

# Snøskred

## Håndbok om snøskred

Karstein Lied og Krister Kristensen



Vett & Viten





## Forord til den elektroniske utgaven

Hver vinter, når det stormer i fjellet og media melder om ulykker og skredfare, blir vi minnet på at Norge er et snøskredutsatt land. "Håndbok om Snøskred" ble skrevet av Karstein Lied og Krister Kristensen for å gi et norsk publikum muligheten til å lære om de viktigste forholdene rundt naturfenomenet snøskred. Boken er basert på erfaringen fra NGIs snøskredgruppe, som har jobbet med og forsket på snøskred siden 1973.

Boken kom ut i forlaget Vett og Viten i 2003 og er i dag utsolgt fra forlaget. Likevel er innholdet i boken fremdeles aktuelt til tross for at forskningen innen snøskred gjør fremskritt hvert år. Etterspørselen etter boken er fortsatt stor, men dessverre skal boken ikke trykkes opp igjen fra forlaget.

Derfor har NGI nå tilrettelagt en PDF versjon av boken. Denne PDF versjonen kan skrives ut og benyttes som kursmateriell, eller gjerne også bare for privat bruk. Det viktigste formålet med å gjøre boken tilgjengelig elektronisk, er at kunnskapen i boken er lett tilgjengelig for et så stort publikum som mulig.

Den elektroniske publiseringen av boken er godkjent av forlaget Vett og Viten, begge forfatterne og NGI. PDF filen er søkbar, men det er ikke mulig å kopiere verken tekst eller bilder. Som for den skriftlige utgaven gjelder reglene for opphavsrett og sitering (se side 4 i boken).

For all bruk av boken skal følgende referanse tas med:

"Lied, K. og Kristensen, K., 2003. Snøskred. Håndboken om snøskred. Forlaget Vett og Viten, Nesbru, Norway, pp. 200"

Vi håper at den elektroniske utgaven av boken vil bidra til fortsatt og økt bruk av boken, og at kunnskapen om snøskred dermed spres til enda fler.

Christian Jaedicke  
Fagansvarlig snøskred

Anders Solheim  
Avdelingsleder Naturskade

Hovedkontor:  
Pb. 3930 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Avd Trondheim:  
Pb. 1230 Pirsenteret  
7462 Trondheim

T 22 02 30 00  
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281  
Org. nr 958 254 318 MVA

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

BS EN ISO 9001  
Sertifisert av BSI  
Reg. No. FS 32989



# Internt notat



Til: **Anders Solheim**

Kopi: Christian Jaedicke

Fra: Karstein Lied

Dato: 13. januar 2012

Prosjekt: 20110696-00 Skredvarsling 2011/2012

Tilbud/Sak:

Emne: **Godkjenning for elektronisk publisering av "Håndboken om snøskred"**

---

Jeg godkjenner hermed at "Håndbok om Snøskred" av Karstein Lied og Krister Kristen utgitt i forlaget Vett og Viten i 2004 blir tilgjengeliggjort i elektronisk format.

Boken vil bli skannet og lagret som PDF fil. Denne PDF filen er låst, slik at innhold i filen ikke kan kopieres, verken tekst eller bilder.

Den elektroniske versjonen skal stilles til rådighet for interessert publikum som ikke får tilgang til den utsolgte trykte versjonen av boken.

Jeg er klar over at boken ikke skal legges opp i nye opplag og er dermed innforstått at jeg ikke kommer å få noe økonomisk utbytte fra den elektroniske versjonen.

KG 13/1-12  
Dato, Sted  
*Karstein Lied*  
Karstein Lied

# Internt notat



Til: **Anders Solheim**

Kopi: Christian Jaedicke

Fra: Krister Kristensen

Dato: 13. januar 2012

Prosjekt: 20110696-00 Skredvarsling 2011/2012

Tilbud/Sak:

Emne: **Godkjenning for elektronisk publisering av "Håndboken om snøskred"**

---

Jeg godkjenner hermed at "Håndbok om Snøskred" av Karstein Lied og Krister Kristensen utgitt i forlaget Vett og Viten i 2004 blir tilgjengeliggjort i elektronisk format.

Boken vil bli skannet og lagret som PDF fil. Denne PDF filen er låst, slik at innhold i filen ikke kan kopieres, verken tekst eller bilder.

Den elektroniske versjonen skal stilles til rådighet for interessert publikum som ikke får tilgang til den utsolgte trykte versjonen av boken.

Informasjon og materiale fra boken som videreformidles skal følges av en henvisning til kilde, forfattere og NGI.

Jeg er klar over at boken ikke skal legges opp i nye opplag og er dermed innforstått at jeg ikke kommer å få noe økonomisk utbytte fra den elektroniske versjonen.

*Strøm, 16/1 2012*  
Dato, Sted

*Krister Kristensen*  
Krister Kristensen



E-post den 24.01.2012 fra Jan Lien ([janl@vettviten.no](mailto:janl@vettviten.no)) til Christian Jaedicke ([cj@ngi.no](mailto:cj@ngi.no)):

"Hei

*Dere har herved vår tillatelse til slik bruk.*

*Jeg har dessverre ikke tid til å tilfredsstille dine juristers behov for formaliteter nå.*

*Med vennlig hilsen*

*Jan Wibe Lien  
Forlegger, styreformann og adm.dir. og hovedaksjonær i  
Forlaget Vett & Viten AS  
Ramstadsletta 15  
N-1363 Høvik*

*Tel. +4793219987"*

I e-posten refereres til "slik bruk" som skissert i dokumentene underskrevet av Karstein Lied og Krister Kristensen. Dokumentene ble oversendt til Jan Wibe Lien for gjennomsyn og godkjenning mandag den 23.01.2012.

# Snøskred

Håndbok om snøskred





Karstein Lied og Krister Kristensen

# Snøskred

## Håndbok om snøskred



i samarbeid med



Norges Geotekniske Institutt



© Vett & Viten AS 2003

ISBN 82-412-0571-6

Arbeidet med boken er støttet finansielt av Norges Forskningsråd.  
Alle foto som ikke er merket med fotografens navn er tatt av NGL.

Det må ikke kopieres fra denne boken i strid med åndsverkloven eller avtaler om kopiering som er inngått med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk. Kopiering i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Omslag: Douglas Jakobsen  
Utforming/sats: Jan Hugo Strand

Printed in Norway 2003

Utgiver:  
Vett & Viten AS  
Postboks 203  
1379 Nesbru  
Telefon adm: 6684 3980  
Telefon ordrekontor: 6698 3980  
Telefaks: 6684 5590  
<http://www.vettviten.no>  
e-post: [vv@vettviten.no](mailto:vv@vettviten.no)

# Forord

Denne boken er ment som en håndbok om snøskred. Den henvender seg til alle som på forskjellig vis ønsker informasjon om snøskred, enten som privatpersoner som driver friluftsliv i snøskredterreng eller andre som gjennom yrkesmessige forhold kommer i kontakt med snøskredproblemer. Boken gir først en kort historisk gjennomgang av snøskred som problem i Norge. Deretter diskuteres terrengformer der snøskred oppstår, snø i atmosfæren og på bakken, samt hvordan skred blir utløst og værforhold som fører til skred. Friluftsliv i forbindelse med snøskred, samt søk og redning, er gitt en grundig behandling. Lover og regler i forbindelse med skred er omtalt, samt kartlegging og sikring mot skred.

Boken er i stor grad basert på erfaringen med snøskredproblemer som er samlet ved NGI gjennom 30 års arbeid i hele vårt land, og i andre land som har problemer med snøskred. Skredgruppen ved instituttet står bak vesentlige deler av de forskningsresultater som boken bygger på, samt de praktiske erfaringer med skredspørsmål som er gjort i arbeidet med kartlegging og sikring mot skred. Forfatterne har benyttet seg av denne kunnskapen og av de gode råd som er gitt i forbindelse med utarbeidelsen av boken. Slik sett representerer boken summen av erfaringer fra en gruppe personer som har arbeidet med snøskred i mange år, og som forfatterne er takknemmelig for å ha tatt del i. En spesiell takk rettes til Tim Gregory ved NGI som har hatt ansvaret for figurene.

*Oslo, april 2003*

Krister Kristensen og Karstein Lied



# Innhold

- 1. Oversikt 9**
- 2. Hvor kan det løsne skred? 21**
  - Skredterreng 21
  - Utløsningsområdet 23
  - Skredløpet 31
  - Utløpsområdet 32
- 3. Snø i atmosfæren 39**
- 4. Snødekket 43**
  - Fokksnø 44
  - Temperaturfordelingen i snødekket 45
  - Krystallomvandling, metamorfose 50
  - Setning i snødekket. Snødekket i hellende terreng 57
- 5. Skreddannelse 61**
  - Løssnøskred 61
  - Flakskred 64
- 6. Sørpeskred 71**
- 7. Skredbevegelse 75**
  - Trykkvirkninger av skred 79
  - Utløpsdistanse 80
- 8. Klimatiske trekk ved norske vint-erforhold 91**
- 9. Værforhold som fører til skred 95**
  - Nysnø og nedbør 95
  - Skredvarsling 99
- 10. Snøundersøkelser 103**
  - Snøprofilen 103
  - Snøstabilitetstester 109
- 11. Snøskred og friluft-aktiviteter 117**
  - Skredfarevurdering 117
  - NGIs vurderingsmodell for ferdsel i fjellet 119
  - Terrengvurdering 121
- 12. Søk og redning 131**
  - Kameratredning 132
  - Bruk av elektronisk søkeutstyr 137
  - Organisert redning i snøskred 141
- 13. Kartlegging av skredområder 145**
  - Karttyper 145
  - Oversiktskart 148
  - Detaljkart 150
- 14. Lover og regler i forbindelse med snøskredfare 153**
  - Akseptabel risiko 153
  - Plan- og bygningsloven 154
  - Andre lover og forskrifter 156
- 15. Sikringstiltak mot snøskred 159**
  - Sikringstyper 160
  - Kunstig utløsning av snøskred 170
  - Skredløpet og utløpsområdet 174
  - Skredtrykk mot konstruksjoner 186
- Vedlegg 189**
- Litteraturliste 193**
- Stikkordregister 197**



# Oversikt

Skred er et vanlig naturfenomen i Norge, og ulykker som følge av snøskred er kjent fra lang tid tilbake. Omfanget av hendelsene varierer imidlertid fra år til år alt etter som snømengder, vind og temperaturforhold varierer. I det bratte terrenget som finnes i dal og fjordstrøkene i landet vårt går det mange forskjellige typer skred og de vanligste skredtypene er:

- snøskred
- løsmasseskred
- sørpeskred
- kvikkleireskred
- is-skred
- undersjøiske skred
- stein- og fjellskred

Skred kan også lage flodbølger, særlig fjellskred som går ned i innsjøer og fjorder. Store snøskred kan også lage betydelige bølger, og det har hendt at flodbølger etter snøskred har skyllet 8–10 m opp på land og ødelagt bygninger og båter.

Hver eneste vinter skjer det større eller mindre ulykker som følge av snøskred. Særlig er veinettet berørt, men både kraftlinjer, boligområder, skiløpere og andre som driver friluftaktiviteter er utsatt.

Hvert 13. år i gjennomsnitt forekommer det et såkalt stort snøskredår her i landet med 10–20 dødsfall og 100–200 mill. kroner i materielle skader.

I 1979 var det for eksempel elleve dødsfall som følge av snøskred, og 48 personer ble mer eller mindre begravd i skred. Samtidig ble 109 våningshus eller driftsbygninger og 161 hytter og anleggsbrakker truffet av snøskred. I 1986 mistet 22 mennesker livet. Av dem omkom 16 soldater i Vassdalen i Nordland i forbindelse med en militærøvelse.



*Foto 1. Skredområdet i Vassdalen i 1986. Skredet startet i fjellsiden øverst til venstre og dreide ned gjennom skogen til høyre der soldatene befant seg.*





*Foto 2. Rester av en beltevogn graves frem etter skredet i Vassdalen.*

Snøskred og snøskredulykker har mange konsekvenser. De største konsekvensene er tap av menneskeliv, og fysiske og psykiske skader på mennesker, men skader på hus og annen infrastruktur kan også bli omfattende. I tillegg kommer evakueringskostnader for utsatt bebyggelse, rednings- og beredskapsaksjoner og trafikkforsinkelser og omkjøringer når veier sperres av snøskred.

De som vanligvis utsettes for skred og skredfare er folk som enten bor eller arbeider i skredutsatte områder eller driver friluftsliv i fjellterreng. I Norge er skredulykkene likt fordelt mellom dem som bor eller arbeider i skredutsatte

### Skredet i Vassdalen

Onsdag 5. mars 1986, noen minutter over kl 13, gikk det et snøskred fra fjellet Storebalak i Vassdalen i Nordland. Skredet rammet 31 mann fra Brigaden i Nord-Norge, mens de var i ferd med å ta seg opp med beltevogner langs en bekkedal på nordsiden av Storebalak.

Alle ble ført nedover med skredet og i større eller mindre grad begravet i snømassene. 15 overlevde, mens i alt 16 av de 31 omkom. Ulykken fant sted i forbindelse med NATO-øvelsen Anchor Express. De store snømengdene og vinden i den siste uken før ulykken skjedde, skapte en situasjon som var meget ugunstig med tanke på skredfare. Til dette kom at disse forhold i begynnelsen (av øvelsen) endret seg så raskt at det noe kompliserte militære system ikke klarte å fange opp faresignalene før det var for sent. ... Det er ikke fastslått med absolutt sikkerhet hvor mannskapene befant seg da skredet kom. ... Det er sannsynlig at mannskapene og beltevognene stod i bekkedalen på forskjellige steder nedover langs bekken. Skredet kom helt overraskende og plutselig, ingen merket verken setninger i snøen, lokale utglidninger eller andre tegn til bevegelse før de ble slått overende av skredet. (Fra NOU 1986:20, Skredulykken i Vassdalen 5. mars 1986)



områder og folk som er på tur i fjellterreng. I Alpene derimot dominerer snøskredulykker i forbindelse med friluftsliv, og denne tendensen ser ut til å øke. En slik utvikling vil sannsynligvis skje også her i landet.

De som i størst grad utsettes for snøskredfare her i landet er:

- fastboende og til dels hyttefolk i skredutsatte områder
- trafikanter
- drifts- og vedlikeholdspersonale, blant annet i veivesen, kraftselskap, televerk, alpinanlegg
- anleggsfolk
- militært personell
- skiløpere, fjellklatrere o.a.
- jegere
- snøscooterkjørere

Veiene i fjell- og fjordstrøkene er hyppig utsatt for skred, men antall ulykker som skyldes snøskred er heldigvis beskjedent. I løpet av en vinter blir 10–15 kjøretøyer truffet av snøskred, med én dødsulykke i gjennomsnitt. 200–300 veistengninger forekommer hvert år på grunn av forskjellige typer skred, med sammenlagt stengningstid 1500–2000 timer. Ca. 60 prosent av stengningene skyldes snøskred. I spesielle år med mye snø og mange skred forekommer et betydelig større antall veistengninger.



*Foto 3. Veier sperres ofte av snøskred*



*Foto 4. Store snømengder må ryddes før veien kan åpnes*



*Foto 5. Skred på Bleie i Hardanger 1994*

Bebyggelsen i de trange dalførene på Vestlandet og i Nord-Norge er også utsatt. Mange steder er det faren for skred som bestemmer hvor husene skal ligge. Andre steder må boligområder evakueres på grunn av frykten for snøskred, spesielt i vintre med uvanlig store snømengder.

Vinteren 1996/97 og 1999/2000 gikk hardt utover fastboende i Troms og Finnmark ved at flere bygder i Tromsø, Hammerfest, Havøysund, Honningsvåg og Kjøllefjord måtte evakueres.



*Foto 6. Skredulykke i Skjelfjorden, Flakstad, i 1998 der to mennesker omkom*

Evakueringen i Tromsø i januar 1997 omfattet ca. 90 personer, med varighet 3–4 netter. I mars 2000 ble ca. 170 personer evakuert i Hammerfest i løpet av en 10-dagers periode og i hele Finnmark ca. 270 personer.

Vintrene 1993 og 1994 ble Hardangerområdet utsatt for store snøskred mot boligområder og veier, med tap av menneskeliv og skader på hus og kraftlinjer. Flere områder i Odda og Ullensvang kommune ble ca. 250 personer evakuert i tre perioder.

Evakueringskostnadene var betydelige, og et stort apparat med deltakere fra kommunene, politiet, forsvaret, sivilforsvaret og frivillige organisasjoner deltok. I etterkant av evakueringene i Odda og Ullensvang ble sikringstiltak mot snøskred gjennomført for bortimot 50 millioner kroner. I Hammerfest og flere andre kommuner i Finnmark ble det også investert betydelige beløp i sikringstiltak for bebyggelsen.

Evakueringene må ofte foretas i dårlig vær, fordi det helst er under slike forhold at snøskredfaren oppstår. Det sier seg selv at det å flytte ut av hus og hjem, mens vinterstormen raser, kanskje også om natten, fører til store påkjenninger for mange.

Det finnes ingen samlet oversikt over de totale samfunnsøkonomiske konsekvenser som følge av snøskred. I mange lokalsamfunn og langs mange veistrekninger betyr skredfaren mye, og både den reelle og den følte risiko for å bli utsatt for skred kan være påtrengende. Frykten for at hus og hjem skal bli tatt av skred eller at skolebussen skal ende i et skred kan være en stor påkjenning i stormfulle vinterkvelder.



*Foto 7. Snøskred i bebyggelsen på Kalvaneset i Odda i 1993. En person omkom*

I årene fra 1836 og frem til i dag kjenner vi til at 1510 mennesker har mistet livet i snøskred i Norge. Dette er sannsynligvis ikke det totale antallet fordi man ikke kjenner tallene for årene under siste verdenskrig. Frem til 1930-årene gikk de alle fleste snøskredulykkene ut over folk i bebodde områder. Senere har bildet endret seg, og i dag er det som nevnt en stor andel av de som driver en eller annen form for friluftaktivitet som utsettes for snøskred.

I tiden rundt 1750 var klimaet betydelig kaldere enn nå, og mye tyder på at skredaktiviteten var større den gang enn den er nå. I tillegg til snøskredulykker, var det også en rekke ulykker i forbindelse med både jordskred og flom.

Mangelen på jordbruksland førte i tidligere tider til bosetting i mange marginale områder der faren for naturkatastrofer kunne være stor, for eksempel i

*Tabell 1. Vintre med mer enn 20 omkomne i snøskred*

Vinter	Dato	Område	Døde
1678–1679	6. februar	Sunnmøre	130
1717–1718	17. mars	Stryn, Lom	25
1754–1755	5–9. februar	Sunnmøre, Nordfjord	>40
1810–1811	1. desember	Sogn	43*
1845–1846	15. februar	Møre	26
1857–1858	mars-april	Møre	42
1867–1868	6–26. februar	Stryn, Oppdal	161
1879–1880			20
1880–1881	februar	Møre	60
1894–1895			24
1905–1906			29
1908–1909	mars	Lofoten	20
1917–1918			29
1918–1919			31
1927–1928	8–9. februar	Hordaland, Sogn	45*
1941–1942	februar		22
1955–1956	desember–mars	Lofoten	31
1985–1986	februar	Nordland	22

\* Vesentlig sørpeskred



avsidet og bratte fjelldaler i Vest-Norge. Vi må også kunne anta at folk på slike nyryddete bruk hadde liten kunnskap og erfaring med skredfaren på stedet, kunnskap som dessverre altfor ofte ble vunnet ved egen erfaring. Tidligere erfaring om skredforholdene på mange steder i Norge forsvant også som følge av Svartedauen i 1349, og som førte til at kanskje halvparten av Norges befolkning ble utryddet.

Som tabell 1 viser har enkelte vintre vært katastrofale når det gjelder snøskredulykker. Den 6. februar 1679 for eksempel, omkom bare på én dag 130 mennesker på Sunnmøre, og 20 gårdsbruk ble samtidig ødelagt, se kartet på figur 1.

Et stort antall dødsulykker skjedde også i vintrene 1656–1657, 1717–1718 og 1754–1755, men det nøyaktige antall omkomne er ikke kjent.



Figur 1. Ulykkesskredene 6. februar 1679 som ødela 20 gårdsbruk og drepte 130 mennesker på Sunnmøre

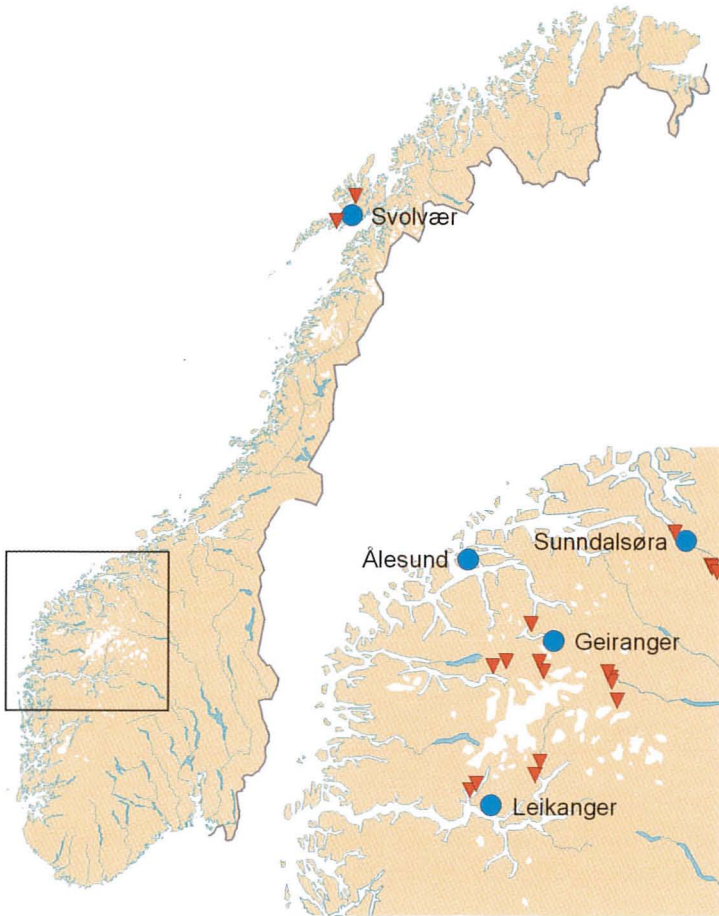
Statistikk over det årlige antall dødsfall som skyldes snøskred, er tilgjengelig fra 1856, med unntak av enkelte år. Som det fremgår av oversikten på figur 2, varierer antallet omkomne fra år til år. Variasjonene i skredaktiviteten ser ut til å være knyttet til værforholdene og uvanlige atmosfæriske sirkulasjonsmønstre gjennom lengre perioder om vinteren, i større grad enn til kortvarige værforhold. Det virker som om lange perioder med kaldt vær og lite nedbør, som etterfølges av store snøfall på kort tid, er spesielt farlige for dannelsen av snøskred.

Om skredene i 1679 skriver Amund Helland i «Norges Land og Folk» i 1911: De skred som gikk ved Kyndelsmesse i 1679 rammede 20 gaarde i Norddalen og Hjørundfjord sogn. Geiranger med Sunnelven hørte den gang til Norddalen sogn. Om dette skred er der et digt av biskop Hans Gaas, hvorefter 130 mennesker omkom og 20 gaarder ødelagdes: Det nevnte klagediktet hadde denne tittel: «Een Klage-Dicht Offuer det Sørgelige och Uformodelige-Tilfald som skeede i Bergen Huses-Lehn på Sundmøer i Nordalinis og Jørnefjorens Sogner den 6 Febr. År 1679-Der een mangfoldig Snee i en hast udbrød af de høie fjelder och i grund nedstødte 20 Gårder og ynkligen ihielsliog 130 menisker foruden Fæ och Qvæg. Alle til Advarsel oc til Sand Poenitentzes Tilskyndelse-Samenskreffuen aff Claus Hansen Gantzio – Siunges som: Propheten Jonæs Vise – Guds Nåde oc Barmhjertighed».

Ett av versene lyder slik:

«På Fielderne fald een megtig Sne/ I Nætter oc Dage Tre/Ved Kyndelsmisse Tid/  
Der den brød ud/O goede Gud/ Den Qvalte mangt et Liff».

I Gardsoga fra Ørsta står det om skredulykken på Sætre og Mork i 1755: I kyrkjeboki for 1755 finn me 17 menneske nemde frå Sætre og Mork som vart jordfesta 4de påskedag det året. Det var dei som mista livet ved skredulukka. I Strøms «Annotationsbok 1756» finn me fleire detaljer: Mads Sætre mistede alle sine huse, sin kone, 2 sønner, sin moder og tjenestepige, men hans fader på 80 år blev ved live. Et lidet pgebarn 3 år gl. lå dag og nat under sneen, blev opgravet og levet, dog havde hun fåt 2 hul i hovedet og den ene arm lemlæstet og følelsesløs... En gammel dræng kom oppav sneen levende, men alle hans tænder var udslagte og den venstre arm avslagen. En liden søn 3 år gl. blev funden nøgen, levende og uskadet i sneen. Ole Pedersen Ytre Mork, med kone og datter samt hus og fæ blev borte. Arne Andersen Mork mistede sin kone og en søn 6 år gl., en anden søn 1½ år gl. blev funden død på isen ved sjøen. En datter 8 år gl. og en søn 5 år gl. var av sneen ført ned til sjøen, dog lå de begge ovenpå uskadet, hvorpå de tog hverandre i hånden og ginge op hvor husene havde stået, fandt en gammel kone nøgen, som tilligenmed børnene grov seg ned i en høstad.. hvor de således reddede seg for kulden natten over, inntil 2. dag ved middagstider, da der kom folk og reddede dem.



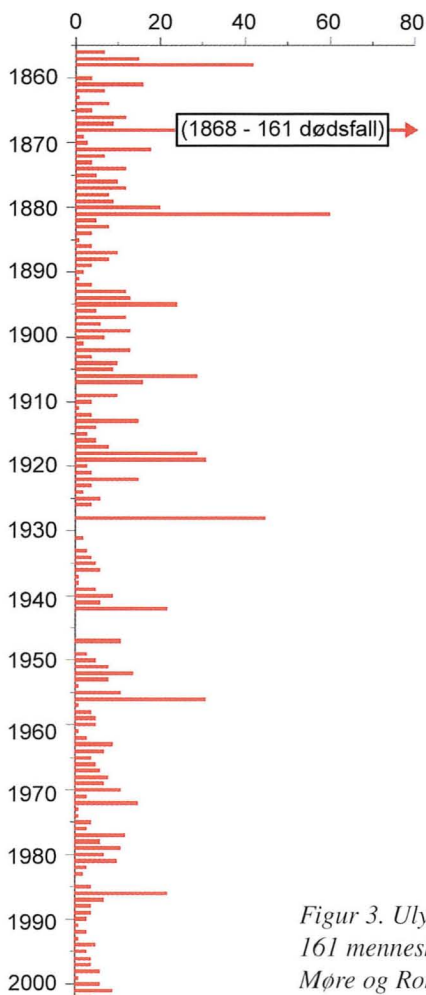
Figur 2. Kjente dødsfall fra snø- og sørpeskred fra 1885 til 2002. Det totale antallet for denne perioden er 1255, som tilsvarer 9,4 dødsulykker i gjennomsnitt per år

Den verste skredvinteren vi kjenner var i 1868 da totalt 161 mennesker mistet livet. Store skred gikk inn i bebygde områder på Nordvestlandet 6. februar, nye skred fulgte dagene etter. Distriktene som hadde de største tapene av menneskeliv var Stryn med 35 døde og Oppdal med 32, se figur 3. Alle de omkomne ble rammet i bygninger som ble ødelagt av skredene. I Nordland fylke skjedde det også flere dødsfall som følge av snøskred i samme periode.

Statistikk fra skatteinngang og andre skrevne kilder indikerer at det kalde klimaet under den «Lille istid» som startet sent i det 17. århundre og fortsatte inn i det 19. århundre, førte til en markert økning av flom og skred. Det samme synes å være tilfellet med snøskred, selv om sammenhengen mellom klimaforandringer og snøskredaktivitet ikke er fullstendig klarlagt.

Til slutt kan det nevnes at snøskred ikke bare medfører ulemper. I skredutsatte dalfører holdes skogen nede og det tilføres vann og næringsstoffer fra smeltende skredmasser. Langs kanten at smeltende snøskredavsetninger vil det være friskt gress lang utover sommeren. Det gjør at slike daler blir særlig





Figur 3. Ulykkesskredene i februar 1868 som førte til at 161 mennesker mistet livet skjedde først og fremst i Møre og Romsdal

gode beitemarker for sau og geit mange steder på Vestlandet. Et eksempel på mer direkte nytte av snøskred finnes også fra Hjørundfjorden på Sunnmøre. Før moderne kjøleteknikk kom inn i fiskeindustrien ble skredsnø som ble liggende langs bratte fjordstrender utover sommeren, gravd ut og fraktet i båt til fiskemottakene i Ålesund.

Om situasjonen i Stryn i februar 1868 ble det blant annet skrevet følgende:

Bergenspostens korrespondent i Sogndal 13. februar 1868:

«De ældste Folk herinde paastaa, at de ikke kunne erindre et saa vedvarende og stærkt Snefald, som denne Vinter har bragt. Siden Slutningen af November har Dalen været bedækket af Sne, og siden har Snemasserne med enkelte korte Afbrydelser uafslædig voxet saa at de paa sine Steder nu er indtil 5 a 6 Alen høi.»



Antall skredofre er redusert fra det 19. til det 20. århundre. Nedgangen kan skyldes flere faktorer, for eksempel at de mest utsatte bygder og gårdsbruk etter hvert er blitt fraflyttet, og at skredaktiviteten er redusert som følge av klimaendringer. Selv om de mest utsatte bosettinger etter hvert er blitt fraflyttet, har likevel folketallet i fjell- og fjordstrøkene holdt seg i store trekk, men større forståelse for skredfaren og bedre planlegging av utbyggingsområder har ført til en markert reduksjon av tap av menneskeliv og ødeleggelse av bygninger. Mindre hogst og beiting i skråninger og fjellsider har også virket til å redusere faren for skred.

Brev fra ordfører, lensmann og prest i Stryn til Bergensposten 5. mars 1868, etter at 35 mennesker var omkommet i snøskred i løpet av februar: «Bekymring og Forfærdelse har grebet den ganske Bygd. Det er nesten med Engstelse man ser en fremmed Mand træde indenfor sine Døre, thi man frygter, at han kommer med Budskabet om nye Ødelæggelser. Og saadanne er desværre endnu at befrygte. Paa flere Steder skal man med Øiet kunne se, at Sneskavlene have faaet Brister, og det er derfor ikke paa en enkelt, men paa flere Gaarde, at man ikke tør opholde sig. Man tyer da til dem, hos hvem man tror sig sikker, og man har saaledes Exempel paa, at en enkelt Mand i sin ene Stue har Huset 60 Personer Natten over.»

Forstmester Gløersen i Morgenbladet 4. juni 1868 om «Snescrud og Skovødelæggelse paa Vestlandet»:

Den overordentlige Mængde Ulykkestilfælde og Ødelæggelser paa Eiendom, som forvoldtes ved Snescrud især i det Bergenske og det Romsdalske i nys forløbne Vinter, havde sin Grund i, dels at Snescrudene denne Gang optraadte i et ganske usædvanligt Antal, dels at de paa mangfoldige Steder, toge ganske nye Løb, idet de jevnlig brød frem paa Steder, hvor man aldrig tidligere havde hørt eller spurgt saadanne. Der pleier at herske er viss Regelmæssighed i alle slige i Forekomster i Naturen, en viss periodisk Tilbagevenden til eller Gjentakelse af tidligere Begivenheder, men hvad er nu Aarsagen til denne usædvanlige og uhørte, aldrig tidligere, saalangt Erindring og Efterrettinger naa, indtrufne Forøgelse af Snescrudenes Antal og til deres Optraeden paa Steder, der hidtil have været anseede for ubetinget trygge?

22. februar i 1907 gikk det store skred i Geiranger og det gikk ille ut over gården Vesterås. Om dette skriver Edv. R Hole i 1907: Plutselig hørtes der stærkere Lyd, derpaa saaes Snedrvet ovenfor Vesteraas' Huse, saa en forfærdelig Knagen og Bragen, Materialstumper saaes gjennom Gaavet, en Flerhed av Menneskestemmer, hvorav flere syntes at nærme siig Fjeldkanten, hørtes.

P.A. Lillebø fra Hellesylt skriver i 1949: Det var den 22 februar 1902. Det hadde snøa tett utan opphold i tre døger i nordvestver. Ottefulle gjekk dei der, dei gamle, som hadde vit på det, og såg korleis snøen vaks opetter husveggene, sa lite, tenkte dess meir. I slikt ver er det legg i Vesteråsfonna der øvst oppe i Laushornet. Så small ho laus. Ingen såg eller hørde noko, det var mjellfonn. Med eitt var det som blåse vekk, hus og folk og all deira eige spreidde utover breane. Ei smågjente fann dei att ned på fjellrøra, tilklaka så dei tvilte på om ho hadde synet sitt, ei hadde fått skorsteinen over seg og siderev avbrotne, og ei ein alvorleg hjernerystelse. Av dei om lag 20 menneske som den dag sat ved middagsbordet, låg tre i lik ved nonstider.



# Hvor kan det løsne skred?

## Skredterreng

En vanlig misforståelse ved ferdsel og opphold i fjellet er at bare store fjellsider der det helt åpenbart går skred, er de farligste. Undersøkelser etter en rekke skredulykker i forbindelse med friluftsliv viser imidlertid at det er de mindre terrengformene med høydeforskjeller mellom 25 og 50 m, eller terreng der det sjeldent går skred som fører til de fleste snøskredulykkene.

Et skredområde inndeles vanligvis i tre hoveddeler, slik som vist på foto 8.

- **Utløsningsområdet.** Området der skredet løsner. Utløsningsområdet begrenses øverst av skredets startpunkt, det vil si av bruddkanten og den nedre begrensningen av det flaket som glir ut. Sideveis avgrenses skredet mot den snøen som blir liggende igjen i skråningen. Alle områder i en fjellside eller i en skråning som er brattere enn 30° og som ikke er dekket av tett skog er mulige utløsningsområder for snøskred.



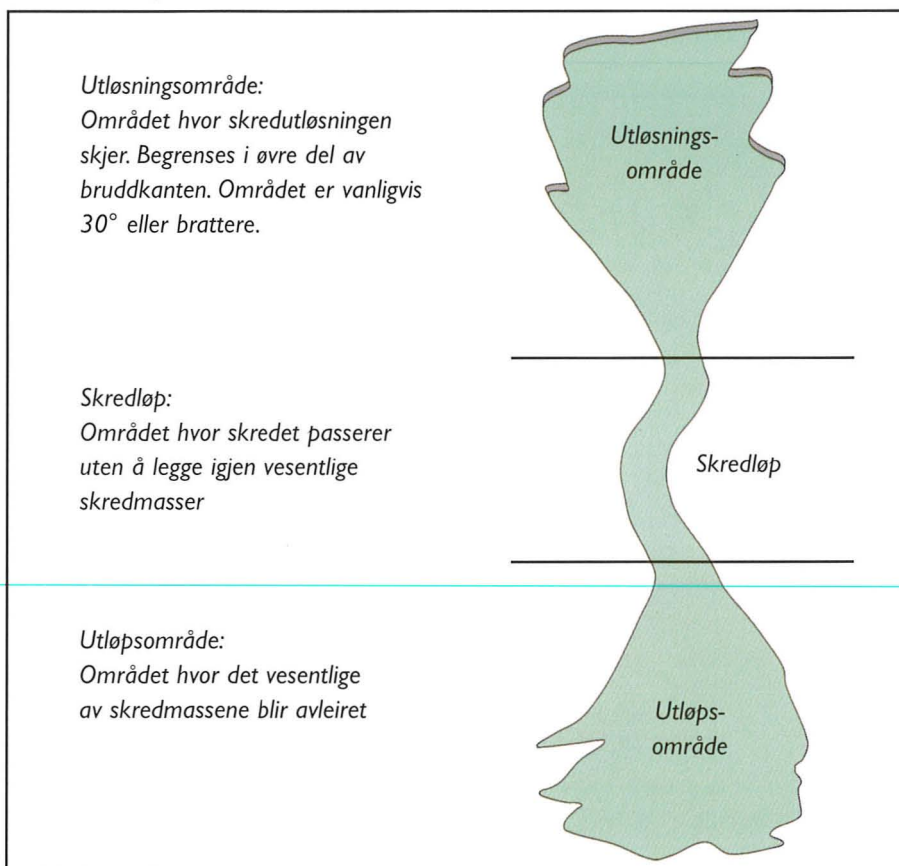
Foto 8. Skredområde med utløsningsområdet øverst, skredløpet i midten og utløpsområdet nederst



- **Skredløpet.** Den midtre delen av skredområdet hvor skredet passerer uten å legge igjen vesentlige skredmasser.
- **Utløpsområdet.** Den nederste delen av skredområdet der skredet bremses opp og stopper og hvor det vesentlige av skredmassene blir avleiret. Som regel er terrenget her slakere enn ca. 20°.

Et skredområde er altså et område der landformene, det vil si topografien, er slik at det kan gå skred. Mulige skredområder kan derfor påvises i terrenget både på sommer og vinterføre, og kan som regel finnes på kartet dersom ikke skredet er så lite at det faller mellom høydekurvene.

Variasjonen med hensyn til størrelse og form er stor når det gjelder skredterreng. Høydeforskjellen mellom start og stopp-punktet for snøskred i Norge varierer mellom ca. 5 og 1500 m. Bredden kan også være svært forskjellig, fra 10–25 m og opp til 1–2 km. For mindre skredområder med fallhøyder inntil 50 m går gjerne utløsningsområdet og utløpsområdet direkte over i hverandre. Store skredområder har ofte en komplisert topografi, slik at det kan være vanskelig å avgrense det skredutsatte arealet.



Figur 4. Prinsippskisse av et skredområde

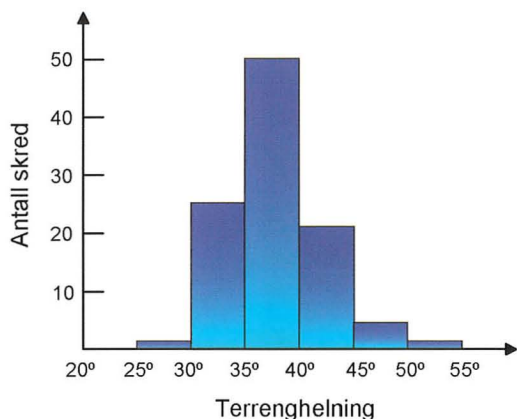
Frekvensen av skred, det vil si hvor ofte et skred forekommer, varierer fra skredområde til skredområde. I noen skredområder løsner det skred hvert år, mens det i andre kan gå 10, 50, 100 eller enda flere år mellom hver gang det utløses skred. Ser vi på det enkelte skredområdet, kan deler av det være utsatt for skred hver eneste vinter. Lenger nede i skredbanen, og ut til sidene vil hyppigheten avta og lengst ut til sidene og ytterst i dalbunnen kan det gå lang tid mellom hver gang skredet når frem. Hvor langt et skred maksimalt kan nå er imidlertid vanskelig å fastslå. Dette spørsmålet kommer vi tilbake til siden.

## Utløsningsområdet

Terrenghelningen er den topografiske faktoren som har størst betydning for graden av skredfare. For at et skred skal bli utløst og fortsette bevegelsen nedover må terrenget ha en viss helning som gjør dette mulig. Det finnes ingen eksakt nedre grense for utløsning av snøskred. Både skredtypen og snøforholdene er avgjørende for hvilken terrenghelning som er trygg. Ut fra erfaring kjenner vi til at de aller fleste tørre flakskred, som er de skredene som har størst betydning ved ferdsel i fjellet, sjelden blir utløst ved lavere helning enn  $30^\circ$ . I enkelte sjeldne tilfeller med svært ustabil snødekke kan tørre flakskred bli utløst ned mot  $28^\circ$ .

Figur 5 viser resultatet fra undersøkelser av helningsvinkelen for større skred. Når helningsvinkelen er relativt liten, skal det mye snø og intense snøfall til før det blir utløst skred. Skred i denne type terreng blir derfor forholdsvis sjeldne, men til gjengjeld kan skredene bli store når de først går. De fleste flakskred forekommer ved helningsvinkler mellom  $35^\circ$  og  $45^\circ$ .

Når terrenget er bratt, det vil si mellom ca.  $60^\circ$  og  $90^\circ$ , glir snøen vanligvis ut etter hvert som den avlagres og skredene blir som regel små. Likevel kan det i Norge, særlig i kyststrøk med fuktig snø og sterk vindpakking, forekomme at betydelige snømengder klabber seg til bratte fjellsider på over  $60^\circ$ . I slikt terreng kan selv små skred føre til ulykker dersom klatrere blir revet ut av sikringene sine.



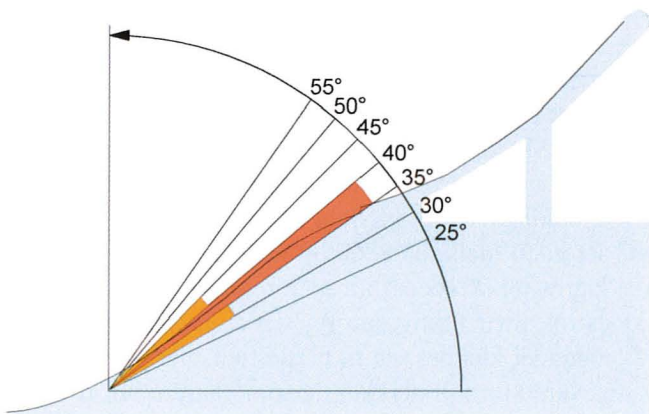
Figur 5. Forholdet mellom skredhyppighet og terrenghelning for store skred

Når snødekket er gjennombløtt av vann, mister det fastheten, og derfor kan helt våt snø og sørpe gli ut på lavere helningsvinkler. Sørpeskred kan løsne innenfor et bredt spekter av helningsvinkler, vanligvis fra 30° og nedover. Her finnes det ingen nedre grensevinkel for skredutløsning, se kapittel 6.

Uten øvelse kan det være vanskelig å bedømme helningsvinkelen på skråninger i terrenget. Som regel ser høye skråninger brattere ut en lave, og det virker brattere når man ser en skråning ovenfra enn nedenfra. I usiktbart eller overskyet vær om vinteren, med svake lys- og skyggevirkninger, er kontrastene i terrenget utvisket slik at det ofte er vanskelig å anslå hvor høy og bratt en skråning er.

For å bedømme helningsvinkelen kan det være praktisk å sammenligne med kjente terrengformasjoner. En vanlig steinur, som de aller fleste har sett, har en helningsvinkel på 35–38°. Til sammenligning er Holmenkollbakkens unnaarenn på det bratteste ca. 35°. (Det har gått snøskred i unnaarenn på hoppbakker, blant annet i hoppanlegget i Granåsen i Trondheim).

Som konklusjon med hensyn til terrenghelning, kan det sies at alle skråninger som er brattere enn 30°, må betraktes som mulige snøskredom-



Figur 6. Holmenkollbakken sammenlignet med helningsvinkler i utløsningsområdet – rødt: mest vanlig helningsvinkel



Foto 9. Skred utløst i bjørkeskog. Fra dødsulykke i Skibotn, Troms



råder, såfremt terrenget ikke er dekket av tett skog. Dersom skogen er glissen, med større avstand enn 10 m mellom trærne kan det utløses snøskred når snødekket er spesielt ustabil.

Det er viktig å være oppmerksom på at stigningsforholdene i en skråning kan endre seg fra sommer til vinter. Fordi snøen avlagres ujevnt i skråningen kan enkelte deler av en fjellside eller et heng bli brattere om vinteren enn om sommeren og den kritiske helningsvinkelen kan dermed overstiges.

## Eksposisjon

I hvilken grad skråningen er utsatt for vind og dermed for snødrift, er det også viktig å ta hensyn til når terrenget vurderes med tanke på snøskredfare. Skråninger og fjellside som ligger i le for de vanligste nedbørførende vindretninger, det vil si vind som fører til oppsamling av fokksnø i fjellside, er mest utsatt for snøskred. På Vestlandet, hvor det meste av nedbøren kommer fra sørlig og sørvestlig kant, ligger det normalt mer snø i skråningene som vender mot nord og nordøst enn i sørvendte skråninger. Årsaken er at vest- og sørvestvendte skråninger sjelden ligger i le for nedbørførende vind. Det blir derfor stor forskjell på skredhyppigheten i en nordøstvendt og en sørvestvendt fjellside.

Høytrykks situasjoner om vinteren fører ofte til vind som blåser fra land ut mot kysten. I Nord-Norge er denne «landvinden» ofte sterk, og kan føre til fokksnødrift og skredfare i lesider som vender mot vest og nord.

I Finnmark er det også innslag av nordøstlig vind kombinert med nedbør. Jo lenger øst man kommer i Finnmark, desto større er denne tendensen. Denne vindretningen fører til at sørvestlige skråninger blir liggende i le og samle mest snø.

I fjellstrøkene øst for vannskillet i Sør-Norge, det vil si Telemark, Oppland Hedmark, kommer mye av nedbøren med vind mellom nordøst og sørøst. Her er fjellsidene som vender mot sørvest til nordvest mest utsatt for snøskred.

## Terrengformer

Områdene i en fjellside som samler mest snø finner vi på steder der vinden får minst tak. I le av rygger og knauser eller andre fremstikkende formasjoner samles snøen, og i forsenkninger og daldrag er det mer snø enn i terrenget rundt.

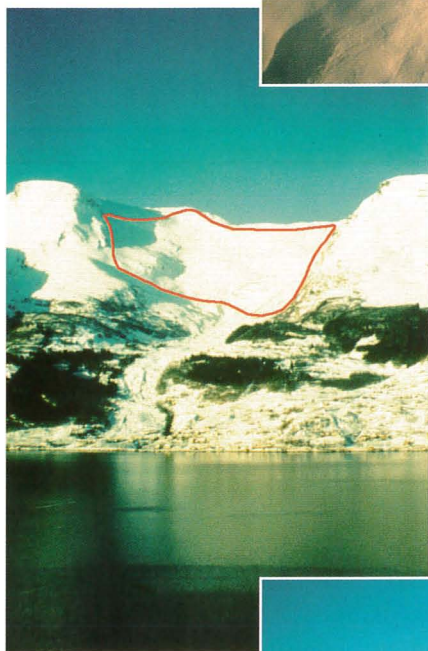
Undersøkelser av formen til utløsningsområdet viser at noen formasjoner går igjen som vanlige:

- Større botner
- Åpne skåler og forsenkninger
- Bratte elvegjel og skar
- Svaberg
- Konvekse partier, områder med strekkspenninger i snøen

I de store botnene som er et resultat av tidligere lokale isbreer, går det ofte mindre skred, men enkelte ganger også svært store skred. De største skredene i Norge løsner i slikt terreng, og skredene herfra kan inneholde over 1 mill. m<sup>3</sup> snø. Årsaken er at botnene er store og ligger i le for forskjellige vindretninger, og derfor samler snø fra mange kanter.

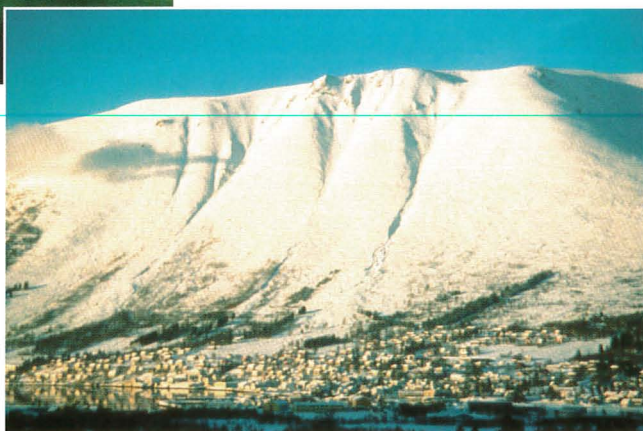


*Foto 10. Utløsningsområde i botn. Engeset, Ørsta*



*Foto 12. Skålformete utløsningsområder, Nivane, Ørsta*

*Foto 11. Utløsningsområde i botn. Bleie, Ullensvang*





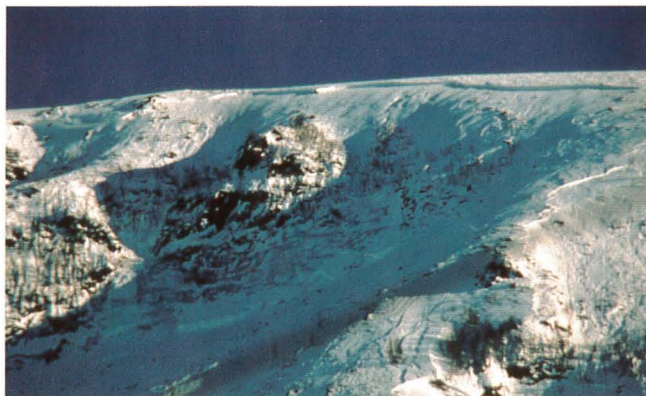
Åpne skålformete forsengkninger er også vanlige utløsningsområder. Forsenkningene kan ha forskjellig størrelse, fra 50–100 m bredde er vanlig. Den konkave eller innhule formen er nok til at vinden får mindre tak enn ellers i fjellsiden, slik at det samler seg opp mye snø. Det finnes tallrike eksempler på ulykker der skred fra slike terrengformer har vært årsaken, både i forbindelse med ferdsel i fjellet og der skred har truffet bygninger, veier, kraftlinjer etc.

Om formiddagen 27. januar 1994 traff et snøskred Bleiegårdene i Ullensvang i Hardanger. Skredet var et stort, tørt flakskred som løsnet i botnen mellom Verafjell og Veslenuten (foto 11) ca. 1300 m o.h. Skredet ble utløst etter seks dager med nysnømengder på til sammen ca. 3,5 m i fjellet, kombinert med sterk vind fra vest. Lufttemperaturen var under 0 °C havnivå og snøen var tørr og løs i skredbanen helt ned til bebyggelsen. Skredet fikk derfor uvanlig stor rekkevidde, hastighet og volum. Topp hastigheten var sannsynligvis på ca. 60 m/s (ca. 200 km/t) og skredvolumet på ca. 1,5 millioner kubikkmeter. Selv om det var folk i flere av husene ble ingen livstruende skadd. Til sammen ble åtte bygninger totalt ødelagt; fire våningshus, ett eldhus, en driftsbygning, ett stabbur og en garasje. I tillegg gjorde skredet store skader på skog og dyrket mark. Bleiegårdenes historie går tilbake til 1300-tallet og det var ikke kjent at gårdene tidligere hadde vært utsatt for skred.

I ett av husene som ble ødelagt av skredet satt Gjertrud Bleie på kjøkkenet og sydde gardiner. «Plutselig så jeg en svart vegg komme mot vinduet, jeg skjønnte det var snø, men forstod ikke alvoret i situasjonen. Så var det som en eksplosjon og jeg ble begravd i snømassene. Jeg ble liggende med hodet inne i steikeovnen, glasset i steikeovnsdøren ble knust da jeg traff den, og inne i steikeovnen var det en luftlomme som gjorde at jeg kunne puste. Jeg hadde ikke panikk, men tenkte at nå må Lars snart komme og grave meg fram».

Lars Bleie hadde akkurat gått ut av utgangsdøren på oppsiden av huset da skredet kom. Døren stod halvt åpen bak ham: «Jeg stod og så skredet komme» sier han, «så ble jeg blåst bakover av lufttrykket som kom like foran skredet. Døren slo igjen bak meg, men ble revet ut av karmen, og jeg og døren for videre, først gjennom glassdøren til bislaget, videre gjennom gangen og gjennom døren mellom gangen og stuen, og tvers gjennom stua til jeg stanset opp foran stuevinduene med snø til skrittet og den knuste utgangsdøren bak meg. Jeg kom meg opp av snøen og kavde meg barføtt inn på kjøkkenet hvor jeg begynte å grave fram Gjertrud sammen med en nevø som var kommet til. Jeg husker jeg brukte en eggedeler til å grave med, det var det eneste jeg fant».

I nabohuset bodde familien til Jon Reisetter Bleie. «Jeg satt på toalettet og hadde akkurat fått assistanse av min sønn Johannes som var innom med dopapir, da skredet kom», sier Jon. «Vi ble sopt gjennom huset, tvers over i den andre enden. Huset ble totalt knust, men det viktigste beholdt vi – livet».



*Foto 13. Skålformet utløsningsområde med bruddkant, Eidså i Vanylven*

Skar og elvegjel er kanskje de terrengformasjonene der det oftest utløses skred. I dype, markerte elvegjel er le-virkningen utpreget. Store gjel har ofte et kronglet løp som gjør at sidene i gjelet får varierende eksposisjon og slike gjel samler derfor opp snø fra mange vindretninger. Samtidig er skråningene i gjel ofte bratte slik at skred lett blir utløst. Mindre skred som utløses i de bratteste partiene vil i sin tur kunne utløse skred i slakere partier lenger nede. Rent bortsett fra at trange, dype elvegjel som regel er vanskelige å ta seg frem i, er det stor fare for å bli utsatt for skred i denne type terreng, når snø og værforholdene først ligger til rette for utløsning av snøskred.

På svaberg og jevne gresskledde flater som er bratte nok utløses det også skred. Oftest skjer dette om våren, når smeltevann siger ned gjennom snødekket. Vann som samler seg opp på bergoverflaten eller bakken nedsetter friksjonen slik at hele snødekket kan gli ut.



*Foto 14. Utløsningsområde i skar, Stjernøy, Alta*





*Foto 15. Utløsningsområde i elvegjel, Grandøla, Stryn*



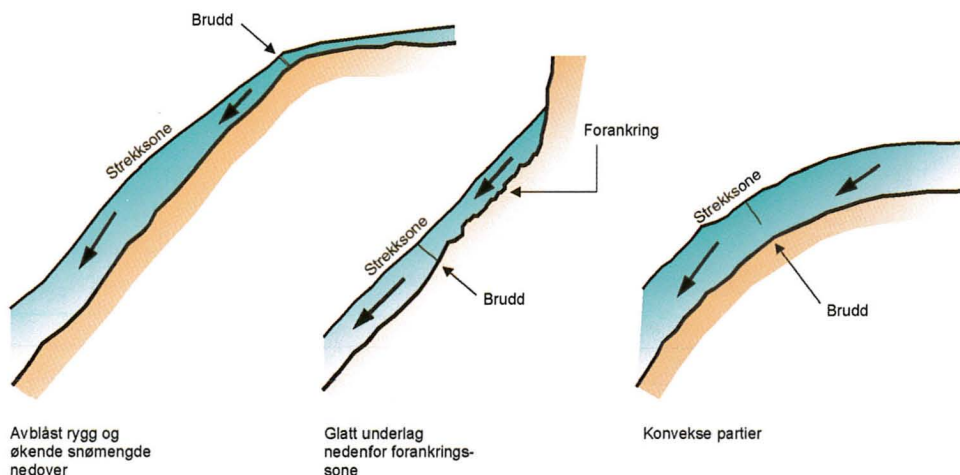
*Foto 16. Utløsningsområde på svaberg, Reinoksvatnet, Hamarøy*



*Foto 17. Konvekst utløsningsområde, Stjernøy, Alta*

Når det snør i vindstille vær eller i svak vind slik at snøen ikke driver bort fra fremstikkende områder i fjellsiden kan det løsne skred fra ryggformer og andre konvekse partier. Skred i slikt terreng er likevel sjeldnere enn skred som utløses fra forskjellige typer forsenkninger.

I overgangen mellom bratte stup og slakere partier nedenfor vil det også kunne samle seg opp mye snø slik at skred kan forekomme. På nedsiden av steder der snødekket er godt forankret til steinblokker og oppstikkende terrengformasjoner oppstår det større spenninger i snødekket enn ellers. Slike steder virker ofte som bruddanvisere for skred.



Figur 7. Forankringssoner i snødekket

Ut fra undersøkelser av ca. 250 store, naturlig utløste snøskred i Norge fordeles utløsningsområdene seg på de nevnte terrengformene som vist i tabell 2.

Som tabell 2 viser løsner ca. 60 prosent av alle skred fra typiske le-områder som botner, skar, gjel og skålformer, men et betydelig antall løsner også fra mer konvekse partier.

For å få utløst flakskred er det nødvendig med en minimumslengde og minimumsbredde på utløsningsområdet for at belastningen fra snøflaket skal bli større enn de kreftene som holder snøen på plass. Det er imidlertid vanskelig

Tabell 2. Forholdet mellom terrengform og skredhyppighet

Terrengform	Prosentvis fordeling av hyppighet
Konvekse partier	29
Dype skar, elvegjel	27
Botner	12
Nedenfor forankringssoner	12
Åpne skåler, bekkedaler	10
Svaberg	10

å sette opp absolutte grenser for en nedre begrensning av størrelsen på et potensielt skredområde, men det skal mye til at flakskred løses ut i heng med areal som er mindre enn ca.  $10 \cdot 10$  m.

Skredområdets beliggenhet i forhold til høyden over havet er viktig for hvor ofte det forekommer snøskred. Generelt gjelder at det går flere skred i høyfjellet enn i lavlandet. Årsaken er at vindstyrkene er større i høyfjellet enn i lavlandet, slik at større snømengder transporteres med vinden. Temperaturene er også lavere, noe som fører til lengre vintersesong og følgelig mer snø. Nedbørsmengdene er som regel større i høyden, og alle disse forholdene øker sannsynligheten for skred.

