

BYGGFORSK

Norges byggforskningsinstitutt

Thomas Thiis

# **Bygg i snørike områder**

– en veileder i klimatilpassing

Prosjektrapport 389 – 2005

Prosjektrapport 389

Thomas Thiis

**Bygg i snørike områder**

– en veileder i klimatilpassing

Emneord: klimatilpassing, snø, vind, veileder, klima

ISSN 0801-6461

ISBN 82-536-0881-0

500 eks. trykt av

PDC Tangen AS

Innmat: 100 g G-print

Omslag: 200 g Cyclus

© Copyright Norges byggforskningsinstitutt 2005

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med Norges byggforskningsinstitutt er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B  
Postboks 123 Blindern  
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

[www.byggforsk.no](http://www.byggforsk.no)

## FORORD

Snø er en naturlig del av den norske naturen, og derfor også en faktor som må tas med i betraktningen når man planlegger infrastruktur i Norge. I 1852 skrev veiingeniør G.D.B. Johnson den første norske veilederen på dette feltet: "Nogle ord om Sneedrev, Snefog og Snefonner med Fremstilling om Maaden, hvorpaa antages at Sammes skadelige Virkning paa Veie, paa Ager og Engeland, etc., kan mangesteds enten forebygges eller svækkes". Mange av prinsippene og løsningene som ble presentert der er ikke ulike de som fins i denne publikasjonen. Dette forteller oss at snø og snøfonner må tas med allerede tidlig i planleggingen av ny infrastruktur. Et oppstått snøproblem er ofte svært vanskelig og kostbart å løse i ettertid. Mange steder ligger det snø halvparten av året, og snø er ofte en av de viktigste klimapåkjenningene som bygninger og konstruksjoner må tåle.

Arbeidet med "Bygg i snørike områder" er finansiert av Husbanken. Særlig har Husbankens kontor i Hammerfest hatt et spesielt fokus på denne problemstillingen. Kontaktpersoner hos Husbanken har vært underdirektør Lene Edvardsen og overarkitekt Sverre Sondresen. Forfatteren har arbeidet i nært samarbeid med professor Harald Norem ved NTNU, som har kvalitetssikret innholdet. Prosjektrapporten er resultater av mange års forskning og utvikling både nasjonalt og internasjonalt. Takk til alle som har bidratt.

Oslo, 12.4.2005

Dr. ing. Thomas K. This



# Innhold

FORORD.....	3
Innhold .....	5
1. INNLEDNING .....	7
1. INNLEDNING .....	7
2. VIND, DRIVSNØ OG TRANSPORTPROSESSER .....	8
2.1 Vind.....	8
2.2 Snø.....	9
2.3 Oppsummering .....	13
3. SNØFONNER RUNDT BYGNINGER OG I TERRRENGET .....	15
3.1 Snøfonner i terrenget.....	15
3.1.1 Teoretisk bakgrunn .....	15
3.1.2 Praktiske eksempler .....	17
3.2 Snø rundt bygninger .....	18
3.2.1 Teoretisk bakgrunn .....	18
3.2.2 Praktiske eksempler .....	21
3.3 Snøfonner og bygningsdetaljer.....	26
3.4 Oppsummering .....	29
4. PLANLEGGINGSHENSYN I DRIVSNØOMRÅDER .....	31
4.1 Datagrunnlag .....	31
4.2 Stedsplanlegging .....	31
4.2.1 Plassering og orientering .....	31
4.2.2 Bygningsutforming .....	35
4.2.3 Bygninger i grupper.....	36
4.3 Bygningsplanlegging.....	36
4.3.1 Dører og vinduer.....	37
4.3.2 Ventilasjonanlegg .....	39
4.3.3 Tak .....	40
4.4 Snøskjerming.....	43
4.4.1 Snøskjermer .....	44
4.4.2 Snøspylere .....	49
4.5 Oppsummering .....	53
5. VEIBYGGING I SNØRIKE OMRÅDER .....	55
5.1 Samleveiene.....	55
5.2 Atkomstveier .....	58
5.3 Snødeponier.....	58
Litteratur.....	59



# 1. INNLEDNING

Det fins ulike metoder for å tilpasse bygninger til klimaet. Metoden man velger er avhengig av hvilken klimalast bygningene utsettes for.

Sol, vind og snø er viktige klimavariabler som ofte bidrar til å bestemme kvaliteten på et bolighus. Med relativt enkle midler kan man tilpasse bygningene til klimaet. Dermed blir de mer energieffektive, og drifts- og vedlikeholdskostnadene reduseres. I mange sammenhenger fokuseres det på vind og uteområder med mye sol og lite vind. Dette er viktigst om våren, sommeren og høsten. Likevel er det snø og drivsnø som er den viktigste klimapåkjenningen i store deler av landet: Snøfonner på "galt" sted har større virkninger på en bygning enn et uteområde som ikke ligger i le. Vinterstid er snømåking og brøyting daglige gjøremål for svært mange av landets innbyggere. Kommunene bruker store beløp på brøyting, og i enkelte områder er snømengden så stor at bolighus fraflyttes i vinterhalvåret. Dessuten kan snø være et sikkerhetsproblem for utrykningsbiler når veien blokkeres.

Det er særlig i kombinasjon med vind at snø blir problematisk. Hvis vinden ikke transporterer snøen horisontalt blir snølaget omtrent like tykt overalt. I områder med mye drivsnø samles imidlertid snøen i fonner som kan bli svært store.

I denne prosjektrapporten ønsker vi å gi enkle råd for hvordan bygninger skal tilpasses et snørikt klima. I første rekke er det arkitekter, planleggere og bygningskonsulenter som vil ha nytte av stoffet. Gjennomføringen av noen av de beskrevne tiltakene kan dessuten boligeiere selv stå for.

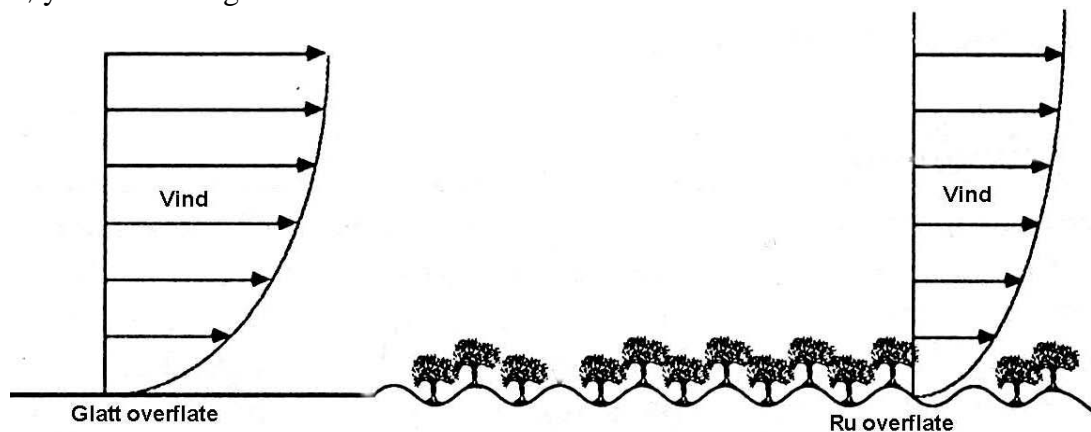
Prosjektrapporten inneholder fem kapitler som kan leses hver for seg. Kapittel 2, "Vind, snø og drivsnøprosesser", gir en enkel innføring i relevant lokalmeteorologi og fluiddynamikk. Hvis man bruker litt tid på kapittel 2, vil det øke forståelsen av de andre kapitlene. Kapittel 3 gir en innføring i hvordan snøen akkumuleres rundt bygninger og i terrenget. Kapittel 2 og 3 utgjør grunnlaget for kapittel 4, som handler om hvordan man kan ta høyde for snø under planlegging av bygninger. Kapittel 5 handler om snø på veier i tilknytning til bygninger.

## 2. VIND, DRIVSNØ OG TRANSPORTPROSESSER

### 2.1 Vind

Norge ligger i det såkalte vestavindsbeltet, og de dominerende vindretningene er fra sørvest til nordvest. Nær bakken er terrenget en viktig faktor som kan styre både vindretning og vindstyrke. En trang dal vil ha hovedvindretningen på langs av dalen selv om vinden har en annen retning lenger opp i atmosfæren. Dessuten vil vindstyrken ofte øke i innsnevring i daler, i fjorder og over rygger og fjelltopper. Områdene med de høyeste vindhastighetene i Norge ligger vanligvis ved kysten eller i høyfjellet. I disse områdene er hovedvindsystemene lite dempet av terrenget. Middelvinden, den gjennomsnittlige vindhastigheten, avtar svært mye fra kysten og innover i landet.

Som regel øker vindhastigheten i en logaritmisk sammenheng med høyde over bakken, se figur 2.1.1. Krumningen på kurven avhenger av ruheten på overflaten. En glatt overflate gir høyere vindhastighet nær bakken enn en ru overflate.



Figur 2.1.1  
Vindhastighetsvariasjon med høyden for et logaritmisk vindprofil. Kilde: Stull (1997)

Turbulens kan betraktes som variasjoner i vindhastigheten. Hvis vinden er helt jevn, uten vindkast, er det lite turbulens i vindstrømmen. En vindstrøm med hyppige og kraftige vindkast er mer turbulent. Turbulens oppstår særlig der vindstrømmen møter hindringer som fjell eller bygninger.

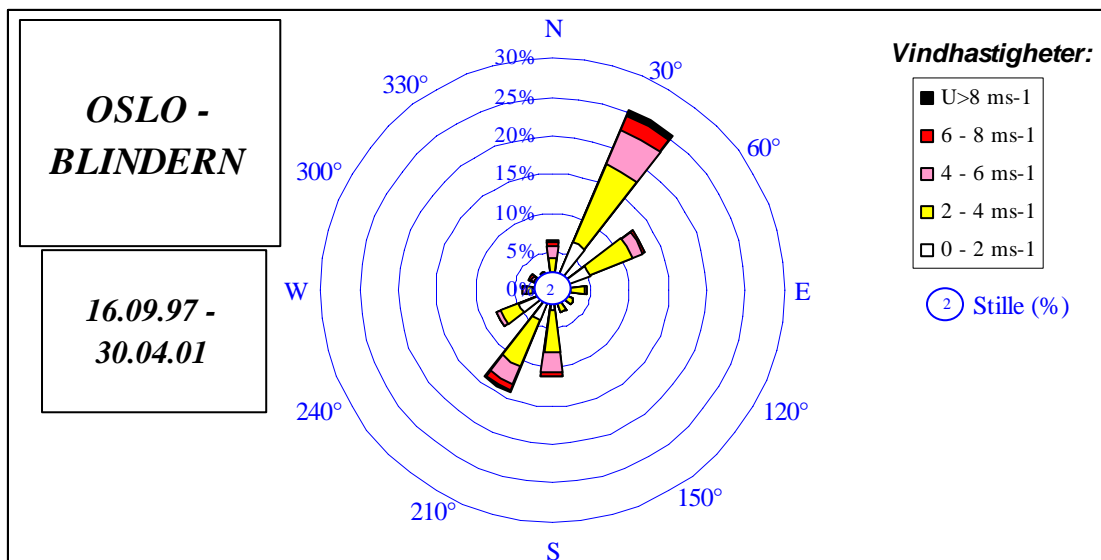
Vind måles ved mange målestasjoner rundt om i landet og Meteorologisk institutt har data fra de fleste av disse målestasjonene. Mange av måledataene er tilgjengelige på Internett, se [met.no/observasjoner](http://met.no/observasjoner). Vindstatistikk framstilles ofte i en vindrose. Diagrammet i figur 2.1.2 gir vindstyrke og frekvensen av vindretningen. Andre typer vindroser gir ofte bare informasjon om vindretningen. For vurdering av drivsnø er både vindstyrken og vindretningen viktige.

Vindrosen i figur 2.1.2 er delt inn i 12 sektorer, en for hver 30. grad av horisonten (en vindrose kan også tegnes for 8 eller 16 sektorer). Radius av hver av de 30 graders kilene viser hvor stor andel av tiden vinden kommer fra hver retning, gitt i prosent. Fordelingen av vindstyrker fra en vindretning er gitt av fargekoden på kilene. Vindrosen viser den relative fordeling av vindretninger og vindstyrke, og gir ikke den gjennomsnittlige vindhastighet på



stedet. Vindstyrken er svært viktig for å anslå snøtransporten. Dette er fordi snøtransporten øker eksponentielt med vindhastigheten.

I relativt jevnt terreng er det mulig å benytte vinddata som er målt et stykke fra målepunktet som grunnlag for vurderinger av drivsnø og vindklima. Generelt må man ha data for en hel sesong for at det skal være tilstrekkelig grunnlag for vurderinger. Dessuten er det mulig å benytte data fra flere stasjoner for å forbedre kvaliteten på data for en kort måleserie.



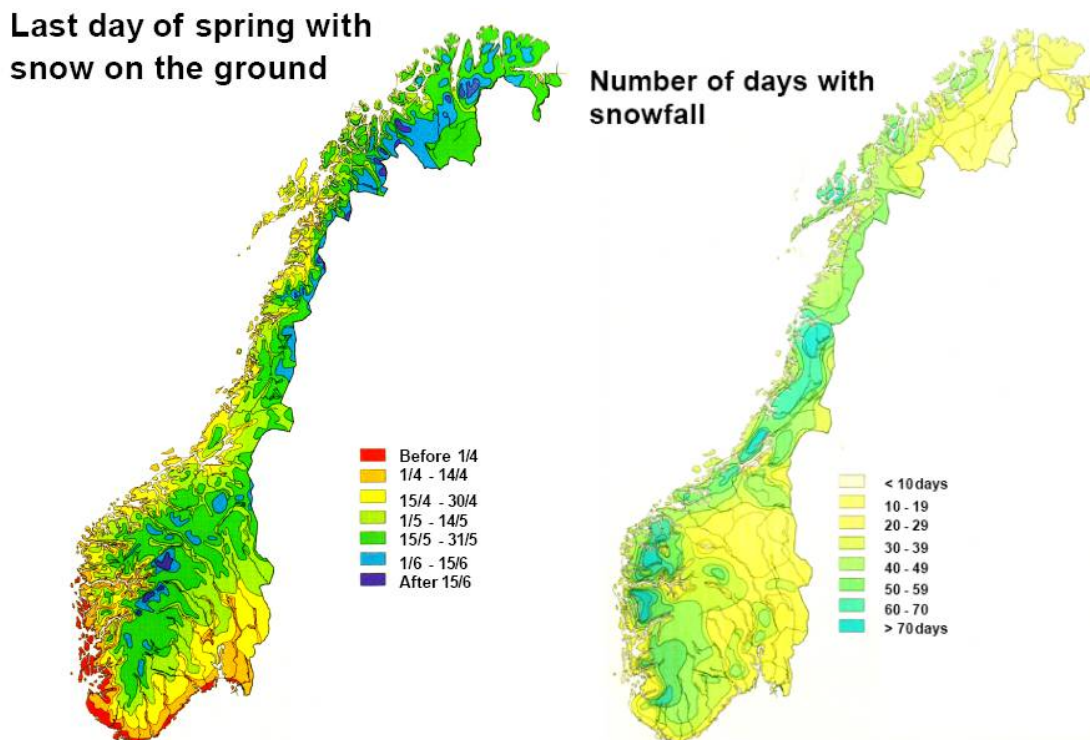
Figur 2.1.2  
Vindrose for Blindern, Oslo. Kilde: Meteorologisk institutt

## 2.2 Snø

Snø har svært varierende egenskaper. Tettheten på snø som ligger på bakken kan variere fra 50 til 600 kg/m<sup>3</sup>. Nysnø som faller under kalde, rolig forhold er lettest, mens snø som inneholder mye smeltevann er tyngst. Et sted i midten kommer snø som er pakket sammen av vinden. Tettheten til denne snøtypen er omkring 300–400 kg/m<sup>3</sup>.

