er imidlertid i mange tilfeller mulig å brøyte vegen selv i de stengte periodene, slik at stengingstiden blir minimal.

## 4.2 Værobservasjoner

I fjellområdene kan klimaet skifte hurtig både fra sted til sted og over tid. For å oppnå en god og sikker trafikkavvikling, er det derfor nødvendig med kontinuerlige observasjoner av været og forholdene på veien.



*Figur 4.1 Overvåkings- og værobservasjonssentral for Haukelifjellet.*

Kunnskaper om kjøreforholdene kan enten skaffes ved å patruljere veien, eller ved å overføre data fra de kritiske partiene til en bemannet brøytestasjon eller vegstasjon. Siden 1980 har det vært en hurtig utvikling av fotograferingsteknikker, meteorologiske instrument og overføring av data over lange avstander. Denne utviklingen har gjort det mulig å foreta en større del av overvåkingen ved hjelp av instrument, for å vite når det er behov for brøyting og kontinuerlig patruljering. En godt planlagt instrumentovervåking vil derfor kunne redusere antall brøyte- og patruljeringsturer uten at dette går ut over sikkerheten.

De opplysningene en primært ønsker kunnskap om ved hjelp av målinger er:

- Sikt- og kjøreforholdene på de mest utsatte vegstrekingene
- Snømengdene på veien, og om det er behov for å brøyte
- Faren for at værforholdene kan forårsake farlige trafikksituasjoner
- Kvalitet på trafikkavviklingen

Disse opplysningene får en best ved hjelp av kontinuerlig overføring av bilder kombinert med registrering av vind og nedbør.

Det største problemet med bildeoverføring er at bildene har dårligst kontrast når det er størst behov for bildene, under uvær og når terrenget er dekket av snø. Bedring av kontrasten kan oppnås ved å sette opp stenger med god kontrast til snøen, med ca. 10 m mellomrom i kameraets lengdeakse. Antall stenger som kan ses på bildet, vil da gi

en indikasjon på siktlengden, og hvor stor del av stengene som er synlig vil gi høyden på snøfokket. Det er videre en fordel med belysning av fotograferingsområdet for å kunne overføre bilder når det ikke er dagslys.

I tillegg til overføring av bilder fra kritiske partier langs vegen, er det også behov for kontinuerlig overvåking av bomområdene hvor trafikantene stoppes ved kolonnekjøring eller stengt veg. Erfaringsmessig oppstår det disse stedene flere vanskelige situasjoner, og det er stort behov for å vite hva som skjer og få gitt informasjon til de som venter ved bommene.

Det er en vesentlig fordel om bildeoverføringen kombineres med overføring av enkelte klimadata, hvorav de viktigste er:

- Vindstyrke
- Vindretning
- Nedbørmengde
- Nedbørtype
- Temperatur

Disse opplysningene vil gi verdifull støtte om det er behov for å brøyte eller å patruljere de kritiske strekningene. Vindmålingene er også nødvendige for å vurdere faren for at biler kan blåse av vegen.

Det er også ønskelig å få kontinuerlige data om vind og nedbør fra fjellområder noen mil vest for den kritiske vegstrekningen, for å få varsel om kommende lavtrykk som oftest beveger seg fra øst mot vest. Derved kan en få noen timers varsel for når et uvær bygges opp, og kan planlegge mannskapsdisponeringen etter dette.

Bildeoverføringen og klimadataene må overføres til det sted hvor de viktigste beslutningene om den daglige driften av vegen tas. I praksis vil dette si brøytestasjonene for høyfjellsvegene, og til vegstasjoner eller direkte til brøytebiler for de øvrige vegene.

Den største økonomiske gevinsten ved et instrumentert overvåkingssystem er sannsynligvis om høsten og om våren, fordi en da kan redusere antall dager med fast bemanning på fjellovergangene. Det er derfor et stort behov for å kunne variere hvor dataene skal sendes, f.eks. til vegstasjoner om høsten og våren, og til brøytestasjonene om vinteren.