## Skredløpet

Skredløpet er terrenget mellom utløsningsområdet og utløpsområdet, og har som regel en helning mellom  $20$  og  $25^\circ$ . Denne delen av skredbanen kan også variere mye i størrelse og fasong. Det vanligste er at snøskredene følger forsenkninger eller bekkeløp som er mer eller mindre markerte. Utløsningsområdet snevres da gjerne inn i overgangen til skredløpet, for eksempel når skredet starter i en åpen botn og ledes inn i et trangt skar. Løpene kan være rette eller svingete. I svingete bekker vil deler av skredmassene kunne gå ut av løpet, spesielt gjelder dette store, tørre snøskred, hvor deler av skredet består av en luftbåren snøsky. Snøskya har størst evne til å gå rett frem, den har som regel stor høyde, gjerne  $30$ – $50$  m, og da må motbakkene i svingene i skredløpet være store for å holde snøskya på plass i løpet.

Det finnes eksempler på at snøskya fra snøskred har gått over ryggen på  $50$  m høyde, og med voldsom kraft ødelagt skog utenfor løpet. Skredmassene som følger bakken vil lettere la seg lede av lokale terrengformasjoner. Evnen til å klatre ut av et svinget løp avhenger av skredets hastighet og volum. Jo større hastighet og volum, desto større terrengformasjoner kreves for å holde skredmassene på plass.



*Foto 18. Skredløp, Flofjellet, Stryn*





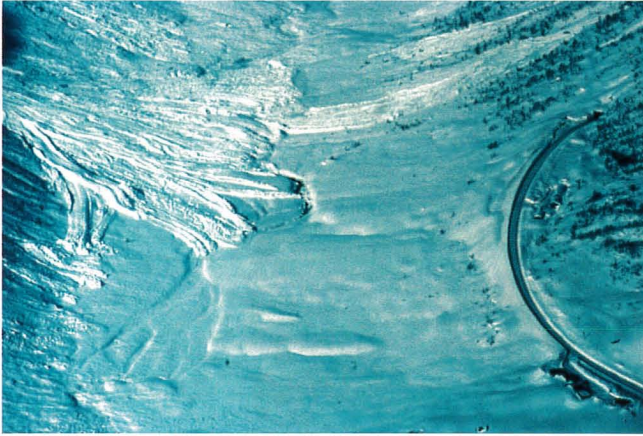
*Foto 19. Skredløp uten markerte bekkeløp eller forsenkninger. Snøskred fra fjellet Hattavarre i Balsfjord i 2000 dekket hele fjellsiden i halvannen kilometers bredde, sperret veien og traff bebyggelse. Skredet startet like nedenfor det bratte toppområdet og gikk gjennom skogen i nedre del av fjellsiden. (Foto: Aadne Olsrud)*

Mange skred går også i terreng som ikke har et utpreget skredløp i form av bekker, raviner eller andre forsenkninger. Bredden kan da bli stor, i prinsippet like stor som selve utløsningsbredden, som i mange tilfeller kan bli over 1 km. Der skredet går ut over rygger kan bredden øke nedover i terrenget.

## Utløpsområdet

I skredløp der skredene er små og våte vil skredet bremses opp og stanse i terreng mellom ca. 25 og 15°. Til vanlig bremses slike skred opp i nærheten av fjellfoten i overgangen til dalbunnen. Når skredene blir store, for eksempel på flere hundre tusen kubikkmeter og består av tørre skredmasser, er friksjonen minst og hastigheten størst, og disse skredene går lengst. Oppbremsingen skjer først for alvor når terrenghelningen kommer ned under 10°. Slike skred kan gå flere hundre meter utover horisontalt terreng, krysse brede dalfører, eller langt ut i fjorder og vann. I enkelte tilfeller kan de også gå 50–100 m opp i motsatt dalside.

Utløpsområdet til mange skred ligger gjerne på bekke- eller elvevifter. En bekkvifte består av stein, grus og sand som er brakt ned fra fjellsiden av rennende vann og av skred etter istiden. Slike bekkvifter er en vanlig terrengform i Norge og finnes i de fleste dalfører i fjord og fjell-landskapet, ved munningen av skar og daldrag i overgangen mellom fjellsiden og dalbunnen.



*Foto 20. Utløpsområde. Skred kan gå langt utover flatt terreng. Skjæringsdalen, Stryn*

## Spør i terrenget

Skredene påvirker løsmassene ved at de graver i undergrunnen og skader vegetasjonen i fjellsidene. Spesielt i skredløpet og i utløpsområdet setter skredene spor etter seg.

De fleste fjellsidene i landet vårt er helt eller delvis dekket av løsmasser. Oftest er løsmassene rester etter bunnmorenedekket som lå igjen da isen trakk seg bort for ca. 10.000 år siden. I bratte utløsningsområder er morenedekket oftest fjernet og transportert videre nedover av skred og rennende vann. I skredløpet graver (eroderer) skredene i løsmaterialet slik at det dannes trange renner (raviner).



*Foto 21. Erosjon av skred i løsmasser*





*Foto 22. Transport av løsmasser i skredløp*

Løsmassene bringes med snøskredene nedover mot utløpsområdet hvor de avsettes. Både sand, grus, stein og store blokker kan trekkes med. Spesielt har store, våte skred evnen til å grave seg ned i løsmassene og erodere.

Sentralt i skredløpet er erosjonen størst, lenger ut til sidene legges det oftest igjen materiale. Alderen på dette løsmaterialet kan man danne seg et bilde av ved å studere hvor friske steinene og blokkene virker, og i hvilken grad stein og blokker er dekket av vegetasjon.

Ser man nærmere på løsmaterialet i et utløpsområde finnes ofte grus og mindre stein på toppen at større blokker. I slike tilfeller er det sannsynlig at det skyldes snøskred. Materialet har blitt fraktet med snøen og når snøen smeltet bort ble grus og mindre stein liggende oppå eldre avsetninger.

Ofte blir hele løsmassedekket fjernet i stor bredde ned mot dalbunnen. I overgangen til dalbunnen kan snøskredene grave seg ned i løsmassene og kaste materialet ut til sidene. Slik dannes groper og voller i dalbunnen og i elveløp. Langs bredden av vann og i sjøkanten hender det at skredene på denne måten danner laguner med et «rev» utenfor. Fordypningen innerst skyldes avbøyningskraften som oppstår når skredmassene treffer dalbunnen. I fjord- og fjellstrøkene er det ikke uvanlig å finne slike tegn etter store snøskred.



*Foto 23. Mindre stein avlagres på større. Tegn på skredaktivitet.*



*Foto 24. Skredvoll og lagune i vann*



*Foto 25. Elvebredd med skredvoll*

## Spør i vegetasjonen

Påvirkning av vegetasjonen fra snøskred kan lettest sees ved at trærne er skadet. De mest typiske skadene består i brudd på stammene, nedbøyning og knekk av greiner. Det kan være vanskelig å skille snøskredskader fra andre



*Foto 26. Snøskredskade på trær. Trærne ligger nedbrukket i en retning*





Foto 27.  
*Snøsigskadet skog*

skadeårsaker som vindfall eller snøsig. Snøsigskader på trærne skyldes at snøen er i langsom bevegelse nedoverbakke gjennom vinteren. Grovstammete trær står i mot denne bevegelsen, mens mindre trær følger med i siget og får en karakteristisk bøy på stammen.

Slike sigeskader viser at det finnes mye snø i området. Mye snø er en indikasjon på at skred kan forekomme såfremt terrenget forøvrig ligger til rette for dette.

Typiske skader av skred kan sees når skogen er slått helt ned ved at trestammene er brukket og at trærne ligger i en retning. Det hender at skogen er ødelagt på denne måten i hele felt i fjellsiden, og ofte opp i motsatt dalside.

Trestammene kan enten være brukket nederst ved bakken eller høyere oppe. Der skredet følges av en kraftig snøsky, vil skyen ofte brette trærne høyt oppe på stammen fordi snøskyen har størst hastighet et stykke over bakken, og fordi skyen er så høy at hele trekronen med sitt store vindfang blir truffet.

I tillegg til rene stammebruddskader, blir trærne skadet med langsgående spalter og sprekker i stammen. Greinene blir ofte skadet og brukket ned. Når et tre blir lagt ned av skred, men overlever uten å reise seg igjen, vil nye skudd og greiner bli vertikale. På denne måten kan man aldersbestemme skredet ved å telle årringene på de greinene som vokser rett opp.



Foto 28. Store trær blir revet opp med rot



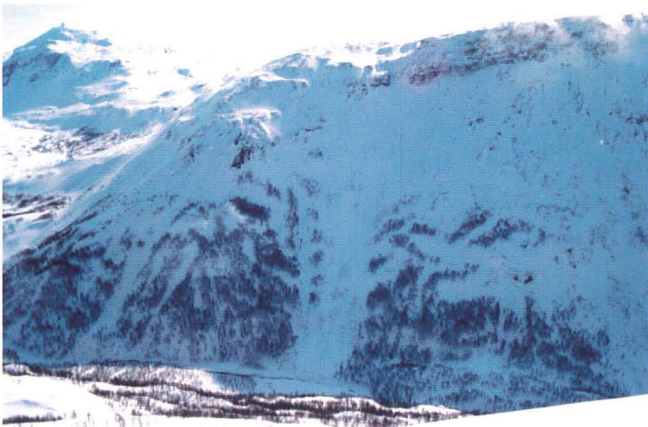
*Foto 29. Vertikale greiner vokser opp etter snøskred*

Årringene på hovedstammen kan også gi indikasjoner på skredskader, og alder på skadene. Et tre som ikke vokser vertikalt, vil utvikle skjeve (elliptiske) årringer fordi treet vokser mest på utsiden (nedsiden) av stammen for å rette seg opp. Denne tendensen er størst året etter skaden. Ved å kutte stammen og studere formen på ringene kan man derfor telle antall skred som treet har blitt utsatt for og når tid skredene gikk.

Ofte forekommer det mindre skader i barken som følge av snøskredene. Skadene sees som arr eller andre uregelmessigheter i barken, og kan også være til hjelp for å vurdere sannsynligheten for skred.

Der skredene går hvert år vokser det ikke skog. Jo sjeldnere skredene forekommer, desto større sannsynlighet er det for at skogen vokser opp. Etter undersøkelser i fjelldaler på Vestlandet ser det ut til at bjørkeskog ikke klarer seg når skredene går oftere enn hvert fjerde år i gjennomsnitt.

De forskjellige treslagene har også ulik motstandsevne mot snøskred. For eksempel tåler bjørk og gråor store og hyppige skred og mye skader uten å miste vokseevnen, selv om stammene blir svært deformerte. Bartrær som gran og furu har sprøere stammer og de knekker derfor lettere og har vanskelig for



*Foto 30. De åpne feltene i skogen er skredbaner, Vassdalen, Narvik*



å etablere seg igjen. Der det vokser stor furu er sannsynligheten for snøskred liten, i alle fall går det mange år mellom hvert skred.

I skredløp der det ofte går skred, men hvor hyppigheten er såpass liten at skogen likevel kan vokse, finnes helst gråor, bjørk og selje. Om våren vil slik «skredskog» ofte ha en friskere grønnfarge enn skog som ikke er skredutsatt. Det kan komme av at disse trærne, som kan være små av vekst, har etablert et stort rotsystem som sørger for god tilgang av næringsstoffer og fuktighet. Spesielt gråor etablerer seg fort der det har gått skred, sannsynligvis er evnen til å binde nitrogen fra luften en medvirkende årsak til dette.

Ofte kan det være tydelige sprang i aldersforskjellen på skogen ut til sidene for de sentrale områdene i skredbanen. Årsaken til dette er at skredene enkelte ganger går ekstra store, og ødelegger skogen i soner utover til sidene. Jo lenger ut man kommer desto eldre blir derfor skogen.

Der det ofte går skred slik at det ligger mye snø utover våren blir også undervegetasjonen (blomsterplanter, bregner etc.) forskjellig fra steder med lite snø. Denne såkalte snøleievegetasjonen utvikles der snømengdene er store, enten det nå skyldes skred eller store snømengder som er kommet på plass på grunn av vindens påvirkning. Arter som vier, blåbær, marikåpe, musøre, er slike snøleieplanter og ved å studere artssammensetningen kan man få en indikasjon på om det går skred i området.

Der skogen ikke når opp til utløsningsområdet, har den liten innvirkning på faren for skred. Når et skred først har løsnet, øker farten raskt, og erfaring har vist at skredene går gjennom selv grovstammet skog. Noe bremsevirkning er det nok i skogen, men normalt kan man ikke regne med at skog i nedre deler av fjellsiden vil kunne stoppe store skred. Om dette har det gjennom tidende vært mange meninger, se for eksempel rammen nedenfor.

Snefond lod sig paa endeel Steder, ved Træers Plantning og Opelsking, hindre. Erfarenhed viser, at, hvor Bjerget ikke hælder altfor steilt ned, blive ofte de derfra udrullende Snefond hemmede ved den nedenfor voxende Skov, hvorved Snedyngerne baade slaaes istykker, og standses i deres heftige Fart, saa at de nedenfor liggende Gaarde finde i Samme et sikkert Brystværn imod denne Fiende, og reddes ofte derved fra den Undergang, hvormed de ellers bleve truede.

J. Krogh (1740–1783)

# Snø i atmosfæren

For å få dannet nedbør må luften inneholde vanndamp, og til vanlig er det alltid en viss mengde vanndamp i luften. Vanndampen er usynlig, men når dampen kondenseres dannes det skyer eller tåke som består av små vanndråper eller iskrystaller.

Den vanligste årsaken til nedbørdannelse er at luften tvinges til værs og avkjøles slik at vanndampen kondenseres. Varm luft kan inneholde relativt mye vanndamp, men når luften avkjøles reduseres evnen til å holde på vanndamp.

Ved en lufttemperatur på for eksempel 20 °C kan luften inneholde 17,3 gram per m<sup>3</sup>, mens den ved 0 °C bare kan inneholde 4,8 gram per m<sup>3</sup> før den blir mettet. Når luften avkjøles stiger derfor den relative fuktigheten inntil luften blir mettet med vanndamp. Ved fortsatt avkjøling vil luften bli overmettet og vanndampoverskuddet vil kondenseres til små vanndråper og ispartikler.

Når luften er relativt tørr, må den avkjøles mye før den blir mettet. Er luften fuktig kreves det mindre avkjøling. Den temperaturen som luften må avkjøles til før kondensasjon inntreffer, kalles duggpunktet.

Skyer som fører til nedbør består av en blanding av små vanndråper og iskrystaller. Vanndråpene dannes ved at vanndampen i luften kondenseres på bitte små partikler, såkalte kondensasjonskjerner. De er svært små, med typisk størrelse rundt 10<sup>-6</sup> m–10<sup>-8</sup> m og de finnes i store mengder i atmosfæren. De består vanligvis av salt-, støv- eller jordpartikler.

For å få dannet iskrystaller må det finnes såkalte frysekjerner i luften. Frysekjernene er av samme størrelse som kondensasjonskjernene, men har en annen kjemisk sammensetning som gjør at vanndampen i luften kan gå direkte over til is på partiklene (sublimasjon). Frysekjernene finnes i et mye mindre antall enn kondensasjonskjernene. Når temperaturen i en nedbørsky ligger på mellom -15 og -20 °C, finnes det både vanndråper og iskrystaller i skyen. Selv om temperaturen er langt under 0 °C, inneholder altså skyen vanndråper, vi sier at disse er underkjølte. Jo lavere temperaturen er, desto lettere dannes iskrystallene.

Dersom atmosfæren skulle være helt ren og fri for partikler måtte «overskuddet av vanndamp», overmetningen, være på flere 100 prosent for å få dannet vanndråper. Iskrystaller ville da ikke dannes før ved -41 °C.

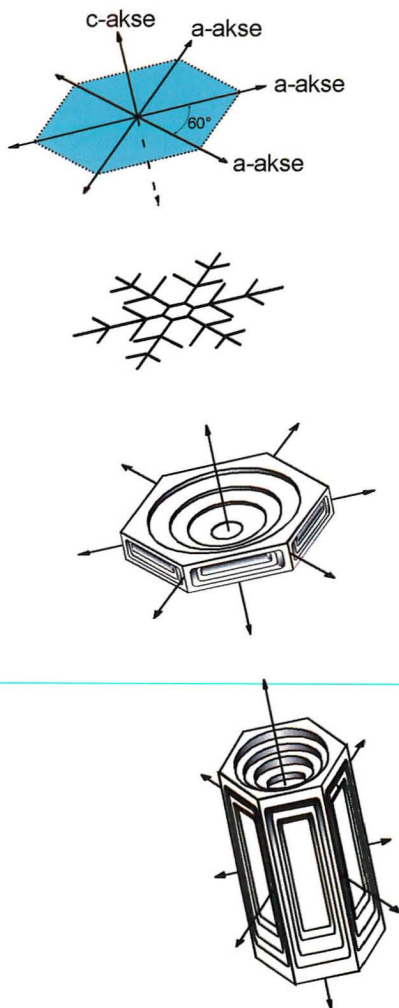
Blandingen av underkjølte vanndråper og iskrystaller er ikke stabil. Vanndamptrykket er størst rundt vanndråpene som lettere vil avgi vanndamp til omgivelsene enn iskrystallene. Dette fører til at vanndamp forflytter seg, diffunderer, fra vanndråpene til iskrystallene der dampen går direkte over til is. Iskrystallene vokser derfor på bekostning av vanndråpene, på grunn av det forskjellige vanndamptrykket over vanndråper og iskrystaller.



Lufttemperaturen og vanndampinnholdet avgjør hvilken fasong snøkrystallene får. Størst betydning har lufttemperaturen, men forholdene mellom temperaturens og vanndampinnholdets medvirkning til krystallveksten er relativt komplisert.

Når krystallene har vokst seg så store at de oppadgående luftstrømmene ikke klarer å holde dem oppe vil de begynne å falle. Krystallene vil endre fasong etter hvert som de faller, avhengig av temperatur- og fuktighetsforholdene i luftlagene de passerer. Dersom temperaturen er under  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  helt ned til bakken, vil nedbøren komme som snø. På vei nedover i atmosfæren kan flere snøkrystaller hekte seg sammen til større snøfiller, særlig når temperaturen er nær  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Er det kaldt, får krystallene oftest nålefasong.

Hagl dannes når snøkrystallene smelter på vei mot bakken. Sterke oppadgående luftstrømmer løfter vanndråpene oppover igjen før de når ned, og kommer de høyt nok fryser dråpene til is. Så faller de mot bakken igjen og kommer ned som hagl, hvis de er store nok til at de ikke smelter underveis.

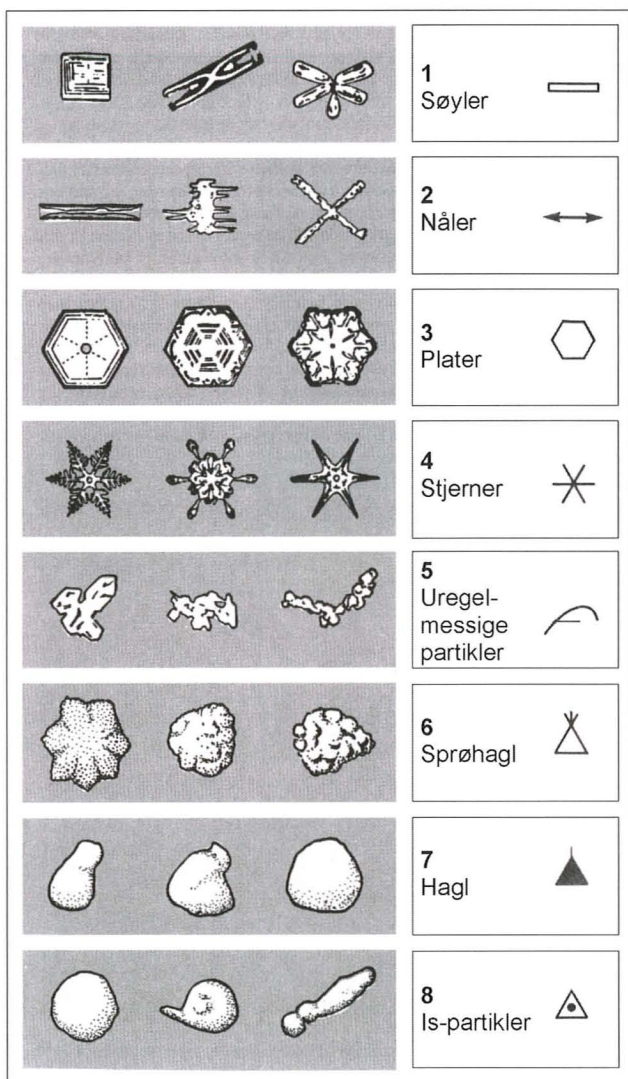


Figur 8. Skisse av stjerner, plater og søyler

En spesiell form for snønedbør kalles sprøhagl. Det er snøkrystaller som har kollidert med små underkjølte vanndråper på sin vei mot bakken, og vann-dråpene har så frosset (rimet) i det de traff snøkrystallene. Slike krystaller får en mykere konsistens med rundaktig fasong.

Snøkrystallene har vanligvis 3–4 hovedformer: plater, stjerner, nåler og søyler. Alle snøkrystaller er basert på en sekskantet grunnform, slik at stjernerne får seks hovedarmer og platene og nålene seks sidekanter, se figur 8.

Den vanligste formen til snøkrystallene kjenner de fleste; det er den sekskantete stjernen. Etter det internasjonale klassifikasjonssystemet for snøkrystaller deler vi nysnøkrystallene i åtte hovedformer: søyler, nåler, plater, stjerner, irregulære partikler, graupel (sprøhagl), hagl og isdråper (frosset regn). Bare de fem første kan kalles krystaller, fordi de siste tre er partikler der krystallene har smeltet og frosset igjen. De åtte hovedformene er vist i figur 9.



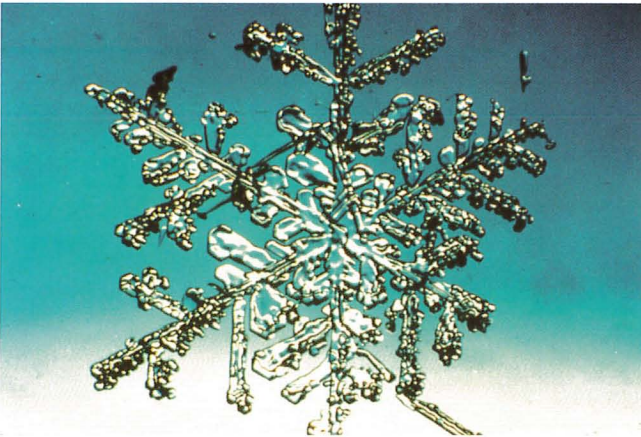
Figur 9. De åtte hovedformene av snøkrystaller

Figur 8 viser hvordan krystallene vokser i to hovedretninger eller akser; c-aksen og a-aksen. C-aksen står normalt (loddrett) på stjernens overflate, a-aksen er parallell med lengderetningen til armene.

Snøstjernene som vi kjenner best dannes når det er høy luftfuktighet (stor grad av overmetning) i atmosfæren og ved temperaturer fra  $-12$  til  $-16$  °C. Da skjer veksten av snøkrystallene fortrinnsvis langs a-aksen, med forgreninger ut fra kjernen. Ved liten overmetning dannes hovedsakelig søyler ved alle temperaturer med langsom vekst langs c-aksen.

Når de opprinnelige krystallene passerer luftlag med andre temperaturer og luftfuktighet enn der de ble dannet, endrer de fasong og på denne måten dannes det en rekke forskjellige krystallformer. Selv om vi deler inn snøkrystallene i hovedformer med visse fellestrekk, er likevel ingen snøkrystaller helt identiske, fordi det alltid finnes små temperatur- og fuktighetsvariasjoner i luften som gir forskjellige vekstforhold for de enkelte krystallene.

Størrelsen på krystallene avgjøres i størst grad av lufttemperaturen. Når det er kaldt vokser krystallene langsomt og krystallene blir små. Omvendt blir krystallene større ved temperaturer nærmere  $0$  °C.



*Foto 31.  
Nysnøkrystall.  
(Foto: R. Perla)*



# Snødekket

Når det er stille, faller snøkrystallene rolig ned, enkeltvis når det er kaldt, eller hektet sammen i bunter når temperaturen er nærmere 0 °C. I kaldt, stille vær blir snøen løs og lett. Snøen kan da inneholde opp til 99 prosent luft og bare 1 prosent is som jo krystallene består av. Densiteten i slik «dunsnø» kan være helt ned til 10 kg/m<sup>3</sup>. Er temperaturen høyere blir snøen tyngre, i alminnelighet er densiteten i nysnø ca. 100 kg/m<sup>3</sup>, det vil si 10 prosent av densiteten til vann.

Den vanligste måten å måle nedbør på, er i mm vann. Når det oppgis at et visst antall mm nedbør har kommet som snø, refererer tallet seg til snøen i smeltet tilstand. Hvis vi går ut fra at nysnøens densitet er 100 kg/m<sup>3</sup>, vil 1 cm snø tilsvare 1 mm nedbør målt som vann.

Etter at snøen er avsatt vil den synke sammen eller sette seg. Setningen skyldes tyngdens virkning og at snøkrystallene gradvis mister forgreningene ved at fasongen forandres (se neste avsnitt). Setningen går fortest til å begynne med og når temperaturen er nær 0 °C. I kaldt vær vil snødekket holde seg lett og løst i lang tid.

Når det blåser under snøfallet vil snøen pakkes sammen av vinden. Jo sterkere det blåser, desto mer pakkes snøen. I fjellet blåser det nesten alltid når det snør, og vinden har stor betydning for skredfaren fordi vinden frakter snø fra vindutsatte steder som rygger og knauser, og avlagrer snøen i forsenkninger som søkk, skar og skålformer.

Både snøfallintensiteten (hvor kraftig det snør), temperaturen under snøfallet og vindens styrke og retning avgjør hvordan snødekket bygges opp. Fordi disse forholdene varierer for hvert snøfall og fordi snøen forandrer seg mellom hver gang det snør, blir snødekket sammensatt av lag med forskjellig struktur. Noen lag er tykke og homogene som følge av langvarige snøfall med nokså konstante vind- og temperaturforhold. I andre deler av snødekket kan det finnes tynne sjikt med forskjellig fasthet, fordi vindstyrken har variert under snøfallet. Ofte finnes det is og skarelag nede i snøen som skyldes mildvær med smelting i overflaten og senere overgang til frost. Det kan også finnes nedsnødde rimlag eller lag av hagl og sprøhagl. Disse snøtypene er særlig viktige som glidesjikt for mulige snøskred.

Den lagvise sammensetningen av snødekket med variasjon av fastere og løsere lag, samt festet eller sammenhengen mellom de enkelte lagene er avgjørende for graden av skredfare. Dersom det finnes løse lag i snødekket ned til ca. 1,5–2 m dyp og det løse laget er overdekket av fastere flokksnø, vil ofte betingelsene for utløsning av flakskred være til stede.

Vi må også være oppmerksom på at i ett og samme snølag vil egenskaper som styrke og tykkelse variere fra sted til sted, og derved kan stabiliteten og muligheten for skred variere innenfor korte avstander.



# Fokksnø

Vindens betydning for snøen i høyfjellet er helt vesentlig for fordelingen av snø og for graden av skredfare. Vinden alene kan føre til stor skredfare når det blåser sterkt nok til at snøen driver med vinden. Hvor sterk vinden må være før snøen begynner å drive avhenger av snøoverflaten, det vil si hvor fast den er, og av temperaturen. Ved nysnø og kaldt vær vil snøen begynne å drive ved vindhastigheter rundt 5 m/s (laber bris).

Når snøen er gammel og hardpakket og lufttemperaturen er over 0 °C kan vindstyrken være på over 25 m/s (liten til full storm) før snødriften starter. Med stigende vindstyrke øker fokksnødriften sterkt. Som generell regel kan man gå ut fra at fokksnødriften øker med 3. potens av vindhastigheten, det vil si at når vindhastigheten fordobles, åttedobles snøtransporten.

Fordi faren for snøskred først og fremst henger sammen med hvor fort snøen kommer på plass i en fjellside eller i et lehang, vil full storm i fjellet

Tabell 3. Virkninger av vindstyrke i fjellet vinterstid

Styrke i Beaufort	Betegnelse	Vindstyrke, m/s	Virkning (modifisert for vinterfjellet)*
0	Stille	0,0–0,2	Ingen bevegelse i lufta. Snøfiller faller rett ned. Røyk stiger rett opp.
1	Flau vind	0,3–1,5	Snøfiller driver svakt med vinden. Røyk indikerer vindretning
2	Svak vind	1,6–3,3	Snøfiller beveger seg mer horisontalt enn vertikalt. Vinden er følbare i sterk kulde.
3	Lett bris	3,4–5,4	Snøfiller beveger seg raskere horisontalt enn vertikalt.
4	Laber bris	5,5–7,9	Fallende snø driver med vinden. Ubehagelig i kaldt vær. Lette snøpartikler rives løs og ruller over snøoverflaten.
5	Frisk bris	8,0–10,7	Tungt å gå på ski mot været. Snøfokk langs bakken opp til ca. 30 cm høyde.
6	Liten kuling	10,8–13,8	Slitsomt å ta seg frem mot været og vanskelig å holde ubeskyttet ansikt mot vinden i lengre tid. Snøfokk setter ned sikten.
7	Stiv kuling	13,9–17,1	I motvind må en lute seg frem og det er vanskelig å holde seg på bena i vindrossene. Snøfokket setter ned sikten til få hundre meter.
8	Sterk kuling	17,2–20,7	Fjellet står i kok og sikten er under hundre meter. Kvister løsner fra busker og trær og driver med vinden.
9	Liten storm	20,8–24,4	Vind og snøfokk gjør det umulig å gå på ski i fjellet.
10	Full storm	24,5–28,4	Trær velter og det knaker i hus. Mindre trær, snø- og isklumper kan bli ført med vinden.
11	Sterk storm	28,5–32,6	Skog blir rasert. Skader på bygninger. Master kan velte. Store snø- og isklumper kan bli ført med vinden.
12	Orkan	over 32,7	Omfattende skader på bygninger.

\* delvis etter Dannevig: *Fjellboka*

bety at skredfaren øker raskere enn ved liten kuling. Dersom vinden for eksempel øker fra 12 m/s, liten kuling, til det dobbelte 24 m/s, liten storm, og det tar åtte timer for å bygge opp et farlig fokksnølag i liten kuling, tar det i teorien én time å bygge opp et like tykt lag i liten storm.

I le-områder som både kan være hele fjellsider eller mindre forsenkninger, avtar vindhastigheten, mindre snø kan holde seg i luften fordi fallhastigheten til snøkrystallene overstiger de oppadgående luftstrømmene. Snøen avsettes i form av skavler langs fjellryggene eller andre steder der det skjer brå endringer i terrenghelningen. Der det er en gradvis overgang mellom et oppstikkende parti og en forsenkning bygger vinden opp le-fonner som kan fylle hele forsenkningen.

Det meste av fokksnøtransporten foregår opp til ca. 1 m over snøoverflaten. Snøpartiklene beveger seg enten ved rulling, små hopp (saltasjon) eller svevende i luften (suspensjon). I kuling når snøen er løs og tørr kan snøfokket bli 20–30 m høyt eller mer og siktforholdene så redusert at det blir vanskelig og umulig å skjelne konturer i landskapet.



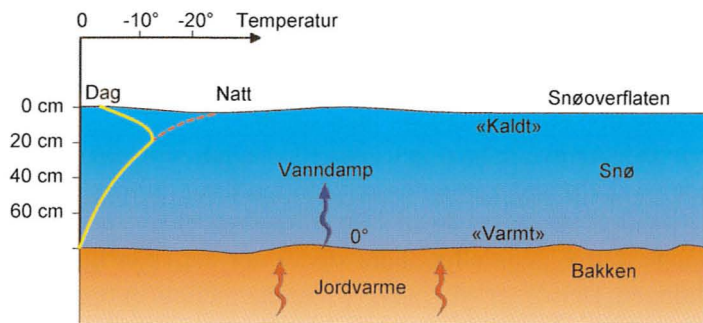
*Foto 32. Høyt snøfokk i Vassdalen, Narvik i 1986*

## Temperaturfordelingen i snødekket

De fleste har hørt at snøen er en dårlig varmeleder. Årsaken til den dårlige varmeledningsevnen er at snøen inneholder mye luft, i nysnø er det som nevnt opptil 99 prosent luft. Luft i små porer isolerer godt, og i snøen er det et stort antall mindre hulrom eller porer.

Jordvarmen som ledes ut fra jordens indre og varme fra den foregående sommer som er lagret i bakken varmer opp snøen nedenfra. Når bakken er dekket med snø vil denne varmen føre til at temperaturen i snøen i bakkeoverflaten sjelden blir særlig lavere enn 0 °C i vårt klimaområde.

I snøoverflaten vil temperaturen i store trekk innstille seg etter lufttemperaturen. Vanligvis blir derfor temperaturen i snøoverflaten om vinteren lavere enn ved bakken. Overflatetemperaturen varierer også mye fra natt til dag og med værforholdene i atmosfæren. Snøoverflaten reflekterer det meste av den



Figur 10.  
Temperaturforholdene i snødekket

kortbølgete strålingen fra solen, mens snøen er «svart» overfor langbølget stråling. På klare dager vil det aller meste av solstrålingen reflekteres, og om natten vil snøoverflaten tape mye varme til verdensrommet på grunn av langbølgete utstråling. Følgen er at snøoverflaten blir kaldere enn bunnen av snødekket. Overflaten er også kaldere om natten enn om dagen, spesielt i klare netter. Da er også overflatetemperaturen i snøen betydelig lavere enn lufttemperaturen. Denne dag/natt-variasjonen gjør seg gjeldende 20–40 cm nedover i snødekket.

Når bakketemperaturer er høyere enn temperaturen i toppen av snødekket får vi en temperaturforskjell, (temperaturgradient) mellom bakke og snøoverflate. Ikke sjelden kan overflatetemperaturen være mellom  $-10$  og  $-15$  °C, mens bakketemperaturer er rundt  $0$  °C. Når snøen er løs og lett og isolerer godt vil for eksempel 20 cm snø kunne ha en temperaturforskjell på  $20$  °C en kald vinternatt, det vil si en temperaturgradient på  $1$  °C/cm.

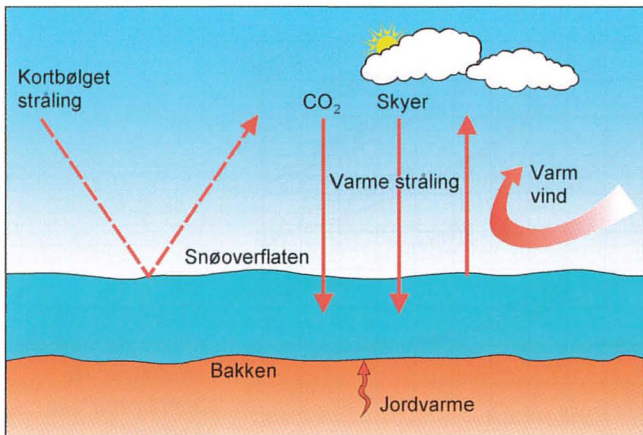
Varmeutvekslingen mellom atmosfæren og snødekket er viktig for dannelsen av snøskred fordi varmetransporten fra luften til snøen og fra snøen til luften endrer snøoverflaten slik at det kan dannes svake sjikt som øker faren for skred.

Varme overføres mellom snøen og luften først og fremst ved *stråling*, *konveksjon*, *kondensasjon* og *sublimasjon*.

## Stråling

Strålingen består av kortbølgete og langbølgete stråling. Den kortbølgete strålingen kommer fra solen som blant annet synlig lys og ultrafiolett stråling. I tillegg kommer det såkalt diffus himmelstråling fra atmosfæren. Omkring halvparten av den kortbølgete strålingen som kommer fra solen reflekteres av skyer eller absorberes og spres i atmosfæren i vanndamp og støv blant annet. Når snøen utsettes for sollys eller annen kortbølgete stråling reflekteres inntil 95 prosent til verdensrommet og til atmosfæren når snøen er ren og tørr. I nysnø ved  $0$  °C reduseres refleksjonen til 60–70 prosent, og for vannmettet sørpesnø til 55–60 prosent. Dette refleksjonsforholdet kalles *albedo* og er et tegn på snøens «hvithet».





Figur 11. Stråling og varm vind påvirker snødekket

Den strålingen som ikke reflekteres trenger ned i snøen og avgir energien som varme. Strålingen stoppes imidlertid i de øverste snølagene, i nysnø trenger solstrålingen bare ned til ca. 5–10 cm dyp, i eldre snø til ca. 20–25 cm. Våt snø med stor densitet absorberer mest stråling.

Albedo virker inn på skredfaren ved at eldre og fuktig snø tilføres mer varme fra solstrålingen enn nysnø, slik at produksjonen av smeltevann går fortere i gammel snø. Mye smeltevann kan igjen føre til utløsning av våtsnøskred.

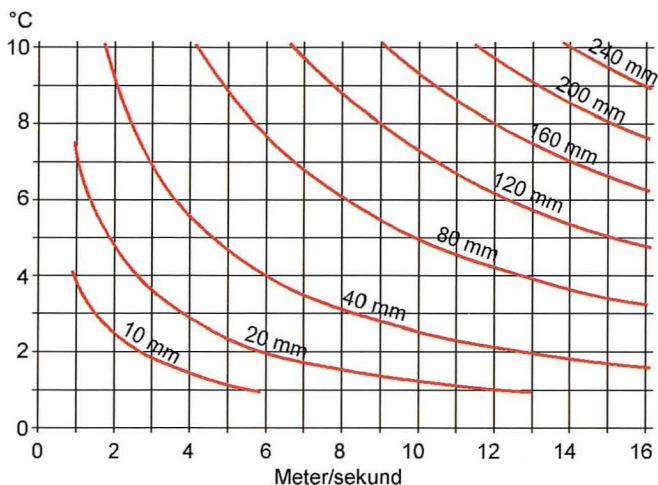
Den langbølgete strålingen (infrarød stråling) sendes ut fra jorden til verdensrommet og til atmosfæren. I gjennomsnitt reflekteres ca. 80 prosent av denne strålingen tilbake mot jorden, særlig fra vanddamp, skyer og karbondioksid (CO<sub>2</sub>). Dette kalles drivhuseffekten. Hvor mye av den langbølgete strålingen som tapes til verdensrommet er svært avhengig av skydekket. I klarvær forsvinner det meste av den langbølgete strålingen ut i verdensrommet. Om natten når det ikke er innstråling fra solen fører dette til en sterk negativ strålingsbalanse i snødekket. Ikke sjelden kan temperaturen i snøoverflaten da bli 10 °C kaldere enn i luften.

Når skydekket er tynt og lavt, trenger solstrålingen gjennom og tilfører snøen varme. Samtidig slipper ikke den langbølgete strålingen fra snøen ut i verdensrommet, fordi den absorberes av skyene. Fra skyene tilbakestråles så langbølget stråling til snøen. Dermed tilføres snøen betydelige mengder varme og strålingsbalansen blir positiv. Faren for våtsnøskred kan da bli akutt. Spesielt i nysnø som binder mye vann i toppen av snødekket, kan faren for skred da bli stor.

## Konveksjon

Konveksjon er varmeutveksling mellom luften og snøen og skjer når luften som blåser over snøoverflaten enten tilfører varme til snøen, eller avkjøler snøen, avhengig av om lufttemperaturen er høyere eller lavere enn snø-





Figur 12. Snøsmelting per døgn i forhold til vindstyrke og temperatur ved 100 prosent luftfuktighet

temperaturen. Varm vind som blåser over snøoverflaten kan smelte mye snø. Virvlene, eller turbulensen i luften fører stadig ny luft i kontakt med snøoverflaten, i økende grad etter hvert som vindstyrken øker. Graden av snøsmeltingen avhenger derfor av vindhastigheten, men i vel så stor grad av lufttemperaturen.

Som det sees av figur 12 vil vind med styrke 5 m/s (laber bris) med temperatur 5 °C smelte like mye snø som en vindstyrke på 13 m/s med temperatur 2 °C i løpet av ett døgn, forutsatt 100 prosent relativ luftfuktighet. At luftfuktigheten har betydning skyldes at luft med stort vandampinnhold kan avkjøles av snøen slik at vandampen kondenseres til vanndråper. Kondensasjonen frigjør mye varme, 2,5 MJ/kg, som øker smelteeffekten av den varme luften.

Når luften er varm og samtidig tørr (*følmvind*), kreves det mye større vindstyrker og høyere temperaturer for å smelte tilsvarende mengder snø som i fuktig luft. Tørr luft gjør at snøen sublimerer, det vil si at den går direkte over fra is til damp. Fordampningsvarmen 2,8 MJ/kg (680 cal/gram) som trengs til sublimasjonen er omtrent åtte ganger større enn smeltevarmen og smeltingen av snøen blir tilsvarende redusert. Varmen tas fra snøoverflaten, som derfor avkjøles slik at snøen kan være tørr selv med varmegrader i luften.

Midtvinters fra desember til mars utløses de aller fleste av snøskredene i høyfjellet som følge av snøfall og vind. Etter hvert som våren nærmer seg betyr varmluft og stråling gradvis mer for skredutløsningen fordi solen står høyere på himmelen og fordi lufttemperaturene øker.

## Regn

Regn har egentlig liten betydning når det gjelder varmeutveksling med snøen, og det skal mye og varmt regn til før det smelter nevneverdige mengder snø. For eksempel vil 10 mm regn med temperatur 5 °C, bare smelte 0,06 gram ren

is, det vil si senke en isoverflate 0,6 mm. Omsatt til snø med densitet  $100 \text{ kg/m}^3$  blir dette smelting av 6 mm snø. 10 mm nedbør er et merkbart regnvær så effekten på den rene snøsmelting er liten. Snødekket synker imidlertid sammen under regnværet, dels på grunn av vekten av vannet og dels fordi snøkornene avrundes og derfor pakkes tettere. Faren for skred vil kunne øke fordi sammenhengen mellom snøkrystallene reduseres slik at styrken avtar. Samtidig kan regnvannet redusere friksjonen langs enkelte snølag eller langs bakken og faren for skred kan da øke.

## Avsmelting av snødekket

De faktorene som er nevnt ovenfor er i hovedsak bestemmende for smeltingen av snøen om våren. I de østlige fjellstrøkene av Sør-Norge står kortbølget og langbølget stråling for 65 prosent av smeltingen, konveksjon for ca. 25 prosent, kondensasjon for 10 prosent. De øvrige faktorene som sublimasjon og regnsmelting har normalt liten betydning. I vestlige fjellstrøk der det er mer skyer betyr strålingen 40 prosent, konveksjon 45 prosent og kondensasjon 15 prosent. På sørligere breddegrader får strålingen større betydning fordi solen står høyere på himmelen og derfor tilfører mer energi. I Alpene skyldes 80 prosent av smeltingen solstråling.

Smeltingen skjer så og si bare fra snøoverflaten og i de aller øverste centimetrene. Som nevnt avtar strålingen fort med dybden, og de andre smelteprosessene har også begrenset virkning nedover i snøen. Varmetransporten nedover skjer enten ved varmeledning gjennom snøkrystallene eller ved diffusjon gjennom porene i snøen. Det meste av varmetransporten skjer i de luftfylte porene, men det går langsomt. Snøen er en dårlig varmeleder, nysnøen leder varme bare  $1/25$  så raskt som is for eksempel. På grunn av den dårlige varmeledningsevnen er det ikke helt lett å forstå hvorfor mange snøskred utløses ved mildværsinnslag. De fleste større snøskred løsner ned til 1–1,5 m dybde, og temperaturendringer i luften i løpet av et døgn merkes ikke på større dyp enn ca. 40–50 cm fra overflaten. En forklaring er at snøen i overflaten tøyes lettere (siger fortere) når den varmes opp, og at denne sigebevegelsen utsetter snødekket for større påkjenninger som igjen fører til brudd og utløsning av skred.

Varme føres også ned i snøen ved at smeltevann fra overflaten sildrer ned i snødekket og fryser lenger nede. Ved frysingen avgis smeltevarmen til snøen og temperaturen øker. Sagt på en annen måte: for å fryse smeltevannet som trenger ned i snøen tas kulde fra snøen rundt, slik at temperaturen i snøen stiger. Med fortsatt vanntilførsel øker temperaturen inntil hele snødekket er  $0^\circ \text{C}$  tvers igjennom (isotermt snødekke).

Jordvarmen har liten betydning for smeltingen og i gjennomsnitt kan vi regne med at jordvarmen smelter 2–3 cm snø i løpet av vinteren. Denne varmemengden tilsvarer neppe mer enn ca. 2 prosent av solstrålingen og den har ingen betydning for faren for skred.

# Krystallomvandling, metamorfose

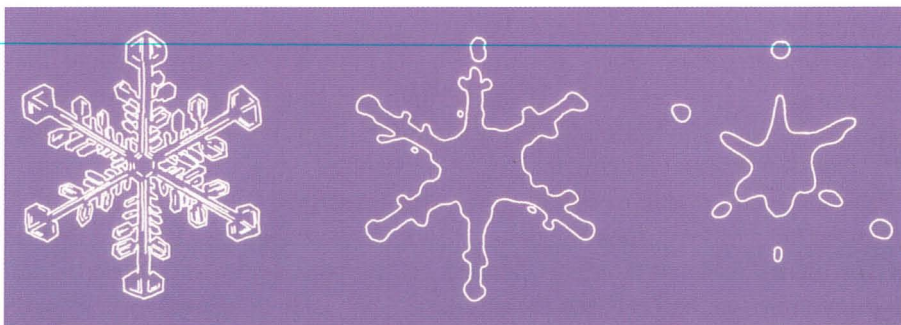
## Nedbrytende omvandling (destruktiv metamorfose)

Fra det øyeblikket en snøkrystall legger seg til ro på bakken eller på toppen av et eldre snølag starter en omvandling av krystallformen. Årsaken til dette er at snøkrystallens overflate ikke lenger er i likevekt med omgivelsene. Når snøkrystallene dannes i atmosfæren kan graden av overmetning av vanddamp være flere titalls prosent, mens vanddampinnholdet i snødekket sjelden kommer over 1 prosent overmetning. Derfor er fasongen på snøkrystallene nå ustabil og de begynner å forandre seg.

Snøkrystallene har vanligvis et forgrenet mønster, med mange utvekster av tagger og pigger, som vi har sett. Alle forgreningene gjør at overflaten er stor i forhold til volumet, i 1 m<sup>3</sup> nysnø utgjør overflaten av alle krystallene ca. 1 mill m<sup>2</sup>. I de nye omgivelsene vil snøkrystallen tilstrebe en likevektsform som forener størst mulig volum med minst mulig overflate. Krystallene endrer seg derfor mot en kuleform der overflaten reduseres ca. 1000 ganger i forhold til opprinnelig.

Drivkraften i den omformingene som nå skjer er først og fremst temperaturforskjellene i snødekket. Som tidligere beskrevet er det varmere ved bakken enn i toppen av snødekket, vi har en temperaturgradient i snødekket. I den «varme» snøen ved bakken finnes det derfor mer vanddamp i poreluften enn høyere oppe, vanddampens metningstrykk er størst der temperaturen er høyest. Følgen er at vanddamp vandrer oppover i snødekket. Kort oppsummert er endringene i snøkrystallenes fasong avhengig av: 1) temperaturgradienten, 2) temperaturen, 3) porevolumet i snøen. Av disse tre faktorene er det temperaturgradienten som er viktigst.

Når det er mye snø og temperaturen er nær 0 °C er temperaturgradienten liten. Under slike forhold vil snøkrystallene endre fasong fra den opprinnelige nysnøkrystallen til avrundete krystaller. Årsaken til dette er at det foregår en fordampning fra de fremstikkende konvekse delene av krystallen og sublimasjon direkte til is på de konkave delene. Overflatespenningen mellom molekylene i krystalloverflaten er større over konvekse partier (spisser og kanter etc.), enn over konkave partier (innbuktninger og flater), det fordampes derfor



Figur 13. Nedbrytende omvandling



mer fra de konvekse partiene. Poreluften inneholder større mengder vanddamp over et konvekst område enn et konkavt, og det foregår derfor diffusjon av vanddamp fra poreluften over spisser og hjørner i krystalloverflaten, mot de konkave områdene der vanddampen sublimerer til is.

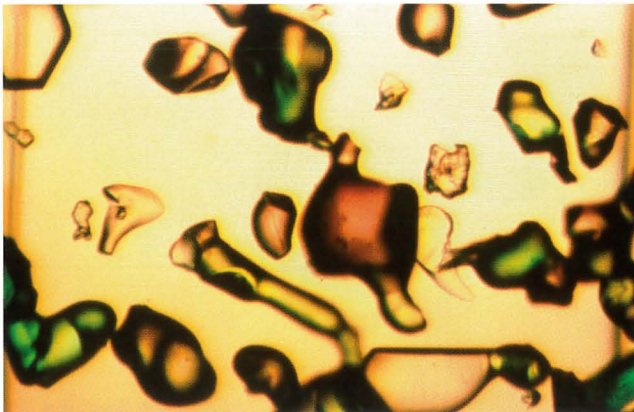
Denne formforandringen kalles nedbrytende metamorfose. Det er viktig å være oppmerksom på at metamorfosen foregår uten smelting, det vil si ved temperaturer under 0 °C. Krystallomvandlingen går raskere ved temperaturer nær 0 °C enn ved mange kuldegrader. Er temperaturen nær 0 °C tar det bare få timer før nysnøkrystallene har mistet sin opprinnelige form, mens det tar 1–2 uker når temperaturen er -5 °C. Faren for skred vil derfor holde seg lenger etter store snøfall når temperaturen er lav enn når den er nærmere 0 °C.

Resultatet av denne formforandringen er at krystallene etter hvert deles opp i mindre biter som etter hvert nærmer seg kuleform, og at de minste bitene fordampes og de største vokser. Årsaken til at de minste partiklene forsvinner på bekostning av de store er at vanddamptrykket og derved fordampningen er størst over flater med størst krumning, det vil si de minste partiklene. Til slutt har snøkrystallene fått en avrundet form med diameter 0,5–1 mm.

Det er nødvendig med en viss temperaturforskjell (temperaturgradient) i snøen for at metamorfosen skal foregå. Dersom snøkrystallene isoleres i et kuldelaboratorium med konstant temperatur, viser forsøk at det tar ca. ti ganger så lang tid for et en stjerneformet krystall å endre fasong til en kuleformet krystall enn i det naturlige snødekket der det alltid er en temperaturgradient.

Metamorfosen fører til at skredfaren øker til å begynne med, spesielt i bratt terreng fordi grenene på snøkrystallene som hekter krystallene sammen, mister grepet. I bratt terreng kan det derfor utløses løssnøskred kort tid etter et snøfall.

Formforandringen fører etter hvert til at snødekket synker sammen; snøen setter seg og krystallene kittes bedre sammen slik at faren for skred gradvis avtar. Setningen i snødekket er størst til å begynne med, når nedbrytingen av krystallforgreningene går fortest. I tillegg til den setningen som skyldes krystallomvandlingen vil snødekket også sige sammen på grunn av vekten av



*Foto 33. Avrundete krystaller.  
(Foto: R. Perla)*

krystallene høyere opp i snøen. Samtidig øker densiteten til ca.  $300 \text{ kg/m}^3$  under normale forhold. Porevolumet blir redusert til ca. 65 prosent, men som vi ser er det fortsatt mer luft enn is i snødekket, regnet etter volum.

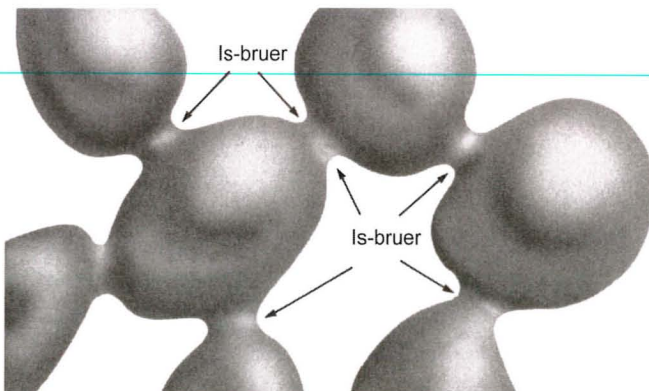
Når temperaturen er nær  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  setter snødekket seg raskt, det kjenner de fleste til som har gått på ski. I kaldt vær holder snøen seg løs og lett i lang tid, mens mildere vær fører til fastere snø.

## Sintring

Når snøkrystallene etter hvert kommer i tettere kontakt med hverandre kittes de også sammen fordi det oppstår små isforbindelser eller isbroer i kontaktpunktene. Prosessen er også kjent fra metallurgien; når små partikler som er nær smeltepunktet (og snøen er jo det) kommer i kontakt vil overflatespenningen i kontaktpunktene være forskjellig fra de øvrige delene av partikkelen, og det dannes broforbindelser der partiklene berører hverandre. Dette kalles sintring. Prosessen skyldes først og fremst at vanddampens metningstrykk er større over konvekse deler av snøkrystallene enn over de konkave delene, slik som forklart for metamorfosen i avsnittet foran. Derved vandrer vanddampen mot de stedene der det er minst damp og kondenseres på disse stedene fordi det blir overmetning i poreluften over krystalloverflaten. I tillegg skjer det også en forflytning av molekyler i overflaten i retning mot kontaktpunktene mellom krystallene.

Begge disse prosessene øker i hastighet med stigende temperatur. Utstrakt dannelse av isbroer mellom krystallene er medvirkende til at snø som faller under relativt høye temperaturer stabiliseres raskt slik at skredfaren avtar forttere enn når temperaturen er lavere. Jo mindre krystallene er, desto flere isbroer finnes per volumenhet. I fokksnø er krystallene som regel meget små, under  $0,5 \text{ mm}$  i diameter, og krystallene er pakket tett sammen med gode muligheter for broforbindelser. Resultatet blir at fokksnøen tåler strekk-, trykk- og skjærbelastninger og henger sammen i større eller mindre flak.

Sintringen har stor betydning for skredfaren og typen av skred fordi sintringen endrer snøens mekaniske egenskaper. Før sintringen starter har snøen liten styrke, særlig når den har falt i stille vær. Etter hvert som isbroene utvikler seg



Figur 14. Sintring

øker snøens styrke, det skal større kraft til å forskyve krystallene i forhold til hverandre. At snøens styrke øker virker i to retninger når det gjelder faren for skred: På den ene siden blir snøen fastere slik at det skal større belastning til før det går skred. Men når snøen blir fastere kan den virke som et sammenhengende flak som kan overføre belastninger og spenninger fra et sted til et annet. Et slikt flak kan ligge forankret i oppstikkende steiner eller i trær og plutselig bryte sammen når påkjenningen blir for stor, for eksempel ved at en skiløper passerer.

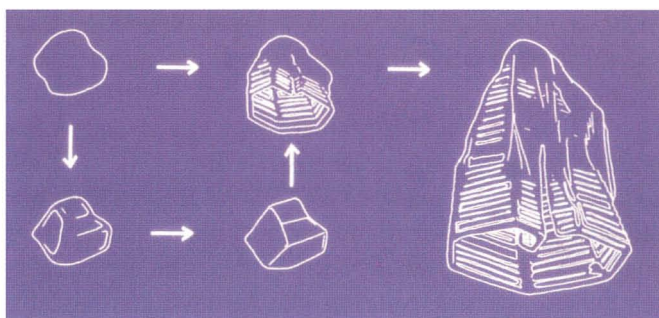
I tillegg til sintringen er vinden den viktigste årsaken til at snøkrystallene kittes sammen. Alle som har ferdes i fjellet vet hvordan vinden flytter snøen og pakker den sammen til fast fokksnø. Fokksnøen kan få stor densitet, opp til  $500 \text{ kg/m}^3$  i de kystnære fjellstrøkene. Lenger inne i landet er fokksnøen noe lettere, dette skyldes at luften gjerne inneholder mindre fuktighet enn ved kysten, og mindre luftfuktighet gir svakere snø. Vindstyrken er vanligvis også større i kystnære fjellområder enn lenger inne i landet. Vinden har derfor stor betydning for graden av skredfare, ved at den danner lag med forskjellig styrke i snødekket. Vi kommer senere tilbake til hvilken betydning denne varierende fastheten har for skredfaren.

## Oppbyggende omvandling (konstruktiv metamorfose)

Temperaturforskjellen mellom snøoverflaten og bakken gjør at vanndampoverskuddet ved bakken forflytter seg oppover i snødekket. Etter hvert som vanndampen stiger oppover kommer den inn i områder med lavere temperatur. Her blir luften overmettet og overskuddet av vanndamp kondenseres på snøkrystalloverflatene, noe som igjen fører til endring av formen.

Forflytningen av vanndamp skjer ved diffusjon og ved konveksjon. Diffusjonen foregår ved at vanndampmolekylene beveger seg fra områder med høyt vanndampinnhold til steder med mindre vanndamp. Vanndampmolekylene forflytter seg også fra krystall til krystall. De fordampes fra oversiden av en krystall og kondenseres på en krystall høyere oppe. Noe av vanndampforflytningen skjer ved konveksjon ved at den varme luften strømmer nedenfra og oppover i snødekket, spesielt når snødekket har stor porøsitet.