Omtrent halvparten av nedbøren i Norge faller som snø, og snøens utbredelse og mengde varierer mye fra sted til sted og fra år til år. De største snømengdene faller høyt til fjells og ofte fjernt fra bebyggelse. Figur 2.2.1 viser kart over hvor lenge snøen ligger og antall dager med snøfall i Norge. Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Meteorologisk institutt gir ut kart som viser snøutbredelse over hele landet, se [snokart.nve.no](http://snokart.nve.no).

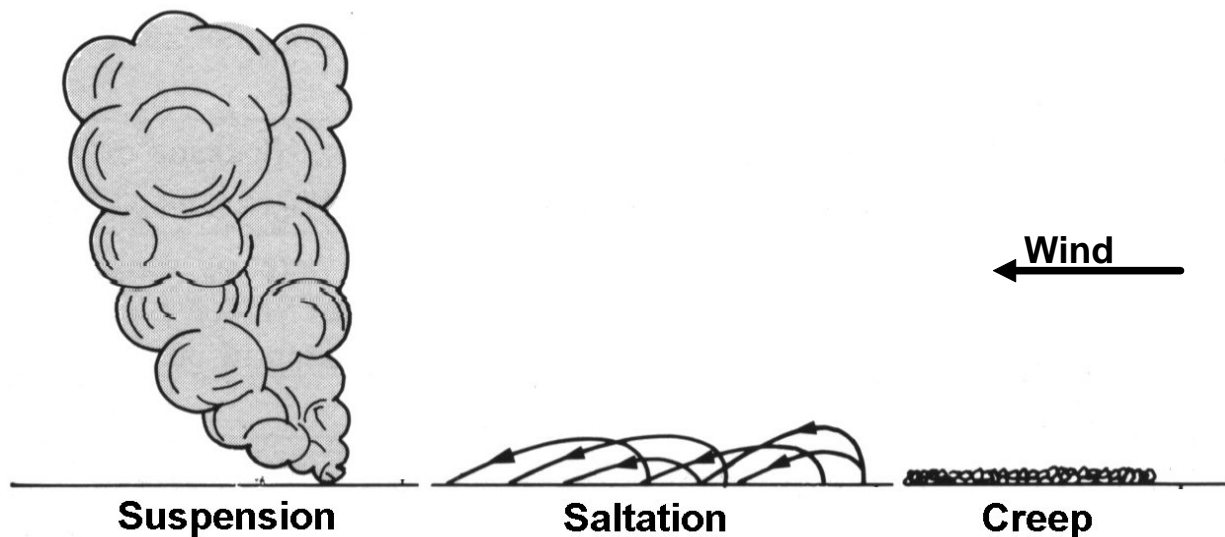
Vindtransportert snø eller drivsnø er et fenomen som oftest blir observert i de laveste delene av atmosfæren. I områder med vegetasjon blir vinden ofte dempet slik at transport av drivsnø er mindre enn i områder uten vegetasjon. Hvis det i et område faller mye snø samtidig med at det er vind, kan den horisontale transporten av drivsnø bli svært stor selv om det er mye vegetasjon i området. Det er størst problemer drivsnø i forbindelse med bygninger og infrastruktur i områder med mye nedbør i form av snø kombinert med høy vindhastighet.



Figur 2.2.1  
Kart som viser hvor lenge snøen ligger og antall dager med snøfall. Kilde: Mahle og Rogstad (2002), og Meteorologisk institutt / Norges vassdrags- og energidirektorat

Drivsnø gjør det ofte vanskelig å bedrive utendørsaktiviteter i de berørte områdene på grunn av nedsatt sikt og snøfonner. Snøfonner som akkumuleres rundt og på bygninger kan redusere sikkerhetsnivået hvis rømningsveiene blokkeres. Dessuten kan lasten av snøfonner på takflater være betydelig og ofte ulikt fordelt på taket. Fuktpåkjenningen på bygningsfasaden kan også øke på grunn av snøfonner som ligger tett på bygningen.

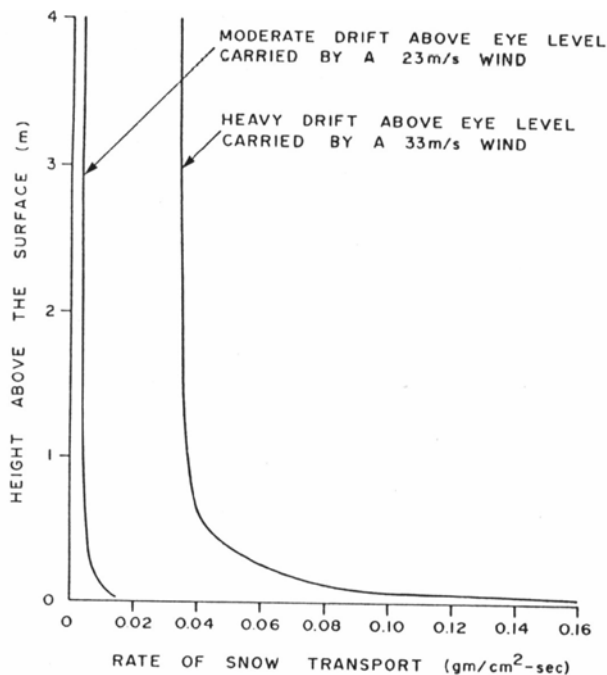
En snøpartikkel kan transporteres av vinden på tre forskjellige måter. Transportmåten avhenger av vindhastighet og størrelsen på partikkelen. Hvis vindhastigheten er lav eller partikkelen stor ruller partikkelen av gårde langs bakken: Fagtermen for dette er kryping, eller "creep" på engelsk. Med høyere vindhastighet vil partiklene begynne å bevege seg i små hopp 0–10 cm over bakken, også kalt saltasjon. Ved enda høyere vindhastighet beveger partiklene seg i suspensjon, fritt flygende i lufta. Når snø transporteres i suspensjon, er også begge de to andre transportmåtene aktive, se figur 2.2.2.



Figur 2.2.2  
Oversikt over de ulike transportmåtene for snøpartikler. Kilde: Statens vegvesen (1994)

Før en snøpartikkel kan transporteres med vinden må den rives løs fra overflaten. Denne medrivningen er et resultat av både vindkreftene og energien fra andre partikler som kolliderer med overflaten. Terskefriksjonshastigheten for drivsnø er et mål for når snøtransporten stopper. Terskefriksjonshastigheten er avhengig av snøens fysiske tilstand. Nysnø som har svake bindinger mellom snøpartiklene har en lav terskefriksjonshastighet, og hard, gammel snø som er pakket av vinden har høyere terskefriksjonshastighet. Vindhastigheten når snøtransport starter i 10 meters høyde tilsvarer 4–10 m/s, avhengig av snøens fysiske tilstand.

Det er gjort mange forsøk på å beskrive transporten av snøpartikler. På grunn av systemet med flere forskjellige transportmåter er empiriske data benyttet for å finne passende matematiske uttrykk for snøtransport. Uttrykkene er alle avhengig av vindhastigheten i en eller annen form, og noen tar også hensyn til snøoverflatens fysiske tilstand. To typiske vertikale profiler av snøtransporten er vist i figur 2.2.3. Figuren viser at snøtransporten er stor nær bakken, for så å avta ved økende høyde.



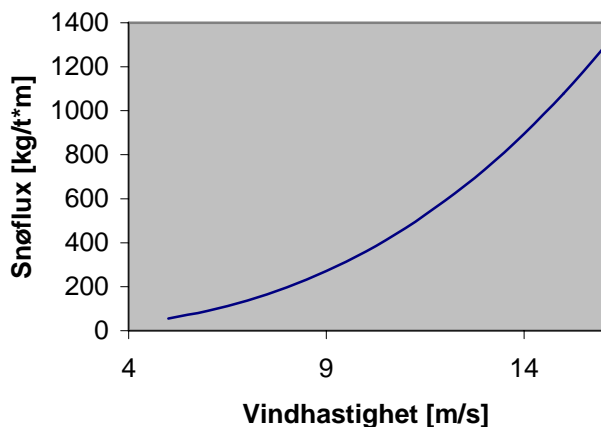
Figur 2.2.3  
Typiske vertikale profiler av snøtransport ved to forskjellige vindhastigheter. Kilde: Mellor (1965)

Basert på målinger av friksjonsfaktor mellom snøoverflate og snøpartikler samt målinger av drivsnø flux, er det foreslått at den totale snøtransporten fra bakken og opp til 2 meter kan uttrykkes ved:

$$Q = 0.0002(u_1)^{2.7} \quad [\text{kg/ms}] \quad (1) \quad (\text{Takeuchi (1980)})$$

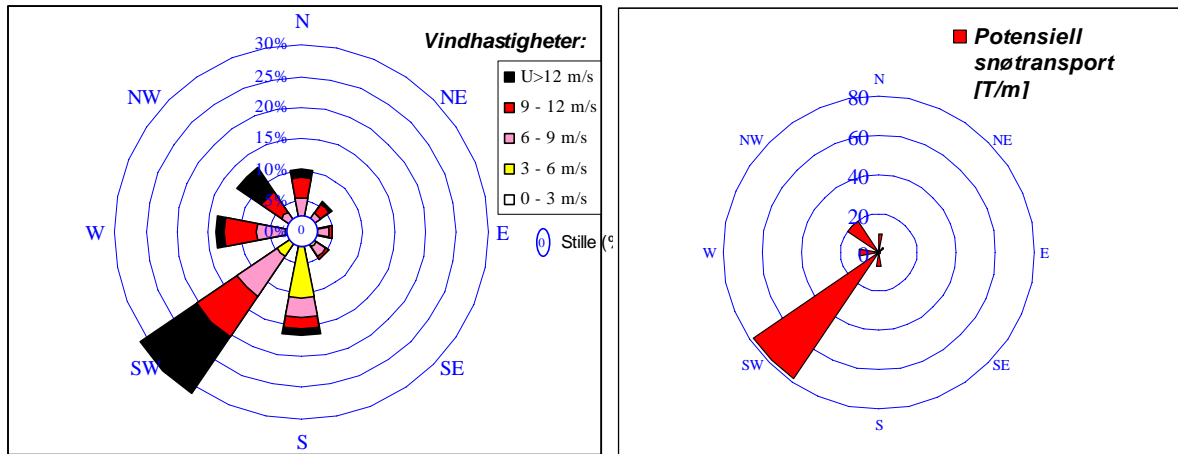
Her er  $u_1$  vindhastigheten i én meters høyde. Uttrykket gjelder bare for gammel, hard snøoverflate og for vindhastigheter der vindtransportert snø forekommer.

For en jevn snødekket overflate betyr dette at det på én time, ved frisk bris (vindstyrke 8–10 m/s i 10 meters høyde, 6,7 m/s i 1 meters høyde) transporteres ca. 125 kg snø per meter bredde på tvers av vinden. Ved stiv kuling (vindstyrke 14–16 m/s i 10 meters høyde, 11,5 i 1 meters høyde) er det tilsvarende tallet ca. 525 kg/m. Figur 2.2.4 viser sammenhengen mellom snøflux og vindhastighet.



Figur 2.2.4  
Sammenhengen mellom snøflux og vindhastighet

Figur 2.2.5 viser hvordan vindklima og snøtransport kan variere på en værstasjon. Det er tydelig at vindretning sørvest forekommer mest hyppig, samtidig som den også transporterer mest snø. Sydlig vindretning forekommer nest oftest, over 15 % av tiden, men snøtransporten fra denne retningen er imidlertid neglisjerbar.



Figur 2.2.5  
Vindrose (venstre) og tilhørende snøtransportrose (høyre). Kilde: Meteorologisk institutt

Snøtransport har blitt klassifisert etter hvor alvorlige konsekvenser drivsnøen har. Klassifikasjonssystemet er utarbeidet i USA for bruk i veiplanlegging. Erfaringsmessig oppleves moderat snøtransport som problematisk for bebyggelse i Norge.

Tabell 2.2  
Klassifikasjon av snøtransport

Klassifikasjon	Snøtransport per sesong (tonn/meter)
Svært lite	< 10
Lite	10–20
Lite til moderat	20–40
Moderat	40–80
Moderat til mye	80–160
Mye	160–320
Ekstremt	> 320

## 2.3 Oppsummering

- Turbulens oppleves som kastevind.
- Turbulens oppstår særlig på steder der vindstrømmen møter hindringer som fjell eller bygninger.
- Vindrosen viser den relative fordeling av vindretninger og vindstyrke.
- Vindstyrken er den viktigste faktoren for transport av drivsnø.

- I tilfeller der snøen blir omfordelt etter først å ha falt i rolig vær blir snøfonnene forskjellig fra tilfeller der snøen faller i sterk vind.
- Problemer med drivsnø er størst i områder der nedbøren kommer samtidig som vindhastigheten er høy.

### **3. SNØFONNER RUNDT BYGNINGER OG I TERRENGET**

Snøakkumulasjon rundt bygninger og i terrenget henger direkte sammen med vindmønstret som dannes av hindringen. Snøfonner dannes ofte i områder der vindhastigheten er lavere enn omgivelsene, lesener, eller i områder der innholdet av snøpartikler i luften har økt i forhold til omgivelsene. Økningen av snøkonsentrasjonen oppstår der hvor vinden treffer en hindring og blir presset til sidene. Snøpartiklene som skulle passert der hvor hindringen befinner seg, presser da ut luftstrømmen rundt og snøkonsentrasjonen øker.