## 4.3 Vintermerking av vegen

Det stilles flere krav til vintermerkingen for veger i drivsnøområder, enn for veger hvor snøen skaper mindre problem for vintervedlikeholdet. De viktigste kravene er:

- Vintermerkingen skal vise vegens linjeføring og området for vegbanen også under vanskelige siktforhold.
- Vintermerkingen skal ikke skape nye snøproblemer, eller være til hinder for et effektivt vedlikehold av vegen.



*Figur 4.2 Vintermerking på Saltfjellet.  
(Foto: H. Thorbergesen)*

Under vanskelige kjøreforhold med dårlig sikt har alle sjåførere en tendens til å kjøre mot senter av vegen, og ofte også helt mot venstre kjørebane. Vintermerkingen må derfor utføres slik at vegkanten markeres tydelig, og det må være kort avstand mellom stikkene for at bilistene skal kunne holde høyre kjørefelt. Det er også nødvendig å merke hvor det er mulig å foreta maskinell snørydding utenfor vegen.

Brøytestikkene bør ha god kontrast og tilstrekkelig tykkelse og høyde slik at de blir sett under uvær. Refleksene bør monteres i to høyder, 0,7 m og 1,5 m over bakken, for å få god effekt både ved kjøring med nær- og fjernlys, og i tilfelle nedre refleks blir dekket av brøytekant. Brøytestikkene bør videre beholde sin mykhet i kuldeperioder slik at de ikke ødelegges av slag fra plogvingen eller utbrøytete isklumper.

Brøytestikkene settes opp med tilstrekkelig tetthet. På partier med gode siktforhold kan maksimalavstanden være 30 - 50 m, mens den på vanskelige partier bør reduseres til 10 - 15 m. Det er ønskelig å montere dem slik at de kan fjernes midlertidig i forbindelse med rydding av brøytekantene, f.eks. ved å sette dem i nedslåtte rør i vegkanten.

Skilt oppsatt i drivsnømråder har en tendens til å bli dekket med et fokksnølag i uværsperioder. Systematiske forsøk i Japan har vist at denne tendensen blir vesentlig redusert hvis skiltene monteres ca. 15° i forhold til vertikalen. En oppnår derved en økende vindhastighet langs skiltet som gjør at drivsnøen ikke fester seg.

Det er også under utprøving skilt montert på en leddet skiltstolpe med vektbelastning, slik at de gir etter for snøspruten og reiser seg igjen etter at brøytebilen har passert. Dette hindrer skader på skiltene samt at snøen ikke fester seg så lett.

## 4.4 Overvåking av trafikken

Fjernovervåking av trafikken er etterhvert blitt et mer og mer vanlig hjelpemiddel i trafikkavviklingen. Særlig nytte kan man ha av et anlegg som gir muligheter for å skaffe seg oversikt over trafikkbildet når det vurderes å stenge vegen, eller når det gjennomføres kolonnekjøring. Ulike typer utstyr og systemer er i bruk, og slikt utstyr er også tatt i bruk ved flere fjelloverganger. Gjennom slike systemer kan man innhente viktig informasjon om vær- og kjøreforholdene inne på fjellet uten å måtte trafikkere vegen.

Et slikt overvåkingsanlegg er i bruk på Saltfjellet. Dette anlegget består av TV-kameraer som via to PC'er overfører bilder via oppringt telefonlinje. Bilder fra bomområdet overføres til brøytetasjonen. I tillegg til overføring av bilder, benyttes systemet til å fjernstyre og låse bommene. Bommene kan også styres direkte fra brøytebilen.

Et slikt fjernovervåkingsystem gir fordeler både til trafikanten og vegvesenet:

- Kjørende sikres mot å bli stående foran en stengt bom i lange perioder uten at brøytemannskapene er klar over det.
- Brøytemannskapene er til enhver tid informert om situasjonen ved bommen, og kan tilpasse brøytingen etter trafikkmengden. Dette er særlig viktig ved kolonnekjøring.

