

# **AVALHEX SKREDUTLØSER**

HOVEDOPPGAVE  
INGENIØRUTDANNINGEN  
HiN 2005



**Espen Nygård  
&  
Petter Næss**



HØGSKOLEN  
I NARVIK

# Hovedrapport

Hovedprosjekt 2005

## Bachelor i ingeniørfag

Lodve Langes gate 2, Postboks 385

8505 NARVIK

Telefon: 76 96 60 00

Telefax: 76 96 68 10

<i>Tittel</i> <b>AVALHEX SKREDUTLØSER</b>	<i>Dato</i> 10.juni 2005
<i>Forfattere</i> Espen Nygård Petter Næss	<i>Gradering</i> Åpen
<i>Avdeling for</i> IBDK	<i>Studieretning</i> Allmennbygg
<i>Veileder</i> Harald Sverre Arntsen, HiN Jan Otto Larsen, SVV	<i>Antall sider</i> 68
<i>Oppdragsgiver</i> Statens Vegvesen	<i>Vedlegg</i> Del 1: 103 Del 2: 52
<i>Oppdragsgivers kontaktperson</i> Ole Magnus Ellefsen	

<i>Sammendrag</i> Formålet med denne oppgaven har vært å kartlegge hvorvidt Avalhex skredutløser fungerer under norske forhold. Avalhex skal i hovedsak preventivt utløse små skred så ofte som det lar seg gjøre så fremt snøforholdene ligger til rette. Problemet er at store snøskred alt for ofte stenger vegen på Rv825 mellom Grov-Gratangen. Ved å "sprengne" ned snøen med jevne mellomrom unngår man de store og svært ofte farlige skredene. Arbeidet med denne oppgaven var i hovedsak å ta for seg de mekanismer og prosesser som virker inn på skredfaren. Videre følge opp værforholdene for å kunne fastslå hvilke tilstander stasjonen taklet, samt prøve å finne den optimale bruk av Avalhex stasjonen.	
<i>Norske stikkord</i> Avalhex skredutløser Snøskred Vegsikring Væranalyser	

## Forord

Denne rapporten er skrevet som avsluttende hovedoppgave for studieretning Allmenn Bygg ved Ingeniørutdanningen i Narvik. Hovedoppgaven baserer seg på utarbeidelse av denne rapporten som teller 15 studiepoeng.

Denne oppgaven tar for seg forholdene i Strætelia under utprøving av Avalhex skredutløser. Vi tar for oss mekanismer og prosesser som virker inn på skredfaren på en slik måte at brukeren får en fullstendig innføring rundt problematikken ved skredsikring.

Oppgaven har gitt oss erfaring i gjennomføring av en teoretisk-, dels praktisk oppgave, i samarbeid med oppdagsgiver og veiledere. Oppgaven er gitt av Ole Magnus Ellefsen, Statens Vegvesen.

### Oppgaven besvares i tre deler:

- Hovedrapport
- Vedlegg Del 1 (vedlegg direkte knyttet til hovedrapporten)
- Vedlegg Del 2 (prosjektstyringsrelaterte vedlegg, tilegnet skolen)

Disse vil vi takke for deres bidrag i oppgaven:

Ole Magnus Ellefsen	For oppgaven
Harald Sverre Arntsen	For veiledning
Jan Otto Larsen	For veiledning
Per Arne Sundsbø	For å dele sin kompetanse innen snødrift
Bent Bones Olsen	For å dele sin kunnskap innen Avalhex
Svein-Erik Sveen	For å dele sitt vindroseprogram med oss

Siden vi aldri fikk testet Avalhex stasjonen pga de tekniske feilene som oppstod, og prosjektet skal fortsette til neste år, kan vi se på dette som et forprosjekt, eller en del 1 i oppfølging av Avalhex. Håper skolen finner interesserte studenter i neste kull for videre oppfølging vinteren som kommer.

Narvik 10.06.05

Espen Nygård og Petter Næss

## Sammendrag

Formålet med denne oppgaven har vært å kartlegge hvorvidt Avalhex skredutløser fungerer under norske forhold. Avalhex skal i hovedsak preventivt utløse små skred så ofte som det lar seg gjøre så fremt snøforholdene ligger til rette. Problemet er at store snøskred alt for ofte stenger vegen på Rv825 mellom Grov-Gratangen. Ved å "sprengne" ned snøen med jevne mellomrom unngår man de store og svært ofte farlige skredene. Arbeidet med denne oppgaven var i hovedsak å ta for seg de mekanismer og prosesser som virker inn på skredfare. Videre følge opp værforholdene for å kunne fastslå hvilke tilstander stasjonen taklet, samt prøve å finne den optimale bruk av Avalhex stasjonen.

Arbeidet med rapporten har krevd god kunnskap til snø og dens egenskaper. Rapporten omhandler derfor en del grunnleggende snø- og skredteori, men avgrenses til forholdene som er på strekningen mellom Grov-Hilleshamn hvor skredhyppigheten er størst. Snøprøver og analysering av værddata har utgjort en stor del av oppgaven og har vært konsentrert rundt forholdene i Strætelia der hvor Avalhex stasjonen står montert.

Desverre ble stasjonen demontert i februar pga teknisk feil. Testing av stasjonen har derfor ikke latt seg gjennomføre, remontering vil første skje etter at hovedoppgaven vår er innlevert. Vi har likevel hatt full oversikt over snøforholdene i Strætelia, og det har ikke vært fare for snøskred etter våre vurderinger.

Tiden vi egentlig skulle bruke til testing av stasjonen har vi brukt til å se om der finnes en sammenheng mellom fjære sjø og snøras. Dette er tatt opp i en egen rapport i vedlegg Del 1. Forslag til videre arbeid kommenteres etter konklusjonen.

# Oppgavetekst

## HOVEDOPPGAVE ALLMENN BYGG

Tittel:

### **Avalhex skredutløser**

Studenter:           Espen Nygård  
                          Petter Næss

Veiledere:           Harald Sverre Arntsen, HiN  
                          Jan Otto Larsen, SVV

### **Avalhex skredutløser**

Strekningen mellom Grov og Gratangen er svært utsatt for snøskred. I snitt er vegen stengt 2.36 ganger pr. år. For å ivareta trafikantenes sikkerhet og hindre at snøskred når vegen er det nå satt igang tiltak. Avalhex skredutløser vil utløse små kontrollerte skred når forholdene gjør det mulig. Under skredutløsningsforsøkene sperres vegen for å unngå at folk kommer til skade. Ryddemannskap står også klare på stedet for å fjerne snø som evt. skulle nå vegen.

Denne metoden for å utløse skred vil være veldig sikker, men det krever en del oppfølging med hensyn til værprognoser, erfaringer og sunn fornuft for å få et bra resultat.

Oppgaven vil for studentenes del være deltagelse på oppfølging og loggføring av værforhold gjennom vinteren. De må dessuten sette seg inn i gjeldende teorier og prosesser for å kunne delta i utviklingen.

I denne oppgaven inngår følgende temaer:

- Snøteknologi og Avalhex teknologi
- Rasutløsningsmekanismer
- Topografi og snødrift
- Rashistorikk og registrerte forhold
- Oppfølging av værforhold
- Se på effekt og bruk

Hovedoppgaven skal presenteres i form av en komplett teknisk rapport.

Utlevert:           3. januar 2005

Innleveres:       10. juni 2005

Harald Sverre Arntsen

# Innholdsfortegnelse

<b>INNHALDSFORTEGNELSE .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INNLEDNING.....</b>	<b>3</b>
1.1 BAKGRUNN .....	3
1.2 FORMÅL .....	3
1.3 PROBLEMBESKRIVELSE .....	4
1.4 AVGRENSNINGER AV PROBLEMSTILLINGER.....	4
1.5 METODE.....	5
1.6 TEORI.....	5
1.7 FEILKILDER .....	6
<b>2. TEORIER .....</b>	<b>7</b>
2.1 SNØTEORIER.....	7
<i>Snø i atmosfæren</i> .....	7
2.2 SKREDTEORI.....	15
<i>Løssnøskred</i> .....	15
<i>Flakskred</i> .....	15
<i>Sørpeskred</i> .....	16
<i>Skredbevegelse</i> .....	19
2.3 AVALHEX TEKNOLOGI.....	21
<b>3. TOPOGRAFI, SNØDRIFT OG TERRENGMODELL .....</b>	<b>25</b>
3.1 STRÆTELIA.....	25
3.2 PRESENTASJON VÆRDATA VINTEREN 03-04 .....	26
3.3 KART.....	31
<i>Oversiktskart værstasjoner</i> .....	31
<i>Kart over Strætelia</i> .....	32
<i>Kart over plassering av Avalhex</i> .....	33
3.4 LOKALE FORHOLD.....	34
<i>Sørlig vind</i> .....	35
<i>Vestlig vind</i> .....	36
<i>Nordlig vind</i> .....	37
<i>Østlig vind</i> .....	38
<i>Snøopplagring</i> .....	39
<b>4. RASHISTORIKK OG REGISTRERTE FORHOLD .....</b>	<b>42</b>
4.1 RASHISTORIKK GROV - HILLESHAMN.....	42
4.2 STRÆTELIA.....	43
<b>5. SKREDFOREBYGGENDE TILTAK.....</b>	<b>44</b>
5.1 IVERKSATTE TILTAK I STRÆTELIA .....	44
5.2 MULIGE TILTAK.....	45
5.3 PROBLEMET KUNSTIG UTLØSNING AV SKRED .....	48
5.4 HVORFOR AVALHEX .....	49
<i>Innkjøringsproblemer</i> .....	50
<b>6. OPPFØLGING AV VÆRFORHOLD VINTEREN 2004-2005 .....</b>	<b>51</b>
6.1 KOMMENTAR AV VINDROSER OG DIAGRAMMER .....	51
6.2 KOMMENTAR BEFARINGER.....	56
6.3 PERIODER HVOR DET HADDE VÆRT INTERESSANT Å TESTE AVALHEX .....	57
<i>Fiktive tilfeller</i> .....	57
<b>7. VURDERING .....</b>	<b>58</b>
7.1 GEOGRAFISK OG RASHISTORISK VURDERING.....	58
<i>Strætelia</i> .....	58

---

7.2 SNØFORHOLD OG VÆRUTFALL.....	58
7.3 PROBLEMATIKKEN KUNSTIG UTLØSNING AV SKRED .....	60
7.4 KOMMENTAR PROSJEKT AVALHEX.....	61
<b>8. KONKLUSJON.....</b>	<b>64</b>
8.1 FORSLAG TIL VIDERE ARBEID .....	65
<b>LITTERATURLISTE .....</b>	<b>66</b>
<b>VEDLEGG.....</b>	<b>68</b>

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for denne oppgaven er monteringen av Avalhex skredutløser på den rasutsatte strekningen mellom Grov og Gratangen i Troms fylke. Hensikten med Avalhex er å hindre oppbygging av store snømasser som kommer ned som farlige snøskred. I denne studien av ras på strekningen mellom Grov og Hilleshamn er det sett på hvordan Avalhex skredutløser kan hindre de store snøskredene som stenger veien.

Betongrenovering AS som leverer Avalhex systemet har fått i gang en avtale med Statens Vegvesen om utprøving av stasjonen. Systemet som er av fransk opprinnelse har aldri før vært montert så langt nord og det knytter seg derfor stor spenning til om det vil fungere tilstrekkelig under norske forhold. Avalhex-systemet fungerer ved at en ballong fylles med mellom tre og fire kubikk av en blanding hydrogen og oksygen gass. Gassen antennes og gir et trykk på marken tilsvarende en skiløper, trykket virker innenfor et område på 30-40 meter og skal da utløse et skred hvis forholdene ligger til rette for det. SVV som har hovedansvaret for testingen ønsket hjelp til oppfølgingen å ville finne den optimale benyttelse av stasjonen. Betongrenovering AS vil være med på oppfølgingen for å finne ut av alle ”barnesykdommene”, og for å være med på utviklingen.

Systemet har vært testet flere år i Frankrike og fungerer veldig bra der. Spørsmålet er om det vil fungere like bra under norske forhold. Her i Norge inneholder snøen mer fuktighet og det er derfor ikke sikkert den vil fungere like bra.

## 1.2 Formål

Formålet med denne oppgaven er å samle og gjøre nødvendig teori forståelig for å kunne vurdere og behandle skredfare. Værdata skal samles, behandles og loggføres slik at det kan presenteres på en oversiktlig måte. Vurderingene vil ligge til grunn for å finne ut hvorvidt Avalhex skredutløser fungerer under norske forhold, samt finne den optimale benyttelse.

Vi vil sette oss inn i temaet snøteknologi som er et omfattende og vanskelig område. Det vil bli utført befaringer for å holde oversikt på de faktiske snø- og værforholdene under utprøvingen av Avalhex.. Vi vil også se på sikringsfilosofi og plasseringen av stasjonen.

Til slutt håper vi å kunne bidra til vurderingen av systemets funksjonalitet og egnethet for det norske klima.



### 1.3 Problembeskrivelse

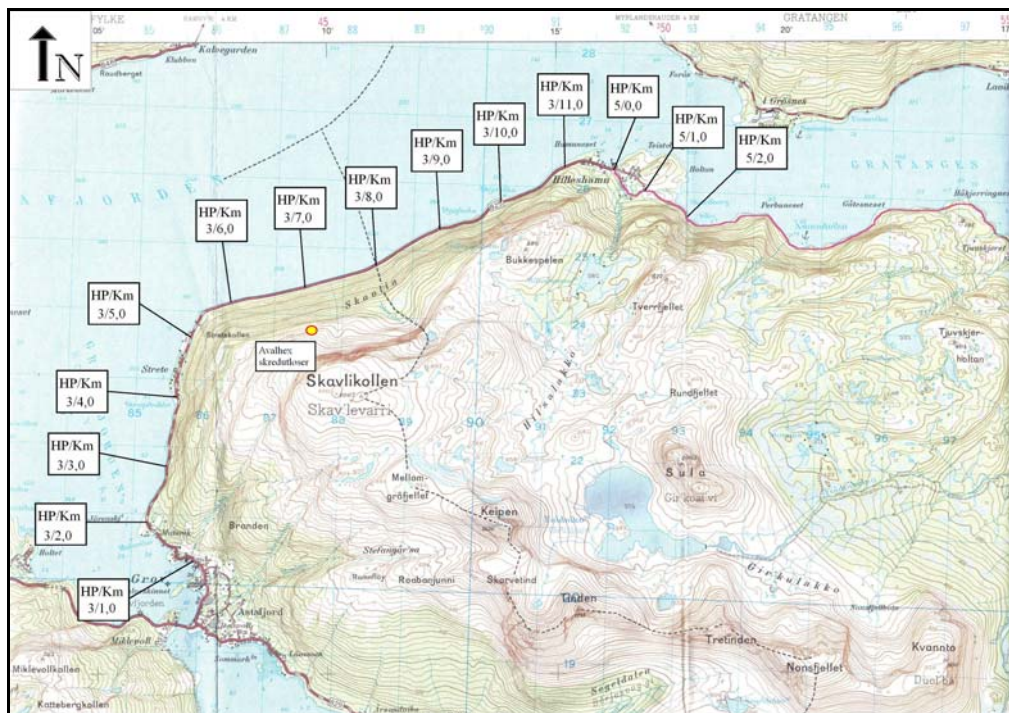
Strætelia, som er Avalhex sitt utvalgte sted, ligger mellom Grov og Gratangen i Troms fylke. På en strekning på 14 km er vegen i snitt stengt 2.36 ganger i året på grunn av snøras. Strekningen har en ÅDT på rundt 500, og storparten av de som ferdes langs vegen er transport av skolebarn, arbeidsreisende og næringstrafikk.

Problemet i Strætelia, der Avalhex skredutløser står montert, er at det ved sørøstlig vind bygges opp en skavl like ovenfor stasjonen. Denne skavlen er ofte den utløsende årsak til skred akkurat der. Skavlen knekker og faller ned på snøen som ligger lagret i dellen under og utløser skredet. Det er her de største skredene oppstår. Avalhex er ikke ment til å slå ned skavlen, men ved bruk av skredutløseren vil man kunne utløse skred oftere og i mindre masser. Disse skredene vil mest sannsynlig ikke nå ned til vegen, og den dagen skavlen faller ned ligger det ikke noe rasutsatt snø under den.

Et annet spørsmål er om Avalhex klarer å utløse skred her i Norge. Testingen i Frankrike har gått veldig bra, for der er snøen som regel tørr og fin. Klimaet her i Norge er annerledes enn i Frankrike. Snøen her inneholder mer fuktighet og kan bli vanskeligere å ”slå løs”.

### 1.4 Avgrensninger av problemstillinger

I denne rapporten vil det bli fokusert på området i Strætelia hvor stasjonen står montert, men det er tatt hensyn til hele vegstrekning fra Grov – Hilleshamn når den generelle skredfaren for området er vurdert.



Figur 1.4.1: Figuren viser den rasutsatte strekningen mellom Grov – Hilleshamn med Hp/Km markert. Avalhex skredutløser er også markert på kartet. Kilde: Statens Kartverk.

### **1.5 Metode**

Analysen av vær er en systematisk innsamling, analysering og tolkning av informasjon med sikte på å avklare problematiske og mulige forhold ved bruk av Avalhex. Det dreier seg om å skaffe til veie data, analysere data, utføre befaringer med snøprøver og analyser, behandle værdata og utføre sprengningstester. Til slutt sette alt dette opp mot hverandre for å treffe en konklusjon hvorvidt Avalhex skredutløser fungerer under norske forhold.

Det er innhentet data fra blant annet Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI), Statens Kartverk, Statens Vegvesen (SVV), Høgskolen i Narvik (HiN),

Prosjektet baseres mye på å sette seg inn i snøteknologien og forstå denne, men behandling og analysering av værdata er likevel viktig. Det er her viktig å trekke frem spesielle perioder hvor vindretning, temperatur og nedbør har vært interessante. Snøteknologi er et omfattende tema og det finnes ikke noen "kakeoppskrift" på hvordan ting henger sammen. Det er viktig å lytte til erfarne fagfolk, samt bruke sunn fornuft under vurdering av informasjonen som er innhentet.

Ved å analysere tidligere ras, ta snøprøver, analysere værdata og utføre sprengninger vil man forhåpentligvis kunne finne den mest optimale benyttelse av Avalhex skredutløser.

### **1.6 Teori**

I dette prosjektet blir det skrevet om snøteknologi og kunstig utløsning av skred. Oppgaven er presentert slik at man får en oversikt over de forskjellige snøteoriene før man konkret går inn på forholdene og situasjonen i Strætelia. Dette ikke bare for å få den grunnleggende teorien som trengs før man går løs på oppgaven, men for å få en mer generell bakgrunn for arbeid med snø og skredproblem.

Problematikken som blir sett nærmere på er sikring av veg i vanskelige forhold og bruk av Avalhex skredutløser.

For at Avalhex skredutløser skal kunne utnyttes på best mulig måte må snøforholdene ligge til rette. Hensikten er å utløse skred før de løsner naturlig. Det er derfor viktig å skjønne hvordan snøen reagerer under forskjellige værforhold og klimaendringer som skjer i løpet av vinteren.

## **1.7 Feilkilder**

### **Værdata**

Det er innhentet værdata fra vintersesongene 03-05 fra værstasjonene på Øse, Fornes og Tjeldsund. Forholdene som måles ved værstasjonene vil variere i mer eller mindre grad inn mot Strætelia og antagelser vil kunne slå feil pga. de lokale vindstrømmene som opptrer. Det skal også nevnes at været som har vært de siste to årene, spesielt med tanke på dominerende vindretning, ikke er særlig representativ for normal vintervind. Vanligvis i meteorologiske sammenhenger snakkes det om måleperioder på 30 år for normaler. Undersøkelser fra DNMI viser at de siste to årene avviker fra det normale.

Vår sammenligning de siste to årene kan derfor ikke ses på som fremherskende for området ettersom spesielt vindretning strider mot normalen.

### **Befaringer**

Deler av oppgaven har vært befaringer og snøprøver. Ettersom vår erfaring er begrenset og snøteknologi er et veldig komplisert og omfattende tema, vil det derfor kunne eksistere usikkerheter rundt konklusjonene som trekkes ut fra befaringene.

### **Teori**

En større del av oppgaven har vært å samle teori og sette seg inn i snø og rasutløsningsmekanismer. Noe av denne teorien er tilårskommen, men det meste av teorien som har blitt gjennomgått er av nyere dato.

## 2. Teorier

### 2.1 Snøteorier

#### **Snø i atmosfæren**

##### **Innledning**

Teorien er satt opp suksisivt slik at den skal kunne leses og forstås fortløpende.

##### **Metningsgrad**

Luften inneholder alltid vanndamp i større eller mindre mengder. Vanndampen tilføres luften gjennom fordampning fra havet, fuktig mark, snø og is. Temperaturen spiller en stor rolle for hvor mye vanndamp luften kan inneholde. Høy temperatur gir større mengde dampinnhold før luften blir mettet. Varm luft inneholder derfor mer vanndamp enn kald luft.

##### **Duggpunkt**

Den temperaturen som luften må avkjøles til før kondensasjonen inntreffer, kalles duggpunktet. Når luften er relativt tørr, må den avkjøles mye før den blir mettet og ikke klarer å holde på fuktigheten. Er luften fuktig kreves det mindre avkjøling og duggpunktet blir høyt.

##### **Overmettet luft**

Dersom det er underskudd på fryse- og kondensasjonskjerner i luftmassene kan overskuddet av vanndamp bli på flere 100 prosent før kondensering inntreffer. Slik luft er overmettet.

##### **Underkjøling**

En sky inneholder alltid vanndråper selv om temperaturen er langt under 0 °C. Disse vannmolekylene betegnes som underkjølte.