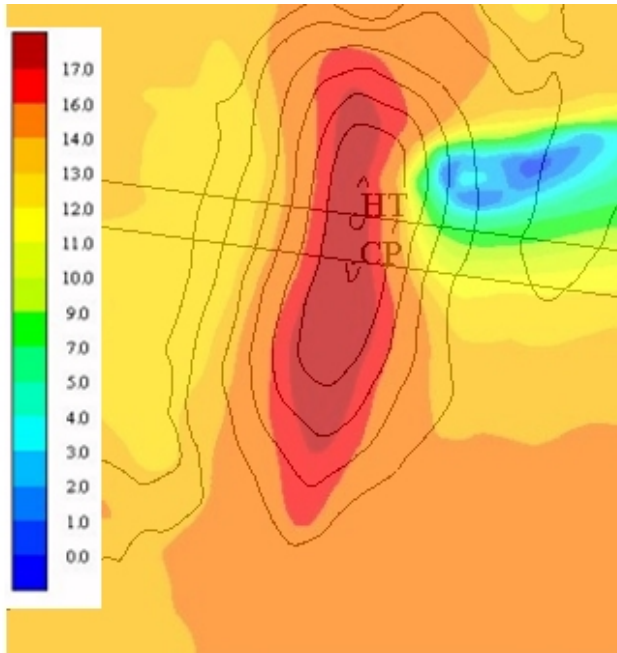
Siden vindklimaet på et sted vanligvis ikke forandres fra år til år, vil mønstret av snøfonner gjenta seg. Hvis det gjøres endringer i vegetasjon eller bygningskonfigurasjon, vil dette påvirke luftstrømmen og føre til at snøfonnene forandrer posisjon og utseende. Ved å observere fordelingen av snø i et område kan man ofte forutse hvordan snøfonnene vil legge seg rundt en ny bygning.

Det er viktig å merke seg at snøfordelingen kan påvirkes av flere vindretninger, noe som kan komplisere planleggingen.

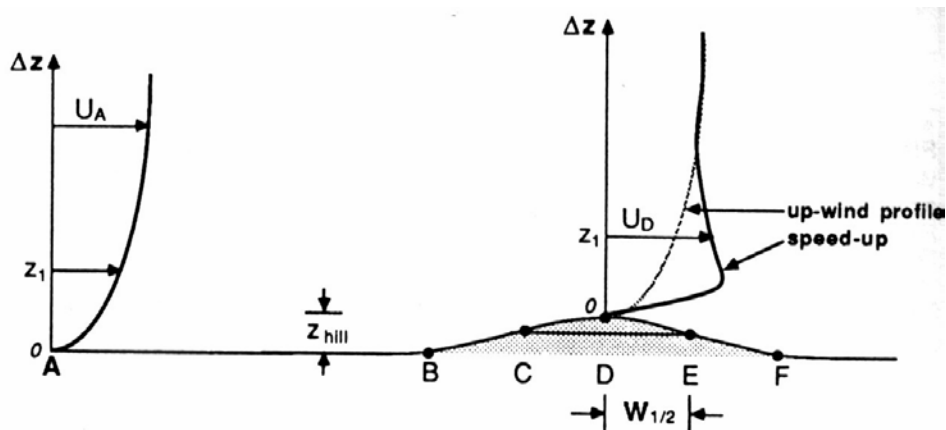
#### **3.1 Snøfonner i terrenget**

##### **3.1.1 Teoretisk bakgrunn**

Generelt kan man si at snø akkumuleres i fordypninger og bak forhøyninger i terrenget, og at den eroderes fra topper og hauger. Dette henger sammen med vindmønstret i områder med slike topografiske trekk. På toppen av en haug øker vindhastigheten nær bakken slik at vindens transportkapasitet øker og snødekket kan eroderes. I forsenkninger i terrenget er vindhastigheten lavere og drivsnø kan akkumuleres. Figur 3.1.1.1 viser hvordan vindhastigheten varierer rundt en ås. Vindretningen er fra venstre. I lo av åsen blokkeres luftstrømmen noe og vindhastigheten nær bakken minker. Lenger oppe i skråningen akselereres luftstrømmen slik at vindprofilen blir modifisert som vist i figur 3.1.1.2. På toppen av åsen har vindhastigheten økt med ca. 4–5 m/s. På lesiden av åsen minker vinden, noe som kan føre til resirkulering av luft.



Figur 3.1.1.1  
Vindhastighet rundt en ås. Vind fra venstre. Kilde: [www.fluid.mech.ntua.gr/wind/illustr/illustr.html](http://www.fluid.mech.ntua.gr/wind/illustr/illustr.html)

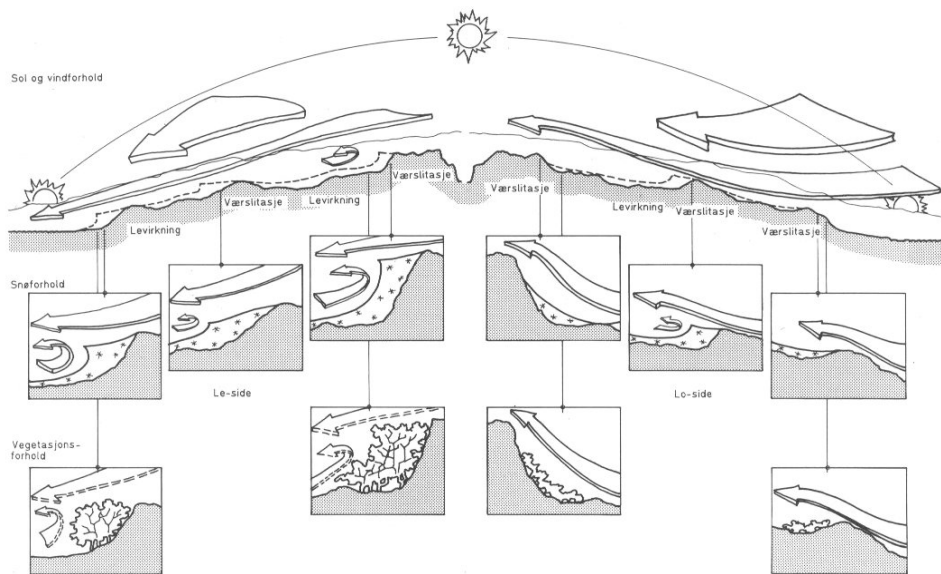


Figur 3.1.1.2  
Vindhastigheten øker på toppen av en haug. Kilde: Stull (1997)

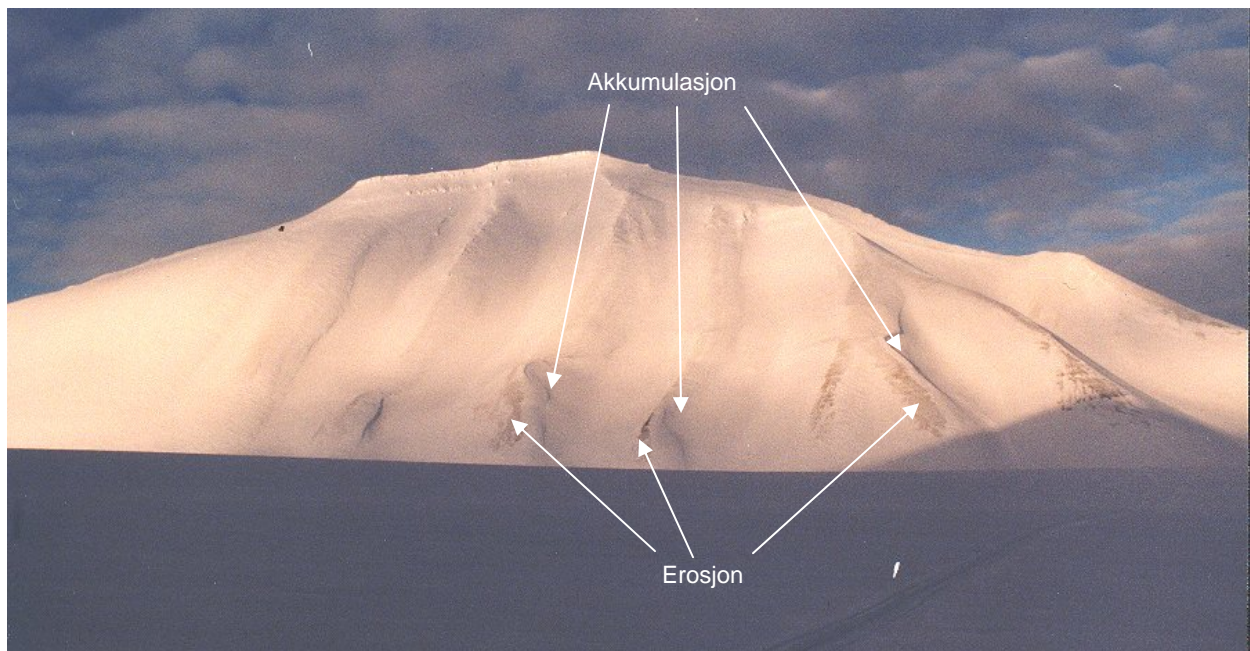
Snøen legges seg i snøfonner først og fremst i lesonen og i stagnasjonssonen foran åsen. Hvis åsen har bratt skråning kan det også hende at snøen legger seg på siden av åsen, tilsvarende snøfonnene rundt en bygning. Årsaken er at snøkonsentrasjonen i luften øker fordi snø presses ut til sidene. Den økte konsentrasjonen av snø i luften fører igjen til akkumulering av snøfonner. Snøfonner som er deponert i lesoner forårsaker ofte snøskred.

I kupert terreng er det store lokale variasjoner i snøakkumuleringen. Snødybden kan variere fra helt avblåste rabber til flere meters snødyp innenfor en avstand på bare noen meter. For å finne riktig plassering av en byggetomt er det derfor viktig å analysere et større område for å finne ut hvor det akkumuleres snø og hvor det er egnet for bebyggelse. Figur 3.1.1.3 er et eksempel på en slik analyse. I denne forbindelse er det viktig å unngå søkk og lesoner i terrenget samt områdene hvor luftstrømmen stagnerer foran hindringen. Figur 3.1.1.4 viser et fotografi av erosjons- og akkumulasjonszoner i en fjellside.





Figur 3.1.1.3  
Soner av akkumulasjon og erosjon i småkupert kolle-, haug-, og slettelandskap

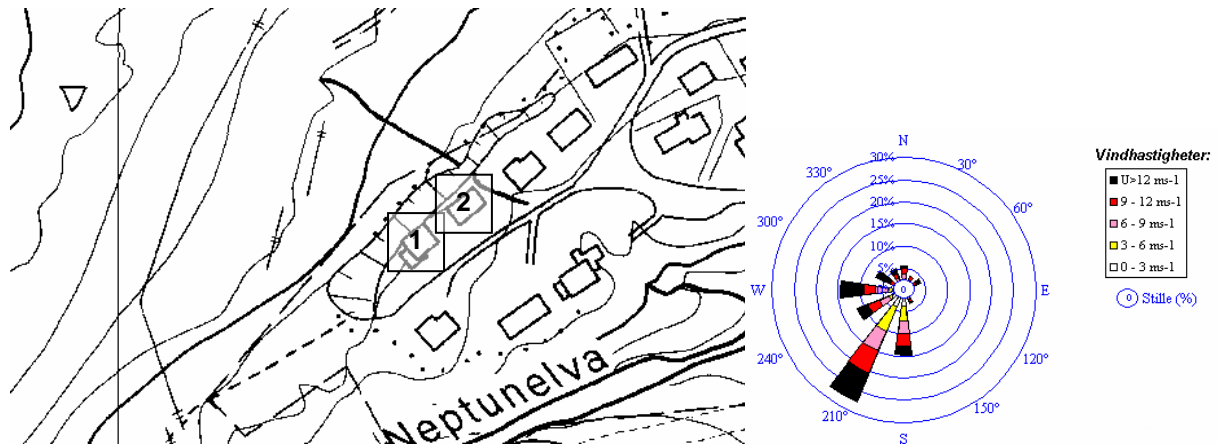


Figur 3.1.1.4  
Bildet viser hvordan forhøyninger i terrenget blir blåst rene for snø, og hvordan snøen legger seg i lesonen bak forhøyningen. Framherskende vindretning er fra venstre mot høyre i bildet. Foto: Byggforsk

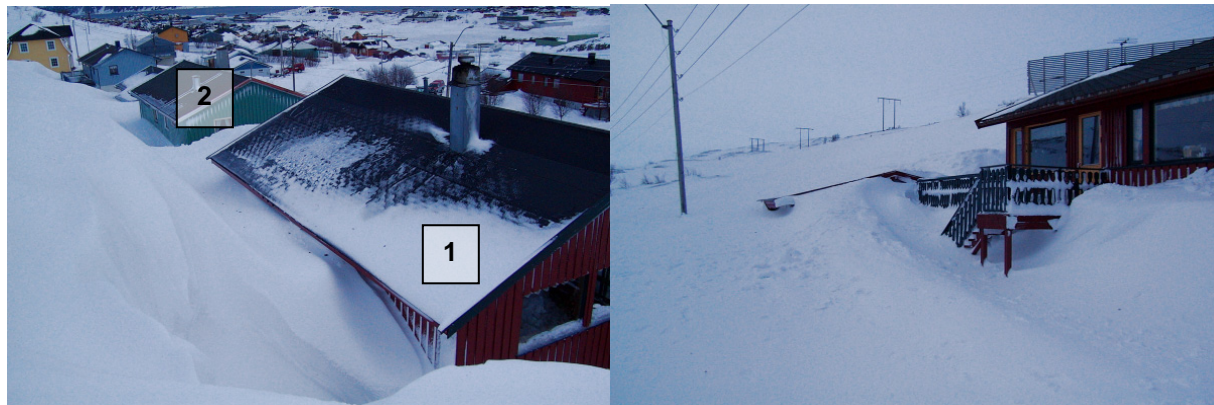
### 3.1.2 Praktiske eksempler

Snøfonner dannes også i skråninger. Figur 3.1.2.1 viser et kartutsnitt av en skråning med boliger som er lagt i en liten skjæring. Vindstatistikken for en vintersesong er vist i vindrosen ved siden av. Gjennomsnittsvinden er 8,6 m/s og området må karakteriseres som svært værutsatt. Bygningene som er vist i figur 3.1.2.1 ligger plassert i en lesone der det naturlig akkumuleres mye snø. Snøakkumuleringer er størst mot sørvest, og derfor blir den siste bygningen mot sørvest sterkest berørt av snøakkumulasjonen. Figur 3.1.2.2 viser bilder av snøsituasjonen på senvinteren, etter at snøen har akkumulert i snøfonner. Bygningen har to etasjer og sokkeletasjen er fullstendig begravd i snø. Skjæringen der bygningen er plassert er

fullstendig fylt opp med snø som er blitt transportert med vinden i sektoren fra sydvest til nordvest. Det er plassert snøskjermere i området for å forhindre snøakkumulering, men kapasiteten til skjermene har vært for liten til å forhindre stor snøansamling rundt bygningen. Dessuten danner terrenget mot vinden en slak skråning som naturlig samler snø og som gjør det vanskelig å montere snøskjermere.