Når temperaturgradienten i snødekket er større enn omkring  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  per meter fører vanndampforflytningen i snødekket til en formforandring som



Figur 15. Oppbyggende omvandling



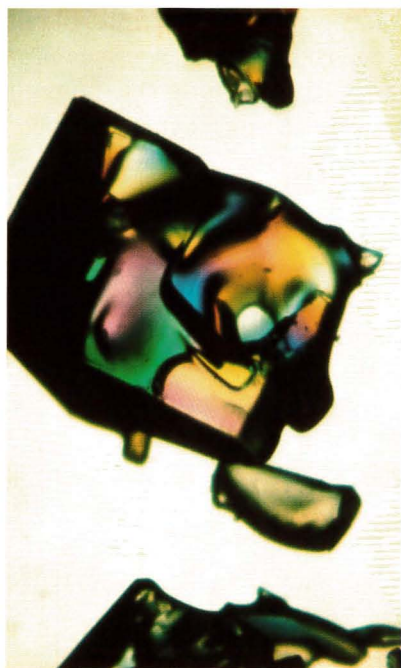


Foto 34. Kornsnøkrystall.  
(Foto: R. Perla)

kalles oppbyggende omvandling (konstruktiv metamorfose), eller temperaturgradientmetamorfose. I denne prosessen endrer krystallene seg fra en rundaktig form til krystaller med plane flater og skarpe kanter, vi sier at snøen blir kornet og vi kan se at krystallene glitrer når de blir holdt opp mot lyset. Snøkrystallene vokser i denne prosessen, de blir terningformete med størrelse på 2–3 mm. Formforandringen fører til at skredfaren øker ved at kontaktflaten mellom krystallene minker, isbroene blir borte, og snødekket får mindre styrke.

Når forholdene ligger spesielt godt til rette for den oppbyggende metamorfosen, det vil si når både temperaturgradienten og porevolumet er store, utvikler kornsnøkrystallene seg videre. De får først en stripet overflate, størrelsen øker, og til slutt dannes store begerformete krystaller med et sekskantet tverrsnitt, og med størrelser fra 4–8 mm. Krystallene står stablet oppå hverandre med åpningen ned som i et korthus. Etter lange kuldeperioder kan hele snødekket bli omformet til begerkrystallag, eller rennsnø som det også kalles, dersom snødybden er mindre enn ca. en halv meter. Navnet rennsnø skyldes sannsynligvis at krystallene lett renner utover «som erter av en sekk» når de blir forstyrret.

Begerkrystall-lagene tåler bedre trykkbelastninger enn skjærbelastninger som virker parallelt med laget. Lagene med rennsnø er derfor stabile så lenge de er uforstyrret, og de kan tåle vekten av nye snølag. Hvis snømengdene blir for store eller begerkrystallene utsettes for vekten av en skiløper kan de bryte sammen i et kompresjonsbrudd og de mister da skjærstyrken. Mange skiløperulykker skyldes skred i denne type snø. Naturlig utløste skred kan også bli

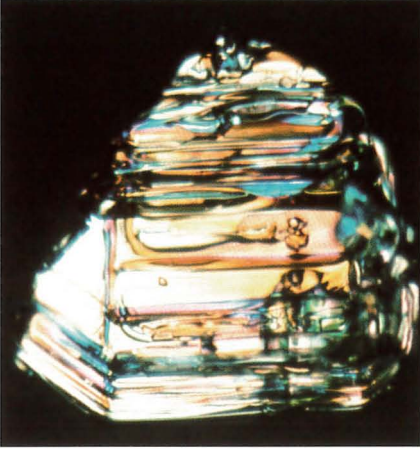


Foto 35. Begerkrystall.  
(Foto: R. Perla)

omfattende når det finnes lag av begerkrystaller i snøen fordi bruddet brer seg så lett utover i snødekket.

Begerkrystallagene kan utvikle seg som tynne sjikt på noen få mm, eller i lagpakker på flere titalls centimetre. De tynne sjiktene kan finnes både høyt oppe og lengre nede i snødekket og dannes lettest i lag som har høyt porevolum. De tykke lagene finnes helst nærmest bakken. Her er temperaturen høy, og selv om ikke temperaturgradienten er stor, gjør den høye temperaturen at krystallene utvikler begerformer.

Rundt nedsnødde busker og steiner danner det seg gjerne hulrom i snøen. Her er det god plass for begerkrystalldannelse og fine former kan utvikles når det er kaldt i luften og lite snø.

Rennsnølag i snøen som kan føre til økt skredfare undersøkes best ved å grave en sjakt i snøen og prøve med hånden om snøen er løs og grovkornet. Er forholdene spesielt ustabile kan rennsnøen «høres» når du går på ski. Plutselige dump eller drønn i snødekket samtidig som snøen setter seg viser at skredfaren er stor. Drønnet som høres, skyldes luft som presses ut av snøen når det løse laget klapper sammen.

## Våt snø, smelteomvandling (smeltemetamorfose)

Når snøen varmes opp til 0 °C begynner iskrystallene å smelte. Til å begynne med kjennes dette ved at snøen blir kram. Da finnes det en tynn vannfilm i krystalloverflaten som fører til at krystallene henger sammen, og det er lett å lage snøballer. Kapillærkreftene som oppstår på grunn av den tynne vannfilmen, er sterkest når snøen er kram og inneholder lite vann, under 4 prosent.

Ved videre smelting dannes det fritt vann mellom krystallene som etter hvert fyller porene i snøen. Når vanninnholdet er over ca. 8 prosent kan vann presset ut, og er det over 15 prosent vann i snøen renner vann ut av seg selv.

Metamorfosen i våt snø går raskt, og raskere etter hvert som vanninnholdet øker på grunn av vannets gode varmeledningsevne. Teoretisk sett skulle metamorfosen foregå til alle snøpartiklene var blitt runde og av samme størrelse.

else, for deretter å smelte gradvis med samme hastighet. Selv i våt snø finnes det imidlertid ørsmå temperaturforskjeller på grunn av forskjellen i krystallstørrelsen. Smeltepunktet er aldri så lite grann lavere for små snøkorn enn for større korn. Dette fører til at de små krystallene smelter og at de større partiklene øker i størrelse.

Etter hvert som snøpartiklene smelter og vanninnholdet øker avtar snøens styrke ved at forbindelsene mellom snøkornene reduseres, noe som er særlig merkbart like etter en intens smelteperiode. Da blir snøen løs eller «råtten» og det er vanskelig å gå på ski. Noe senere på våren vil snøen sette seg fordi vannet dreneres ut, fastheten øker og skiene synker mindre ned i snøen.

Smelting av snødekket har en sammensatt virkning på skredfaren: temperaturstigningen fører til at snøen siger raskere i skråninger slik at faren for skred øker til å begynne med. Samtidig setter snøen seg, snøkornene kittes sammen på grunn av kapillærkreftene i vannhinnen rundt snøkrystallene, og dette får faren for skred til å avta.

Ved enda større mengder vann i snøen dannes sørpe, med fare for utløsning av sørpeskred.

Hvis snøen fryser igjen etter å ha blitt utsatt for smelting, dannes skare. I skaren er kornene frosset sammen til et hardt sjikt. Når skaren smelter, vil de små snøkornene først bli borte på bekostning av de større slik at snøen blir mer grovkornet. Kraftig skaredannelse etter et betydelig mildvær vil som regel redusere faren for skred fordi den totale styrken i snødekket økes når det dannes et kraftig skarelag i overflaten.

## Rim

Rim på snøoverflaten er viktig for graden av skredfare fordi rim ofte danner tynne, svake lag som virker som glidesjikt i skredet.

Rim dannes på snøoverflaten når luftens vanndamp går direkte over til is ved sublimasjon. Betingelsen for at dette skal skje er at luftens vanndamptrykk er større enn vanndamptrykket over iskrystallene i snøoverflaten, og at snøoverflatens temperatur er lavere enn duggpunktet. Duggpunktet er den temperatur luften må kjøles ned til for å få kondensasjon. Slike forhold finner vi helst i kalde klare netter med sterk utstråling fra snøoverflaten og lite vind. Dersom det blåser blandes luften nær snøoverflaten og avkjølingen av de nedre luftlagene mot snøoverflaten blir ikke tilstrekkelig til at rim dannes.

I vårt klimaområde er rimkrystallene oftest 2–3 mm store, men de kan også bli flere centimetre lange. Krystallene kan være bladformete eller ha form som sekskantete, hule krystaller. Nedsnødde rimlag er oftest 1–2 mm tykke, og de er ofte farlige med tanke på dannelse av glidesjikt og utløsning av skred. Det kan ta lang tid, gjerne flere uker før nedsnødde rimlag får stor nok styrke til at snødekket blir stabilt.

Dersom luften er tørr og det skjer fordampning i snøoverflaten vil overflaten etter en tid få en løs struktur. Slike løse overflatelag kan også forme glidesjikt for skred når de dekkes av nysnø.

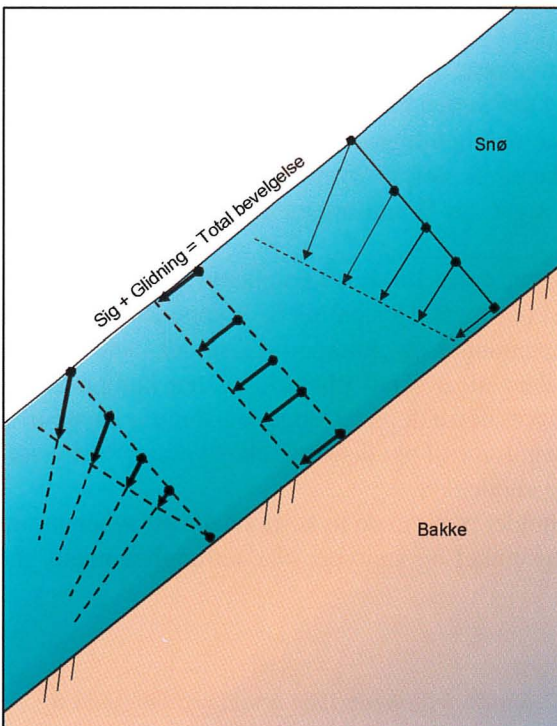


Lengre kuldeperioder vil alltid svekke styrken i snødekket og ofte føre til at det oppstår svake sjikt i snøen. Dersom det kommer mye nysnø etter en slik periode vil disse snølagene føre til økt belastning i snødekket, og ofte vil det bli en svak sammenheng mellom nysnøen og den gamle snøen under. Begge deler vil føre til økt skredfare.

## Setning i snødekket. Snødekket i hellende terreng

På horisontal mark synker snødekket loddrett sammen etter hvert som tiden går, snøen setter seg. Nysnø setter seg raskest, slik som allerede omtalt. Her er porevolumet størst og det er lettere for krystallene å bevege seg i forhold til hverandre. Bevegelsen er derfor størst øverst i snødekket, opp til 10 cm per døgn i nysnø, og avtar gradvis ned mot bakken. Snøpartiklene følger tyngdekraftens retning og beveger seg normalt på terrengoverflaten. Setningen avtar med synkende temperatur. Under setningsprosessen øker snøens densitet og styrke fra  $100 \text{ kg/m}^3$  som et gjennomsnitt for nysnø til  $300\text{--}400 \text{ kg/m}^3$  eldre snø. I fjellet der snødybdene gjerne blir 4–6 m i le-områder kan densiteten nederst i snødekket bli  $500\text{--}600 \text{ kg/m}^3$  for tørr snø.

I hellende terreng virker tyngdekraften på skrå i forhold til terrengoverflaten. Den ene av tyngdekraftens komponenter virker parallelt med terrengoverflaten og den andre vinkelrett på terrenget. Om vi tenker oss at snøen var som



Figur 16. Snøsig og snøglidning



*Foto 36. Sigebevegelse i snøen. Den røde sagflisen viser hvordan snøen har seget*

en seig væske ville snøpartiklene bevege seg langsomt nedoverbakke parallelt med underlaget. Men i motsetning til væsker har jo snøen også den egenskapen at den komprimeres med tiden, slik at snøpartiklene i tillegg til å bevege seg nedoverbakke også vil nærme seg bakken. Denne sammensatte bevegelsen kaller vi snøsig.

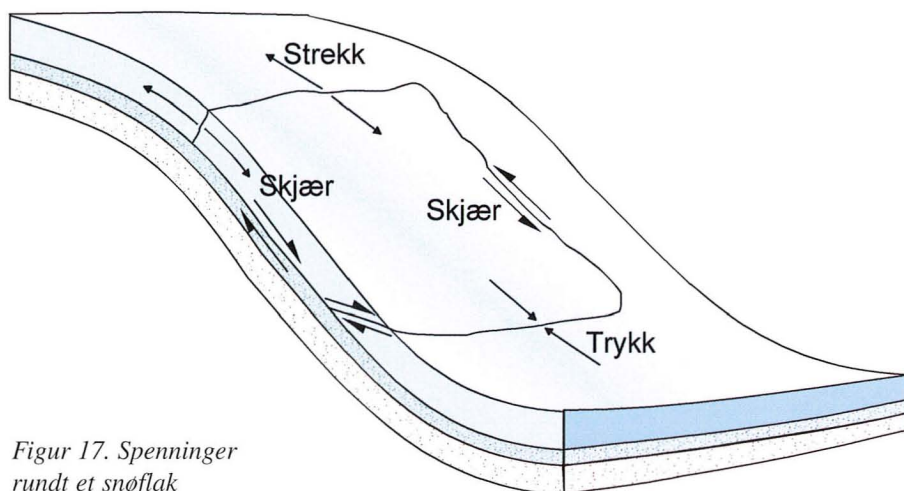
Sigehastigheten varierer på samme måte som snøsetningen på horisontal mark. Stor sigehastighet får vi når snøen har lav densitet, høy temperatur og stor snødybde. Siget øker også med helningsvinkelen på terrenget og helningen på snøoverflaten. Hastigheten er størst i overflaten og går mot null ved bakken. I overflaten varierer siget fra få millimetre til flere centimetre per døgn.

Sigebevegelsen kan som nevnt deles i to: en komponent som er parallell med terrenget og en normalt på terrenget. Den parallelle komponenten fører til skjærspenninger og skjærdeformasjoner i snøen, som er årsaken til at skred blir utløst. Den komponenten som virker normalt på terrenget og som får snøen til å sette seg, fører til økt densitet, økt styrke og bedre stabilitet i snødekket.



Forholdet mellom de to komponentene avhenger av helningsvinkel og snøtype. Når terrenghelningen går

*Foto 37. Snøen deformeres uten brudd ved langsomt sig*



Figur 17. Spenninger rundt et snøflak

opp i 40–50° dominerer skjærdeformasjonen og skjærspenningene i forhold til normalspenningene og sannsynligheten for skred i terreng med disse hellingsvinklene blir stor. Når terrenget slakker av til 30° og lavere reduseres skjærspenningene i forhold til normalspenningene slik at faren for skred avtar i vesentlig grad.

Dersom terrengunderlaget i en bratt skråning er jevnt og slett vil hele snøpakken kunne gli nedover bakke. Glidningen skjer helst om våren når smeltevann trenger ned til bakkeoverflaten og nedsetter friksjonen mellom snøen og bakken. Når glidningen går raskt kan det oppstå så store strekkspenninger i snøen at snødekket slites av i et strekkbrudd. Dette ser vi oftest som følge av soloppvarming, varm luft eller regn. Noen steder sprekker snødekket opp, og er det bratt nok utløses våtsnøskred. Ved avtakende terrenghelning reduseres glidningen, og 15° terrenghelning regnes som nedre grense for at snødekket kan gli mot underlaget. Som regel må terrenghelningen være større for at glidningen skal ha betydning, vanligvis fra 25–30°.

Både snøsig og glidning kan føre til skader på hus, andre konstruksjoner i hellende terreng og på trær. Trestammer blir bøyd, og der snødybdene går opp i flere meter kan snøtrykket som oppstår på grunn av sig og glidning skade kraftmaster eller trykke hus skjeve.

Figur 17 viser hvordan spenningsene fordeler seg rundt et snøflak i hellende terreng. Øverst, i overgangen mellom slakere og brattere terreng får vi strekkspenninger i snøen på grunn av økende sig og glidning. I selve hengt der terrenghelningen er konstant har vi en nøytral sone uten strekk eller trykkspenninger. Nederst i hengt finner vi trykkspenninger der sig- og glidehastigheten avtar på grunn av mindre terrenghelning.

Mellom snølagene oppstår skjærspenninger, særlig mellom nysnøen som siger mest, og den gamle stabile snøen under. Ut til sidene for flaket der snøen er forankret i trær, steinblokker eller oppstikkende fjellknauser får vi også skjærspenninger.





# Skreddannelse

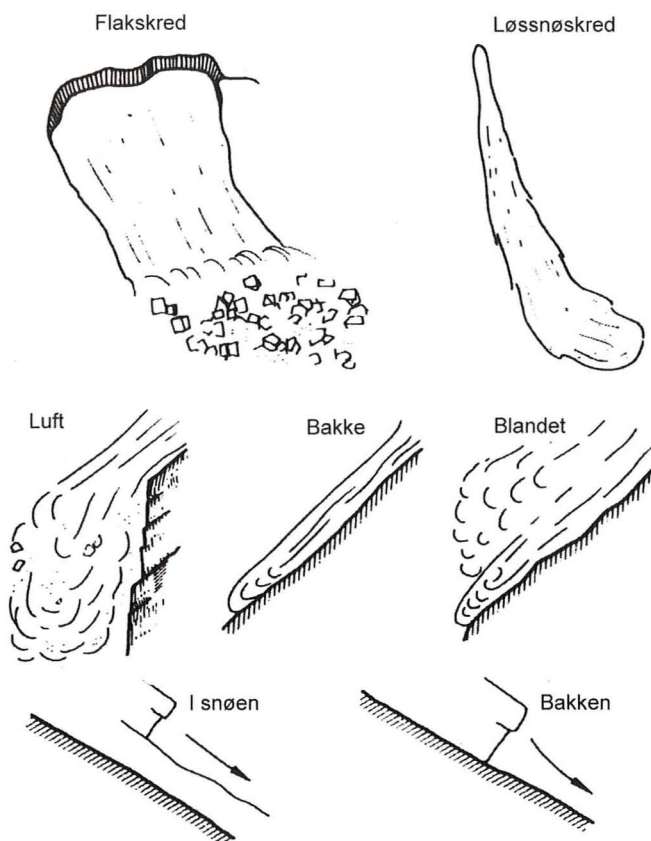
Skredene skilles vanligvis i to hovedtyper:

- Løssnøskred
- Flakskred

De to hovedtypene kan igjen deles i tørrsnøskred og våtsnøskred, og videre om skredene glir ut langs bakken eller langs et underliggende snølag, slik som vist på figur 18.

## Løssnøskred

Som navnet sier går løssnøskredene i løs snø. De starter i et punkt ved at litt snø først settes i bevegelse. Nedover i skråningen brer skredet seg langsomt ut slik at volumet gradvis øker. Denne skredtypen går helst i lett løs nysnø eller



Figur 18. Klassifika-  
sjon av snøskred



Foto 38.  
Løssnøskred

i våt snø. Her er forbindelsen (kohesjonen) mellom krystallene liten, og det skal små påvirkninger til før snøen kommer i bevegelse.

Løssnøskred blir utløst når snøoverflaten er bratt nok til at kohesjonen og friksjonen mellom snøkrystallene blir overvunnet. Både friksjonen og kohesjonen er avhengig av faktorer som densitet, krystallform, temperatur og vanninnhold.

Når det snør i kaldt vær uten vind hekter snøkrystallene seg i hverandre etter hvert som snøen avlagres. Til å begynne med henger snøkrystallene godt sammen på grunn av alle forgreningene i krystalloverflaten, og snøen kan feste seg i svært bratte skråninger, opp til ca.  $80^\circ$  som jo er nær loddrett. Som regel må det være brattere enn  $45^\circ$  for at tørre løssnøskred skal løses ut.

Gjennom den nedbrytende metamorfosen forsvinner etter hvert alle forgreningene på krystalloverflatene. Dermed avtar kohesjonen og friksjonen og faren for løssnøskred øker. Vi må her skille mellom den statiske og den dynamiske friksjonsvinkelen. Den første beskriver den største helningsvinkelen snøen kan ligge i før den begynner å gli ut når vi ser bort fra kohesjonen. Når skredet er i bevegelse er det den dynamiske friksjonsvinkelen som råder.





Foto 39. Flere løssnøskred

Den dynamiske friksjonsvinkelen er den minste helningsvinkelen som skal til for å holde snøen i bevegelse uten at farten øker eller avtar. For snø er den dynamiske friksjonsvinkelen vanligvis ca.  $10^\circ$  lavere enn den statiske. Følgelig vil snøpartiklene akselerere når de først har kommet i gang, så lenge terrenghelningen er større enn den dynamiske friksjonsvinkelen.

Når nysnøen har mistet forgreningene sine, eller blir satt i bevegelse av en ytre påvirkning, for eksempel av en skiløper, vil løssnøskred kunne bli utløst. Når bevegelsen først er kommet i gang og terrenget er bratt nok, vil stadig mer snø dras med, som i en kjedereaksjon, og størrelsen på skredet gradvis øke.

Løssnøskredene utløses gjerne under eller like etter intense snøfall i bratt terreng. Årsaken til at de går under snøfallet er at snødybden øker raskt slik at vekten av snøen blir så stor at de fint forgrenete krystallene lenger nede i snøen bryter sammen og kommer i bevegelse. Dermed settes også andre krystaller i gang og skredet starter.

Solskinn og regn, særlig på nysnø, er også utløsende faktorer for løssnøskred. Nysnøkrystallene brytes raskt ned som følge av varmen fra solen og av varmeledningsevnen i vannet som dannes rundt krystallene. Etter hvert som vanninnholdet i snøen øker, avtar kohesjonen og et løssnøskred kan utløses. Når vannmengden i snøen er økende er faren for skred størst. Dersom snøen blir helt overmettet med vann og det dannes sørpe kan snø/vannblandingen gli ut på meget lave helningsvinkler. Les mer om dette i kapittel 6.

For skiløpere er det viktig å være oppmerksom på at et løssnøskred som utløses av skiløperen selv, alltid starter fra skiene og brer seg ut videre nedover i skråningen. Snøen er ikke fast nok til at den kan overføre belastningen fra skiløperen til områder utenfor skiene, i motsetning til det som skjer i et flakskred, som vi skal se nedenfor. Løssnøskred blir derfor sjelden farlige for den skiløperen som har utløst skredet.

## Flakskred

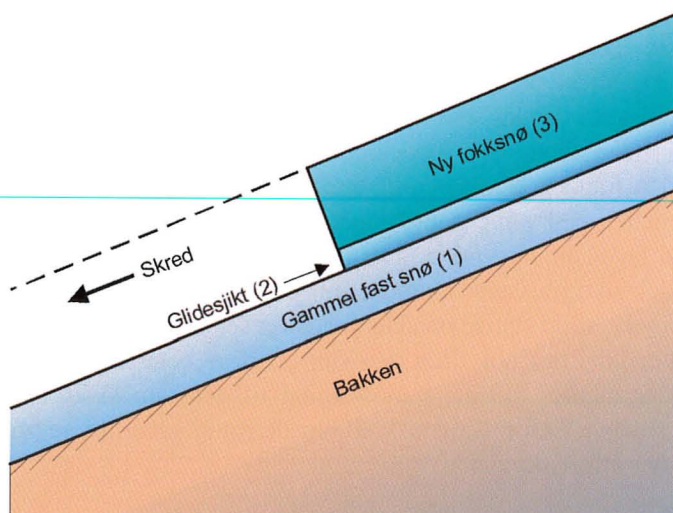
Et flakskred består av et større eller mindre snøflak der all snøen glir ut samtidig. Skredtypen kjennetegnes ved at et snølag (flak) glir ut langs et løsere lag nede i snødekket eller langs bakken. Flakskredene er den skredtypen som blir størst og farligst og praktisk talt alle skred som gjør skader hører til denne typen. La oss studere hvordan snødekket i prinsippet er bygget opp når vi kan vente flakskred. Vi tenker oss for enkelhets skyld at snødekket er delt i tre lag: Gammel snø med stor fasthet nærmest bakken (1), oppå denne snøen ligger et tynt løst lag med liten fasthet (2), og på toppen ligger et lag med ny fokksnø (3), se figur 19.

Dette er en klassisk sammensetning av snødekket i en skredsituasjon. Mektighet, densitet, fasthet og krystalltype til lagene vil selvsagt variere fra situasjon til situasjon, men det gjennomgående prinsipp er at vi alltid finner et fastere snølag øverst som glir ut langs et lag med mindre styrke som kalles glidesjiktet. Under det svake glidesjiktet ligger et lag av fastere snø som kalles glideplanet. I enkelte tilfeller kan bakken være glideplanet.

Når et flakskred utløses oppstår et spontant skjærbrudd i glidesjiktet, (bruddtypen kalles også et progressivt skjærbrudd). Skjærbruddet forplanter seg raskt langs dette sjiktet, med det resultat at et mer eller mindre sammenhengende område av snøen glir ut. Øverst i skråningen der snødekket er godt forankret, skjer det et strekkbrudd, og det dannes en markert bruddkant som står ca. 90° på underlaget.

Lengden av bruddkanten kan variere fra ca. 10 m til over 1 km. Høyden på bruddkanten er som regel mellom ca. 20 cm og 2–3 m.

Vi vet av erfaring at det er en sammenheng mellom tilveksten av nysnø (lag 3 på figur 19) og graden av fare. Jo raskere nysnøen akkumuleres, desto større blir sannsynligheten for skred. Hvis det var slik at balansen i snødekket var



Figur 19. Snødekkets sammensetning i et flakskred



Foto 40. Flakskred



Foto 41. Flakskred.  
(Foto: Tony Salway)



Foto 42. Flakskred

stjrt av ren tørrfriksjon, der friksjonskoeffisienten i det svake laget (lag 2) var konstant og uforandret gjennom snøfallet, skulle vi ikke fått noen skredutløsning, uansett tykkelsen på lag 3. Tyngdekraftens normalkomponent mot glideflaten og dermed friksjonen, ville i så fall øke i samme grad som komponenten parallelt med bakken, slik at balansen ville være uforandret. Årsaken til bruddet må derfor forklares ved andre mekanismer.





Foto 43. Bruddkant, skred på svaberg

Det har vært vanlig å betrakte snø som et materiale der skjærstyrken ( $\tau_s$ ) i lag 2 kan uttrykkes som en kombinasjon av kohesjon og friksjon. For et glideplan parallelt med snøoverflaten har vi da (Coulombs bruddkriterium):

$$\tau_s = c + \rho \cdot g \cdot d \cdot \cos \psi \cdot \operatorname{tg} \phi$$

der

$c$  = kohesjon

$\operatorname{tg} \phi$  = friksjonskoeffisient

$\rho$  = densitet

$g$  = tyngdens akselerasjon

$d$  = tykkelsen på lag 3

$\psi$  = terrenghelning

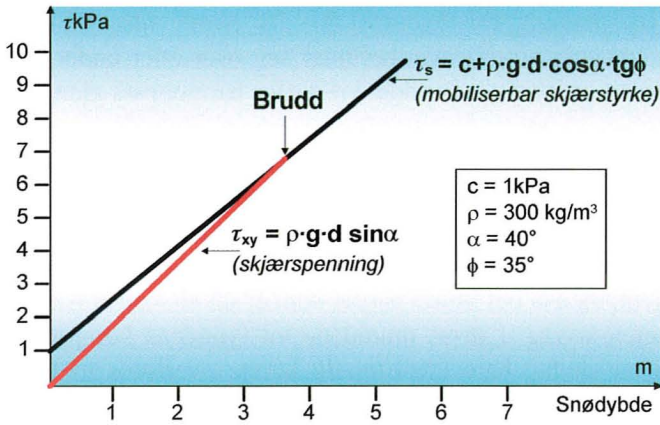
Skjærspenningen ( $\tau_{xy}$ ) i lag 2 som følge av tyngdens virkning på lag 3 kan da skrives som:

$$\tau_{xy} = \rho \cdot g \cdot d \cdot \sin \psi$$

Ut fra en vanlig stabilitetsbetraktning skulle skredet bli utløst når

$$\tau_{xy} = \tau_s$$

slik som vist på figur 20.

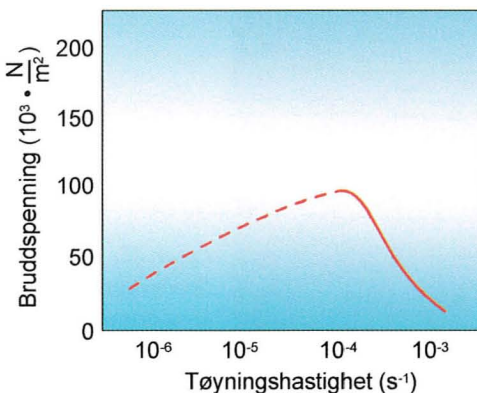


Figur 20.  
Forholdet mellom skjærstyrke og skjærspenning i snølagene

Ved etterregninger av skred som har blitt utløst, og der tykkelsen på lag 3 vanligvis varierer mellom 1 m og 3 m, viser det seg imidlertid å være svært vanskelig å få skjærspenningene til å bli store nok når man benytter tallverdier fra skjærstyrken i det svake laget målt i skred. Ved å anta at skjærspenningene er jevnt fordelt over hele utløsningsområdet, kan man vise at lag 3 i så fall måtte ha tykkelser opp mot 10 m for at skred skulle bli utløst, og dette forekommer så og si aldri i naturen. Vi må derfor ty til andre modeller for å forklare at skredet settes i gang.

I forrige kapittel beskrev vi siget i snøen i hellende terreng. Det er dette snøsiget som sannsynligvis er årsaken til at det går skred, se foto 36 og 37. Snøen kan beskrives som et visko-elastisk materiale. Den reagerer viskøst ved flytning på langsomme påkjenninger og til dels elastisk på raske. Betrakter vi forholdet mellom snøens bruddspenning og tøyningshastigheten, vil vi se at stigende tøyningshastighet gir økende bruddstyrke inntil et visst punkt på kurven hvor bruddspenningen oppnår sin maksimale verdi, slik som vist i figur 21.

For lave tøyningshastigheter opptrer snøen viskøst. Økes tøyningshastigheten utover maksimalverdien for spenningen, ser vi at bruddspenningen faller til inntil 1/10 av sin maksimale verdi, med overgang fra viskøs deformasjon



Figur 21. Forholdet mellom tøyningshastighet og bruddspenning

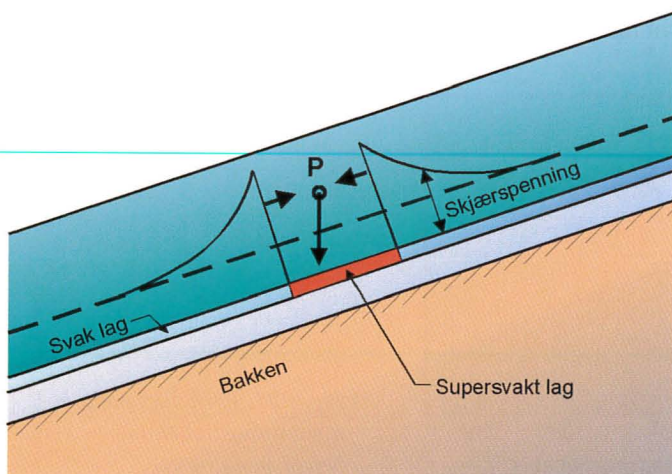
til sprøtt brudd. En viss spenning, for eksempel  $50 \cdot 10^3 \text{ N m}^{-2}$ , fører til, eller fører ikke til brudd, avhengig av om man befinner seg over eller under den kritiske tøyningshastighet på  $10^{-4} \text{ s}^{-1}$ . Bruddet vil derfor bare oppstå gjennom økende tøyningshastighet slik at den kritiske verdien blir overskredet.

Imidlertid viser målinger at deformasjonshastighetene i snødekket i praksis er ca. 10 ganger for lave til at dette alene kan forklare bruddutløsningen. For at det skal oppstå brudd, må det finnes spenningskonsentrasjoner i snøen. Slike spenningskonsentrasjoner kan forekomme hvis vi tenker oss at det svake laget (lag 2) ikke er homogent, men at det finnes partier som er såkalt «supersvake», det vil si tilnærmet uten styrke. I disse områdene vil tyngdens komponent (skjærspenningene) i ett snølag bare ufullstendig kunne overføres til laget under. Figur 22 viser at denne vektcomponenten holdes igjen ved kanten av det «normale» snødekket. På nedsiden blir snølaget understøttet ved et trykk, på oppsiden med et strekk, og på sidene med skjærkrefter. Disse forankringskreftene er årsaken til skjærspenningsfordelingen vist på figuren.

Denne ujevne spenningsfordelingen i snøen er sannsynligvis en viktig årsak til at brudd oppstår og forplanter seg videre. På hver side av det supersvake sjiktet vil vi få brudd som forplanter seg utover når området for spenningskonsentrasjonene har nådd den kritiske deformasjonshastigheten.

For å at brudd skal forekomme i snødekket må det supersvake sjiktet ha en viss utstrekning. Vanligvis er kritisk lengde av dette sjiktet 5–10 m og jo tynnere sjiktet er, desto mindre blir kritisk lengde. (I et 1 mm tykt sjikt vil kritisk lengde være 1/3 av et sjikt på 10 mm). Jo lettere glidesjiktet lar seg deformere (mindre viskositet), desto mindre blir også den kritiske lengden. Videre avtar den kritiske bruddlengden med økende terrenghelning.

Bruddforplantningen fra det lokale initialbruddet og utover i bratthenget kalles et progressivt brudd. Slike progressive brudd skjer kun i materialer som får redusert styrke som følge av deformasjon. I tillegg er det nødvendig at residualstyrken (i lag 2 på figur 19) er lavere enn den initiale skjærspenningen,  $\tau_{xy} = \rho \cdot g \cdot d \cdot \sin \psi$ .



Figur 22.  
Spenningskonsentrasjoner rundt et supersvakt sjikt



Forplantningshastigheten av bruddet skjer med den såkalte «skjærbølgehastigheten» for det aktuelle materialet. Skjærbølgehastigheten øker med materialets stivhet. I tørr snø er det en sammenheng mellom densitet, temperatur og stivhet ved at høy densitet og lav temperatur gir høy stivhet. Stivheten av lag 3 har også betydning for bruddforplantningen ved at større stivhet fører til større utbredelse av bruddet. Økende tykkelse på lag 3 vil ha tilsvarende effekt.

Forklaringen på progressive brudd kan illustreres med en vognrekke som står i en skråning med en fjærbuffer mellom hver vogn, slik at den enkelte vogn kan bevege seg et lite stykke uten at de øvrige følger med. Vognene holdes på plass i skråningen av en hump foran hvert hjul og av en buffer nederst i skråningen.

Hvis en av vognene i rekken blir påført en ekstra belastning som gjør at hjulene på vognen overstiger sin hump, mister denne vognen festet og vekten overføres til vognen nedenfor. Derved får vognen nedenfor tilstrekkelig kraft til å komme over sin hump, og nå overføres belastningen fra disse to vognene til den tredje vognen med dobbelt så stor kraft. Slik forplanter bruddet seg nedover med økende kraft og hastighet, til all belastning overføres til nederst buffer som ryker, og hele rekken av vogner nedenfor initialbruddet settes i bevegelse.

Samtidig vil bruddet forplante seg oppover langs vognrekken fra initialbruddet, fordi støtten fra fjærbufferen i vognen nedenfor fjernes, og fordi det overføres belastning til vognen ovenfor ved et trekk i fjærbufferen. Slik mister også denne vognen festet, og derved forplanter bruddet seg oppover med økende hastighet etter hvert som flere vogner involveres.

Observasjoner av skred som løses ut, viser at bruddforplantningen går meget raskt. En slik progressiv bruddforplantning kan forklare hvorfor bruddet i snøen forplanter seg over store avstander på kort tid ut fra det opprinnelige bruddstedet, slik at hele bratthenget løses ut nærmest samtidig. Selv når den opprinnelige tilleggsbelastningen som utløser bruddet er liten kan skredet bli stort. Effekten av en slik progressiv bruddforplantning er også størst i store utløsningsområder fordi ubalansen mellom de kreftene som trekker nedover og de som holder igjen da er størst.

Undersøkelser av snødekket etter skredulykker og i ustabile situasjoner viser at glidesjiktet vanligvis består av:

- Rim, avsatt på snøoverflaten i kalde vindstille perioder
- Snø som har falt i stille vær, eller under liten vindpåvirkning
- Eldre kornsnø eller begerkrystaller (rennsnø) som har mistet fastheten gjennom oppbyggende metamorfose
- Sprøhagl

Situasjonen kan bli svært ustabil etter en lengre periode med oppholdsvær og vindstille, spesielt hvis det har vært kaldt i denne perioden. Undersøkelser av store skredulykker gjennom mange år, viser at lange kuldeperioder etterfulgt

av intense snøfall kombinert med vind ofte fører til utløsning av uvanlig store skred.

For å kunne bedømme den akutte faren for skred er det nokså avgjørende å kjenne snødekkets lagvise oppbygning, og å identifisere eventuelle glidesjikt. Normalt blir bruddene i snøen ikke dypere enn ca. 1,5–2 m, og ved undersøkelser i felten er det derfor tilstrekkelig å undersøke snødekket ned til denne dybden.

Lang erfaring viser imidlertid at snødekkets sammensetning kan variere mye på korte strekninger. Ikke minst varierer snødekket med eksposisjonen. Snøen i en skråning som ligger i le for vinden vil ha en helt forskjellig sammensetning, enn der vinden blåser inn mot eller parallelt med skråningen. Skråningen som ligger solvendt vil også ha en annen sammensetning av snødekket enn en skråning som ligger i skyggen det meste av vinteren.

Snødekket må derfor undersøkes på lokaliteter som i størst mulig grad er representative for skredets utløsningsområde, både med hensyn til høydenivå, eksposisjon og terrenghelning. Dette lar seg ikke gjøre fullt ut uten at den som foretar undersøkelsen utsetter seg selv for fare, og det er derfor ikke mulig å fastslå nøyaktig hvordan snødekket er bygget opp i utløsningsområdet i en akutt skredsituasjon.

Det finnes neppe noen målemetoder som kan anvendes i felten for å fastslå stabiliteten i snødekket. Alle de metodene som praktiseres i dag krever en viss grad av skjønnsmessig vurdering og lang erfaring hos utøveren. Les mer om dette i kapittel 9.

## Kapittel 6

# Sørpeskred

Sørpeskred er en variant av snøskred der innholdet av vann i snøen er så stort at snøen nærmest blir flytende. Skredtypen har forskjellige lokalnavn, som vassfonn, vassdemme eller dapeskott og lignende.

Sørpeskred kan forekomme alle steder i Norge, men er mest fremtredende i områder med stor lavtrykksaktivitet og mildværsinnslag om vinteren. Kyst- og fjordstrøkene fra Sørvestlandet til Nordland er mest utsatt, men også i Troms og Finnmark går det sørpeskred. På Svalbard har det forekommet sørpeskred som både har ført til tap av menneskeliv og store materielle skader. Sørpeskredene varierer svært i størrelse, fra mindre utglidninger i bekkeløp, til skred med lengder på over 1 km.

Skredene går helst tidlig på vinteren fra oktober til desember. I høyfjellet og i andre områder med sen vår forekommer sørpeskredene helst om våren. Den viktigste årsaken til at sørpeskred blir utløst er sterk tilførsel av vann til snødekket, enten som følge av intenst regn eller av snøsmelting, eller en kombinasjon av begge.

Fjellsider som vender mot vinden er mest utsatt fordi varmetilførselen fra luften her er størst slik at smeltingen blir mest intens, se figur 12 i kapittel 4. I fjellsider som vender mot vinden regner det også mest, og dette øker også



*Foto 44. Sørpeskred på innmark i Sande, Gaular.  
(Foto: P. Askvoll)*

Avisen Harstad Tidende 30. januar 1981: *Måtte måke kjerringa laus inne på kjøkkenet:* Et sørpeskred i Lavangen slo inn i et hus i Lavangen sist onsdag. Skredet kom inn gjennom kjøkkenvinduet og fylte storparten av første etasje med vann og snø. Nei det gikk så fort at jeg ikke rakk å bli redd. Og da jeg skjønnte at huset sto han av, ble jeg rolig. Men jeg måtte måke kjerringa laus. Ho sto som støpt i snøsørpa inne på kjøkkenet, sier Einar Svendsen på Røkenes.



sannsynligheten for sørpeskred. Om våren er det områdene som vender mot sørøst til sørvest som er aktuelle fordi solstrålingen er mest intens her. Fjellsider som vender mot nordvest til nordøst, får minst sol og er derfor mindre utsatt når snøen smelter om våren.

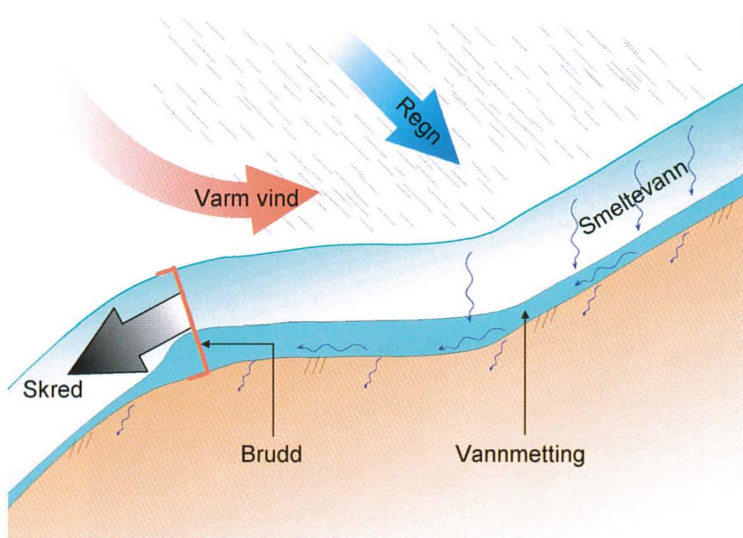
For at sørpeskred skal bli utløst må snødekket helst være løst oppbygget med grove krystaller. Etter lange perioder med kaldt vær og relativt lite snø kan snødekket som tidligere omtalt, omformes til begerkrystaller eller grovkornet løs snø, og da er det gode betingelser for sørpeskred. Nysnø som utsettes for sterk snøsmelting eller regn, kan binde store mengder vann, og når sørpeskred utløses i nysnø blir massen fort flytende i det snøen kommer i bevegelse.

Sørpeskred består hovedsakelig av vannmettede snømasser med stor densitet, og bevegelsen varierer fra laminær væskestrøm til turbulent strømning, avhengig av skredhastigheten, terrenghelningen og ruheten i skredbanen. Bevegelsen er i prinsippet nokså lik den vi finner i ordinære snøskred, se kapittel 7 om skredbevegelse.

Om sørpeskred skriver P.A. Lillebø, Hellesylt i 1949: På Tronstad gjekk vassdemme (sørpeskred) 20. februar 1850. Det hadde lege ei uvanleg stor snøri, og so tok det til med vind og sturtregn, og det bar laust med fonner og vassdemme. Ved Sætreelva tok demma 2 kvernhus, gjekk så mot Tronstadhusa, tok fjøsa, ei matstove og setstova hans Magnus. I stova var det 4 menneske, av dei let ei 3 år gamal gjente livet. Stova vart velt og fylt av snødape. Magnus låg ei stund i den blaute kalde breen og fekk stygge støtar av tømmerstokkar. Kona låg under, men ho var påkledd.

Sørpeskredområder deles inn i utløsningsområde, skredløp og utløpsområde på samme måte som snøskred. Utløsningsområdene finnes som oftest langs bekke- eller elveløp, eller i forsenkninger i terrenget der det samles opp vann. Forsenkningene varierer i størrelse fra mindre skålformer til store botner. I myrområder som drenerer ut gjennom en bekk der utløpet har et bratt fall er også typiske utløsningsområder. Terrenghelningen i utløsningsområdene er ofte lavere enn for snøskred, vanligvis mindre enn 30° og helt ned mot tilnærmet horisontalt terreng. Variasjonene i terrengformer og terrenghelning er stor når det gjelder sørpeskred, og det kan være vanskelig å avgrense utsatte områder.

Grunnforholdene der sørpeskred blir utløst har betydning for hvor ofte de forekommer. Svaberg og bare fjelloverflater, is og frosset grunn er mest utsatt fordi vannet ikke kan dreneres ned i undergrunnen. Når det regner kraftig eller ved sterk snøsmelting øker vanninnholdet i snøen fortere enn avrenningen, med stor sjanse for utløsning av sørpeskred.



Figur 23. Utløsning av sørpeskred, prinsippkisse

Både utløsningsområdet og skredløpet til sørpeskred er som regel et bekk- eller elveløp, eller andre forsenkninger i terrenget. I bekker og elver hender det at sørpeskred blir utløst fordi snøskred har gått ned i løpet høyere oppe og demmet opp dette. Når vannet bryter gjennom demningen kan vannmengdene rive med seg så mye snø at det utvikler seg til sørpeskred.

Utløpsområdene til sørpeskred har også lavere terrenghelning enn områdene der snøskred vanligvis stopper. På grunn av det store vanninnholdet kan sørpeskredene bevege seg i svært slakt terreng, og jo mer vann sørpeskredet inneholder desto lenger ut vil det flyte. Sørpeskred med frie utløp vil normalt nå områder der terrenghelningen er mindre enn  $5^\circ$ . Vinkelen mellom toppen av utløsningsområdet og ytre skredavsetning er derfor lavere for sørpeskred enn for snøskred. Målinger som NGI har utført viser verdier mellom  $3^\circ$  og  $20^\circ$ , med et gjennomsnitt på  $13^\circ$ .



Foto 45. Sørpeskred, utløsningsområde i vannmettet snødekke på myr





*Foto 46. Sørpeskred i Langfjorden i Alta som tok en 50 m lang betongbru over E6. Skredet ble utløst i det slake partiet øverst i fjellsiden*

I Bygdebok fra Norddal kan dette leses om sørpeskred i 1850: I 1850 gjekk ei dapefonn gjennom Rønneberggarden. Ho tok med seg smia i Vielsgarden, og Steffen Ingebrigtsson vart sopa med ned på Bringebær-røysa. Der låg han død. Slike fonner kan gjeve stor fart, jamvel om hallet er nokså lite, avdi snøen blir pressa fram av vatn. Vassfonnene og dapefonnene går helst før jul, når det har kome mykje snø, og så kjem mildver etterpå.



# Skredbevegelse

Når et flakskred løsner skjer det et nærmest spontant brudd over et større område slik at betydelige snømengder settes i bevegelse samtidig. Kunnskap om selve skredbevegelsen, det vil si hvilke hastigheter, rekkevidde og trykkvirkninger et skred kan oppnå er viktig for å vurdere graden av faren i terrenget og for å kunne dimensjonere sikringstiltak eller andre konstruksjoner som skal stå i mot skredbelastningen.

Et snøskred i bevegelse er en komplisert og sammensatt prosess. Til å begynne med glir skredmassene som blokker på underlaget, etter hvert som farten øker knuses blokkene opp i mindre biter som ruller, glir og hopper. Når snøen er tørr virvles det snøstøv opp i luften som sees som en hvit sky. Ut fra denne sammensatte bevegelsesformen kan vi si at skredet dels oppfører seg som et fast stoff, dels som en væskestrøm og dels som en gass i bevegelse.

De fysiske prosessene som foregår i et skred, det vil si hvordan skredmassene glir, hopper, ruller, graden av turbulens og hvilke friksjonsforhold som gjelder, er ikke fullt ut forstått. Det er utviklet flere teoretiske modeller for å beskrive skredbevegelsen, men ingen av dem kan beregne skredets bevegelse i detalj fra start til stopp. Gjennom mange års forskning er det likevel utviklet dynamiske og statistiske modeller som langt på vei beskriver skredbevegelsen, og med god tilnærming går det an å beregne hastigheter, trykkvirkninger og rekkevidde til skredmassene.

Når flakskredet har kommet i gang, er bevegelsen først preget av glidning, flaket glir på glideplanet av eldre snø, og brytes etter hvert opp i større eller mindre blokker avhengig av snøens fasthet og underlagets beskaffenhet. I mindre skred der fallhøyden er under 10–20 m, er denne glidende bevegelsen dominerende, og når skredet stanser består massene av større eller mindre kantete blokker, avhengig av snøens fasthet. I større skred der massene beveger seg nedover en bratt fjellside, øker hastigheten raskt og snøen blir mer og mer pulverisert. Bevegelsen går over fra å være glidende til å bli stadig mer uryddig, det vil si at snøpartiklene beveger seg både ved rulling og hopping, i tillegg til ren glidning. For tørre skredmasser er denne tendensen til uordnet bevegelse størst. Våte skredmasser vil normalt holde lenger på glidefasen.

Målinger og observasjoner av store skred har vist at skredet består av flere lag. Nærmest bakken flyter de tyngste skredmassene i et lag med opp til 3–5 m tykkelse i en rullende og glidende bevegelse. Over dette laget er bevegelsen til snøpartiklene hoppende og sprettende. I dette såkalte saltasjonslaget er avstanden mellom snøpartiklene større. Høyden på saltasjonslaget er noen få meter, men avhenger mye av skredets hastighet og snømassenes konsistens.

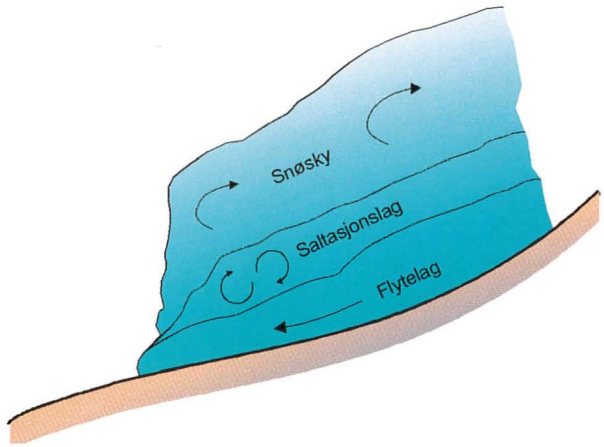
Når skredet består av tørr snø, dannes det etter hvert en snøsky som følger skredet. Snøskynen dominerer skredets utseende, og det er bare den vi ser når



Foto 47, 48, 49.  
*Snøskred i bevegelse*  
– i tre stadier.  
(Foto: Ross Gregg)

et stort skred farer nedover fjellsiden. Skyen dannes kontinuerlig av skredet og den består som navnet sier av en sky med snøstøv, eller rettere sagt av snøkrystaller, se foto 50–53. Der skredbanen er bratt vil skredet bevege seg mer eller mindre i fritt fall, og så og si hele skredet utgjøres av snøskyen.





Figur 24. Snøskred-bevegelse, prinsippkisse



Foto 50, 51, 52.  
Snøskred i Ryggfonna, Grasdalen, Stryn – også i tre stadier





*Foto 53. Snøskyen fra Napefonn i Oppstryn går over Strynefjellsveien*

Det normale er imidlertid at snøskyen og skredmassene langs bakken følger hverandre ned mot dalbunnen. Der terrenget blir slakere bremses de tunge massene langs bakken først. Snøskyen har mindre friksjon mot underlaget og bremses langsommere. Skyen kan derfor fortsette over lange strekninger med stor fart og kraft etter at skredmassene som følger bakken har stoppet. Selv om skredet stopper ved fjellfoten i overgangen til dalbunnen, hender det at snøskyen krysser brede dalfører på flere hundre meter, eller går tvers over fjorder og vann, og opp i motsatt fjellside med stor kraft.

Snee-Fond er to Slags, nemlig Meel-Fond, som bestaaer af løs Sne og falder ned af Fieldene, naar Sneen nedkastes i altfor stor Mengde paa een Gang; og Kram-Fond, som bestaaer af vaad og tilpakket Sne og falder ned, naar Sneen ved et hastigt paakommende Tøveir løsnes i Fielden. Begge ere farlige, men den første langt farligere end den sidste, efterdi Meelfonden falder ned som i et Øieblik, og vælter strax Huse og Baade om ved den hæftige Vind, som den fører med sig; i Stæden for at Kramfonden gaaer ganske langsomt ned ad Field-siden og standser ofte underveis formedelst den haarde Sne, som fæster sig til den paa alle Sider, fører og desuden et Stærkt Brag med sig, saa den af Mennesker i tide kan fornæmmes og undflyes. Men derimod følger med Kranfonden desto større Skade paa Ager og Eng, saasom der altid med den optøede Sne løsnes store Stene i Fieldet, som let kan forvandle den beste Gaard til en Steen-Dynge, naar Meelfonden alene løber oven paa, uden at efterlade sig fiendelige Spor i Marken. Fra: Hans Strøm, «Søndmørs Beskrivelse», 1755

# Trykkvirkninger av skred

Trykkvirkningen fra snøskred kan bli betydelig. De største trykkene får vi sentralt i skredet i de massene som følger bakken. Trykket i skredmassene avhenger både av hastigheten og av densiteten. Grovt sett regner man at trykket er proporsjonalt med densiteten multiplisert med kvadratet av hastigheten. Trykket ( $P$ ) mot en vegg som står vinkelrett på skredet kan forenklet uttrykkes ved:

$$P = \rho \cdot v^2 \text{ (Pa)}$$

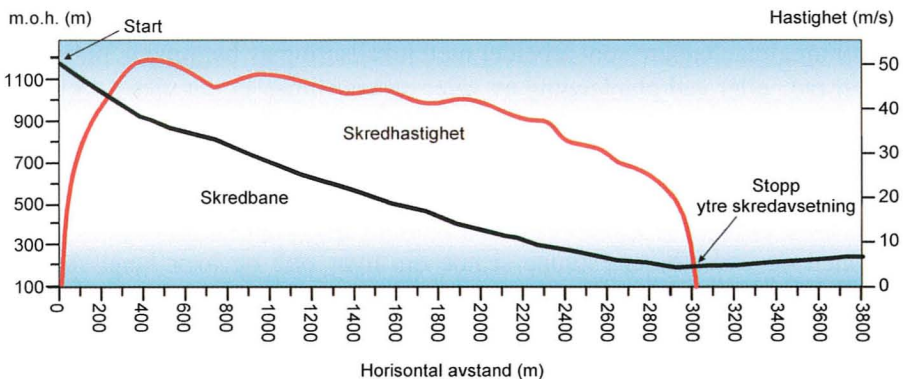
Der  $\rho$  er snøskredets densitet i  $\text{kg/m}^3$ , og  $v$  er skredets hastighet i  $\text{m/s}$ . Trykket er oppgitt i Pascal (Pa).  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ kg/ms}^2$

Etter denne ligningen betyr variasjon av hastigheten derfor mer enn variasjon av densiteten for trykkvirkningen fra et skred. Målinger fra store skred i Norge har vist at trykket i skredmassene kan gå opp i  $1000 \text{ kPa}$ , det vil si ca.  $100 \text{ tonn/m}^2$ , noe som tilsvarer trykket fra  $100 \text{ tonn snø per m}^2$ .

Trykket er størst nær fronten av skredet, men det varierer sterkt etter som skredet passerer og avtar gradvis mot de bakre delene. (Nærmere beskrivelse av trykkvirkningen finner du i kapittel 14 om sikringstiltak.)

Når skredene blir spesielt store og hurtige kan det også forekomme trykkvirkninger foran selve skredet. Slike trykkvirkninger kommer av at skredet fortrenger luft med samme fart som skredet beveger seg. Denne luften skyves foran skredet som en trykkbølge og kan oppleves som et kraftig støt like foran skredet.

Trykket både i snøskynen og i luften foran skredet er mindre enn i de tunge skredmassene som følger bakken, fordi densiteten (tettheten) er vesentlig mindre. Densiteten i selve skredsnøen er vanligvis mellom  $200$  og  $400 \text{ kg/m}^3$  i tørre skred, i snøskynen  $2\text{--}10 \text{ kg/m}^3$ . I våte skred er densiteten fra  $500$  til  $700 \text{ kg/m}^3$ .



Figur 25. Hastighetsprofil av skred lagt inn på terrengprofilen av skredbanen

Selv om trykket fra snøskyen er mindre enn i de faste skredmassene, kan likevel trykkreftene i snøskyen være betydelige. Spesielt store trykk kan forekomme når tunge skredmasser fra en bratt fjellside slår ned på en flat dalbunn, eller går inn mot en markert motbakke. Da komprimeres luften foran og inne i skredet og presses ut med stor kraft. Lokalt kan det i slike tilfeller forårsakes trykk som kan være ødeleggende for hus, kraftlinjer og skog. Mange skredskader skyldes slike effekter. Denne type virkninger er imidlertid vanskelig å forutsi både med hensyn til størrelse og utbredelse.

De aller fleste «normale» konstruksjoner blir ødelagt når de treffes av skred. Et vanlig bolighus tåler neppe et trykk som er særlig større enn 10 kPa, tilsvarende trykket fra 1 tonn snø per m<sup>2</sup> og det skal ikke store skredet til før belastningen overstiger dette nivået, se tabell 4.

Tabell 4. Skredhastighet, belastning og virkning

Skredhastighet (m/s)	Belastning ( $\rho = 200 \text{ kg/m}^3$ )	Virkning
2	1 kPa	Vinduer knuses
5	5 kPa	Dører trykkes inn
7–12	10–30 kPa	Husvegger av tre trykkes inn

I en skråning med 30° helning vil et skred med «middels» friksjon ha oppnådd en hastighet på 8 m/s allerede ca. 10 m etter start, og 11 m/s etter ca. 17 m. Virkningen på et normalt bolighus vil derfor kunne bli omfattende selv for mindre skred.