##### **Kondensasjonskjerner**

Vanndampen i luften kondenseres på bitte små partikler, kondensasjonskjerner, og vi får vanndråper. Det vil alltid i større eller mindre grad være slike små partikler i luften, eksos, salt og annen luftforurensing er en del av dette. Skyer som fører til nedbør består av små vanndråper og iskrystaller.

##### **Frysekjerner**

Frysekjerner må finnes i luften for å få dannet iskrystaller. De har en sammensetning som gjør at vanndampen i luften kan gå direkte over til is på partiklene. (sublimasjon)

##### **Sublimasjon**

De tilfeller hvor vanndamp fryser direkte til is uten å være innom kondensasjon.

### Vanndamptrykket

















Damptrykket er større over vann enn det er over is. Vanndråper avgir derfor vanndamp til omgivelsene før iskrystaller. Dette medfører at vanndamp forflytter seg eller diffunderer fra vanndråper til iskrystaller. I det en vanndråpe fordampes tar den opp energi og temperaturen i omgivelsene synker. Den diffunderte vanndampen kan derfor fryse til på et iskrystall ved sublimasjon. Forskjellen i vanndamptrykket over vanndråper og iskrystaller gjør derfor at iskrystallene i en sky vokser på bekostning av vanndråpene.

### Fasong på snøkrystaller

Lufttemperaturen og vanndampinnholdet avgjør fasongen på snøkrystallene. Dersom temperaturen er under 0 °C helt ned til bakken, vil nedbøren komme som snø. Flere snøkrystaller kan hekte seg sammen til større filler, særlig ved temperaturer nær 0 °C. Ved kaldere temperaturer får krystallene oftest nålefasong.

### Densitet

Tetthet på snølag. Oppgis vanligvis i  $\text{kg/m}^3$ .

	1 Søylar		
	2 Nåler		Dannes ofte ved -3 °C til -5 °C.
	3 Plater		Dannes ofte ved -8 °C til -25 °C.
	4 Stjerner		Dannes ofte ved -12 °C til -16 °C.
	5 Uregel- messige partikler		Varierende betingelser.
	6 Sprøhagl		
	7 Hagl		Dannes ved rimavsetning på snøkrystaller.
	8 Is-partikler		

Figur 2.1.1: De 8 hovedformene av snøkrystaller. Kilde: Lied og Kristensen.

**Hagl**

Hvis snøkrystallene smelter på vei ned og sterke oppadgående luftstrømmer løfter de opp igjen, vil de fryse til is hvis de kommer høyt nok. Når de da kommer ned igjen vil de komme som hagl med mindre de smelter.

**Sprøhagl**

Små underkjølte vanndråper kolliderer med snøkrystallene på vei ned mot bakken, og de fryser i det de treffer krystallene. Sprøhagl vil få en mykere konsistens enn vanlig hagl.

**Dunsnø**

Snøfall i kaldt, stille vær gjør at snøen blir løs og lett og kan inneholde opptil 99 % luft og bare 1 % is som krystallene består av. Densitet helt ned til  $10 \text{ kg/m}^3$ .

**Nysnø**

Nysnø kan ha densitet på ca.  $100 \text{ kg/m}^3$ , det vil si 10 % av densiteten til vann.

**Setninger**

Snøen vil synke sammen eller sette seg etter at den er avsatt. Setningene skyldes tyngdens virkning og at snøkrystallene gradvis mister forgreiningene ved at fasongen forandres. Prosessen går fortest ved temperaturer nær  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . (Se også ”snøsig” og ”setning i snødekket” lengre ned.)

**Glidelag**

Mildvær med smelting i overflaten og senere overgang til frost fører til skarelag. Det kan også finnes nedsnødde rimlag, lag av hagl eller sukkersnø, disse er særlig viktig som glidelag for mulige snøskred. Nedsnødde rimlag og skarelag stopper vanndampdiffusjon oppover i snølagene og skaper ofte gode forhold for oppbyggingen av sukkersnø. (Se ”konstruktiv metamorfose”)

**Rim**

Rim dannes ved sublimasjon, det vil si at luftens vanndamp går direkte over til is. Dette skjer når snøoverflatens temperatur er lavere enn duggpunktet og luftens vanndamptrykk er større enn vanndamptrykket over iskrystallene i overflaten. Forskjellen i damptrykk gjør at fuktigheten i lufta søker mot iskrystallene og fryser.

### Snødriv

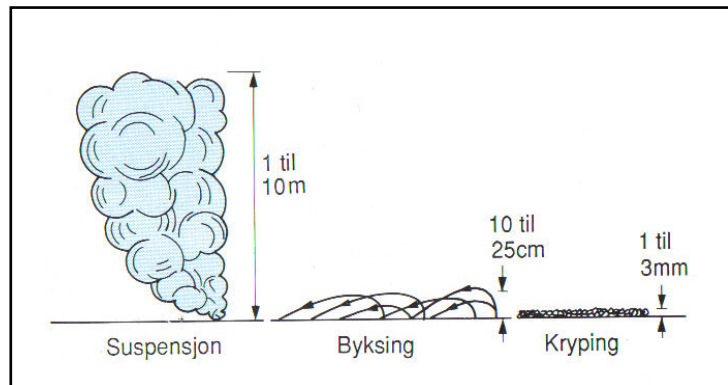
Graden av snødrift avhenger av vindstyrke og snøens overflatetilstand. Ved nysnø og kaldt vær vil snøen drive ved vindhastigheter rundt 5m/s, men gammel hardpakket snø kan tåle vindhastigheter på over 25m/s før snødrift oppstår.

### Kryping

Lette partikler rives løs og ruller over snøoverflaten. Under vind med hastighet på 4-7 m/s. (laber bris)

### Byksing/Saltasjon

Snøpartiklene beveger seg i små inntil 1,0 m lange hopp. Skjer under 8-10 m/s(frisk bris).



Figur 2.1.2: Kryping, byksing og suspensjon med angitt svevehøyde. Kilde: Hb 167.

### Suspensjon

Ved 12-13 m/s eller liten kuling vil 90 % av alle transporterte partikler bli holdt svevende i luftstrømmen.

### Temperaturgradient

Temperaturforskjell mellom toppen av snødekket og bakken kalles temperaturgradient. Hvis forskjellen på et 20cm tykt snødekke er 20 °C, har vi en temperaturgradient på 1 °C/cm. Skyldes at jordvarmen isoleres av snøen, temperaturen ved bakken blir derfor ofte ikke mindre enn rundt null grader.

### Varmeutveksling

Varmeutvekslingen eller varmetransporten mellom atmosfæren og snødekket. Denne er viktig for dannelse av snøskred. (se også ”konveksjon”)

### Kortbølget stråling

Kommer fra solen som blant annet synlig lys og ultrafiolett stråling. Det kommer også en slik såkalt diffus himmelstråling fra atmosfæren. Opp til 95 % av den kortbølgede strålingen reflekteres til verdensrommet og til atmosfæren hvis snøen er ren og tørr, 60-70% fra nysnø og 55-60% fra vannmettet sørpesnø. Strålingen som ikke reflekteres trenger ned i snøen og avgir energien som varme. Strålingen trenger lengst ned i våt snø og minst i tørr ny snø.

### **Langbølget stråling**

Langbølget/infrarød stråling kommer fra jorden og sendes ut til verdensrommet og atmosfæren. Ca 80 % reflekteres tilbake til jorden fra vanndamp, skyer og CO<sub>2</sub>, dette kalles drivhuseffekten.

### **Albedo**

Albedoen forteller hvor godt snøtypen reflekterer strålingen, og er en betegnelse på snøens ”hvithet”. De forskjellige snøtypene har forskjellige refleksjonsforhold. Denne hvitheten virker inn på skredfaren ved at eldre fuktig snø absorberer strålingen bedre enn ny snø, man får da lettere smeltevann i gammel snø og våtsnøskred kan utløses.

### **Strålingsbalanse**

**Negativ strålingsbalanse** får vi spesielt om natten under klarvær, hvor den langbølgede strålingen slipper ut og vi ikke har den kortbølget stråling fra solen. Dette kan føre til at temperaturen i snøoverflaten blir opptil 10 °C kaldere enn i luften.

**Positiv strålingsbalanse** kan vi få ved tynt og lavt skydekke. Langbølget stråling tilbakestråles fra skyene til snøen samtidig som kortbølget stråling fra solen klarer å trenge igjennom.

### **Konveksjon**

Konveksjon er varmeutvikling mellom snøen og luften. Luften som blåses forbi snøoverflaten tilfører eller avkjøler snøen alt etter lufttemperaturen.

### **Snøsmelting fra konveksjon**

Vindhastigheten avgjør også graden av smeltingen ettersom virvler og turbulens stadig fører ny luft i kontakt med snøoverflaten.

### **Snøsmelting fra kondensasjon**

Luftfuktigheten spiller også en rolle for snøsmeltingen. Luft med stort vanndampinnhold kan avkjøles av snøen slik at vanndampen kondenseres til vanndråper, kondensasjon frigjør varme, noe som øker smelteeffekten av den varme luften. Luft med lavt vanndampinnhold krever derfor mye større vindhastigheter og temperaturer for å smelte tilsvarende snømengder som fuktig luft.

### **Snøsmelting fra regn**

Regn har liten betydning når det gjelder varmeutveksling med snøen. Regnvær gjør at snøen synker sammen dels av vekten og på grunn av at snøkornene avrundes og pakkes tettere. Sammenhengen mellom snøkrystallene reduseres og styrken avtar og øker faren for skred.



### Destruktiv metamorfose

Nedbrytende omvandling eller destruktiv metamorfose starter i det øyeblikk en snøkrystall legger seg til ro på bakken eller på toppen av et eldre snølag. Alle forgreningene på nysnø gjør at  $1\text{ m}^3$  kan ha en samlet overflate på 1 mill.  $\text{m}^2$ . Etter endringen i overmetning tilstreber nå snøkrystallene en likevektsform som forener størst mulig volum med minst mulig overflate (kule). Siden det ofte er nær null grader i snølaget nede ved bakken fordampes noen av snøkrystallene der. Siden vanndampens metningstrykk avtar med temperatur, kondenseres denne dampen lengre opp i snølaget og fryser på snøkrystaller der.

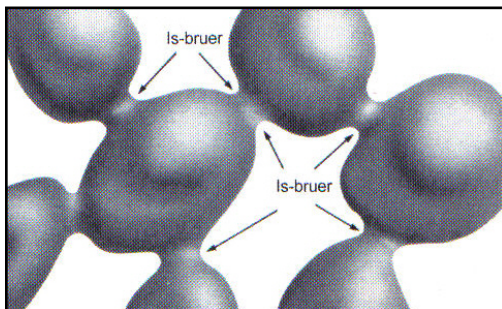
Når det er mye snø og vi har en liten temperaturgradient omvandles snøkrystallene direkte, selv om dette tar mye lengre tid. Fordamping av de framstikkende konvekse delene og sublimasjon (påfrysing direkte til is) på de konkave delene. Dette fortsetter til alle snøkrystallene har fått en avrundet form med diameter 0,5-1mm, porevolumet blir redusert, snøen setter seg og densiteten øker.

### Hvorfor nedbrytning til kule?

Overflatespenningen mellom molekylene i krystalloverflaten og damptrykket er større over konvekse partier (spisser og kanter), enn over konkave partier (sprekker og flater). Derfor fordampes de konvekse partiene først, og fyller opp de konkave partiene.

### Sintring

Når de avrundede snøkrystallene kommer i tettere kontakt med hverandre dannes det isforbindelser eller isbroer i kontaktpunktene.

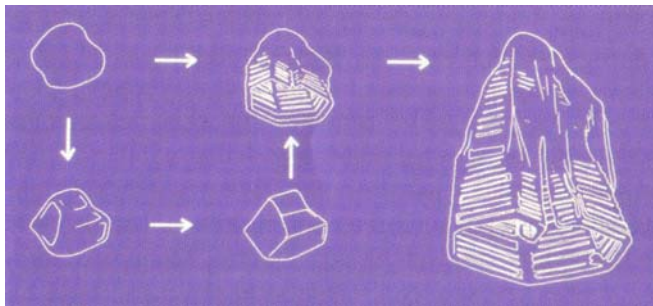


Figur 2.1.3: Sintring og dannelse av isbruer fra forskjellig damptrykk og overflatespenning. Kilde: Lied og Kristensen.

Dette kalles sintring og kommer først og fremst av forskjellen i damptrykk, som diffunderer (forflytter) vanndamp fra buede flater og inn i sprekker. Her kondenseres vanndampen fordi det blir overmetning i poreluften over kontaktflaten. Overflatespenningen bidrar også til at det transporteres molekyler i overflaten mot kontaktpunktene. Dette kan binde snøen rimelig fort etter snøfall ved høye temperaturer. Spesielt ved fokksnø hvor krystallene er meget små gir dette en kompakt og stabil masse med høyt antall isbroer per volumenhet. Dette gir fasthet til snøen, (se også "kohesjon").

### Konstruktiv metamorfose

Forflytningen av vanndamp fortsetter ved diffusjon og konveksjon, som vanndamp i stigende poreluft eller fra krystall til krystall. Når temperaturgradienten er større enn omkring  $10^{\circ}\text{C}$  per meter kan vi få det som kalles for konstruktiv metamorfose eller oppbyggende metamorfose. Snøkrystallene vokser seg terningformede og omkring 2-3 mm. i diameter. Dette gjør snøen kornete og den glitrer når vi holder den opp mot lyset. Kontaktflaten mellom krystallene minker, isbroene forsvinner og styrken i snødekket blir mindre. Hvis både porevolumet og temperaturgradienten er stor kan krystallene utvikles videre til begerformede krystaller med et sekskantet tverrsnitt og diameter 4-8 mm. Et slikt begerkrystallag hvor krystallene står stablet oppå hverandre med åpningen ned kalles ofte for sukkersnø eller rennesnø. Et slikt lag har liten skjærstyrke og er ofte glidelag i flakskred. Slike lag nede i mellom tettere snølag får ofte kompresjonsbrudd under lastpåvirkning og kan høres som dype drønn i snøen når en går på ski. Lyden kommer fra luften som presses ut i det laget kollapser.



Figur 2.1.4: Oppbyggende omvandling og dannelse av begerkrystall/sukkersnø. Ved stor temperaturgradient. Kilde: Lied og Kristensen.

### Smeltemetamorfose

Når snøen varmes opp til null grader starter krystallene å smelte, og vann frigjøres. Dette frie vannet med sin enestående varmeledningsevne bidrar sterkt til at metamorfosen går raskere. Smeltepunktet for snøkorn avtar med størrelsen, noe som bidrar til at de små snøkornene smelter først. Når snø smelter opptar smeltevannet energi og senker temperaturen i snølaget. Dette igjen gjør at de større kornene fryser på og vokser. En slik sammensetning av store snøkorn og fritt vann reduserer snøens styrke og kalles ofte for råttne snø. Smeltevannet kan anslås i prosent av massen ved at vann kan presses ut ved 8 %, og renner av seg selv ved 15 %. Etter hvert som vannet dreneres ut setter snøen seg og blir noe fastere igjen. Utsettes smeltet snø for frost igjen får vi skare og den totale styrken i snøen økes.

### Kohesjon

Kohesjonen eller graden snøkrystallene henger sammen på, avhenger av forbindelsene mellom snøkornene (altså kontaktflaten), temperaturen, vanninnholdet og i hvilken tilstand kornene befinner seg. Dette kan måles ved densitet og skjærstyrke, men økt densitet trenger ikke nødvendigvis gi bedre kohesjon. Ved økende temperatur eller tilgang på fritt vann smelter bindingsbroene og kohesjonen avtar. Nysnø pakkes dårlig sammen av seg selv og får liten kohesjon. Sintring etter snøfall rundt null grader gir god kohesjon.

**Setning i snødekket**

Hvor mye snødekket setter seg avhenger av en rekke faktorer. Er porevolumer stort, temperaturen høy og snødybden stor vil den totale setningen vær størst. Nysnø kan gjerne synke sammen 10 cm. per døgn, og densiteten gå fra  $100\text{kg/m}^3$  til  $500\text{-}600\text{kg/m}^3$  i le-områder med stor snødybde. Bevegelsen vil være størst ved overflaten og avta ned mot bakken.

**Snøsig**

Når snøen legger seg i en helning vil tyngdekraften i tillegg til setningen også prøve å dra snøen nedover bakken, dette siget vil variere i samme grad som setningen. Er kohesjonen stor og temperaturen lav vil ikke vekten av snøkornene klare å dra forbindelsene fra hverandre. Stiger temperaturen vil spenningene i snøen øke i lag med siget inntil kohesjonen og skjærspenningen mot bakken ikke lengre klarer å holde på snøen. Er helningsvinkelen derimot for stor vil ikke snøen rekke å sette seg, men straks begynne å sige. Deretter er det opp til friksjonen og skjærspenningene å holde på snøen. Er forholdene til rette vil snøen oppføre seg som en seig veske som siger nedover fjellsiden. Sigehastigheten avtar nedover i snølaget, og vil derfor ha størst hastighet ved overflaten.

**Spenninger i snø**

Er forbindelsene mellom snøkornene tilstrekkelig store kan vi betrakte større områder som snøflak, og si at det oppstår krefter og spenninger omkring flaket. Der hvor krefter (egenvekt) virker i snøens sigeretning vil deformasjonen dra på seg spenninger. Trykk i underkant, strekk i overkant og skjærspenninger i sidene og mot underlaget. Kohesjonen vil derfor dra med seg snømasser og snøen deformeres til belastningen på forbindelsen mellom kornene blir for stor og vi får et brudd. Hvor stor belastning et slikt flak tåler avhenger av friksjonen med omgivelser, helningsvinkel, skjærstyrke, kohesjon og areal kreftene får fordele seg på.

**Supersvake soner**

Spenningskonsentrasjoner kan forekomme hvis vi tenker oss at glidelaget ikke er homogent, men at det finnes partier som er såkalt «supersvake», dvs. tilnærmet uten styrke (sukkersnø og løs hagl).

**Spontane skjærbrudd**

Når et flakskred utløses oppstår et spontant skjærbrudd i glidesjiktet, bruddtypen kalles også et progressivt skjærbrudd. Kohesjonen i snølaget gjør at områdene rundt de supersvake sonene holder på snøen som har mistet kontakten med glideflaten. Dette øker skjærbelastningen i sidene og kohesjonspåkjenningen. Snøen over de supersvake sonene drar med seg omliggende snø og hele flaket glir ut. Skjærbruddet forplanter seg derfor raskt.

Se vedlegg E for utregning av skjærkraft.

## 2.2 Skredteori

### Løssnøskred

Starter som regel i lett løs nysnø eller i våt snø fra et punkt ved at litt snø først settes i bevegelse. 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. Her er forbindelsen (kohesjonen) mellom krystallene liten, så det skal små påvirkninger til for at skjærstyrken sideveis overstiges. Det vil da være opp til friksjonen å holde på snømassene. Nedover i skråningen brer skredet seg langsomt ut i vifteform etter hvert som det tar med seg mer masse, og volumet gradvis øker.

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°. Gjennom den nedbrytende metamorfosen forsvinner etter hvert forgreningene på krystalloverflatene. Dermed avtar kohesjonen og friksjonen og faren for løssnøskred øker. Solskinn, varm vind og regn er altså særlig på nysnø utløsende faktorer for løssnøskred.

Vi må 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 gjelder. 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° lavere enn den statiske. Følgelig vil snøpartiklene akselerere når de først har kommet i gang, så lenge terrenghelningen er større enn den dynamiske friksjonsvinkelen. Dominoeffekten sprer seg nedover og vi får et løssnøskred.

### Flakskred

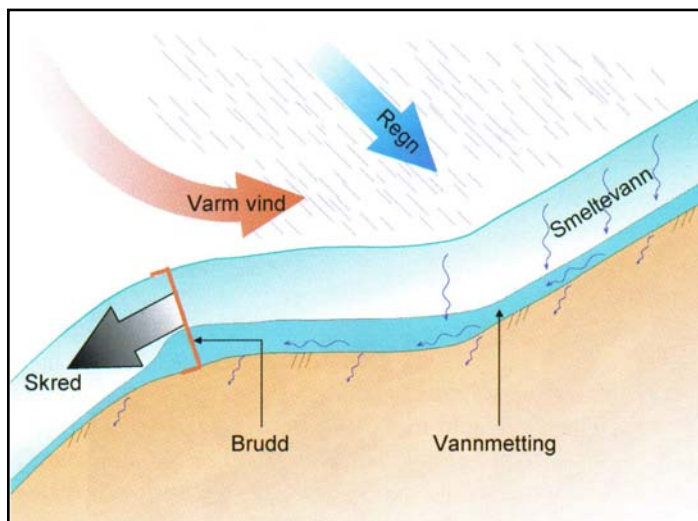
Flakskred består av større eller mindre snøflak der all snøen glir ut samtidig. Skredtypen kjennetegnes ved at et fastere snølag glir ut på et løsere lag lenger nede i snødekket eller ved bakken. Flakskredene er den skredtypen som blir størst og farligst, og praktisk talt alle skred som gjør skader hører til denne typen. Et typisk grunnlag for flakskred er eldre snø med stor fasthet nærmest bakken som danner en slett helning, oppå denne snøen ligger det et tynt løst lag med liten fasthet, og på toppen et lag med ny foksnsø. 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 som forplanter seg raskt. Øverst i skråningen der

snødekket er forankret påfølger et strekkbrudd og i sidene et skjærbrudd. Resultatet er at et mer eller mindre sammenhengende område av snøen glir ut. Det dannes en markert bruddkant som står ca 90° på underlaget. Lengden av bruddkanten kan variere fra ca 10 meter til over 1 km. Høyden på bruddkanten er som regel mellom ca 20 cm og 2-3 meter.