## 4.5 Bommer og bomområder

Ved fjernovervåking av bomområder er det viktig at området er godt belyst. Det bør også settes opp skilter som opplyser at området er TV-overvåket, hvis kameraer benyttes. Dette kan gi en visshet til trafikantene om at man er observert når bommen er stengt.

Av sikkerhetsmessige hensyn bør bommer plasseres på et sted som ligger i le for vind. Av flere årsaker bør man bruke delte bommer slik at de stenger en kjørebane hver. En hel bom vil ha et stort vindfang, og den vil være vanskelig å håndtere. Under kolonnekjøring vil det også være en fordel om man kan åpne bare den kjørebanen kolonnen skal benytte, slik at ikke biler utilsiktet kjører gjennom det som kan synes som en åpen bom. Bommene bør også være av typen som heves og senkes, slik at man ikke risikerer at bommen kan blåse igjen og stenge vegen utilsiktet eller skade trafikanter. Ved bommene skal det også være blinkende rødt lys som varslar at vegen er stengt. Bommene må være låsbare med en låsemekanisme som kan fjernstyres, f.eks. magnetlås.

Ved bommene må det være tilfredsstillende oppstillingsplass, og plass slik at store vogntog kan snu. Det bør også være venterom med tilgang på toalett og telefon. På et slikt sted er det også viktig å opprette et system med høyttaleranlegg og/eller informasjonstavler som gir trafikantene nødvendig informasjon (se neste avsnitt).



Figur 4.3 Bommen på sydsiden av Saltfjellet. (Foto: H. Thorbergsen)

Figur 4.4 Variable skilt for E-6, Saltfjellet.

(Foto: H. Thorbergsen)

## 4.6 Informasjon til trafikanter og publikum

Kravene til informasjon er stadig økende etterhvert som mulighetene for å formidle informasjon øker. Vegvesenet har også fulgt med på denne utviklingen, og de fleste trafikanter er idag kjent med vegvesenets informasjon via media, sentrale og regionale vegmeldingssentraler osv.

Forholdene på høyfjellet eller på spesielt utsatte vegstrekninger krever imidlertid et eget opplegg for informasjon, fordi forholdene kan endre seg svært fort. Det er derfor viktig at trafikantene informeres via systemer som til enhver tid er oppdatert og tilgjengelige der trafikantene er.

Vegstatus for de mest trafikkerte høyfjellsvegene i Norge foregår idag via variable skilt. Dette er skilt som plasseres i så god avstand fra den aktuelle vegstrekningen at trafikantene har anledning til å velge alternative kjøreruter, snu eller

finne et overnattingssted. Skiltene endres fra brøytestasjon, brøytebil eller fra annet sentralt sted. Skiltene gir som nevnt opplysninger om vegens status (stengt, kolonnekjøring, åpen), men det kan i tillegg også informeres om alternative kjøreruter, vær- og kjøreforhold på aktuell vegstrekning, telefonnummer til meldingstjeneste osv.

Særlig viktig er informasjonen til det sted der vegen stenges, ved bomområdet og i venterom. Her kan det benyttes skilt, TV, høytaleranlegg, direkte telefon til brøytestasjon eller automatisk telefonsvarer. På slike steder kan ofte uvisshet og usikkerhet føre til panikkartede reaksjoner og handlinger, som enkelt kan unngås.





## 4.7 Gode råd til trafikantene

Retningslinjene for kolonnekjøring gir hjemmel for å nekte kjøretøyer å følge en kolonne utfra vurdering av "kjøretøyets vinterutstyr, motorkraft i forhold til tyngde, passasjerenes utstyr til å utstå ufrivillige opphold i fjellet m.v.". Vi vil derfor i dette avsnittet ta med noen generelle råd om utstyr i kjøretøyer, og litt om hva passasjerer i bil bør tenke på før man begir seg ut på veger med vanskelige kjøreforhold. I særlig grad gjelder dette ved passering av fjelloverganger der det ofte er liten trafikk. Her kan kjøreforholdene skifte svært fort og være spesielt vanskelige. Ofte er det også langt unna bebyggelse.