## Utløpsdistanse

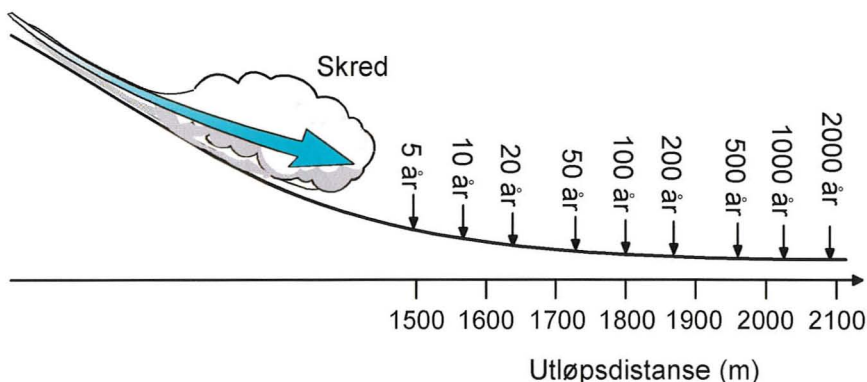
Hvilken rekkevidde eller utløpsdistanse et snøskred kan få, har vært et av de viktigste emner å finne svar på når det gjelder skredfare. For skiløpere er skredenes utløpsdistanse ikke så viktig fordi skiløpere som utsettes for skred som regel løser ut skredene selv når de befinner seg i utløsningsområdet. Det er svært sjelden at et skred som er utløst av naturlige årsaker, det vil si av værpåvirkning, treffer skiløpere på tur i dalbunnen i utløpsområdet.

For arealplanleggere som arbeider med lokalisering av bygninger, boligfelt, skoler etc., eller ved planlegging av veier og kraftlinjer, er det viktig å kjenne til hvor langt et snøskred kan gå dersom det først løsner.

Tradisjonelt har utløpsdistansen vært anslått ut fra historiske beretninger om hvor langt det enkelte skred har gått. I mange bygder er dette godt kjent blant folk. I tillegg til denne historiske dokumentasjonen vil også spor i vegetasjonen og i løsmassene kunne si noe om hvor ofte og hvor langt skredet pleier å gå.

Av og til går skredene spesielt langt som følge av uvanlige snø- og værforhold, og de kan da gå lenger enn det som tidligere er kjent. I denne forbindelse er det viktig å kjenne til at snøskredene i forskjellige skredbaner opptrer





Figur 26. Forholdet mellom utløpsdistanse og skredfrekvens

med forskjellig hyppighet (frekvens). I noen skredbaner går det skred hvert år, i andre skredbaner kan det gå flere tiår mellom hver gang skred blir utløst. Jo lenger ut i skredbanen (utløpsområdet) vi kommer desto mindre er sannsynligheten for å bli truffet av skredet. Når det gjelder arbeidsplasser og bygninger der folk bor eller vanligvis oppholder seg sier loven at sannsynligheten for å bli truffet av skred skal være mindre enn 1/1000 per år.

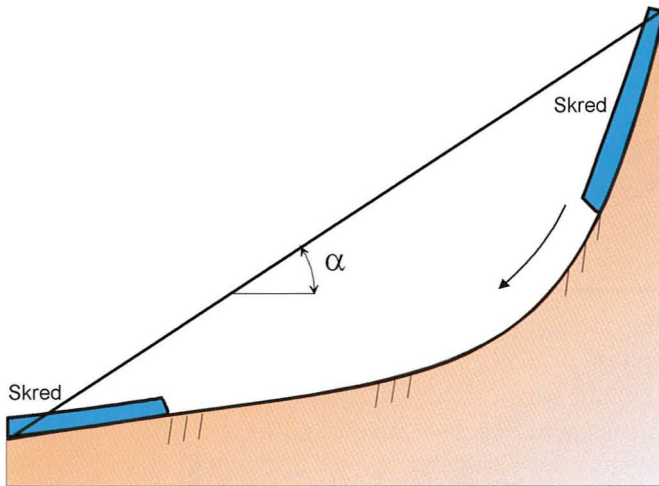
For å finne ut hvor langt skredet kan tenkes å gå må vi helst skaffe oss kunnskap om tidligere skred i det aktuelle området og vi må benytte beregningsmodeller for utløpsdistansen.

## Topografisk/statistisk modell

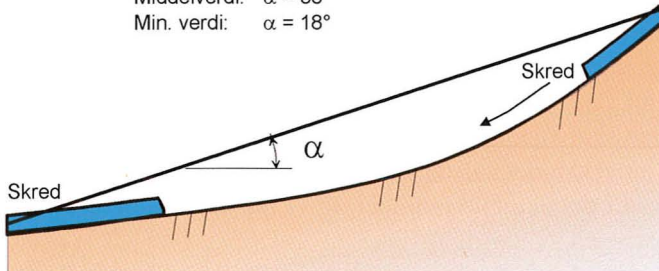
I Norge har NGI gjennom mange år kartlagt og registrert flere hundre store snøskred. Det finnes lange tradisjoner i fjordbygdene på Vestlandet og i Nord-Norge når det gjelder kunnskap om snøskred, både når de går, og hvilken rekkevidde de har hatt gjennom tidene. Hensikten med å kartlegge og registrere skred i sin største kjente rekkevidde er å finne ut av hvilke terrengformer som har betydning for rekkevidden (utløpsdistansen). Hvordan ser løsneområdene ut med hensyn til helningsvinkel og utforming, hvordan er skredløpets fasong, og hvordan påvirker disse terrengformene utløpsdistansen?

Ved å analysere denne informasjonen med statistiske metoder har det vært mulig å finne ut av hvilke terrengformer som har størst betydning for skredenes utløpsdistanse og å lage statistiske modeller som kan forutsi utløpsdistansen. Etter å ha undersøkt 850 skredbaner er ca. 200 skred plukket ut for statistisk behandling. Disse skredene har sitt utløp i åpent terreng i dalbunner der ingen større terrengformasjoner hindrer utbredelsen.

I denne beregningsmetoden beskrives utløpsdistansen til skredene ved hjelp av vinkelen  $\alpha$  mellom skredets ytterste avsetning og øvre begrensning av skredets utløsningsområde i fjellsiden slik som vist på figur 27.



Middelverdi:  $\alpha = 33^\circ$   
 Min. verdi:  $\alpha = 18^\circ$



Figur 27. Rekkevidde av skred ved hjelp av vinkelen  $\alpha$

Dersom man rangerer de undersøkte skredene etter  $\alpha$ -vinkel får vi følgende fordeling som vist i tabell 5.

Tabell 5.

$\alpha$ (°)	Prosent av total
<20	2
21–25	12
26–30	24
31–35	27
36–40	22
>41	13

Middelverdien for  $\alpha$  er  $33^\circ$ , minste verdi  $18^\circ$ , største verdi  $50^\circ$ . Dette er interessante resultater, som viser at enkelte snøskred kan nå langt, helt ned til  $18^\circ$  fall, men at de fleste snøskred stopper med større  $\alpha$ -vinkel enn  $25^\circ$ . Nå er det åpenbart at skal vi benytte  $\alpha = 18^\circ$  som yttergrense for all skredrekkevidde, ville det bli en konservativ beregningsmodell, slik at boligfelt, anleggssteder, veier og lignende neppe fikk plass i trange vestlandsdalfører.

Nå viser det seg at skredløpets generelle helning har betydning for utløpsdistansten, ved at skred som går i bratte baner som regel stopper nær inntil fjellfoten, mens skred i slake baner går langt.

En forklaring på hvorfor slake skredbaner gir lengst rekkevidde er at skredet her beveger seg på et plan som akkurat er bratt nok til at bevegelsen opprettholdes. Derved blir luftmotstanden og friksjonstapet på grunn av turbulens minimalt. Dette er energitap som ikke kan gjenvinnes, og som er størst i en bratt skredbane. En bratt skredbane vil også ha en markert overgang til dalbunnen, med liten krumningsradius,  $R$ . Friksjonskraften er proporsjonal med  $v^2/R$ , der  $v$  er skredets hastighet, det vil si at en brå overgang mellom fjellside og dalbunn vil føre til et stort tap av energi og derfor kortere rekkevidde, se figur 27.

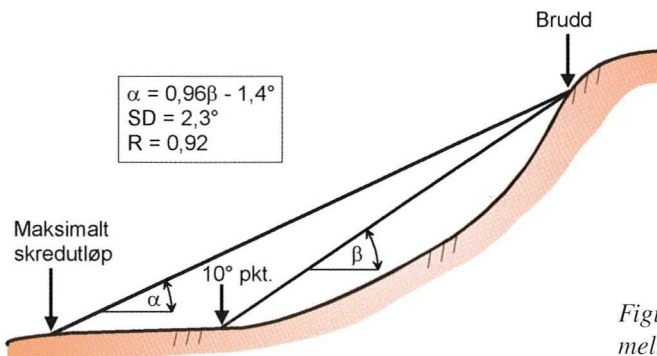
Et annet forhold som fører til lang rekkevidde er at slake skredbaner inneholder mer snø enn bratte, både i utløsningsområdet og i skredløpet. I slake utløsningsområder trengs det mer snø enn i bratte før skredet utløses, noe som fører til at skredene fra slake utløsningsområder gjerne blir større enn fra bratte. Underveis i skredløpet vokser skredet i volum ved at snøen nedover i fjellsiden dras med i skredet. På denne måten kan skredet øke sitt opprinnelige volum flere ganger. Store snø- og skredvolum fører igjen til større hastighet og rekkevidde. Der fjellsidene er bratte er det tendens til at snøen avlagres i mindre mengder og volumøkningen blir mindre utpreget.

For å beskrive «brattheten» i skredløpet er det benyttet en vinkel  $\beta$ , som angir helningen til siktelinjen mellom skredets startpunkt og det punktet i skredbanen der terrenghelningen er  $10^\circ$ . Denne vinkelen kan bestemmes ut fra målinger på kart eller i terrenget. Det såkalte  $10^\circ$ -punktet er valgt fordi denne helningen ser ut til å representere den vinkelen der tørre skred starter oppbremsningen, og herfra og ut mot slakere terreng vil skredene bremses opp og stoppe, se figur 28.

Ved å analysere sammenhengen mellom  $\alpha$  og  $\beta$  ved hjelp av statistiske metoder for ca. 200 skred er det funnet et enkelt forhold mellom dem:

$$\alpha = 0,96 \beta - 1,4^\circ$$

Standardavvik,  $S = 2,3^\circ$ , korrelasjonskoeffisient,  $R = 0,92$



Figur 28. Forholdet mellom  $\alpha$  og  $\beta$



Dette er en forbausende god sammenheng, basert på et svært enkelt forhold. Den fysiske sammenheng mellom  $\alpha$  og  $\beta$  er kanskje vanskelig å fastslå, men modellen representerer likevel virkeligheten ved at skred som har inntruffet er sammenholdt med objektive terrengforhold som er enkle å måle. Denne enkle statistiske/topografiske modellen er derfor mye benyttet til å beregne rekkevidden av skred.

## Bruk av flere parametre ved den topografiske modellen

Andre topografiske faktorer i skredbanen har også betydning for skredets rekkevidde, blant annet:

- Vinkelen i løsneområdet,  $\theta$
- Total fallhøyde av skredet,  $H$
- Skredbanens krumning,  $y''$

Vinkelen i løsneområdet,  $\theta$ , ble ansett som viktig ut fra det som er sagt tidligere: Relativt liten terrenghelning vil akkumulere mye snø før et brudd inntreffer, og omvendt med en bratt terrenghelning. Total fallhøyde,  $H$ , ble antatt å være av betydning fordi fallhøyden sier noe om skredets størrelse.

Ved å tilnærme hver skredbane til en parabel får man et mål for skredbanens form og krumning. De aller fleste skredbanene ligner på en parabel, og den best tilpassede parabelfunksjonen av formen  $y = ax^2 + bx + c$  blir beregnet for hvert skred. Den annen deriverte,  $y'' = 2a$ , er en konstant som angir endringen i brattheten til kurven, og gir derved et mål for krumningen.

Graden av innsnevring i skredbanen ble undersøkt fordi innsnevringen kan ha betydning for hastigheten og rekkevidden av skredet ut fra hydrauliske analogier. Et skred med stor bredde i utløsningsområdet som presses inn i en trang kanal, skulle etter dette få en økt flyte høyde og derved økt hastighet. Graden av innsnevring blir beskrevet med faktorene:

- Maksimum bredde av utløsningsområdet  $R_{\text{maks}}$
- Minimum bredde av skredløpet  $T_{\text{min}}$
- Maksimum bredde av utløpsområdet  $D_{\text{maks}}$

Ut fra topografien i hver enkelt skredbane ble skredets rekkevidde,  $\alpha$ , uttrykt som en funksjon av følgende parametre:

$$\alpha = f[\beta, H, y'', \theta, R_{\text{maks}}, T_{\text{min}}, D_{\text{maks}}]$$

Til sammen 26 kombinasjoner av disse parametrene er undersøkt ved multipl regressjonsanalyse, med følgende uttrykk for skredets maksimale rekkevidde:

$$\alpha = 0,92 \beta - 7,9 \cdot 10^{-4} [H] + 2,4 \cdot 10^{-2} [H]y'' \theta + 0,04$$

$$S = 2,28^\circ \quad R = 0,92$$

Økningen i nøyaktighet er ikke stor ved innføring av flere parametre, dette viser at  $\beta$  er den dominerende variabelen i modellen. Parametrene R, T, og D, som beskriver breddeforholdene i skredbanen, har merkelig nok ikke betydning for utløpsdistansen.

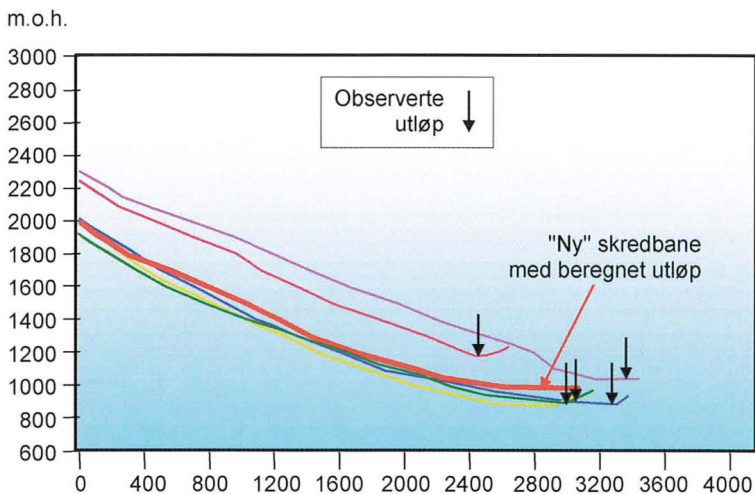
Fortsatt er usikkerheten i spådommen av skredrekkevidden relativt stor, for et middels skred med fallhøyde 1000 m og med  $\alpha$ -verdi på 25°, er standardavviket 80–90 m. Der det er god plass i dalbunnen, og det ikke er økonomiske interesser til stede, kan denne graden av nøyaktighet være god nok, men for mange formål er usikkerheten for stor. Her må beregningsmodellen suppleres med subjektivt skjønn og alternative beregningsmetoder.

Den topografiske/statistiske modellen NGI utarbeidet var en ny måte å betrakte problemet med utløpsdistanse på som etter hvert er blitt anvendt blant annet i Canada, USA, Island, Østerrike og Japan.

## Sammenligning av skredbaneprofiler

Basert på skredene som inngår i den topografiske modellen, har NGI også utviklet en metode for beregning av utløpsdistanse ved å sammenligne skredbaner med likest mulig baneprofil.

Ved å kombinere de topografiske parametrene som benyttes i den topografiske modellen, søkes de skredbanene i registeret av 200 skred som har profiler mest lik det profilet der skredutløpet skal beregnes. Søkingen etter mest like profiler foregår på datamaskin, og profilene tegnes automatisk ut. Registrert utløp på de profilene som ligner mest sammenlignes med beregnet utløp på det profilet der skredutløpet skal bestemmes (se figur 29). På denne måten innsnevres usikkerheten i utløpsberegningene ytterligere.



Figur 29. Sammenligning av skredbaner

## Dynamiske beregningsmodeller

De første modellene ble utviklet i Sveits basert på generell hydraulisk teori, det vil si man brukte matematiske ligninger som beskriver en åpen kanalstrøm og anvendte disse for snøskred.

Selv om slike hydraulisk baserte modeller er mye benyttet, har de også sine åpenbare svakheter. For at modellene skal kunne brukes, må vi kjenne verdiene for blant annet snøens friksjonsegenskaper og skredets flyte høyde. Disse parametrene har vist seg vanskelige å fastslå. Et snøskred er en komplisert fysisk prosess, en strøm av partikler som dels oppfører seg som et fast stoff, dels som væske, og dels som en gass. Hastigheten er stor, trykkvirkningene er også store, i det hele tatt er det komplisert og kostbart å avlure snøskredene deres hemmeligheter. De matematiske ligningene som benyttes for å beskrive skredbevegelsen inneholder flere ukjente ledd. I en væskestrøm vil den turbulente friksjonen blant annet være avhengig av hastigheten til skredet, noe som i seg selv er vanskelig og tidkrevende å få målt under realistiske forhold. I tillegg vil de parametrene som inngår i modellene variere i verdi ettersom skredet beveger seg nedover i skredbanen, noe som kompliserer beregningsmetodene ytterligere.

I dag finnes det flere titalls beregningsmodeller for skredbevegelsen. De siste som er utviklet er tre-dimensjonale numeriske modeller der skredets bevegelse vises på et digitalt terreng på en dataskjerm og hvor bevegelsen beregnes i tre dimensjoner: på langs og på tvers av hovedbevegelsesretningen, samt i vertikalplanet (skredets flyte høyde over bakken). Disse modellene kan for eksempel beregne hvordan skredet beveger seg i et svingete skredløp og hvordan skredmassene oppfører seg når de treffer en hindring som en sikringsvoll etc.



## Voellmys modell

Den mest kjente beregningsmetoden for hastighet og rekkevidde ble utviklet i Sveits og kalles Voellmys modell. Modellen har sin basis fra hydraulisk teori, spesielt fra teorien for åpen kanalstrømning. Men fordi et skred også består av klumper og snøblokker, benyttes to friksjonsledd, ett for Coulomb friksjon («tørrfriksjon»), og ett for hastighetsavhengig friksjon («våtfriksjon»). Skredhastigheten  $v$ , uttrykkes ved ligningene:

$$\frac{dv}{dt} = g (\sin \psi_0 - \mu \cos \psi_0) - \frac{g}{h\xi} v^2$$

der:

- $h$  = skredets flyte høyde
- $\xi$  = relativ terrengruhet og hastighetsavhengig friksjon
- $\psi_0$  = terrenghelning i skredbanen
- $\mu$  = friksjonskoeffisient (Coulomb-friksjon)

Dette gir:

$$v_{max} = [\xi \cdot h (\sin \psi_0 - \mu \cos \psi_0)]^{1/2}$$

Skredets utløpsdistanse ( $S$ ) beregnes fra det punkt i skredbanen der terrenghelningen blir så liten at skredet begynner å miste hastighet. Dette gir:

$$S = \frac{v^2}{2g(\mu \cos \psi_1 - \sin \psi_1) + \frac{v^2 g}{\xi h_a}}$$

der:

- $\psi_1$  = terrenghelning i utløpsområdet
- $h_a$  = høyden på avlagret snø i utløpsområdet

Selv om Voellmys modell er mye benyttet, har den også sine svakheter. For at den skal kunne brukes, må vi selvsagt kjenne verdiene til de enkelte parametrene som inngår, og disse er vanskelige å måle i praksis. Selv små endringer fører til store variasjoner i hastighet og i utløpsdistanse. For et «normalt stort» skred vil for eksempel 20 cm økning i flyte høyden,  $h$ , kunne gi skredet ca. 200 m lengre rekkevidde. Dette illustrerer hvor følsom modellen er for variasjoner i inngangsparametrene.

Det sier seg selv at skal en slik modell kunne benyttes til å fastlegge grensene for et boligfelt, da må man virkelig kjenne i detalj hvordan verdiene for  $\mu$ ,  $\xi$ , og  $h$  varierer. For at modellen skal kunne anvendes må den derfor kalibreres mot virkelige skred.

## PCM-modellen

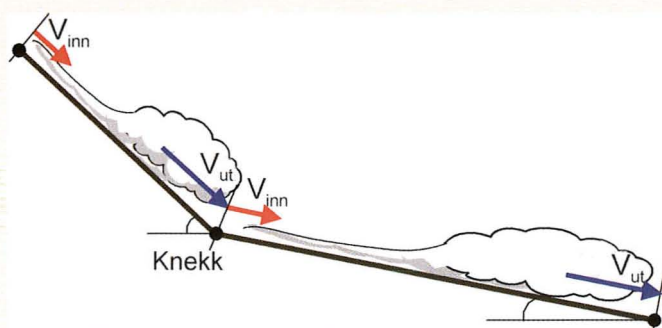
I 1980 ble den såkalte PCM-modellen introdusert. Dette er en to-parametermodell som beskriver bevegelsen av et massepunkt, basert på følgende differensialligning for bevegelsen:

$$\frac{1}{2} \frac{dv^2}{ds} = g (\sin \psi - \mu \cos \psi) - \frac{D}{M} v^2$$

der uttrykket for maksimalhastigheten ( $V_t$ ) blir:

$$V_t = \left[ \frac{Mg}{D} (\sin \psi - \mu \cos \psi) \right]^{1/2}$$

der  $M$  er skredets masse,  $\psi$  er terrenghelning,  $\mu$  er tørrfriksjonskoeffisienten,  $D$  er koeffisient for dynamisk motstand (drag). I prinsippet er Voellmys modell og PCM-modellen like, men i PCM-modellen blir ligningene løst numerisk, ved å dele hele skredbanen i korte segmenter der  $\psi$  er konstant. Hvert segment gis en vinkel  $\psi_i$ , en lengde  $L_i$ , en friksjonsverdi  $\mu_i$ , og en masse/drag verdi  $(M/D)_i$ . Skredhastigheten blir beregnet for hvert segment nedover hele skredbanen, med korreksjon for energitap i overgangen mellom hvert segment, se figur 30.



Figur 30. PCM-modellen

Modellen, som ble utviklet i Canada har senere blitt testet mot ca. 200 store skred i Norge. En slik statistisk test er nødvendig å gjennomføre for å finne egnede tallverdier for friksjonsparametrene  $\mu$  og  $M/D$ . Som for Voellmys modell er vi avhengige av et empirisk grunnlag for at modellen skal kunne brukes.

## Dynamisk beregningsmodell utviklet i Norge

I 1986 ble den såkalte NIS-modellen utviklet ved NGI. Denne modellen beskriver snøskredet som et deformerbart legeme der hastighet og flyte-høyde varierer i tid og rom. Snøen utgjør et granulært, visko-plastisk materiale med dispersivt trykk (normalspenningen i skredet avhenger av tøyningssraten) som former en skjærstrøm med eller uten en slip-hastighet langs bakken. Skredbanen har varierende helning som gir opphav til sentrifugalkrefter. Modellen er en-dimensjonal siden ligningene vertikalmidles over et hastighetsprofil som er antatt å være identisk i form med et tilsvarende stasjonært profil. De resulterende ligningene for balanse av masse og bevegelsesmengde løses ved hjelp av et numerisk beregningsprogram. De viktigste parametrene i modellen er:

- Skredets bruddhøyde
- Skredets lengde
- Friksjonskoeffisient
- Skjærviskositet

Modellen benytter følgende uttrykk for normalspenningene:

$$\sigma_x = p_e + p_u - \rho (v_1 - v_2) \left( \frac{dv_x(y)}{dy} \right)^r$$

$$\sigma_y = p_e + p_u + \rho v_2 \left( \frac{dv_x(y)}{dy} \right)^r$$

der

$\sigma_x, \sigma_y$  = normalspenninger parallelt med, og vinkelrett på underlaget

$p_e$  = effektivtrykk

$p_u$  = poretrykk

$\rho$  = densiteten til skredet

$v_1, v_2$  = normalspenningsviskositeter

$v$  = hastighet parallelt med underlaget

Ligningen viser at normalspenningene består av tre ledd: Effektivtrykket, poretrykket og det dispersive trykket. Effektivtrykket representerer den delen av normalspenningen som overføres gjennom kornskjelettet. Poretrykket er lufttrykket i de åpne porene i kornskjelettet. Det dispersive trykket avhenger av hastighetsgradienten (tøyningssraten) i skredmassene, og representerer den viskøse delen av skredet. Dette trykket skyldes at partiklene opptar større plass under skredbevegelsen enn ved tetteste kulelagring. Denne volumøkningen øker med hastigheten.



Videre benyttes følgende uttrykk for skjærspenningen:

$$\tau_{xy} = c + \mu p_e + \rho m \left( \frac{dv_x(y)}{dy} \right)^r$$

der:

$c$  = kohesjon

$\mu$  = friksjonskoeffisient

$m$  = skjærspenningsviskositet

Den samlede skjærspenningen ( $\tau_{xy}$ ) er antatt å bestå av den trykkuavhengige skjærspenningen (vanligvis kalt kohesjonen), Coulomb-friksjonen og det dynamiske skjæret. Kohesjonen skyldes sintring og overflatespenninger mellom snøpartiklene, og er først og fremst avhengig av partikkelfuktighet og det relative kontaktarealet. For tørre skred antas det at kohesjonen har liten betydning. Coulomb-friksjonen er produktet av effektivtrykket og friksjonskoeffisienten, som igjen er gitt ved tangens til friksjonsvinkelen. Friksjonsvinkelen for snø er først og fremst avhengig av krystallformen. Den varierer innen vide grenser, for sfæriske krystaller er den ca.  $35^\circ$ , for nysnø helt opp i  $90^\circ$ . Det dynamiske skjæret avhenger av hastighetsgradienten i skredmassene.

Til forskjell fra PCM-modellen tar denne skredmodellen hensyn til flere av skredets fysiske egenskaper:

- Skredets tykkelse og lengde
- Fysiske egenskaper ved skredsnøen
- Deformasjon av skredet

Slik sett er det en bedre modell enn PCM-modellen, som kun beskriver bevegelsen av et massepunkt.

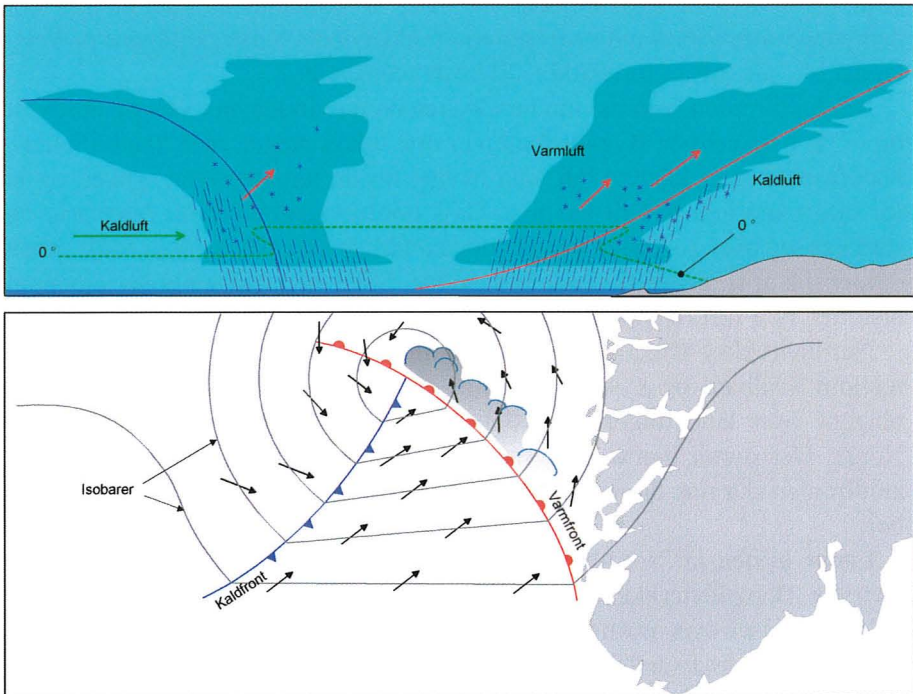
Modellen er testet mot virkelige skred på samme måte som PCM-modellen ved å variere parameterverdiene slik at utløp beregnet med NIS-modellen gir størst mulig overenstemmelse med de observerte verdiene.

Resultatet av den statistiske testen gir et standardavvik for beregnet utløp på  $S = 3,1^\circ$  og en korrelasjonskoeffisient på  $R = 0,87$ . Dette er en forbedring i forhold til PCM-modellen, men noe svakere enn for den topografiske modellen.

# Klimatiske trekk ved norske vinterforhold

Det meste av nedbøren i Norge kommer med fuktige luftmasser fra Atlanterhavet, både om sommeren og vinteren. Der denne fuktige og relativt varme Atlanterhavsluften møter kaldere polarluft får vi en frontzone, polarfronten, og i dette grenseskillet dannes lavtrykk og nedbør. Disse lavtrykkene beveger seg inn mot Norge først og fremst fra sør, sørvest og vest. Lavtrykksystemene består i hovedtrekk av to fronter, en varmfront, og en kaldfront som danner en innbuktning i polarfronten, se figur 31. I det lavtrykket dannes er innbuktningen liten, men den øker gradvis etter hvert som lavtrykket utvikler seg.

Varmfronten ligger foran og kaldfronten bak. Som regel tar kaldfronten igjen varmfronten og vi får da en såkalt okklusjon. Lavtrykksenteret ligger i overgangen mellom kaldluften og varmluften. På den nordlige halvkule blåser vinden rundt lavtrykksenteret i retning mot urviseren. Luftmassene beveger seg fra områder med høyere trykk til områder der trykket er lavere, altså i retning av lavtrykksenteret. På grunn av jordrotasjonen dreies bevegelsen mot høyre på den nordlige halvkule slik at vinden i de øvre luftlag, ca. 1000 m over



Figur 31. Frontsystem som kommer inn mot Sør-Norge

bakkenivået, (den geostrofiske vinden) blåser rundt lavtrykket. Nærmere jordoverflaten vil friksjonen mot bakken og den gjensidige friksjonen mellom luftlagene føre til at vinden dreies til venstre, på skrå inn mot lavtrykkssenteret.

Når luftmassene stiger til værs blir de avkjølt. Normalt avkjøles fuktig luft ca. 0,6 °C per 100 m stigning (fuktigadiabatisk avkjøling). Avkjølingen kan som tidligere omtalt føre til kondensasjon, skydannelse og nedbør. Årsaken til at luften stiger til værs kan skyldes at den varme luften stiger langs en frontflate slik som vist på figur 31, der den varme luften presses opp over kaldluften i varmfronten (frontnedbør).

Når luftmassene møter høydedrag og fjell tvinges de også til værs, noe som også medfører avkjøling og er årsak til nedbørdannelse (orografisk nedbør). Når lavtrykksystemene kommer inn mot kysten og møter kystfjellene på Vestlandet eller i Nord-Norge skyldes nedbøren en kombinasjon av frontnedbør og orografisk nedbør, som fører til størst nedbør i kystfjellene.

Lavtrykkene kommer inn mot Norge langs forskjellige baner. Når et lavtrykk går inn i Skagerak får vi vind mellom sør, sørøst og nordøst som gir nedbør på Østlandet, i de østlige fjellstrøk, og i de østlige deler av Langfjellene.

Når lavtrykkene går inn i Nordsjøen mot Vestlandet starter det gjerne med sørlig vind og mye nedbør i varmfronten, deretter dreier vinden sørvestlig og vestlig med bygenedbør etter at varmfronten har passert. Nedbøren som følger med varmfronten kommer som regel som regn i lavlandet, også om vinteren. I fjellet kan det imidlertid komme betydelige snømengder under slike værforhold, og store skred kan bli utløst. De fleste av skredene kommer da ned mot dalbunnen som våte skred med begrenset rekkevidde. Veistrekningene på Vestlandet blir ofte utsatt for skred i slike værtilstander.

Når kaldfronten kommer inn mot kysten dreier vinden mot vest og nordvest og vi får bygenedbør. Bygenedbøren er ofte lokalt preget, men kan bli intens. Kaldfronten fører kaldere luft som navnet tilsier, temperaturen synker, og vi for oftest snø helt ned til havnivå. Hvis nordvestnedbøren blir langvarig og strekker seg over 3–4 døgn kan det oppstå farlige skredsituasjoner fordi snøen er tørr slik at skredene får lang rekkevidde. Slike værtilstander har gjennom historien ofte ført til skredulykker i bebygde områder.

Når lavtrykksystemene følger en nordligere bane går de inn i Norskehavet mellom Svalbard og kysten av Troms og Finnmark. Nedbøren og vindretningene over land følger i prinsippet det samme mønsteret som for Vest-Norge: Det starter gjerne med sørlig og sørvestlig vind og nedbør. Dersom kaldfronten slår inn, dreier vinden mot nordvest med kaldere vær og bygenedbør.

Langs kysten av Nord-Norge forekommer det ikke sjelden lokale polare lavtrykk. Disse lavtrykkene dannes i havet mellom Svalbard og Norge når kald polarluft blåser over varmere hav. De polare lavtrykkene er små i utbredelse, og er vanskelige å varsle med hensyn til hvor de går inn mot kysten, men de kan føre til sterk vind, store snøfall og skredfare.



Lofoten har et spesielt klima fordi den lange øyrekken er omgitt av hav på flere kanter, og nedbøren kan derfor komme både fra sørøst, sør, sørvest, nordvest og nord.

Østover langs Finnmarkskysten kommer en del av nedbøren med vind fra øst og nordøst. Disse vindretningene fører ikke sjelden til skredfare fordi det kan blåse sterkt og nedbøren kan bli intens.

I høytrykksituasjoner blir det som regel klarvær med rolige vindforhold og lave temperaturer om vinteren. I de sentrale fjell- og innlandområdene avkjøles luften raskt, og kaldluften synker ned mot lavere nivå og gir fralandsvind på kysten. I fjord og kyststrøkene, særlig i Nordland, Troms og Finnmark kan denne «landvinden» bli sterk og føre til mye fokksnødrift som igjen fører til skredfare. Dersom det har snødd i dagene før landvinden setter inn, kan store snømengder omfordeles og avlagres i lesider der det kan gå skred. En slik vær-situasjon var årsaken til skredulykken i Vassdalen i 1986, da 16 soldater omkom.



# Værforhold som fører til skred

Alle om har en viss erfaring med snøskred vet at skredene helst blir utløst i forbindelse med at det snør og blåser kraftig. Det er intensiteten i snøakkumulasjon, det vil si hvor fort snøen samler seg opp i fjellsiden som er den mest avgjørende enkeltfaktor når det gjelder sannsynligheten for at skred skal bli utløst.

Erfaring viser også at temperaturen har stor betydning for graden av fare. Temperaturen virkning på stabiliteten i snødekket er imidlertid varierende.

Kort oppsummert er de tre viktigste værfaktorene som bestemmer graden av fare:

- Nysnømengde og nedbørintensitet
- Vindstyrke og retning
- Lufttemperatur

## Nysnø og nedbør

### Nedbør

Nysnømengden har størst betydning for graden av skredfare, men det er vanskelig og ofte nærmest umulig å måle nysnømengden direkte i skredenes utløsningsområder. Når det gjelder store skred som utsetter bebyggelse og veier for fare, må man nøye seg med å måle nysnømengdene på steder som ligger langt fra der skredene utløses. Selv på slike steder kan det være vanskelig å få et pålitelig mål for mengden av nysnø fordi vinden påvirker oppsamlingen av nysnøen. Som regel er det derfor bedre å benytte nedbøren i millimeter dersom det finnes en meteorologisk stasjon i nærheten. (Nedbøren i millimeter betyr vannmengden av smeltet snø.) Nedbørmengden i millimeter har vist seg å samsvare godt med sannsynligheten for skred. Når det gjelder skiløping i terreng der det kan gå skred er det ofte av liten verdi å benytte observasjoner fra meteorologiske stasjoner fordi de fleste nedbørstasjonene ligger i lavlandet. Skiløpere må basere seg på værvarslene og selv bedømme mengden av nysnø langs ruten for turen.

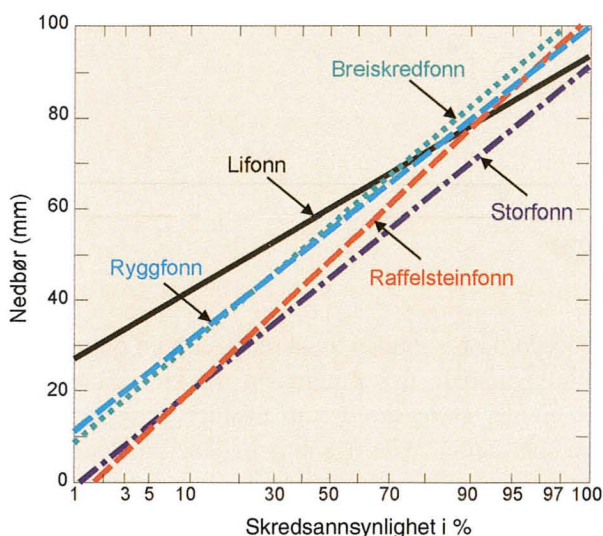
Ved NGIs forskningsstasjon i Grasdalen på Strynefjellet er det gjennom mange år undersøkt sammenhengen mellom nedbørmengder og sannsynligheten for utløsning av skred. I fem forskjellige skredbaner er det i hver bane registrert fra 23 til 37 skred som alle er godt dokumentert med hensyn til tidspunkt for utløsning. Her ble den samlede nedbøren målt de siste tre og fem dager før skredene gikk. Værsituasjonen ved alle skredene var slik at det blåste



tilstrekkelig til at snøen drev med vinden og at skredområdet lå i le. Samtidig var temperaturen lavere enn 0 °C i utløsningsområdet.

Basert på disse målingene ble sannsynligheten for skred beregnet ved å legge inn nedbørmengdene hver gang det hadde gått skred i et såkalt kumulativt normalfordelingsdiagram. Figur 32 viser forholdet mellom akkumulert nedbør i løpet av tre døgn og sannsynligheten for at skred skal bli utløst i fem forskjellige skredbaner. Den nedbørmengden som kan føre til skred varierer som vi ser fra skredområde til skredområde og også fra den ene skredsituasjonen til den andre, men ved hjelp av sannsynlighetsdiagrammet kan vi forbedre spådommen om skredutløsning.

En nedbørmengde på 10 mm i løpet av tre døgn gir i gjennomsnitt en sannsynlighet på 5 prosent for at skred skal gå, mens 90 mm nedbør nesten helt sikkert fører til at skred blir utløst. Vanligvis tilsvarer 1 mm nedbør 1 cm snø. Nysnøsummer over 90 cm vil etter dette gi store muligheter for skred.



Figur 32. Sannsynlighet for skred ut fra nedbørmengde i løpet av tre døgn i forskjellige skredbaner

Tabell 6 Forholdet mellom nysnømengde og skredfare

Summert nysnø for tre døgn i cm	Skredaktivitet
< 10	Sjeldne, lokale skred, fortrinnsvis løssnøskred
10–30	Hyppige løssnøskred. Enkelte flakskred
30–50	Hyppige flakskred, fortrinnsvis i terreng brattere enn 35°
50–80	Generell fare for større skred, også i terreng ned mot 30° Enkelte skred kan gå til dalbunnen
80–120	Hyppige store skred til dalbunnen, enkelte også utenfor kjente skredløp
> 120	Ekstraordinære forhold. Muligheter for sjeldne skred og skred som ikke tidligere er kjent

Tabellen gjelder for vindstyrker inntil ca. 5 m/s.  
Ved sterkere og vedvarende vind vil faren øke med ett til to nivåer.

Graden av skredfare og størrelsen på skredene vil normalt øke med mengden av snø som kommer i løpet av 3–5 dager. Erfaring viser at akkumulert nysnømengde fra 50–80 cm på 3 dager fører til skredfare i fjellet, med fare for at enkelte skred kan bli store nok til å gå ned i dalbunnene.

Stiger nysnømengden til 80–120 cm, vil det gå hyppige og store skred ned i dalbunnene, også større enn tidligere kjent. Nysnømengder over 120 cm på tre døgn fører til at sjeldne og til dels ukjente skred kan bli utløst.

Nedbørintensiteten har også stor betydning for stabiliteten i snødekket. Det ser ut til at intensiteten normalt må være større enn ca. 2–2,5 mm per time for at situasjonen skal bli kritisk, såfremt ren vindtransport ikke dominerer snøtilførselen eller at lufttemperaturen endres drastisk. Grunnen til at nedbørintensiteten er viktig skyldes at snøen setter seg og får økt styrke etter hvert. Når intensiteten er høy øker belastningen raskere enn styrkeøkningen i snøen, derfor øker også faren mest under intense snøfall.

## Vind

Vinden kan transportere store snømengder i fjellet, og fare for skred forekommer praktisk talt alltid i forbindelse med vind. Når vindstyrken går over 5–7 m/s (bris) begynner snøen å drive med vinden såfremt temperaturen er lavere enn 0 °C. Snødriften øker med tredje potens av vindhastigheten, det vil si at når vindstyrken øker til det dobbelte, øker fokksnøtransporten til det åtte-dobbelte. Målinger viser at le-områder kan få akkumulert opptil fire ganger større snømengder enn vindutsatte partier ved moderate vindstyrker, fra det vil si frisk bris til liten kuling (ca. 8–14 m/s). Ved større vindstyrker øker forskjellen i snømengdene. Alle terrengforsenkninger, skålformer, skar og daldrag i fjellsidene vil utgjøre slike le-områder som kan samle store mengder snø.

Ved vindstyrker omkring sterk kuling til liten storm (20–25 m/s) foregår det en voldsom snøtransport, og under slike forhold kan det bygge seg opp snømengder på 2–3 m i utløsningsområder i løpet av få timer.

Etter større snøfall i kaldt vær med lite vind blir snøen løs og lett, og etterfølgende vind kan omfordele den avsatte snøen og samle den opp i nye le-områder. Vi har hatt flere ulykker her i landet som viser at slike vær-situasjoner kan bli farlige, spesielt for skiløpere.

Tabell 7 viser hvordan faren for skred kan være avhengig av nysnømengde

Tabell 7. Eksempel på forholdet mellom skredfare, nysnømengde og vind i et sterkt vindutsatt område

Skredfare	Vindhastighet (m/s) - 10 min. middel			
	0–8	8–15	15–20	20–25 <sup>1</sup>
1. Liten	> 15 cm	0	0	0
2. Moderat	> 20 cm	> 15 cm	> 5 cm	0
3. Markert	> 30 cm	> 20 cm	> 15 cm	> 5 cm
4. Stor	> 50 cm	> 30 cm	> 20 cm	> 10 cm
5. Meget stor	> 80 cm	> 50 cm	> 30 cm	> 20 cm

1) Faren for skred kan være stor eller meget stor selv uten nysnø



Tabell 8 Den europeiske skredfareskala

Grad av skredfare	Sannsynlighet for utløsning av skred, skredstørrelse og lokal forekomst.
1. Liten	Utløsning er bare mulig ved store tilleggsbelastninger <sup>1)</sup> og i enkelte svært bratte skråninger. Bare små naturlig utløste skred er mulig.
2. Moderat	Utløsning er mulig ved store tilleggsbelastninger i bratte skråninger. Liten mulighet for naturlig utløste skred.
3. Markert	Skred kan utløses også ved liten tilleggsbelastning <sup>2)</sup> . Middels, og enkelte store naturlige skred kan forekomme.
4. Stor	Skredutløsning er sannsynlig også ved liten tilleggsbelastning i de fleste brattheng. Tallrike middels eller store naturlige skred ventes.
5. Meget stor	Tallrike store naturlige skred kan ventes. Skred kan forekomme i områder hvor de tidligere ikke er observert

1) Liten tilleggsbelastning: En skiløper eller lignende  
 2) Stor tilleggsbelastning: grupper av skiløpere, snøscooter, sprengning eller lignende

og vind. I denne tabellen refererer nysnømengdene seg til det som er målt på et representativt område utenom selve utløsningsområdet. Tabellen gjelder områder med sterk vindeksponering og stor fokksnødrift.

Graden av skredfare refererer seg til Den europeiske skredfareskala vist i tabell 8.

## Temperatur

Lufttemperaturen har en sammensatt virkning på stabiliteten i snødekket. Streng kulde fører til at en ustabil situasjon opprettholdes, og endatil forverres. Generelt vil stigende temperatur nedsette fastheten i snøen, tøyningstettheten vil øke og dermed også sannsynligheten for skredutløsning. Samtidig vil metamorfoseprosessene i snødekket føre til at sintringen øker, og derved også snødekkets styrke. Stigende temperatur fører derfor først til økt skredfare, men etter noe tid vil sannsynligheten for skred avta. Erfaring har også vist at skredene har en tendens til å utløses i forbindelse med varmfrontpassasjer fordi temperaturen da stiger. Da øker tøyningen i snøen og derved også spenningene i snøen.

Når lufttemperaturen er over 0 °C i lengre tid som om våren, smelter snøen i overflaten og det dannes smeltevann som siger nedover i snødekket til bakken. Spesielt på svaberg samles vannet på fjelloverflaten, og da nedsettes friksjonen på grunn av vannet, slik at det lett utløses våtsnøskred.

Økende temperatur i snødekket skyldes vanligvis solstråling eller varm fuktig vind. Skred kan bli utløst av direkte solstråling, spesielt om våren når innstrålingen er intens. Midtvinters er det sjeldnere at solstrålingen fører til snøskred.

Som omtalt i kapittel 4 under Temperaturfordelingen i snødekket, har varm og fuktig vind stor evne til å smelte snø og derved også til å redusere styrken i snødekket. På figur 12 ble det vist hvordan kombinasjonen av vindstyrke og temperatur påvirker smeltingen. Kraftige mildværsinnslag og sterk vind vil derfor alltid øke faren for skred.



## Regn

På samme vis vil kraftig regn, spesielt på løs nysnø, øke skredfaren. Regnet fører til nedsatt binding mellom krystallene, økt poretrykk og større belastning, og dermed dårligere stabilitet. Men det er ikke mulig å angi eksakt hvilke regnmengder eller intensiteter som skal til for å utløse skred, vesentlig fordi snøens sammensetning er avgjørende for hvordan vannet påvirker stabiliteten. Vanligvis må det komme minst 5–10 mm regn på ett døgn før skred utløses dersom andre værfaktorer er konstante.

## Skredvarsling

Det er utviklet mange metoder til å varsle skred, de fleste av disse går ut på å samle data om:

1. nedbør, nedbørslag, nedbørintensitet
2. vind, styrke og retning
3. temperatur
4. solstråling
5. snødekkets sammensetning
6. terrenget
7. skred som har forekommet

Observasjoner av disse faktorene kombineres og benyttes til å angi sannsynligheten for skred. Det finnes ingen metode som eksakt angir graden av fare, og det er ikke mulig å si med sikkerhet når et skred vil bli utløst i et bestemt område. Årsaken er at det ikke er mulig å måle forholdet mellom snødekkets styrke og de belastninger snødekket er utsatt for. All skredvarsling må derfor baseres på indirekte metoder der man forsøker å angi graden av fare ut fra observasjoner av de vær- og snøforholdene som man erfaringsmessig vet har størst betydning for faren.

## Nærmeste-nabo-metoden

En interessant skredvarslingsmetode er utviklet i Sveits. Metoden kalles «nærmeste-nabo» og går ut på at man sammenligner skredfaren for «dagen i dag» med tidligere dager som ligner mest mulig. Metoden forutsetter at vi har samlet inn opplysninger om vær og skredforhold gjennom flere år for det aktuelle varslingsområdet.

Klarer vi å finne en tidligere dag som er identisk med dagen i dag, vil også faren for skred være lik, forutsatt at vi har benyttet de riktige parametrene i analysen. Har det gått skred på den tidligere dagen som er helt identisk med «dagen i dag» er det stor sannsynlighet for det også vil gå skred «i dag». Nå er ingen dager helt like, det vil alltid være en viss forskjell eller «avstand» mellom dagene. Dette medfører at denne metoden heller ikke blir helt nøyaktig.

Tenker man seg to faktorer, for eksempel nedbør og temperatur, kan hver dag representeres med et punkt i et todimensjonalt koordinatsystem, der de to parametrene er representert på koordinatsystemets akser. Som et mål på hvor like to dager er, beregnes avstanden  $r$  mellom punktene som er:

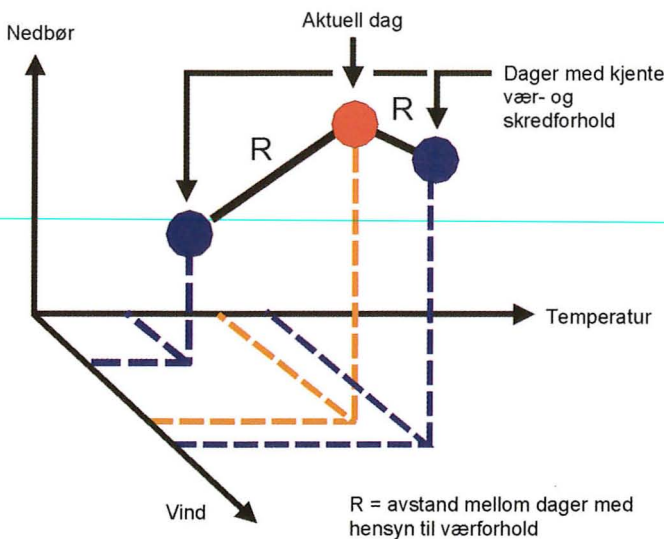
$$r = \sqrt{k_x (x_2 - x_1)^2 + k_y (y_2 - y_1)^2}$$

der  $x_1$  og  $y_1$  er koordinater for  $i$  dag og  $x_2$  og  $y_2$  for en annen dag og  $k_x$  og  $k_y$  er vektingskonstanter. Benyttes  $n$  antall parametre, får man punkter i et  $n$ -dimensjonalt rom. Hvis  $\Delta x_i$  er avstanden mellom to dager med hensyn på parameter  $i$ , får vi for  $n$  parametre den totale avstanden  $R$  mellom parametrene:

$$R = \sqrt{\sum_{i=1}^n k_i \Delta x_i^2}$$

Fordelen med denne metoden er at man på en oversiktlig måte får tilgang til en stor mengde informasjon om tidligere lignende dager, og om det har gått skred disse dagene. Ved hjelp av moderne databaseprogrammer er det også enkelt å samle store datamengder og få disse behandlet statistisk. Det er viktig at de enkelte parametrene er mest mulig relevante og at de vektet korrekt ( $k_i$ ). På dette siste punktet har metoden fortsatt et forbedringspotensiale.

Det å vurdere skredsansynlighet ut fra opplysninger om vær- og snøforhold er et komplekst problem. Mange faktorer har betydning for snødekkets stabilitet. Tradisjonell skredfarevarsling baseres i stor grad på erfaringen til den som utarbeider varselet. Ofte vil han prøve å ta i bruk både en deterministisk metode, det vil si prøve å forutsi hva som skjer med snødekket ut fra



Figur 33. Prinsippet for nærmeste nabo-systemet vist for tre parametre: nedbør, vind og temperatur

kjennskap til fysiske lover og egenskapene til snøen, og en empirisk-statistisk metode som går ut på at man sammenligner situasjonen i dag med forhold man har opplevd tidligere. For en erfaren observatør foregår dette som en ubevisst mental prosess som resulterer i en intuitiv følelse av skredfaren.

For å vurdere skredfaren er det ønskelig med data både om snødekket og værforholdene i skredenes utløsningsområder. Dessverre er slike data ofte vanskelige å skaffe og mange av snødekkets egenskaper er heller ikke så lette å kvantifisere. Gode metoder for å måle de virkelige fasthets- og spenningsforholdene i snødekket i et utløsningsområde høyt til fjells har vi dessverre ikke ennå. Derfor vil grunnlaget for en skredfarevurdering oftest bestå av observasjoner av værforholdene i et nærliggende og antatt representativt område. De fleste av de data som er tilgjengelige, for eksempel temperatur, nedbør og vind, har kun en indirekte sammenheng med snødekkets stabilitet. Når disse i tillegg ofte må måles fjernt fra de stedene skredene løsner blir det nødvendig med lange observasjonsrekker for å finne en noenlunde god sammenheng mellom snøstabiliteten i utløsningsområdene og værforholdene på observasjonsstedet.

De største vanskelighetene med å lage en objektiv skredfareanalyse ligger dels i kvaliteten og tilgjengeligheten av data, dels i at en grunnleggende forståelse av utløsningsmekanismen ennå mangler. En ytterligere vanskelighet ligger i at det ofte ikke er mulig å verifisere et skredfarevarsel, siden man ofte kun kan registrere to utfall: skred eller ikke skred. I en del tilfeller kan til og med dette være umulig. Det er derfor ikke mulig å kontrollere hvor nær en skredutløsning snødekket i en fjellside har vært dersom det ikke går skred, med mindre man tester snødekket i denne fjellsiden med en gradvis økende påkjenning.





# Snøundersøkelser

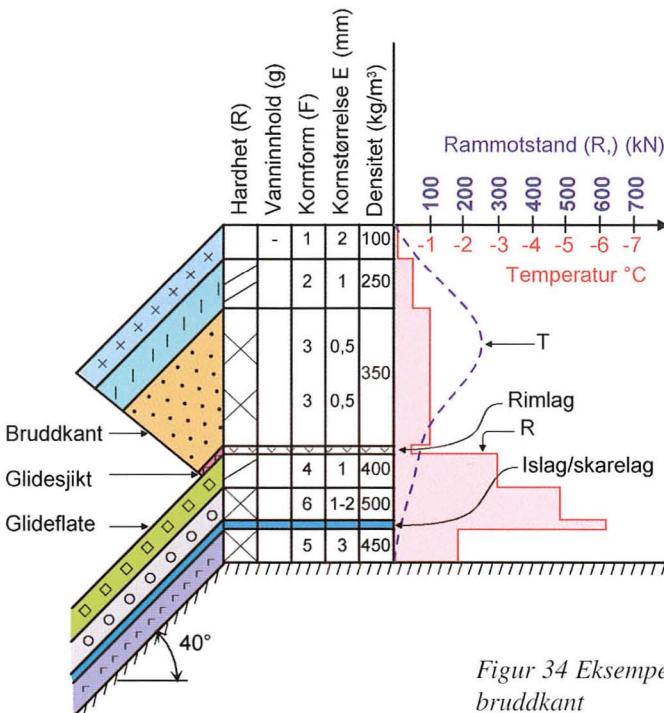
En kontinuerlig serie av regelmessige snø og værobservasjoner er grunnlaget for all systematisk skredfarevurdering. Forutsetningen er at observasjonene er representative med hensyn til forholdene i skredenes utløsningsområder, eller at det er etablert en empirisk sammenheng mellom det som blir målt på målestedet og det som skjer der hvor skredene løsner. I et lengre perspektiv utgjør snø- og værdata, sammen med skredobservasjoner, også grunnlaget for utvikling av sikrere skredfarekriterier.

## Snøprofilet

Med snøprofilet mener vi lagdelingen i snøen mellom snøoverflaten og bakken.

Formålet med å undersøke snøprofilet er å skaffe en oversikt over snødekkets lagdeling og egenskapene til de forskjellige sjiktene med tanke på stabiliteten til snøen og dermed graden av skredfare.

Oftest er det ikke mulig å undersøke snødekket der skredene løses ut, og snøprofilet må derfor tas der man mener det er representativt for det aktuelle utløsningsområdet. Snøprofilet bør tas i et område der det ikke foregår for mye



Figur 34 Eksempel på snøprofil fra en bruddkant

erosjon på grunn av vind. Faste snøobservasjonssteder bør også være i umiddelbar nærhet til værobservasjonsstedet dersom man tar sikte på å sammenholde vær- og snøobservasjonene. Man bør også planlegge testområdet slik at det er plass til å ta flere profiler etter hverandre i løpet av vinteren.

Vanligvis graver man snøprofiler både med faste intervall og når man antar at det har skjedd forandringer som er av betydning for bruken av snødekkeobservasjonene. For at man skal få tilstrekkelig kontinuitet i målingene til å kunne utarbeide tidsprofiler over vinterforløpet, bør intervallet mellom profilene ikke overstige ca. 14 dager.

Følgende utstyr trengs for et vanlig snøprofil:

- Spade med flatt blad
- Metermål
- Sondestang
- Snøtermometer
- Rasterplate
- Lupe
- Feltnotatbok og blyant
- Hansker
- Snøsag
- Kniv
- Stekespade av stål
- Hellingsmåler
- Kompass og kart

For en mer omfattende undersøkelse kan man i tillegg ha bruk for følgende utstyr:

- Snøprøvetaker og vekt
- Rammsonde
- Bred børste
- Farget tråd
- Merkeutstyr

Annet nyttig utstyr:

- Barometer/høydemåler
- Satellittbasert utstyr for posisjonsbestemmelse (GPS)

Ut fra snøprofilet beskrives snødekkets sammensetning og de enkelte sjikt-enes egenskaper. Et sjikt omfatter et lag av snø som er relativt homogent i forhold til følgende egenskaper:

- hardhet (R)
- fritt vanninnhold ( $\theta$ )
- kornform (F)
- kornstørrelse (E)
- densitet ( $\rho$ )
- styrke: skjær, trykk, strekk ( $\Sigma$ )
- forurensning (J)

Egenskapene i hvert sjikt i snødekket beskrives på følgende måte:



## Hardhet (R)

Håndtesten er en enkel og målemetode som brukes til å registrere den hardheten i snøsjiktene. Metoden gir et mål for hardheten i grove trekk, men for at kvantifiseringen skal bli riktig krever den at observatøren har en del erfaring.

Fremgangsmåten er som følger: Hardheten måles i hvert enkelt sjikt ved at man prøver å presse inn objektene i tabellen nedenfor, parallelt med lagdelingen med moderat kraft (maksimalt 50 N (5 kg) skyvekraft). Nødvendig utstyr er hansker, blyant og kniv. Resultatet noteres i et snøprofilskjema (se vedlegg bak i boken).