### Sørpeskred

Ettersom innholdet av vann i snøen øker kan vi komme til et punkt hvor snøen nærmest blir flytende. Tilførsel av vann i form av intens regn eller snøsmelting til snødekket er den viktigste årsaken til sørpeskred blir utløst. Oftest går skredene i oktober til desember, men i høyfjellet og andre områder med sen vår forekommer sørpeskredene vanligvis om våren. Sørpeskredene kan variere veldig i størrelse, fra små skred i bekkeløp til å strekke seg til over 1 km lengde.

De mest utsatte områdene i Norge er kyst- og fjordstrøkene fra Sørvestlandet til Nordland, men sørpeskred forekommer også i Troms og Finnmark. Det er spesielt områder med stor lavtrykksaktivitet og mildværsinnslag om vinteren som er utsatt.



Figur 2.2.3: Prinsippskisse av utløsning av sørpeskred. Kilde: Lied og Kristensen.

Andre faktorer som er med å avgjøre skredfaren er hvordan fjellsiden ligger i forhold til vind og vær. Fjellsider som vender mot vinden er mest utsatt fordi varmetilførselen her er størst og smeltingen mer intens. I disse fjellsidene vil det også regne mest, og sannsynligheten for sørpeskred vil øke. Om våren er det fjellsidene som er sørvendt som er mest utsatt fordi solstrålingen er mest intens her.

Grovkornet løs snø og bergkrystaller i snødekket er gode vilkår for sørpeskred. Dette forekommer etter lange perioder med kaldt vær og relativt lite snø. Nysnø som utsettes for

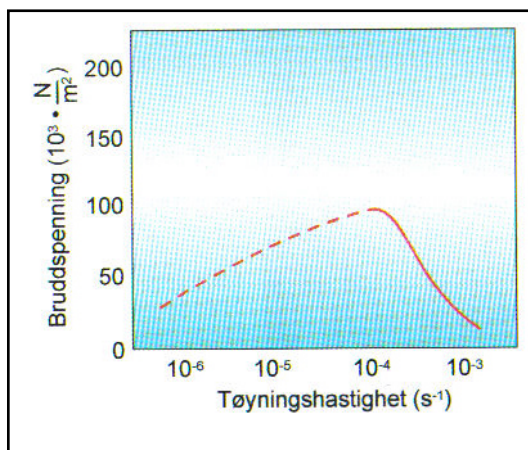
sterk snøsmelting eller regn binder store mengder vann, og når sørpeskred utløses blir disse fort flytende idet snøen kommer i bevegelse.

### Faregrad og snøsig

Vi vet av erfaring at det er en sammenheng mellom tilveksten av nysnø og graden av fare. Jo raskere nysnøen akkumuleres, desto større blir sannsynligheten for skred. I hellende terreng siger snøen langsomt nedover. Det er dette snøsiget som sannsynligvis er årsaken til at det går skred. Snøen kan beskrives som et viskoelastisk materiale. Den reagerer viskøst ved flytning på langsomme påkjenninger og til dels elastisk på raske.

### Tøyningshastighet

Betrakter vi forholdet mellom snøens bruddspenning og tøyningshastigheten, vil vi se at stigende tøyningshastighet gir økende bruddstyrke inntil et visst punkt hvor bruddspenningen oppnår sin maksimale verdi. Med bruddspenning menes belastning per areal.



Figur2.2.1: Bruddspenning varierer etter tøyningshastighet.

Kilde: Lied og Kristensen

For lave tøyningshastigheter opptrer snøen viskøst. Økes tøyningshastigheten utover maksimalverdien for spenningen, vil bruddspenningen falle til en brøkdel av sin maksimale verdi, med overgang fra viskøs deformasjon til sprøtt brudd. En viss spenning, fører til, eller fører ikke til brudd, avhengig av om siget befinner seg over eller under den kritiske tøyningshastigheten.

### Supersvake lag

Målinger viser imidlertid 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 ikke er homogent, men at det finnes partier med supersvake lag, dvs. tilnærmet uten styrke. Denne ujevne spenningsfordelingen i snøen er 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.

### **Progressive brudd "vogntogeffekt"**

Bruddforplantning fra lokale initialbrudd og utover i bratte heng kalles progressive brudd. Slike progressive brudd skjer kun i materialer som får redusert styrke som følge av deformasjon. I tillegg er det nødvendig at residualstyrken mot underlaget er lavere enn den initiale skjærspenningen påført av tilleggslasten. Dvs. på grensen til å løsne av seg selv.

*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, og en slik progressiv bruddforplantning kan forklare hvorfor bruddet i snøen forplanter seg over store avstander på kort tid ut fra det opprinnelige bruddstedet, og 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.

### **Vurdering av snødekket**

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 meter, 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 langs med skråningen. Skråningen som ligger solvent 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 mht. 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.

## **Skredbevegelse**

### **Snøskred i bevegelse**

Et snøskred beveger seg dels som et fast stoff, dels som væskestrøm og dels som en gass i bevegelse. I starten er det større blokker som glir på underlaget, men etter hvert som farten på skredet øker knuses blokkene til mindre partikler som ruller, glir og hopper nedover. Ved tørr snø virvles snøstøv opp i luften og vi får en hvit sky.

Flakskred er først og fremst preget av glidning. Hvis fallhøyden ikke er særlig stor (10-20m) er dette den dominerende bevegelsen. På større skred, hvor fallhøyden er stor, brytes flakene opp i større og mindre blokker avhengig av snøens fasthet og underlagets beskaffenhet. Etter hvert som skredet beveger seg nedover fjellsiden pulveriseres den mer og mer og den går over til hopping og rulling i tillegg til glidningen. Tørr snø får mer og tidligere hopping og rulling i motsetning til våt snø som holder seg i glidefasen mye lengre.

Et skred består av flere lag. De tunge skredmassene flyter i en rullende og glidende bevegelse nederst på bakken, denne massen er mellom 3-5 meter tykk. Over dette laget er det såkalte saltasjonslaget. Tykkelsen på dette laget avhenger av skredets hastighet og snømassenes konsistens. Når snøen er tørr dannes det etter hvert en snøsky som følger skredet nedover. Denne skyen er dominerende for skredets utseende og det er stort sett bare den vi ser når et stort skred farer nedover en fjellside. Se figur 2.2.2.





Figur2.2.2: Snøskyen er dominerende. Kilde: Lied og Kristensen.

Skredet og snøskyen følger hverandre hele veien ned til bunnen av fjellsiden. De tyngste massene bremses opp når terrenget blir slakere, men snøskyen kan fortsette opptil flere hundre meter før den stanser. Dette på grunn av at snøskyen har mindre friksjon enn massene langs bakken.

### Trykkvirkninger av skred

Trykket i skredmassene avhenger av hastigheten på skredet og densiteten på snøen. Densiteten ligger vanligvis mellom 200 og 400 kg/m<sup>3</sup> i tørre skred, og fra 500 til 700 kg/m<sup>3</sup> i våte skred. Snøskyen har en densitet fra 2-10 kg/m<sup>3</sup>. Trykket (P) mot en vegg som står vinkelrett mot skredet kan beskrives med en enkel formel:

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

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

Vi ser da at endringer i hastigheten har mye større betydning på skredets trykkvirkning enn endringer i densiteten.

Ved ekstra store skred kan det forekomme trykkvirkninger foran selve skredet. Skredet fortrenger luft med samme fart som skredet beveger seg, og denne luften skyves foran skredet som en trykkbølge. Det kan oppleves som et kraftig støt like foran skredet.

## 2.3 Avalhex teknologi

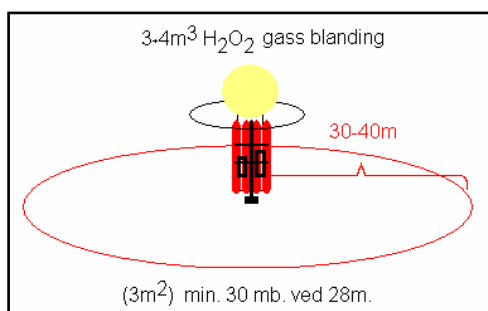
### Innledning

Helt siden 1.verdenskrig har det vært forsket på bruk av sprengstoff til utløsning av skred. Artilleri- og håndgranater ble i første omgang brukt i forsvars- og angrepssammenheng. Senere er det blant annet i Sveits blitt benyttet store mengder håndsprengninger innen snøskredsikring.

Snø densiteten varierer fra 80–500 kg/m<sup>3</sup>, dette gir en trykkbølgehastighet fra 100–2000 m/s. Under forsøk viser det seg at sprengstoff med detonasjonshastighet nærmest snøens trykkbølgehastighet (100–2000 m/s) gir det beste resultatet. En eksplosjon 2–4 meter over snølaget gir også en langt bedre rystningseffekt enn sprengstoff direkte plantet på eller inne i snøen.

### Avalhex teknologi

**A V A L H E X** er forkortelse for “**A**valanche **H**ydrogen **E**xplosive” som er en ny utløsningsmetode for snøras. Ideen bak systemet er at man ved å ofte utløse skred under kontrollerte forhold preventivt vil hindre større snømengder å bygge seg opp. Systemet er utviklet av franske I.T.S. (Info Telec Services) i samarbeid med CEA og CEMAGREF. Avalhex er fjernstyrt gjennom radioforbindelse og er utviklet for varig vern mot snøras ved å bruke en gassblanding (hydrogen og luft) som erstatning for klassiske eksplosiver. Hydrogenblandingen har en detonasjonshastighet på 1900 m/s og er derfor godt innenfor snøens trykkbølgehastighet. Av gastyper frigir hydrogenblandinger størst effekt ved eksplosjon. Blandingen detoneres 3 meter over snøen og har effekt i en radius av over 30 meter med et overtrykk på 30 millibar sentrert til utløsningspunktet. Dette vil gi en tilleggsbelastning tilsvarende en skiløpers marktrykk over hele virkeområdet.



Figur 2.3.1: Avalhex gir trykk i alle retninger og plasseres derfor inne i utløsningsområdet.

### Konstruksjonen

Avalhex monteres på en grunnplate som på steingrunn kun trenger forankringsbolter og et tynt lag med betong under stasjonens bunnplate, og på løst fjell kreves det et betongfundament. Stasjonener bygd på én modul prinsippet. Den veier rundt 750 kg og skal

kunne fraktes i ett løft av helikopter. Festeordningen er selvsentrerende og stasjonen settes bare rett ned uten større inngrep. For å unngå korrosjon er konstruksjonen utført i aluminium og rustfritt stål. Den er formet som en krone på et skaft hvor høyden avpasses snøforholdene i området. Utformingen er slik at stasjonen skal kunne skjære seg gjennom eventuelle flakskred uten å ta for skade av det. Avalhex stasjonen i Strætelia er nesten helt selvstendig, dvs. at det er kun radioforbindelse som forbinder stasjonen til kontrollposten. Gassenhetene står fastmontert på stasjonen og batterier lades opp ved hjelp av solcellepanel eller vindmølle, hvis ikke direkte strømtilkobling er mulig. Det tilbys også seriemonterte stasjonsløsninger med separate explodere og samlet gassdeponi for større områder.

Siden det ikke overføres noe direkte trykkraft til den mekaniske oppbyggingen som følge av eksplosjonen og systemet opererer trådløst, kan fotplaten og masten forenkles vesentlig konstruksjonsmessig.

Hvis man støper flere sokler rundt omkring på rasutsatte områder kan Avalhex forflyttes med helikopter fra den ene sokkelen til den andre.

Det gjøres forsøk med en Helilex som skal operere i line under helikopter. Den er ikke ferdig utviklet ennå, men vil komme på markedet ganske snart.

### **Funksjon**

Hydrogenet Avalhex bruker er oppbevart i egne gassbeholdere som står montert på stasjonen og overføres via styringssystem i de nødvendige mengdene som trengs til sprengningen. Oksygenet tas fra den omliggende luften og tilføres via en venturiventil som suger den til seg under fylling av hydrogen. Etter at en forløpskommando sendes fra fjernkontrollen og mottas av Avalhex systemet, blandes hydrogenstrømmen med oksygenet og styres inn i en lateksballong som fungerer som midlertidig oppbevaringspose og detonasjonskammer. Venturiventilen sørger også for at de to gassene blandes i nødvendig mengde for å oppnå maksimal frigjøring av energi. Ballongtenningen iverksettes etter at den ønskede mengde av H<sub>2</sub> er fylt i.

Avalhex er utstyrt med overvåkningsfunksjon som under hele avfyringsprosessen tillater at man kontinuerlig overvåker stasjonen og får statusrapport som forteller hvor langt stasjonen er kommet i avfyringsprosessen. Ved å bruke en oppblåsbar, fleksibel struktur, som lateksballongene er, hvor eksplosjonen er avdelt fra den mekaniske oppbyggingen av exploder, kan brukeren variere gassblandings volum avhengig av snø og værforhold. Brukeren kan velge mellom en "kort" detonasjon (90 sek) og en "lang" detonasjon (120 sek), forholdsvis 3 - og 4 m<sup>3</sup> av gassblandingen. Ballongene oppbevares i lufttette beholdere øverst på exploder, disse beholderne tåler effekten av eksplosjonen. Skulle tenningsmekanismen

svikte vil ballongen fortsette å blåses opp til den sprekker av seg selv, denne prosessen tar ca. 3 min.

To alternative typer av exploder tilbys, 17 eller 26 ballonger alt etter brukerens behov. Exploder omlades på stedet uten spesielle verktøy, bare ved å bytte ballongbeholdere som enkelt kan transporteres i ryggsekk. Omladingen tar mindre enn ett minutt og kan utføres selv midt på vinteren om stasjonen skulle gå tom.

Bruk av lateksballonger som detonasjonskammer gir en fleksibel lettvekts forbindelse mellom eksplosiv ladning og mekanisk oppbygging av exploder. Dette gir en betydelig reduksjon i mekanisk belastning ved sprengning av gassblandingen. Trykket fra eksplosjonen på stasjonen er dermed alltid begrenset til under 6000 daN.

### **Trykkeffekt**

Trykk avgitt av stasjonen er målt ved forsøk og sammenlignes vanligvis med tilsvarende mengde TNT for samme effekt. Etter 40 fullskalatester utført av produsenten fremstår følgende resultater:

”Kort” detonasjon ( $3\text{m}^3$ ) tilsvarer 3,0kg TNT.

”Lang” detonasjon ( $4\text{m}^3$ ) tilsvarer 3,5kg TNT.

Frigitt energi kan også beregnes med matematiske metoder. A. Lannoy’s metode brukes for å finne frigitt energi i lukket område.

$$E_{\text{gas}} = m \times 2,79 E_{\text{TNT}}$$

Frigitt energi blir da oppgitt i tilsvarende mengde TNT lik:

”Kort” detonasjon ( $3\text{m}^3$ ) tilsvarer 6,59kg TNT.

”Lang” detonasjon ( $4\text{m}^3$ ) tilsvarer 13,12kg TNT.

En annen metode som brukes er T.A.S. (gass).

I denne empiriske metoden tilsvarer 1 kg gassblanding 8 kg TNT, og følgende resultater gitt:

”Kort” detonasjon ( $3\text{m}^3$ ) tilsvarer 18,88 kg TNT.

”Lang” detonasjon ( $4\text{m}^3$ ) tilsvarer 37,62 kg TNT.

Vi vil kommentere dette i kapittel 7.4.

**Bruk**

Stasjonen er ment å ta snøfall etter hvert som det kommer. Ifølge fransk erfaring nyttes stasjonen ofte i skianlegg etter snøfall på 0,3 til 0,5 m, og for vegsikring etter 0,8 til 1,0 m. Det er mange faktorer som avgjør disse verdiene for når det kan være aktuelt å benytte stasjonen, og det varierer selvfølgelig også etter hvilken sikkerhetsgrad en ønsker å opprettholde i tillegg til snøtekniske forhold. Det er utviklet en rekke tilleggsutstyr til stasjonene, slik som værstasjoner og programvare for behandling av værdata. Slikt utstyr blir ofte dyrt i innkjøp og vil ikke alltid fungere overens med for eksempel eksisterende installasjoner som diverse måleutstyr og databaser. SVV har derfor kun konsentrert seg om selve stasjonen og benytter heller eget utstyr under oppfølging.

**I Strætelia**

Ansvarlig for Avalhex stasjonen i Strætelia er Ole M. Ellefsen fra SVV Harstad. Han er bosatt i Grov, få km fra Strætelia, og har dermed hatt mulighet til å følge opp skredfarene fortløpende. Etter større snøfall eller ved misstanke om at snølaget kunne være utrygt er det opp til han om stasjonen skal benyttes eller ikke. Etter at brøytemannskap er tilkalt kan vegen stenges og stasjonen benyttes.

## 3. Topografi, snødrift og terrengmodell

### 3.1 Strætelia

#### Værforhold

For å kunne se hvilke forhold som regjerer i Strætelia har vi tatt i bruk data fra Statens Vegvesen sine værstasjoner. Det viste seg at stasjonene på Tjeldsund, Øse og Fornes lå nærmest og ville gi oss resultater vi kunne jobbe med og bruke i oppgaven (markert i figur 3.3.1). Stasjonene blir servet fra SVV's kontor i Tromsø hvor data blir lastet ned og lagret en gang i timen. Databasen er tilgjengelig på SVV's intranett men inneholder kun ubehandlet måledata. Det var lenge snakk om at vi skulle få direkte tilgang til databasen slik at vi kunne følge med utviklingen i Strætelia suksessivt. Det viste seg dessverre å være vanskelig å gjennomføre slik at vi gjennom vinteren har fått tilsendt måledata en gang i uken.

#### Stasjonene

Som vi ser av kartet (figur 3.3.1) omkranser de Avalhex stasjonen slik at de fleste værforhold burde kunne fanges opp. Ettersom vi tar resultater fra tre stasjoner, håper vi å unngå at vi blir villedet av lokale endringer i vindretningen eller temperatur.

#### Måledata

Mengden av måledata hver stasjon leverer varierer litt etter type og modell. Vi har i første omgang tatt for oss vindretning, nedbør, lufttemperatur og vindstyrke for de tre stasjonene. For å få et inntrykk av framherskende vindretning ønsket vi å se på måledata fra flere vintre. Det viste seg å være vanskelig ettersom værdata fra før 2003 var mer tvilsomt å oppdrive fra SVV's database. Vi har derfor bare kunnet sammenlignet årets resultater med vinteren 2003-2004. Måledata fra Øse vinteren 2003-2004 er basert på 10minutts normalverdi avlesninger, mens stasjonene Fornes og Tjeldsund leverte normalverdier for hver hele time. Detaljert teknisk oversikt over hva som måles og hvorledes sesongen 2003-2004 har vært, finner du i vedlegg A.0.0.1. Likeledes for årets resultater i vedlegg B.0.0.1.

#### Behandling

Måledataene er her behandlet i Excel slik at vi får fram vindroser og diagrammer. Vindrosen angir prosentvis mengde målinger innenfor 30.graders sektorer, samt fordeling i vindhastighet på disse målingene. Dette gjør at vi får fram fremherskende vindretninger for perioden, og andel målinger med hastighet som tilsier at snødrift oppstår. En grafisk framstilling av temperatur, nedbør og vindstyrke fastsetter rimelig nøyaktig perioder hvor interessante sammentreff i vær-situasjonen oppstod. Det er dermed mulig å gå over store data på forholdsvis kort tid og plukke ut perioder en ønsker å se bedre på. Kommentar til registrerte forhold er satt opp etter hver vindrose og diagram i vedlegg A og B.

Detaljert fremgang for behandling av måledata finner du også i vedlegg A.0.0.1. og B.0.0.1.

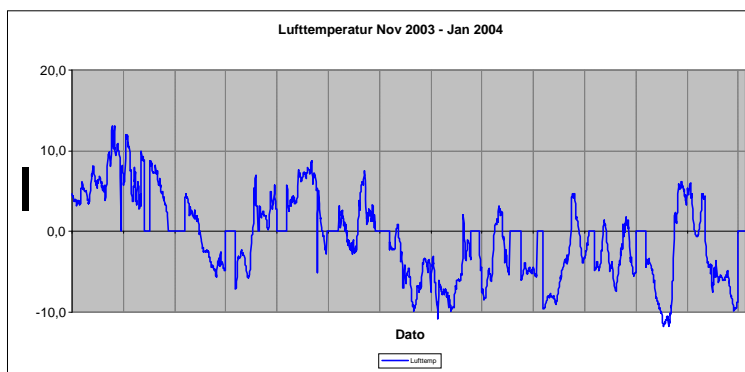
### 3.2 Presentasjon værdata vinteren 03-04

For å få et inntrykk av hva vi kunne forvente oss under årets oppfølging så vi på fjorårets værstatus. Dette ville gi oss en følelse av hvilke værmessige faktorer som oppstår og fører til rasfare. Sett i sammenheng med rasregister ville vi få en forsmak på årets mulige hendelser og være i stand til å forstå forholdene bedre. Vi har tatt for oss stasjonene i perioder på tre måneder, nov. 2003 til jan. 2004 og feb. 2004 til apr. 2004. Komplette samlinger av vindroser, diagrammer og jevnlig kommentarer finnes i vedlegg A. Vi vil nå gå gjennom de hendelsene vi synes vekket mest interesse. Det er flere hendelser i diagrammene som kan kommenteres, men vi velger å ta for oss de tydeligste. Se kapittel 6 og kommentar av vindroser for å få forklart framgangsmåte for tolkning av diagrammene.