Figur 3.1.2.1  
Boligfelt i særlig værhardt område. Kilde: Norgesglasset, og Meteorologisk institutt



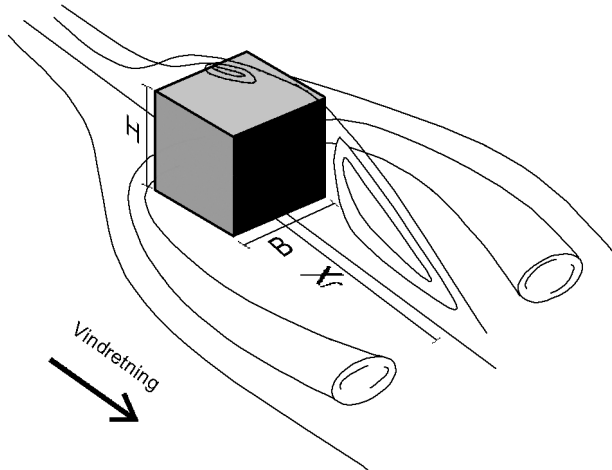
Figur 3.1.2.2  
Snøsituasjonen på serv vinteren i området i figur 3.1.2.1. Bygningen har sokkeletasje som er skjult av snøen (Båtsfjord). Foto: Torleif og Vigdis Sveen

## 3.2 Snø rundt bygninger

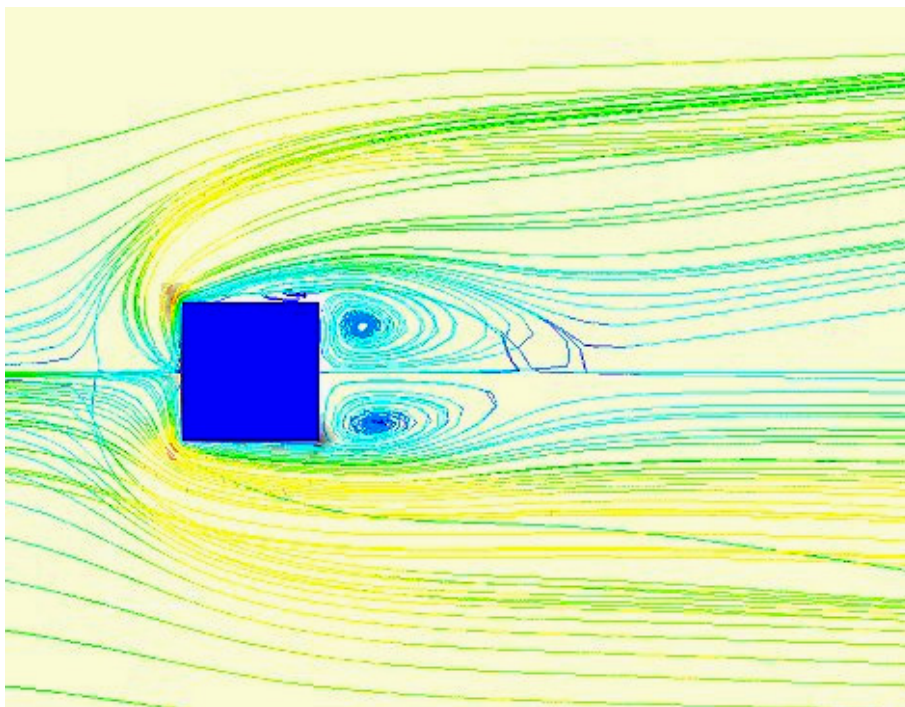
### 3.2.1 Teoretisk bakgrunn

De samme mekanismene gjelder for snøfonndannelse rundt bygninger som for terrenget. Snø akkumuleres i soner med lav vindhastighet og eroderes fra soner med høy vindhastighet. Dessuten må man ta hensyn til hvordan bygningene endrer innholdet av drivsnø i lufta. Drivsnø som treffer en bygning følger vindmønstret og blir presset ut på sidene av bygningen. Konsentrasjonen av drivsnø kan derfor øke over luftas transportkapasitet og akkumuleres selv om vindhastigheten langs sidene av bygningen er relativt høy. Vindmønstret rundt en bygning er styrende for hvor drivsnø skal legge seg i snøfonner. Figur 3.2.1.1 er en forenklet framstilling av vindmønstret rundt en kube. På veggen som vender mot vindretningen ligger et stagnasjonspunkt. Under dette punktet er luftstrømmen rettet ned mot bakken, og over punktet er den rettet oppover. Den nedadrettede luftstrømmen danner en virvel som presses ut

mot sidene og nedover forbi kuben. Denne virvelen kalles hestekovirvel fordi formen likner på en hesteko. I le av kuben er det en resirkuleringszone der vindretningen i deler av sonen er rettet mot opprinnelig vindretning. Vindhastigheten her kan være liten, og strømningsmønsteret er preget av turbulens som fører til stor variasjon i vindstyrke. I figur 3.2.1.2 ser vi hestekovirvel og lesone der vindmønsteret nær bakken er visualisert med strømlinjer.



Figur 3.2.1.1  
Forenklet framstilling av vindmønsteret rundt en kube



Figur 3.2.1.2  
Strømlinjer rundt en kube, med vindretning fra venstre. Blå farge representerer lav vindhastighet og gul farge representerer høy vindhastighet.

Snøfønnene som dannes rundt en bygning kan klassifiseres i tre grupper: lofonner, lefonner og sidefonner. Disse snøfønnene utvikler seg med forskjellig hastighet, avhengig av bygningens geometri, topografien i området og værforholdene. Lofonner dannes der lufta

stagnerer før en hindring slik at vindhastigheten synker. For hindringer der det dannes hestekovirvel, vil en oppvindssnøfonn legge seg i kanten av hestekovirvelen. I denne forbindelse er det et lokalt hastighetsminimum som bremser opp drivsnøen. Størrelsen og formen på veggen mot vinden, værveggen, bestemmer plasseringen av lofonnen. En høy værvegg skaper større avstand mellom veggen og snøfonnen, fordi utstrekningen og styrken til hestekovirvelen øker. Størrelsen på lefonnen er avhengig av størrelsen på lesone bak bygningen. En stor lesone vil naturligvis akkumulere mer snø enn en liten lesone.

Utviklingshastigheten til lefonnen er som regel også mindre enn lofonnen og sidefonnene. Utviklingshastigheten avhenger av hvor mye snø som er tilgjengelig for akkumulering. Ved lav vindhastighet er det en ubetydelig konsentrasjon av drivsnø over 10 cm over bakken. Derfor er det lite drivsnø som passerer over bygningen og havner i lesone. Lefonns utviklingshastighet er vesentlig større ved høy vindhastighet og ved nedbør på grunn av større konsentrasjon av snø i lesone. Lofonnen og sidefonnene utvikler seg derimot ved alle vindhastigheter som transporterer snø, og i svak vind vokser de derfor raskere i forhold til lefonnen. Typisk snøfonnmønster rundt en kube er vist i figur 3.2.1.3.

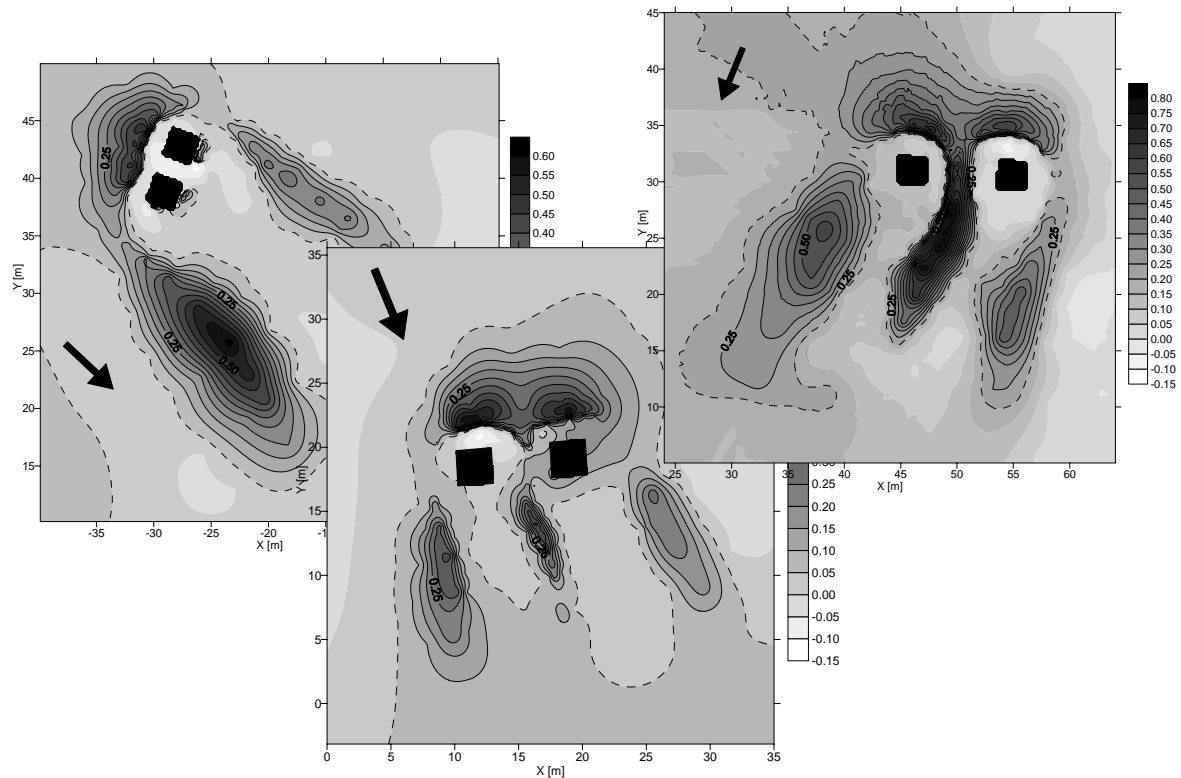


Figur 3.2.1.3

Bildet viser snøfonnene rundt en bygning. Fotografen står på en av sidefonnene og ser mot lesonefonnen, bak bygningen ligger oppstrømsfonnen (Svalbard). Foto: Byggforsk

Når to bygninger ligger ved siden av hverandre, med en passasje mot hovedvindretning, kan det oppstå to forskjellige snøfonnmønstre. Ved liten avstand mellom bygningene vil det dannes snøfonner som om det bare eksisterte en bygning, det vil si en lofonn, en lefonn og sidefonner på hver side. Men med større avstand vil det dannes en snøfonn mellom bygningene som er høyere enn sidefonnene. Denne senterfonnen er en kombinasjon av to sidefonner og vil minke i høyde dersom avstanden økes. Hvis avstanden økes over en viss grense vil det til slutt dannes to uavhengige snøfonnmønstre. I figur 3.2.1.4 er det vist et eksempel på dette. Årsaken ligger i vindmønstret rundt bygningene. Ved liten avstand mellom bygningene dannes det bare én hestekovirvel som omslutter begge bygningene.

Hesteskovirvelen hindrer drivsnø i å passere mellom bygningene, og snøen vil følgelig ikke akkumuleres i en senterfonn. Men hvis avstanden økes, oppstår det to hesteskovirvler og drivsnø blir ledet inn mellom bygningene som i en trakt. Selv om også vindhastigheten mellom bygningene øker på grunn av trakteffekten, vil det likevel akkumuleres snø i en senterfonn. Årsaken er at konsentrasjonen av drivsnø har økt til et nivå som ligger over transportkapasiteten til lufta.



Figur 3.2.1.4  
Snøfonner rundt to kuber med innbyrdes avstand 1,7, 4,8 og 5,9 meter. Mørke områder angir dyp snø, pil angir vindretning.

I et boligfelt vil det ofte være veldig komplekse vindmønstre fordi bygningene påvirker hverandre gjensidig. Hvilken effekt dette samvirket mellom flere bygninger har på snøakkumuleringen er svært vanskelig å forutsi uten å gjøre matematiske beregninger av vind og snø rundt bygningene.

### 3.2.2 Praktiske eksempler

Figur 3.2.2.1 viser hvordan snøfonnene legger seg rundt to bygninger på høyfjellet. Hovedvindretningen er fra venstre i bildet og snøfonnen på bildet er en lofonn. Det er her tilstrekkelig liten avstand mellom bygningene til at det ikke utvikler seg en senterfonn. Hvis avstanden mellom bygningene hadde vært 1–2 meter større, ville det sannsynligvis lagt seg en senterfonn mellom bygningene og blokkert passasjen mellom dem. Høyden på denne senterfonnen ville trolig vært mellom én og to meter.



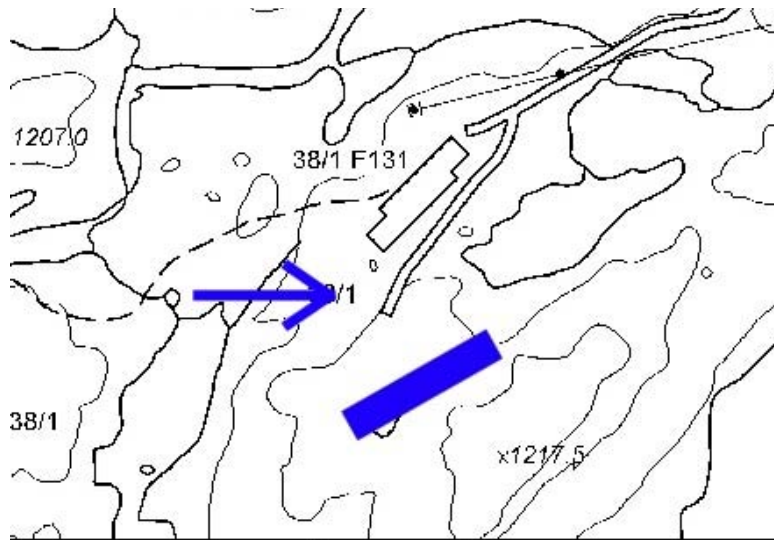
Figur 3.2.2.1  
Lofonn som omkranser to bygninger i høyfjellet (Bjørnfjell, Nordland). Foto: Byggforsk

Figur 3.2.2.2 viser en typisk lefonn tidlig på vinteren. Vindretningen er fra venstre i bildet og den friblåste sonen mellom bygningen og lofonnen er lett synlig. Siden vindretningen i området er stabil, vil alle fonnene fortsette å vokse gjennom vinteren, samtidig som det er et snøfritt område mellom bygningen og lo- og sidefonner.