Tabell 9. Grader av hardhet

Tall-kode	Håndtest	Betegnelse	Styrke (Pa)	Sveitsisk rammsonde (N)	Grafisk symbol
1	Knyttet neve	Meget løs	0–10 <sup>3</sup>	0–20	
2	Fire fingre	Løs	10 <sup>3</sup> –10 <sup>4</sup>	20–150	/ /
3	En finger	Middels	10 <sup>4</sup> –10 <sup>5</sup>	150–500	X X
4	Hard	Blyant (butt ende)	10 <sup>5</sup> –10 <sup>6</sup>	500–1000	// //
5	Knivblad	Meget hard	>10 <sup>6</sup>	>1000	⊗ ⊗
6	For hardt for kniv	Is			■

## Hardhetsmåling ved bruk av rammsonde

En såkalt rammsonde (ramm-penetrometer) brukes for å få et mer nøyaktig mål av den relative hardheten gjennom snødekket. Målingen foregår ved at motstanden i snølagene registreres når et rør med konisk spiss slås vertikalt ned gjennom snødekket med varierende belastning. En standard rammsonde for bruk til snøundersøkelser er laget etter sveitsiske spesifikasjoner.

Sjikt som er tynnere enn 2–3 cm er oftest umulig å observere med standard rammsonde og det kan derfor være vanskelig å finne mulige glidesjikt for skred med denne metoden.

### Fritt vanninnhold (θ)

Fritt vanninnhold betegner innholdet i volumprosent av vann i snøen. Fritt vann forekommer bare i snø som har en temperatur lik 0 °C. For å teste snøens fuktighet trenger man tørre hansker.

Før man begynner må overflatelaget i profilveggen fjernes for å komme til snø som ikke er påvirket av lufttemperaturen. Vanninnholdet registreres ved at man klemmer snøen med hanske eller vott for å se i hvilken grad snøen kittes sammen eller om man kan presse ut vann. Det finnes også kvantitative målemetoder for fritt vanninnhold i snø, men disse krever spesielt utstyr og er tidkrevende å gjennomføre. Man benytter derfor kvalitative betegnelser som i tabell 10.

Tabell 10.

Tallkode	Betegnelse	Egenskap	Tilsvarende vanninnhold (% av volum)	Grafisk symbol
1	tørr	Snøtemperaturen T er under 0° C Snøen lar seg vanskelig kytte sammen.	0	
2	fuktig	T = 0° C. Fritt vann er ikke merkbart, men snøen er kram og kan kittes sammen.	<3	
3	våt	T = 0° C. Fritt vann mellom enkelte snøkorn kan observeres ved bruk av lupe, men vannet kan ikke presses ut ved moderat sammentrykking	3–8	
4	meget våt	T = 0° C. Vann kan presses ut ved moderat sammentrykking, men snøen inneholder fortsatt en del luft i porene.	8–15	
5	sørpe	T = 0° C. Snøen er gjennomtrukket med vann og inneholder lite luft.	>15	

## Kornform (F)

Kornformen angis avhengig av hvordan de opprinnelige snøkrystallene er omformet etter at de ble avlagret i snødekket.

For klassifisering av snøen brukes den internasjonale klassifikasjonen (ICSI 1990). Denne har ni hovedinndelinger slik som vist i tabellen. Nødvendig utstyr for undersøkelsen og klassifiseringen er en såkalt rasterplate med millimeter-ruter, lupe og børste.

Overflatelaget i profilveggen må først fjernes for å komme til snø som ikke

Tabell 11. ICSI-klassifisering

Tallkode	Hovedklasse	Grafisk symbol
1	Nedbørpartikler (nysnø)	+
2	Delvis nedbrutte eller fragmenterte nedbørpartikler	/
3	Avrundete korn (monokrystaller)	●
4	Krystaller med plane flater	□
5	Begerformede krystaller	∧
6	Våte korn, eller tidligere våte korn som er frosset igjen (avrundete korn og polykrystaller, sørpe. NB: ikke skarelag)	○
7	Fjærformede krystaller (overflaterim, hulromsrim)	∇
8	Is	—
9	Overflateavsetninger og skare (tåkerim, smelteskare m.m.)	▽

Merknad: Unngå bruk av termer som «grovkornet» eller «finkornet» her. Disse uttrykkene refererer til kornstørrelsen og ikke til formen.

er omvandlet etter at profilet ble gravd. Litt snø skrapes av profilveggen med den kalde rasterplaten og kornformen studeres, med lupe dersom det er nødvendig. Prøv å gjøre observasjonene relativt raskt og uten å puste på rasterplata. Dersom snøen på plata begynner å smelte, må man ta en ny prøve.

## Kornstørrelse (E)

Kornstørrelsen angir et gjennomsnitt av den største utstrekningen (i mm) som snøkorn eller krystaller har i et gitt snølag, se tabell 12. Når man skal måle dette trenger man også rasterplate og lupe.

Fremgangsmåten består i å fjerne overflatelaget i profilveggen for å komme til snø som ikke er omvandlet etter at profilet ble gravd. Størrelsen på krystallene sammenlignes med rasteret på platen.

Tabell 12. Kornstørrelser

Størrelse (mm)	Betegnelse
<0,2	Meget finkornet
0,2 til 0,5	Finkornet
0,5 til 1,0	Middels
1,0 til 2,0	Grovkornet
2,0 til 5,0	Meget grovkornet
>5,0	Ekstremt grovkornet

## Densitet ( $\rho$ )

Densiteten i snødekket måles i faste eller varierende intervall nedover mot bakken. Intervallet kan avhenge av formålet med målingene. Faste intervall på 10 eller 20 cm brukes vanligvis når det er viktig å danne seg en oppfatning om snødekkets generelle densitet (tetthet), men densiteten kan også måles for de enkelte snølagene dersom det er ønskelig.

Utstyr som trengs er en snøprøvetaker med størrelse 100–1000 cm<sup>3</sup>, vekt og skjæreverktøy (for eksempel stekespade av stål). De store snøprøvetakerne egner seg best når man bruker faste intervall og når formålet er å finne snødekkets gjennomsnittlige densitet. Vekten som brukes bør ha en oppløsning på 1 gram. Prøvene bør tas parallelt med sjiktningen i snøen. Vekten kalibreres etter hver veiing dersom nødvendig.

Densiteten ( $\rho$ ) registreres i kg/m<sup>3</sup> og regnes ut slik:

$$\rho = \frac{\text{vekten av snøprøven (g)}}{\text{snøprøvens volum (cm}^3\text{)}} \cdot 1000$$



## Skjærstyrke ( $\Sigma$ )

Kvantifiserbare styrkemålinger i snøen er vanskelig å gjennomføre i felten. Den metoden som har vært brukt mest i skredvarslingssammenheng er måling av skjærstyrken med en enkel ramme, hvor målingene brukes til å beregne en stabilitetsindeks.

Nødvendig utstyr er en rektangulær skjærramme, vanligvis mellom 100 og 250 cm<sup>2</sup> areal, en metallplate for kutting, ca. 300 · 300 mm og en fjærvekt med måleområde opp til 10–25 N (1–2,5 kg). I tillegg trengs utstyr for å måle densiteten (se over).

Fremgangsmåte:

1. Lokaliser det svake sjiktet som skal testes i snøprofilveggen.
2. Mål gjennomsnittlig densitet på overliggende snø.
3. Fjern overliggende snø ned til noen få cm (avhenger av ramme) over det svake sjiktet.
4. Trykk forsiktig skjærramma ned i snøen slik at alle sideplatene kommer noen få mm over det svake sjiktet.
5. Trekk skjærramma parallelt med sjiktningen og mål kraften som skal til for å forårsake skjærbrudd med fjærvekten.
6. Gjenta målingene minst tre ganger for samme sjikt.
7. Bestem skjærstyrken ved å dividere kraften (målt i N) med arealet til skjærrammen (i m<sup>2</sup>). Bruk gjennomsnittsverdien av minst tre tester. Skjærstyrken divideres med normaltrykket av overliggende snø (N/m<sup>2</sup>) for å få stabilitetsfaktoren:

$$\text{Stabilitetsfaktor} = \frac{\text{skjærstyrke (N/m}^2\text{)}}{\text{normaltrykk(N/m}^2\text{)}}$$

Merknad: Metoden krever erfaring og stor nøyaktighet for å gi reproducerbare resultat. Det kan også nevnes at det hersker tvil om stabilitetsfaktorens relevans i forhold til skredutløsning.

## Forurensning (J)

Denne parameteren kan registreres først og fremst når den har betydning for snøens fysiske egenskaper. I slike tilfeller bør typen av forurensning beskrives og mengden angis i prosent av vekt. Vanlige forurensninger er sand, støv, salt, organisk materiale med mere.

Små mengder av forurensning har ikke nevneverdig innvirkning på snøens egenskaper og derfor ikke på graden av skredfare, men kan være interessante av andre grunner (for eksempel ved sur nedbør). Disse angis normalt i deler per million (ppm) i forhold til vekt.

## Temperatur (T)

I forbindelse med snøundersøkelsen måler man følgende temperaturer:

- Lufttemperaturen 1,5 m over snøoverflaten (i skygge) med tørt termometer.
- Temperaturen på snøens overflate (i skygge) med tørt termometer.
- Temperaturen i snødekket i intervall nedover mot bakken. Intervallet kan avhenge av forholdene, men 10 cm er normalt når snødekket ikke er isotermt, det vil si 0 °C gjennom hele.

For måling av snøtemperaturen anbefales digitale termometre siden disse vanligvis har en oppløsning på 0,1 °C. Termometrene må kalibreres jevnlig og dersom flere termometre brukes samtidig, må de sammenlignes.

Termometre som brukes for å måle temperaturen over bakken eller i de øverste 30 cm av snødekket, må skjermes mot sollys. Termometre som brukes for å måle lufttemperaturen må i tillegg være tørre. I et snøprofil bør giveren til termometeret føres minst 15 cm inn, parallelt med snøoverflaten. La termometeret stå i snøen minst ett minutt mellom hver avlesning og les av mens termometeret står i snøen.

## Snødekkets setning

I noen sammenhenger er det interessant å registrere snødekkets setning over tid. Det kan gjøres ved hjelp av fargede referansetråder som legges ut på snøoverflaten. Når trådene senere på vinteren graves frem i snøprofilet kan man tidsfeste sjiktene der trådene ligger.

## Skjema og dokumentasjon av snøundersøkelser

Det er utarbeidet standardiserte skjema for snøprofilundersøkelser, se vedlegg bak i boken.

## Snøstabilitetstester

### Formål

Formålet med stabilitetstester er å finne ut hvor mye snødekket i en skråning tåler av tilleggsbelastninger før snøskred utløses. Vanligvis foretar man stabilitetstestene i representative områder utenfor selve utløsningsområdet hvor man har en sikker adkomst. I en del tilfeller foretas også stabilitetstester i utløsningsområdene og ovenfor bruddkanter såfremt dette kan skje uten fare.

Formålene med testene er i hovedsak følgende: a) at de skal inngå i grunnlaget for en prognose om hvordan snødekket vil reagere på en gitt tilleggsbelastning, for eksempel i form av skiløpere eller økning av snømengden, og b) at de skal brukes til å verifisere prognoser om snøens stabilitet som er utarbeidet tidligere.

Utgangspunktet må være at de som skal arbeide i testområdet ikke utsettes for en uakseptabel risiko, og at de har de faglige forutsetningene for å vurdere dette. Når testområdet ikke er selve utløsningsområdet, må testområdet være mest mulig representativt i forhold til utløsningsområdet som skal vurderes. Det betyr oftest at området må være brattere enn 30°, ha samme eksposisjon som skredområdet (vende mot samme himmelretning), helst ligge i samme høyde, fritt for trær og upåvirket av tidligere skred og skispor.

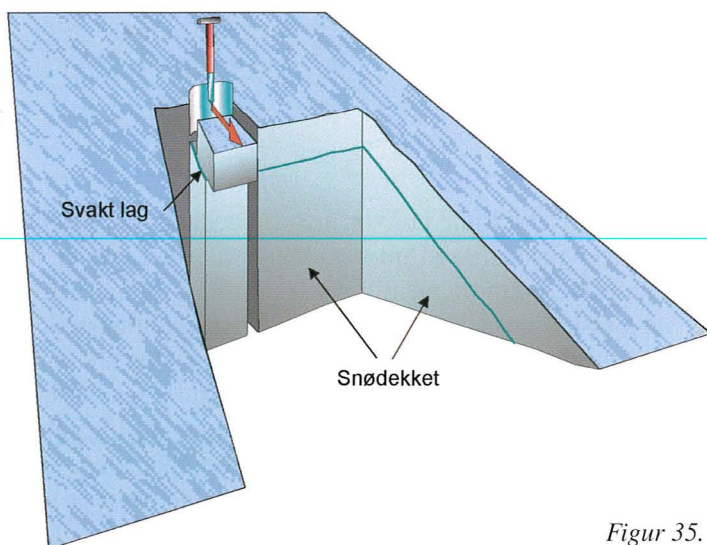
I denne sammenhengen er det snøen som er avsatt i lesider i løpet av de siste dagene som er mest interessant. Utpregete lehang vil imidlertid kunne ha store snødybder, slik at det vil være for vanskelig og tidkrevende å foreta testene. I losider vil det på den andre side kanskje ikke være avsatt nysnø i det hele tatt. Man må derfor ofte gjøre en avveining mellom praktisk gjennomførbarhet og stedets representativitet.

Gravedybden vil avhenge av hvor dypt den potensielt ustabile snøen går. Noen ganger vil det være interessant å grave helt til bunns for å undersøke om det finnes sjikt av begerkrystaller langt nede i snødekket. I andre tilfeller kan det være tilstrekkelig å grave seg litt forbi et antatt stabiliserende lag, slik som skarelag eller smelteomvandlet isoterm snø. Som hovedregel gjelder at det er tilstrekkelig å grave ned til 2 m dybde, fordi det er sjelden at skredene glir ut dypere nede i snøen.

## Spadeprøve

Spadeprøven brukes for å lokalisere svake sjikt og overganger mellom de ulike sjiktene i snødekket der snøen har tendens til å gli ut. Metoden egner seg best i hellende terreng og gir best resultat i fastere snø et stykke under snøoverflaten.

Prøven gjennomføres ved at det graves en vertikal brønn i snøen, se figur 35 og foto 54.



Figur 35. Spadeprøve





*Foto 54. Spadeprøve.  
Snøblokken glir ut  
langs et svakt sjikt.*

Profilveggen skjæres ren og det sages eller graves forsiktig ut en søyle med 25 cm i firkant. Bredden på søylen skal være litt større i fronten enn i bakkant. Sett spaden forsiktig ned i bakkant av søylen og prøv forsiktig å få snøblokker til å gli ut langs sjiktflatene.

Dersom man ønsker å beskrive kraften som skal til for å få blokker til å gli ut, kan skalaen i tabell 13 brukes:

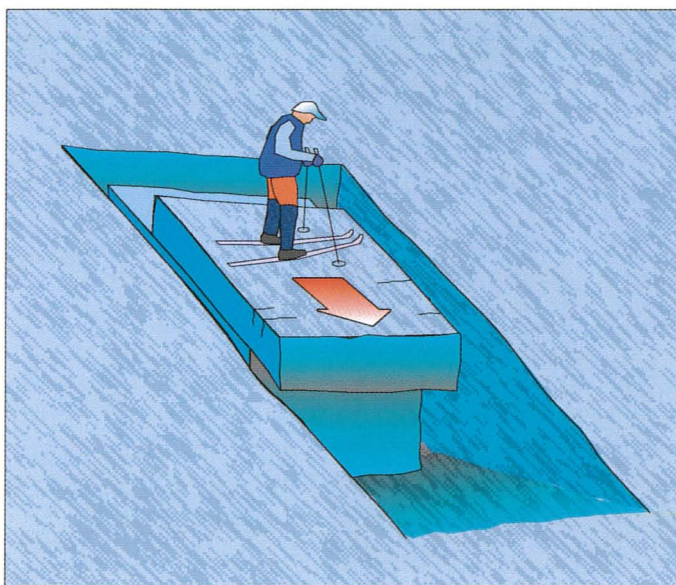
For tallkode 1 og 2 må det antas at snødekket er ustabil nok til at skred kan utløses enten som følge av værpåvirkning eller av skiløpere. Det er viktig å være oppmerksom på at snøforholdene kan forandre seg over korte avstander, og det må derfor tas flere spadeprøver avhengig av størrelsen på området som skal vurderes.

*Tabell 13.*

Tallkode	Betegnelse	Beskrivelse
1	Meget lett	Brudd oppstår ved saging eller isetting av spaden
2	Lett	Brudd ved minimal belastning
3	Middels	Brudd ved middels belastning
4	Vanskelig	Brudd ved stor belastning

## Rutsjblokk

Rutsjblokktesten er en direkte test av stabiliteten i snødekket med en variabel vertikal belastning. Metoden gir et noenlunde kvantifiserbart mål for stabiliteten i snødekket. Testarealet er  $3 \text{ m}^2$ . Når snøen er løs kan det være problematisk å teste stabiliteten i de aller øverste lagene (20–30 cm). Det er videre usikkert om metoden gir et riktig bilde av stabiliteten når det er svake lag som ligger dypere enn 1 m under overflaten.



Figur 36.  
Rutsjblokk

En loddrett vegg graves ut i snøen til en lengde av ca. 2,5–3 m og en dybde av 1,5–2 m. Dybden kan økes dersom det er mulighet for svake sjikt lenger nede i snødekket. For å isolere den  $3 \text{ m}^2$  store blokken kan grøfter graves på hver side i 1,5 m lengde og den øverste siden kuttes ved hjelp av en lavinesnor eller annen snor som egner seg til saging av snø.

For å spare tid ved graving og for å unngå problemene med lavinesnor og skarelag kan man benytte en spesiell snøsag med langt blad til å avskjære blokken i overkant og sideveis. For å hindre at blokken skal kile seg ved utglidning må blokken lages svakt trapesformet, hvor nedre side er ca. 20 cm bredere enn den øvre siden. Tidsforbruket for å lage rutsjblokk med dybde ned til 1,5 m er omkring 10–15 minutter.

Etter at blokken er isolert belaster man den i seks trinn med suksessivt økende belastning inntil blokken glir ut langs et eventuelt svakt sjikt.

Bruk følgende skala:

Tabell 14.

Trinn	Belastning som får blokken til å gli ut
1	Ved utskjæring uten tilleggsbelastning.
2	Når en skiløper forsiktig beveger seg inn på blokken (på øvre halvdel av blokken, 30–40 m nedenfor øvre begrensning).
3	Skiløperen gjør en gyngende bevegelse uten å løfte heler eller ski.
4	Skiløperen hopper en gang og lander på samme sted.
5	Skiløperen hopper en gang til på samme sted.
6	Hopp uten ski på samme sted. Dersom det er løs snø kan man, med skia på, stige ned til midten av blokken og først gyngje en gang, deretter hoppe tre ganger.
7	Ingen av de foregående trinnene forårsaker rent brudd.



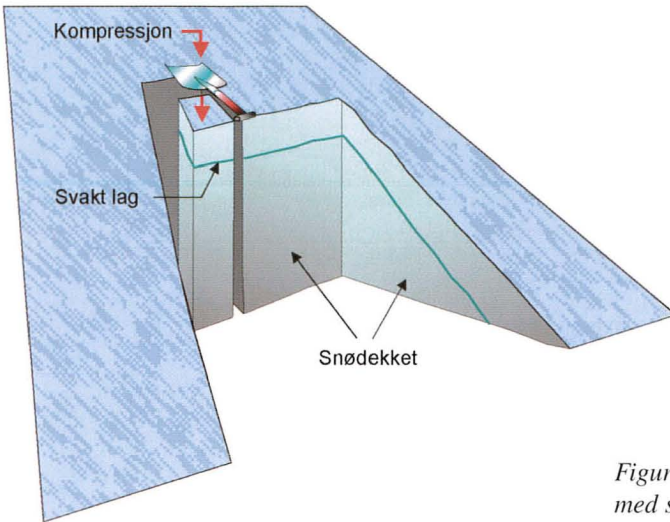
Foto 55. Rutsjblokk.

## Kompresjonstest

Testen er gunstig for å finne svake sjikt i snødekket og for å måle den vertikale belastningen som skal til før det oppstår brudd i snødekket. Belastning påføres vertikalt på toppen av en isolert snøsøyle. Bruddene kan observeres i sidene på søylen.



Belastningen kan påføres på forskjellige måter, for eksempel med lodd med en bestemt masse som plasseres på en metallplate øverst på snøsøylen eller mer subjektivt ved håndkraft. Det finnes per i dag ikke noen standardmetode for slike tester.



Figur 37. Kompresjonstest med spade

Nedenfor følger en beskrivelse av hvordan en kompresjonstest kan utføres med håndkraft uten spesielt utstyr. Testen kan foretas i flatt terreng. Utstyr som trengs er spade med flatt blad, snøsag og metermål.

Fremgangsmåten består i å isolere en ca. 30 · 30 cm snøsøyle som går ned forbi de svake lagene som skal testes. Ikke skjær helt ned til begersnølag nær bunnen med en gang, ettersom disse ofte vil kollapse før de øvre lagene.

Sidene på søylen må være glatte og jevne for at bruddene skal tre tydelig frem, se figur 37.

## Sprengning

Sprengstoff kan brukes for å belaste snødekket med større påkjenning og over et større område enn det som er mulig med andre tester. I tillegg kan utløsningsområder testes uten at man trenger å bevege seg inn i et farlig område. Sprengning kan derfor være et verdifullt hjelpemiddel, selv om det mangler objektive kriterier som gjør det mulig å tallfeste stabiliteten.

Sprengningsarbeid kan kun utføres av sertifisert personell som har opplæring i bruk av sprengstoffer. Normalt brukes ikke-elektriske tennsystemer ved slikt arbeid fordi disse ansees for å være de sikreste i fjellterreng.

Ladningen kan plasseres ved hjelp av tau midt i utløsningsområdet, 10–20 m nedenfor det området man antar at bruddkanten vil ligge. Små ladninger, 0,3–5 kg dynamitt, er velegnet til å teste stabiliteten i mindre løснеområder og når snødekket er meget ustabil. For store utløsningsområder er det fordelaktig med noe større ladninger, fra 5–25 kg fordi det er ønskelig å fordele trykkvirkningen over størst mulig område.

## Andre observasjoner

Man kan i tillegg gjøre en rekke andre observasjoner som har relevans i forhold til den generelle snøstabiliteten. Særlig gjelder dette observasjoner av nylig skredaktivitet i nærområdene. Når det går skred i andre skredbaner i nærheten er dette et tydelig tegn på at forholdene er ustabile.

Andre relevante observasjoner som gjøres ved ferdseil i terrenget, slik som drønn i snødekket, oppsprekking av snøflak osv er også viktige når det gjelder å vurdere faren for skred. Selv om slike observasjoner ikke lar seg tallfeste, gir de viktige tilleggsopplysninger for den som skal utarbeide skredvarselet.

## Bruddkantundersøkelser

En bruddkantundersøkelse er en snøundersøkelse foretatt i bruddkanten eller i flanken til et allerede utløst flakskred. Formålet med å undersøke bruddkanter etter ferske skred er dels å dokumentere snøforholdene for senere bruk, dels å undersøke de svake sjiktene og stabiliteten til snødekket.

I tillegg må man i hvert enkelt tilfelle vurdere om det trengs sikring mot utglidning av mer snø fra bruddkanten. Normalt er det liten fare for at det skal utløses flere skred fra bruddkanten, selv om den er flere meter høy og ligger i bratt terreng. I det et flakskred går til brudd utløses det store strekk- og skjærspenninger i snøen. Bruddkanten er et resultat av at snøen slites av i et strekkbrudd på det stedet der forankringskreftene er større enn de kreftene som trekker snøflaket nedoverbakke. Det er derfor lite sannsynlig at den gjenværende snøen skal utløses som et nytt skred uten den strekkbelastningen som ble påført fra massene som allerede har glidd ut.

I hovedsak benytter man samme prosedyre og samme utstyr som for et snøprofil. I tillegg til selve snøprofilundersøkelsen i bruddkanten bør det tas en eller flere spadeprøver og rutsjblokktester.

Fremgangsmåte:

- Gjør de samme innledende observasjonene som for en vanlig snødekkundersøkelse. I tillegg til overflatehellingen må også hellingen på glideflaten måles. Dersom det ikke er mulig å lokalisere bakken, bruk den vertikale avstanden fra overflaten og nedover som høydereferanse.
- Tegn inn skredet på kart og lag en kartskisse i stor målestokk over bruddkanten med anslåtte bruddkanthøyder. Beskriv terrengform og vegetasjon samt andre relevante observasjoner (for eksempel skispor).
- Merk av så nøyaktig som mulig stedet for bruddkantundersøkelsen på kartskissen.
- Grav profilveggen inn i uberørt snø, ca. 1 m ovenfor bruddkanten eller innenfor flanken i skredet. Grav ned 0,5 m dypere enn glideflaten.
- Ta et snøprofil. Noter glideflate med beliggenhet.
- Foreta en stabilitetstest, fortrinnsvis rutsjblokk, noter graden av stabilitet samt glidelag og snøtype.

Selve snøprofilen beskrives på samme måte som et normalt snøprofil, men glideflate med hellingsvinkel, angis som en strek ved grafisk fremstilling, se figur 34.

Det er ofte verdifullt å undersøke snødekkets sammensetning i kombinasjon med stabilitetstester.

Undersøkelsen foretas i denne rekkefølgen:

1. rammprofil
2. snøprofil
3. spadeprøve
4. kompresjonstest
5. rutsjblokk

Forutsetningen for at rutsjblokkentesten skal kunne inngå er at hellingen er ca. 30° eller mer.

Rammprofilen tas før gravingen påbegynnes. Deretter graves en lodrett vegg langs rammsonden i en bredde av ca. 3–3,5 m og en dybde av 1,5–2 m. Dybden kan økes senere dersom det er nødvendig. Sett av et område på 0,6 m i en del av veggen i høyre side av snøprofilen. I dette området kan spadeprøve og kompresjonstest foretas.



# Snøskred og friluftsliv

Omtrent halvparten av alle som har omkommet i snøskred siden 1945 har omkommet under friluftsliv, og snøskred en av de vanligste årsakene til dødsulykker ved vinterfriluftsliv og alpin klatring. Selv om vi i Norge også har hatt en del snøskredulykker under fjellklatring, utgjør likevel skiløpere og snøbrettkjørere den største gruppen av de som har vært utsatt for slike ulykker. Snøscooterkjøring i uberørt terreng er ikke noen utbredt friluftaktivitet i Norge (forbudt ved lov i de fleste fjellområder), men det har likevel forekommet en del ulykker også ved slik ferdsel. I USA og Canada har snøscooterkjørere de senere årene utgjort en betydelig andel av de som forulykker i snøskred.

Til forskjell fra de som ferdes langs offentlige veier eller oppholder seg i bygninger når de blir rammet av skred, har de aller fleste som blir tatt av skred under friluftsliv selv hatt en direkte innvirkning på skredutløsningen. Som regel er de tatt av et flaskskred som de selv, eller noen i samme turfølge, har løst ut. Det skjer likevel av og til at folk i fjellet også blir truffet av naturlig utløste skred. Det kan være på grunn av uheldige sammentreff, men det vanligste er nok i situasjoner der de skredtatte har eksponert seg for skredfaren over lengre tid, for eksempel ved klatring i lange snørenner eller overnatting i bivuakk.

Problemstillingen ved ferdsel i fjellet er gjerne å forflytte seg sikkert mellom to punkter i et potensielt skredutsatt fjellområde: Det kan gjelde en tur fra hytte til hytte, klatre en klatrerute eller kjøre ned en bratt fjellside på ski eller snøbrett. I noen tilfeller er det også aktuelt å oppholde seg en tid på ett og samme sted i fjellet, for eksempel ved overnatting i leir.

## Skredfarevurdering

En tilnærming til skredfarevurdering under friluftsliv ble utviklet av NGI i slutten av 80-årene og har vært brukt i de senere år i skredopplæring for turistorganisasjoner og forsvaret. Metoden går ut på at man bruker noen enkle regler og så gradvis går inn på de mer komplekse vurderingssituasjonene. Reglene er basert på erfaringer som kan trekkes ut av statistikken fra skredulykker i Norge og andre land. Statistikken viser at de aller fleste som er tatt av skred under friluftsliv har blitt tatt ved ferdsel i, eller like nedenfor områder der terrenghellingen er 30° eller mer. Dette betyr at de selv har utløst skredet. Skredtypen de har blitt tatt av er tørre flaskskred.

Selv om de fleste som blir tatt selv løser ut skredet bør man alltid ta med i vurderingen hvor stor sjansen er for å blitt tatt av skred som utløses naturlig, det vil si skred som løsner spontant oppe i fjellsiden uten menneskelig påvirkning. Statistikken viser at det er sjelden at skiløpere blir tatt av naturlig utløste

skred, men sjansen øker drastisk jo lenger man oppholder seg i et mulig utløpsområde.

Den første (og viktigste) delen av skredfarevurderingen blir da *terrengvurderingen*. Her bør man stille seg følgende spørsmål:

1. Finnes det bratte nok områder med stor nok utstrekning til at det kan løsne flakskred i det aktuelle terrenget vi skal bevege oss i?
2. Er ruten utsatt for naturlig utløste skred?

Hvis svaret på begge disse spørsmålene er nei, er ikke skred noe problem, uansett hvilke værforhold som inntreffer. Dersom svaret er ja, består den andre delen av skredfarevurderingen i å vurdere *snødekket*. Snødekkets sammensetning har betydning både for sannsynligheten for at det skal løsne naturlige skred og for at vi selv skal kunne løse ut skred. Den enkleste form for snøvurdering går ut på å vurdere om snødekket er tørt eller fuktig. Statistikken viser som nevnt at de aller fleste skredtatte er tatt av tørre flakskred, selv om det er stor ferdseil i fjellet under vårsnøforhold. Vurdering av stabilitet i tørr snø er imidlertid vanskelig og gir sjelden sikre svar.

Før turen starter må man tenke på hvordan været har vært i løpet av den siste uken. Har det snødd eller blåst? Hvor mye snø har det kommet og hvilken vindretning har vært fremherskende? Når man skal oppholde seg i fjellet over tid er det også viktig å danne seg et bilde over hvordan været vil påvirke skredfaren fremover i tid. Dette blir ofte enda mer spekulativt enn snøstabilitetsvurderingen, siden vi dels må basere oss på vår (usikre) vurdering av den aktuelle skredfaren, dels på en forutsigelse om værutviklingen sammen med antagelser om hvordan denne påvirker snøstabiliteten.

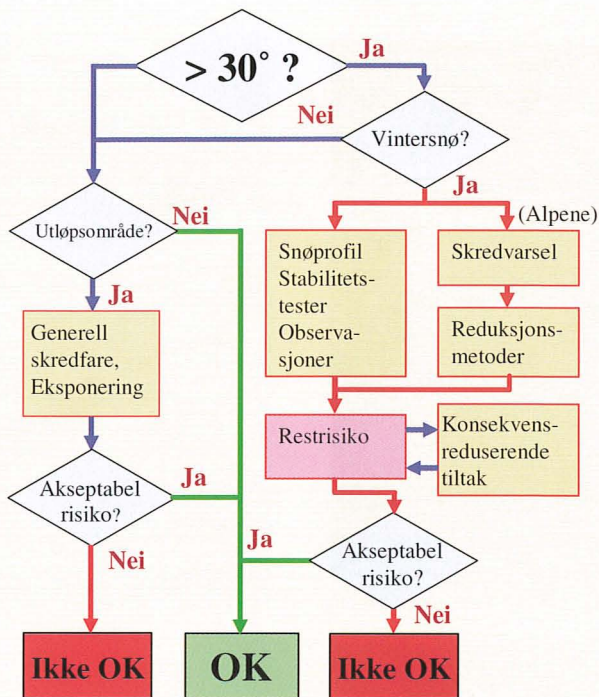
Skredfarevurderingen vil likevel være en viktig del av grunnlaget vårt for å vurdere hva slags risiko ulike veivalg innebærer. Risikovurderingen bør være grunnlaget for våre beslutninger omkring rutevalg, raste- og leirplasser.



*Foto 56. Kan det gå skred i dette terrenget?*

# NGIs vurderingsmodell for ferdsel i vinterfjellet

Modellen bygger på noen enkle statistiske kjennsgjerninger. Den sentrale er at tørre flaskred bare løsner der det er 30° eller brattere. All ulykkesstatistikk viser at de aller fleste som blir tatt av skred under skiløping eller snøbrettkjøring blir tatt av tørre flaskred som de selv eller noen i gruppen de er med i løser ut. Noen få blir tatt av naturlig utløste skred på tur. Det skjer som regel under klatring eller i bivuakk.



## Ikke bratt nok, vårsnø

Her står vi overfor en situasjon hvor det enten er for slakt til at snøskred kan løsne, eller vi har med gjennomfuktet snø å gjøre (vårsnø). Forholdene er da slik at vi ikke selv kan løse ut flaskred (det er fullt mulig å løse ut løssnøskred, men de er vanligvis ikke så farlige). Vi må likevel vurdere risikoen for naturlige skred som løsner lenger oppe og som kan nå ruta vår. Mulig utløpslengde kan for eksempel vurderes med NGIs topografiske utløpsmodell. Det som avgjør sannsynligheten for at slike skred skal treffe oss, er hvor lenge vi oppholder oss i utløpsområdet og den generelle skredfaren.

I denne situasjonen kan vi altså vurdere om risikoen er akseptabel utfra generell skredfare og eksponeringstid. I mange tilfeller kan vi tillate oss å passere et utløpsområde raskt, men det ville være uakseptabelt å slå leir der.

forts.



## Bratt nok, vintersnø

*I denne situasjonen er det både bratt nok og det ligger tørt vintersnø der. Dette betyr at det kan være mulig å løse ut et flakskred. Vi kan si noe om hvor stor sjansen er for at dette skal skje ved å undersøke snødekket på representative steder, teste snøstabiliteten i småheng og ellers følge med på hva som skjer i omgivelsene. I Alpene kan vi også få hjelp til en generell skredfarevurdering fra de offisielle skredvarslene. Her finnes det også metoder for å unngå de statistisk sett farligste situasjonene (for eksempel «Reduksjonsmetoden» utviklet av Werner Munter i Sveits).*



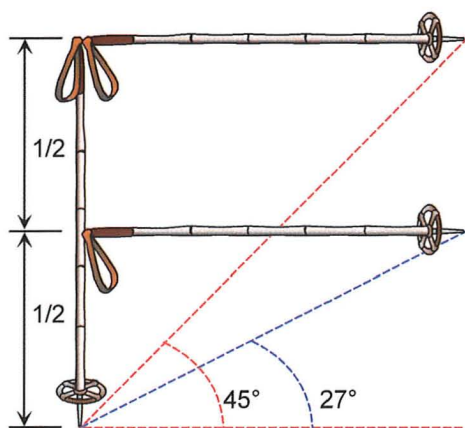
*Foto 57–59. Riktig veivalg? Skred utløst av skiløper. (Foto: R. Ludwig)*

Likevel vil det alltid gjenstå en viss restrisiko. Det kan være fornuftig å prøve å redusere konsekvensene dersom man skulle bli tatt, for eksempel ved å bruke elektronisk søkeutstyr og verneutstyr som hjelm og lignende.

Det er viktig å huske på at vi ikke har noen 100 prosent sikre vurderingsmetoder i denne situasjonen. Det vil derfor alltid være en viss usikkerhet forbundet med i det å bevege seg inn i bratte heng med vintersnø.

## Terrengvurdering

I kapittel 2 under Skredterreng har vi sett at potensielle utløsningsområdet for tørre flakskred, er områder av en viss utstrekning som har en helling på ca.  $30^\circ$  eller mer. I tillegg at det ligger nok snø til at ujevnheter dekket slik at et flak kan dannes, og at det ikke vokser tett skog som binder snødekket.



Figur 38. Bruk av staver til måling av terrenghelling

Med litt trening er det mulig å få et nokså godt skjønn for terrenghellingen. Man kan raskt sjekke om man nærmer seg skredterreng ved å bruke skistavene. Når man holder den ene staven loddrett og den andre vannrett ut fra midten på den loddrette, og begge stavene berører snøoverflaten, er hellingen  $27^\circ$  (1:2), slik som vist på figur 38.

For å måle terrenghelling mer nøyaktig finnes det enkle hellingsmålere å få kjøpt. Enkelte kompassmodeller har også innebygde hellingsmålere i kompasshuset.

Det er viktig å være oppmerksom på at man kan løse ut tørre flakskred der det er slakere enn  $30^\circ$ , eller til og med flatt, hvis man er nær oppunder et bratt heng. Hvis snødekket henger sammen fra flata nedenfor og opp i brattthenget, kan en kollaps i snøen forplante seg oppover og løse ut skredet ovenfor. Alvorlige ulykker som følge av slik bruddforplantning har skjedd flere ganger i Norge, spesielt der skiløpere uforvarende har beveget seg inn i mindre bekkedaler.

Bekkedaler og andre smådaler som ligger på tvers av vindretningen er ofte spesielt skumle fordi det kan danne seg store leheng langs sidene. Når skiløp-



ere går i bunnen av en trang bekkedal, skal det ikke så stort skredvolum til for at han skal bli helt begravd under tunge fokksnøflak.

Mens fjellplatåer, rygger og fjellvegger kan være helt avblåst og nærmest snøfrie, vil lesidene av alle formasjoner som ligger på tvers av vinden samle opp mye snø som følge av vindtransporten. Bekkedaler er nevnt, men renner i fjellsiden som fylles når vinden blåser langs etter dalen, skålformer eller hele kilometerbreie fjellsider som ligger i le for vinden, er typiske utløsningsområder. Som regel er det derfor tryggest å følge de avblåst ryggene dersom man må forsere terreng som er brattere enn 30°.

Høyden på et heng har betydning for at det skal kunne gå skred. Vanligvis er det vanskelig å løse ut et farlig flakskred i et heng som er lavere enn ca. 7–8 m. Dette skyldes at randkreftene som holder flaket på plass betyr forholdsvis mye ved liten flakstørrelse. Likevel bør man vær forsiktig med å undergrave selv heng på noen få høydemeter, siden et flak lett kan skli ut når det ikke har støtte fra underkant og sider. Flere uhell har skjedd i små heng ved snøhule-graving, vi skal huske på at et flak på bare 2 · 2 · 1 m fort kan veie over ett tonn og derfor være livsfarlig.



Figur 39. Følg ryggen, vær trygg!



Foto 60. Bekkedal der et flakskred forårsaket dødsulykke. Fallhøyde ca. 5 m





*Foto 61. Dalføret i forgrunnen kan passeres på ski i godvær, men egner seg neppe som leirplass*

Vi kan også anslå utløpslengden og bedømme hvilke områder nedenfor selve utløsningsområdet som kan bli berørt av skred. Utfra en slik terrengvurdering kan man alltid velge å gå utenom mulige skredområder, så lenge det ligger snø der. Det begrenser imidlertid rutevalgene i stor grad. I mange tilfeller vil det være en akseptabel risiko å passere et utløpsområde. Det forutsetter at utløpsområdet og utløsningsområdet ikke utgjør en sammenhengende snøflate, siden man da kan løse ut skredet ovenfor seg.

Sannsynligheten for å bli truffet av et naturlig utløst skred i utløpsområdet øker med hvor lenge man oppholder seg i dette området (eksponeringstiden). Derfor bør leirplasser være helt trygge; eksponeringstiden er lang, og selv om man vurderer skredsannsynligheten som liten under selve leirslagingen, kan dette forandre seg over natten.

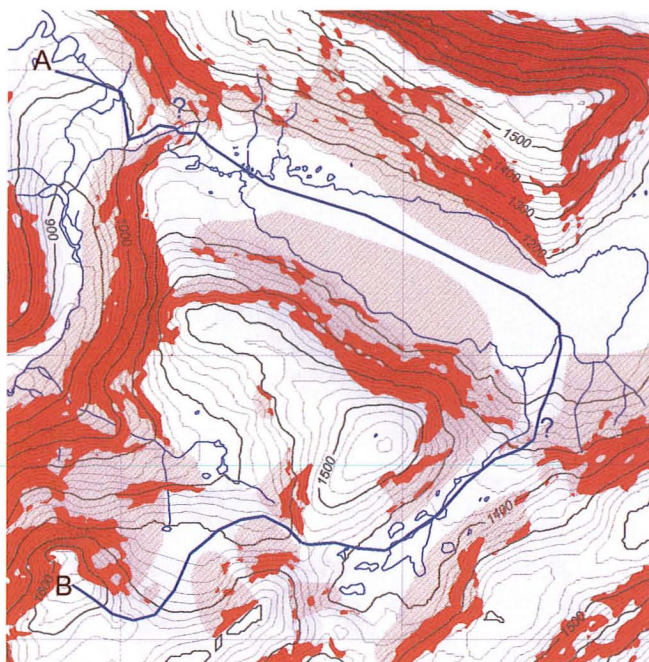
I utløsningsssområder blir problemstillingen annerledes; her betyr ikke eksponeringstiden noe dersom det er vi selv som er den utløsende årsaken. Skal man inn i potensielle utløsningsområder, må man feste så stor lit til snøvurderingene at man er villige til å satse liv og helse på at de er riktige. Dersom man vurderer feil, kan skredet være en felle som bare venter på å slå igjen når noen trår den for nær.

## Terreng og kart

Ved planlegging på kart kan man grovt dele inn terrenget i et turområde i forskjellige terrengkategorier:

1. Utløsningsområde for skred
2. Utløpsområde for skred
3. Ikke skredterreng

Det enkleste er å starte med utløsningsområdene. Der terrenghellningen er  $30^\circ$  eller mer sees på de vanlige 1:50 000-kartene som områder hvor 20-meterskotene ligger tettere enn 0,7 mm, eller hvor 100-meterskotene ligger tettere



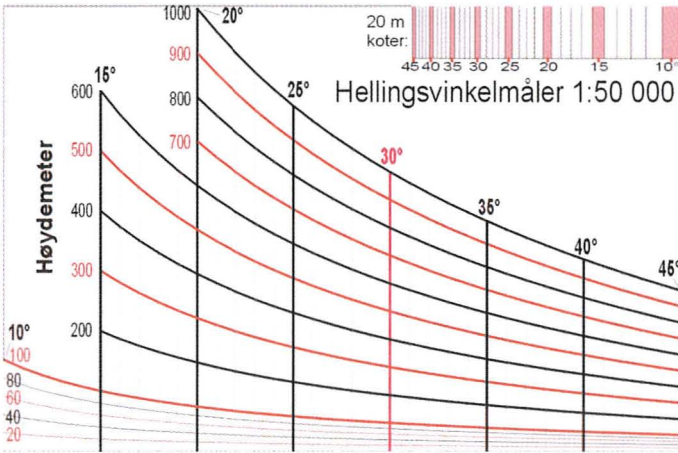
Figur 40. Skredkart med turvalg. Rødt: utløsningsområder, rosa: utløpsområder

enn 3,8 mm. For enkelhets skyld, og fordi kartet bare viser gjennomsnittshelling, kan man benytte 1 mm mellom 20-meterskotene som kriterium for mulige utløsningsområder for skred. Denne avstanden tilsvarer en gjennomsnittshelling på 22°.

Utløpsområdene kan også beregnes på kartet. En enkel tommelfingerregel sier at et skred ikke går lenger horisontalt ut enn tre ganger fallhøyden. Er fjellsiden 1000 m høy betyr for eksempel at en leir er sikker om den ligger tre kilometer ut fra utløsningsområdet. I praksis er det ofte umulig å plassere seg så langt fra en fjellside, slik at man må vurdere å legge leirer under rygger og formasjoner der det ikke løsner skred. En mer nøyaktig beregningsmodell for vurdering av ekstreme skredutløp og som kan være nyttig å kunne også for turbruk er beskrevet i kapittel 7 om skredbevegelse.

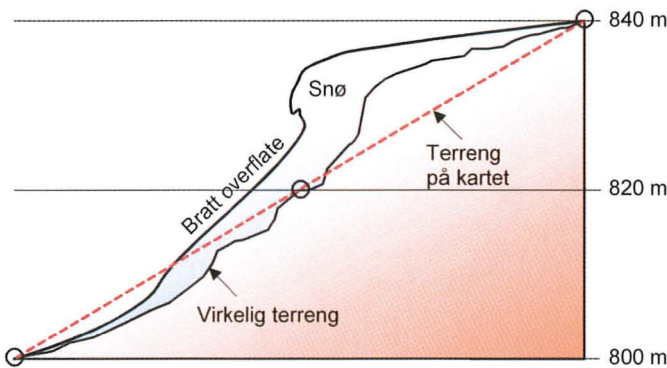
Terrenghellingen på fjellsider kan måles på kartet ved å bruke millimeter-skalaen på kompasset for eksempel og måle koteavstanden slik som beskrevet ovenfor. En sjablon som er laget for direkte avlesning av koteavstand og vinkel er også et praktisk hjelpemiddel. Man kan selvsagt også bruke en kalkulator med trigonometriske funksjoner (gjennomsnittlig helling = invers tangens av vertikal høyde/horisontal lengde).

Ikke-skredterreng er terreng som er for slakt til at skred kan løsne og hvor skred ikke kan nå frem. Det kan også være terreng hvor skogen står så tett at store nok snøflak ikke kan gli ut. I praksis må skogen da være så tettvokst at det blir vanskelig å stå på ski ned gjennom den. Dersom skredet løsner høyere oppe, hjelper det ikke at skogen står tett nedenfor, fordi snøskred lett går inn i – eller gjennom skogområder når de først har løsnet.



Figur 41.  
Sjablon for  
måling av ter-  
renghelningen  
på kartet

Uansett hvor grundig man studerer terrenget ut fra kartet må man gjøre den endelige vurderingen ute i terrenget. Årsaken er at det alltid vil være formasjoner som ikke går frem av kartet; teoretisk sett kan det forekomme stup på nesten 40 m uten at dette vises på et vanlig turkart med 20-meterskoter. Siden kartet bare viser gjennomsnittshelningen mellom kotene vil det også være mindre partier som er brattere enn det kartet viser. Å tolke kart riktig bygger mye på trening og erfaring



Figur 42. En  
bratt skråning  
kan ligge mellom  
kotene uten å  
synes på kartet,  
og snøen kan  
lage skråningen  
brattere enn den  
er på sommerføre

## Snøen

Når man har vurdert terrenget, kommer turen til snøen. Snøens stabilitet er ofte vanskelig å vurdere riktig selv for folk med lang erfaring. Det er først når man beveger seg inn i skredenes utløps- og utløsningsområder at man trenger å vurdere snøens stabilitet. I det første tilfellet er kravet til pålitelighet til vurderingen ofte ikke så stort, mens det i det andre tilfellet kan være absolutt.

Stabilitetsvurdering i tursammenheng må være en kontinuerlig prosess; fjellsidenes eksposisjon og helning skifter, høyden over havet varierer og været forandrer seg. Alt dette gjør at stabilitetsforholdene kan endre seg radi-

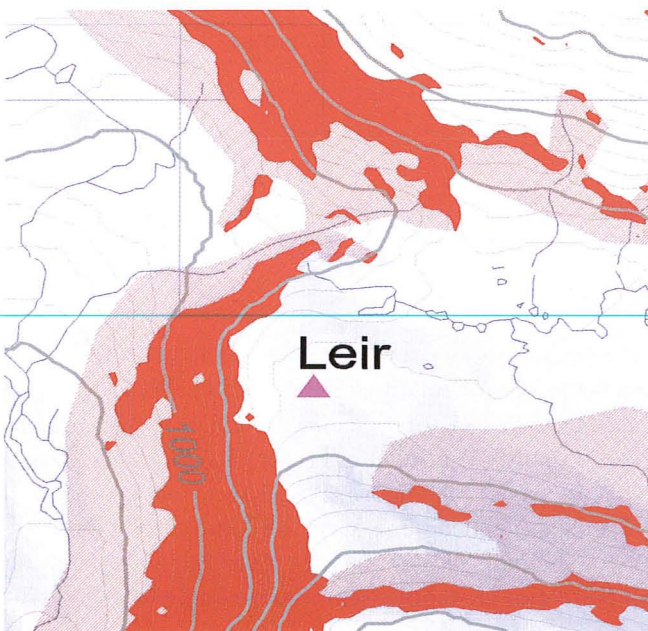


kalt alt etter hvor vi befinner oss. Det meste av informasjonen om skredfaren under en tur kommer ikke fra de formaliserte prosedyrene som nevnt i tidligere kapittel, men fra observasjoner som gjøres underveis.

Et nøkkelspørsmål når man skal vurdere faren for skred er om snøen i utløsningsområdet er våt eller tørr. Forskjellen på tørr og våt snø består i at i den tørre snøen finnes snøkrystaller som kan ha en meget labil «korthus»-struktur, og som tåler liten belastning før de kolliderer. I våt snø derimot er det ikke isforbindelser på samme måten, men i stedet en mer grynaktig konsistens gjennom hele snødekket.

Selv om det går naturlige løssnøskred i våt snø, er skiløping i bratt terreng generelt sikrere utpå våren enn midtvinters siden skredene om våren er mer forutsigbare. Våte skred som utløses av skiløpere, løsner gjerne fra skiene og nedover i fjellsiden. Slike skred kan bli store nok, men det skal mer til å bli dratt med i et slikt skred og de er først og fremst farlige dersom man kommer i veien for dem. Et snødekke som stadig utsettes for vekslende mildvær og kulde, slik det ofte er i kystnære strøk, kan også være stabilt fordi skarelagene som dannes på grunn av tining og frysing virker som armering i snøen.

Skal man danne seg et mer nøyaktig bilde av hva som skjuler seg under snøoverflaten kan man grave et snøprofil. I samband med snøprofilen kan man teste stabiliteten med en rutsjblokktest som tidligere omtalt. Stedet man graver i bør være et lite, ufarlig heng som likevel er representativt med hensyn til helling, høyde over havet og himmelretning i forhold til det område som man er mest interessert i å vurdere. Hjelpemidlene man bruker varierer etter hvor omfattende undersøkelser man gjør, men spade, snøsag og snor til å sage ut rutsjblokka er det mest nødvendige. Fremgangsmåten kan læres på kurs eller av venner som har fått opplæring i dette.



Figur 43.  
Kartskisse, trygg  
plassering av leir.  
Rødt: utløsnings-  
områder, rosa:  
utløpsområder

Like viktig som å grave i snøen, er det å være oppmerksom på tegn i omgivelsene. Ferske skred er et innlysende tegn på at snødekket er ustabil. Et annet tegn på ustabil snødekke er drønn i snøen når man går på ski. Slike drønn skyldes luft som presses ut når svake sjikt nede i snødekket bryter sammen.

Stabilitetsvurderingen er ikke noe man bare gjør én gang og så er man ferdig med det. Snøforholdene vil variere fra sted til sted og med høyden over havet, og det å se og lytte etter tegn, og stadig oppdatere vår oppfatning om snøen, er en prosess som må foregå i bakhodet hele tiden. Når man er underveis kan man ta små avstikkere for å teste snøen i småheng for å se om snøen sprekker opp i flak eller om man hører drønn.

En hovedgrunn til at stabilitetsvurdering i vintersnø er såpass vanskelig er at snøforholdene varierer innen en og samme fjellside. På grunn av at de ustabile områdene i snødekket kan ligge spredt utover et brattheng får man en «minefelt»-problematikk. Dersom man er uheldig og treffer på en «mine», kan man løse ut et skred som sprer seg over hele bratthenget, selv etter at flere av kameratene nettopp har passert like ved uten problemer. Konklusjonen blir at snøstabilitetsvurderinger sjelden er helt sikre når det gjelder fjellsider med tørr vintersnø.

## Været

Snødekkets stabilitet avhenger av vær- og snøutviklingen både på kort og lang sikt. Før turen starter må man tenke på hvordan været har vært i løpet av den

Tabell 15. Eksempel på sjekkliste for skredfarevurdering før og under en tur i vinterfjellet

Fase	Terrenget	Snø og vær
1. Hjemme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terrenganalyse på kart, hvor kan det gå skred?</li> <li>• Rutebeskrivelser</li> <li>• Tidligere erfaring, hvor har det gått skred?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Værvarsel; hvordan blir været?</li> <li>• Værstatistikk; hvordan har været vært?</li> <li>• Skredvarsel?</li> <li>• Snømengde</li> </ul>
2. Underveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hvordan er synsinntrykket av terrenget?</li> <li>• Hvordan er den generelle snøfordelingen? I hvilke hengretninger ligger det mest snø i?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hvordan er været i området? Stemmer værvarslet?</li> <li>• Har det nylig gått skred?</li> <li>• Hvordan er de generelle snøforholdene?</li> <li>• Drønn i snøen?</li> <li>• Hva viser stabilitetstester?</li> </ul>
3. Enkelt-henget	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hva er den reelle terrenghellingen (målt)?</li> <li>• Hva er en sannsynlig skredutbredelse i dette henget?</li> <li>• Hva er et sannsynlig skredforløp? Hvor vil skredet ende (utfor stup)?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hvordan er snøen i henget? Vindpåvirket?</li> </ul> <p>Hva viser en representativ stabilitetstest?</p>

siste uken. Har det snødd eller blåst? Hvor mye snø har det kommet og hvilken vindretning har vært fremherskende? I tillegg må man vite hvordan været vil utvikle seg i løpet av den tiden man er i fjellet. Ut fra dette danner man seg en oppfatning hvorvidt været fremover vil gjøre snødekket mer ustabil enn det er akkurat nå.

Som nevnt i kapittel 9 går de aller fleste naturlig utløste snøskred under eller like etter perioder med vind og nedbør. En plutselig temperaturstigning kan også føre til akutt skredfare.

Oftest er det de brå forandringene i været som er direkte utløsende årsak, enten dette er temperaturstigning, store nedbørmengder i løpet av kort tid eller vindøkning.

## Risiko og sikkerhetstenkning

I tursammenheng bør man avklare med seg selv og turkameratene hvilken risiko man er villige til å akseptere. Menneskelig adferdspsykologi spiller sterkt inn her, men beslutninger bør være basert på objektive kjensgjerninger og ikke faktorer som gruppepress, prestisjefag eller ønsketenkning. En måte å dempe subjektive vurderinger på når man står foran et valg, er at man avklarer hva som er akseptabel risiko allerede før turen.

I store deler av Norge det er fullt mulig å unngå snøskredterreng, selv når vi ferdes i fjellet. Noen ganger er det nødvendig å finne ruter som er sikre til enhver tid og under nesten alle tenkelige snøforhold, for eksempel når man legger opp til merkede løyper som skal brukes av mange over lang tid. I mange sammenhenger vil det likevel være akseptabelt å passere områder der det er en viss sannsynlighet for at skred kan nå frem. Mange veier på Vestlandet og i Nord-Norge er utsatt for naturlig utløste skred, noe som folk flest er innforstått med. Erfaring viser også at det bare er i begrensede perioder at det er farlig for naturlig utløste skred.

Hva er faren ved å bli tatt? De fleste som blir tatt av snøskred overlever, men det er ganske vanlig med slag- og bruddskader. I medisinsk terminologi blir skredskader klassifisert som en «høyenergi»-skade. Dette innebærer at det å bli funnet raskt ikke alltid er nok til å berge liv. Det viktigste sikkerhetstiltaket er derfor å begrense sannsynligheten for å bli tatt ved å velge en skredsikker rute.

Under enkelte aktiviteter kan det å bli tatt av snøskred være en reell mulighet, slik som løssnøkjøring på ski eller snøbrett i bratt terreng. Dersom man skulle løse ut et skred er det avgjørende å komme seg ut til siden før skredet får for stor fart. Man må imidlertid handle raskt; i løpet av noen sekunder kan det være for seint.

Når man først er tatt, kan skadene begrenses i en viss grad, avhengig av skredtype og bevegelse. Det sier seg selv at dersom man blir dratt med skredet utfor et høgt stup er det lite man kan gjøre, men i andre tilfeller kan man prøve å redusere konsekvensene ved ulike forebyggende tiltak.

Tiltakene forutsetter at man er forberedt på muligheten for at det kan gå skred, men de gir ikke noen garanti for at man overlever.



1. **Unngå å bli dratt med:** Prøv å stå på ski (snøbrett) ut til siden av skredet. Som regel mister man balansen og faller i det skredet går. Prøv da å kvitte deg med skiene eller snøbrettet så fort som mulig. Forsøk å gripe fatt i trær eller andre ting som kan hindre at du blir dratt med når skredet skyter fart.

2. **Unngå mekaniske skader:** Reduser sjansen for slag- og bruddskader under ferden nedover i skredet ved å bruke verneutstyr som hjelm, utløserbindninger og ryggskinne. Prøv å styre unna trær, steinblokker og klipper.

3. **Unngå å bli begravd:** Prøv om mulig å holde hode og overkropp over snøen ved hjelp baksing og svømmende bevegelser. Det finnes ryggsekker som er utstyrt med innebygd «airbag» som øker sjansen for å havne på overflaten når skredet stopper. Airbagen er mest effektiv når man blir tatt relativt langt oppe i skredbanen.

Forsøk med en kraftanstrengelse å komme deg til overflaten når skredet er i ferd med å stoppe. Som regel er det dessverre ikke mulig å bevege seg dersom du blir helt begravd, men i spesielle tilfeller kan det være mulig å grave en åpning til overflaten når skredet har stoppet.