Nedenfor listes opp utstyr som bør finnes i bilen, og noen faktorer man bør passe spesielt på:

- Kjettinger eller "knipetak"
- Spade
- Slepetau
- Lommelykt
- Full drivstofftank
- Tilstrekkelig frostvæske
- Følg instruksjoner fra brøytemannskaper

For passasjerene i bilen er det viktig å ha med seg:

- Varmt tøy, lue, skjerf og votter
- Pledd/ullteppe/sovepose
- Solbriller
- Mat og varm drikke
- Reiseradio (hvis det ikke er radio i bilen)
- Har man mobiltelefon, bør man notere aktuelle telefoner til vegvesenet eller annen hjelpeinstans

Det kan heller ikke nok påpekes viktigheten av å følge de instruksjoner som gis i form av skilting, meldinger over radio osv. Dersom en veg er stengt, kan man ikke regne med at vegvesenets folk trafikkerer den aktuelle strekningen før det igjen er aktuelt å åpne vegen for trafikk. En veg som har kolonnekjøring er stengt, men tillatt trafikkert sammen med følgebil. Det har oppstått mange dramatiske episoder på grunn av at bilister har tatt seg ulovlig inn på en stengt veg.

Ved passering av særlig utsatte vegstrekninger, bør man ta hensyn til hvem man har med i bilen. Små barn og eldre mennesker vil være særlig utsatt dersom noe skulle hende. Kolonnekjøring på en fjellovergang er ikke ensbetydende med at man kommer over fjellet uten problemer.

Skulle man i dårlig vær bli stående på en veg som er åpen for trafikk, bør man ikke forlate kjøretøyet. I dårlig vær vil det aldri ta lang tid før brøytemannskapene dukker opp, og man bør bli i bilen og sette på katastrofelys. Når en veg stenges, vil den alltid bli trafikkert etter stengingen for å forsikre seg om at det ikke står biler igjen på vegen.

## 5. ANBEFALT LITTERATUR

### SNØLÆRE

**Bakkehøi, S. (1987)**  
Snow avalanche prediction using a probabilistic method.

Inst. Ass. of Hydrological Sciences  
No. 162. Ed. Salm and Gubler.

**Dannevig, P. (1968)**

Fjellboka.  
Nordangers håndbøker, Bergen.

**Forsvarets overkommando (1987)**

Veiledning i vintertjeneste, hft. 9.  
Snø, snøskred og redningstjeneste.

**Gabl, K. og Lackinger, B (red.) (1986)**

Lawinenhandbuch.  
Tyrolia Verlag, Innsbruck.

**Hestnes, E. og Sandersen, F. (1987)**

Slushflow activity in the Rana district, North Norway.  
Int. Ass. of Hydrological Sciences, No. 162. Ed. Salm and Gubler.

**Lied, K. and Bakkehøi, S. (1980)**

Empirical calculation of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters.  
J. Glaciol., 26 (94), 165-177.

**Martinelli, M. (1974)**

Snow avalanche sites.  
Agric. Inf. Bull. 360, U.S. Department of Agriculture.

**Mellor, M. (1965)**

Blowing snow. DA-project.  
IV 025001A130. Cold Regions Research and Engineering Laboratory.

**Mellor, M. (1968)**

Avalanches, Cold Regions Science and Engineering. Part III Engineering, Sect. A3.  
Cold Regions Research and Engineering Laboratory.

**Perla, R. og Martinelli, M. (1978)**

Avalanche handbook.  
U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

**Ramsli, G. (1981)**

Snø og snøskred.  
Universitetsforlaget, Oslo.

**Statens Naturvårdsverk, Sverige (1983)**

Snø og laviner.

### SIKRING AV VEGER MOT SNØSKRED

**Arbeidstilsynet (1974)**

Snøskredfare ved oppholds- og anleggssteder.  
Forskrift, bestillingsnr. 299.