#### November 2003 til januar 2004

##### Temperatur

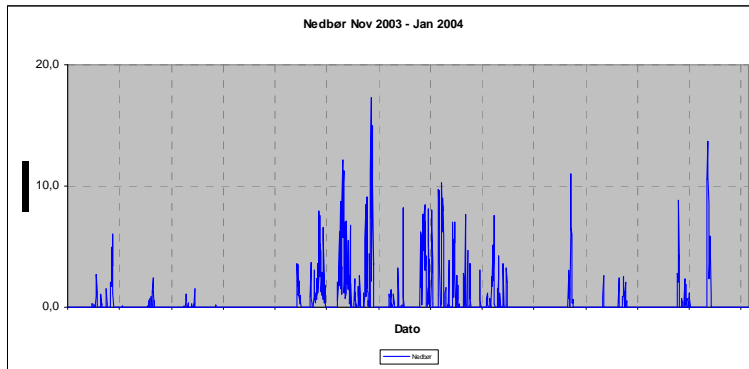
Forrige vinter sank temperaturene under null grader rundt 18. november, og nedbør i form av snø kunne deretter forventes. Vi så etter endringer i temperatur over kort tid, og spesielt etter lengre kuldeperioder. Den lave temperaturen i slutten av januar er verdt å merke seg ettersom forholdene i Strætelia ikke trenger å være like milde som ved Fornes. Ettersom solen kommer mer fram må vi huske på at Strætelia er nordvendt og derfor ikke utsettes i lik grad for direkte oppvarming som værstasjonene. Mye variasjon i temperaturen rundt null grader får effekt i at sintringen skyter fart, snøen synker sammen og fryser igjen. Snølaget setter seg og blir liggende porøst og isete.



Figur 3.2.1: Temperatur nov. -jan. fra Fornes. Vedlegg A.2.1.2.

## Nedbør

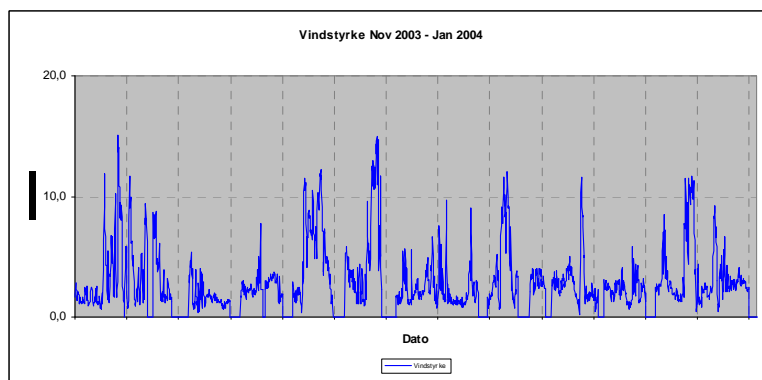
Vi ser at en del tidlig nedbør falt ved temperaturer rundt null grader, dette har sikkert medført isdannelse under tilfrysing. I desember måned har vi hatt brukbart med nedbør i form av snø, og det er usikkert om telen rakk å slå seg i bakken før snøen isolerte tilstrekkelig til å unngå dette.



Figur 3.2.2: Nedbør nov. - jan. fra Fornes. Vedlegg A.2.1.2.

## Vind

Byger falt stort sett under sørvestlig vindretning, og ble gjennom hele perioden minst en gang i uken fulgt opp av sterkere vind fra samme retning med rundt 16m/s i kasthastighet. Eneste unntak var bygen som falt 26.01, da var det nordvestlig laber bris under snøfallet og rimelig vindstille etterpå og ut måneden. Vi hadde innslag av sørøstlig vind 25.11 og 13.12, men da hadde det vært lite eller ingen nedbør i tiden før. Sørøstlig retning måles oftere ved Øse enn ved de andre stasjonene. Tjeldsund ser ut til å ha en sørvestlig dreining og Fornes har en merkelig tendens til å alene dreie nordlig under lett bris, dette merkes tydelig på vindrosene.

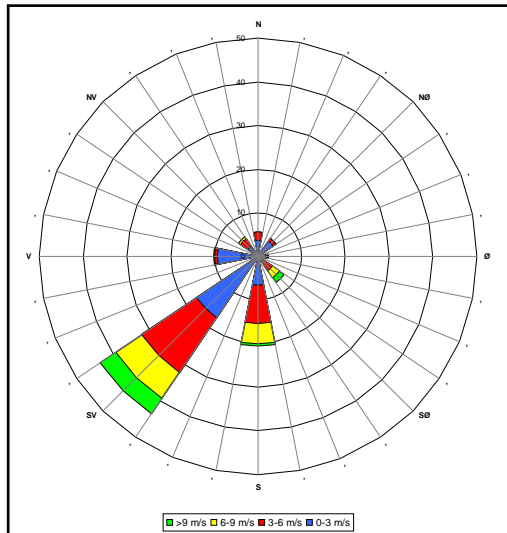


Figur 3.2.3: Vind nov. - jan. fra Fornes. Vedlegg A.2.1.2.



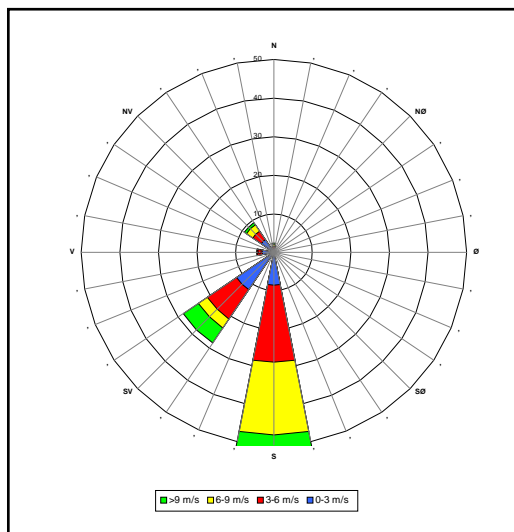
### Vindroser

Ser vi på vindrosen fra Øse for perioden mener vi den beskriver forholdet mellom vindretningene for området vi ser på rimelig godt. Vi ser en liten andel sørøstlige målinger, men på langt nær så mye vi hadde forventet. Den største overraskelsen er nok allikevel den store andelen sørvestlige målinger.



Figur 3.2.4: Vindrose nov. - des. fra Øse. Vedlegg A.1.1.1

På denne vindrosen for Tjeldsund fra samme periode kan vi se vridningen mot sør tydelig. En stor andel av målingene fra sørvest og sørøst endres litt i retning eller dempes i hastighet og dreier rosens totalinntrykk vesentlig.

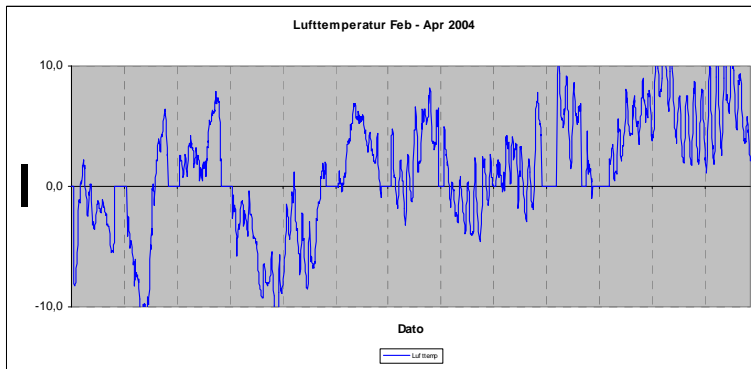


Figur 3.2.5: Vindrose nov. - jan. fra Tjeldsund. Vedlegg A.3.1.1.

## Februar til april 2004

### Temperatur

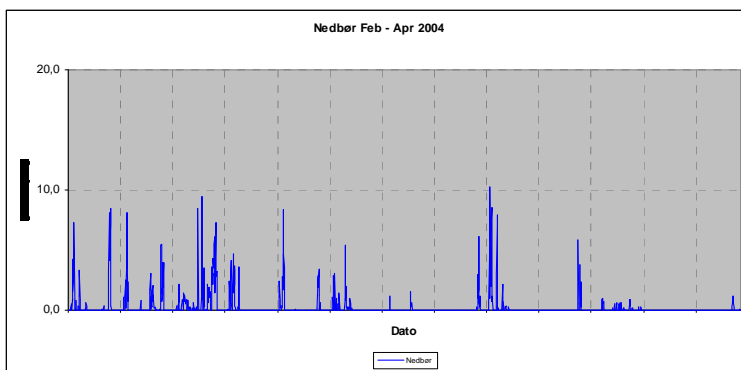
I begynnelsen av februar hadde vi en noenlunde stabil kuldeperiode ned til  $-12^{\circ}\text{C}$  ved Fornes. Temperaturen steg brått fra den 11. til 12. februar og holdt seg deretter over null grader i noen dager. I overgangen februar til mars hadde vi enda en kuldeperiode. Vi ser at dagstemperaturen utover i mars måned stort sett lå over null grader.



Figur 3.2.6: Temperatur feb. - apr. fra Fornes. Vedlegg A.2.2.2.

### Nedbør

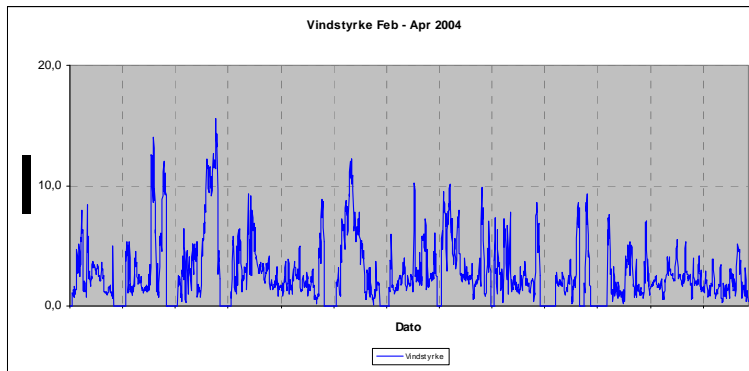
Registrert snøfall i februar og mars varierer stort fra stasjon til stasjon. En av årsakene til at Øse får større utslag enn de andre stasjonene er at den lagrer normalverdier hvert tiende minutt og ikke hver time. Etter å ha vurdert verdiene regner vi med at nedbøren stort sett falt i Strætelia som kortvarige byger. Før temperaturstigningen den 11. februar fortsatte været slik det sluttet i januar med kaldvær, svak vind og enkelte byger. 29. februar ser vi en topp på diagrammet, men nærmere undersøkelse viser at det ved Fornes bare var korte intense byger.



Figur 3.2.7: Nedbør feb. - apr. fra Fornes. Vedlegg A.2.2.2.

## Vind

Under temperaturstigningen den 11. februar ble det på Fornes registrert en dreining i vinden fra nordlig til sørvestlig. Samtidig økte vindhastigheten betraktelig. Vi ser tydelig toppene på diagrammet. Etter 11. februar har vinden falt noe i intensitet og stort sett holdt seg sørvestlig. Vi ser at toppene bli mer regelmessig.



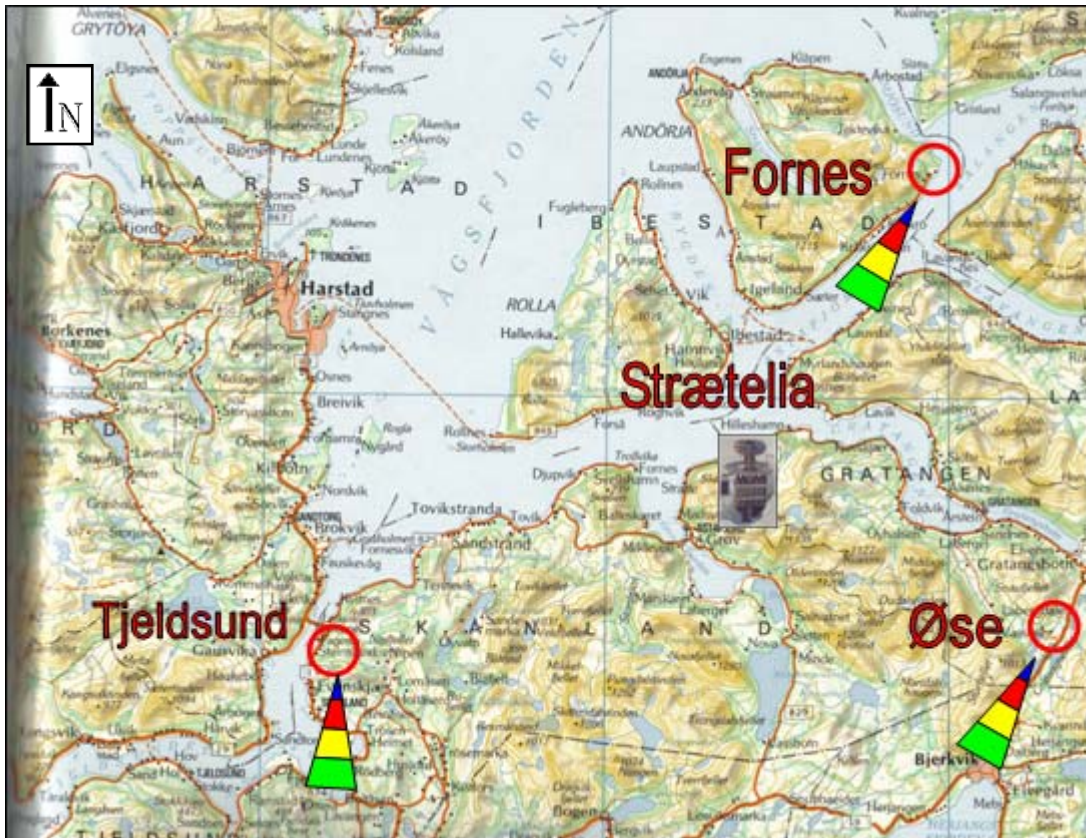
Figur 3.2.8: Vind feb. - apr. fra Fornes. Vedlegg A.2.2.2.

### Hva ser vi av dette?


Den 12. februar gikk det et skred i Strætelia 3, setter vi datoen inn i diagrammet ser vi at vi treffer direkte på den dramatiske temperatur endringen. Vi kan tenke oss at tørr og løs snø har falt i perioden før og blitt liggende i fravær av vind. Ettersom vinden øker vil snøtransporten ta seg opp, og med sørlig vindretning avsettes snøen i Strætelia. Temperaturendringer påvirker stivheten og siget i snøen, og spenningene endres. Vi har ved å granske disse dataene fått sett hvor stor forskjellen mellom stasjonene er og fått særegenhetene plassert. Det er svært sammensatt å bedømme faren for skred og selv små endringer kan være vesentlige. Nedbør kan variere i mengde og type etter temperatur. Snøtransport krever løs snø og riktig vind. Skal skred løsne må det ha riktig grunnlag og temperatur. Vi vil ta dette opp seinere i oppgaven.


### 3.3 Kart

#### Oversiktskart værstasjoner



Figur 3.3.1: Kart over strekningen Harstad- Bjerkvik som viser værstasjonene med framherskende vindretning fra vinteren 2003-2004 og Strætelia hvor Avalhex er montert. Kilde: Statens Kartverk.

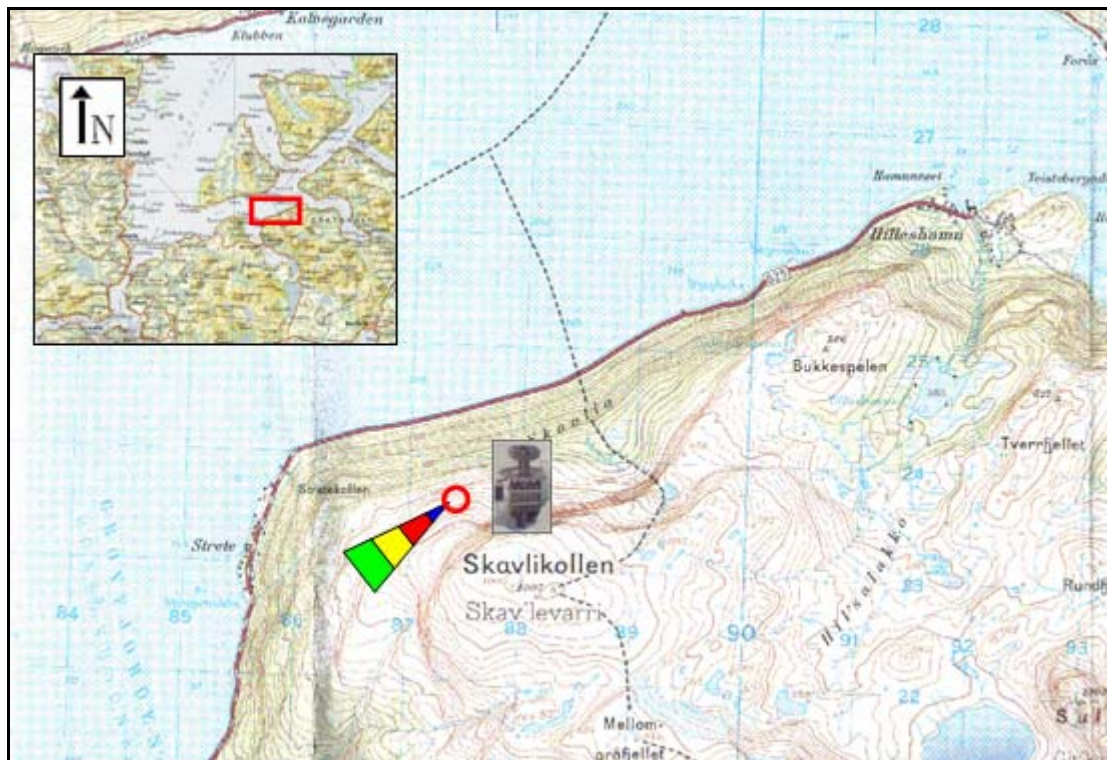
 Vegvesenets værstasjoner, Øse, Fornos og Tjeldsund.

 Fremtredende vindretning fra 2003-2004 ved hver enkelt stasjon.  
(Det kan nevnes at årets fremtredende vindretning er noenlunde lik)



Plassering av Avalhex skredutløser.

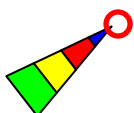
## Kart over Strætelia



Figur 3.3.2: Kart over Strætelia med inntegnet plassering av Avalhex stasjonen og antatt fremherskende vind for vinteren 2003-2004. Kilde: Statens Kartverk.



Plassering av Avalhex

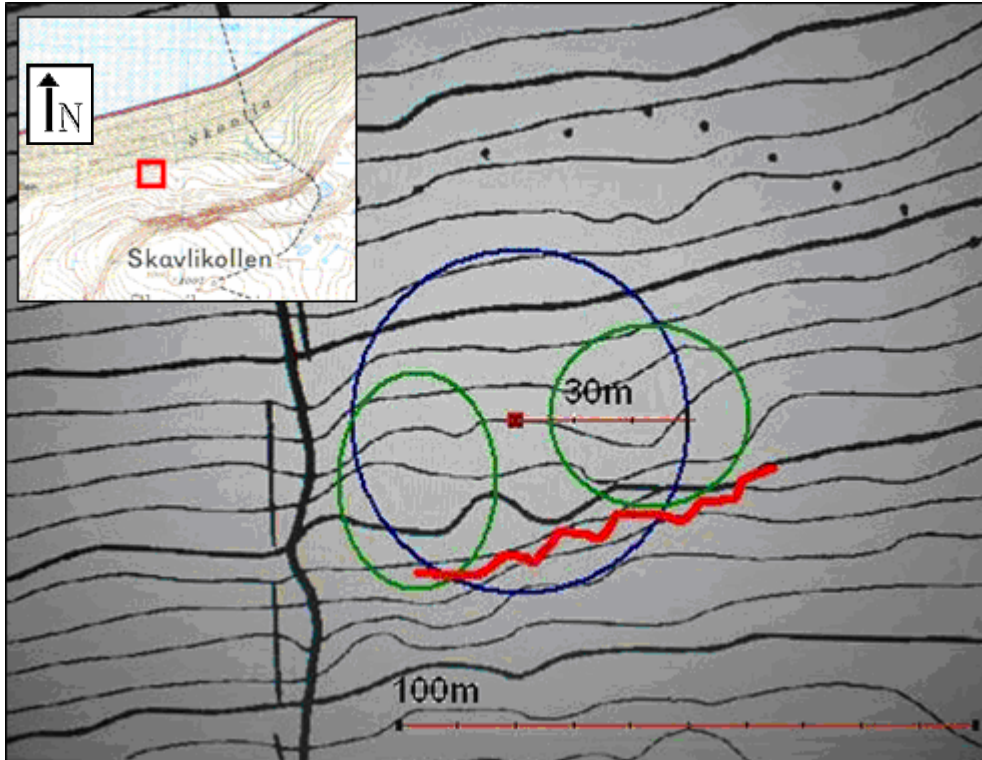


Antatt fremherskende vindretning for området.




Tatt på basis av framherskende vindretning for de tre værstasjonene i 2003-2004.

### Kart over plassering av Avalhex

Avalhex skredutløser står plassert på en liten forhøyning rett under et flog. På hver side av stasjonen er det områder som samler mye snø (se figur 3.3.3). Området ligger ca. 50 m over skogsgrensen og er svært utsatt for vind.



Figur 3.3.3: Kart over plassering av Avalhex stasjonen, formasjoner, rekkevidde på lufttrykk, snøsoner ("dellene") og floget i overkant av stasjonen.

-  Rekkevidde for Avalhex med  $3\text{m}^3$  ballong.
-  Fordypinger som først fylles med snø, "Dellene".
-  Flogets plassering over stasjonen.