4. **Lett søket etter deg:** Sørg for at turkamerater eller øyevitner kan finne deg raskt dersom du blir begravd. Rop ut når du blir tatt, slik at de blir oppmerk-

Tabell 16. Prioritering av tiltak og hva som kan oppnås av sikkerhet ved ulike tiltak

Tiltakstype	Mål og metoder	Utstyr og kompetanse	Sannsynlighet for å redde liv
Ulykkesforebyggende	Unngå skredfarlig område. Terrengvurdering, snøvurdering, risikoanalyse.	Kart, kompass, hellingsmåler. Opplæring og erfaring med sikre veivalg.	
Skade-reducerende	Unngå livstruende skader. Unngå slag- og bruddskader mens skredet går. Unngå å bli begravd under snøen når skredet stopper	Verneutstyr som hjelm, utløserbinding, ryggskinne mm. Flytehjelp (ABS-skredballong). Opplæring og trening i bruken av utstyret.	
Kamerat-redning	Lokalisering og fremgraving innen 15 minutter. Rask og systematisk innsats av turkamerater.	Elektronisk søkeutstyr. Søkestang og spade. Førstehjelpsutstyr. Opplæring/trening.	
<b>Organisert redning</b>	Lokalisering og fremgraving innen 45 minutter. Raskt og systematisk søk, fremgraving, behandling og transport av skredtatte.	Lavinehund. Elektronisk søkeutstyr. Søkestenger og spader. Førstehjelpsutstyr. Transportmidler. Store og veltrente mannskapsstyrker.	

somme på situasjonen og kan følge utviklingen av skredet. Bruk elektronisk søkeutstyr (kombinerte sendere og mottakere) som er slått på sendning under hele turen, sørg på forhånd for at alle turkameratene dine har slikt utstyr og at de er trent i bruken av det. Ved riktig bruk er dette en rask måte å lokalisere en skredtatt på. Slikt utstyr bruker i dag en standardfrekvens (457 kHz) slik at apparat fra ulike produsenter kan benyttes mot hverandre, selv om det kan være noen variasjoner i anbefalte søkemetoder.

I tillegg til søkeutstyr er det viktig at turkameratene også har solide spader til å grave med.

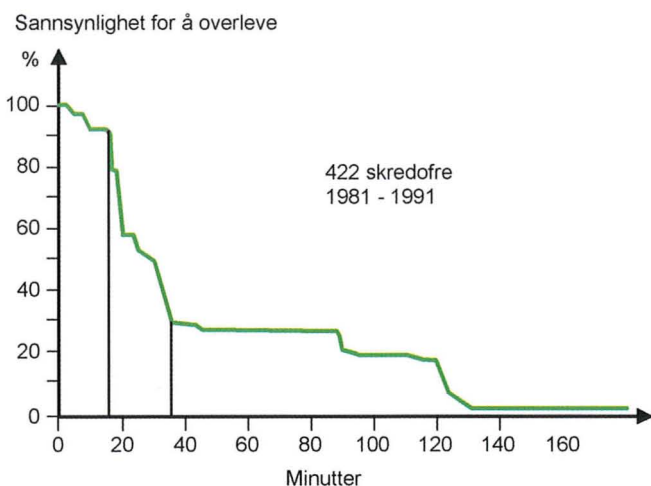
**Reduser omfanget:** For å redusere omfanget av en skredulykke og øke sjansen for en rask redningsinnsats, bør ikke flere personer enn nødvendig utsettes samtidig for en eventuell fare, og i skredutsatte områder bør man passere en og en med god avstand.

# Søk og redning

Dødsulykker i forbindelse med snøskred skjer vanligvis på grunn av at ofrene begraves med hodet under snøen og omkommer på grunn av luftmangel eller påføres alvorlige skader mens skredet går. Disse to skadetyperne er de vanligste dødsårsakene i snøskred. I tillegg hender det at skredtatte rett og slett fryser i hjel før de blir gravd frem. Konsekvensene av å bli tatt av snøskred varierer sterkt, og kan sammenlignes med elveulykker. Hvor farlig det er å ramle ut i en elv avhenger av hvor stor og hvor stri elva er, om det er fosser og stryk, og i noen grad av hvor flink man er til å svømme. Dødsulykker kan skje selv i små bekker dersom man er uheldig, men faller man ut i en stor elv med fosser og stryk, er sannsynligheten for å drukne ikke bare større, det er også stor sannsynlighet for alvorlige slag- og bruddskader.

Når snøskredet kommer til ro blir den som er tatt oftest liggende som støpt fast, uten mulighet for å bevege seg, og de færreste som blir helt begravd klarer å grave seg ut ved egen hjelp. Årsaken er at skredmassene raskt pakker seg sammen og sintrer etter at skredet har kommet til ro. Skredsnø kan veie opp mot  $500 \text{ kg/m}^3$  eller mer og være svært fast. På grunn av presset på brystkassa av snøtyngden blir det vanskelig å utvide lungene nok til å trekke pusten på normal måte, noe som fører til opphoping av karbondioksid i blodet. I tillegg kan oksygentilførselen hindres fordi oksygenet i snøen rundt ansiktet tar slutt eller fordi nese og munn er stappet full med tettpakket snø. Uten oksygen til hjernen inntreer bevisstløshet etter 4–5 minutter og permanente hjerneskader og død kan inntreffe etter 8–10 minutter.

Det finnes en del eksempel på at skredtatte har overlevd mye lengre med lite eller ingen oksygenførsel, noe som kan skyldes nedsatt stoffskifte som følge



Figur 44. Diagram over overlevelses-sannsynlighet





*Foto 62. De færreste overlever skred så lenge som denne minnesteinen vitner om*

av generell nedkjøling. Men statistikk fra skredulykker viser at de aller fleste som er begravd i snøskred er avhengige av en rask fremgraving for å overleve. En undersøkelse antyder at overlevelsessjansen er over 90 prosent dersom man blir funnet innen 15 minutter, men bare 25 prosent etter 45 minutter, se figur 44. Ved store blødninger og alvorlige bruddskader kan tidsfaktoren også være avgjørende, selv om den som er tatt har tilgang til luft.

## Kameratredning

En skredulykke er ofte krevende sett fra et redningsmessig synspunkt. Man vet ikke nøyaktig hvor de skredtatte befinner seg, og at det haster med å finne dem. Det kan også bli nødvendig å måtte ta seg av skadede som krever livreddende førstehjelp, ly og transport, alt under vinterforhold og kanskje langt til fjells. Det å lokalisere den eller de skredtatte er imidlertid det umiddelbare problemet man står overfor.

De fleste skredtatte som blir reddet, blir funnet av kamerater eller øyenvitner. Det er en naturlig følge av at det oftest tar lengre tid for den organiserte redningstjenesten å komme frem til ulykkesstedet. Ved en typisk snøskredulykke i norske fjell er det gjerne over en times skigåing til nærmeste telefon, dersom man ikke har mobiltelefon med seg. I tillegg har redningstjenesten en varslings- og transporttid inn til skadestedet. I beste fall tar det kanskje to timer fra skredet gikk til den organiserte redningstjenesten er på plass, forutsatt at det er flyvær for helikopter eller snøscooterføre. I mange tilfeller vil det ta betydelig lengre tid.

Tiden det tar å lokalisere en skredtatt er avhengig av hvor raskt og systematisk man arbeider, samt hva slags utstyr man har å hjelpe seg med. Det utstyret man trenger er i første omgang noe å stikke i snøen med og noe å grave med. Helst bør dette være søkestang og spade. Man kan bruke skistaver og ski, men disse er langt mindre effektive i bruk. Søkestang og fjellspade er anvendelig utstyr til nær sagt enhver fjelltur om vinteren, og ikke bare til bruk ved redning. Det er derfor god grunn til å ha med seg slikt utstyr i sekken, uten at man dermed tar sikte på å bevege seg inn i mulige skredområder.

I fjellsportmiljøene er det blitt nokså vanlig å benytte elektronisk søkeutstyr. Slikt utstyr er det mest effektive som finnes for å lokalisere skredtatte, og kan være en god investering. Dersom det er sannsynlig at den eller de som er tatt har slikt utstyr, er dette det første man må prøve å søke med.

## Sikkerhet under redningsaksjonen

Det første spørsmålet man må stille seg ved en redningsaksjon er: Er det sikkert nok til at vi kan gå inn i skredområdet og lete? Denne vurderingen er vanskelig å gjøre i en presset situasjon, men i en situasjon der det har skjedd en ulykke, må det ikke skje en ulykke til. Ofte er faren minst i området der skredet nettopp har gått, og størst i tilsvarende heng der det ennå ikke har gått skred. Men man må vurdere om skred som løsner fra nærliggende utløsningsområder også kan komme ned der man skal inn og lete. I tvilstilfeller kan man sette av en person på et sikkert sted for å varsle om mulige etterskred. Uten at det skjer påfyll av nye snømasser er det sjelden at det løsner nye skred i det samme utløsningsområdet, selv om bruddkanten av og til kan se truende ut.

## Oppstart av søk

Dersom ulykken har skjedd langt til fjells, er det viktig å sette inn maksimal innsats i den første fasen. Der det er mulig å melde ifra med mobiltelefon (til nødnummer 112), skal man selvsagt gjøre det. Som oftest er det riktigst å vente med å sende folk etter hjelp, hvis det innebærer at søkeinnsatsen reduseres den første kritiske timen. I en situasjon med generell skredfare er det kanskje heller ikke tilrådelig la en person alene få oppgaven med å ta seg ned til bygd.

Før søket starter, er det en fordel at egne ski og sekker samles på ett sted utenfor skredet. Det første stedet der noen setter utstyret sitt, vil sannsynligvis bli brukt som depot av alle som senere kommer frem til skredområdet. Er depotet plassert uheldig, kan det bli til hindring for søkearbeidet eller til og med sette de som oppholder seg i depotet i fare. Depotet må derfor plasseres utenfor skredet, i et skredsikkert område og helst på lesiden av skredet slik at en eventuell lavinehund ikke blir distraheret av luktene fra depotet.

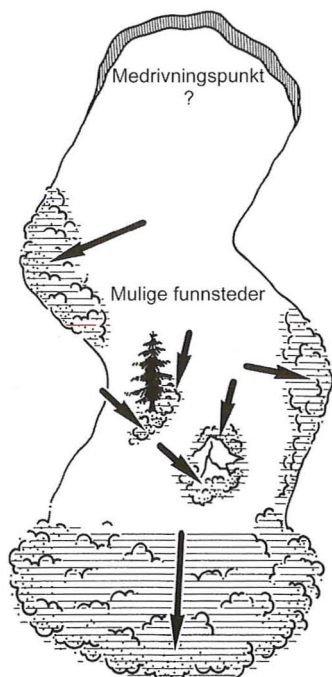
## Første søkefase

Den første fasen i søket er et *overflatesøk med punktsondering*, med mindre bruk av elektronisk søkeutstyr er aktuelt. Overflatesøket er viktig, siden det er

i denne tidlige fasen sjansen er størst for å redde liv. I overflatesøket går man manngard over skredet for å se etter livstegn og gjenstander mellom skredblokkene. Det er også viktig å lytte. Gjenstander som vi finner lar vi ligge, og merker dem med par av skistaver, kvister eller lignende som settes i et kryss (standard hjelpekorpsmarkering for funn i skredet). Gjenstandene må ikke fjernes, men stikker det for eksempel opp en skistav av snøen er det viktig å undersøke om staven fortsatt henger på den skredtatte.



Figur 45. Sondetang, spade, elektronisk søker



Figur 46. Overflatesøk med punktsondering på sannsynlige funnsteder

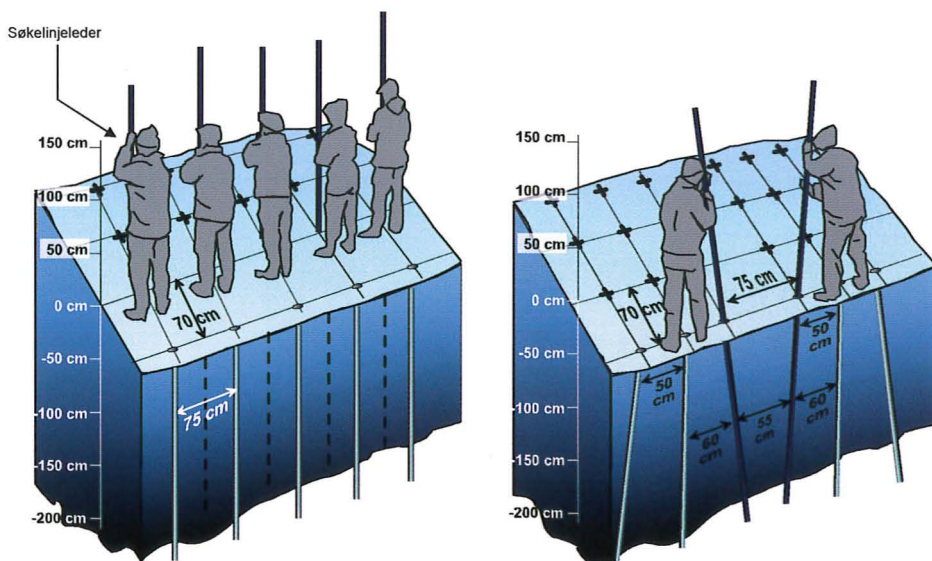


*Punktsondering* går ut på at man stikker med søkestangen i nærheten av der man har funnet gjenstander under overflatesøket ved hindringer i skredbanen som trær og oppstikkende steiner og i mindre bakevjer i skredet. Det er ikke meningen å utføre et omfattende søk eller bruke mye tid på samme sted slik at fremdriften i overflatesøket hemmes, men å stikke noen få ganger på sannsynlige funnsteder.

## Andre søkefase

Når overflatesøket med punktsonderingen er gjort, må man sette i gang med en systematisk sondering av skredet ved hjelp av grovsøket. Med både begrensede ressurser og tidsnød er det viktig å prioritere i hvilket område man først bør sette inn søket (kalt primær søketeig i denne sammenhengen). Hvor er det mest sannsynlig å finne skredtatte? Grunnlaget for prioriteringen er øyenvitnenes observasjoner, spor inn i skredet, gjenstander på overflaten og en vurdering av skredets strømningsmønster nedover skredbanen.

Noen i turfølget har kanskje sett medrivningspunktet, der vedkommende ble tatt av skredet, og forsvinningspunktet, der vedkommende forsvant i skredmassene. Dersom man tenker seg strømmingen i et skred omtrent som i en elv, kan man ved hjelp av egne observasjoner og de opplysningene man får, anslå den sannsynlige linjen nedover i skredet som den skredtatte har fulgt. Skredets strømming er avhengig av baneformen, skredhastigheten og snøens egenskaper, og kan arte seg forskjellig ved forskjellige skredtyper. Hvis skredet betraktes som en væskestrøm, vil strømningshastigheten være størst i midten og øverst i strømmen, mens den avtar mot sidene og bunnen. Skredtatte som befinner seg nær kantene av skredet, vil sannsynligvis stoppe høyere oppe i skredbanen enn dem som befinner seg sentralt i skredmassene. Ofte vil det



Figur 47. Skisse av søk med sondestang

lønne seg å gå opp skredet og danne seg et bilde av skredets bevegelse ovenfra for bedre å bedømme hvor skredtatte kan ligge.

Normalt vil et menneske trekkes nedover i skredmassene fordi densiteten til et menneske er opptil tre ganger så høy som for skredsnøen. Lette gjenstander som klesplagg, ski og staver vil ofte havne på overflaten. Store gjenstander som snøscootere og beltevogner, har en tendens til å havne på overflaten på grunn av såkalt invers segregasjon, en effekt som finnes i granulære materialer i bevegelse.

Til grovsøk brukes det som kalles *trepunkts grovsøk*. Letemannskapene stiller da opp side ved side med dobbel armlengdes avstand (fingertupp mot fingertupp) mellom hver person. Ved søk med stenger er det viktig at noen tar på seg oppgaven å være søkelinjeleder, for eksempel personen ytterst på flanken som kan kontrollere innrettingen og koordinere fremflyttingen av søkelinjen. Utgangsposisjonen for søkemannskapet er at søkestangen hviler på skulderen og peker skrått frem i snøen 70 cm, midt foran personen. På kommando «søk!» går søkelinjen et skritt frem og stikker søkestangen loddrett to meter ned i snøen. Deretter følger to sonderinger ca. 50 cm ut til hver side, det vil si tre hull per fremflytting. Når sonderingen er ferdig går man til «ferdigstilling» (samme som utgangsposisjonen), venter på at alle i linjen er klar og får en ny søkekommando. Siden det er viktig å ha oversikt over området som er gjennomført til enhver tid, må man merke av gjennomførte områder med for eksempel ski eller staver.

Dersom man kjenner noe mistenkelig med søkestangen, må det graves. Vanligvis vil det være en karakteristisk fjærende følelse når et menneske treffes med en sondestang. Det er likevel viktig at søket ikke stopper opp på grunn av et ubekreftet funn. Søket må fortsette mens noen graver ved det antatte funnstedet. Det kan jo vise seg at man har funnet en ryggsekk, mens den savnede egentlig ligger noen meter lenger borte.

Hvis gravingen viser at det er et menneske som er funnet, må vi snarest sørge for at vedkommende får luft. Snøen i, og rundt munn og nese fjernes, og brystet frigjøres fra trykket fra snøen. Avhengig av tilstanden til personen, må



Foto 63. Søkekjede med sondestang



vi kanskje starte med livreddende førstehjelp (hjerne/lungeredning, stoppe store blødninger) allerede nede i gropen. Dersom vedkommende kan ha alvorlige skader, må vi grave ut en sjakt i hele personens lengde og helst litt under. Den skadede løftes/trekkes forsiktig ut av snøen og over på liggeunderlag/sovepose og en improvisert bære (for eksempel av to par ski og noen staver). Vær oppmerksom på at den skadede kan være nedkjølt og derfor må behandles varsomt og ikke utsettes for ytterligere nedkjøling. Prøv å få vedkommende i le, sørg for varme, varm drikke, nærhet og adekvat førstehjelp.

Hvis det ikke blir gjort funn ved søk i den første søketeigen, må neste søketeig vurderes. Man må huske på at grovsøk ikke gir en statistisk funnsannsynlighet på mer enn rundt 80 prosent slik at det er relativt stor sjans for å bomme. Dersom man har gode grunner til å anta at den skredtatte ligger i den sist av søkte teigen, bør man søke over denne en gang til.

Sammendrag av fremgangsmåten ved kameratredning:

- Forsøk å følge med på hva som skjer i skredet når det går.
- Vurder egen sikkerhet.
- Anslå det mest sannsynlige området for funn.
- Sett i gang med overflatesøk, punktsondering og merking.
- Ring 112 hvis mulig.
- Skaff overblikk og vurder første søketeig for grovsøk.
- Start systematisk grovsøk i det mest sannsynlige området.
- Fortsett med grovsøk til hele området er søkt over minst to ganger.

## Bruk av elektronisk søkeutstyr

Det finnes i dag elektronisk søkeutstyr på markedet som er beregnet for turbruk. Når utstyret brukes riktig og er i teknisk god stand, er dette det mest effektive søkemidlet vi har for kameratredning. Alt elektronisk søkeutstyr som er beregnet for bruk til kameratredning sender og mottar i dag på samme frekvens, 457 kHz. Søk kan derfor gjennomføres med enheter av annet fabrikat enn den som er begravd. Det er imidlertid en del forskjeller i de tekniske løsningene til de ulike produsentene. Metodikken for søk med nyere elektronisk søkeutstyr er derfor delvis produktspesifikk, slik at det er viktig å lese bruksanvisningene nøye og å trene med det utstyret man vil bruke på tur.

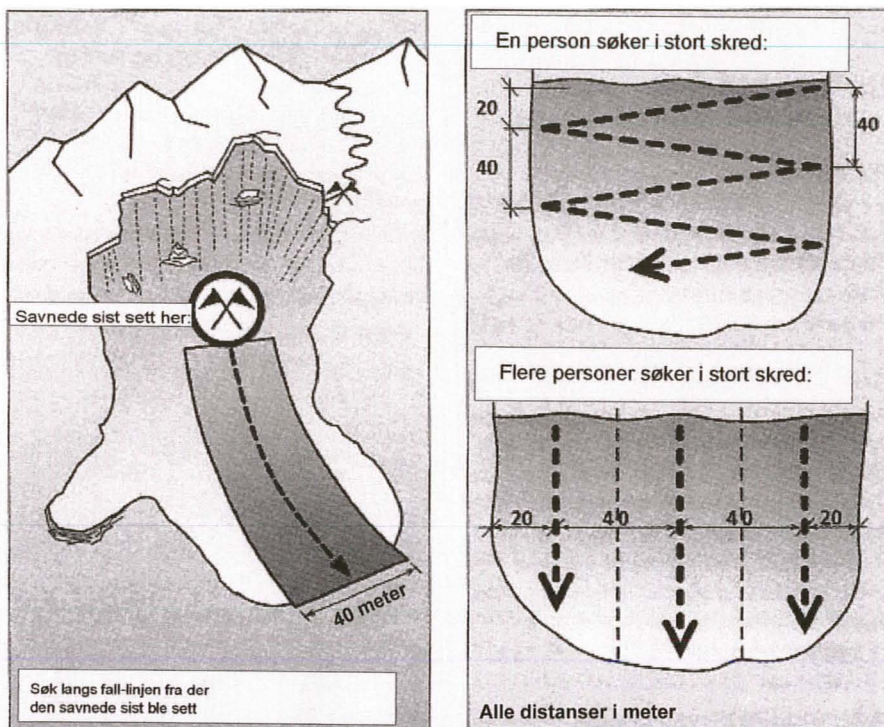
Alle i turgruppen tar på seg utstyret og setter det på sendning når de begir seg ut på tur. Dette innarbeides som en fast prosedyre på organiserte turer. Hvis en eller flere i turfølget blir tatt av skred, slår de gjenværende sine søkeenheter over til mottak, slik at de kan lokalisere den eller de som er tatt av skredet.

Søkemethoden som er beskrevet nedenfor, er basert på digitale sendere/mottakere, som er de mest brukervennlige. Analogt utstyr brukes til dels annerledes, men kan være svært effektivt ved kyndig bruk. Metodene for raske søk med analogt utstyr krever imidlertid jevnlig trening og nokså inngående kjennskap til virkemåten av utstyret. Grunnleggende er at bare mannskaper som



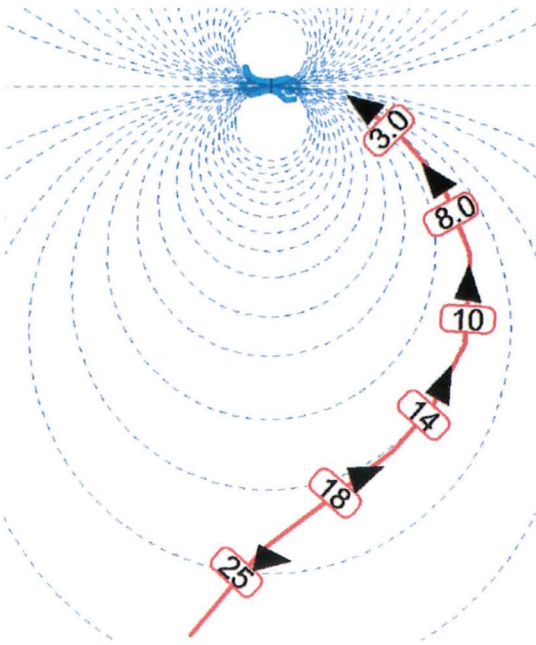
driver med søk, har sine apparater på og at ingen andre på overflaten har apparatene på sendning. Sendere til personer som blir funnet i skredet, slås av så fort som mulig dersom det er flere som er savnet.

Vanligvis deler man inn et søk med sender/mottakerutstyr i tre faser. I den første fasen i søket prøver man å fange inn signalet fra den som ligger under snøen. Fremgangsmåten varierer noe ut fra om man har holdepunkt for sannsynlig område, for eksempel falllinjen nedenfor der den savnede sist ble sett, hvor stort skredet er og hvor mange man er som søker. I denne fasen brukes utstyret som et peileapparat som beveges i horisontal stilling fra side til side for å oppfange signalet. Når et signal oppfanges, kan det være lurt å markere dette stedet. Man forsetter så i den retningen hvor man hører et klart signal.



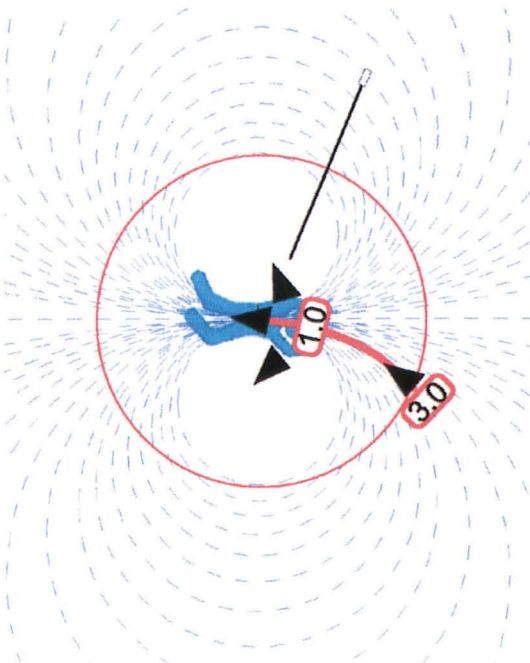
Figur 48. Fase 1. Det er flere muligheter for å søke over et skred. Minimumsavstanden mellom søkelinjene kan være forskjellige for ulike sendere

I den andre søkefasen gir digitale mottakere en retnings- og avstandshenvisning. På grunn av at følsomheten til utstyret avhenger av orienteringen til antennespolene i apparatene, vil retning og avstand som regel ikke være langs en direkte linje til den begravede senderen, men følge feltlinjene fra denne. Det betyr at man får en retningsanvisning som følger en buet linje inn mot den skredtatte.

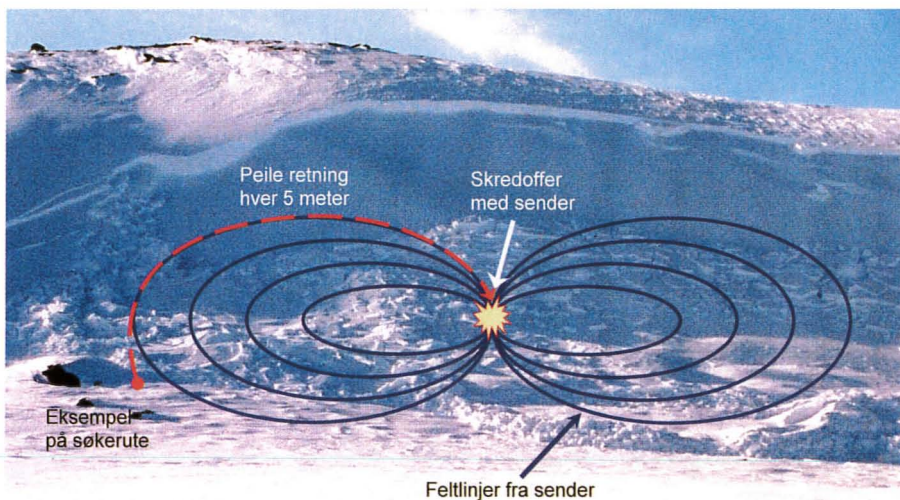


Figur 49. Fase 2. Mottakerens retningsanvisning (svart pil) følger feltlinjene til senderen

Den tredje fasen i søket begynner når avstandsindikatoren viser ca. 3 m. Nå holdes mottakeren helt nede inntil snøoverflaten og beveges mot pilens retning. Når mottakeren er omtrent over den skredtatte, vil retningsindikasjonen ikke gi mening (pilene peker i flere retninger). I denne situasjonen er det raskest å lokalisere den skredtatte nøyaktig med sondestang.



Figur 50. Fase 3. Mottakeren holdes nær snøoverflaten for fínsøk. Den skredtatte lokaliseres nøyaktig med sondestang



Figur 51. Bruk av elektronisk søkeutstyr

Moderne søkeutstyr gir også indikasjoner på om det er signal fra flere sendere i skredet, og utstyret viser retningen til den som er nærmest. Dersom flere skredtatte ligger nær hverandre (5–7 m), kan det være vanskelig å skille ut enkeltseidere. Her finnes det ulike søkestrategier som varierer noe med utstyrstype, og disse står gjerne beskrevet i bruksanvisningene. I slike tilfeller kan bruk av analogt utstyr ha en viss fordel på grunn av høyere oppløsning i lydsignalet. Dersom skredet er stort og de skredtatte ligger spredt, kan det hende at man må begynne på søkefase 1 på nytt.

De vanligste feilene ved bruk av elektronisk søkeutstyr skyldes at man ikke på forhånd har lest bruksanvisningen nøye nok og trent på bruken av utstyret. Det hender også at skredtatte blir raskt lokalisert, men at de som søker mangler redskap for en rask nok fremgraving. Sondestang og spade er derfor helt nødvendig tillegg utstyr for en effektiv redningsinnsats.

## Andre typer elektronisk søkeutstyr

Det finnes også elektroniske systemer beregnet på organisert redning. Recco er et slikt system som er basert på passive svargivere i form små elektroniske brikker som skiløpere kan montere i skistøvlelene eller i klærne. Søkingen foregår ved at en radiosender/mottaker blir ført over snøen av letemannskapet. Når signalet fra senderen treffer Recco-brikken, reflekteres signalet tilbake til søkerenheten. Brikken trenger ikke strøm og er vedlikeholdsfril, men signalet absorberes i noen grad av vann. Man bør derfor alltid ha to brikker, en på hver side, siden kroppen kan skjerme for signalet. Dette betyr også at



rekkevidden er variabel i forhold snøtypen, men under gunstige betingelser kan den være mellom 150 og 200 m. Fordelen med et slikt system er at det direksjonelt, det vil si at det gir en entydig retningsanvisning mot den skredtatte.

Magnetometer er et instrument som registrer lokale endringer i jordens magnetfelt. Disse endringer blir forårsaket av magnetiske objekter som større metallenheter. Magnetometer kan brukes til å lokalisere for eksempel biler eller snøscootere i større skred. Metoden er begrenset til objekter av metall og egner seg ikke for søk etter mennesker.

Radar er et alternativ som kan registrere alle typer objekter under snøoverflaten. Radaren sender radiobølger inn i snøen og bølgene blir så reflektert av bakkeoverflaten eller fra objekter som befinner seg i snøen. Når radaren blir ført over snøoverflaten dannes det et kontinuerlig bilde av snøen på radarskjermen. Objekter i snøen danner et tydelig signal som sees mellom snøoverflaten og bakken. En radar kan raskt dekke større områder og finne personer fra 5–10 m snødybde. Radar ble blant annet brukt i leteaksjoner i snøskred på Svalbard og i Chamonix vinteren 2001 for å lokalisere forulykkede. Foreløpig er radarutstyret teknisk krevende og tungt å transportere. Men mindre og enklere enheter kan bli standardutstyr for letemannskaper og skiheisanlegg i fremtiden.

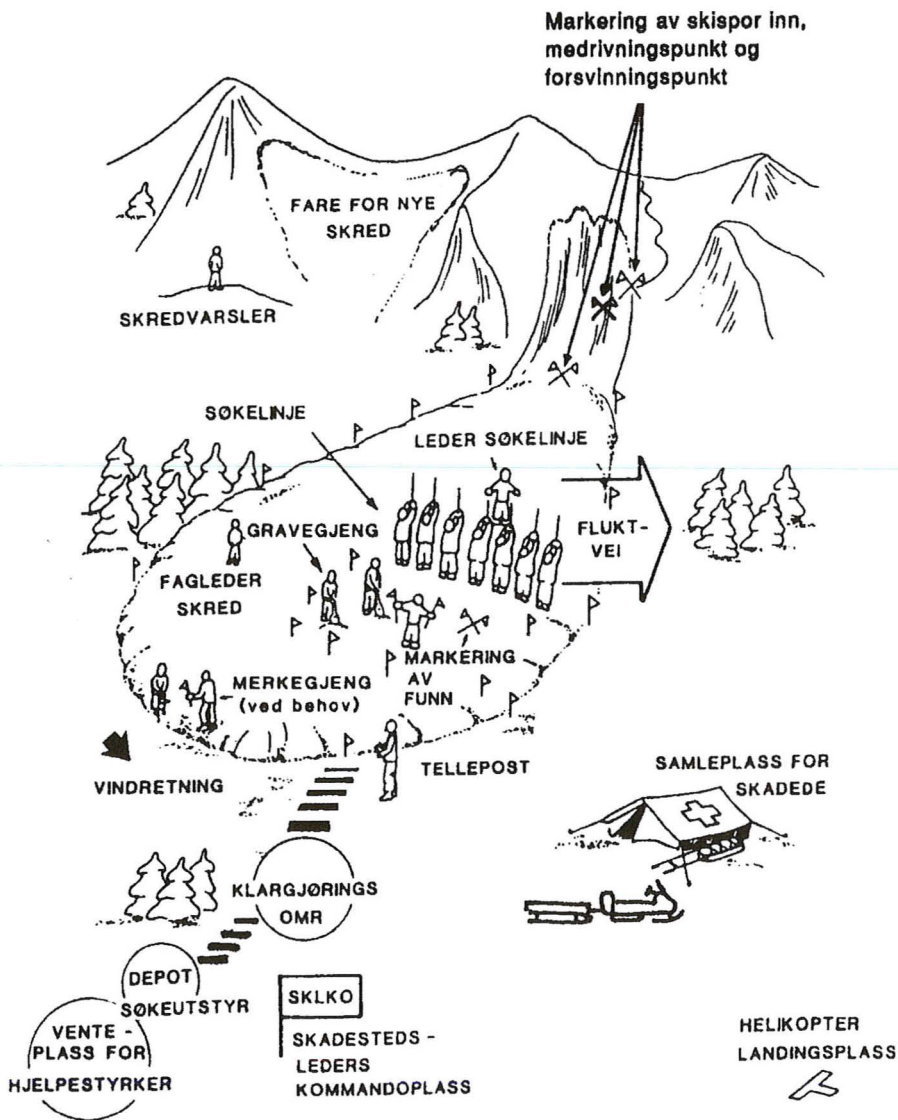
## Organisert redning i snøskred

I Norge ligger ansvaret for Redningstjenesten til Justis- og politidepartementet. Redningsinnsatsen ledes i utgangspunktet av en av de to hovedredningsentralene (HRS) i Bodø og Stavanger, men ledelse og koordinering delegeres ofte ved mindre ulykker til politikamrene som utgjør lokale redningssentraler (LRS). Ved en ulykke peker LRS ut en lokal skadestedsleder (SKL) ved det lokale politi- eller lensmannskontor. Ved alle ulykker er det derfor politiet som har ansvaret for å koordinere redningsarbeidet.

Skadestedslederen har ansvaret for å lede og koordinere innsatsen på selve skadestedet og oppretter en kommandoplass (SKLKO) nær skadestedet. Skadestedsleder rekvirerer også nødvendige ressurser gjennom (LRS), som for eksempel helikopter og lavinehund, og kan anmode de lokale frivillige redningsorganisasjonene om bistand.

Under skredulykker er det ofte andre enn skadestedsleder som kommer frem til skadestedet først, for eksempel folk fra Røde Kors Hjelpekorps eller Norsk Folkehjelp Sanitet. Skadestedsleder kan da utpeke en av disse som antas særlig kompetent på området til fagleder skred. De nevnte organisasjonene har egne fagkurs for fagledere.

Fagleder Skred leder og organiserer innsatsen i selve skredområdet. Metodene for søk er i utgangspunktet det samme som i kameratredning, men redningsinnsatsen er ofte langt mer krevende å organisere på grunn av store



Figur 52. Organisering av skredområde

mannskapsstyrker og andre ressurser som skal settes inn på en sikker og mest mulig effektiv måte.

Ofta vil lavinehund og fører komme til skadestedet samtidig eller kort tid etter at den organiserte redningsinnsatsen starter, men i noen tilfeller kan det være nødvendig å benytte andre søkemetoder etter hvert som tiden går uten at man finner de savnede. Skredulykker som har rammet bebyggelse er ofte særleg krevende fordi skredet da inneholder bygningsdeler, møbler og mat m.m., som gjør et effektivt søk vanskelig. I en del tilfeller må man ta i bruk finsøk (søkemønster 30 · 30 cm, til 3 m dybde) og graving av parallelle grøfter.



*Foto 64.  
Lavinehund  
er fortsatt det  
mest effektive  
søkemiddel*

Når man betrakter en skredulykke på denne måten, innser man fort at det må handles raskt dersom redningsarbeidet skal være effektivt. Det viktigste er som nevnt å finne den skredtatte så fort som mulig, og det er det vi må bruke tiden til etter at ulykken har skjedd.





# Kartlegging av skredområder

For å øke sikkerheten og beredskapen mot skredulykker er det viktig å kjenne til hvilke områder som kan utsettes for skredfare. For å identifisere slike områder har det i mange år vært drevet kartlegging av hvor det tidligere har forekommet skred og også hvor det kan tenkes å forekomme skred i fremtiden. Utarbeidelse av slike skredfarekart er særlig nyttig i forbindelse med beredskapsarbeid og planlegging av boligområder og fritidseiendommer, men skredkart er også nyttige med tanke på veitrafikk, anlegg i fjellet, kraftlinjer, vinterøvelser i Forsvaret og lignende.

I stadig flere land blir det gjennomført en systematisk kartlegging av skredfarlige områder for å øke sikkerheten mot skred.

## Karttyper

Skredkart kan utarbeides i forskjellig målestokk, og med forskjellig innhold. I hovedtrekk skjelnes det mellom:

- Oversiktskart
- Detaljkart

Oversiktskartene er vanligvis i målestokk 1:50 000. I denne målestokken er det begrenset hva som kan komme med av detaljer om hvert enkelt skredområde. Denne karttypen er først og fremst nyttig ved utarbeidelse av oversiktsplaner.

Detaljkartene er i målestokk 1:5000 eller 1:1000. På kartene gjengis så nøyaktig som mulig det man kjenner til om hvert enkelt skred, slik som største kjente utbredelse, årstall, største beregnede utløp, skader etc. Kartene ligger til grunn for videre detaljplanarbeid.

Oversiktskart og detaljkart kan utarbeides som to forskjellige karttyper:

- Registreringskart
- Faresonekart

## Registreringskart

Registreringskart omfatter opplysninger om skred som har inntruffet gjennom tidene. Vanligvis tegnes skredene inn på kartet i sin største kjente utbredelse, og i hvilket år dette skjedde. Nøyaktigheten i opplysningene om det enkelte skred vil variere, og det bør fremgå av kartene hvilken usikkerhet som ligger i inntegningen av skredgrensene.





Vanligvis er det mulig å innhente opplysninger om skredhendelser som er 100–200 år gamle, forutsatt at området i nærheten av skredet har vært bebodd. I enkelte tilfeller kan kunnskapen om inntrufne skred gå flere hundre år tilbake.

Fordelen med registreringskart er at man får god oversikt over historiske skredhendelser i lokalsamfunnet. Ulempen med kartene er at man ikke har noen garanti for at alle potensielle skredområder er kommet med eller om skredene det er innhentet opplysninger om har gått i sin største utbredelse. Derfor kan kartene ikke benyttes direkte i beredskaps- og planarbeidet uten å suppleres med vurderinger og beregninger av rekkevidde og skredsannsynlighet.

For å utarbeide registreringskart er det nødvendig med et inngående feltarbeid der lokale kjentfolk intervjues om skred på stedet. I tillegg benyttes skrevne kilder slik som lokalhistorie, lensmannsutskrifter, kirkebøker, lokalaviser etc. Kvaliteten på kartene er i stor grad avhengig av i hvilken grad man har tilgang til lokal informasjon, og hvor mye tid man er villig til å avsette til kildegranskning og intervjuer med lokalkjente. I enkelte tilfeller kan det forekomme meningsforskjeller i lokalmiljøet om hvor og når det aktuelle skred har gått og dette må det tas hensyn til i ved utarbeidelsen av kartene.

## Faresonekart

Detaljerte faresonekart bygger i stor grad på registreringskartverket der det finnes historiske opplysninger om skred. I tillegg bygger faresonekartet på geologiske/ terrengmessige undersøkelser og vurderinger for å fastslå mulig skredutbredelse som ikke dekkes av registreringskartet. Ofte finnes det potensielt skredutsatt terreng der det ikke er kjent at skred har forekommet, men der det likevel er mulig at skred kan inntreffe. Videre foretas det beregninger av mulig rekkevidde og frekvens (hyppighet) av hvert skred. På kartet tegnes både registrerte skred og beregnet ytre grense for skred inn med den sannsynligheten som tilsvarer byggeforskriftenes krav eller andre aktuelle sikkerhetskrav.

Utarbeidelse av detaljerte faresonekart er en tidkrevende prosess, som omfatter feltarbeid og inngående vurderinger av lokalklima, geomorforlogiske undersøkelser som spor i terrenget etter skred, vegetasjonsanalyser og lignende, samt bruk av beregningsmodeller for rekkevidden av skred. I mange tilfeller må også skjønnsmessige vurderinger benyttes når det gjelder sannsynlighet og rekkevidde av skredene.

Sammen med faresonekartet utarbeides det en tekstdel der det inngår opplysninger om skredtype, utløsningsområde, observert rekkevidde av skred, beregnet rekkevidde, kildehenvisninger til informanter osv. Her må det også legges inn en begrunnelse for lokaliseringen av faresonene.

## Skredkartlegging i Norge

Kartlegging av skredutsatte områder startet i vårt land i 1936 på Sunnmøre, med utarbeidelse av registreringskart over inntrufne skred. Det topografiske kartgrunnlaget var imidlertid mangelfullt og det var derfor vanskelig å lage nøyaktige kart. I 1960- og 1970-årene kom de nye topografiske kartene over hele landet i målestokk 1:50 000 (M711), samtidig som det økonomiske kartverket i målestokk 1:5000 ble utarbeidet. Grunnlaget for å lage gode skredkart ble derfor betydelig forbedret ved disse to kartseriene, og det ble laget registreringskart i målestokk 1:50 000 og 1:5000 i en rekke kommuner, først og fremst i Møre og Romsdal. I alt ble det registrert ca. 2000 snøskred i sin største kjente utbredelse.

## Oversiktskart

I 1980 startet Statens naturskadefond faresonekartlegging av kvikkleire-, stein- og snøskredområder. Kartene er oversiktskart i målestokk 1:50 000, og utarbeides i to serier. Den ene viser områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Den andre serien viser potensielle fareområder for stein- og snøskred. Kartleggingen begrenser seg til områder i nærheten av vei eller bebyggelse, det vil si der det enten ligger bebyggelse i dag eller der det er sannsynlig at det etableres bebyggelse.

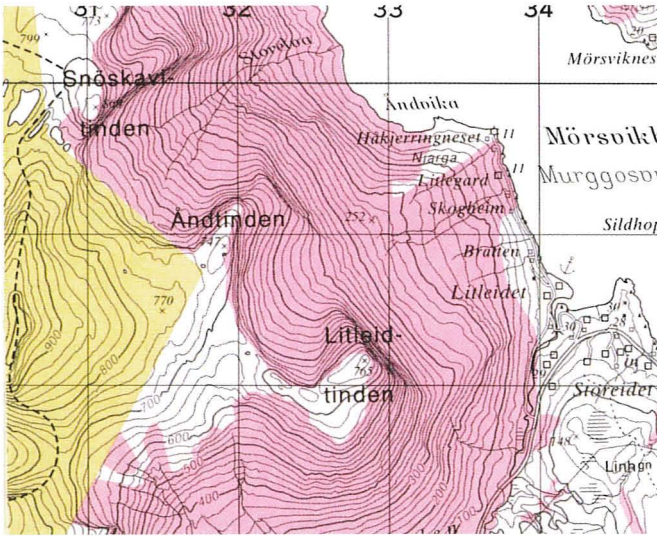
Statens naturskadefond hadde inntil 1995 ansvaret for utgivelsen, med NGI som faglig produsent. I dag (2003) har Miljøverndepartementet ved Statens Kartverk ansvaret for utgivelsen. Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) vil overta ansvaret fra 2004, der NGI står som faglig ansvarlig for kartleggingen.

Kartene er ment å gi en første indikasjon på eventuell skredfare. Kartene er delt i tre soner:

- Hvit farge: Områder med liten eller ingen fare for stein- og snøskred
- Rød farge: Potensielle fareområder for stein- og snøskred
- Gul farge: Områder som ikke er vurdert

Den reelle faren for skred, det vil si hvor ofte skred vil forekomme, vises på kartet. Kotegrunnlaget på kartet benyttes til å beregne hvor skred kan tenkes å løses ut og hvilken rekkevidde skredene vil få i dalbunnen. Der terrenget er brattere enn 30° er det antatt at skred kan bli utløst. Videre beregnes rekkevidden av stein- og snøskred ved hjelp av topografisk/statistiske beregningsmetoder. For snøskred er denne metoden beskrevet i kapittel 7. For steinskred finnes en lignende metode. På grunn av at målestokken på kartet er liten blir unøyaktigheten i kartet så vidt stor at det kan finnes områder innenfor de røde sonene som er sikre nok til å oppfylle plan- og bygningslovens sikkerhetskrav. Det er derfor vanskelig å benytte kartet til detaljplanlegging. For slike formål bør oversiktskartet suppleres med detaljundersøkelser eller detaljfaresonekart.

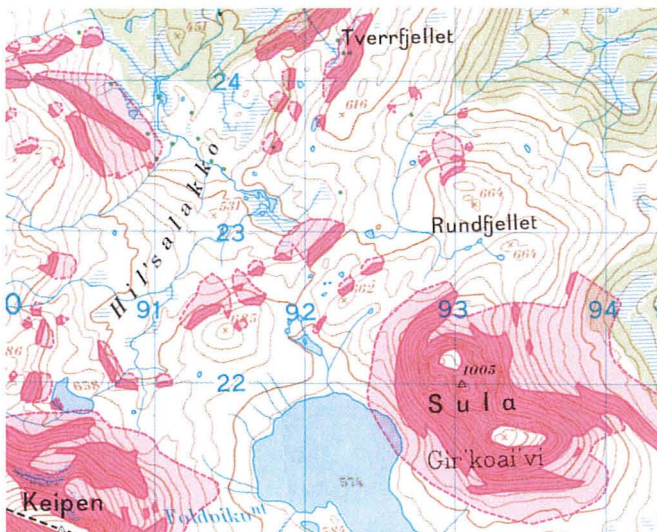




Figur 54. Oversiktskart stein- og snøskred. Rødt: mulige fareområder; gult: ikke kartlagt, hvitt: trygt

Oversiktskartene er først og fremst ment som informasjon til kommuner og andre som arbeider med arealplanlegging, og de kan kjøpes av Statens Kartverk.

Forsvaret har fått utarbeidet oversiktskart over potensielle snøskredområder. Disse kartene er også oversiktskart i målestokk 1:50 000 og dekker det meste av fjellterrenget i Troms, deler av Finnmark og Nordland samt deler av sentrale fjellstrøk i Sør-Norge. På kartene er det vist hvor skred kan tenkes å løsne det vil si terreng brattere enn 30°, og utstrekningen av utløpsområdene i dalbunnen. Kartene var opprinnelig ment å dekke militære formål, men vil bli tilgjengelig for sivil bruk også.



Figur 55. Utsnitt av Forsvarets snøskredkart. Rødt: uløsningsområder; rosa: utløpsområder



## Detaljkart

På oppdrag fra en del kommuner er det utarbeidet detaljerte faresonekart. Disse kartene viser hvilke områder som er utsatt for skredfare relatert til sikkerhetskravene i plan- og bygningsloven (pbl). Vanligvis er alle typer skred som kan tenkes å forekomme området tatt med.

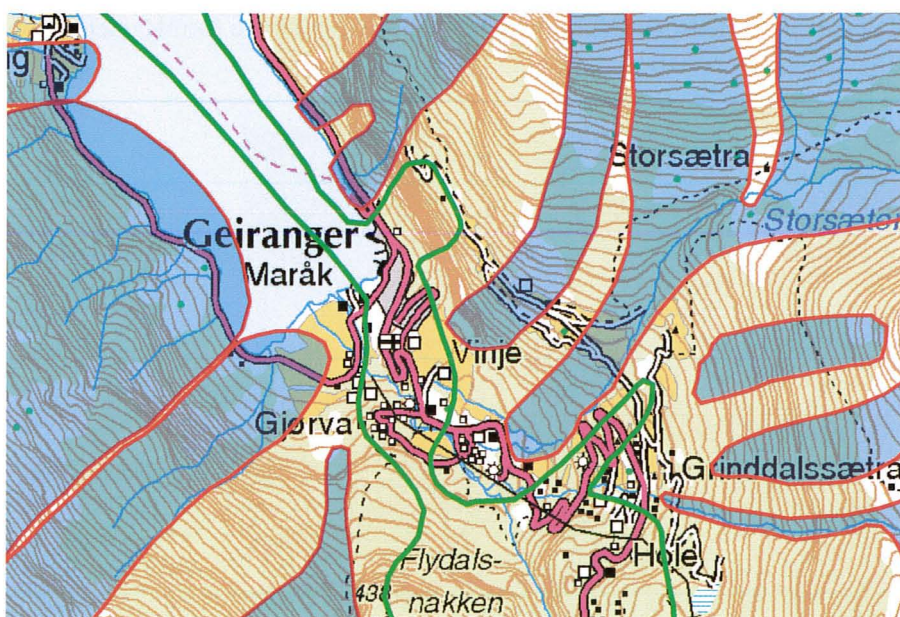
Kartene kan for eksempel være delt i tre soner som viser områder der faren for skred er større enn:

- 1/100 per år i gjennomsnitt
- 1/333 per år i gjennomsnitt
- 1/1000 per år i gjennomsnitt

Disse tallstørrelsene refererer seg til sikkerhetskravene i pbl, se neste kapittel.

En skredsannsynlighet på 1/100 per år gjelder bygninger som garasjer og naust, og 1/1000 per år omfatter blant annet våningshus, hytter og driftsbygninger. 1/333 per år er den største tillatte sannsynlighet for gjenoppbygging av våningshus etter brann eller omfattende skader.

Et detaljert faresonekart vil først og fremst kunne benyttes til fremtidig arealdisponering, som grunnlag for evakuering i kritiske situasjoner dersom deler av bebyggelsen ligger innenfor faresonene, og til prioritering av sikringstiltak for eventuell skredutsatt bebyggelse. Slik sett bør denne type kart ha stor nytteverdi.



Figur 56. Utsnitt av detaljert faresonekart for snøskred fra Geiranger med inntegnede grense for skredsannsynlighet 1/1000 per år. (grønt) og registrerte skred (blått)

## Skredkartlegging i andre land

I alpelandene der kartlegging av skredutsatte områder har kommet lengst, har man innsett behovet for detaljerte faresonekart i målestokk 1:5000 og 1:1000. I Sveits og Østerrike ble slike kart påbegynt i løpet av 1970- og 80-årene. På disse kartene fastlegges faregrenser, trykkvirkninger og hyppighet av skred i detalj ut fra kjennskap til historiske skred og ved hjelp av beregningsmodeller. Utarbeidelsen av slike kart er påbudt i områder der det kan tenkes å forekomme skred, og kostnadene til utarbeidelsen dekkes av statlige myndigheter.

Basert på erfaringer fra andre land bør faresonene fastlegges både av eksperter og av representanter for myndighetene. I Østerrike som har lengst erfaring med landsomfattende faresonekartlegging, oppnevnes en kommisjon i hver kommune som har ansvaret for dette arbeidet. Kommisjonen har en representant fra vedkommende departement, fylke og kommune, samt en skredeksperter. Etter at faresonekartet er utarbeidet, legges dette ut til offentlig høring. Deretter blir det stadfestet av departementet, og går inn som en offisiell del av plangrunnlaget for arealanvendelsen i kommunen og i fylket.

Hvordan faresonekartet formelt skal godkjennes som et offentlig dokument og inngå i beredskaps- og planarbeidet her i landet må diskuteres og tilpasses blant annet norske plan- og reguleringsbestemmelser, eventuelt også diskuteres med politiet og andre beredskapsmyndigheter.





# Lover og regler i forbindelse med snøskredfare

## Akseptabel risiko

Hva som er akseptabel risiko for skader som følge av ulykker i samfunnet er i prinsippet et politisk spørsmål. Politiske myndigheter må ut fra sine prioriteringer vurdere hvor mye av samfunnets midler som skal investeres for å redusere forskjellige risiki.

«Samfunnet» har forskjellig oppfatning av hva som er akseptabel risiko for forskjellige typer ulykker. Risiko defineres som produktet av sannsynlighet og konsekvens. Konsekvensen av en ulykke er igjen et uttrykk for omfang og sårbarhet. Derved skulle mange ulykker med liten konsekvens gi samme samfunnsrisiko som sjeldne ulykker med stor konsekvens. Store, men sjeldne ulykker har imidlertid en tendens til å bli betraktet som verre enn mange mindre ulykker, selv om samfunnsrisikoen i løpet av et gitt tidsintervall er den samme. Overført til skred vil en stor, men sjelden skredhendelse ha en tendens til å få større oppmerksomhet og bli omfattet av større innsats enn de mange mindre skredulykker der summen av de samfunnsmessige konsekvenser kan være større.

Type ulykke blir også betraktet forskjellig. Det forekommer at dødsulykker ved brann eller i trafikken for eksempel blir betraktet som mindre alvorlige enn dødsfall ved skredulykker blant annet ut fra den oppmerksomhet naturulykker omfattes av i vårt moderne samfunn.

I hvilken grad en risikofylt situasjon aksepteres avhenger også av i hvilken grad man opplever situasjonen som frivillig eller påtvunget. Dersom situasjonen er basert på en frivillig aktivitet som fjellklatring eller bilkjøring, viser erfaring at man aksepterer en større sannsynlighet for ulykker, enn om situasjonen er påtvunget, som for eksempel personell under militær kommando. I litteraturen oppgis her et forholdstall på 1:10 mellom akseptabel risiko for en påtvunget aktivitet og en frivillig aktivitet.

Årsaken til dette er at man i en frivillig aktivitet oftest har følelsen av å ha herredømme over situasjonen, mens man i en påtvunget aktivitet er avhengig av andres beslutninger.

Videre kommer også «følelsen» av fare inn; den følte fare kan være svært forskjellig fra den reelle fare, men det er den følte fare som er avgjørende for graden av aksept i en gitt situasjon.

For personer i boligområder som ligger utsatt til for skred eller andre naturskader, må man gå ut fra at situasjonen føles påtvunget i og med at beboerne ikke har herredømme over en eventuell fare og i liten grad kan påvirke mulig-

heten for at en ulykke skal inntreffe. I tillegg har myndighetene vanligvis ansvaret for lokaliseringen av bebyggelsen, og i dette ligger det også et moment av ufrivillighet.

Friluftaktiviteter som skiløping eller fjellklatring må regnes som frivillige aktiviteter der det aksepteres en høyere risiko fordi man har valgt aktiviteten selv og kan foreta vesentlige beslutninger som påvirker sannsynligheten for uhell.

## Plan- og bygningsloven

To av paragrafene i plan- og bygningsloven er spesielt viktige når det gjelder bebyggelse og skredfare, henholdsvis paragraf 25 og 68.

*I § 25 heter det blant annet: I-reguleringsplanen avsettes i nødvendig utstrekning: ... 5. Fareområder: ... områder som på grunn av ras og flomfare ... ikke tillates bebygget.*

Den paragrafen i plan- og bygningsloven som har særlig relevans til skredfare spørsmål er §68. Her sies det:

*«Grunn kan bare bebygges dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Bygningsrådet kan for grunn eller område som nevnt i første ledd, om nødvendig nedlegge forbud mot bebyggelse eller stille særlige krav til byggegrunn, bebyggelse og uteareal.»*

I Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven (utgave 1997) er det subjektive begrepet «tilstrekkelig sikkerhet» kvantifisert i og med at det er angitt tallmessige krav til hvilken sikkerhet ulike typer bygninger skal ha mot naturpåkjenninger som «skred, flom sjø og vind.» (§7-32). Kravet til sikkerhet ved plassering av bygning er basert på fire sikkerhetsklasser:

*«Sikkerheten mot skred antas å være tilfredsstillende når byggverk i sikkerhetsklasse 1, 2 og 3 med medhørende utvendige bruksarealer dimensjoneres eller sikres slik at normtallene i tabellen nedenfor oppnås. Byggverk i sikkerhetsklasse 4 skal ikke plasseres i skredfarlig område.»*

Tabell 17 Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområder

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle, årlige sannsynlighet for skred
1	liten	$10^{-2}$
2	middels	$10^{-3}$
3	stor	$<10^{-3}$
4	meget stor	0

Kravet i forskriftene er formulert ut fra at jo større konsekvensen av skred kan bli, desto lavere nominell sannsynlighet for skred aksepteres. Med nominell sannsynlighet menes at den reelle sannsynlighet ikke kan beregnes nøyaktig, og at det derfor må legges en viss skjønnsmessig vurdering til grunn i beregningen av sannsynligheten for skred.

I Veiledning til Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (utgave 2002) er det gitt retningsgivende eksempler på bygninger som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene:

- *Sikkerhetsklasse 1:* Mindre garasjer, båtnaust, lagerskur med lite personopphold, brygger for sport og fritid.
- *Sikkerhetsklasse 2:* Små hus og tilsvarende bygg for næringsdrift, hytter, driftsbygninger i landbruket samt mindre kaier og havnearlegg.
- *Sikkerhetsklasse 3:* Andre bygg.
- *Sikkerhetsklasse 4:* Bygninger som ikke skal plasseres i skredfarlig område.

Fordi det ikke er mulig å lage sikkerhetsklasser for alle typer bygninger må kommunen utvise skjønn ved plassering av bygningstyper i de ulike klassene.

Som det fremgår av tabellene og beskrivelsene ovenfor er naust og garasjer plassert i klasse 1, med største tillatte sannsynlighet for skred på  $10^{-2}$ , eller ett skred per 100 år i gjennomsnitt.

Små hus og tilsvarende bygninger, det vil si de fleste vanlige våningshus er plassert i klasse 2 og med største tillatte sannsynlighet på  $10^{-3}$ , eller ett skred per 1000 år i gjennomsnitt. Det samme gjelder hytter og driftsbygninger i landbruket.