**Byggeforskrift (1987)**

Kommunaldepartementet og miljøverndepartementet.

**EISFL (1986)**

Lawinenverbau in der Anbruchgebiet. Richtlinien. Mitteilungen der Eidg. Inst. für Schnee und Law. Forschung No. 29.

**Fixdal, K.G. (1975)**

Snøskredoverbygg.  
Meddelelse fra Veglaboratoriet, nr. 49.

**Gubler, H. (1977)**

Künstliche auslösung von Lavinen durch Sprengungen.  
Eidg. Inst. f. Schnee und Law. f.

**Lawinenschutz in der Schweiz (1972)**

Bündnerwald, Beiheft, No. 9.

**Larsen, J.O. et al. (1985)**

The temporal and spatial variation of snow pressure on structures.  
Canadian Geotechnical Journal, Vol. 22, No. 2.

**Norem, H. (1983)**

Avalanche hazard, evaluation, accuracy and use.  
Meddelelse fra Veglaboratoriet, nr. 55.

**Norem, H. (1990)**

Vekttallsanalyse er beste metode.  
Våre Veger, vol. 17, nr. 9.

**Salm, B. og Sommerhalder, E. (1964)**

Beanspruchung von Lawinenschutzgallerien.  
Strasse und Verkehr.

**Schaerer, P. (1962)**

Avalanche defences for the trans-Canada highway at Roger Pass.  
Div. Build Research Techn. Pap. 142. Nat. research Council of Canada.

**Schaerer, P. (1966)**

Snowshed location and design.  
J. Highw. Div., ASCE 92(HW2).

**Statens Naturvårdsverk, Sverige (1984)**

Sprengning av snø.

**Vaslestad, Jan (1986)**

Superspennekonstruksjoner.  
Teoretisk grunnlag og praktisk utførelse.  
Intern rapp. 1259,  
Veglaboratoriet.

**Vegdirektoratet (1981)**

Vegutstyr.  
Håndbok 017.

**Vegdirektoratet (1989)**

Bruprosjektering - 16,  
Skredoverbygg.  
Håndbok 100.

**Vegdirektoratet (1992)**

Vegbygging.  
Håndbok 018.

### VEGER I

### DRIVSNØOMRÅDER

**Norem, H. (1975)**

Registrering og bruk av klimadata ved planlegging av høyfjellsveger.  
Meddelelse fra Vegdirektoratet, nr. 49.

**Norem, H. (1975)**

Lokalisering og utforming av veger i drivsnøområder.  
Meddelelse fra Vegdirektoratet, nr. 49.

---

**Norem, H. (1985)**

Design criteria and location of snow fences.

Annals of Glaciology, No. 6.

**Tabler, R. (1980)**

Geometry and density of drifts formed by snow fences.

Journal of Glaciology, Vol. 26, No. 94.

**Takeuchi, M. et al. (1990)**

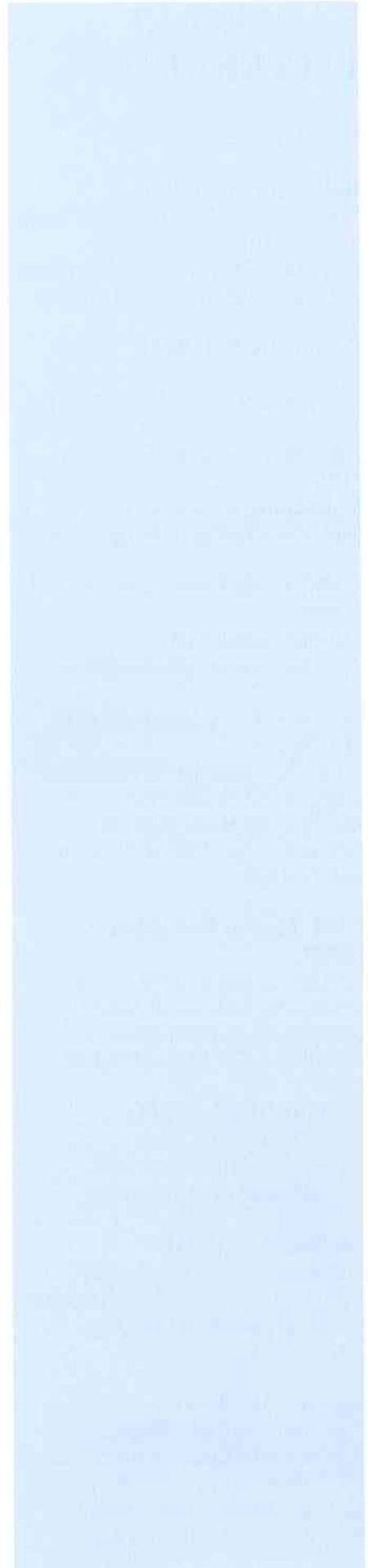
Blowing snow problems and their countermeasures in Hokkaido, Japan.