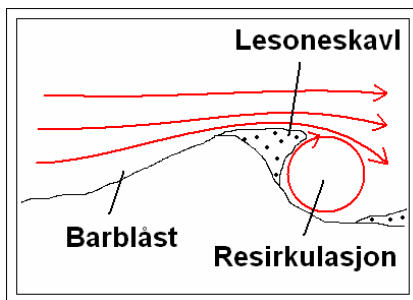
Kotehøyde 5 m.

### 3.4 Lokale forhold

For å kunne håndtere værobservasjoner og anslå forholdene inne i Strætelia har vi her tatt for oss hovedvindretningene og sett på hvordan disse endres inn mot stasjonen. Som tidligere nevnt må det tas hensyn til at vindretningen allerede kan være avdreid inn mot værstasjonen. For eksempel kan målt sørlig vindretning ved en værstasjon være mer sørøst oppe i høyden eller på værkartene på tv, og oppleves som sørvestlig inne i området vi ser på. Dette er spesielt hvor vi har store lokale innvirkninger på vindretningen. Vindhastigheten påvirkes i samme grad av fjellformasjoner, og en kan derfor oppleve at snødrift oppstår på lokale områder ved målte vindhastigheter langt under hva en forventer skal til før snødrift oppstår. Som brøytesjåfør eller ansvarlig for vegsikkerhet er det derfor viktig å vite hva som skjer inne i skredfarlige områder og ikke hva som meldes på værkartet. Vi vil derfor forsøke å se på hva som skjer med vinden inn mot og inne i Strætelia.

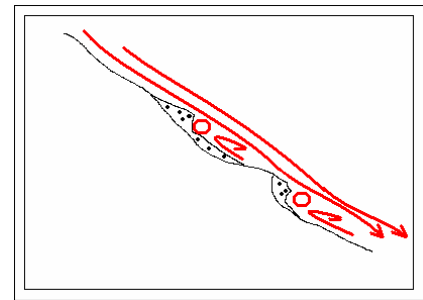
#### Lo/le side

Alle som har vært ute på ski har fått med seg hvordan snøen legger seg mest på lesiden av en stein eller fjelltopp. På losiden er ofte bakken blåst nesten helt bar etter dager med sterk vind. Det er de såkalte sugevindene som sliter på losiden av en kolle eller et hus og sørger for at snøpartiklene transporteres av gårde. På lesiden får vi et tap i vindhastighet ettersom luftstrømmen får bedre plass. Dette medfører skavler i le - og resirkulasjonssoner hvor snøen avsettes.



Figur 3.4.1: T.V.  
Viser effekt av kolle under vindpåvirkning.  
Lo hvor vinden kommer fra og le bak kollen.

Figur 3.4.2: T.H.  
Viser kombinasjon av samme effekt i hellende terreng.

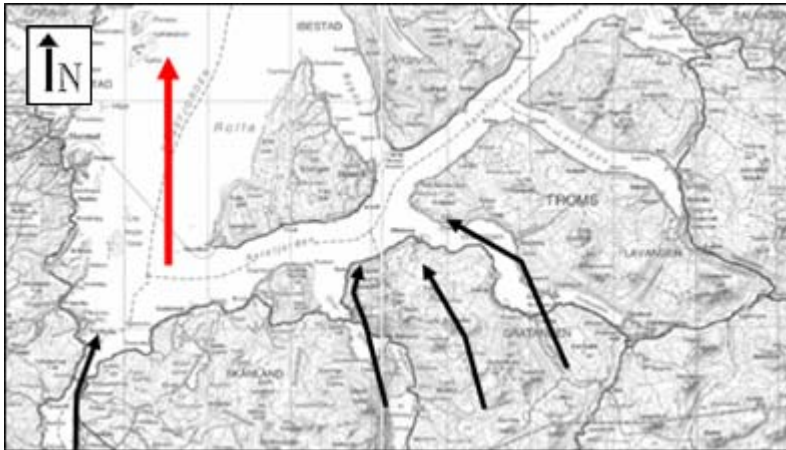


#### Styring av vind

Vinden følger terrenget rundt og over hindringer. Høye bratte fjell kan derfor gi helt spesielle lokale vindretninger og vindhastigheter. Dette fører igjen til lokal snøtransport og mulig farlige skavldannelser. Disse kan være avgjørende for bedømmingen av skredfare i et område.

## Sørlig vind

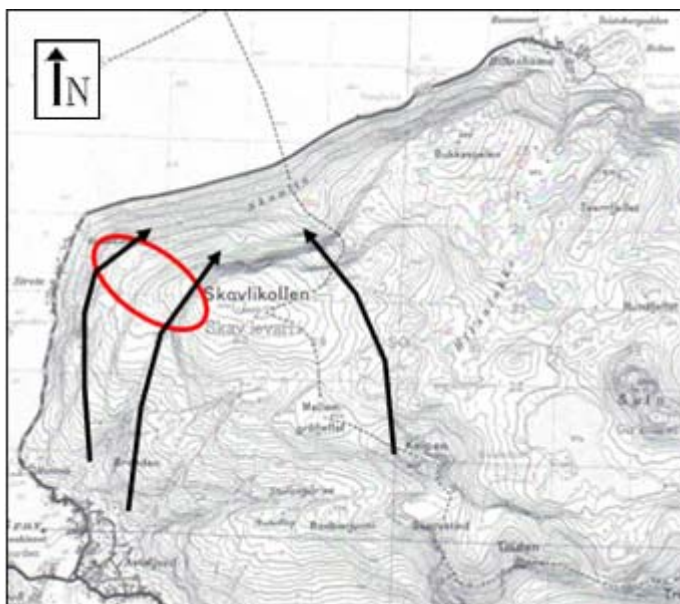
Høye fjell er her med på å styre vinden ut fjordarmene. Vi ser at vind fra sørlig retning treffer fjellsiden ved Grov og tvinges over og rundt Stræte. Vinden følger ofte fjellet lokalt på lesiden og opprettholder derfor trykket og farten en stund.



Figur 3.4.3: Antatt vindavdreining fra sør inn mot Stræte. Kilde: Statens Kartverk.

I Strætelia har vi Strætekollen som med sin vingeprofil får sørlig til sørvestlig vindretning til å akselerere, dermed blåser bakken ofte bar for snø over kollen. Avsatsene på skrå opp fjellsiden fra grov hjelper her i tillegg til å styre vinden slik at vi får en trakteffekt.

Snøtransporten er derfor ofte meget stor under sørlig vindretning når forholdene ligger til rette for det. Det er vanligvis normalt å få en nedsatt vindhastighet i le bak koller, men i Strætelia har vi blitt overrasket over hvor stor hastighet vind kan få ned fjellsiden ved sørvestlig og sørøstlig vindretning.

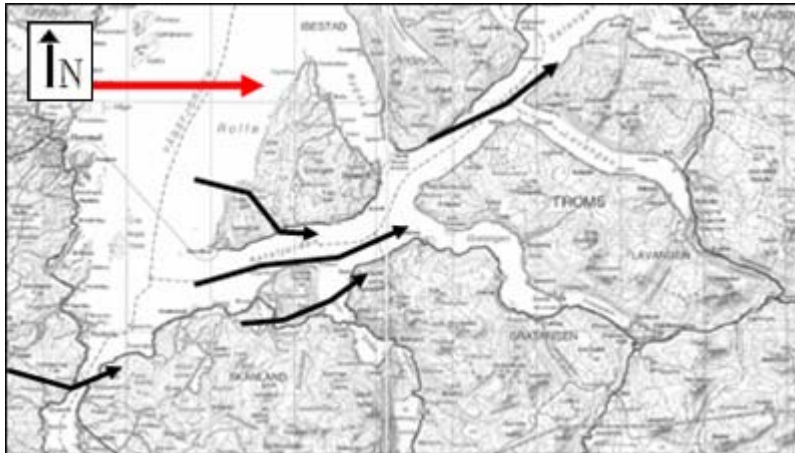


Figur 3.4.5: Antatt vindavdreining fra sør inne i Strætelia. Kilde: Kart fra Statens Kartverk.



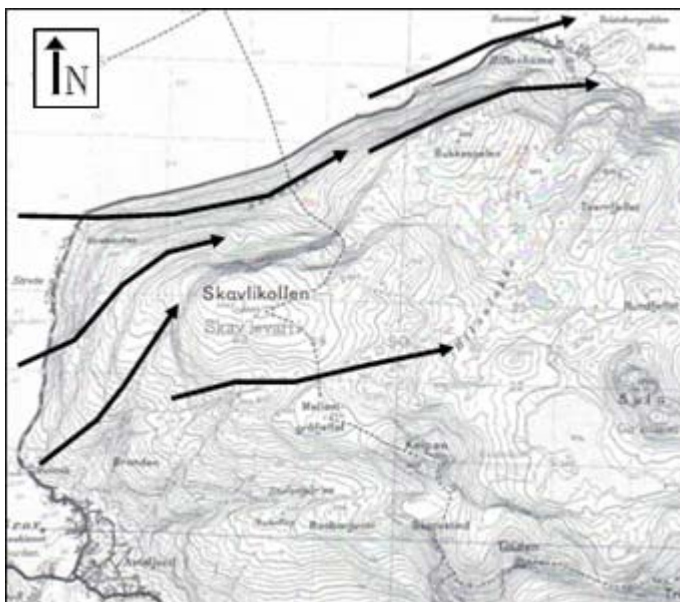
## Vestlig vind

Vi ser at vestlig vindretning treffer veldig åpent på Strætelia, i tillegg presses vind inn i området fra Balteskaret vest for Grov. Rolla har også en dal som kan gi et viss vindtrykk i fjorden.



Figur 3.4.6: Antatt vindavdreining fra vest inn mot Stræte. Kilde: Kart fra Statens Kartverk.

Vi legger merke til vingeprofil effekten vi får over Strætekollen. Siden vinden her følger fjellsiden mer parallelt enn ved sørlig dreining får vi ikke de store endringene i høyde. Snøen som transporteres vil da bli mindre utsatt for turbulente luftstrømmer, og heller ikke danne skavler i samme grad som ved sørlig vindretning.



Figur 3.4.7: Antatt vindavdreining fra vest inne i Strætelia. Kilde: Kart fra Statens Kartverk.

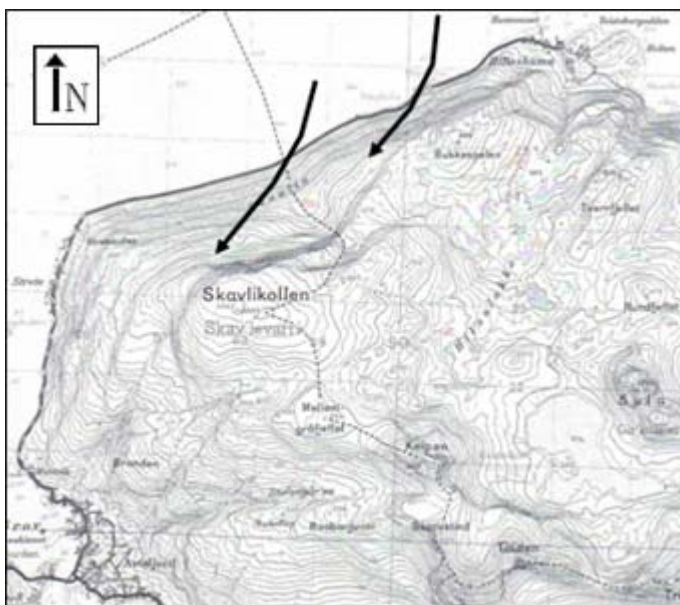
## Nordlig vind

Nordlig vindretning gir et jevnt vindtrykk på hele Strætelia. Området Avalhex ligger i er åpent utsatt for Nordavind og det er ikke mye som tar av for denne vindretningen.



Figur 3.4.8: Antatt vindavdreining fra nord inn mot Stræte. Kilde: Kart fra Statens Kartverk.

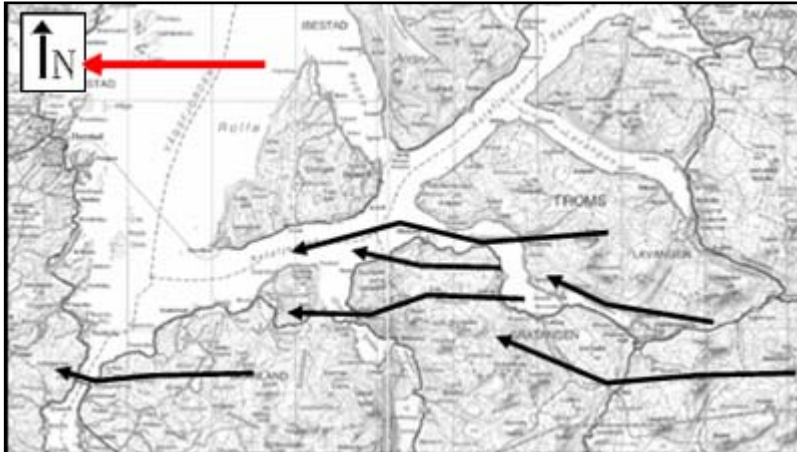
Vind som kommer ned fjorden får en liten vestlig dreining for den tvinges opp Strætelia. Dette skaper god turbulens over skogen og under snøbyger vil det legges godt med snø jevnt over lia. Det er begrenset hvor mye snøtransport en slik vindretning kan utrette. Vind inn i en fjellside under snøvær pakker også snøen bedre, og vi vil raskt få faste lag av nysnø med god densitet og fasthet.



Figur 3.4.9: Antatt vindavdreining fra nord inne i Strætelia. Kilde: Kart fra Statens Kartverk.

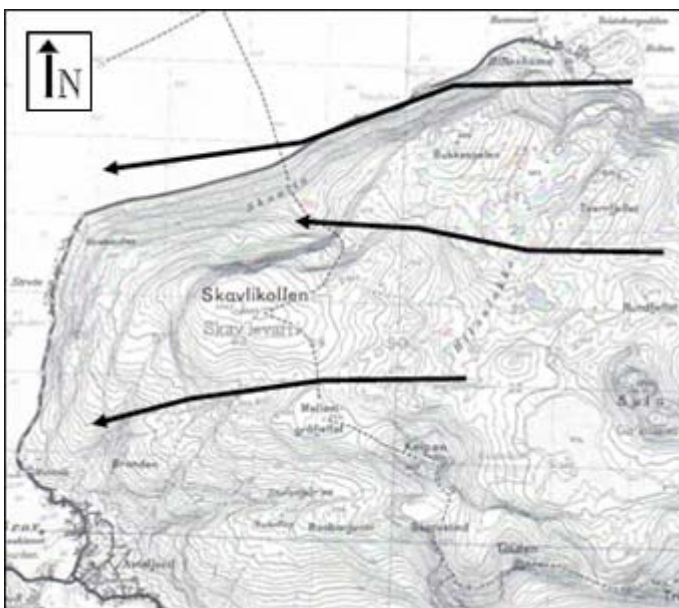
### Østlig vind

Det er denne vindretningen som normalt kjennetegnes som vintervind i området. Øst til sørøstlig vindretning er også den skumleste med tanke på dannelse av skavler i Strætelia. Vinden styres ut Gratangsfjorden, presses opp fjellsiden ved Foldvik og drar med seg løs snø fra fjelltoppene vest for Skavlikollen. Dette området ligger i 600 til 1000 meters høyde hvor nedbør som regel faller som snø.



Figur 3.4.10: Antatt vindavdreining fra øst inn mot Stræte. Kilde: Kart fra Statens Kartverk.

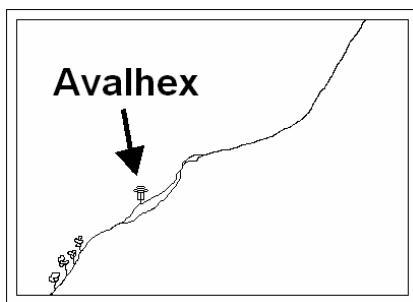
Vi ser at østlig til sørlig vindretning taper stor høyde over Skavlikollen. Dette skaper stor turbulens og snø som er suspendert vil falle til bakken når vindhastigheten avtar, eller la seg føre i bakken av resirkulasjonssoner.



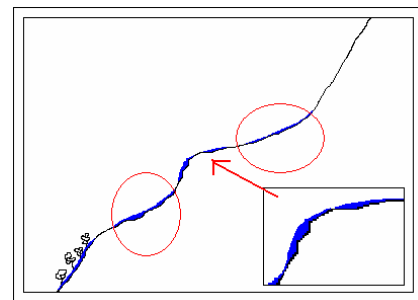
Figur 3.4.11: Antatt vindavdreining fra øst inne i Strætelia. Kilde: Kart fra Statens Kartverk.

## Snøopplagring

Ettersom årets vinter ikke gav de helt store snømengdene og forløp med en litt uvanlig vindretning, fikk vi dessverre ikke sett situasjonen i Strætelia slik den har blitt beskrevet. Vi vil allikevel ta for oss mulige hendelser med tanke på skavldannelser og snøopplagring. Området i Strætelia som Avalhex systemet er montert i ligger i 500 meters høyde like under en rygg som strekker seg diagonalt opp fra øst mot toppen av Strætekollen. Denne ryggen danner grunnlag for mulige resirkulasjons soner under berg og flog ved sørlige vindretninger. Under Avalhex stasjonen ligger skogsgrensen med svært bratt terreng og bekkefar. Over ryggen flater terrenget noe ut før det går rett til vers opp mot Skavlikollen på 1000 meters høyde.



Figur 3.4.12: T.V.  
Viser plassering av  
Avalhex under flog..



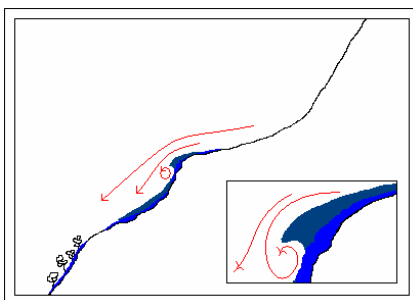
Figur 3.4.13: T.H.  
Viser snøens vanlige  
fordeling tidlig på  
vinteren.

## En vanlig start

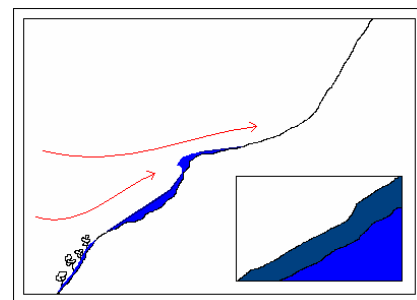
I november og desember vil den første snøen ofte komme i spredte byger, gjerne med litt regn og vind innimellom. Snøen vil da finne groper og steiner hvor de største oppsamlingene finner sted. Det dannes ofte en isete overflate etter temperatursvingninger og enkelte områder kan smelte eller blåse helt bar.

## Snødrift

Etter hvert som snøbygene blir mer definerte vil snøtransporten kunne oppta. Sørlig og spesielt sørøstlig vind vil kunne bidra til resirkulasjonssoner under floget over stasjonen. Grunnlaget for en slik sone ligger svært latent i flogets utforming og en burde være spesielt oppmerksom på dette ved tidlig snødrift fra sørøst. Dette legger også igjen en del snø i området nedenfor resirkulasjonssonen.



Figur 3.4.14: T.V.  
Viser resirkulasjonssonen  
og dannelsen av skavl.



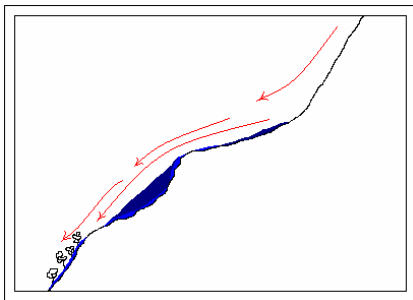
Figur 3.4.15: T.H.  
Viser nordlig vind på  
snølaget.

### Lagvis oppbygging

Snøfall under lite vind vil legge seg jevnt over området. Skarelag og liknende vil kunne bevare nysnøens lave densitet og kunne skape et svakt lag. Nordlig vindretning får snøen til å filtrere seg tettere sammen og vil bidra med økt stabilitet og densitet. Nordlig vind vil kunne bidra til at dellen tettes igjen mens skavlen over blåses bar under gode forhold for snøtransport.

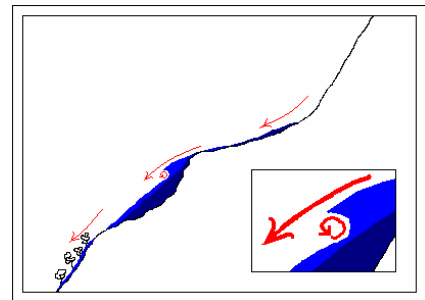
### Skaveldannelse

Etter mye sørvestlig vind under og etter snøfall vil dellen gradvis tettes igjen. En slik vindretning på tvers av fjellsiden vil ikke gi de store resirkulasjonssonene ettersom terrenget er svært jevnt langs høydekotene. Snøen vil legge seg i dellen og bak ryggen over stasjonen. Påfølgende sørøstlig vind vil ikke lenger få de store resirkulasjonssonene når dellen er tettet igjen. Transportert snø fra sørøst vil da legge seg under floget eller blåse videre ned i skogen alt etter vindstyrke. Får vi en isete overflate ved denne situasjonen vil det meste av sørlig vindretning sørge for at transportert snø havner i skogen. Helningen ved Avalhex i dette tilfellet er derimot tilnærmet optimalt med tanke på utløsning av skred. Får vi sørøstlig vind og stor snøtransport med litt av flokene stikkende opp av snøen, kan det dannes skavl og farlige lag rundt stasjonen.



Figur 3.4.16: T.V.  
Viser dellen fylt opp etter  
mye vind fra sørvest, og  
effekt på resirkulasjonssonen.