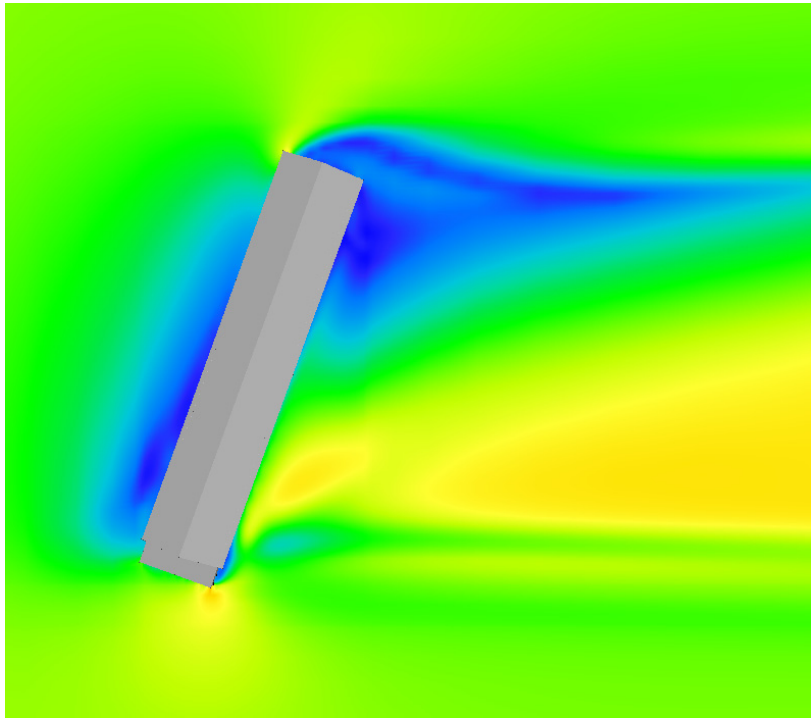
Figur 3.2.2.2  
Fjellhytte med lefonn, lofonn og sidefonn, vindretning fra venstre (Finse, Hordaland). Foto: Byggforsk

Figur 3.2.2.3 viser et område på Finse på Hardangervidda. Området er svært værhardt. I området fins det to bygninger, hver på ca. 70 meters lengde. Bygningene har en vinkel på mellom 20° og 40° mot den framherskende vindretningen. Bygningen lengst mot syd ligger like under et lite høydedrag. Begge bygninger er svært utsatt for drivsnø og fonndannelse. Deler av bygningene blir hver vinter begravd i snømassene.



Figur 3.2.2.3  
 Finse forskningssenter vinterstid, bildet er tatt mot sørvest. Kartet viser de to bygningene samt framherskende vindretning vinterstid. Kart: Norgesglasset. Foto: Erika Leslie

Det er flere årsaker til dette. Vindstrøm rundt bygninger som har en vinkel mot vindretningen genererer virvler som avviker fra de som er vist i figur 3.2.1.1. Lesonen blir større enn den hadde blitt hvis bygningen hadde kortsiden mot vinden, og inkluderer i dette tilfellet hele kortsiden samt deler av langsiden som vender mot øst. Figur 3.2.2.4 viser en beregning av vindhastigheten rundt en lang bygning som ligger med en vinkel mot hovedvindretningen.



Figur 3.2.2.4  
 Numerisk simulering av vindhastigheten rundt en lang bygning plassert på tvers av vindretningen. Vind fra venstre. Blå farge representerer lav vindhastighet, gul farge representerer høy vindhastighet.

Figur 3.2.2.5 viser snøfonnen som er akkumulert i lesonen til en av bygningene. Som vist i figur 3.2.2.4, innbefatter lesonen også deler av langsiden på bygningen. Hjørnet til høyre er blåst fritt for snø, noe som skyldes en lokal vindhastighetsøkning som er vanlig ved hjørner.



Figur 3.2.2.5  
 Lesonefenn på Finse forskningsstasjon. Foto: Byggforsk



Lokale lesoner til en bygning vil som oftest samle snø i snøfonner. Et eksempel er nivåforskjeller på tak. Figur 3.2.2.6 viser eksempel på en slik nivåforskjell på Finse forskningsstasjon.



Figur 3.2.2.6  
Tak med nivåforskjell på Finse. Foto: Byggforsk

Også tilbygg eller vinkler kan skape lesoner som kan være utsatt for snøakkumulering. En kompleks bygningsfasade vil alltid akkumulere mer snø enn en enkel, glatt fasade. Figur 3.2.2.7 viser en bygning i et område med hardt klima og mye drivsnø. Bygningen har en kompleks fasade og mange takflater med nivåforskjeller. Klimabelastingen og vedlikeholdskostnadene på denne bygningen kunne trolig vært mindre dersom bygningen hadde mindre kompleks utforming.





Figur 3.2.2.7

Bygning med nivåforskjeller på taket og kompleks fasade er mer utsatt for snøakkumulering enn bygninger med enkel utforming. Bildene viser lesonefonner rundt en bygning fra to forskjellige kameravinkler (Finse, Hordaland). Foto: Byggforsk

### 3.3 Snøfonner og bygningsdetaljer

I løpet av en vinter vil det som regel samle seg snø i alle lesoner rundt en bygning. Det vil si at ethvert tilbygg eller avvik fra den enkle bygningsformen er en potensiell sone for snøfonner. Forskjellige takformer har ulike regler for beregning av snølast. For eksempel vil et terrassert tak kunne medføre en snølast i størrelsesorden 2,4 ganger snølasten på bakken, se kapittel 4.

Imidlertid fins det mange bygningsdetaljer som fører til økt snølast, og som ikke reflekteres i noen standard. Dessuten er det tilfeller der det ikke er lasten av snø som er kritisk, men selve hindringen som snøfonnen utgjør. Dette kan være karnapper, se figur 3.3.1, eller skjermer, se figur 3.3.2. Karnappet midt i bildet i figur 3.3.1 stikker bare ca. 30 cm ut fra veggen, men samler likevel store mengder snø. Merk forøvrig det tilsvarende karnappet til venstre i bildet, som ikke har denne snøansamlingen. Årsaken er at taket er trukket over karnappet slik at tilførsel av drivsnø er minimal. Observer også hvordan arken på taket samler snø i lesonen foran vinduene.

Figur 3.3.2 viser hvordan en leskjerm på en balkong fører til en snøfonn foran døra til balkongen. Bygningen er en bygård i Oslo, og balkongdørene fungerer også som rømningsvei. Siden balkongen ikke brukes vinterstid, er det lite trolig at snøfonnen fjernes, med det resultat at rømningsveien er blokkert deler av vinteren.



*Figur 3.3.1  
Karnapp med snøfonn. Framherskende vindretning fra høyre (Longyearbyen). Foto: Byggforsk*



*Figur 3.3.2  
Snøfonn bak leskjerm i bygård (Oslo). Foto: Byggforsk*

Sekundære bygningskonstruksjoner har ikke de samme standardkravene til snølast som hovedkonstruksjonen. Solavskjerming er en slik sekundærkonstruksjon som ofte utsettes for stor snølast. I figur 3.3.3 er solavskjermingen på en bygning i Oslo utsatt for høy snølast. Solavskjermingen ligger med en nivåforskjell i forhold til taket, og dette har resultert i en lesonefonn som er større enn installasjonen er dimensjonert for.



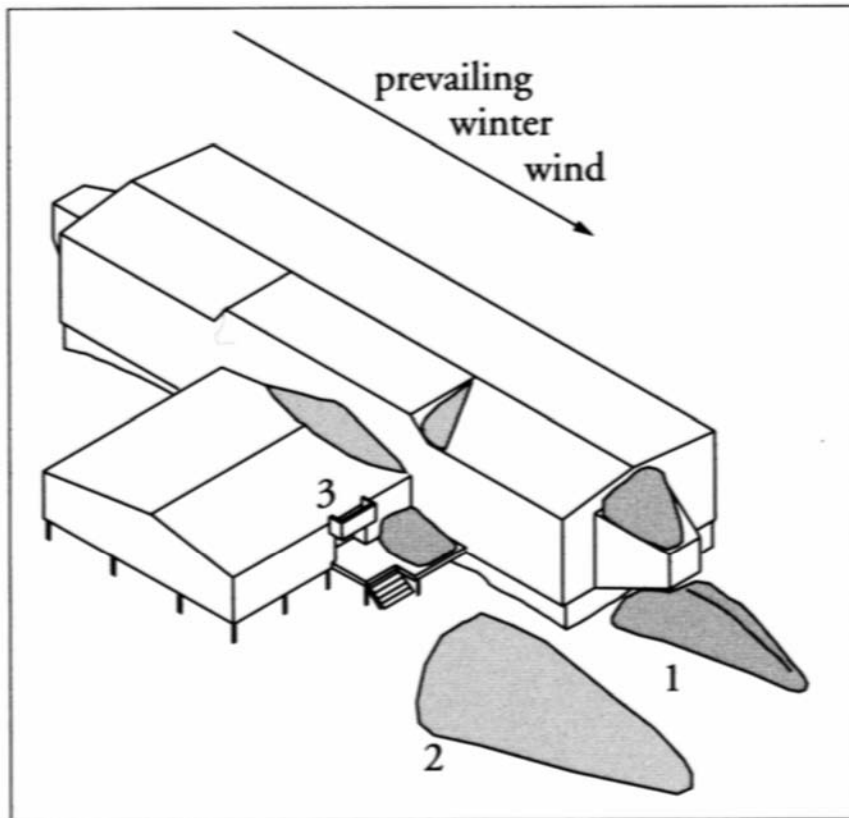
*Figur 3.3.3*  
Lesonefonn som har lagt seg på solavskjermingen på en bygning i Oslo. Foto: Byggforsk

Også figur 3.3.4 er hentet fra Oslo. Bildet viser et ventilasjonsinntak plassert på toppen av en seksetasjes bygning. Ventilasjonsinntaket er delvis blokkert av en lesonefonn, noe som fører til høy belastning og ustabil drift av ventilasjonsanlegget. Større avstand mellom luftinntak og takflaten kunne trolig løst problemet.



*Figur 3.3.4*  
Ventilasjonsinntak på toppen av en seksetasjes bygning i Oslo. Foto: Rikshospitalet

Figur 3.3.5 viser en oversikt over hvor man kan forvente snøfonner rundt en bygning.



Figur 3.3.5  
Typiske områder rundt en bygning som er utsatt for snøakkumulasjon. Kilde: Strub (1996)

### 3.4 Oppsummering

- Snøakkumulasjon oppstår der snøinnholdet i luften er høyere enn luftas transportkapasitet.
- Mønstret av snøfonner rundt bygninger gjentar seg vanligvis fra år til år.
- Snø akkumuleres normalt i fordypninger og bak forhøyninger i terrenget og eroderes fra topper og hauger.
- Snøfonner som er deponert i lesener er ofte årsaken til snøskred.
- Snødybden kan variere fra helt avblåste rabber til flere meters snødyp innenfor en avstand på bare noen meter.
- Snøfonnene som dannes rundt en bygning kan klassifiseres i tre grupper: lofonner, lefonner og sidefonner.
- Lofonnen og sidefonnene utvikler seg ved alle vindhastigheter som transporterer snø, i svak vind vokser de raskere enn lefonnen.

- Utviklingshastigheten av lefonnen er vesentlig større ved høy vindhastighet og ved nedbør.
- Ved liten avstand mellom to bygninger vil det dannes snøfonner som om det bare eksisterte én bygning, det vil si en lofonn, en lefonn og sidefonner på hver side.
- Hvis avstanden mellom to bygninger økes vil det dannes en snøfonn mellom bygningene som vil være høyere enn sidefonnene.

## 4. PLANLEGGINGSHENSYN I DRIVSNØOMRÅDER

### 4.1 Datagrunnlag

Ved riktig planlegging kan man unngå mange av problemene som oppstår i forbindelse med snøfonner rundt bygninger. Grunnlaget for å ta hensyn til drivsnø er kjennskap om lokalmeteorologien i et område. Data fra nærliggende målestasjoner, feltundersøkelser og opplysninger fra personer med god lokalkunnskap er viktige kilder til informasjon. Analyse av meteorologiske data fra et område er trolig det mest pålitelige grunnlaget for planlegging med drivsnø. Kapittel 2 viser hovedgrepene i en slik analyse.

Hvis det er en eller to framherskende vindretninger i et område, kan man registrere dette ved feltundersøkelser vinterstid. Størrelsen på og beliggenheten til snøfonnene gjentar seg fra år til år, med liten variasjon. Ved å observere hvordan fonnene legger seg rundt steiner eller eksisterende bygninger vil man derfor kunne vurdere de viktigste vindretningene som danner snøfonner. Ved slike vurderinger er det viktig å kunne skille de ulike snøfonnene i lofonner, lesonefonner og sidefonner, se kapittel 3.

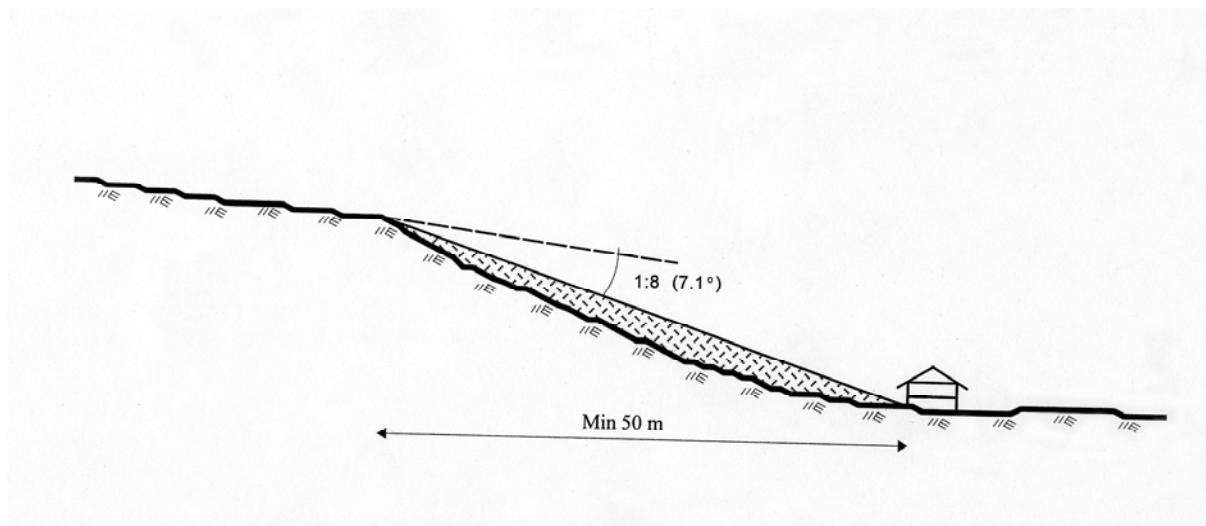
Ved bruk av måledata fra meteorologiske stasjoner som er plassert et stykke unna den aktuelle tomte, må man vurdere hvordan vind og nedbør påvirkes av terrenget fra målestasjonen til tomte. Slike lokale variasjoner er ofte svært store, og kan gi store utslag på klimaet.