8th PIARC, Int. Winter Road Conference, Tromsø.

**SHRP (1991)**

Snow Fence Guide

FR-S 1 -106



## STIKKORDREGISTER

Acetylen	47	Feilregistreringer	45	Ladninger, forhåndsutlagte	47
Akebrett	51	Fenghette-	49	Lagrings-	
Artilleri	47	kretsen	50	tettheten	14
Avfiringssystem	47	Fjell-		volum	40
Avrenning	17	bjørk	89	Last	27
Avrundingsradien	77	edelgran	89	friksjons-	26
Bakkeklaring	84	Fjern-		jordtrykks-	27
Bartrær, utenlandske	89	overføring	69	punkt-	27
Baufort	10	trafikk	57	trykk-	26
Begerkrystaller	13	Flakskred I	5	resultant-	27
Beslutnings-		Flomskred I	8,54	Lavtrykk	10
nivå	55	Flyte høyde	36	Ledevoller	42
takerne	54	Flytting (av veger)	40	Lerkearter	89
Betong-		Fonnområder	11	Leskog	87
kulverter	32	Forbygninger	35	Linjeføring	54
overbygg	26	Forundersøkelser	53	Lokal-	
Bildeoverføring	92	Fotgjengere	57	kjente	54
Bjørkeskogbeltet	73	Frekvens	50	trafikk	57
Bombekastere	47	Friksjonsvinkelen	14	Lune områder	74
Bommer	95	Frysekjerner	9	Lydsignaler	45
Bomområder	95	Funksjoneringsfeil	67	Lys (gult, rødt)	46
Brede grøfter	40,79	Fyllinger	75	Lyshoder	46
Bremse-		Fyllings-		Løsneområdet	19
forbygninger	36	høyde	75	Løssnøskred	15
kjegler	36	skråning	76		
Brenntid	49	toppen	77	Mast	45
Bru	33	Følsomhetsnivå	4,5	Metamorfose	12
Brudd-		Gassblandinger	47	Meteorologisk Institutt	53
form	15	Geofoner	45	Mikroklimaet	88
kant	16,47	Glide-			
styrken	14	lag	13	Naboområdene	54
Brurekkverk	77	plan	16	Nedbør	61,63
Brøyteproblem	67	Grøftedybde	75	Nedbørintensitet	61,62
Brøytestikkene	93	Helikopter	47	Nytte-/kostnadsforhold	57
Bygge-og arbeidsnivå	55	Hellingsvinkel	24	Nytteeffekten	57
Byggeforskrift	51	HU-tennere	50	Nærnaabometoden	63
Bære-		Hullavstand	51	Oksygen	47
bølge	50	Høytrykk	10	Omkjøringsmuligheter	52
kabel	49			Omvandling,	
Detonerende lunte	50	Informasjon	96	nedbrytende	13
Detoneringen	47	Isbroer	13	oppbyggende	13
Dimensjonerende trykk	18	Iskrystaller	9	Omvandlingsprosess	12
Dimensjoneringsreglene	35	Isras	35	Oppstigningshøyde	39
Drenering	30	Kabel, strømførende	46	Overflateforhold	22
Drivsnø-		Kaldfront	9	Permeabel	18
områder	67	Kanoner	47	Plan- og bygningslov	51
problemene	67	Klima-		Plante-	
Dødsulykke	25	registreringer	68	metoder	88
Engelsmannsgran	89	stasjoner	69	valg	88
Evakuering	45	undersøkelser	68	Port	45
Fangvoller	36,38	Kohesjon	13	Propan	47
Fasthets-		Kolonnekjøring	67,91	Rasteplasser	81
reduksjon	62	Konvekse partier	16	Regularitet	68
økning	61	Konvekse områder	22	Rekkverk	77
		Krystalltyper	9	bru-	77
		Kulingdager	68	demonterbart	77
		Kulingshyppigheten	69	kabel-	77