Figur 3.4.17: T.H.  
Viser mulig gjenoppbygging  
av skavl ved sørøstlig  
snøtransport.



For å forklare hvorfor sørøstlig vindretning er spesielt farlig for dannelse av skavl, kan vi se på forskjellen vind fra sørøst får i høydeforandring i forhold til vinden fra sør. Litt overdrevet for å tydelig få fram forskjellen ser vi at den sørøstlige vinden må passere ryggen over stasjonen og får en langt større resirkulasjons sone. Floget over stasjonen er perfekt plassert for å gi den karakteristiske skavl formasjonen etter ryggen.



Figur 3.4.18,19 og 20: Viser forskjellen vind fra sørøst får i høydeforandring i forhold til vind fra sør, og innvirkningen dette får for resirkulasjonssoner. Hvis man ser nærmere på høydekurvene på figuren t.v. ser man hvorfor det blir slik.

### Opplagringstid

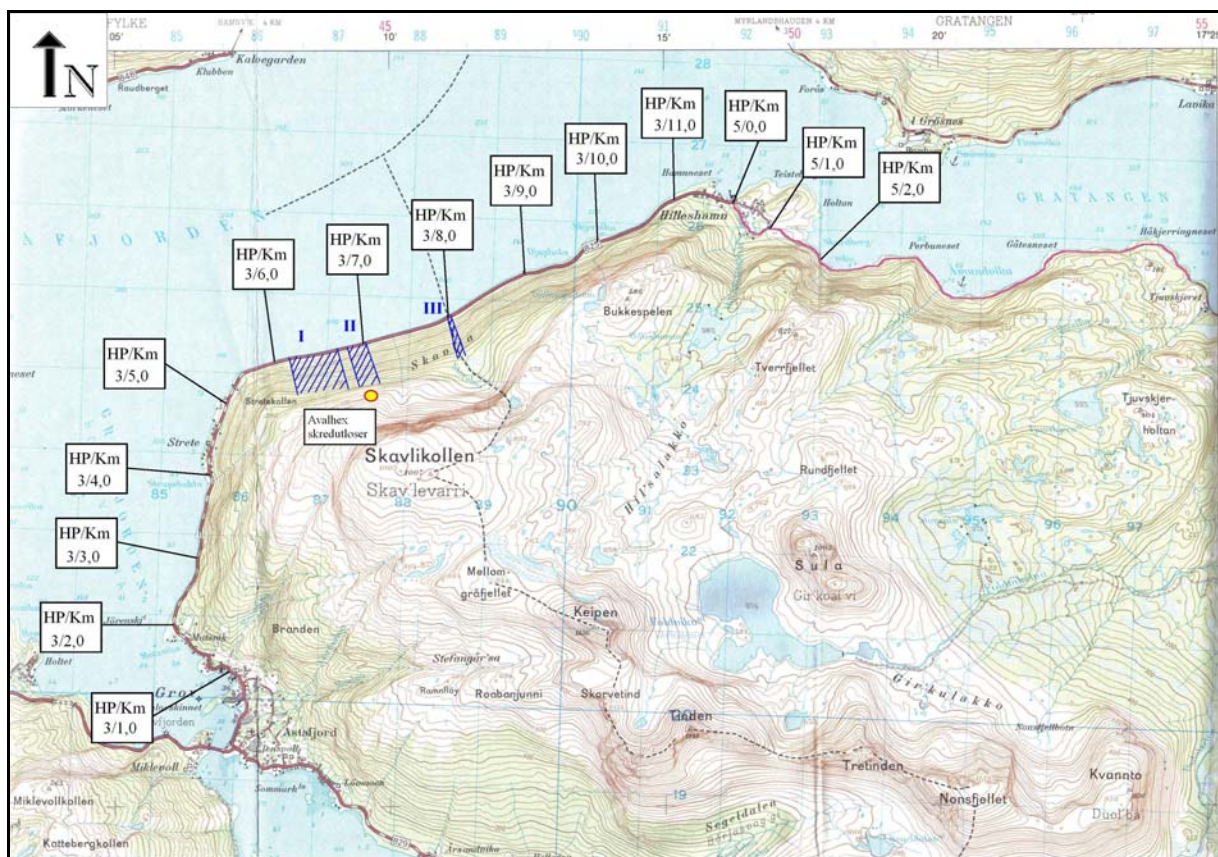
Som generell regel ved snøtransport sies det at farlig snølag bygges opp åtte ganger raskere ved en dobling i vindhastighet. Dette vil i hovedsak være viktig å være klar over i begynnelsen av vinteren og spesielt etter lengre kuldeperioder med mye snø. Det er i hovedsak sørøstlig retning i kombinasjon med liten skavl i flog som kan gi hurtigst opplagring av snø rundt Avalhex. Dette kan uforventet gi rask oppbygging til farlig helningsvinkel eller tykke snølag, og medføre fare dersom man ikke er observant. I verste tilfelle ser vi for oss at situasjonen kan gå fra trygg til ustabil på få timer. Det er vanskelig å forutsi hva som skjer inne i Strætelia med mindre man er helt klar over overflateforhold, vindhastighet, temperatur og tilgjengelig mengde drivsnø. Visuell oppfølging er derfor svært nyttig under uværperioder.

## 4. Rashistorikk og registrerte forhold

### 4.1 Rashistorikk Grov - Hilleshamn

Fra SVV's rasregister for Troms kan vi se at det har vært registrert 71 registrerte ras på strekningen Grov – Hilleshamn i perioden fra 1980 – 2004.

Strekningen har mange farlige fjellskjæringer, men i Strætelia er det i hovedsak snøskred som skaper problemer. 59 av de 71 rasene har ført til stengning av vei. Strekningen er delt inn i områder hvor ras forekommer oftest. De to mest skredutsatte områdene er Strætelia I og Stillevika, med henholdsvis rasfrekvens på 0,92 og 0,56. Strekningen Grov – Hilleshamn er på ca 14 km og har en rasfrekvens på 2.84, hvor veien er stengt i gjennomsnitt 2.36 ganger per år. Kjøring av skolebarn, arbeidsreiser og noe næringstrafikk er en stor del av trafikken som går på den rasutsatte strekningen, og ÅDT er på omlag 500. Det har til nå ikke vært registrert personskader på denne strekningen, men skredforebyggende tiltak vurderes stadig.



Figur 4.1.1: Oversiktskart for strekningen Grov – Hilleshamn med Hp/Km markering. Avalhex stasjonen er markert på kartet, samt Strætelia I, II og III. Kilde: Statens Kartverk.

**Registrerte snøskredområder Rv 825, Grov - Hilleshamn**

Navn på skredområdet	Antall ras 1980-2004	Antall stengninger	Hp/Km
Strætebergan	7	2	3/2590 - 3720
Stræte	3	3	3/4900 -
Strætelia I	23	22	3/6220 - 6722
Strætelia II	7	7	3/6800 - 7015
Strætelia III	2	1	3/8000 - 8030
Strætelia IV	1	1	3/8500 - 8530
Strætelia V	1	1	3/9400 - 9430
Hilleshamnlia I	5	2	3/9500 - 9600
Hilleshamnlia II	1	1	3/10000 - 10008
Hilleshamnlia III	1	1	3/10590 - 10616
Hilleshamnlia IV	1	1	3/10740 - 10750
Hilleshamnlia V	1	1	3/10850 - 10860
Hilleshamnlia VI	1	1	3/10900 - 10910
Hilleshamn	3	3	5/1739 - 1769
Stillevika	14	12	5/1850 - 2320
	<b>71</b>	<b>59</b>	

Figur 4.1.2: Figuren viser oversikt over alle registrerte skred på strekningen Grov – Hilleshamn fra 1980 – 2004.

**4.2 Strætelia**

Strætelia I-II har totalt en rasfrekvens på 1.2 og skred bredden på vegen er normalt mellom 50 til 100 meter. Det er ved Strætelia II de største skredene går, hvor den største registrerte utstrekningen på et skred er 330 meter og opp til 4-5 meter over vegen. Snø- og sørperas er den mest vanlige skredtypen, og skred kan løsne fra 10 til 600 meter over vegen. Det er observert at det som oftest er etter langvarig sørøstlig vind med nedbør i form av snø eller regn at skredfaren er størst der hvor Avalhex nå er montert.

Det blir sagt at skredmassene ofte er bløte og fryser harde som betong hvis temperaturen synker. Dette tyder på våte flakskred som skyldes regn.

Ut i fra rasregister ser vi at halvparten av rasene i Strætelia I og II er registrert i januar. Flere av disse er registrert på samme tidspunkt og kommer sikkert fra samme snøfall. Januar og februar er de største snømånedene, og de største flak- og løssnøskredene inntreffer ofte da. Generelt ser skredfaren ut til å spre seg jevnt fra desember til april selv om det kan være flere skred samme dag.



## 5. Skredforebyggende tiltak

### Innledning

I rassikringsplan for riks og fylkesveger i Troms er det satt opp forslag til en rekke utbedringer når det gjelder rassikring av strekningen Grov-Gratangen med kostnadsoverslag. Disse tar stort sett for seg grøfter, murer og fangnett i tillegg til bolting og annen sikring. Ved investeringer i sikringsmateriell er det hele tiden en vurdering av kostnad mot graden av sikkerhet det gir. Ved større investeringer er en gjerne på jakt etter en garanti for at tiltaket virkelig gir sikkerhet og at det kan stoles på. Valgene er ofte mange og det lønner seg som regel med en god utredning av kvalifisert personell. Vi vil her se litt på hva som er mulig å gjennomføre for å sikre en slik vegstrekning samt ta for oss fordeler og ulemper med tiltakene.

### 5.1 Iverksatte tiltak i Strætelia

#### Samlegrøft

De tiltakene som er iverksatt på denne strekningen er utbedring av grøftene fra Hp/Km 3/6,0 og utover. Her er det gjort en utvidelse av overliggende grøfter på de mest utsatte områdene, dette for å samle opp mest mulig av snøen før den når veg. Disse er ikke tilstrekkelig for store ras.

- + Svært sikkert ved riktig gjennomførelse (resultat etter investering).
- + Lett å få oversikt på.
- Kostbart og omfattende ved trange forhold.
- +/- Medfører faste vedlikeholdskostnader.

#### Helikopterbombing

Det har vært gjort forsøk med å droppe sandsekker fra helikopter i området for å løsne skred, men disse forsøkene ga ikke helt ønsket resultat. Det viste seg svært vanskelig å slå løs skavler og snølag. Sandsekkene gikk i tilfeller rett gjennom snøskavlen uten å lage annet enn hull etter seg selv.

- + Ingen faste kostnader.
- + Ingen blindgjengere.
- + Kan brukes nesten overalt.
- Krever nøye væroppfølging.
- Kostbart å iverksette.
- Bruk av helikopter er væravhengig.

### Avalhex

Avalhex skredutløser er et nytt prosjekt som skal prøves ut. Den er montert i skråning ca.500 meter over Hp/km 3/6900, og skal utløse små kontrollerte snøskred. Stasjonen er plassert på en liten kneis få meter fra området hvor de største skredene vanligvis utløses.

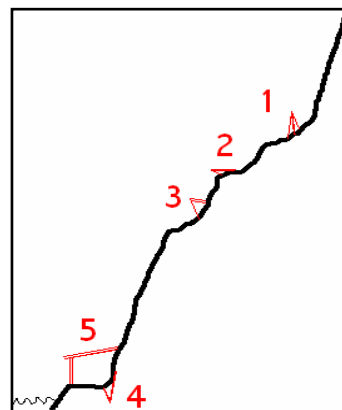
- + Relativ billig i bruk og innkjøp.
- + Kan brukes ofte og under alle forhold.
- Krever nøye væroppfølging for sikkert resultat.
- Usikkerhet rundt effekten.
- Øker snømengden nærmere veg.

## 5.2 Mulige tiltak

### Omfang

Når det gjelder hva som er mulig å gjennomføre i Strætelia har vi spesielt sett på alternative tiltak til Avalhex stasjonen beregnet på snø. Hvis vi tar for oss området fra Skavlikollen og ned til veien kan vi se på følgende mulige tiltak:

- 1 Samleskjerm for å ta opp transporterte snømasser før de når skredfarlig område.
- 2 Skavl Brett for å hindre skavldannelser i flog.
- 3 Støtteforbygninger som forankrer snøen i utløsningsområde.
- 4 Samlegrøfter og ledeskjermer som leder snøen bort fra veg. Gjerne til en rasoverbygning.
- 5 Rasoverbygning.

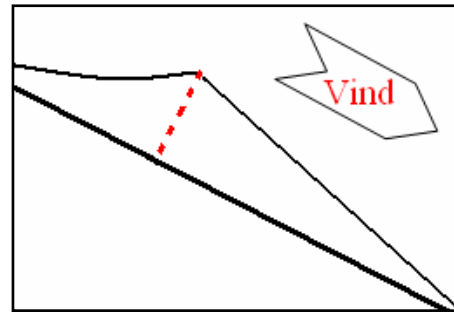


Figur 5.2.1: Grov skisse på plassering av alternative skredsikringstiltak.

Vi vil suksessivt ta for oss disse alternative metodene og komme med kommentarer.

### Samleskjermer

Samleskjermer er utstrakt benyttet for å holde snømasser borte fra bratte områder hvor skavl kan dannes og skred kan utløses. I Strætelia er det derimot svært bratt, og ettersom skjermene plassert i lesener er utsatt for gjenfylling er vi ikke helt begeistret for en slik løsning. Det er heller ikke sikkert at plataet ovenfor stasjonen er stort nok for å holde på opplagret snø, fare for at vi dermed bare øker skredfaren.



Figur 5.2.2: Samleskjem i lesener er utsatt for gjenfylling med fare for sterke sigekrefter.

- + Relativt billig å sette opp.
- + Gode dokumenterte resultat fra tidligere prosjekt
- Ikke tilstrekkelig plass til slike i Strætelia.
- Risiko for økt skredfare.
- Vil sikkert få problemer med sig og knusing av skjerm.

### Skavlbrett

Et av problemene der Avalhex stasjonen står montert nå har vært at det dannes skavl ved sørøstlig vind og nedbør i form av snø. Denne skavlen kan løsne og utløse ustabile snølag i fallet. Her er det mulig å sette opp et skavlbrett som forhindrer dannelse av skavl. Slike har vært testet i alpine med godt resultat når det gjelder å fjerne skavl. Ulempen er at brettet skaper stor turbulens i området under og bidrar derfor til å legge igjen mye snø noe som ikke er ønskelig i Strætelia. Stor slitasje og nedbrytning er også et stort problem.

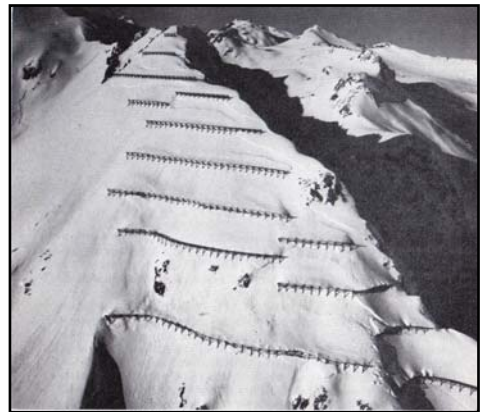


Figur 5.2.3: Skavlbrett forhindrer dannelse av skavl. Opprinnelig skavl ses i bakgrunnen. Kilde: Ramsli.

- + Turbulens gir ujevne lag.
- + Fjerner skavl.
- Kostbart vedlikehold.
- Bidrar til økt snømengde i farlig område.

### Støtteforbygninger

Støtteforbygninger kan være et godt alternativ for å holde på snømassene hvis stasjonen fjernes. Disse monteres i utløsningsområdet med jevne mellomrom og forankrer snøen slik at brudd ikke oppstår. Det er veldig viktig at støtteforbygningene er høye nok slik at de ikke snør ned. Hvis disse plasseres riktig og tilstrekkelig er det en sikker løsning. Nyere utgaver i wirenett er på vei inn for å erstatte de gamle stålforbygningene. Wirenett forbygninger er mindre skjemmende å se på i tillegg.



Figur 5.2.4: Støtteforbygninger må stå tett for å holde på snøen. Kostbart, men ofte nødvendig. Kilde: Ramsli.

- + Sikkert resultat i bestemt område.
- Kostbar å bygge.

### Rasoverbygning

Sikkert tiltak når skredutløpet er konsentrert og ikke så spredt. I vårt tilfelle er dette mest aktuelt for Stillevika, Hp/Km 5/1850-2320. Her er det bratt og skredutløpet er ikke så bredt. Skredutløpet kan også samles ved hjelp av ledevoller. Dette er en kostbar prosess og det kreves en del vedlikehold.



Figur 5.2.5: Åpent rasoverbygg. Sikkert tiltak for skjerming av veg. Kilde: Lied og Kristensen.

- + God sikring av veg.
- Veldig kostbart
- Økt vedlikehold

### Skredvoller, grøfter og ledeskjermer

Det er svært bratt og smalt langs Rv825, tiltak langs ved er derfor vanskelig å få tilstrekkelig effekt ut av. Bremskjegler og skredvoller plasseres normalt ned mot skredutløpet, men i Strætelia er det ikke tilstrekkelig plass til slike alternativ.

### **5.3 Problemet kunstig utløsning av skred**

#### **Omfang**

Omfattende bruk av sprengstoff i alpelandene og USA ved nedskyting av skred rundt skianlegg og veier. Metoden har også vært benyttet i Norge, men må begrenses i tilfeller hvor en kommer for nær bebyggelse eller konstruksjoner som kan ta skade. Artillerikanon har vært benyttet i utlandet men ga for mange blindgjengere for at det skulle bli tatt i bruk i Norge. Taubane for firing av eksplosiver opp og over løsneområder har derimot vært montert.

#### **Usikkerheter og direkte ulemper**

Området må overvåkes for å oppdage skredfare før det er for sent. For å avgjøre om det er mulig med kunstig utløsning kreves det erfaring og kunnskap på området.

En må ha muligheten til å være i området når det er skredfare. Kunstig utløsning fungerer som regel bare når snøforholdene er ustabile. Påfrysning medfører økt skjærstyrke og kohesjon.

Området er som oftest risikabelt å bevege seg i. Undersøkelser av snøforholdene blir derfor ofte "grove" og usikre fordi forholdene inn i det skredfarlige området kan variere.

Manuell plassering av sprengstoff er krevende rent fysisk, og krever erfaring og forståelse av snøforholdene. Arbeid i skredutsatt område er farlig, krever god planlegging, erfaring og gode forhåndsregler (sikker rute osv.).

Sikt til rasområdet er vanligvis vanskelig å oppnå. Radiokontakt og utkikk fra sikkert område er da nødvendig for å holde oversikt og kontroll. Uønsket trafikk må holdes borte.

Snøen kan reagere uforutsett. Det er vanskelig å forutsi hvor stort skredet kommer til å bli. Sikkerhetsmarginene må derfor være på det trygge.

Bruk av sprenglegemer kan forårsake blindgjengere, dette må vurderes før dynamitt ol. tas i bruk. Valg av tennmiddel må også vurderes ut i fra behandling dette får med tanke på HMS og sikkerhet mot forsaging.

Snøen absorberer trykkbølgen godt pga høy porøsitet og lav densitet. Sprengstoff bør derfor ha så lav detonasjonshastighet som mulig for å virke best på snø.

Det er vanligvis store mengder sprengstoff som benyttes, og transport av dette kan ofte være tidkrevende og tungt arbeid.

Ved bruk av taubane for firing av sprengstoff over faste løsneområder er en avhengig av at høydeforskjellen fra standplass og utløsningsområde ikke er for stor. Et annet problem med taubaner er at wiresystemet ofte blir utsatt for hard ising og det derfor kan bli satt ut av drift.

## **5.4 Hvorfor Avalhex**

### **Hvorfor Avalhex fremfor andre skredforebyggende tiltak**

Statens vegvesen har alltid vært interessert i å henge med i utviklingen, og har sett positivt på nye og innovative løsninger. Strætelia har omgivelser som nordnorske kystveier generelt, smale og svingete, fyllinger og skjæringer med hav under og stupbratt fjell over. Det var derfor viktig å ha et system som kunne plasseres i ulent terreng og som ville fungere tilfredsstillende uten at personell trengte å klatre opp til utløsningsområdet. Avalhex er et billig system sammenlignet med mange andre skredforebyggende tiltak, det var derfor av stor interesse å få testet dette ut på norske forhold for å se om det kunne benyttes og ikke minst stoles på.

SVV har et godt samarbeid med Betongrenovering AS som leverer mye sikringsutstyr til veg og har mange større og mindre oppdrag for SVV. Betongrenovering leverer en rekke sikringsartikler fra franske Avarock som har Avalhex i sitt produktspekter. Betongrenovering ble forespurt av Avarock om å selge, levere og montere dette produktet i Skandinavia og tok utfordringen på strak arm. Etter presentasjon av systemet på forskjellige steder i Norge ble resultatet at SVV Harstad og Betongrenovering ble enige om å få montert en Avalhex i Strætelia for å teste denne ut der.

Som nevnt tidligere er alternative sikringsmetoder begrenset av enten terreng eller kostnadmessig hensyn. Slike småveier med begrenset trafikk er derfor ofte et virkelig ”gnagsår” når det gjelder snøvern og sikring. Enkelte steder blir veger stengt i flere dager i påvente av et ras for at rasfaren er stor. Ved bruk av Avalhex stenges vegen, ryddemannskap står klar og det er aldri fare for menneskeliv. Sammenlignet med andre metoder for skredutløsning, som dropp av sandsekker fra helikopter som er svært avhengig av å ha flygevær, eller plassering av sprengstoff direkte i det rasutsatte området, er Avalhex skredutløser både ressursparende og mer sikker for personell. Når snøforholdene ligger til rette for det kan man ved noen få tastetrykk slå ned løs snø fra sikker standplass uhindret av værforhold, og dermed hindre at skredene bygger seg opp og blir for store. Interessen fra distriktskontorene i Norge er derfor stor når det gjaldt resultater av dette forsøket.