### 4.2 Stedsplanlegging

#### 4.2.1 Plassering og orientering

Første steg er å analysere tomteforholdene slik at man finner områder som naturlig samler lite snø. Slike områder er naturligvis også vindfulle og dermed ofte ikke ønsket som tomt på grunn av økt varmetap fra bygningen og mindre komfortable uteområder. Derfor må man veie problemene opp mot hverandre, og kanskje velge et område som ikke direkte er i en "speed-up" sone, men heller ikke er i en lesone som samler mye snø. Det er en lettere oppgave å skape en lesone ved hjelp av perforerte vegger enn å måtte dimensjonere bygningen for store snøfonner. Slike perforerte levegger kan demonteres om vinteren slik at de ikke samler drivsnø. Det er viktig å unngå store åpne områder i lo av bebyggelsen. Slike åpne områder gjør at vinden kan plukke opp snøpartikler, og snøkonsentrasjonen i lufta øker. Høy snøkonsentrasjon i lufta øker potensialet for problemer med snøfonner rundt bygninger.

Hvis bygningen legges i nærheten av skråninger må den plasseres utenfor det naturlige området for snøfonner. I figur 4.2.1.1 er det gjort plass til snøen som vil akkumulere i skråningen. Avstanden som er angitt på figuren er avhengig av høydeforskjellen i skråningen. Skråningen samler en naturlig snøfonn, og umiddelbart i le av denne snøfonnen er konsentrasjonen av snø i lufta liten slik at plassering av bygninger kan være gunstig der.



Figur 4.2.1.1  
Bygninger må ikke plasseres i områder der det naturlig samler seg snøfonner. Kilde: Norem, Nistov og Oterholm (1999)

Figur 4.2.1.2 viser en bygning plassert i le av en liten rygg. Denne bygningen blir ofte begravd i snø om vinteren.

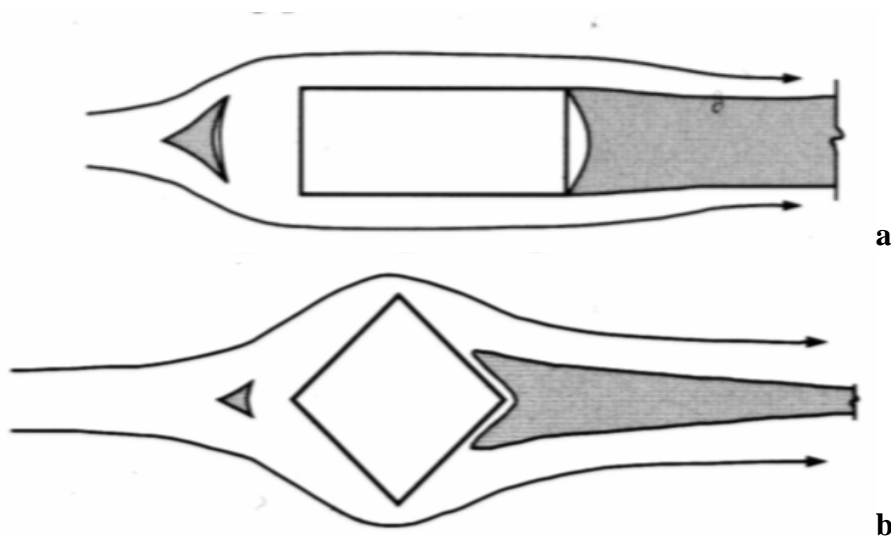


Figur 4.2.1.2  
Bygninger som er plassert bak en rygg står ofte i fare for å bli begravd i snø (Hammerfest). Foto: Anker Nielsen

For å unngå store lesonefonner rundt en bygning må størrelsen på lesone gjøres så liten som mulig. Dette kan gjøres ved å orientere bygningen slik at langsiden ligger på langs av vindretningen, se figur 4.2.1.3 a. Snøvolumet i lesonen blir på denne måten minimert selv om



fonnen ofte ligger helt inn til vegglivet. Hvis bygningen er tilnærmet kvadratisk bør den plasseres diagonalt i luftstømmen slik at lesonene blir så små som mulig, se figur 4.2.1.3 b.



Figur 4.2.1.3

a. Avlang bygning på langs av vindretningen reduserer lesonen.

b. Kvadratiske bygninger legges diagonalt med vindretningen.

Kilde: Strub (1996)

Hvis det derimot ikke er kritisk at det samles mye snø i en lefonn, og en ønsker en åpen sone på losiden av bygningen, kan den motsatte strategien være aktuell. Ved å plassere bygningen på tvers av vinden med en stor værvegg mot vinden, vil det skapes en barblåst sone mellom værveggen og lofonnen. Eksempler på dette er vist i figur 4.2.1.4 og 4.2.1.5, der man tydelig kan se en sone uten snø som kan blokkere eventuelle utganger. Dette er imidlertid bare aktuelt dersom man vet med sikkerhet at hestekovirvelen som blåser rundt bygningen er tilstrekkelig sterk til å transportere vekk all drivsnø. Hestekovirvelen kan svekkes hvis bygningen er plassert delvis i le av en annen bygning eller terrenget. Dersom bygningen skal stå ved siden av en annen bygning, må den ikke plasseres slik at den ligger i sidefonnen av den andre bygningen. Ved en slik plassering kan den økte konsentrasjonen av drivsnø føre til at hestekovirvelen ikke har kapasitet til å transportere bort snøpartiklene.



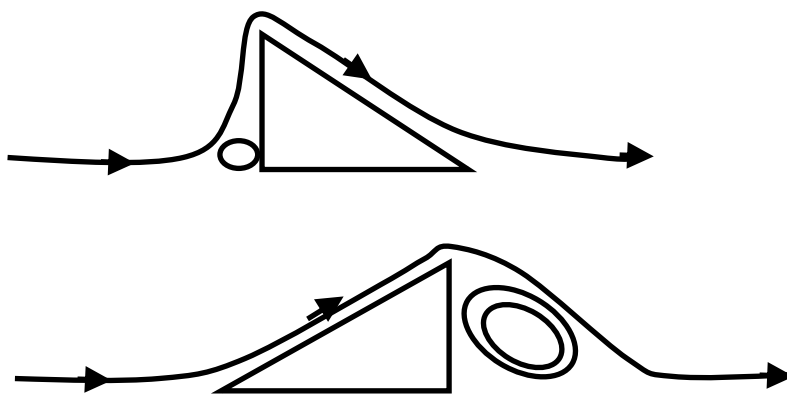
Figur 4.2.1.4  
Lofonn markerer utstrekning av hesteskovirvel som fører til en åpen sone mellom værvegg og snøfonn.  
Hovedvindretning fra høyre. Foto: Anker Nielsen



Figur 4.2.1.5  
Lofonnen til venstre i bildet skaper et åpent rom mellom snø og værvegg. Hovedvindretning fra høyre. Foto:  
Anker Nielsen

Det er heller ikke aktuelt å plassere bygningen på tvers av vindretningen når bygningen ligger i en lesone av en haug, eller når værveggen ikke er vertikal eller tilstrekkelig stor. I disse tilfellene er det fare for at hestekovirvelen svekkes så mye at snøfonnen legger seg helt inntil veggen, noe som igjen fører til snøfonner helt inntil veggen – både på lo- og lesiden av bygningen.

Bygninger med pulttak bør plasseres med den høyeste veggen mot vinden. På denne måten minimerer man lesonen og maksimerer avstanden mellom værvegg og lofonn. Figur 4.2.1.6 viser det prinsipielle vindmønstret rundt en bygning med høy og lav side mot vinden. Det er verdt å merke seg at en høy værvegg må kunne motstå en vesentlig høyere vindlast enn en lav vegg. Dette fordi vindtrykket på en vegg øker kvadratisk med vindstyrken. I tilfeller der man ønsker å skjerme uteområder mot vind, og der drivsnø ikke utgjør store problemer, kan det være hensiktsmessig å vende den laveste veggen mot vinden.



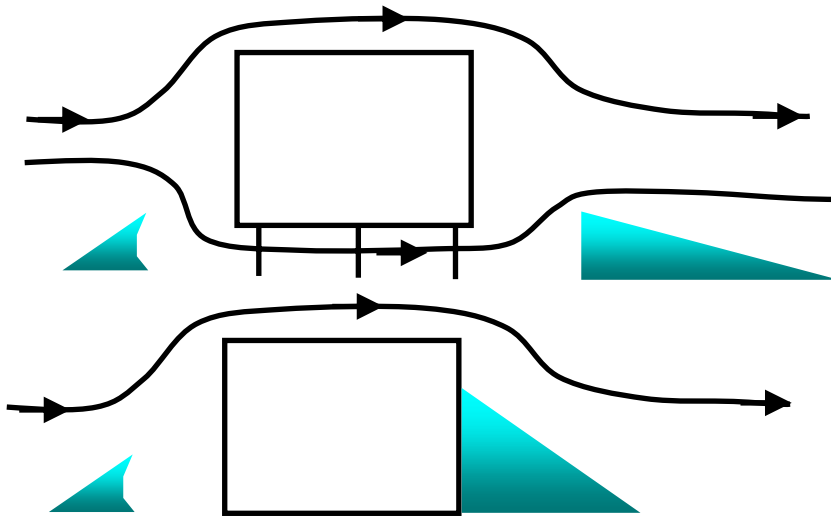
Figur 4.2.1.6  
Vindmønster rundt en bygning med høy og lav side mot vinden

Bygningshøyden har også betydning for utviklingshastigheten av lesonefonnen. Utviklingshastigheten er avhengig av tilgjengelig drivsnø i lesonen, se kapittel 3. I lesoner som er skjermet for tilførsel av drivsnø har snøfonnen en lavere utviklingshastighet enn hvis tilgangen på drivsnø er større. Siden konsentrasjonen av drivsnø i lufta avtar kraftig med høyden over bakken vil det for høye bygninger være lite drivsnø som passerer over bygningen og kan akkumuleres i lesonen. Snøen som legger seg i lesonen må derfor transporteres rundt bygningen og inn fra sidene. Denne sammenhengen er mindre viktig i forbindelse med nedbør kombinert med vind, fordi konsentrasjonen av snø i lufta ikke i samme grad er avhengig av høyden.

#### 4.2.2 Bygningsutforming

Bygninger i snørike områder bør generelt ha en enklest mulig form. Større kompleksitet i bygningsformen gjør det vanskeligere å forutsi hvor snøfonner vil akkumuleres, og muligheten til å planlegge med snøfonnene minker. Karnapper og kroker på bygningsformen bør man generelt unngå for å slippe snøansamlinger nær bygningen. Krokene skaper ofte lesoner der snøen vil akkumulere. Det er viktig å gjøre endringen av vindmønstret rundt bygningen så liten som mulig. En avrundet bygningsform gir større vindhastighet og mindre drivsnø akkumuleres i snøfonner.

Ved å plassere bygningen på søyler kan man unngå at lefonner akkumuleres helt inntil leveggen. Vindstrømmen under bygningen vil da akselerere, og det vil danne seg en jetstrøm inne i lesonen bak bygningen. Slik blir lefonnen forskjøvet nedstrøms, og man unngår direkte kontakt mellom bygningen og snøen. Prinsippet er vist i figur 4.2.2.1. Det optimale forholdet mellom høyde på bygningen og høyden mellom bakke og bygning er 44 % av bygningshøyden. Avstanden mellom bygningen og terrenget må være minimum 1,3 meter og blokkering av luftstrømmen under bygningen må unngås. Denne løsningen er særlig effektiv i områder med mye vind og snødrift langs bakken, og er ofte benyttet i Arktis og Antarktis.



Figur 4.2.2.1  
Bygninger på pæler øker avstanden til lesonefonnen

Høye bygninger fører ofte med seg et hardere vindklima nær bakken. Vind med høy hastighet presses ned på bakkeplan og kan føre til økt vindhastighet rundt hjørner og langs bygningen. Generelt er dette positivt fordi det forhindrer snøakkumulering. Imidlertid kan det ha negative konsekvenser for omkringliggende bygninger fordi vindstrømmen også vil føre med seg snøpartikler.

#### 4.2.3 Bygninger i grupper

Generelt vil bygningene i utkanten av en gruppe av bygninger ha en hardere klimapåkjenning enn bygninger i sentrum av gruppa. Mengden drivsnø som kan akkumuleres til snøfonner vil avta innover i et byggefelt etter hvert som fonnene utvikles i utkanten av bygningsgruppa. Slik fungerer de første husrekkene som skjerm for resten av bygningene. Det er viktig å sette av plass til den ekstra snøen som vil samle seg i en slik randzone for å gjøre det mulig å rydde snøen effektivt med maskiner. En lavere utnyttelsesgrad i randsonen er derfor ønskelig. Man kan redusere snøbelastningen på den ytterste husrekken ved hjelp av snøskjermer og snøspylere som er beskrevet i kapittel 4.4.

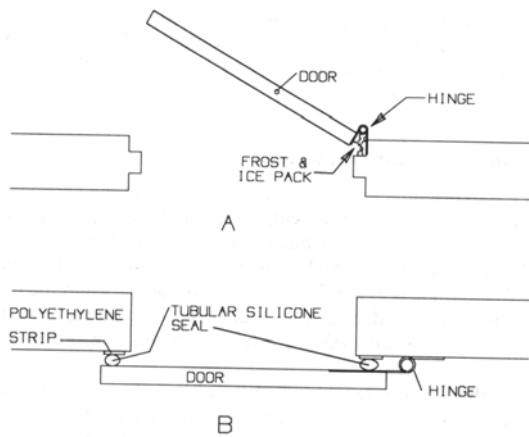
### 4.3 Bygningsplanlegging

Detaljer i bygningsplanleggingen som er berørt i dette avsnittet, er ventilasjonsanlegg, dører, vinduer, tak og veggkonstruksjoner.

### 4.3.1 Dører og vinduer

Dører og vinduer skaper ofte problemer i kalde og snørike områder. Årsaken er at disse bygningsdetaljene er utsatt for de største klimavariasjonene og fordi døra og vinduskarmen representerer et brudd i veggkonstruksjonen.