rør-	77	Solstråling	20,62	Veg-	
smale	77	Spadeprøven	14	kryss	81
Releboks	50	Spenningsomlagring	47	miljøet	54
Rennsnø	13	Sperringene	25	stenging	25
Returline	49	Sprengningsenergien	47	Vekstfaktorer	88
Returperiode	24	Sprengstoffet	47	Vekttall	57
Rim	13	Steinsprang	35,54	Vekttallsanalyse	57
Ringeklokke	46	Stengings-		Vind	10,62
Ruhet	35	tid	25	Vind, fonndannende	86
Rystelsesmålere	45	timer	56	Vind-	
Rørtunnelene	26	Stormdager	68	målinger	68
		Strekkspenninger	16,47	retning, fremherskende	20
Signallys	46	Styrings-		nedbørførende	9,20
Sikkerhetsproblem	67	skap	46	roser	68
Sikrings-		system	46	styrke	12,63
planer	54	Støtteforbygninger	34	Vintermerking	93
nivå	51	Stål-		Vær-	
tau	51	kulverter	32	observasjoner	63,91
tiltak	26	rør, korrugerte	32	parametre	63
Sikt-		Svaberg	22	prognoser	53
forhold	54	Sørpeskred	15,17,54	situasjoner	53
problem	67			varsler	63
Skavl	49	Taubane	47,48		
Skjerm-		Temperatur	62	Wire	45
høyde	44,86	Tennapparat	50		
plasseringer	87	Tenningssystemer	50		
typer	86	fjernstyrt	50		
Skjæringer	78	radiostyrt	50		
Skjæringshellingen	81	kabelstyrt	50		
Skjærspenninger	47	Terreng-			
Skog, skredskadet	23	hellingen	17,20		
Skolebarn	57	tiltak	36,57		
Skolebarnkjøring	52	Tilkomstveg	32		
Skred-		Tilsig	17		
banen	19	Tjærelunte	49		
hastighet	17,39	Trekklina	49		
løpet	15,19	Trykk-	17		
markører	53	lastene	26		
overbygg	26	sonen	47		
sikkerhet	56	Tunneller	26		
Skyte-		Tørrsnøskred	17		
apparat	50				
ledningene	49	Utbedringsplaner	56		
Snø-		Utglidning	15		
høyde	35,63	Utgravingsområdet	39		
kartlegging	71	Utløps-			
-tachymetrisk	71	distanse	17		
-fotogrammetrisk	71	området	19		
-botanisk	71	Utløsning, kunstig	47		
krystallene	9	Utløsnings-			
lav	73	faktor	15		
lære	9	metode	47		
målinger	68	område	16		
partikler	11	Utstyr (i kjøretøyer)	97		
-suspenderte	12,28				
sig	35				
skjermer	43,82	Vanndamp	13		
sky	17	Varmfront	9		
transport	12	Varsling	45,61		
vannmettet	17	Vegetasjon	22		



**Statens vegvesen**

**Vegdirektoratet  
Håndboksekretariatet  
Boks 8142 Dep.,  
0033 Oslo  
Tlf. 22 63 95 00  
Fax 22 63 96 79**

**ISBN 82-7207-327-7**

*En håndbok fra vegvesenet*