Som sagt er Avalhex fjernstyrt, noe som er absolutt nødvendig når løsneområdet befinner seg så langt over vegen. Når systemet er ”innkjørt” skal det ikke være nødvendig med alt for mye

besøk av stasjonen gjennom vinteren. Så fremt systemet klarer å hindre oppbygging av tykke snølag er det kun ved omladning og vedlikehold personell må ta turen opp til stasjonen. I dette tilfellet har vi en exploder med 17 ballonger, og gassenheten på stasjonen har kapasitet til 27 sprengninger, så under en normal vinter vil dette holde lenge. Strømkapasiteten opprettholdes ved hjelp av solcellepanel, noe som er viktig siden direkte strømtilkobling ikke er mulig i Strætelia. Konstruksjonen er robust og skal trenge minimalt med vedlikehold for å opprettholde funksjonen. I.T.S. som produserer systemet leverer også artikler til militært bruk, så kvalitet og holdbarhet er en viktig faktor for dem.

### **Innkjøringsproblemer**

Dette er den første stasjonen som er montert så langt nord i verden, og mørketiden byr derfor på problemer for solcellepanelet. Døgnet her i Nord-Norge har ikke tilstrekkelig timer med lys vinterstid til at batteriet får ladet seg opp. Dette problemet bli løst med montering av en vindmølle.

Under første rasutløsningsforsøk ble det oppdaget teknisk feil på stasjonen. Det viste seg i ettertid at lateksblandingen på ballongene var årsaken til problemet. Ballongene var blitt harde og ville ikke blåses opp til full størrelse. En underleverandør til I.T.S. leverer ballongene og har trolig gjort en feil under produksjonen. Det har vist seg at dette problemet ikke bare er tilfelle på vår stasjon, men gjentakende for alle stasjonene som har fått av det samme ballongpartiet.

Stasjonen ble demontert i februar og settes først opp igjen etter at disse problemene er løst.

## 6. Oppfølging av værforhold vinteren 2004-2005

### Generelt

Gjennom sist vinter har vi forsøkt å holde oss så oppdatert på forholdene inne i Strætelia som over hodet mulig. Det hadde selvfølgelig vært ønskelig å ha direkte tilknytning med værstasjoner og mulighet til å skrive ut metogrammer, men vi mener fremdeles å ha hatt god oversikt over forholdene så langt. Ved å kontrollere loggførte forhold fra værstasjonene opp mot befaringer og egne observasjoner håper vi å kunne ha dokumentert årets forløp tilfredsstillende for senere slutninger rundt bruk av Avalhex.

### 6.1 Kommentar av vindroser og diagrammer

#### Vurdering

Når man skal bedømme fare for skred og forhold i snødekket er det en rekke faktorer som må taes hensyn til. Lufttemperaturen er kanskje en av de viktigste faktorene å ha oversikt på. For å kunne holde kontroll på tilstanden til et område er det avgjørende at man vet hvilke forhold som har virket inn på vinteren fra begynnelsen av. Har det rukket å gå tele i bakken før snøen la seg tykk, eller er det løs isolerende snø helt ned til tørt gress og varm bakke? Etter at man har fått for seg hvordan frosten slo inn kan en begynne å se etter tegn til bygeaktivitet. Hvordan var temperaturen?, blåste det?, varte det lenge?, endret forholdene seg underveis?, og kan det være at dette ikke gjelder for vårt område?

Når det er klart hva som skjedde under nedbørsperioden må forholdene i etterkant følges opp for å se hvilken effekt disse har på snølaget og de metamorfe forholdene. Det er her det gjelder å ha fått innsikt i teorien for å kunne bedømme prosessen i snøen fortløpende. Selv små variasjoner i for eksempel temperatur og fuktighet kan endre resultatet dramatisk. Etter temperatur og nedbør er det vinden som kan utrette mest. Da er det viktig å vite hvilke vindmessige lokale forhold vi kan oppleve i området vi ser på. Får vi forsterkninger eller forstyrrelser av enkelte vindretninger eller er alt slik det virker på værkartet? Får vi fryse/tineperioder eller mye skiftende vind og kulde? Alt er med på å gi forskjellige forutsetninger for hvordan krystaller og lag skal dannes og inngå forbindelser. Hvordan setter snøen seg?, er det bratt og mye sig?, og er det fare for at snølaget varierer mye i tykkelse? Spenninger i snøen oppstår fort og må holdes under oppsyn der hvor ras kan medføre skade.

Temperatursvingninger er en spesielt utløsende faktor ettersom den påvirker stivheten og dermed sigehastigheten på snøen. Etter hvert som vinteren forløper kan det være lurt å notere seg hvilke forhold som har regjert og hvilken effekt en tror disse har hatt. Det å bare bedømme ut i fra værdata er heller ikke alene trygt, så befaringer i området med jevne mellomrom for å kryss-sjekke forholdene er nødvendig. Desto mer data man har på en



oversiktlig måte slik at det raskt kan finnes frem, jo lettere er det å kunne anslå hva som hender ute i området. Klarer man å ha en helhetlig oversikt fra første frostnatt til vårsolen smelter siste flekk i fjellet så kan de fleste farlige situasjoner unngås. Ta for eksempel det å ha klarhet i om det er tele i bakken, det kan undersøkes gjennom hele vinteren og har mye å si for måten smeltevannet oppfører seg under vårløsningen. Har vi steinhard bakke med mye kompakt is under snøen absorberes langt mer smeltevann i snømassene og vi får økt fare for sørpeskred.

### **Presentasjon**

Vi vil nå ta for oss årets vinterforløp slik vi har fått inntrykk av det inne i Strætelia. Værdata er stipulert ut i fra forholdene ved de forskjellige værstasjonene og observasjoner er hentet fra befaringsene. Av tekniske årsaker ble det ikke målt nedbør ved Fornes og Tjeldsund. Dette gjør at vi ikke får kvalitetssikret nedbørs målinger og de må derfor med tas med en klype salt. Antatt nedbørsmengde i Strætelia er derfor begrenset i tilfeller med mye sørvestlig sterk vind. Andre særegenheter vi har tatt med i betraktningen er mye vindavbøyning mot sør for Tjeldsund og stor andel nordlige målinger ved Fornes. Enkelte sørøstlige vindmålinger ved Øse som ligger i grensen til sør, vil ikke ha samme effekt i Strætelia. Der vil vinden oppføre seg som sørlig.

## Værforhold vinteren 2004-2005 i Strætelia

Hovedoppgave Avalhex

Dato	Vind [m/s]	Kast [m/s]	Retn.	Nedb. [mm/t]	Temp [°c]	Kommentar til forhold i Strætelia
14.11.04	<3	14	SV		-1	Temperaturen begynner å holde seg rundt null grader. Enkelte regnbyger.
18.11.04	<4	13	SV		-6	Vind som driver på nysnø.
20.11.04	<2	4	SV		-10	Kuldeperiode. Lite vind og noe snøbyger. Sprangvis temperaturendring. Islag.
24.11.04	<6	15	SV		0	Sterk vind som tar godt rundt stasjonen. Dellene samler transportert snø.
25.11.04	<2	9	SV		-5	<b>Befaring 1.</b> Sørvestlig vind driver snø ned i Strætelia. Sterk vind den 24.nov. og temperatur rundt null gir tynt lag med kompakt fokksnø som fryser over natten.
29.11.04	<5	11	S		3	Temperatursprang, -9°C til +5°C. Fremdeles ikke farlige snølag som kan sige.
06.12.04	<3	6	SV	<2	0	Enkelte byger.
08.12.04	<3	10	SV	<14	0	Enkelte byger bra intensitet.
10.12.04	<10	24	SV	<4	3	Sterk vind under høy temperatur. Kompakt fokksnø dannes i dellene.
15.12.04	<12	19	SV	<14	1	Kaldere og intense byger ved Øse. Nysnø pakkes i harde lag.
19.12.04	<8	16	N	<12	-2	Nordlig snøpakking i lia. Lettere fokksnø. Snømengden begynner å bli interessant.
21.12.04	<8	14	SV	<5	-3	Jevne byger siden 19.des. og dreining sørvest. Løse lag kan være dannet.
22.12.04	<8	20	SØ	<7	-2	Enkelte byger og sør-sørøstlig dreid vind. Ikke farlig retning, snø i dellene.
26.12.04	<5	12	SV	<5	-4	Temperatur sprang -4 °C til +1 °C. Snøtransport og pakking til tett fokksnø.
30.12.04	<5	14	S-SØ	<5	0	Lite snø å blåse på. Mulig hard overflate. Temperaturøkning. Området bør følges opp mot lagtykkelse og skavl. Vekslende temperatur har gitt kompakt fokksnø med god kohesjon.

Dato	Vind [m/s]	Kas [m/s]	Retn.	Nedb. [mm/t]	Temp [°c]	Kommentar til forhold i Strætelia
01.01.05	<4	7	SV	<5	-1	Byger og kuldegrader. Økende temperatur og vind dreierende sør-sørøst mot kveld.
02.01.05	<4	10	S-SØ	<3	2	Minkende snøtransport etter økende temperatur.
11.01.05	<5	10	V- NV	<2	1	Mye variasjon i temperatur. Høytliggende områder kan være mer temperaturstabile.
12.01.05	<8	15	S-SØ	<1	0	Sørøstlig vind drar noe snø ned rundt stasjonen.
14.01.05	<3	8	N	<2	-4	<b>Befaring 2.</b> Noe sørøstlig vind har ikke dannet skavl. 50-100cm kompakt fokksnø i dellene under 20cm løssnø. Enkelte lag mer isete en andre. Mer snø inn mot Grov. Dårlig glidelag.
16.01.05	<7	14	SV	<3	-3	Lite vind siden 14.jan. og kaldt. SV drar mer snø ut enn inn i området.
20.01.05	<6	12	SV	<2	-3	Byger og ustadig vindretning. Mulig god snøtransport.
22.01.05	<6	16	SV	<3	-5	Lette byger og vind, mye snø blåser derfor ned i skog.
25.01.05	<8	14	SV	<9	-5	Nedbør og vind. Lav temperatur gir gode forhold for snøtransport.
29.01.05	<6	12	SV	<9	-3	Nedbør og vind. Temperaturen stiger og avsatte snølag siger.
30.01.01	<6	16	SV	<10	-1	Intens nedbør og sterk vind.
31.01.05	<4	9	SV	<6	-1	<b>Rasbefaring 1.</b> Lav temperatur har ført til stor snøtransport og området rundt Avalhex er nærmest blåst bar. Mulig tynt lag av løssnø ved stasjon, resten er blåst ned i skog.
01.02.05	<3	6	S	<4	1	Byger. Gode forhold for snøopplagring.
04.02.05	<5	11	S	<9	3	Temperaturstigning, byger siden 01.feb. Snø legger seg i dellene.
06.02.05	<10	20	SV	<5	0	Byger og vind, snø som legges igjen blir hard og kompakt. Fare for snøsig.
08.02.05	<5	11	SV	<3	0	Mye variasjon i temperatur. Mulig skaredannelse. Vær obs!
10.02.05	<10	17	S	0	1	Perioder med frost stabiliserer snølagene. Sterk sørøstlig vind ved Øse.
13.02.05	<3	7	SV	0	-10	Kaldt, snøen tar opp spenningene og stabiliseres. Vi får hard fokksnø i lia.

Dato	Vind [m/s]	Kas [m/s]	Retn.	Nedb. [mm/t]	Temp [°c]	Kommentar til forhold i Strætelia
16.02.05	<7	14	SV	<9	0	Temperatursprang fra -4 °C til +3 °C. Svært kaldt 14.feb, ned til -14 °C.
21.02.05	<3	7	SV	<2	-9	Enkelte byger siden 16.feb. og kaldt.
24.02.05	<5	10	S	<2	0	Ustabil vind. God kohesjon i fokksnø som avsettes rett under null grader.
26.02.05	<2	5	N	<2	-3	Eventuelle nye snølag stabiliseres. Nysnø pakkes fra nord.
28.02.05	<2	4	N- NV	<4	-10	Kald og vindstille periode, løssnølag kan dannes og må passes på.
05.03.05	<6	9	SV	<2	-6	Fortsatt kaldt, få byger. Lav densitet på nysnø bevares godt.
07.03.05	<4	10	N	<3	-1	Kort økning i temperaturen. Smeltemetamorfose oppstår. Grovere korn.
08.03.05	<2	6	N-V- S	<4	-10	Dreiene vind, byger og kaldt. Snø drives ned ved sørlig dreining. Må være obs.
11.03.05	<6	14	S	<3	0	<b>Befaring 3.</b> Temperaturstigning og vind. Stor snøtransport. Sørøstlig ved Øse. Kraftig drag ned Skavlikollen som drar løs snø ned i skog. Fyller opp dellene til under flogkant. Dårlig glidlag under løssnø.
15.03.05	<7	10	S	<2	-9	Kuldeperiode, -12 °C den 12.mar. Lite snø å blåse på.
20.03.05	<5	11	SV	<3	-1	Temperaturøkning etter kuldeperiode. Snø som faller danner mange bindinger.
23.03.05	<8	16	SV	<2	1	Lette byger og vind. En del snøsig i øvre nye lag med økende spenning.
26.03.05	<2	4	N	<2	0	Ustabil vindretning. Nattefrost med ned til -2 °C som stabiliserer snølaget.
31.03.05	<7	11	SV	<2	1	Lette byger og vind. Frost 29.mar. med -4 °C.
01.04.05	<4	10	SV	<2	2	April begynner med høye temperaturer. Synker under natt til minus. Bra setning.
04.04.05	<5	12	SV	<5	5	Regnbyger og høy temperatur. Sig og setning i snø.
06.04.05	<5	15	SV	<3	-1	Kjørligere, mulig sludd.
11.04.05	<4	9	SV	0	0	Kaldt over natt, ned til -11 °C. Stabiliserende for snølag.
14.04.05	<2	5	S	0	2	Varmere
19.04.04	<3	5	N	0	2	Kaldt over natt, ned til -6 °C.

22.04.04	<2	4	S	0	4	<b>Befaring 4.</b> Varmt dagen i forveien. Veksling i temperatur med påfølgende frost har gitt en kompakt og isete snø. Setningen har vært stor og snøen ligger trygt.
27.04.05	<1	2	SV	<4	4	Regnbyger. Snøen og sålen var permeabel og slipper vann lett gjennom.
30.04.05	<5	11	SØ	<2	5	Byger og varm vind smelter snøen raskt. Pga. lite snø anser vi det som trygt.

## 6.2 Kommentar befaringer

### Befaring 1, 25.11.04

Oversikt over forholdene i Strætelia. Fikk forklart problemet og hva som kunne forventes. Snømengden var minimal og vi så ikke meningen med en prøvesprengning. I ettertid angres det nå på at stasjonen ikke ble testet på denne befaringen. Problemet med ballongene kunne vært oppdaget på et tidligere stadium.

### Befaring 2, 14.01.05

Dellen under floget var nå fylt med snø, men ingen markante tegn til glidelag. God kohesjon og liten skredfare.

### Rasbefaring 1, 31.01.05

Det hadde falt en del snø de siste dagene og O.M.E. kontaktet oss på morgenen for å informere om prøvesprengningen. Pga tekniske feil ble det ikke utført noen test. Det viste seg at snømengdene rundt stasjonen ikke var like store som antatt, og en sprengning ville nok ikke utløst skred den dagen uansett.

### Befaring 3, 11.03.05

Stort sett bare hard fokksnø. Tynt lag med nysnø øverst. Fant enkelte isete partier, men de var for lite markante til å virke som glidelag. Snøen lå stabilt. Vi ble overrasket av enorm sterk vind fra sør midt under befaringen. Målingene som da ble gjort ved værstasjonen på Øse stemte bra med vindhastigheten og retningen vi observerte ved i Strætelia.

### Befaring 4, 22.04.05

Denne befaringen var en av de gangene vi kom nærmest oppbyggende metamorfose. Hadde det kommet veldig mye nedbør av regn kunne vi kanskje fått et vått skred.

### **6.3 Perioder hvor det hadde vært interessant å teste Avalhex**

#### **Tilfeller i år**

Det var svært få episoder av årets værforløp som tilsa at snø skulle kunne løses ut. Stort sett ble lengre nedbørsperioder avbrutt enten av sterk vind som blåste snøen i feil retning og for langt, eller så fikk vi mildværsperioder hvor snølaget rakk å bli fuktig, begynte å sige men så frøs på igjen og ble stabilisert. Vindretningen, gjenfyllingen av dellene og hyppige islag gjorde det slik at snø ikke samlet seg ved stasjonen etter at farlig helningsvinkel var oppnådd. Vi vil derfor sette opp fiktive tilfeller hvor det ville være interessant å teste stasjonen.

#### **Fiktive tilfeller**

##### **Nysnø og løssnøskred**

Etter tynge snøvær hvor nysnø ligger i helning rundt 40 °. Spesielt hvis det er registrert tegn til ishinne i området før snøfallet.

De nederste nysnøkrystallene kan være på grensen til å bryte sammen hvis laget er tykt nok, Avalhex vil da kunne sette snøen i bevegelse slik at dynamisk friksjonsvinkel mot underliggende lag vil overta. Dette er spesielt viktig å komme i gang med dette dersom snøen er fuktig før den fryser.

##### **Tørre flakskred**

Ved fokksnø hvor det er svakere glidelag under. Dersom det nye fokksnølaget har fått seget og temperaturen stiger. Siget kan ha ført til at skjærspenningene ligger på grensen til brudd. En rystelse av snølaget vil kunne sette bruddet i gang.

##### **Våte flakskred**

Ved fokksnø hvor det helst er islag/skarelag (ikke permeabelt lag) under. Gjerne ved tegn til oppbyggende metamorfose under skarelaget sent på året. Sukkersnø kan ha blitt dannet ved kuldeperiode da fokksnøen falt. Dersom det begynner å regne på dette, og regnet trenger ned til skarelaget, kan skjærspenningen minkes tilstrekkelig. Avalhex vil da kunne slå sukkersnøen sammen slik at fokksnølaget glir ut på skarelaget og sukkersnøen. Her er det viktig å benytte stasjonen før temperaturen endres og fokksnøen fryser eller kommer ned av seg selv.

Som vi ser går det igjen at snøen må tas mens den er ustabil.

#### **Ekspimentelle forsøk**

Bruk av stasjonen ved skare over løs snø tidlig på vinteren for å slå opp skaresnøen slik at den blir åpen for diffusjon. Vil muligens kunne begrense dannelse av sukkersnø senere i sesonge

## 7. Vurdering

### 7.1 Geografisk og rashistorisk vurdering

#### Strætelia

Det er klart at strekningen Grov Hillehamn ikke er en videre lett vegstrekning å sikre. Vi har sett at værforholdene kan variere svært fra sesong til sesong. Området er bratt og har derfor ofte ikke plass til ønsket sikringstiltak. Trafikkmengden forbi rasstedet er også for liten til at større sikringsarbeider kan vurderes. Avalhex virker derfor som det rette alternativet på denne vegstrekningen. Siden det i all hovedsak er lokale pendlere som benytter seg vegen kan vi anta at mesteparten av trafikken foregår mellom syv og ni på morgenen, og tre og fem på kvelden. Skred om natten eller tidlig på dagen skyldes som regel regn, snø eller generell temperaturstigning. Trafikken på ettermiddagen vil derimot kunne oppnå større skredfare ettersom temperaturen gjerne stiger i løpet av dagen og solen dreier såpass at den nordvendte snøflaten i tillegg varmes opp. Dette vil bidra til å øke skredfaren ettersom bindingene smelter og snølaget siger mer. Vi ser fra rasregister at de fleste skredene har gått etter klokken 12:00 på dagen og etter mye vind eller nedbør.

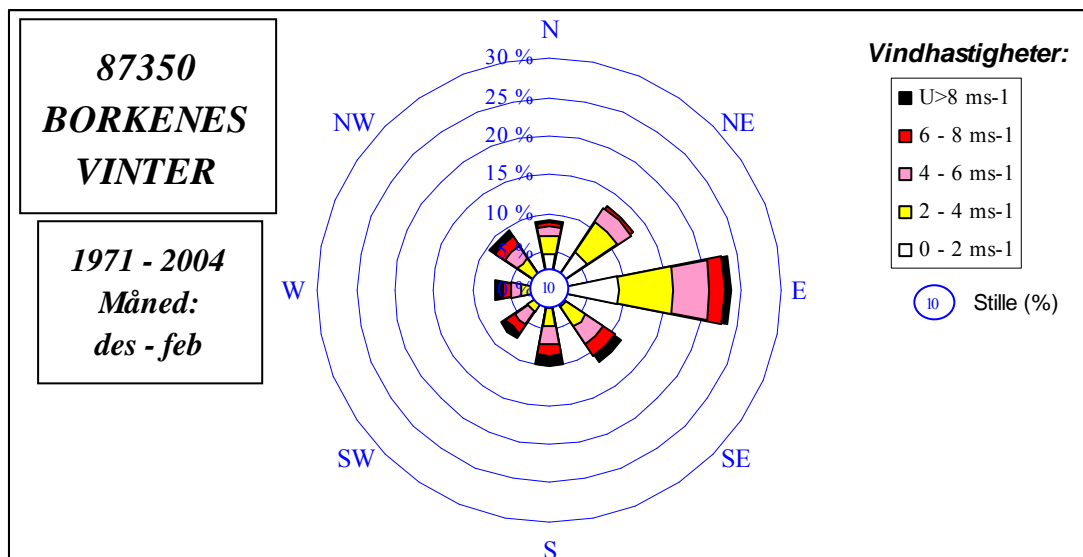
#### Valg av plass i Strætelia

Stasjonen er plassert i Strætelia II og står dermed ikke hvor skred går hyppigst. Likevel ser det ut til å være en god plassering i forhold til antagelser om farlig vindretning og vintervind. Strætelia II har også de største skredene på strekningen. Plasseringen gir Avalhex muligheten til å stå inne i utløsnings område slik at den kan virke i flere retninger som tiltenkt, og uten at det er spesiell fare for stor belastning som kan skade stasjonen under skred. Flogformasjonen og ”ryggen” over stasjonen bidrar til at det er en av de få stedene over skogsgrensen som har farlig snøansamling.