En dør mellom kalde og varme, fuktige omgivelser blir ofte eksponert for kondens og ising. Dette er særlig vanlig rundt kanten av ytterdører og på den siden som er hengslet, mellom døra og karmen. Snø og is blir komprimert hver gang døra lukkes, og vil med tiden gjøre det umulig å lukke døra. Slitasjen på både dør og karm er stor, se figur 4.3.1.1 a. Hvis problemene blir særlig store kan man installere en dør som ligger utenpå veggen heller enn å passe inn i en dørkarm, se figur 4.3.1.1 b.



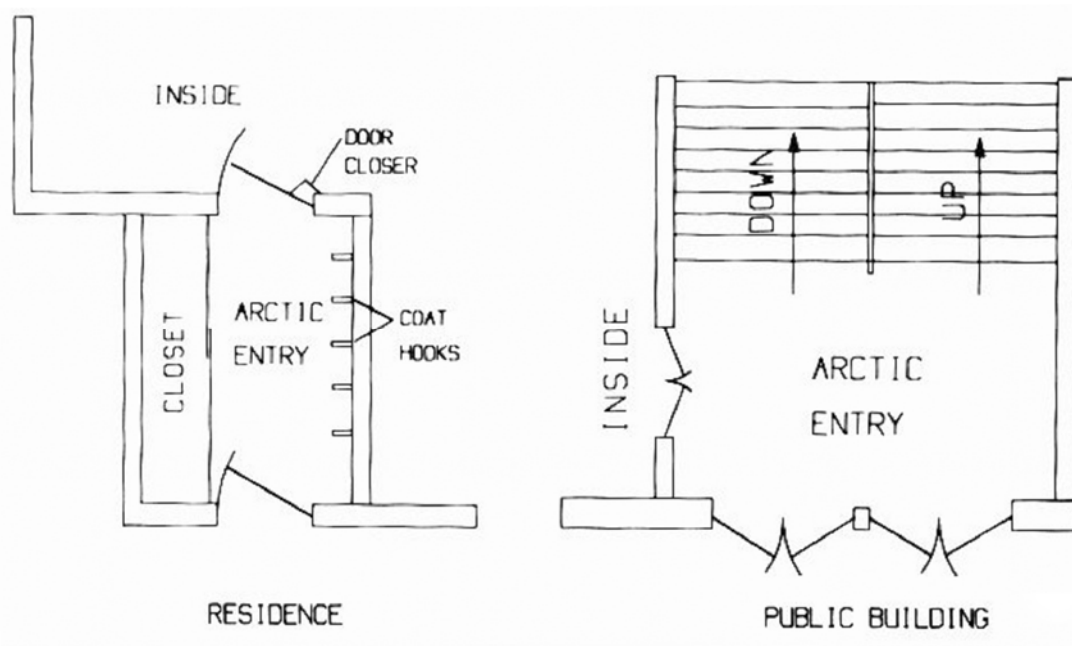
Figur 4.3.1.1

a. Dørkarm med snø og isproblemer

b. Dør som dekker åpningen

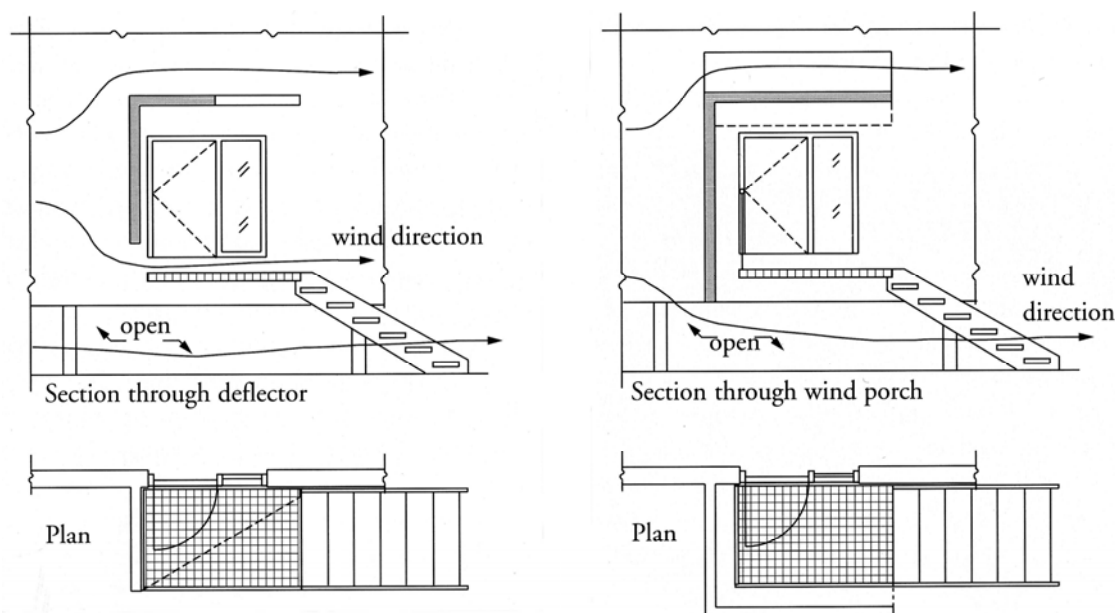
Kilde: McFadden, Bennett (1991)

Kald luft som kommer inn i bygningen gjennom dørene kan forårsake både kondens og stort varmetap. For å forhindre dette er det vanlig med et vindfang eller vestibyle. Her blir kald uteluft temperert før den kommer inn i bygningen. Det blir ikke direkte passasje mellom inne- og utelufta og varmetapet minimeres. Eksempler er vist i figur 4.3.1.2.



Figur 4.3.1.2  
Inngangspartier i kaldt klima. Kilde: McFadden, Bennet (1991)

Dører bør helst ikke plasseres i lesoner, da det kan legge seg snøfonner i slike soner. Dette i motsetning til det som er typisk i områder uten mye snø, der det er vanlig å plassere døra i le for å lette bruken i mye vind. Dører i snørike områder bør heller legges slik at de blåses fri for snø. I praksis er dette på den siden av bygningen som ligger parallelt med vindretningen. Hvis man ønsker vindfang foran døra, bør denne utformes med ca. 30 cm avstand mellom golv og vegg, se figur 4.3.1.3. Dette vil gi en hastighetsøkning ved golvet foran døra som vil forhindre snøansamling. Det er en fordel å benytte rister slik at snø faller gjennom og ikke danner fonner. Videre er det viktig å unngå at snø som samler seg på takflater raser ned foran dører eller inngangspartier. Ved saltak betyr dette at mønet skal ligge normalt på vindretningen.



Figur 4.3.1.3  
Inngangsparti som er sikret mot dannelse av snøfonner. Kilde: Strub (1996)

Inngangsdører kan også gjøres tilgjengelige via rampe, noe som ofte er nødvendig for rullestolbrukere og i forbindelse med varelevering. Figur 4.3.1.4 viser en bygning med rampe til inngangspartiet. Siden bygningene er fundamentert på pæler er det nødvendig å sikre at luftstrømmen under bygningen ikke forstyrres. Derfor er det laget en rampe av grus i god avstand fra bygningen, og derfra en rampe av gitterrister fram til inngangspartiet. Faren for akkumulering av snøfonner er liten fordi man har sikret liten blokkering av luftstrømmen.



Figur 4.3.1.4  
Rampe til inngangsparti til bygning på Svalbard. Foto: Byggforsk

Plassering av vinduer bør være basert på lys og solinnstråling. Plasser vinduer i sørvendte heller enn i nordvendte fasader for å dra nytte av solstrålingen.

#### **4.3.2 Ventilasjonanlegg**

Åpninger for tekniske installasjoner skaper ofte problemer i områder med mye drivsnø. Særlig er det vanskelig å få ventilasjonanlegg til å fungere optimalt under slike forhold. Snø som kommer inn i ventilasjonssystemet kan føre til fukskader og muggvekst i filter og kan dessuten blokkere luftstrømmen og gjøre ventilasjonssystemet lite effektivt. En metode som benyttes går ut på å varme opp ristene foran ventilasjonssinntaket for å smelte snøen som treffer ristene. Metoden er svært energikrevende selv om eventuell overskuddsvarme etter smeltingen bidrar til oppvarming av lufta.

Plassering av luftinntak bør gjøres slik at minst mulig snø kommer i nærheten av ristene. Det er uheldig at snøpartiklene blåser rett inn i åpningen og derfor bør ventilasjonsinntak plasseres i lesoner eller parallelt med vinden. Siden vindretningen vanligvis varierer, er det ofte tryggest å plassere åpningen i le. Dessuten må man sørge for at eventuelle lesonefonner ikke legger seg foran luftinntaket, det vil si at luftinntaket må plasseres høyere enn største tenkelige lesonefonn. Avkaståpningen bør ikke plasseres i samme lesone som inntaket, noe som innebærer fare for gjenbruk av forurenset luft.

I områder med svært mye drivsnø er det ofte et rom innenfor ristene i store ventilasjonanlegg. Snøpartiklene kan da separeres fra luftstrømmen uten at trykktapet blir for stort. I dette rommet kan det settes opp vegger som leder luftstrømmen gjennom en labyrint, og som feller ut snøen før den når filtrene. Rommet kan ha avløp for å drenere ut smeltet snø. Figur 4.3.2.1 viser et slikt rom i kulturhuset i Nuuk på Grønland.

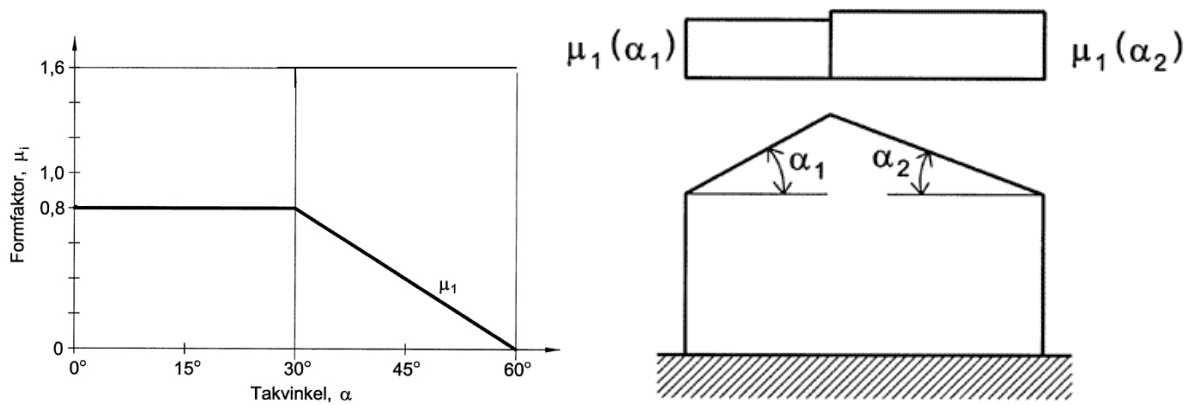


Figur 4.3.2.1  
Rom mellom ventilasjonsåpning og filter for utfelling av snø. Foto: Byggforsk

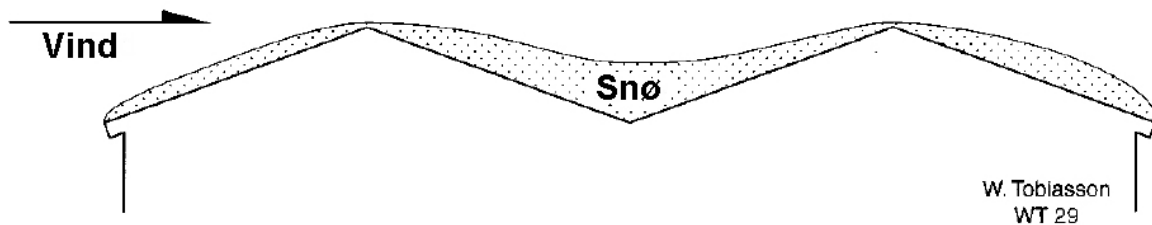
#### 4.3.3 Tak

Snølast på tak beregnes ved hjelp av snølaststandarden, NS 3491-3 Prosjektering av konstruksjoner – Dimensjonerende laster – Del 3: Snølast. I standarden angis formfaktorer for hvor stor snølast en spesiell takform gir. Formfaktoren,  $\mu$ , angis som en fraksjon av snølasten på bakken, slik at formfaktor 1,2 betyr 20 % høyere snølast på taket enn på bakken. Figur 4.3.3.1 viser hvordan formfaktoren varierer med takvinkelen på et saltak. Ved bratt tak vil snøen rase av etter hvert som den legger seg, slik at formfaktoren er 0 ved 60° takvinkel.

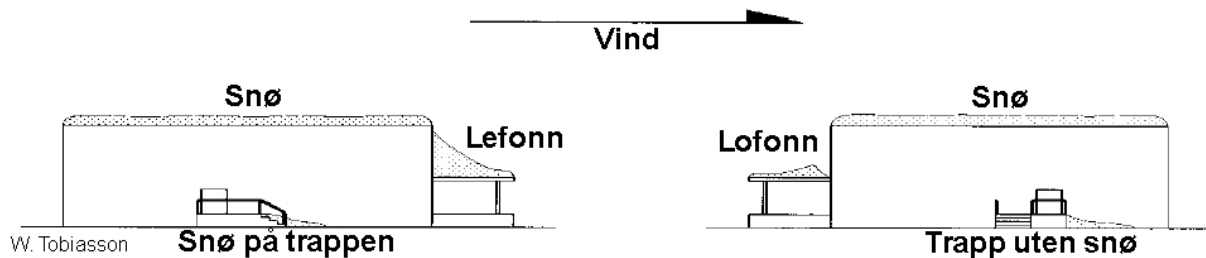




Figur 4.3.3.1  
Formfaktor for snølast på et saltak



Figur 4.3.3.2  
Snøfonner på et sagtak. Kilde: US Army Corps of Engineers (1998)



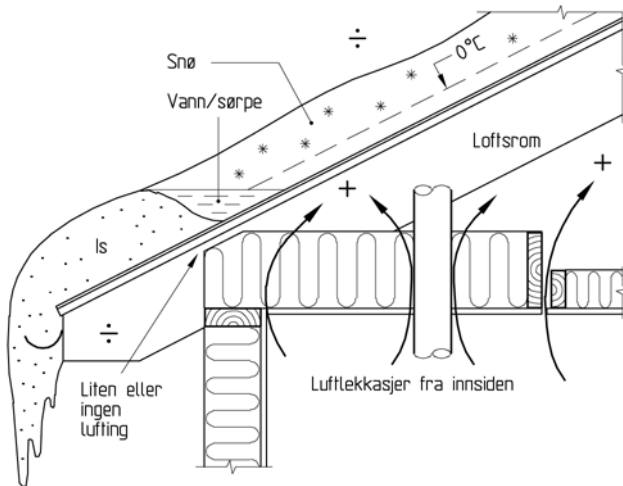
Figur 4.3.3.3  
Prinsipper for snøfonner på tak og rundt bygninger. Kilde: Buska og Tobiasson (2001)

Figur 4.3.3.2 og 4.3.3.3 viser prinsippsskisser for hvordan snøakkumuleringen på tak fordeler seg.