For hytter som kun benyttes i den tiden da skredfare ikke opptrer, er største tillatte sannsynlighet satt til  $3 \cdot 10^{-3}$ , det vil si ett skred per 333 år i gjennomsnitt.

Større bygninger som for eksempel skoler, barnehager eller sykehus må plasseres i klasse 3, der største sannsynlighet for skred skal være mindre enn  $10^{-3}$ . Kommunen skal fastsette akseptabel sannsynlighet i hvert enkelt tilfelle.

## Sikkerhet for bestående forhold og planlagte forhold

Et viktig prinsipp ved innføringen av kvantifiserte risikonivå i Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven i 1985 var at sikkerhetskravene for skred mot bebyggelse skulle gjelde ny eller planlagt bebyggelse, ikke den bestående. Plan- og bygningsloven med tekniske forskrifter kan i tråd med vanlig praksis ikke gis tilbakevirkende kraft. Dermed er det kun bebyggelse som er oppført etter innføringen av forskriftene i 1985 som i utgangspunktet må tilfredsstillende de tallfestede kravene til sikkerhet mot skred. I mange sammenhenger har det likevel vært spørsmål om hvilken sikkerhet mot skred eldre bebyggelse har krav på. Som generell regel kan man si at bebyggelse har krav på den sikker-



het som var angitt i lovverket på det tidspunkt bebyggelsen ble etablert. Flere rettsavgjørelser har stadfestet dette prinsippet.

Senere er det også blitt klart at reguleringsplaner og bebyggelsesplaner som ble vedtatt før forskriften trådte i kraft, må endres slik at bebyggelse som ble planlagt før forskriften kom, men ikke bygget, måtte tilfredsstille de nye kravene.

Hvorvidt denne delen av bebyggelsen skal få økt sin sikkerhet mot skred opp til dagens sikkerhetsnivå er et politisk spørsmål og derfor avhengig av politiske prioriteringer.

## Andre lover og forskrifter

### Arbeidsmiljøloven

Arbeidsmiljøloven har også krav til sikkerhet mot skred. Der står det at *«Arbeidsplassen skal innrettes slik at arbeidsmiljøet blir fullt ut forsvarlig ut fra hensynet til arbeidstakernes sikkerhet, helse og velferd. Det skal sørges for: ... at det tas nødvendige forholdsregler for å hindre at arbeidstakerne utsettes for fallende gjenstander eller ras.»*

Med utgangspunkt i loven kan man derfor hevde at alle arbeidsplasser og steder der man oppholder seg i yrkessammenheng skal være sikre mot skred. Fullstendig sikkerhet er det sjelden mulig å få til, noe som gjelder de fleste aktiviteter i samfunnet, men lovens intensjon er at sikkerheten skal være meget høy. På arbeidsplasser i terreng der det kan tenkes å forekomme skred vil det derfor være rimelig å anta at sikkerhetskravet for midlertidige oppholdsbrakker og lignende må tilsvare plan- og bygningslovens krav til sikkerhet for permanent bebyggelse.

Arbeidsmiljøloven er spesielt aktuell for vedlikeholdspersonell i Vegvesenet, som ofte må brøyte veier i terreng der det kan gå skred. Det samme er tilfellet for anleggsfolk som bygger veier og kraftverk i fjellet og personer som vedlikeholder kraftlinjer i fjellterreng.

### Politoloven

Ifølge politiloven og politiinstruksen har politiet et særlig ansvar for innbyggernes sikkerhet i akutte faresituasjoner. Politiet skal ved ulykker og katastrofer:

- iverksette redningsinnsats
- iverksette nødvendige tiltak for å avverge fare og begrense skade
- yte hjelp og service i akutte situasjoner

Politiet har som oppgave å lede og samordne redningsinnsatsen ved ulykker, informere pårørende og media, identifisere omkomne og offentliggjøre navn på omkomne og savnede.

Som nevnt i kapittel 11 ledes redningsaksjoner i Norge av en av de to hovedredningssentralene (HRS) som ligger i Stavanger og Bodø. Ved større ulykker

oprettes en lokal redningssentral (LRS) som ledes av politiet. Politiet på sin side samarbeider med Norges Røde Kors Hjelpekorps, Norske Redningshunder, Siviltforsvaret, Forsvaret, skredeksperter og andre organisasjoner for å berge menneskeliv og å begrense skadeomfanget. I forbindelse med skredulykker der det fortsatt kan være akutt fare for skred som kan sette menneskeliv i fare har politimesteren hjemmel til å innkalle assistanse, blant annet fra skredeksperter.

## Statens naturskadefond, naturskadeloven

Statens naturskadefond har ifølge bestemmelser i naturskadeloven § 1, til oppgave å yte erstatning for naturskade der man ikke kan forsikre seg mot skaden ved vanlig naturskadeforsikring. Videre skal naturskadefondet fremme sikring mot naturskade og yte tilskudd til sikringstiltak. Disse oppgavene er forutsatt løst i samarbeid med kommunene. Når det gjelder tilskudd til sikring mot naturskade er det utarbeidet egne forskrifter. Sikringstiltak mot naturskade kan omfatte forbygningsanlegg mot stormflo og skred blant annet. Tilskuddene er styrt av bevilgninger over statsbudsjettet og naturskadefondet foretar en prioritering av søknader om tilskudd først og fremst basert på den reelle fare for naturskade og kost/nyttebetraktninger av de aktuelle prosjekt innenfor de gitte økonomiske rammer.

For at en søknad om tilskudd til sikringstiltak skal kunne behandles av naturskadefondet forutsettes det at søknaden har gått gjennom kommunen og at kommunen er villig til å bidra med ressurser i forbindelse med den enkelte søknad. Naturskadefondet kan sette som vilkår at kostnadene til tiltaket er fullfinansiert før tilskuddet tildeles.

## Erfaring fra rettsavgjørelser

Ut fra de rettsavgjørelser som foreligger med hensyn til bebyggelse og skred er det nokså klart at kommunene etter domstolenes oppfatning har et klart ansvar for at bebyggelsen blir plassert i henhold til sikkerhetskravene i byggeforskriften. Siden begynnelsen av 1960-tallet har et økende antall saker vedrørende erstatningsansvar i forbindelse med skredfare på eiendommer og byggefelt havnet i retten. I de fleste tilfellene er det privatpersoner som har gått til sak mot kommunene, men det har også hendt at forsikringsselskap fremmer regresskrav mot kommunen som følge av at forsikringsselskapet har betalt ut erstatning for bygninger som er blitt skadet av skred.

Erfaringene fra de rettskraftige dommene går i samme retning ved at kommunene blir dømt for erstatningsbetingende uaktsomhet. Domstolene aksepterer ikke at de ansvarlige overser eller neglisjerer gjeldende lovverk når det gjelder sikkerhet mot skred. Selv om sakene har vært noe forskjellige er det likevel de samme rettslige oppfatninger som blir lagt til grunn ved domfellelse, nemlig at kommunene forventes å håndheve plan- og bygningsloven med gjeldende forskrifter.

I distrikt der topografi eller grunnforhold er slik at skred kan forekomme, forutsettes det at kommunene er ekstra aktsomme. Kommunen kan ikke fri seg

fra ansvar ved å gi opplysninger om skredfare til overordnet instans (for eksempel fylket), eller overlate til byggherren å bygge på eget ansvar. Uttal- elser fra lokalkjente om faren for skred fritar heller ikke kommunen fra å foreta en selvstendig vurdering. Tomtesøkere og lokalkjente har i de fleste til- feller unngått medvirkeransvar fordi det ikke kan kreves faglig kompetanse av dem, og at de er ikke pålagt ansvar etter loven. I noen tilfeller har likevel dom- stolene redusert erstatningssummen der man måtte forvente at byggherren var lokalkjent og burde ha utvist større aktsomhet overfor en mulig skredfare.

Det ser ut til at de rettsavgjørelsene som foreligger om skredutsatt bebyg- gelse i stor grad har skjerpet kommunenes krav til aktsomhet når det gjelder planlegging og plassering. Uten rettskraftige avgjørelser kan det nok tenkes at kommunene hadde stilt mindre strenge krav til beliggenheten av bolighus. Innføringen av kvantifiserte risikonivåer i Byggeforskriften har derfor ført til økt sikkerhet mot skred for bebyggelse.

## Andre lovregler som kan være aktuelle

For spesielle konstruksjoner som alpinanlegg med skiheiser og lignende har Taubaneloven bestemmelser om sikkerheten. Skitrekk og stolheiser skal plass- eres ut fra hensynet til snøskred. Alpinbakker skal være sikre for brukerne og det skal finnes faste prosedyrer for stengning av skredutsatte nedfartsløyper.



# Sikringstiltak mot snøskred

En effektiv sikring mot snøskred krever som regel store og kostbare konstruksjoner. Ofte er det både sikrere og billigere å flytte det som er utsatt for snøskredfare til et sikkert sted, enten det nå gjelder bolighus, en utsatt veistreking eller en kraftledning. Nesten uansett hvor omfattende man dimensjonerer et sikringstiltak finnes det alltid en mulighet for at skredet kan bli større enn forventet, slik at sikringen ikke virker etter hensikten. Skredhastigheten kan bli større enn forventet slik at tiltaket bryter sammen. Skredvolumet kan bli så stort at snømassene fyller opp en sikringsvoll slik at snømassene velter over. Det er derfor fornuftig å regne med en «restrisiko» når man dimensjonerer sikringstiltak, men at denne restrisikoen må gjøres så liten som mulig.

Som regel må det foretas en kost/nytte-vurdering når sikringstiltak skal planlegges, det vil si at man må undersøke om kostnadene til sikring står i forhold til verdien av objektet som skal sikres. I et gitt tilfelle kan det være mer økonomisk å flytte det som er skredutsatt, enn å bygge sikringstiltak. Ofte er det imidlertid vanskelig å fastslå verdien på sikringsobjektet. Hva koster det for eksempel dersom et våningshus på et gårdsbruk flyttes 500 m for å finne en trygg og høvelig byggeplass? Fordyrer det driften av gården så mye at det er billigst å flytte driftsbygningen også?

Det knyttes ofte sterke følelser både til faren for skred og til det stedet man bor. Faren for skred kan være vanskelig å beregne. Kanskje er frykten for at huset eller skolebussen skal bli truffet av skred dominerende i forhold til den reelle risikoen. Og kanskje er det større sannsynlighet for at bussen blir utsatt for et trafikkuhell som kollisjon eller utforkjøring, enn at den skal bli truffet av skred. Slik sett domineres ofte ønsket eller behovet for sikringstiltak mer av følelser enn av den reelle risiko. Kan hende hadde sannsynligheten for å unngå ulykker totalt, kunne reduseres på andre måter enn å sikre mot skred.

Samtidig må vi være oppmerksomme på at sikkerheten mot skred som mot andre ulykker skal være høy. I plan- og bygningsloven kreves det som tidligere beskrevet at sannsynligheten for skred mot nye våningshus ikke skal være større enn  $10^{-3}$  per år, (1/1000 per år), det vil si at huset ikke skal utsettes for skred som forekommer oftere enn en gang hvert 1000 år i gjennomsnitt. Et slikt sikkerhetsnivå setter store krav til plassering av hus og til utforming av sikringstiltak.

Noe tilsvarende gjelder som nevnt også i arbeidsmiljøloven der det heter at «Arbeidstakere ikke skal utsettes for fallende gjenstander eller for ras». Slik det er formulert her kan man si at det gjelder et absolutt sikkerhetskrav mot skred på arbeidsplasser, og at eventuelle arbeidsplasser i skredutsatt terreng må beskyttes med tiltak som gir en meget stor grad av sikkerhet.

## Sikringstyper

Fra gammel tid har folk i skredutsatt terreng benyttet forskjellige midler for å sikre seg mot skred. Sikringstiltakene har ofte vært enkle og primitive, basert på datidens muligheter, se foto 65 og 66.



*Foto 65.  
«Skredsikker»  
utforming og  
plassering av hus,  
Åkerneset, Stranda.  
Skredet går over  
taket*

De fleste sikringstyper mot skred kan benyttes både for hus, kraftmaster, veier og anleggsområder i fjellet, men det finnes også sikringsmetoder som er utviklet for spesialformål, for eksempel skredoverbygg som nesten utelukkende benyttes for veier og jernbaner. I det følgende skal vi beskrive de vanligste sikringsmetodene. Vi starter på toppen av skredområdet og beveger oss nedover i skredbanen med omtale av de metodene som benyttes i hvert av disse områdene:





*Foto 66. Plogformet mur av naturstein mot snøskred, Myklebustseter, Ørsta*

1. Toppområdet: området som ligger ovenfor eller på lo-siden av utløsningsområdet.
2. Utløsningsområdet: området der skredet løses ut
3. Skredløpet: fjellsiden mellom utløsningsområdet og utløpsområdet.
4. Utløpsområdet, området der skredet bremses opp og stopper.

## Toppområdet

### *Samleskjermer*

Toppområdet er som regel et fjellplatå med en markert overgang til det bratte utløsningsområdet nedenfor. Ikke alle steder finnes slike flate platåer på le-siden av utløsningsområdet – i de mest alpine områdene i Norge, for eksempel på Sunnmøre, ender fjellene ofte i en smal kam eller i en spiss tind med utløsningsområder på begge sider. De flate platåfjellene er likevel den dominerende typen i norsk fjellterreng. (Platåene er en følge av at landskapet ble jevnet ut og senket til havnivå gjennom en meget lang tidsperiode, før landet igjen ble hevet i den tertiære tidsalder for ca. 50 millioner år siden.)



*Foto 67. Samleskjermer på platået reduserer snøakkumulasjon i utløsningsområde, Stjernøy, Alta*





*Foto 68. Eksempel på samleskjerm, Hammerfest*

Over disse fjellplataene oppstår det ofte kraftig fokksnødrift når det blåser fra frisk bris og sterkere. En stor del av snøen som eroderes (fjernes) fra plataet, legger seg opp i utløsningsområdet i le for vinden, slik som omtalt tidligere.

For å hindre denne fokksnødriften, og dermed redusere mengden av fokksnø i utløsningsområdet kan det settes opp samleskjermmer på plataet, se foto 67 og 68.

En vesentlig forutsetning for å benytte samleskjermmer til reduksjon av skredfaren er at utløsningsområdet ligger i le for de vanligste vindretningene på stedet. Helst bør dette også være de vanligste nedbørførende vindretningene, det vil si de retningene det vanligvis blåser fra når det snør. Plataet må være tilnærmet horisontalt og ha en bredde på minst 50 m for å få plass til skjermene. Overgangen mellom plataet og utløsningsområdet bør være en markert knekk eller kant, og denne kanten bør ligge på tvers av vindretningen.

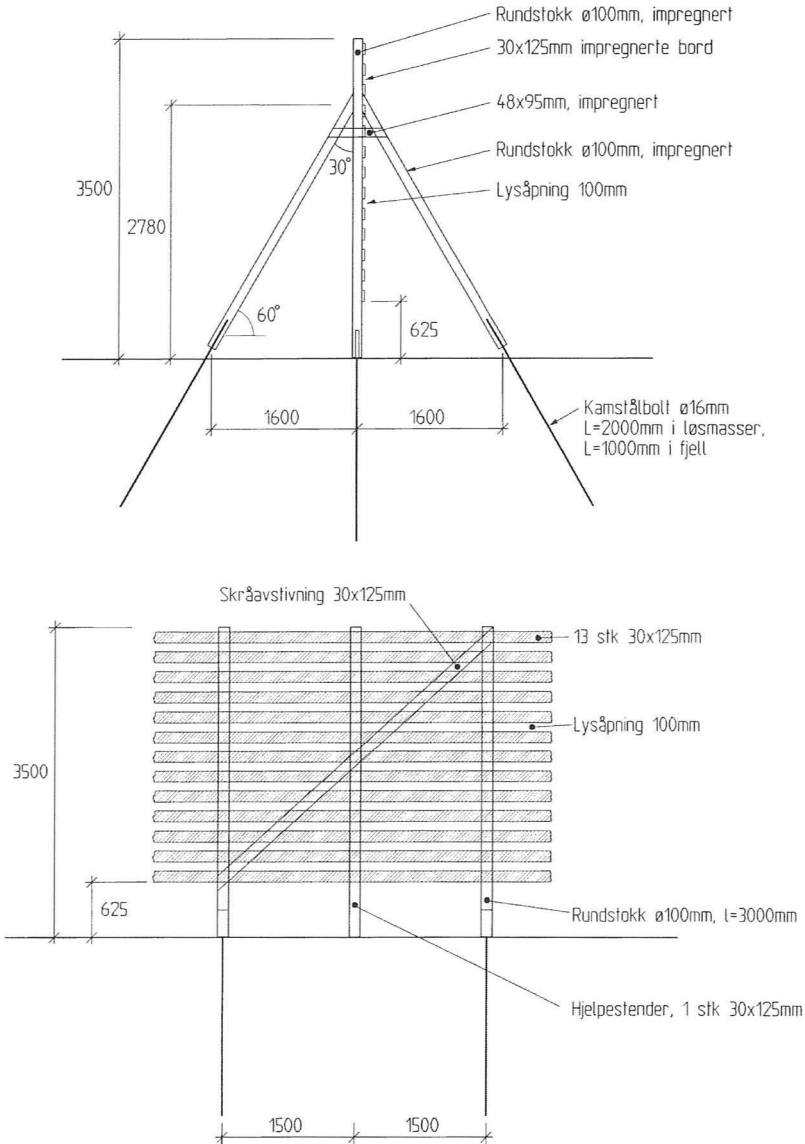
Skjermene må plasseres mest mulig på tvers av vindretningen, og hvis mulig også parallelt med platakanten. Skjermene må også plasseres slik at de utnytter terrenget best mulig, ved at de settes på eventuelle rygger og høydedrag som måtte finnes på fjellplataet. På denne måten kan samlekapasiteten økes. Forsenkninger og daldrag bør unngås fordi skjermene fortere snør ned på slike steder, og fonnområdet blir også vesentlig mindre.

I horisontalt terreng blir lefonnas utstrekning ca. 15 ganger skjermhøyden. På losiden av skjermen vil det også dannes en snøfonn, men av vesentlig mindre utstrekning. Et vanlig problem med samleskjermmer er at det gjennom vinteren blåser fra forskjellige retninger, ofte i kombinasjon med nedbør. Når det blåser og snør mye fra andre kanter enn det skjermen er planlagt for, vil skjermen etter hvert fylles med snø og miste sin effekt. Samtidig kan den bli skadet på grunn av setning og sig i snøen som ligger inntil skjermen

Skjermene settes opp slik at første rad kommer 10–15 ganger skjermhøyden fra platakanten. Er det flere rader bak hverandre bør avstanden være 15 ganger skjermhøyden i horisontalt terreng. Avstanden må imidlertid tilpasses terrengforholdene. Der terrenget faller fra skjermen, sett i vindretningen, kan avstanden økes. Stiger terrenget, må avstanden reduseres. Er skjermen riktig plassert

kan den samle betydelige snømengder, spesielt når flere rader settes opp bak hverandre. I ett tilfelle på Stjernøy i Finnmark der 4,5 m høye skjerm var plassert på et fjellplatå i inntil fem rader, med til sammen ca. 1000 m skjerm, ble det samlet 400 000 m<sup>3</sup> snø, med en gjennomsnittlig dybde på 3,5 m.

En samleskjerm i tradisjonell utførelse er vist på figur 57 og foto 68. Skjermen består av vertikale stender med 3 m avstand, med horisontale bord mellom stenderne. For å sikre skjermen mot velting, brukes sidestøtter som festes til bakken. Skjermhøyden varierer vanligvis mellom 3 og 4,5 m. Skjermhøyden avhenger av de lokale klimaforholdene, først og fremst av ned-



Figur 57. Utforming av samleskjerm tilsvarende skjermen på foto 68

børmengdene og av vindforholdene, som igjen er bestemmende for drivsnømengdene. Generelt kan man si at store drivsnømengder krever høye skjermmer, det vil si mellom 4 og 4,5 m. Teoretisk sett kan skjermene bygges høyere, men vindfanget blir da svært stort når skjermene er tomme. Det lønner seg bedre å sette opp flere rader bak hverandre dersom plataet er bredt nok, i stedet for å øke skjermhøyden.

Vanligvis bygges skjermene med en lysåpning som er noe mindre enn bredden på de horisontale bordene, det vil si 55–60 prosent bord og 45–40 prosent lysåpning (fyllingsgrad). I tillegg kommer bakkeklaringen, det vil si avstanden mellom nederste bord og bakken. Denne er vanligvis 60–80 cm avhengig av skjermhøyden. Hensikten med bakkeklaringen er å lede vind under skjermen med stor hastighet, slik at snøen avlagres et stykke fra skjermen. Dersom snøen samler seg opp i selve skjermen, vil skjermen kunne bli skadet når snømengdene blir store, spesielt i hellende terreng. Hvis bakkeklaringen gjøres mindre eller fyllingsgraden større, reduseres lengden og volumet av lefonna.

Skjermmer av fullimpregnert tre har vist seg å være det mest hensiktsmessige byggematerialet. Både aluminium og plastmateriale har vært forsøkt, men disse materialene har ofte blitt skadet som følge av vibrasjoner i kraftig vind. Skjermmer av trematerialer er lett å tilpasse terrengets ujevnheter, og skader er enkelt å reparere. Fullimpregnert treverk har også god holdbarhet.

Bordenes dimensjon er vanligvis 25 · 100 mm eller 125 mm. Stendere og sidestøtter er rundt virke med diameter 75 til 100 mm. Der det er mye snø, kan det benyttes hjelpstendere av bord mellom de ordinære stenderne, og skråavstivere av bord som spikres til de horisontale bordene. Sidestøttene kan forsterkes med skråstøtter der det legger seg mye snø inntil skjermen. I skrått terreng vil snøsiget føre til ekstra belastninger mot skjermen og her er det viktig å forsterke skjermene med skråavstivere.

Ofte blir sidestøttene skadet av store snømengder, på grunn av for svak dimensjonering. I en del tilfeller har det vært benyttet ståltau (wire) til skråstag. Wire opptar bare strekkrefter og må derfor forankres svært godt for ikke å bli trukket løs. På grunn av snøens setning utsettes wiren for bøyning og innfestingen utsettes for store krefter. Det er derfor bedre å benytte stive sidestøtter som ikke utsettes for nevneverdig nedbøyning, og som kan ta opp både trykk og strekk-krefter.

Skjermene virker best som skredsikring der det er fokksnødrift fra utstrakte platåformasjoner, helst uten at snødriften er kombinert med nedbør, og der fallhøydene i fjellsiden er beskjedne. Disse forholdene finner vi mest utbredt i Finnmark, og her har samleskjermer vært brukt mange steder både for sikring av veier og bebyggelse.

Vanligvis vil samleskjermer ikke eliminere faren for skred, men skjermene vil redusere både størrelse og hyppighet av skredene. Mest effektive er skjermene der utløsningsområdet er lite og ligger like under kanten av plataet. En vanlig antagelse er at skjermens virkning strekker seg ca. 100 m nedover i fjellsiden fra platåkanten (vertikalt regnet). Dette betyr at det kun er i mindre utløsningsområder at skjermene har særlig virkning. Erfaring har imidlertid



vist at det kan utløses skred i slike mindre skredområder også etter at samleskjermer er montert. Skjermene må derfor kombineres med andre tiltak for å gi full sikkerhet. Best egnet er skjermene for sikring av veier eller andre installasjoner der det er tilstrekkelig å redusere skredstørrelsen og antall skred uten at det trengs full sikkerhet.

## Utløsningsområdet

### Støtteforbygninger

For å hindre snøskred i å løse bygges såkalte støtteforbygninger i utløsningsområdet. Disse forbygningene er i prinsippet kraftige gjerder som forankrer snøen slik at brudd ikke oppstår. Fordi skred vanligvis blir utløst i den øverste, ferskeste snøen i snødekket må støtteforbygningene være så høye at de ikke snør ned. I nedbørrike områder med mye drivsnø betyr dette at forbygningene gjerne blir 3–5 m høye. For å gi full sikkerhet må forbygningene i prinsippet dekke hele utløsningsområdet, det vil si alt terreng som er brattere enn 30°.



*Foto 69. Støtteforbygninger i Honningsvåg*



*Foto 70. Støtteforbygninger i Hammerfest*



*Foto 71. Støtteforbygninger i Tromsø*



*Foto 72. Wirenettforbygning i Kjøllefjord*

Forbygningene er som regel stive konstruksjoner og består vanligvis av stål, impregnerert tømmer, aluminium eller betongelementer. Stål er i dag det vanligste materialet. Det finnes også løsninger med wirenett som festes til et støtterør øverst og nederst til en strekkforankring mot bakken. Fordelen med wirenettet er at det tøyer seg betydelig slik at belastningen blir mindre enn mot en stiv konstruksjon. På den annen side blir det store strekk-krefter i forankringen av nettet, og det må legges stor vekt på at fundamenteringen blir utført riktig. Wire er heller ikke så motstandsdyktig mot korrosjon som andre materialer, spesielt nær kysten der det finnes mye saltpartikler i luften.

Forbygningene settes opp i horisontale rader som følger terrengets nivålinje, med avstand mellom radene som varierer mellom 20 og 30 m avhengig av terrenghelning og snødybde. Årsaken til at radene ikke kan settes opp med større avstand er at det da kan utløses skred mellom radene, som kan gå over nedenforliggende rader, eller treffe og skade radene nedenfor.

Er for eksempel utløsningsområdet 100 m bredt og 100 m langt nedoverbakke, vil det trenge fire rader à 100 m, til sammen 400 m støtteforbygning-



ger. Kostnadene for et slikt tiltak er av samme størrelsesorden som verdien av to, tre eneboliger.

Et utløsningsområde på 100 · 100 m representerer et moderat skred. Der som man står overfor sikring av et større skredområde, vil kostnadene til støtteforbygninger ofte bli større enn verdien av det som er skredutsatt. Bruk av støtteforbygninger forutsetter derfor at utløsningsområdet er begrenset, eller at sikringstiltaket omfatter flere hus eller andre kostbare konstruksjoner.

Forbygningene utsettes for belastninger når snøen siger og glir i skråningen. Siget foregår kontinuerlig, men er størst i nysnø og ved store snødybder. Glidninger skjer helst på jevne terrengoverflater som svaberg og gress når snødekket blir gjennomfuktet om våren. Bevegelsene i snødekket utsetter forbygningene for relativt store belastninger og de må fundamenteres og dimensjoneres i henhold til dette. Vanligvis ligger dimensjonerende belastninger mellom 1 kPa og 2 kPa for norske forhold.

I alpelandene har slike forbygninger fått stor utbredelse, og der er det utført forsøk og utviklingsarbeid gjennom mange år for å finne kriterier for dimensjonering, egnete konstruksjonsmaterialer, og de mest rasjonelle fundamenteringsmetodene. Byggingen foregår i vanskelig terreng utenom vei og arbeidet blir derfor fort kostbart.

I Norge er det gjort forsøk ved NGIs forskningsstasjon på Strynefjellet med forskjellige typer forbygninger gjennom mange år. Her har det vært målt kontinuerlig gjennom vinteren hvordan forbygningene belastes. Samtidig er snøforholdene undersøkt, først og fremst snødybde, densitet og temperatur. Ut fra disse målingene kjenner vi godt til hvordan norsk snø skiller seg fra snøen i alpelandene. Hovedforskjellen består i at snøen i Norge snø er tyngre og stivere, og derfor medfører større belastninger mot forbygningene.

I Finnmark der skoggrensen er nær havnivå, og store drivsnømengder fraktes ut i skråningene kan det bli utløst snøskred som kan skade bebyggelse i skråninger med fallhøyder ned til ca. 10–15 m. Slike områder kan sikres med såpass få forbygninger at denne sikringstypen ofte blir kostnadseffektiv.

## Dimensjoneringskriterier for støtteforbygninger

Trykket (S) mot en forbygning, regnet per løpemeter mot en flate som står normalt på terrenget kan beregnes etter det empiriske uttrykket:

$$S = \rho \cdot g \cdot H^2/2 \cdot K \cdot N \cdot (N/m)$$

der:

H = Vertikal snøhøyde (m)

K = Sigefaktor, avhengig av snøens densitet og terrenghelning (Varierer mellom 0,7–1,05. )

N = Glidefaktor, avhenger av bakkens ruhet. (Varierer mellom 1,2 og 3,2)

$\rho$  = Snøens densitet (kg/m<sup>3</sup>)



For praktiske formål regnes belastningen jevnt fordelt over forbygningssflaten. I tillegg kommer en skjærkraft som virker nedover langs forbygningssflaten, og vekten av det snøprismet som ligger mellom terrengnormalen og forbygningssflaten, fordi forbygningene vanligvis settes opp med en vinkel på  $15^\circ$  nedenfor terrengnormalen. I endene av forbygningen (1 m inn fra hver side) vil det oppstå randkrefter. Fordi snøen siger forbi forbygningen og har en viss skjærstyrke vil det overføres last fra snøen som ligger utenfor selve forbygningen.

Beregningseksempel:

H: Vertikal snøhøyde = 4 m

D: Snøhøyde normalt på terrenget = 3,1 m

K: Sigefaktor = 0,82

D: Glidefaktor = 1,6 (ruhet tilsvarende urmasser av mindre blokker)

$\Psi$ : Terrenghelning =  $40^\circ$

$\rho$ : Snøens densitet =  $400 \text{ kg/m}^3$

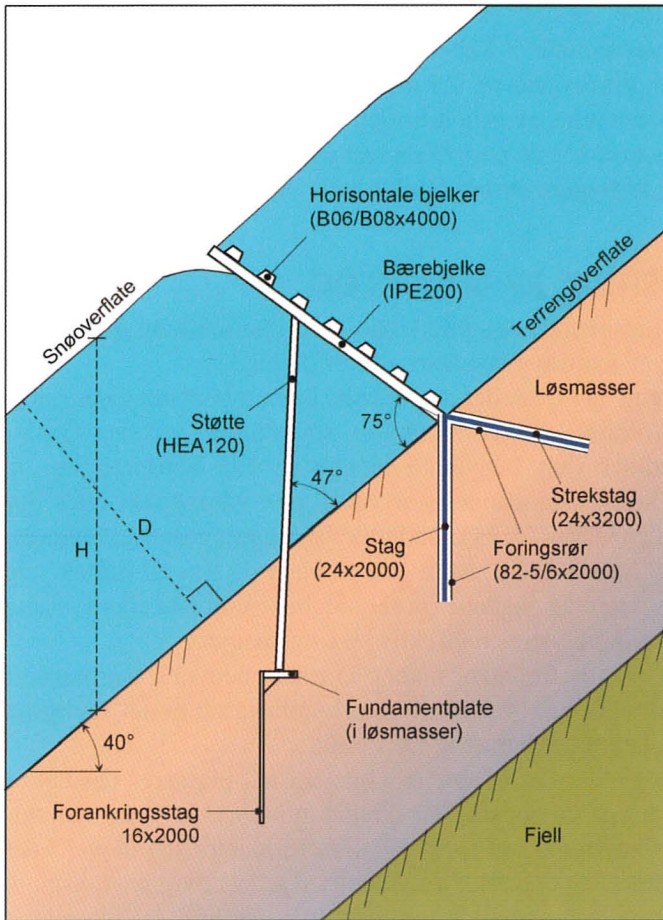
$$S = 400 \cdot 9,81 \cdot 1,6 \cdot 0,82 \cdot 4^2/2 = 41,2 \text{ kN/m}$$

I tillegg kommer som nevnt lasten fra snøens setning langs forbygningen og vekten av snøprismet som ligger mellom terrengnormalen og forbygningssflaten, slik at totalbelastningen blir 46 kN/m. Randlast ved endene av forbygningene må også legges til, denne varierer fra 2–4 ganger S avhengig av terrenforholdene til side for forbygningssraden. Der raden ender i fjellknauser eller rygger som holder snødekket på plass er det ikke nødvendig å regne med randlast i dimensjoneringen.

Ved 3 m fundamentavstand blir trykk-kraften i støttepillarene 136 kN, og horisontal strekk-kraft i øvre fundament 69 kN.

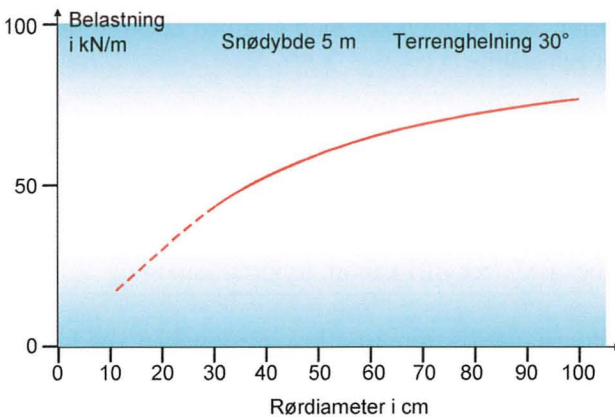
Formelen viser at snøtrykket er proporsjonalt med annen potens av snøhøyden, og også proporsjonalt med glidefaktoren. Når det gjelder glidningen av snødekket i vårt klimaområde, ser det ut til at snødekket vanligvis er godt forankret til bakken og at glidningen er liten. Unntak kan være på glatte svaberg om våren, når det blir mye smeltevann på fjellet, eller når snødekket ligger på jevne gresskledde overflater. Beregningseksemplet viser at sige- og glidekreftene fra snøen blir store og at støtteforbygninger må være solid utført og godt fundamentert.

Når det gjelder randeffektene har disse også betydning for andre konstruksjoner som settes opp der det er mye snø, både på horisontal mark og i skrånninger. Wirer, rørkonstruksjoner, kraftmaster og lignende blir utsatt for snøens setning i horisontalt terreng og i skrånninger. Snøen fester seg til konstruksjonen og skjærstyrken i snøen gjør at konstruksjonen utsettes for en betydelig større last enn tverrsnittet eller bredden på konstruksjonen skulle tilsi. Det overføres last fra et segment i snøen som vist på figur 59. Denne effekten er størst for små tverrsnitt under ca. 1 m i diameter, og er omvendt proporsjonalt med tverrsnittet.



Figur 58.  
Utforming av støtteforbygning

Forbygningene bør forankres i fast fjell dersom dette er mulig. Der fjellet har liten overdekning av løsmasser det vil si inntil ca. 0,5 m kan det enkelt sjaktes til fjell. Dersom løsmassene er dype må det benyttes grovhullsboring, ned til 3–7 m dybde, eventuelt med fôringsrør, for at forankringen skal få stor nok



Figur 59. Forholdet mellom belastning fra snøens sigetrykk og tverrsnitt av element

kapasitet. Dette gjelder spesielt de forankringspunktene som utsettes for strekk. For fundamenter som får trykkbelastning benyttes vanligvis en fotplate på ca. 0,25 m<sup>2</sup>. Platen graves ned ca. 0,5 m og strekkforankres med stag som bores videre ned i løsmassene, eventuelt til fjell. Hensikten med stagene i fotplaten er å ta opp vindkrefter i de periodene forbygningen ikke er dekket med snø. Det har hendt at forbygninger har tippet rundt i sterk vind.

## Kunstig utløsning av snøskred

En mye benyttet sikringsmetode er å utløse snøskred i kontrollerte former, før skredet eventuelt går av naturlige årsaker og fører til skade.

Spesielt i alpelandene og i USA har det i mange år vært benyttet sprengstoff for å utløse skred i forbindelse med sikring av skiområder og veier. Også i Norge har slike metoder vært benyttet i mange år. Der nedsprenget av snøskred kan treffe konstruksjoner av stor verdi som våningshus eller lignende, eller utsette mennesker for fare under nedsprenget, kan metoden ikke benyttes, fordi skredet kan bli større enn planlagt og føre til omfattende skader. Ved sikring av veier der skadene fra skredet blir minimale eller i utsatte skiløyper, kan nedsprenget være en effektiv sikringsmetode.

I prinsippet er det mange fremgangsmåter som kan benyttes. Sprengstoff som plasseres manuelt eller ved bruk av artilleri/bombekaster er det vanligste, men eksplosive gassblandinger har også vært brukt.

For alle metodene gjelder det at sprengladningen må plasseres der det er mest sannsynlig at et brudd vil oppstå. Når skredet utløses, skjer dette som tidligere omtalt ved et skjærbrudd i et svakt lag som forplanter seg utover i det hengt der skredet starter, og et strekkbrudd langs skredets øvre begrensning. Ladningen bør derfor plasseres sentralt i området for skjærbruddet, alternativt i nærheten av bruddkanten. Dersom ladningen plasseres ved hjelp av våpen, er det best å sikte mot sentrale deler av utløsningsområdet. Sikter man mot bruddkantområdet kan man risikere å skyte over fjellsiden uten å treffe det skredfarlige partiet, og i verste fall utsette andre områder for fare.

Sprengningen må foretas i forbindelse med en akutt skredsituasjon, det vil si når det er fare for skred. Forsøk på kunstig utløsning av skred når snødekket er stabilt har liten hensikt, skal man lykkes med å få ned et skred må det alltid gjøres når snødekket er ustabilt.

Følgende metoder og teknikker kan benyttes:

1. Manuell sprengning: sprengstoff plasseres i utløsningsområdet eller graves ned i en skavl på toppen av utløsningsområdet.
2. Forhåndsplasserte ladninger: sprengstoff utplassert på sommerføre.
3. Granater: artilleri, bombekaster, rekylfri kanon, trykkluftkanon og lignende.
4. Taubane: sprengstoffet transporteres frem til utløsningsområdet ved hjelp av taubane.
5. Gassblandinger som avfyres ved hjelp av forhåndsplasserte apparater.



## Manuell sprengning

Ladninger fra 1 til 25 kg plasseres i utløsningsområdet. Sprengningsmannskapene må ta seg frem til oversiden av området langs en sikker rute, eller hvis været er godt nok, med helikopter. Dersom fjellsiden er høy kan det bli lang vei frem til skredområdet. Ofte er det også vanskelig å se utløsningsområdet ovenfra, og det bør etableres radiosamband med personer som står sikkert plassert på nedsiden, med god utsikt til utløsningsområdet og som kan dirigere plasseringen av ladningene. Transport og håndtering av tennmidler og sprengstoff må foretas av sprengningskyndige, og i samsvar med de forskrifter som er bestemt av Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern.

Sprengstoffet kan graves ned i skavlen ved toppen av utløsningsområdet ved at det graves en sjakt ved roten av skavlen ned til 1,5–2 m dybde. Sprengstoffet plasseres i bunnen og sjakten fylles med snø som komprimeres godt. Dersom det er plass, kan det graves flere sjakter ved siden av hverandre med ca. 3–5 m avstand. I Norge er det vanlig å benytte 10–25 kg sprengstoff i hver sjakt – mengden er avhengig av størrelsen på skavlen, og hvor fast snøen er. Skavlen i seg selv er som regel for liten til å utgjøre noen fare, fordi volumet er lite. De store snømengdene i et skred finnes nedenfor skavlen og det er disse som utgjør en trussel mot bygninger og veier. Belastningen fra skavlen når den faller ned på snøen lenger nede i skråningen er imidlertid stor nok til å utløse skred når forholdene er ustabile.

Ved plassering av dynamitt i skavler trenges det som regel mange personer fordi arbeidet er tidkrevende. Det er derfor viktig at arbeidet planlegges nøye på forhånd med hensyn til fordeling av oppgaver, plassering av dynamitt, behov for sikringsmidler, samband og transport. Ved gjennomføringen er det viktig at mannskapet sikres for å hindre skader dersom skavlen skulle ryke eller at noen faller utfor. Vedkommende som leder arbeidet, må derfor se til at det finnes personer blant deltakerne som har erfaring og opplæring innen sikring og tilkomstteknikk. Ved denne type arbeid må det derfor være med både en sprengningskyndig og en sikringskyndig, og det må være klart hvem som har ansvaret for gjennomføringen.

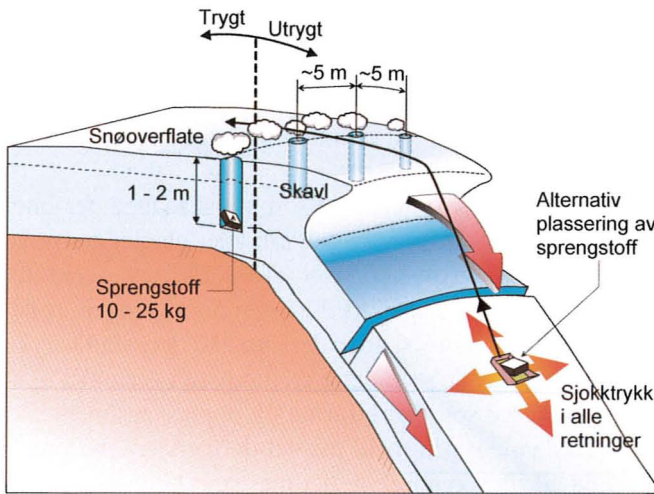


Foto 73. Sprengning av skavl

Det har for øvrig liten hensikt å sprengne ned eldre skavler dersom bare skavlen anses som farlig. De aller fleste gamle skavler består av fast og hard snø og blir vanligvis hengende til de gradvis smelter bort om våren.

I skiområder i alpelandene og i USA benyttes såkalt håndsprenkning, ved at ladninger på ca. 1 kg kastes inn i utløsningsområdet fra en sikker standplass eller fra helikopter. Metoden er utbredd og regnes for å være effektiv både for å utløse skred og kontrollere stabiliteten av snødekket. I Norge er det ikke tillatt å benytte helikopter til dette formålet. Det ansees for å være for farlig å transportere både tennmidler og sprengstoff samtidig med fly, likeledes å klargjøre og kaste ut ladninger fra fly. I vårt klima begrenser også værforholdene bruken av helikopter, fordi skredfaren som regel inntreffer i forbindelse med usiktbart vær, snøfall og sterk vind.

Hvis det er for langt å kaste ladningen for hånd kan den fires ned fra toppen til utløsningsområdet i tau, pakket i for eksempel plastsekker som glir lett, eller på akebrett. Tenning ved hjelp av tjærelunte eller Nonel tenningsystem



Figur 60.  
Plassering av sprengladning i snø



Foto 74. Sprengning i utløsningsområdet

anses som sikkert. Ved elektrisk tenning må det benyttes tennere av HU-type for å hindre uttidig tenning som følge av statisk elektrisitet.

Der avstanden fra sikkert område til selve utløsningsområdet er mindre enn ca. 100 m kan sprengstoffet også plasseres direkte på oppstikkende fjellknauser. I ustabile situasjoner kan skred da bli utløst av rystelsene i grunnen og detonasjonstrykket som forplanter seg gjennom luften. Det må da benyttes relativt mye sprengstoff, ca. 25 kg.

## Forhåndsplasserte ladninger

Der skredene går nærmest årvisst, for eksempel mot en utsatt veistrekning, kan det være fordelaktig å plassere sprengstoffet på sommerføre. Da er det lettere å komme til utløsningsområdet og man har bedre tid på seg til å forberede sprengningen. Dersom det normalt dannes en skavl langs toppen av utløsningsområdet kan ladningene plasseres slik at skavlen sprenges ned for å utløse skredet slik som nevnt ovenfor. Ladningene plasseres med ca. 5 m mellomrom i serier på 3–5 ladninger. Flere serier kan benyttes slik at man har mulighet til å utløse skred mer enn en gang i løpet av vinteren. Der det ikke dannes noen markert skavl, kan ladningene plasseres i selve utløsningsområdet hvis dette er tilgjengelig. Sprengstoff og tennledninger må graves ned eller beskyttes på annen måte mot sig og glidning i snøen.

Ved bruk av forhåndsplasserte ladninger er det viktig å benytte tennmidler og kabler som i minst mulig grad er påvirket av statisk elektrisitet med fare for oppbygging av høye spenninger i kablene og uttidig tenning av sprengstoffet. Sprengstoffet kan settes av enten via kabelforbindelse til dalbunnen, eller ved hjelp av radiostyrt tenning. Kabelforbindelse har vist seg å være den mest driftsikre metoden for tenning, med der det er store avstander mellom standplass i dalbunnen og sprengstoffet i fjellsiden kan det være fordelaktig med radiostyrt tenning.

## Artilleri og lignende

Bombekaster og rekylfri kanon har vært brukt i stor utstrekning for å sikre skiløyper i alpinanlegg. 81 mm bombekaster benyttes mye i Sveits og rekylfri kanon i USA. Granatene må helst ha en ømfintlig tennmekanisme slik at de går av i snøoverflaten, eller aller helst 3–5 m over snøen. Da blir effekten av detonasjonssjokket størst mulig. Dersom granaten eller ladningen går av nede i snødekket, blir effekten lokal og liten fordi snøen demper detonasjonen i større grad enn om sprengladningen går av i luften. I Norge har det vært gjort forsøk med 81 mm og 105 mm bombekaster og feltartilleri. Bruk av tungt skyts med sprenggranater krever strenge sikkerhetstiltak for varsling og gjennomføring av skyting. Utstrekning av farlig område for denne type våpen er stort, noe som legger sterke begrensninger på bruken. Blindgjengerfaren, det vil si risikoen for at granater ikke går av, vil også være til stede. Alle disse momentene gjør at metoden er lite aktuell i vårt land.



## Taubane

Utplassering av sprengstoff ved hjelp av taubane har i noen grad vært benyttet i Norge til sikring av spesielle veistrekninger. I alpelandene benyttes taubaner i stor utstrekning for plassering av sprengstoff i skiområder. Erfaring fra norske forhold har vist at bruk av taubane kan være effektivt i middels høye fjellsider med høydeforskjeller mellom standplass og utløsningsområde på inntil ca. 500 m. Sterk ising på wiresystemet og mye vind har imidlertid ført til driftsproblemer ved slike taubaner, og metoden har fått liten utbredelse i Norge.

## Gassblandinger

På markedet finnes en del apparater som benytter eksplosive gassblandinger til å utløse skred. Blandinger av oksygen og propan eller av oksygen og hydrogen har vært benyttet. Gassen kan enten bringes til å detonere i beholdere på bakken eller i beholdere som plasseres over snødekket. Det siste er å foretrekke fordi detonasjonsenergien brer seg over et større område slik at muligheten for å utløse skred er størst. Fordelen med denne teknikken er at apparatene er driftsikre, de kan avfyres i alt slags vær ved radiostyring, og de er effektive til å utløse skred. Ulempen er at de er dyre i anskaffelse og installasjon. Her i landet har teknikken ikke vært brukt, men i både alpelandene og i USA er den benyttet i en viss utstrekning, spesielt til sikring av skiområder.

## Skredløpet og utløpsområdet

### Skredoverbygg

Skredoverbygg er først og fremst aktuelt for sikring av veier og jernbaner. Overbygg gir tilnærmet full sikkerhet mot skred, men de er kostbare. Statens vegvesen har utarbeidet håndbøker og dimensjoneringsregler for overbygg, og de gis derfor bare en kort omtale her.



*Foto 75. Skredoverbygg, enfelts, eldre type*



Foto 76. Skred-  
overbygg, to-felts

De aller fleste overbygg utføres i betong, se foto 75 og 76, men i mindre skredløp er det også mulig å benytte stål eller trekonstruksjoner. Overbygg utsettes for store belastninger fra skred, belastningene avhenger først og fremst av skredlagets tykkelse, densitet og hastighet, snø som ligger på overbygget før skredet og eventuelle avbøyningskrefter mellom skred og overbygg. Dersom stein- eller jordmasser kan tenkes å forekomme sammen med snøskredet, må dette også tas hensyn til.

Lastene på overbygg omfatter:

- Hvilende snø på overbygget
- Vertikal last fra skredmasser i bevegelse over overbygget
- Last på grunn av avbøyningskrefter dersom det skjer en retningsendring av skredet på overbygget
- Friksjonslast mellom skredmasser og tak
- Punktlast fra steinblokker
- Last mot yttervegg som kan skyldes avlagrete snømasser, eller undertrykk fra skred som passerer over taket.
- Jordtrykkslast mot bakvegg

Det er viktig at overbygget legges i skjæring og slik at bakveggen ikke treffes av skredmassene. I så fall vil belastningene øke sterkt og det vil bli vanskelig å forankre overbygget. Overbygget bør også utformes slik at skredets avbøyning skjer i terrenget før skredet treffer taket, slik at avbøyningskrefter mot taket unngås.

Dersom terrenget på skredsidene av overbygget ikke er for bratt, bør skredløpet kanaliseres, slik at skredet ledes inn mot overbygget. På denne måten kan man redusere overbyggets lengde. Dersom det er plass, kan det bygges ledevoller i terrenget og inn mot taket. I slike tilfeller øker sannsynligheten for oppstuvning av skredmasser på taket. Taket bør derfor ha godt fall.

Normalt bør taket forsynes med endevegger av betong i 2–5 m høyde, slik at skredmassene ikke ramler ned i veibanen fra enden av overbygget. Når terrenget har lite fall på nedsiden av overbygget kan det være fare for at skredmasser trenger inn i veien hvis overbygget har åpninger på luftsiden.

Skredene går oftest i forsenkninger der det også renner vann. Vannet må enten ledes ned på baksiden, og under overbygget i en kulvert, eller i en støpt renne som fører bekken fra terrenget inn på taket av overbygget, slik at vannet kan ledes kontrollert ned på utsiden.

## Sikringsvoller og murer

I skredløpet og i utløpsområdet er det vanlig å benytte løsmasser til voller og lignende konstruksjoner for å stoppe, lede eller bremse skredene. Alle slike sikringstiltak blir store og omfattende og må planlegges nøye for at de skal få optimal utforming, samtidig som kostnadene holdes så lave som mulig. Sikringstiltakene bør fortrinnsvis plasseres langt nede i skredbanen, der skredhastigheten er liten og der skredvolumet som påvirkes av tiltaket er minst mulig. Dersom det ikke er plass til voller av løsmasser, kan man benytte murer av betong, men disse blir som regel dyrere enn voller av løsmasser. Andre byggematerialer kan også benyttes, for eksempel gabionmurer, eller geotekstiler (armert jord). Tørrmur av stor stein kan i mange tilfeller være et godt alternativ.



Foto 77. Plogvoll av løsmasser, Sandvika, Vinje



## Fangvoller/murer

For å stoppe skredet benyttes såkalte fangvoller eller fangmurer. Konstruksjoner av betong, stål eller wirenett kan også nyttes såfremt man kan dimensjonere konstruksjonen mot de belastninger som følger av skredet. Ved bruk av løsmassevoller er det ikke nødvendig å dimensjonere vollen med tanke på belastningene fra skredet siden slike konstruksjoner vanligvis blir så store og stabile at de står i mot skredkreftene.

Lengdeaksen på en fangvoll legges normalt på skredretningen slik at skredmassene stoppes uten å ledes til siden. Høyden av vollen er den viktigste faktor når det gjelder utformingen av sikringsvoller. Vollen må være tilstrekkelig høy til å ta opp skredets bevegelsesenergi ( $E_b$ ) som uttrykkes ved:

$$E_b = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

der  $m$  er skredets masse, og  $v$  er skredhastigheten.

Denne energimengden gjøres om til potensiell energi ( $E_p$ ) når skredet klatrer opp til en høyde ( $h_v$ ) i vollsiden:

$$E_p = m \cdot g \cdot h_v,$$

Settes  $E_b = E_p$  kan  $h_v$  uttrykkes som:

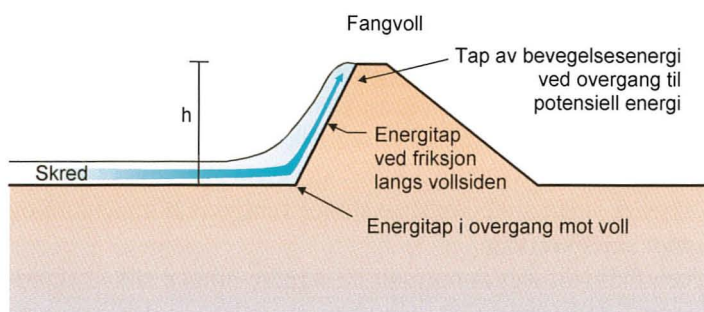
$$h_v = v^2/2g$$

der  $g$  er gravitasjonskonstanten =  $9,81 \text{ m/s}^2$ ,

det vil si at vollens høyde er proporsjonal med kvadratet av skredhastigheten. Uttrykket illustrerer hvor viktig det er å plassere sikringsvoller så langt nede i skredbanene som mulig; ved en skredhastighet på  $10 \text{ m/s}$  blir  $h_v = 5 \text{ m}$ , og økes hastigheten til  $20 \text{ m/s}$  blir  $h_v = 20 \text{ m}$ .

I tillegg til skredets teoretiske stighøyde, må man ta hensyn til skredets flyte­høyde ( $h_f$ ) som er høyden på skredstrømmen i bevegelse, se figur 61. Flyte­høyden varierer mye avhengig av skredets type, størrelse og terrengformene. I et gjel kan høyden gå opp i flere 10-talls meter, i åpent terreng er den som regel mindre enn  $5 \text{ m}$ , og vanligvis omkring  $1\text{--}2 \text{ m}$ . Forventet snø­høyde på bakken ( $h_b$ ) i det skredet inntreffer må også inkluderes i dimensjoneringen. Skredets flyte­høyde og snø på bakken legges til når nødvendig voll­høyde, ( $h_{\text{nødv}}$ ) fastsettes:

$$h_{\text{nødv}} = h_v + h_f + h_b$$



Figur 61.  
Dimensjoner-  
ing av fangvoll

Flere års fullskalaforsøk med en 16 m høy fangvoll ved NGIs skredforskningsstasjon på Strynefjellet har vist at de teoretiske verdiene som er angitt ovenfor stemmer noenlunde. Snøtypen er imidlertid helt avgjørende for effekten av vollen. Dersom snøen er kram eller fuktig har vollen større evne til å stoppe skred enn når snøen er tørr og løs, når hastighet og volum er like for de to snøtypene.

Dersom den nødvendige damhøyden  $H$ , (m) uttrykkes ved:  $H = v^2/2 \cdot g \cdot \lambda$ , der  $\lambda$  er en konstant, viser forsøk med tørre snøskred i Ryggfonn, at  $\lambda = 1,4$  i gjennomsnitt. Dette tilsvarer et energitalp på 29 prosent forårsaket av vollen. Spredningen i resultatene varierer mellom  $1,3 < \lambda > 1,8$ . Spredningen ser først og fremst ut til å være avhengig av snøtypen, i det skred med tørr, løs konsistens minster minst energi i sammenstøtet mot vollen.

Erfaring viser også at voller med en bratt skråning mot skredet taper skredet for mer energi enn når skråningen er slak. En loddrett betongmur vil derfor være mer effektiv enn en løsmassevoll med skråning 1:1,5. Det finnes imidlertid ingen fullskalaforsøk med betongmurer som kan benyttes til å utarbeide kriterier for dimensjonering. Det er likevel rimelig å anta at en loddrett vegg vil redusere stighøyden til skredmassene med 25–50 prosent i forhold til en voll med helningsvinkel 1:1,5.

I tillegg til hastigheten må det også tas hensyn til skredets volum. Det må



Foto 78. Fangvoll  
i ryggfonn, Stryne-  
fjellet. 16 m høy og  
75 m lang



*Foto 79. Fangvollen i ryggfonn treffes av skredet. Skredet tvinges til værs*



*Foto 80. Snøskred har delvis passert og delvis gått over vollen*

være plass til det skredvolum som forventes å komme ned til vollområdet, dersom dette ikke er tilfellet kan det tenkes at skredet etter hvert bygges opp bak vollen og til slutt går over.

Den effektive høyden av vollen vil avta etter hvert som snømassene avlagres foran vollen, de bakre skredmassene møter derfor en voll med lavere fribord enn den første delen av skredet. I et stort skred tar det gjerne omkring ett minutt fra fronten har truffet vollen til skredmassene har falt til ro, og i løpet av denne tiden bygger skredmassene seg stadig høyere opp mot vollen. Nå avtar hastigheten i skredmassene fra fronten og bakover, det er helst i de første 10–20 sekundene av skredets passering i et gitt punkt i skredbanen at skredhastigheten er størst. Dersom vollen er høy nok til å stoppe denne første delen av skredet, antas det at den siste delen også vil stoppe, såfremt det er plass nok til hele skredvolumet på skredsidan av vollen.

Vollens evne til å lagre snøen i skredet er avhengig av skredmassenes konsistens. Vollen vil yte større motstand mot fuktige og våte skredmasser, enn tørre. Ved beregning av vollens kapasitet til å lagre snø kan man anta at hele volumet ovenfor vollen kan utnyttes. I tørre skred får avsetningen av skred-



massene ofte en konkav form, slik som vist på figur 62. Volumet av snø som stoppes av vollen i et tørt skred blir derfor relativt mindre enn i et vått skred.

Selv om det finnes en god del erfaring både fra forsøk og fra effekten av fangvoller som er bygget, må det konstateres at det teoretiske grunnlaget for dimensjoneringen er relativt svakt. Det må derfor vises skjønn når sikringstiltak av denne typen blir bygget.

I praksis er det som regel for dyrt og for plasskrevende å bygge voller høyere enn ca. 20 m. En 20 m høy voll med sidehelning 1:1,5 og kronebredde 2 m, har en bredde ved bakken på 62 m og et volum på 640 m<sup>3</sup>/m på horisontal grunn. Økes høyden til 25 m, blir bredden 77 m og volumet øker til 988 m<sup>3</sup>/m.