### 7.2 Snøforhold og værutfall

#### Vintervind

En av årsakene som gjør Strætelia vanskelig å sikre er at vindretningen ikke har vært helt normal de siste to år. I vindrosene vi har generert ser vi en fremherskende vintervind fra sørvest. Det ble tidlig bemerket at dette verken var den vindretningen en var mest redd for eller vanligvis forbant med vintervind. Vi gjorde undersøkelser og fikk tilsendt vindrose på vintervind ved Borkenes, vest for Harstad, (se figur: 3.3.1) fra Meteorologisk institutt. Denne viser en fremherskende vindretning som er overens med hva som advares mot i Beredskapsplan og fra veiledere ved skolen.



Figur 7.2.1: Dominerende vintervind ved Borkenes. Kilde: DNMI.

Som du ser av figur 7.2.1 er det den Østlige vindretningen som står for mesteparten av vindhastighetene som tilsier snøtransport. Dette medfører at plassering og planlegging av skjermingstiltak må vurderes svært nøye ut i fra at de ikke må forverre snøforholdene ved endring i fremherskende vindretning. Snødrift fra Sørvest til Østlig retning virker som en passende sektor å ta hensyn til. Se vindroser i vedlegg A og B for de to siste års resultat.

### Resultat av oppfølging

Vi har fått oversikt over de lokale innvirkninger på temperatur, vindretning og styrke slik at det er mulig å fastslå hva som skjer inne i Strætelia under oppfølging. (Det er satt opp noen punkter på hva en burde følge med på og mulig effekt av dette i innledningen til vedlegg A.) Vi har klart å kartlegge årets forhold på en slik måte at hadde stasjonen vært i bruk i år ville vi ha fått en bra oversikt over hva den klarer å slå løs. Årets forløp med hensyn til forholdene inne i Strætelia kommer tydelig og oversiktelig fram for senere vurdering.

### Endringer

Værforholdene har forøvrig de to siste år ikke gitt de enorme snømengdene en kan forvente seg. Temperaturene har vært høyere enn det som er vanlig og snøen har dermed ikke falt i betydelige mengder før rundt årsskiftet. Dette kan være en effekt av jordens sykliske endring av temperaturene eller global oppvarming, og vil derfor være nødvendig å ta til seg ved vurdering av skredutløsningsmekanismer for framtiden. Temperaturforhold gjennom vinteren skyldes mye lufttrykkenes plassering. Høytrykk mellom Storbritannia og Grønland kombinert med lavtrykk over Nordvest-Russland gir kaldluftsutbrudd, nordvestlig vind og ofte snø. Passering av lavtrykk opp etter norgeskysten gir motsatt effekt med sørlig og vestlig vind, fuktig luft og tilhørende nedbør.



### **Effekt på Strætelia**

Siden vinden har kommet mye fra sørvest i vinter har den dratt mye snø ned i skogen under Avalhex stasjonen. Dette kan bidra til å øke faren for sørpeskred som strekningen plages mye av under vårsmeltingen. Det er en rekke bekker og skar ned fjellsiden som snøen kan fordemme smeltevann i og dermed bli overmettet. Hadde det ikke vært for at vi nesten ikke har hatt tele og is under snølaget i år så tror vi at det hadde gått langt verre. Temperaturene har heller ikke vært rekordhøye under snøsmeltingen, og regn har det bare vært i beskjedne doser. Alt i alt kan vi vel si at vi har vært heldige med været med tanke på årets skredfare.

## **7.3 Problematikken kunstig utløsning av skred**

### **Erfaringer**

Vi ser at det kan være store problemer å anslå skredfaren i et område, og at det hele tiden må vurderes sikkerhetsmessige aspekter opp mot de økonomiske. Det er ikke bestandig mulig å sende mannskap opp i et område som kan være vanskelig og farlig å ferdes i, selv om det dreier seg om stegning av viktige ferdselsårer. Vi har fått oppleve variasjoner i snøforhold innenfor små områder, og forstår derfor viktigheten av å komme inn i området som skal løses ut for å ta prøver. Det ble spesielt tydelig under befaring 3 hvor ishinne under løssnø varierte veldig fra Avalhex og ned mot veg, og ved befaring 2 hvor vi så løssnølag nede i det ene profilet men ikke i det andre. Vi har sett viktigheten med å ha gode værobservatører med lokalkunnskap for å kunne identifisere fare. Rasbefaring 1 startet i god tro etter flere dager med tungt snøvær men oppe ved stasjonen var det barblåst og blank is, neste gang kan det gjerne være motsatt. Det er forståelig at framkommelighet kan gi problemer når en skal opp til rasområdet. Dette opplevde vi selv flere ganger på våre befaringer hvor terrenget gjorde at ruten måtte legges om både en og to ganger for egen sikkerhet.

### **Fjære sjø og snøras**

Ettersom en av de største problemene med kunstig skredutløsning er å treffe riktig tidspunkt, har vi forsøkt å komme frem til drivende faktorer for snøskred. Det har vist seg en sammenheng mellom fjære sjø og snøras etter lang tids registrering. Vi undersøkte sammenhengen i Lofoten i Nordland fylke og Tamokdalen i Indre Troms, kyst- og innenlandsklima. Tamokdalen hadde for få observasjoner til å konkludere med en sammenheng, men vi så en tendens i begge tilfellene. Vi forsøkte å sette opp størrelse på forskjellige krefter som kunne spille inn, men innvirkningene ble for små til å kunne settes som nevneverdige utløsende faktorer.

## **7.4 Kommentar prosjekt Avalhex**

### **Plassering**

Prosjekt Avalhex kom i gang som et prøveprosjekt i Grovfjord for å teste ut systemet, derfor ble verken plassering eller vurdering om tiltaket var riktig for plassen grundig vurdert og utredet. Allikevel tror vi at stasjonen vil fungere og kan gjøre god nytte på stedet under normale vinterforhold med østlig vind og mer nedbør. Det har imidlertid vært planlagt å finne en alternativ plassering dersom neste vinter viser seg å starte på samme måte som de to forrige, altså med sterk sørvestlig snødrift. Ved å flytte til et område som samler mye snø ved denne vindretningen vil vi få muligheten til å teste stasjonen ut selv om vi skulle få en reprise på årets værforhold. Ettersom stasjonen er så lett å flytte synes vi dette er en utmerket ide som kan sette fart på utprøvingen.

### **Effekt**

Effektmessig er det ikke mulig å avgjøre om stasjonen fungerer på andre måter enn å teste den ut. Vi var inne på trykkeffekt fra stasjonen i kapittel 2.3 og de forskjellige utregningene som kunne benyttes, men i den grad vi har tro på noen av tallene så må det være målt trykkeffekt ved fullskalaforsøk. Formler som tar utgangspunkt i eksplosjoner i lukket rom vil på langt nær gi samme resultat ute i det fri, og resulterende effekt på snø er nærmest umulig å fastslå ettersom forholdene kan variere enormt. Overtrykket på 30mbar. (0,03 kg/cm) tilsvarer en 50kg. guttunge på 2.10 meter lange langrennsski, og høres ikke særlig stort ut. Vi må se på at dette er et minimumstrykk 30 meter fra stasjonen som virker over hele rekkevidden innenfor de 30-40 meterne. Dermed kan trykket totalt medføre at svake lag bryter sammen, eller at nysnø rystes i den grad at kohesjonen glipper taket og skjærspenningen ikke lenger klarer å holde på snømassene når den dynamiske friksjonsvinkelen tar over. Når det gjelder sammenligningen med en skiløper er vi usikker ettersom skiløpere ofte skaper progressive brudd pga. deformasjonen fra skiene, og ikke løser ut supersvake sjikt slik at de kollapser slik som Avalhex i hovedsak vil gjøre. Skiløperen vil altså bidra mer til en sideveis bevegelse og dermed utfordre skjærspenningen direkte i forhold til Avalhex som slår snølaget normalt ned i bakken. Ettersom det er bevist ved forsøk at metoden med sprengning over bakken er mest effektiv velger vi allikevel å ha tiltro til Avalhex i denne sammenhengen.

### **Egnethet i Norge**

Vi vet at den norske snøen inneholder mer fuktighet enn den snøen du finner i alpene, og at temperaturen varierer i langt større grad nærmest null hær i nord. Dette gir snøen en større mulighet til å oppnå god kohesjon fra sintring, og gir brukeren svært kort tid til å betjene situasjonen etter nysnø og under ustabile forhold med mye sig.

Sett i sammenheng med at analyser utført av blant annet RegClim ved DNMI. tyder på at det i løpet av de neste 50 år blir mer enn dobbelt så stor risiko for intens nedbør på Vestlandet,

indre deler av Trøndelag og på kysten av Troms og Finnmark. Med intens nedbør menes 1-døgns nedbørmengder som i dagens klima kun overstiges en gang pr. År, altså ikke veldig ofte. Foreløpige analyser av eksperimenter med globale data fra to ulike klimasentre (Max-Planck instituttet og Hadley senteret) tyder på at tilfeldige variasjoner i de regionale værtyperne kan medføre betydelige forskjeller for de ulike landsdelene i Norge. Dette er viktigere i Norge enn for mange andre land i Europa på grunn av fjellkjedene og landets geografiske plassering i kontrastsonen mellom det maritime klima i vest og det kontinentale i øst, i tillegg til nærheten til Arktis. Det vil si at vi vil oppleve mildere vinter med mer fuktig luft og regn, og lover ikke særlig godt for metoder som fungerer best på lett nysnø.

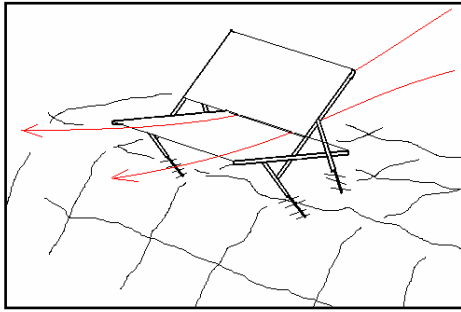
En økning av andelen regn og temperaturer over null vil trolig medføre at vi ikke vil ha like lange perioder med løs nysnø langs kysten, og tidsrommet for benyttelse av stasjonen vil dermed ytterligere innskrenkes. For sikkerheten vil dette kunne bety at stasjonen ikke klarer å slå løs snølagene etter at de har falt. Det å vente til snøen igjen blir ustabil etter snøsog kan være vanskelig å bedømme og en vil da kunne bli overasket av våte flakskred. Nå er dette kun antagelser ut i fra analyser og vi kan like gjerne få uendrete temperaturforhold og mer snø som bare er fordelaktig for bruk av stasjonen.

Ved montering av vindmølle blir ikke mørketiden noe problem her i Nord-Norge. Vindmøllen gir mer enn nok energi, og overflødig energi kan brukes til oppvarming av ballongene eller drifting av små måleinstrumenter for værdata.

### **Alternative metoder**

Det er ikke mange muligheter med tanke på sikring av vegstrekningen som er hensynsmessig å gjennomføre. Med tanke på økonomi ser vi at Avalhex systemet ofte kommer bedre ut enn konvensjonelle sikringsmetoder. Selv ved lange strekninger hvor det er nødvendig med flere explodere vil kostnadene kunne holdes langt under alternativene så lenge området er egnet for systemet. Det må selvfølgelig tas hensyn til økte snømengder nærmere vegen etter flere småutløsninger, og at forbedring av grøfter og andre tiltak mot sørpeskred fra lavere høyde derfor må regnes med i slike prosjekt.

Vi var inne på bruk av skavl Brett for å fjerne skavldannelsen ved flogene fra fremtredende sørøstlig vindretning. En av ulempene var at brettet ville legge igjen for mye snø under floget og dermed øke snømengden. Det ble derimot i lag med Per Arne Sundsbø fundert på om en suspensjonsskjerm ville kunne øke hastigheten over brettet og holde snøkrystallene i luften til de traff skog. I tilfelle vinden hovedsakelig kom fra sørøst ville dette muligens kunne holde området hvor Avalhex nå står fritt for transportert snø. Det anbefales derfor at det kjøres simulering på bruk av suspensjonsskjerm under neste års hovedprosjekt for å finne mulig effekt fra denne. Eventuelt hva den gjør med sørvestlig snøtransport.



Figur 7.4.1: Figuren viser prinsippforslag til utforming av skavlbrett med suspensjonsskjerm. Brettene kan settes sammen eller forlenges i de områder det er påvist stor skavldannelse. 10mm. gummimatter og stålrør virker sikrest mot slitasje og belastning.

Vi vil i tilfelle noe slikt fungerer få samme effekt som vi har fra Avalhex med at økt snømengde legger seg i skog og fører til større risiko for sørpeskred ved vårsmelting. Det er også observert at slike skavlbrett kan ødelegge den jevne oppbyggingen av snølag slik at spenninger ikke bygger seg opp i samme grad. Dette kan også medføre hyppigere små ras som er ønsket framfor store flakskred.

## 8. Konklusjon

Formålet med denne oppgaven var å samle og gjøre nødvendig teori forståelig for å kunne vurdere og behandle skredfare. Værdata skulle samles, behandles og loggføres slik at det kunne presenteres på en oversiktlig måte. Vurderingene ville ligge til grunne for å finne ut hvorvidt Avalhex skredutløser fungerer under norske forhold, samt finne den optimale benyttelse.

Ved prosjektstart ble det gjort klart at det var snødrivende vind fra sørøst som la den skredfarlige snøen rundt stasjonen. Det ble tidlig i prosessen konkludert med at årets værforhold derfor var utenom det vanlige. De små nedbørmengdene som var i vinter har ikke gitt gode nok forhold til å utløse skred, og av tekniske årsaker har det heller ikke vært mulig å teste ut Avalhex skredutløser. Det er derfor i all hovedsak værmessige erfaringer vi har kunnet dra ut av årets hendelser. Når det gjelder direkte testing av Avalhex og dens optimale benyttelse, samt resterende konklusjoner, vil det i hovedsak bli antagelser og vurderinger ut i fra hva vi tror.

Plassering av Avalhex er kanskje ikke den mest optimale med tanke på å få benyttet stasjonen, Strætelia II (stasjonens plassering) har på langt nær like stor resfrekvens som Strætelia I. Under et slikt prøveprosjekt hvor det var viktig å finne ut hvorvidt stasjon fungerte, mener vi at plasseringen burde vært vurdert lagt til et området hvor det går skred litt hyppigere.

Vi har tro på at Avalhex vil kunne benyttes på ustabil snø, men vil legge vekt på viktigheten med å bruke den på rett tidspunkt før forholdene endres.

I Strætelia vil dette kunne være like etter;

- snøbyger og vindstille med økninger i temperatur og vind.
- stor snøtransport og økning i temperatur (spesielt sørøstlig vindretning).
- regn på nysnø med skarelag under.
- regn på fokksnø med glidelag under.
- fokksnø utsatt for temperarurstigning og sig, må ha glidelag under.
- kraftig nedbør i form av snø ved lave temperarurer.

Siden detonasjonshastigheten ligger nærmest trykkbølgehastigheten til snø med høy densitet, tror vi trykkeeffekten blir best på hardere lag i motsetning til løssnø. Skjærkraft og kohesjon avgjør selvfølgelig om snølaget vil løsne, men det er muligens en fordel å benytte stasjonen før tynne løssnølag legger seg på ustabile lag.

Eksempler på farlige situasjoner finnes i kapittel 6.3.

Stasjonens effekt og sikkerhetsgrad vil derfor avhenge av brukerens mulighet til å følge med utviklingen i snølagene rundt Avalhex. Hjelpemidler for oppfølging, og oversikt av forholdene bør derfor tas i bruk på sikt.

### **8.1 Forslag til videre arbeid**

#### **Byggstudenter**

Siden uttestingen av stasjonen aldri kom skikkelig i gang kan dette prosjektet ses på som en del 1 under oppfølging av Avalhex. SVV ved Ole M. Ellefsen er interessert i å ha studenter med til neste år for videre oppfølging.

Videre oppfølging vil i hovedsak gå på loggføring og behandling av værdata. Simulering av effekt fra skavlbrett med suspensjonsskjerm burde utføres sammen med Per Arne Sundsbø i 3D Flow. Det er mulig at snøen kan holdes suspendert til den treffer skog.

#### **SVV**

Skredregistreringen i dag er rimelig bra, men registreringen bør spesifiseres nærmere på hvilken type skred det er som har gått, spesielt med tanke på sørpeskred. Antatt vær-situasjon dagene før og vindretning er nyttig under vurdering av tiltak. Bør se på muligheten for å kjøpe, eller utvikle dataprogram for hjelp til oppfølging av stasjonen.

#### **Datastudenter**

Det er for øyeblikket ingen behandling av værdata knyttet opp mot Prosjekt Avalhex. Program for behandling av disse vil kunne gi vesentlig hjelp når det gjelder dokumentering og oppfølging av værforhold gjennom vinteren.

Et slikt program bør kunne laste ned data fra SVV's database fortløpende og sortere disse slik at det blir oversiktlig å vurdere forholdene gjennom vinteren. Programmet burde kunne legge merke til store temperaturendringer, nedbørsperioder, is/skarelag, betydelige endringer i vindretning og hastighet. Videre burde det kunne generere vindroser og diagrammer i lik grad vi har gjort i oppgaven vår. (Se innledning til vedlegg A for ideer eller ta kontakt.)

Egne måleinstrumenter for snødrift, temperaturs, nedbør, vindhastighet og retning montert på Avalhex vil være til stor nytte for oppfølgingen. En utredning for hva som er mulig kostnadmessig og kompatibelt med SVV's eksisterende utstyr kan være av interesse.

## Litteraturliste

- Håndbok 167                      *Snøvern – om snøskred og drivsnø*  
Statens Vegvesen, håndbok 167  
Olso Grafiske as 1993  
ISBN 82-7207-327-7
- Rassikringsplan 2000              *Rassikringsplan for riks- og fylkesvegene i Troms*  
Statens Vegvesen, Torbjørn Naimak, November 2000
- Aarhaug 1992                      *Geoteknikk*  
Olav R. Aarhaug  
NKI Forlaget 1992  
ISBN 82-562-2209-3
- Ramsli 1981                      *Snø og snøskred*  
Gunnar Ramsli  
Universitetsforlaget 1981  
ISBN 82-00-05367-9
- Lied og Kristensen 2003              *Snøskred – Håndbok om snøskred*  
Karstein Lied og Krister Kristensen  
Vett & Viten AS 2003  
ISBN 82-412-0571-6
- Torgnes 2003                      *Snøskjerming av skianlegget i Fagernesfjellet*  
Torbjørn Torgnes, Sivilingeniørutdanningen  
Høgskolen i Narvik 2003

### Internettadresser:

- Statens Kartverk                      *Norgesglasset*  
[www.norgesglasset.no](http://www.norgesglasset.no)
- NGI                                      Snøskred ved friluftsliv i Norge  
[www.snoskred.no](http://www.snoskred.no)
- Statens Vegvesen                      Klimadata i Nord-Norge  
[www.smallsoft.com](http://www.smallsoft.com)
- Meteorologisk Institutt              Værobservasjoner  
[www.kilden.met.no](http://www.kilden.met.no)  
[www.met.no](http://www.met.no)
- Klima  
[www.regclim.no](http://www.regclim.no)

Tidevakt	Diverse om tidevann <a href="http://www.tidevakt.no">www.tidevakt.no</a>
Geofysisk Institutt	Diverse om tidevann og krefter <a href="http://www.gfi.uib.no">http://www.gfi.uib.no</a>
Statens Karverk Sjø	Tidevann og vannstand for Norskekysten <a href="http://vannstand.statkart.no">http://vannstand.statkart.no</a>
Diverse:	<a href="http://www.met.no">http://www.met.no</a> <a href="http://www.forskning.no">http://www.forskning.no</a> <a href="http://www.tv2.no/storm/fakta">www.tv2.no/storm/fakta</a>



## Vedlegg

### *Del 1*

**A. *Værlogg 03-04***

Loggført og behandlet værdata fra vinteren 2003-2004.

**B. *Værlogg 04-05***

Loggført og behandlet værdata fra vinteren 2004-2005.

**C. *Befaringer 04-05***

Befaringsjournaler fra oppfølging av Avalhex gjennom vinteren 2004-2005.

**D. *Skredjournaler 04-05***

Skredjournaler fra oppfølging av Avalhex gjennom vinteren 2004-2005.

**E. *Fjære sjø og snøskred***

Vurdering av sammenhengen mellom fjære sjø og økt hyppighet av snøskred.

### *Del 2*

**F. *Prosjektplan***

Forprosjekt hovedoppgave Avalhex 2005.

**G. *Statusrapporter***

Status for prosjektet.

**H. *Møtereferater***

Møter med veileder og oppdragsgiver.

**I. *Kostnader***

Kostnader fra studentene.

**J. *Dagbok***

Huskeliste og viktige gjøremål.

**K. *Erfaringer***

Viktige erfaringer som er kjekt å ta med seg videre.