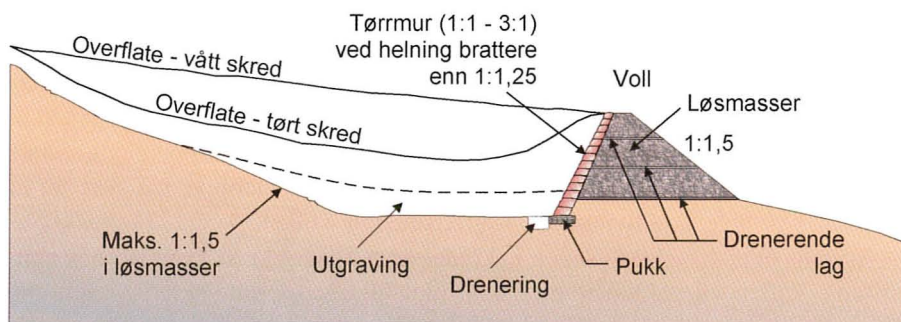
Dersom det er mulig bør vollen bygges av stedlige masser som graves ut på den siden som vender mot skredet, slik at vollen bygges i massebalanse mellom utgraving og oppfylling. Eksemplet ovenfor illustrerer at volumet kan reduseres betydelig dersom en 25 m høy voll bygges som en kombinasjon av 20 m oppfylling og 5 m senkning av terrenget på skredet siden av vollen.

Løsmassene til bruk i voller bør være selvdrenerende, det vil si at innholdet av finstoff (leire og silt) må holdes på et minimum. Dersom finstoffinnholdet i massene er større enn ca. 10 prosent, må det tas spesielle forholdsregler med hensyn til oppbygging og drenasje for at massene i vollen skal være stabile.

Det vanlige er å bygge løsmassevoller med en sidehelning på 1–1,5. Med denne helningsvinkelen vil en voll være stabil såfremt finstoffinnholdet er mindre enn ca. 10 prosent slik at det ikke bygger seg opp porevannsovertrykk. For å sikre god stabilitet i vollen må organisk jord fjernes før fyllingen starter. Det bør også legges ut et drensag av grus eller stein på minst 0,5 m under vollen, se figur 62.

Ved større innslag av finere masser må det bygges inn flere drensag i vollen. Massene legges ut i 0,5–1 m tykke lag av gangen og komprimeres.

Dersom det finnes mye stor stein og blokker kan brattere vollskråninger benyttes. Grov stein vil kunne stå stabilt med helning 1:1,25 uten spesielle forholdsregler. Dersom det skal bygges brattere, må steinen legges i forband og mures opp som tørrmur. I slike tilfeller kan det benyttes vesentlig brattere skråninger, se foto 81.



Figur 62. Prinsippskisse av fangvoll

Grunnforholdene der vollen skal bygges må undersøkes, eventuelt må stabiliteten beregnes etter at det er utført geotekniske grunnundersøkelser. I flere kystnære områder finnes det marin leire som ikke tåler belastningen av en stor vollkonstruksjon. Det bør derfor alltid foretas prøvegravning og analyse av løsmassene før bygging av sikringsvoller.

## Ledevoller/murer

Som navnet forteller er hensikten med ledevoller å lede skredet bort fra det som ligger utsatt, for eksempel et hus eller en kraftmast. Vollene kan også få en plogform dersom dette er hensiktsmessig.

For at en ledevoll skal ha god ledende virkning må retningsendringen mellom voll og skred være så liten som mulig. Hvor stor retningsendringen kan være før ledevollen mister sin ledende evne er avhengig av snøtype og terrenghelning. En voll i bratt terreng vil lede snøen lettere enn en voll på horisontal mark når skredhastighet og snøtype ellers er like.

Som for fangvoller er det skredets hastighet som har størst betydning for dimensjonering av høyden. For å finne dimensjonerende høyde må skredhastighetens normalkomponent mot vollsiden bestemmes:

$$v_n = v \sin \alpha$$

der  $v$  er skredets hastighet og  $\alpha$  er avbøyningsvinkelen mellom vollside og skred.

Stigehøyden  $h$ , blir etter dette:

$$h = (v \sin \alpha)^2 / 2g$$

Ut fra dette uttrykket ser vi at stigehøyden mot en ledevoll som for eksempel ligger  $45^\circ$  på skredretningen blir halvparten av stigehøyden mot en fangvoll.

Både skredets flyte høyde ( $h_f$ ) og mengden av snø på bakken ( $h_b$ ) må legges til beregnet stigehøyde ( $h$ ) for å finne nødvendig vollhøyde ( $h_{n\ddot{o}dv}$ ).

Høyden av en ledevoll blir etter dette mindre enn en fangvoll. På den annen side må en ledevoll være lengre enn en fangvoll for å dekke samme utsatte skredområde. Bruk av ledevoller forutsetter også at det finnes terreng som skredene kan ledes mot uten at dette fører til økning av faren for skred for andre bygninger for eksempel.

Et vesentlig forhold, både når det gjelder ledevoller og fangvoller er hvor mye energi skredet taper når det støter mot vollen, det vil si hvor mye av hastighetskomponenten som står normalt på vollsiden blir igjen til å drive skredet oppover vollen. For voller med bratt fall mot skredet vil en større mengde energi tappes ut enn for voller som har et slakt fall. Ved dimensjonering av ledevoller bør energitapet settes mellom 0 og 25 prosent avhengig av helningen på vollsiden.





*Foto 81. Ledevoll utført i tørrmur ved Kalvaneset i Odda.*



*Foto 82. Ledevoll, høyde 10 m ved Eitrheim i Odda.*

NGI har utført en rekke målinger av snøskredenes stighøyde mot naturlige voller og rygger i forskjellige skredløp. Undersøkelsene viser at det er en sammenheng mellom beregnet og målt stighøyde, men at målt stighøyde stort sett er noe høyere enn beregnet. Undersøkelsene viser også at bratte vollsider har større ledeeffekt enn slake.

Når et tørt skred går med hastigheter over ca. 20 m/s vil det utvikles en betydelig snøsky. Snøskyen kan gjøre skader på bygninger, skog og lignende, og kan være farlig for mennesker og dyr. Snøskyen lar seg vanskelig stoppe eller lede av sikringstiltak som fang- og ledevoller. Det må man være oppmerksom på når denne typen sikring planlegges. Det er mulig å beregne både hastighet og trykkvirkning og til dels også rekkevidde av snøskyen, men beregningsmetodene er usikre.

Lede- og plogvoller konstrueres ellers på tilsvarende måte som fangvoller, ved at man i størst mulig grad benytter løsmasser fra stedet, og bygger i massebalanse. Ledevollene kan bygges i så bratt terreng som det er mulig ut fra anleggstekniske forhold, det vil si så bratt som anleggsmaskiner kan arbeide. Her i landet er det bygget voller i terreng med over 30° helning.





*Foto 83.  
Snøskred har gått  
mot ledevoll,  
Gudvangen*

Når ledevoller bygges i skrått terreng må man være oppmerksom på at vollens bratteste fall ikke representeres ved tverrprofilen som ligger normalt på vollens lengdeakse. Bratteste fall ligger i et vertikalsnitt et sted mellom tverrprofilen og vollens lengdeakse. Dette har betydning ved beregning av vollens stabilitet, og hvilke skråningsvinkler som kan oppnås med de masser som bygges inn i vollen. Jo brattere terreng det bygges i, desto mer reduseres tverrsnittsfallet, som jo har betydning for energitapet mellom skred og vollside.

Vanlig høyde på ledevoller er mellom 10 og 20 m.

Betongkonstruksjoner kan også benyttes for å lede skred, enten som ledemurer eller plogmurer. Dimensjoneringen med hensyn til nødvendig høyde blir som for ledevoller. Energitapet mot muren blir imidlertid større enn for ledevoller av løsmasser, så det er rimelig å anta at energitapet vil ligge mellom 25 og 50 prosent.

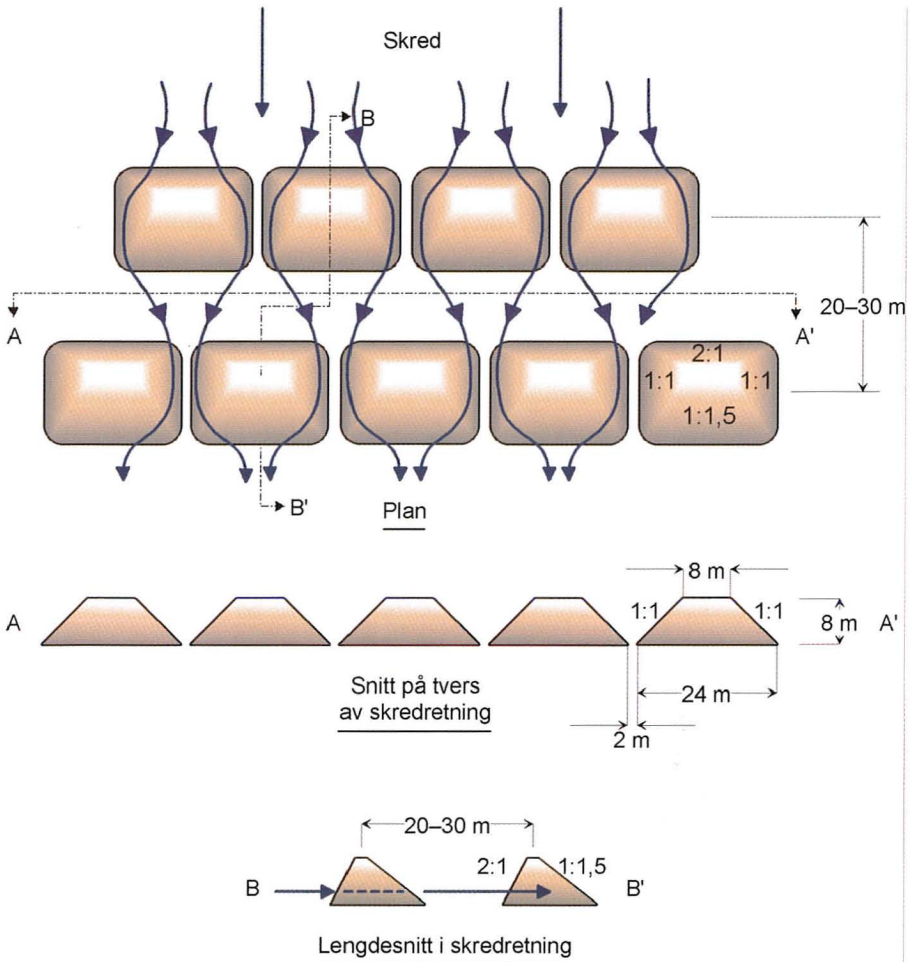


*Foto 84. Ledemur;  
Tokheim, Odda.  
Høyde 7 m. Skredet  
kommer fra høyre  
side i bildet.*

# Bremsekjeglere

Bremsekjeglere er en type sikringstiltak som benyttes for å redusere skredets hastighet og spre skredmassene ut til siden. Kjeglene benyttes gjerne i kombinasjon med andre tiltak som for eksempel lede - eller fangvoller for å redusere hastighet og volum på skredet før det når frem til sikringsvollen.

Kjeglene bygges i et sjakkbrettmønster i to eller flere parallelle rader slik at skredet møter størst mulig motsand når det passerer kjeglereadene, se figur 63. Skredsnøen tvinges dels inn mellom kjeglere og mister energi i avbøyningen mot kjeglere og i møtet med skredstrømmen fra de motstående kjeglere. Skredet strømmer også oppover kjeglere og mister bevegelsesenergi på grunn av retningsendringen og stighøyden.



Figur 63 Prinsippskisse av bremsekjeglere



*Foto 85.  
Bremseskjegler  
med høyde 7 m  
på Strynefjellet*

Avstanden mellom hver kjegle bør ikke være for stor, helst ikke større enn at det akkurat er plass til en anleggsmaskin slik at nødvendig vedlikehold kan utføres. Avstanden mellom hver rad er avhengig av skredhastigheten og av hvor mye plass som er til rådighet, men den bør være minst 25–30 m slik at skredmassene ikke hopper over raden nedenfor.

Modellforsøk har vist at kjeglene bør ha et visst forhold mellom høyde og bredde, med et optimalt bredde/høydeforhold på cirka én, det vil si at høyden på kjeglene bør tilsvare bredden. Forsøkene tyder også på at det er mer effektivt med mange kjegler med små åpninger mellom, enn få store kjegler med store åpninger. Helningen mot skredet bør ha en gradient på inntil 2:1, brattere skråning har vist seg å gi liten reduksjon i utløpsdistansen. Det samme gjelder sidehelningen mellom kjeglene slik at ikke åpningen mellom kjeglene øker vesentlig når det ligger mye snø på bakken. Denne helningen bør derfor ikke være slakere enn 1:1.

Kjeglene bør dimensjoneres i forhold til høyden på skredstrømmen, slik at kjeglehøyden blir 2–3 ganger høyere enn skredets flyte høyde. Modellforsøkene antyder at én rad bremseskjegler kan redusere skredhastigheten med inntil 20 prosent. Effekten av rad nummer to er mindre og reduserer hastigheten med anslagsvis 10 prosent.

Dimensjoneringen av bremseskjegler er usikker og det finnes ikke noe gjennomarbeidet dimensjoneringsgrunnlag. Erfaring har vist at bremseskjegler virker best for våt snø, tørre skredmasser, og særlig snøskyen, har tendens å flyte gjennom kjegleradene. Det vanligste byggematerialet er løsmasser, og geotekniske og bygningsmessige forhold blir som beskrevet for fang- og lededvoller. I enkelte tilfelle der det er liten plass i sikringsområdet kan kjeglenes skråning mot skredet strammes opp med bruk av tørrmurer, geotekstiler eller betong. Vanlig høyde på bremseskjegler er mellom 5 og 10 m, avhengig av skredets flyte høyde og snømengder på bakken.



# Skredtrykk mot konstruksjoner

Når snøskred treffer en konstruksjon blir belastningene fort store. Ved beregning av skredkreftene er det vanlig å ta utgangspunkt i hydrodynamiske beregningsmetoder fordi skred til en viss grad kan sammenlignes med en væskestrøm. Strømkraften (stagnasjonstrykket),  $P$ , mot et omstrømmet legeme kan da bestemmes ut fra følgende uttrykk:

$$P = \frac{1}{2} c \cdot \rho \cdot v^2 \text{ (Pa)}$$

der

$\rho$  = skredsnøens densitet ( $\text{kg/m}^3$ )

$v$  = skredhastighet i m/s

$c$  = motstandstallet, faktor som er avhengig av legemets form

Mot en vegg som står normalt på skredretningen kan man forenklet anta at  $c = 2$ .

Når skredmassene treffer en vegg eller lignende, vil belastningen først skje i lav høyde, enten ved bakken eller et stykke oppe avhengig av snøhøyden når skredet inntreffer og skredets flyte høyde. Deretter vil lasten gradvis vandre oppover muren etter hvert som snøen avlagres, og til slutt virke mot toppområdet av muren. Den avlagrede snøen vil påføre muren en statisk belastning, mens skredsnøen i bevegelse vil gi en dynamisk last. Den dynamiske lasten består av to komponenter:

Hastighetsuavhengig trykk:  $p_{vi} = k_p \cdot \sigma_v$

Hastighetsavhengig trykk:  $p_{vd} = \rho \cdot v^2$

hvor

$k_p$  = passiv snøtrykk-koeffisient, antatt = 2 for tørr snø, 6 for våt snø

$\sigma_v$  = vertikal snølast

$v$  = skredhastighet

$\rho$  = skredsnøens densitet

Det statiske trykket ( $p_{stat}$ ) kan forenklet beregnes etter følgende uttrykk:

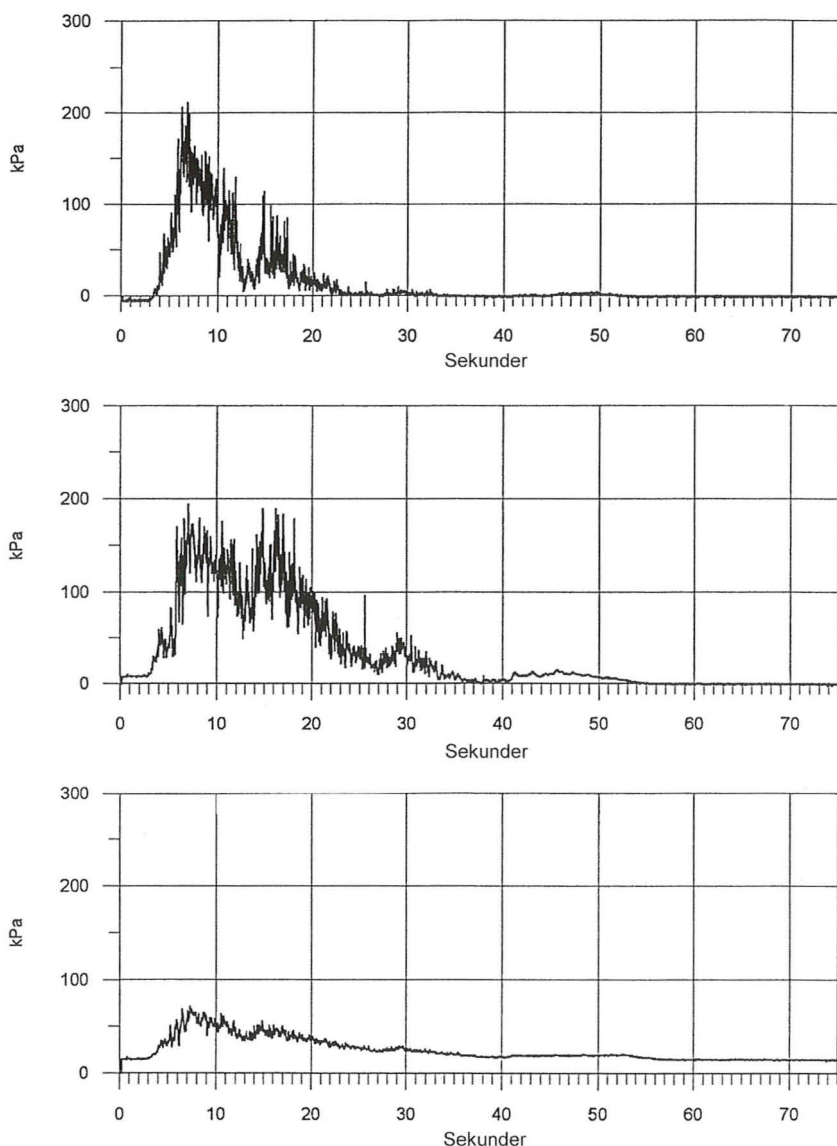
$$p_{stat} = k_a \cdot \sigma_v$$

hvor

$k_a$  = aktiv snøtrykk-koeffisient = 0,65

I tillegg til disse lastene kan det også forekomme en oppadrettet last som følge av at skredmassene «skvetter» oppover idet de treffer muren. Den oppadrettede friksjonskraften mot muren kan beregnes ut fra en friksjonskoeffisient  $\mu = 0,3$  som multipliseres med den samlede dynamiske lasten  $p_{vi} + p_{vd}$ .

Figur 64 viser trykket fra et tørt snøskred med fronthastighet ca. 30 m/s. Belastningen ble registrert kontinuerlig på tre trykkplater som er montert på en 3 m høy betongkonstruksjon, se foto 86. Nederste plate er minst påvirket av skredet, sannsynligvis fordi det lå snø på bakken da skredet kom og som ikke ble erodert bort av skredet. På denne platen var maksimallasten ca. 60 kPa. For de to øvrige platene ble maksimallasten registrert til ca. 200 kPa. Vi ser videre hvor raskt skredbelastningen varierer med kortvarige, men store utslag i trykket, noe som sannsynligvis skyldes treff av større eller mindre snø-



Figur 64. Målte belastninger fra et skred i Ryggfønn. Størst belastning (og hastighet) nær fronten av skredet.



Foto 86 og 87. To bilder av betongkonstruksjon for måling av skredtrykk, Ryggfonn, Stryn

klumper. Belastningen øker også fort, i løpet av tre til fire sekunder har lasten på de to øverste platene nådd maksimalnivået. Etter hvert som tiden går avtar lasten gradvis og i løpet av 30–40 sekunder har skredet passert målerne. Et normalt trehus ville blitt fullstendig knust av et slikt trykk, som bare tyngre betongkonstruksjoner eller store løsmassevoller kan stå i mot.

Den sikreste løsningen blir derfor både for små og store skred; å holde seg utenfor skredutsatt område.







# VÆROBSERVASJONER (feltskjema)



<b>Sted</b>				
<b>Observatør</b>				
<b>Dato</b>				
<b>Tidspunkt</b>				
Skydekke (n/8)				
Været nå (ww)				
Siden forrige obs. (w)				
Snøhøyde (cm)				
Lufttemp. (°C)				
Maks. (°C)				
Min. (°C)				
Vindhastighet (m/s, tekst)				
Vindretning (°, tekst)				
Snøfokk				
Nedbør (mm)				
Nysnø (cm)				
Vannekvivalent nysnø (mm)				
Total snøhøyde (cm)				
Overflatesnøtype				
Overflateform				
Innsenkning (cm)				
Nysnøtemp. overflate (°C)				
Nysnøtemp. 10 cm (°C)				





# Litteratur

- Andresen, L. 2002. *Capacity Analysis of Anisotropic and Strain-Softening Clay*. Ph.D. Thesis, Department of Geology, University of Oslo.
- Bader, H. et al. 1939. Der Schnee und seine Metamorphose. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie. *Hydrologie*. Lieferung 3.
- Bader, H., Salm, B. 1990. On the mechanics of snow slab release. *Cold Regions Science and Technology* 17.
- Bakkehøi, S. 1987. Snow avalanche prediction using a probabilistic method. *Avalanche Formation, Movements and Effects*. Eds. Salm, B., Gubler, H., *International Association of Hydrological Sciences Publication No. 162*, Wallingford, UK: IAHS Press.
- Bakkehøi, S., Domaas, U., Lied, K. 1983. Calculation of Snow Avalanche Run-out Distance. *Annals of Glaciology*, Vol. 4, 24–29.
- Bakkehøi, S., Nørem, H. 1994. Sammenligning av metoder for beregning av maksimal utløpsdistanse for snøskred. *Norges Geotekniske Institutt. Rapport 581200–30*.
- Buser, O. 1983. Avalanche forecast with the method of nearest neighbours. *Cold Regions Science and Technology*, Vol. 8, No. 2.
- Colbeck, S., Akitaya, E., Armstrong, R., Gubler, H., Lafeuille, J., Lied, K., McClung, D., Morris, E. 1990. *The international classification for seasonal snow on the ground*. *International Commission on Snow and Ice*.
- Domaas, U., Harbitz, C. 1998. Avalanche run-up heights on deflecting dams: Centre-of-mass computations compared to observations. *Norges Geotekniske Institutt. Publikasjon nr 203. (Serie)*
- Forsvarets overkommando. 1987. *Veiledning i vintertjeneste*, hft. 9. Snø, snøskred og redningstjeneste.
- Føhn, P., 1987. The «Rutschblock» as a practical tool for slope stability evaluation. *IAHS Publication No. 162. (Serie)*
- Gabl, K., Lackinger, B. 1996. *Lawinenhandbuch*. Herausgeber Land Tirol, Tyrolia-Verlag, Innsbruck, Wien.
- Geiger, R. 1965. *The Climate Near the Ground*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gubler, H., 1994. *Physik von Schnee*. H. Gubler, ALPUG, Richstattweg 2, 7270 Davos-Platz.
- Harbitz, C. 1998. A survey of computational models for snow avalanche motion. *Norges Geotekniske Institutt. Rapport 581220-1, 1998*.
- Hestnes, E., 1985. A contribution to the prediction of slush avalanches. *Annals of Glaciology* 6.
- Hobbs, P.V. 1974. *Ice Physics*. Oxford: Clarendon Press.
- Irgens, F., Schieldrop, B., Harbitz, C.B., Domaas, U., Opsahl, R. 1998. Simulations of dense snow avalanches on deflecting dams. *Annals of Glaciology* Vol. 26.

- Issler, D. 1998. Modelling of snow entrainment and deposition in powder snow avalanches. *Annals Glaciol.* 26.
- Jamieson, B., McDonald, J. 1999. *Free Riding in Avalanche Terrain. A Snowboarder's Handbook*. Canadian Avalanche Association. Revelstoke. B.C. Canada.
- Jamieson, B. 2000. *Backcountry Avalanche Awareness*. Canadian Avalanche Association. Revelstoke. B.C. Canada.
- Kristensen, K. 1992–2000: The Ryggfonn project. Avalanche data from the winters 1991/92, 1992/93 and 1993/94. 1996/97, 1997/98, 1998/99 and 1999/2000. *Norges Geotekniske Institutt's rapporter 581200–33*.
- Kristensen, K. 2000. *Vurdering av akutt snøskredfare. Kurs i observasjonsrutiner for snøskredvarsling*. Kompendium Norges Geotekniske Institutt/Stryn Skulekontor.
- Kristensen, K. 2000. *Handbok for observatører. Vær- snø og skredobservasjoner. Kurs i observasjonsrutiner for snøskredvarsling*. Kompendium Norges Geotekniske Institutt/Stryn Skulekontor.
- Larsen, J. O., Laugesen, J., Kristensen, K. 1988. Snow creep against masts. *Norges Geotekniske Institutt, rapport 581100–1*.
- Lied, K., Bakkehøi, S. 1980. Empirical calculations of snow avalanche runout distance based on topographic parameters. *Journal of Glaciology*, 26 (94).
- Lied, K., Moe, A., Kristensen, K., Issler, D. 2002. Ryggfonn. Full scale avalanche test site and the effect of the catching dam. *Norges Geotekniske Institutt. Rapport 581200–35*.
- McClung, D. 1987. Mechanics of snow slab failure from a geotechnical perspective. *IAHS Publication No 162*.
- Mellor, M. 1968. *Avalanches. Cold Regions Science and Engineering*, Part III, Section A3D. Hannover, NH:US Army CRREL.
- Mellor, M. 1977: Engineering Properties of Snow. *Journal of Glaciology* 19 (81).
- Munter, W. 1999. *3 · 3 Lawinen*. Agentur Pohl & Schellhammer Edition VIVALPIN, Garmisch-Partenkirchen.
- Perla, R., Martinelli, M. 1976. *Avalanche Handbook. USDA Agricultural Handbook 4889*, Washington, DC: US Government Printing Office.
- Norem, H., Irgens, F., Schieldrop, B. 1987. A continuum model for calculating snow avalanche velocities. In: *Avalanche Formation, Movements and Effects – Symposium at Davos 1986, IAHS publication 162*.
- Nordli, Ø. 2000. *Fjellet i snø, vind, sol og tåke*. Det Norske Samlaget.
- Perla, R. 1980. *Avalanche release, motion and impact. Dynamics of Snow and Ice Masses*. Colbec, S. Ed. New York: Academic Press.
- Perla, R., Cheng, T., McClung, D. 1980. A two-parameter model of snow-avalanche motion. *J. Glaciol.* 26(94).
- Rammer, L., Schreiber, H., Randeu, W. L., Kristensen, K., Lied, K. 1998. Radar measurements of snow avalanche full-scale experiment in Rygg-



- fonn. 25 Years of Snow Avalanche Research, Conference Proceedings, *Norges Geotekniske Institutt, Publikasjon nr. 203.*
- Ramsli, G. 1981. *Snø og snøskred*. Universitetsforlaget, Oslo.
- Salm, B., Gubler, H., Eds. 1987: Avalanche Formation, Movements and Effects. *International Association of Hydrological Sciences Publication No. 162*, Wallingford, UK: IAHS Press.
- Salm, B. 1988. *Scherritzfortpflanzung in der Schneedecke*. Mitteilung Nr. 94. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie, Gaziologie, ETH, Zürich.
- Schweizer, J. 1993. The influence of the layered character of the snow cover on triggering of slab avalanches. *Annals of Glaciology, Vol. 18, 1993.*
- Schaerer, P. 1989. *Evaluation of the shovel shear test*. Proceedings of the International Snow Science Workshop, Whistler, British Columbia, 1988, BC: Canadian Avalanche Association.
- Statens Naturvårdsverk, Sverige, 1987. Snø och Laviner. *Rapport SNV 1655*.
- Statens vegvesen 1993. *Snøvern*. Nr 167 i Vegvesenets håndbokserie.
- Toppe, R. 1987. Terrain models. A tool for natural hazard mapping. *IAHS Publication No. 162*.
- Voellmy, A. 1955. Über die Zerstörungskraft von Lawinen. Schweiz. *Bauzeitung* 73.

# Stikkord

10°-punktet 83

a-aksen 42  
ABS-skredballong 129  
adferdspsykologi 128  
adiabatisk avkjøling, fuktig- 92  
airbag 129  
akebrett 172  
akseptabel risiko 128, 153  
akser 42  
aktivitet, frivillig 153  
albedo 46  
aldersbestemme 36  
alpelandene 151  
alpinbakker/alpinanlegg 158, 173  
aluminium 164, 166  
analogier, hydrauliske 84  
analogt utstyr 137  
anleggsmaskin 185  
annenderiverte 84  
antennespolene 138  
arbeidsmiljø/arbeidsmiljøloven 156  
arealdisponering 150  
armering 126  
armert jord 176  
artilleri 170, 173  
atlanterhavsluften 91  
atmosfæren 39, 46  
avbøyningskrefter 34, 175  
 $\alpha$ -verdi 85  
avkjøling, fuktigadiabatisk 92  
avstandshenvisning, retnings- og 138  
avstandsindikatoren 139  
  
bakkeklaring 164  
bakkeoverflaten 29  
bakketemperaturen 46  
baneform 135  
Beaufort-skala 44  
bebyggelse, skredutsatt 150  
begerkrystallag 54  
bekkeløp 31  
bekkevifter 32  
belastning, dimensjonerende 167  
belastning, statisk 186  
beredskapsarbeid 145  
beregnet rekkevidde 147  
beregnet stige høyde 181  
beregnet utløp 145  
beregningmodell 82  
beregningmodeller, dynamiske 86  
bergoverflaten 28  
betong 185  
betongelementer/konstruksjoner 166, 183  
bevegelsesenergi 177  
bevisstløshet 131  
bivuakk 117, 119  
bjørkeskog 37

blindgjenger 173  
blokker 75  
blødninger 132, 137  
boligområder 145  
bombekaster 170  
boring, grovhulls- 169  
botner 25  
bredde/høydeforhold 185  
bremsekegler 184  
broforbindelser 52  
brudd 35, 49  
brudd, sprøtt 68  
brudd/skjærbrudd, progressivt 64, 68  
bruddanvisere 30  
bruddforplantning 68, 121  
bruddkanten 21, 64  
bruddkantundersøkelser 115  
bruddskader 128, 132  
bruddspenning 67  
bruddstyrke 67  
bruddløsning 68  
bruksarealer 154  
buffer 69  
bunmorenedekket 33  
bygenedbør 92  
byggeforskriftenes krav 147  
byggningsdeler 142  
byggningsrådet 154  
båre, improvisert 137  
  
c-aksen 42  
Coulomb-friksjon 87  
Coulombs bruddkriterium 66  
  
dalbunnen 32  
daldrag 25  
dapeskott 71  
databaseprogrammer 100  
deformasjon 67  
deformasjonshastighet 68  
densitet 43, 52  
depot 133  
destruktiv metamorfose 50  
detaljkart 145, 150  
detaljplanarbeid 145  
detonasjon/detonasjonstrykket 173  
detonasjonsenergien 174  
differensialligning 88  
diffundere 39  
digitale sendere/mottakere 137, 138  
digitalt terreng 86  
dimensjonerende belastning 167  
dimensjonerende høyde 181  
dimensjoneringskriterier/regler/g runnlag 167, 174, 185  
drenasje 180  
drenslag 180  
driftsbygninger 155  
drivhuseffekten 47  
duggpunktet 39  
dunsnø 43

dynamisk friksjonsvinkel 62  
dynamisk last 186  
dynamiske beregningsmodeller 86  
dynamitt 171  
dødsårsak 131  
  
effektiv høyde 179  
effektivtrykk 89  
egenskaper, mekaniske 52  
eksplosiv gassblanding 170, 174  
eksponeringstid 119, 123  
eksposisjon 25, 70  
elektrisitet, statisk 173  
elektrisk tenning 173  
elektronisk søketstyr 121  
elektroniske brikker 140  
elvegjel 25, 28  
elnevifter 32  
energi, potensiell 177  
energien 47, 178  
enkeltsendere 140  
erosjon 33, 162  
erstatningsansvar 157  
erstatningsbetingende uaktsomhet 157  
erstatningssum 158  
etterskred 133  
evakuering 150  
  
fagleder skred 141  
faglig kompetanse 158  
fall, bratteste 183  
fallhastigheten 45  
fallinjen 138  
fangmurer 177  
fangvoller 177  
fare, potensiell 148  
faregrenser 151  
fareområder 154  
faresituasjoner, akutte 156  
faresonekart 145, 147  
faresonekart, detaljerte 150  
faresonene 147  
farlig område 173  
fasthet 24, 43, 64  
feltarbeid 147  
feltartilleri 173  
feltlinjene 138  
finstoff 180  
finsøk 139  
fjellfoten 32  
fjellklating 154  
fjellplata 161  
fjellsportmiljøene 133  
fjærbuffer 69  
flakskred 23, 61  
flomfare 154  
flyte høyde 86, 177  
fokksnø/fokksnødrift 25, 44  
fokksnøflak 122  
fokksnøtransporten 97  
fonområdet 162  
forankringspunkt 170

forband 180  
 forbygningsanlegg 157  
 forbygningsflate 168  
 fordampningsvarmen 48  
 foringsrør 169  
 formasjoner 25  
 forsenkninger 25  
 forsikringselskap 157  
 forskrift, veiledning til teknisk 155  
 forskrifter, tekniske 154  
 forsvinningspunktet 135  
 forurensning (j) 104  
 fotplate 170  
 frekvens 23, 81, 137  
 fremgraving 132, 140  
 fribord 179  
 friksjon, hastighetsavhengig 87  
 friksjonen 28  
 friksjonskoeffisienten 65, 186  
 friksjonskraften 83, 186  
 friksjonslast 175  
 friksjonsvinkel, dynamisk 62  
 friluftsliv 117  
 fritidseiendommer 145  
 fritt vann 55  
 fritt vanninnhold ( $\theta$ ) 104  
 frivillig aktivitet 153  
 frontflate 92  
 frontnedbør 92  
 frontzone 91  
 frysekjerner 39  
 fuktigadiabatisk avkjøling 92  
 fuktighet, relativ 39  
 fullimpregneret 164  
 fullskalaforsøk 178  
 fundamentavstand 168  
 fundamenteringen 166  
 funnsteder 134  
 furu 37  
 fyllingsgrad 164  
 føhnevind 48  
 førstehjelp 132, 137  
 førstehjelp, livreddende 137  
 førstehjelpsutstyr 129

gabionmurer 176  
 gassblanding, eksplosiv 170, 174  
 gassblandinger 174  
 genetisk klassifikasjon 192  
 geomorfologiske undersøkelser 147  
 geostrofisk vind 92  
 geotekniske grunnundersøkelser 181  
 geotekstiler 176, 185  
 gjennomsnittshelling 124  
 gjerder 165  
 glidefaktor 167  
 glideflate 116  
 glideplan 64, 66  
 glidesjikt 43, 64  
 glidning 59, 75

gradient 185  
 granat 173  
 Granåsen, hoppanlegget 24  
 graupel 41  
 gravitasjonskonstanten 177  
 grovhullsboring 169  
 grovsøk 135  
 grovsøk, trepunkts 136  
 grunnforhold 181  
 grøfter, parallelle 142

hagl 40, 41  
 hardhet (R) 104  
 hastighetsavhengig friksjon 87  
 hastighetsavhengig/uavhengig trykk 186  
 hastighetskomponenten 181  
 hastighetsprofil 89  
 helikopter 171  
 helling 23  
 helling, gjennomsnitt- 124  
 hellingsmåler 104, 121  
 hellingsvinkel 24  
 henget 59  
 himmelstråling, diffus 46  
 historiske skredhendelser 147  
 hjelpstendere 164  
 hjernesker 131  
 hjerte/lungeredning 137  
 Holmenkollbakken 24  
 homogent 68  
 horisontal 138  
 hovedredningssentral (HRS) 141  
 hvilende snø 175  
 hydrauliske analogier 84  
 hydrogen 174  
 hyppighet 81  
 hytter 155  
 høyde, dimensjonerende 181  
 høyde, effektiv 179  
 høyenergi-skade 128  
 høyfjellet 31  
 høytrykksituasjoner 25  
 håndsprenning 172  
 håndtesten 105

impregneret tømmer 166  
 improvisert bære 137  
 infrarød stråling 47  
 initial skjærspenning 68  
 initialbruddet 68  
 irregulære partikler 41  
 is 43  
 isbroer 52  
 isdråper 41  
 isforbindelser 52  
 ising 174  
 iskrystaller 39, 56  
 isoterm 49, 109  
 jord, organisk 180  
 jordrotasjonen 91  
 jordtrykkslast 175  
 jordvarmen 45, 49

kabler 173  
 kaldfront 91  
 kaldluft 93  
 kameratredning 132  
 kanalstrøm 86  
 kanon, rekylfri 170  
 kapillærkreftene 55, 56  
 karbondioksid 47  
 kart 123  
 kart, M711- 148  
 kart, oversikts- 145  
 kart, registrerings- 145  
 kart, skredfare- 145  
 kart, tur- 125  
 kart/kartgrunnlag, topografisk 148  
 kartlegging 145  
 karttyper 145  
 kartverk, økonomisk 148  
 kildegranskning 147  
 kirkebøker 147  
 kjedereaksjon 63  
 kjegle 185  
 klabbet 23  
 klassifikasjon, genetisk 192  
 klimaområde 56  
 knauser 25  
 kohesjonen 62  
 kollaps 121  
 kommandoplass 141  
 kommisjon 151  
 kompresjonstest 113  
 kondensasjon 46, 92  
 kondensasjonskjerner 39  
 konkav form 27, 50, 180  
 konsekvens 153  
 konstruksjoner, stive 166  
 konstruktiv metamorfose 53  
 kontaktflaten 54  
 kontaktpunktene 52  
 konveks form 25, 30, 50  
 konveksjon 46, 47  
 koordinatsystem, todimensjonalt 100  
 kornform (F) 104  
 kornskjelettet 89  
 kornsnøkrystallene 54  
 kornstørrelse (E) 104  
 korrelasjonskoeffisient 83  
 korrosjon 166  
 kortbølget stråling 46  
 kost/nyttebetraktning/vurdering 157, 159  
 kostnadseffektiv 167  
 kotegrunnlaget 148  
 kotene 123  
 kraftlinjer 145  
 kraftmast 168  
 kram 55, 178  
 kronebredde 180  
 krumningsradius 83  
 krystall, begerformet 54  
 krystall, stjerneformet 51  
 krystallform 62



- krystallomvandling 50  
 krystalloverflaten 62  
 kuldegrader 51  
 kuldlaboratorium 51  
 kuleform 51  
 kulelagring 89  
 kulvert 176  
 kumulativt normalfordelingsdiagram 96  
 kvikkleireskredområder 148
- ladning 170  
 ladning, forhåndsplassert 170, 173  
 lagpakker 55  
 laguner 34  
 landvind 25, 93  
 langbølget stråling 46  
 last, dynamisk 186  
 lavinehund 129, 133  
 lavinesnor 112  
 lavtrykk, polare 92  
 lavtrykk/lavtrykksenter 91  
 lavtrykksaktivitet 71  
 le 26  
 ledevoller 181  
 lefonn 45, 162  
 leire 180  
 leire, marin 181  
 lengdeakse 177, 183  
 lensmannskrifter 147  
 lesider 25  
 letemannskap 141  
 liggeunderlag 137  
 likevekt 50  
 livreddende førstehjelp 137  
 lokale redningsentraler (LRS) 141  
 lokalhistorie 147  
 lokalkjente 158  
 lokalklima 147  
 lokalsamfunnet 147  
 losiden 162  
 luftbåren snøsky 31  
 luftfuktighet 42  
 luftsiden 176  
 lufttemperatur 95  
 lydsignalet 140  
 lysåpning 164  
 løpemeter 167  
 løsmassene 33  
 løssnøskred 51, 61
- M711-kart 148  
 magnetiske objekter 141  
 magnetometer 141  
 manngard 134  
 marin leire 181  
 masse, stedlig 180  
 massebalanse 180  
 medrivningspunktet 135  
 medvirkeransvar 158  
 mekaniske egenskaper 52  
 merking 137  
 metallurgi 52  
 metamorfose 50  
 metamorfose, destruktiv 50  
 metamorfose, konstruktiv 53  
 metamorfose, smelte- 55
- metamorfose, temperaturgradient- 54  
 meteorologisk stasjon 95  
 metningstrykk 50  
 mildvær 126  
 mildværsinnslag 49, 71  
 militær kommando 153  
 mine/minfelt 127  
 molekyl 52  
 morenedekket 33  
 motstandstallet 186  
 mottaker 130  
 mottakere, digitale sendere/ 137, 138  
 multippel regresjonsanalyse 84  
 målestokk 145
- naturskade/naturskadeforsikring/naturskadeloven 157  
 nedbør 25, 43, 95  
 nedbør, orografisk 92  
 nedbørførende vindretning, vanligste 162  
 nedbørførende vindretninger 25  
 nedbørintensitet 95  
 nedbørsky 39  
 nedbørsmengder 31  
 nedbørstasjoner 95  
 nedbøyning 35  
 nedkjøling 137  
 nedsprenning 170  
 NIS-modellen 89  
 nitrogen 38  
 nominell sannsynlighet 154, 155  
 Nonel tenningsystem 172  
 Norges Røde Kors Hjelpekorps 141  
 normalfordelingsdiagram, kumulativt 96  
 normalkomponent 65, 181  
 normalspenning 59, 89  
 normalspenningsviskositeter 89  
 Norsk Folkehjelp Sanitet 141  
 numeriske modeller 86  
 nysnø 47  
 nysnøkrystaller 51, 63  
 nysnømengde 95  
 næringsstoffer 38  
 nærmeste-nabo 99  
 nålefasong 40  
 nåler 41
- observasjonsrekker 101  
 observert rekkevidde 147  
 okklusjon 91  
 oksygen 131, 174  
 oksygentilførselen 131  
 omstrømmet legeme 186  
 omvandling, oppbyggende 53  
 oppadrettet last 186  
 oppbyggende omvandling 53  
 organisert redning 141  
 organiserte turer 137  
 organisk jord 180  
 orografisk nedbør 92  
 overflatespenningen 50, 52  
 overflatesøk 133  
 overflatetemperaturen 45
- overlevelsessannsynlighet/sjanse 131, 132  
 overmetningen 39  
 oversiktskart 145  
 oversiktsplaner 145
- parabel/parabelfunksjonen 84  
 parallelle grøfter 142  
 partikler, irregulære 41  
 passiv snøtrykk-koeffisient 186  
 passiv svargiver 140  
 PCM-modellen 88  
 peileapparat 138  
 plan- og bygningsloven 148, 150  
 plastmateriale 164  
 plater 41  
 platåkanten 162  
 plogform 181  
 plogvoller 182  
 polare lavtrykk 92  
 polarfront/polarluft 91  
 politiet 141, 156  
 politiinstruksen 156  
 politikamrene 141  
 politiloven 156  
 poreluften 51  
 poretrykk 89  
 porevansoevertrykk 180  
 porøsitet 53  
 potens 44  
 potensiell energi 177  
 potensiell fare 148  
 potensielle skredområder 147  
 primær søketeig 135  
 profil, stasjonært 89  
 profilveggen 105  
 progressivt brudd 64, 68  
 propan 174  
 prøvegraving 181  
 punktlast 175  
 punktsondering 133, 135
- radar/radarskerm/radarutstyr 141  
 radiobølger 141  
 radiosamband 171  
 radiostyrt tenning 173  
 rammsonde 104  
 rammsondeskjema 190  
 randkrefter 168  
 ras 154, 156  
 raviner 32, 33  
 Recco/Recco-brikken 140  
 redning 131  
 redning, kamerat- 132  
 redning, organisert 141  
 redningsaksjon 133  
 redningsinnsats 130, 140  
 redningsentraler, lokale (LRS) 141  
 redningstjenesten 132, 141  
 referansetråder 109  
 registreringskart 145  
 regn 48  
 regresjonsanalyse, multippel 84  
 regreskrav 157  
 reguleringsplanen 154  
 rekkevidde, beregnet 147

rekylfri kanon 170  
 relativ fuktighet 39  
 rennsnø 54  
 residualstyrken 68  
 restrisiko 159  
 retnings- og avstandshenvisning 138  
 retningsanvisning 141  
 retningsending 181  
 rettsavgjørelser 157  
 rettskraftige dommer 157  
 rim/rimet/rimlag 41, 43, 56  
 risiko, akseptabel 128, 153  
 risikonivå, kvantifisert 155  
 risikovurdering 118  
 ruhet 72, 167  
 rulling 45  
 rutebeskrivelsen 127  
 rutevalg 118, 123  
 rutsjblokk 112  
 rutsjblokktesten 112  
 rygger 25  
 ryggskinne 129  
 Røde Kors Hjelpekorps, Norges 141  
 røde soner 148  
 rørkonstruksjon 168  
  
 saltasjon 45  
 saltasjonslaget 75  
 saltpartikler 166  
 samband 171  
 samfunnsrisiko 153  
 samlekapasiteten 162  
 samleskjerner 161  
 sannsynlighet 153  
 sannsynlighet, nominell 154, 155  
 sannsynlighetsdiagrammet 96  
 segregasjon 136  
 selvdrenering 180  
 sender 130  
 sender/mottakerutstyr 138  
 sendere, enkelt- 140  
 sendere/mottakere, digitale 137, 138  
 sending 137  
 sentrifugalkrefter 89  
 setningen 43, 57, 51, 109  
 sidehelning 180, 185  
 sidestøtter 163, 164  
 sigebevegelsen 49  
 sigefaktor 167  
 sigehastigheten 58  
 signal 138  
 sikkerhet, tilstrekkelig 154  
 sikkerhetsklasse 154  
 sikkerhetskrav 155  
 sikkerhetsnivå 159  
 sikkerhetstenkning 128  
 sikkerhetstiltak 128  
 sikkerhetstiltak 173  
 sikring 23, 171  
 sikringskyndig 171  
 sikringsmidler 171  
 sikringsobjektet 159  
 sikringstiltak 150  
 sikringstyper 160  
 sikringsvoller 159, 176  
  
 silt 180  
 sintring 52  
 sjakkbrettmønster 184  
 sjakt 171  
 sjikt 43, 55, 105  
 sjokktrykk 172  
 skadestedet 141  
 skadestedsleder (SKL) 141  
 skar 25  
 skare 56  
 skarelag 43  
 skavler 45, 170  
 skiheisanlegg 141  
 skiløyper 170  
 skiområder 170, 174  
 skjerm 162  
 skjermhøyde 162, 163  
 skjærbelastninger 52, 54  
 skjærbrudd 64  
 skjærbrudd, progressivt 64  
 skjærbølgehastigheten 69  
 skjærdeformasjoner 58  
 skjærkraft 168  
 skjærramme 108  
 skjærspenning, initial 68  
 skjærspenninger 58, 66  
 skjærstrøm 89  
 skjærstyrken 54  
 skjærviskositet 89  
 SKL 141  
 skoggrense 167  
 skoler 155  
 skred, fagleder 141  
 skred, flak- 23, 61  
 skred, løssnø- 51, 61  
 skred, sørpe- 24  
 skred, tørrsnø- 61  
 skred, våtsnø- 59  
 skredballong, ABS- 129  
 skredbaneprofiler 85  
 skredblokkene 134  
 skreddannelse 61  
 skredekspert 151  
 skredfare 47, 145, 157  
 skredfarekart 145  
 skredfarevarsel 101  
 skredfarevurdering 117  
 skredhastighet 159  
 skredhendelser 147  
 skredhyppigheten 25  
 skredløpet 22, 31  
 skredmassene 31  
 skredofre 131  
 skredområde 21  
 skredområder, potensielle 147  
 skredoverbygg 160  
 skredsannsynlighet 147  
 skredsituasjon, akutt 170  
 skredskader 37  
 skredskog 38  
 skredsnø 184  
 skredtatte 131  
 skredterreng 21  
 skredtrykk 186  
 skredtypen 23  
 skredulykke 130  
 skredutsatt bebyggelse 150  
 skredvolum 122, 179  
 skråavstivere 164  
  
 skråning 24  
 skråstøtter 164  
 skydekket 47  
 skyer 39  
 skåler 25  
 slagskader 128  
 slip-hastighet 89  
 smeltemetamorfose 55  
 smelteomvandling 55, 110  
 smeltepunktet 56  
 smeltevann 28, 47, 49, 59, 168  
 smeltevarme 48  
 smelting 43, 51  
 snø 24  
 snø, hvilende 175  
 snøakkumulasjon 95  
 snøbrettkjørere 117  
 snødekke 23, 43  
 snødrift 25  
 snøfallintensiteten 43  
 snøfiller 40, 44  
 snøflak 30  
 snøkorn 49  
 snølag 49  
 snøoverflaten 45, 49  
 snøpakken 59  
 snøprisme 168  
 snøprofilen 103, 126  
 snøprofilskjema 105, 189  
 snøprøvetaker 104  
 snørenner 117  
 snøsag 104  
 snøscooterkjøring 117  
 snosig 36  
 snøskredfare 153  
 snøskredområder 148  
 snøskredområder 24  
 snøskredulykke 132  
 snøsky 36, 75, 182  
 snøsky, luftbåren 31  
 snøstabilitet 118  
 snøstabilitetstester 109  
 snøstøv 75  
 snøsøyle 114  
 snøtermometer 104  
 snøtrykk-koeffisient, aktiv/passiv 186  
 snøtype 178  
 snøundersøkelser 103  
 snøutviklingen 127  
 soloppvarming 59  
 solskinn 63  
 sommerføre 125  
 sondestang 104, 136  
 soner, røde 148  
 spadeprøve 110  
 spenninger 30, 173  
 spenningsfordelingen 68  
 spenningskonsentrasjoner 68  
 sprengladning 170, 173  
 sprengning 114  
 sprengning, manuell 170  
 sprengningskyndige 171  
 sprengstoff 170  
 sprøhagl 41  
 sprøtt brudd 68  
 stabilitet 95, 112  
 stabilitetsbetraktning 66  
 stabilitetsindeks 108

- stabilitetstester 109
- stag 170
- stagnasjonstrykket 186
- standplass 172
- stasjonært profil 89
- Statens Vegvesen 156
- statisk belastning 186
- statisk elektrisitet 173
- statisk trykk 186
- stedlig masse 180
- steinblokker 30
- steinskredområder 148
- steinur 24
- stendere 163, 164
- stighøyde, beregnet 181
- stighøyde, teoretisk 177
- stighøyden 181
- stigningsforholdene 25
- stjerner 41
- stoffskifte 131
- strekkbelastning 52, 115
- strekkbrudd 59, 64
- strekkforankring 166
- strekk-kraft 166, 168
- strekkspenninger 25, 59
- strømkraften 186
- strømningsmønster 135
- stråling 46
- stråling, infrarød 47
- stråling, kortbølget 46
- stråling, langbølget 46
- strålingsbalanse 47
- stup 30
- støtteforbygninger 165
- støttepillar 168
- støtterør 166
- støvscred 192
- stål 166
- ståltau 164
- sublimasjon 39, 46
- suspensjon 45
- svaberg 25, 167
- svargiver, passiv 140
- søk 131, 133
- søkefase 133
- søkeinnsatsen 133
- søkelinjeleder 136
- søkelinjen 136
- søkemannskapet 136
- søkemetode 137
- søkestang 133, 136
- søkestrategier 140
- søketeig 137
- søketeig, primær 135
- søkeutstyr, elektronisk 121
- søkk 43
- sørpe 24
- sørpescred 24
  
- taubane 170
- taubaneloven 158
- Teknisk forskrift, Veiledning til 155
- tekniske forskrifter 154
- temperaturfordelingen 45
- temperaturgradient 46
- temperaturgradientmetamorfose 54
- tenning, elektrisk 173
- tenning, radiostyrt 173
- tenning, utidig 173
- tenningssystem, Nonel 172
- tennledning 173
- tennmekanisme 173
- tennmidler 171, 173
- terminologi 128
- terreng, digitalt 86
- terrenganalyse 127
- terreng 23
- terrengformer 25
- terrenghelningen 23
- terrengnormal 168
- terrengoverflater 167
- terrengvurdering 118, 121
- testarealet 112
- tidsfaktoren 132
- tidsnød 135
- tidsprofiler 104
- tilkomstteknikk 171
- tilleggsbelastninger 109
- tjærelunte 172
- todimensjonalt koordinatsystem 100
- tomtesøkere 158
- topografisk kart/kartgrunnlag 148
- topografisk modell 84, 85
- topografiske faktorer 23
- topografisk-statistisk modell/beregningsmetoder 81, 148
- toppområdet 161
- totalbelastning 168
- transporttid 132
- trigonometriske funksjoner 124
- trykk, dispersivt 89
- trykk, effektiv- 89
- trykk, hastighetsavhengig/uaavhengig 186
- trykk, sjokk- 172
- trykk, skred- 186
- trykk, stagnasjons- 186
- trykk, statisk 186
- trykk, vandamp- 39
- trykkbelastninger 52, 54, 170
- trykk-kraften 168
- trykkluftkanon 170
- trykkplater 187
- trykkvirkninger 79, 151
- turbulens 48, 75
- turbulent friksjon 86
- turbulent strømning 72
- turer, organiserte 137
- turfølge/turgruppe 137
- turkart 125
- tverrprofilen 183
- tømmer, impregnert 166
- tørrfriksjon 65
- tørrmur 176, 180
- tørrsnøskred 61
- tøyningshastigheten 67
- tøyningssraten 89
- tåke 39
  
- uaktsomhet, erstatningsbetingende 157
- ulykkesstedet 132
- underkjøling 39, 41
- undervegetasjonen 38
- utløp, beregnet 145
- utløpsdistanse 80
- utløpslengde 119
- utløpsområdet 22, 32
- utløserbindinger 129
- utløsning 49
- utløsning, kunstig 170
- utløsningsmekanismen 101
- utløsningsområdet 21, 30
  
- vann, fritt 55
- vanndamp 39
- vanndampoverskuddet 39
- vanndamptrykket 39
- vanndråper 39
- vannfilm 55
- vannhinnen 56
- vanninnhold 62
- vanninnhold, fritt (θ) 104
- varmegrader 48
- varmeleder/varmeledning 45, 49
- varmeledningsevnen 45, 63
- varmetransporten 46
- varmeutveksling 46, 48
- varmfront 91
- varslingstid 132
- vassdemme 71
- vassfonn 71
- vegetasjonen 35
- Veiledning til Teknisk forskrift 155
- veitrafikk 145
- vektkomponenten 68
- vertikal last 175
- vertikal snølast 186
- vertikalsnitt 183
- vind, geostrofisk 92
- vindfall 36
- vindkrefter 170
- vindpakking 23
- vindretning, nedbørførende 25, 162
- vindstille 30
- vindstyrke 31, 43, 95
- vinterfriluftsliv 117
- vintersesong 31
- vinterøvelser 145
- visko-elastisk 67
- visko-plastisk 89
- Voellmays modell 87
- vollhøyde, nødvendig 177
- vurderingsmodell 119
- værobservasjonene 104
- værobservasjonene 104
- værobservasjoner, feltskjema 191
- værstatistikk 127
- væskestrøm 75, 135
- væskestrøm, laminær 72
- våningshus 155
- våtfriksjon 87
- våtsnøskred 59
  
- wire 164
- wirenett 166
  
- økonomisk kartverk 148



# Snøskred

## Håndbok om snøskred

Dette er håndboken for dem som trenger informasjon om snøskred enten som friluftslivsentusiaster i snøskredterreng eller dem som møter snøskredproblemer i jobbsammenheng. Boken viser først hvilke problemer snøskred forårsaker i Norge historisk sett. Deretter gjennomgås terrengformer der snøskred oppstår, snø i atmosfæren og på bakken. Hvordan skred blir utløst og værforhold som fører til skred er viet bred plass. Friluftsliv i forbindelse med snøskred – også søk og redning – er gitt en grundig behandling. Lover og regler er omtalt, samt kartlegging og sikring mot skred.

Norges Geotekniske Institutt (NGI) fikk etter stortingsvedtak i 1972 ansvaret snøskredforskningen i Norge. Boken er i stor grad basert på erfaringer og forskningsresultater samlet ved NGI gjennom 30 års arbeid i hele landet, og i andre land med lignende problemer.

Utgitt i samarbeid med  
Norges Geotekniske Institutt



*Karstein Lied* har over 30 års erfaring med snøskred. Han har vært leder for skredgruppen ved NGI i 25 år og vært sentral i oppbyggingen av kompetansen om snø og snøskred i Norge. Lied har lang erfaring fra forskning og rådgivning, spesielt innenfor problemer knyttet til rekkevidde, kartlegging og sikring mot snøskred. Lied nyter stor respekt for sin innsats for å løse praktiske problemstillinger knyttet til snøskredfaget både nasjonalt og internasjonalt.

*Krister Kristensen* har jobbet med snøskred siden 1975 da han ble ansatt på NGIs skredkontor i Stryn. Han har lang erfaring med vurdering av skredfare i fjellet og han har vært knyttet til NGIs forskningsstasjon på Strynefjellet. Kristensen har særlig arbeidet med utfordringene mot friluftslivet, og er sertifisert som internasjonalt godkjent tindeveileder (Nortind/IFMGA). Kristensen har vært sentralt med i utviklingen av kursvirksomhet for å heve kunnskapen om risiko for snøskred ved ferdsel i fjellet, og i utviklingen av metoder for redningstjenesten i Norges Røde Kors Hjelpekorps. Han har i mange år representert NGI i den internasjonale fjellredningskommisjonen (ICAR).



9 788241 205682



ISBN 82-412-0568-6