Det fins to prinsipper for fukt og varmetransport i tak: kalde tak og varme tak. Forskjellen mellom prinsippene ligger i ventileringen av isolasjonen i toppen av taket.

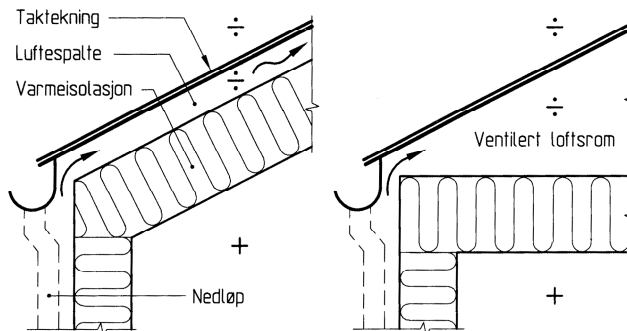
Et varmt tak har ingen ventilering mellom isolasjonen og taktekningen fordi tekningen ligger direkte på isolasjonen. Dette gjør konstruksjonen sårbar for lekkasjer siden det ikke er mulig å tørke ut eventuell fuktighet som har trengt inn i isolasjonen. Siden snø er et godt isolasjonsmateriale vil et varmt tak i praksis være et vått tak gjennom vinteren.

Et kaldt tak har ventilering under taktekningen. Det betyr at det er luftsirkulasjon mellom undertaket og tekningen. Hensikten med luftingen er å unngå snøsmelting på taket samt å transportere bort eventuell fuktighet fra isolasjonen. Snøsmelting på taket har den negative effekten at det opptinte vannet fryser til is over takraftene og kan medføre vanninntrenging i taket, se figur 4.3.3.4.



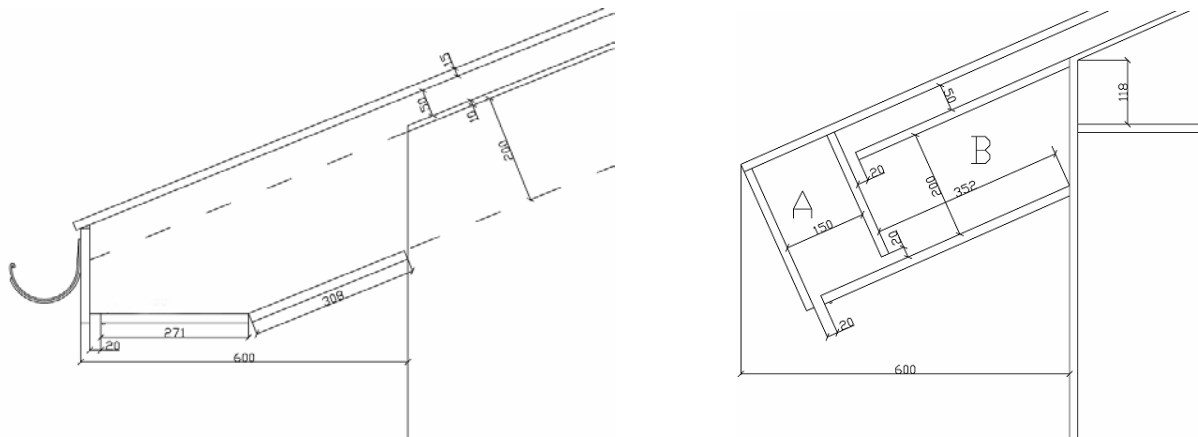
Figur 4.3.3.4  
Varme tak smelter snøen som fryser ved raftene og skaper lekkasjer.

Et kaldt tak kan også ha et åpent, kaldt loft som fungerer på samme måten som en luftespalte, se figur 4.3.3.5. Det er svært viktig at luftespalten eller loftet er ventilert mot utsiden slik at lufta ikke blir oppvarmet. Manglende ventilering vil føre til snøsmelting på utsiden av taket og videre ising ved raftene.



Figur 4.3.3.5  
Kalde tak kan ha luftespalte eller kaldt loft.

I forbindelse med lufteåpningene oppstår det ofte problemer med snøinntrenging. For å unngå dette kan man benytte raftekasser som hindrer snøen i å komme inn på loftet eller i luftespalten. I områder med svært høye vindhastigheter og mye drivsnø benyttes derfor en raftekasse med kammer som feller ut snøen av luftstrømmen før den kommer inn på isolasjonen. Figur 4.3.3.6 viser to utgaver av raftekasser.



Figur 4.3.3.6

Raftekasser: Raftekassa til høyre blokkerer luftstrømmen noe og er best egnet i områder med ekstremt mye drivsnø og høye vindhastigheter.

#### 4.4 Snøskjerming

Når man bygger i snørike områder er det svært viktig å ta alle mulige forholdsregler for å unngå snørelaterte problemer. Hvis man likevel oppdager problemer med snøfonner rundt bygningen etter at den er reist, fins det to prinsipper for å bøte på problemene. Man kan minke drivsnøbelastningen på bygningen ved hjelp av snøskjermer, eller man kan forhindre at snøen akkumuleres ved hjelp av snøspylere. En snøskjerm minker drivsnøbelastningen ved å lage lokale lesoner der drivsnøen felles ut av luftstrømmen før den når bygningen. Færre snøpartikler vil treffe bygningen og faren for dannelse av snøfonner minker. Tiltaket krever stort areal for å samle opp snø, se figur 4.4.1.



Figur 4.4.1

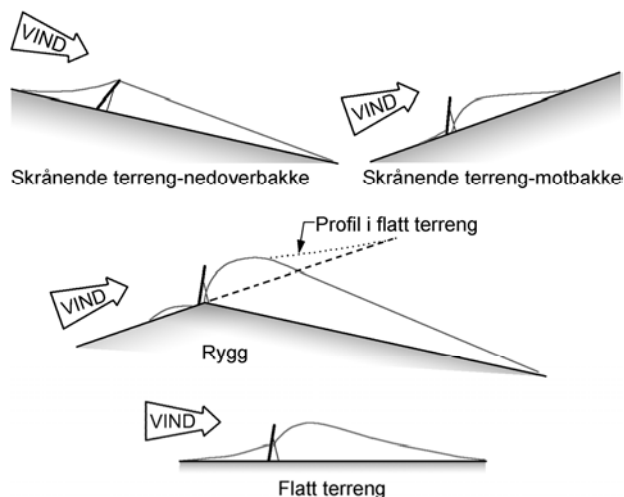
Snøskjermer fjerner snøpartikler fra luftstrømmen slik at mengden snø som kan akkumuleres rundt en bygning minker. Hovedvindretning fra høyre (Finse i Hordaland). Foto: Byggforsk

For å forhindre at snø akkumuleres nær bygningen kan man benytte snøspylere. Snøspyleren spyrer luft inn i en lesone og forhindrer snøpartiklene å akkumulere i snøfonner. Effekten av dette tiltaket er svært lokal og kan for eksempel settes inn foran dører og vinduer.

#### 4.4.1 Snøskjermer

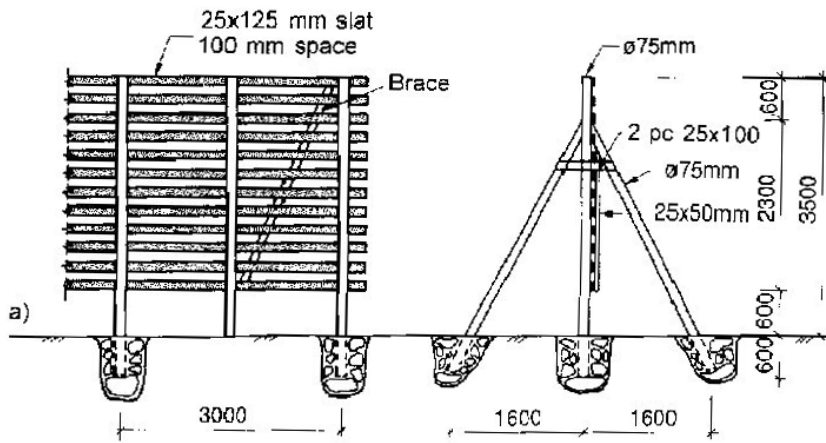
Den vanligste metoden for å unngå uønskede snøfonner er å forhindre at drivsnø kommer inn i akkumulasjonsområdene ved hjelp av snøskjermer (snøggerder). Snøskjermene bremser vinden slik at snøpartikler som transporteres faller ut av luftstømmen og akkumuleres. En snøskjerm som er laget for å akkumulere mest mulig snø, bør ha 50 % porøsitet, det vil si at halvparten av skjermen er gjennomtrengelig for vind og drivsnø. Minkende porøsitet vil redusere utstrekningen av snøfonnen og volumet av samlet snø. Snøskjermene må plasseres et stykke oppstrøms av det skjermede objektet for å gi plass til snøfonnen som skjermen danner. I flatt terreng er utstrekningen på skjermens snøfonn omkring 25–30 ganger høyden på snøskjermen.

Ved en skjermhøyde på 3 meter, bør altså bebyggelsen ikke være nærmere skjermen enn 60–90 meter. I skrånende terreng vil denne avstanden avhenge av helningsvinkel og andre topografiske trekk, se figur 4.4.1.1. En snøskjerm må ha åpning mellom bakken og skjermen for å unngå at skjermen begraves i snø. Åpningen øker vindhastigheten nær bakken i et avgrenset område rundt skjermen, noe som bidrar til å holde den fri for snø. Åpningen bør være ca. 1/5 av skjermhøyden. Hvis snøskjermen begraves i snøen, enten på grunn av feil plassering eller for liten kapasitet, vil sigekrefter i snøen rive ned skjermen i løpet av noen få vintre.

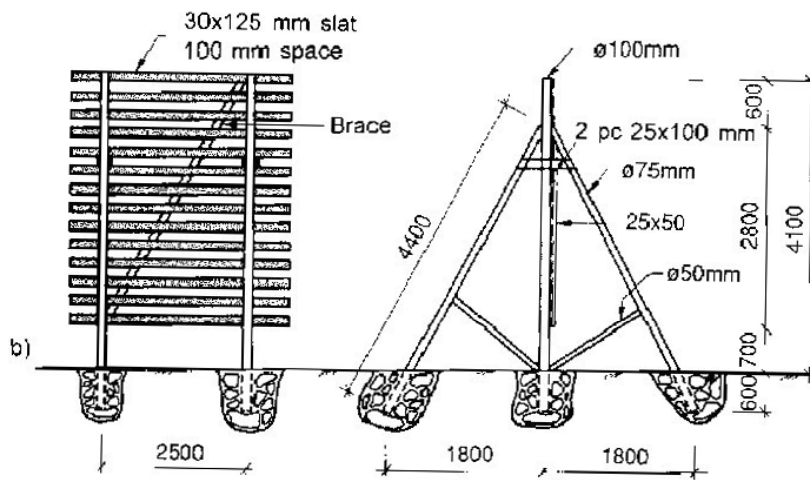


Figur 4.4.1.1  
Effekt av varierende topografi på snøskjerming. Kilde: Tabler (1994)

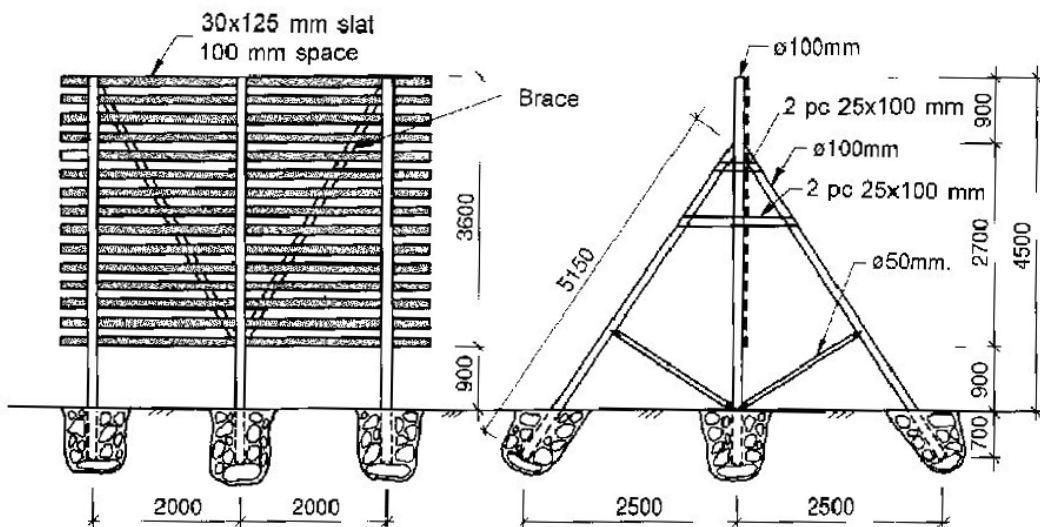
Figur 4.4.1.2 viser dimensjonene på forskjellige snøskjermtyper med 50 % porøsitet.



**Snow-drift fence, 3.5m**



**Snow-drift fence, 4.1m**



**Snow-drift fence, 4.5m**

Figur 4.4.1.2  
Dimensjoner på snøskjerm av ulike størrelser. Kilde: Statens vegvesen (1994)

Ved dimensjonering av snøskjermenes samlekapasitet må man ta utgangspunkt i mengde drivsnø og mengde fritt fallende nedbør i området. Selv om snødybden er stor, er ikke drivsnø nødvendigvis et problem. I innlandet er det ofte den fritt fallende snøen som forårsaker last og hindring, og man må derfor først få bekreftet at det er drivsnø som er problemet. Med utgangspunkt i antatt mengde drivsnø gjennom en sesong, kan så størrelse og antall snøskjermer beregnes.

Snøskjermer har en kapasitet på ca.  $8,5 \cdot H^{2,2}$  tonn snø per meter skjerm, hvor H er høyden på skjermen. Dette tilsvarer 8,5 tonn snø per meter skjerm for en enmetersskjerm og 39 tonn snø per meter skjerm for en toetersskjerm. Hvis man sammenholder disse dataene med data for snøtransport ved stiv kuling, vil en enmetersskjerm være full etter ca. 16 timer og en toetersskjerm er full etter ca. tre døgn. Dette gjelder imidlertid bare hvis effekten av skjermen er 100 % hele tiden. Men denne effekten avtar vesentlig etter at fyllingsgraden til snøskjermen er passert 80 %, og når skjermen er 90 % full vil ca. 1/3 av drivsnøen passere den uten å akkumuleres.

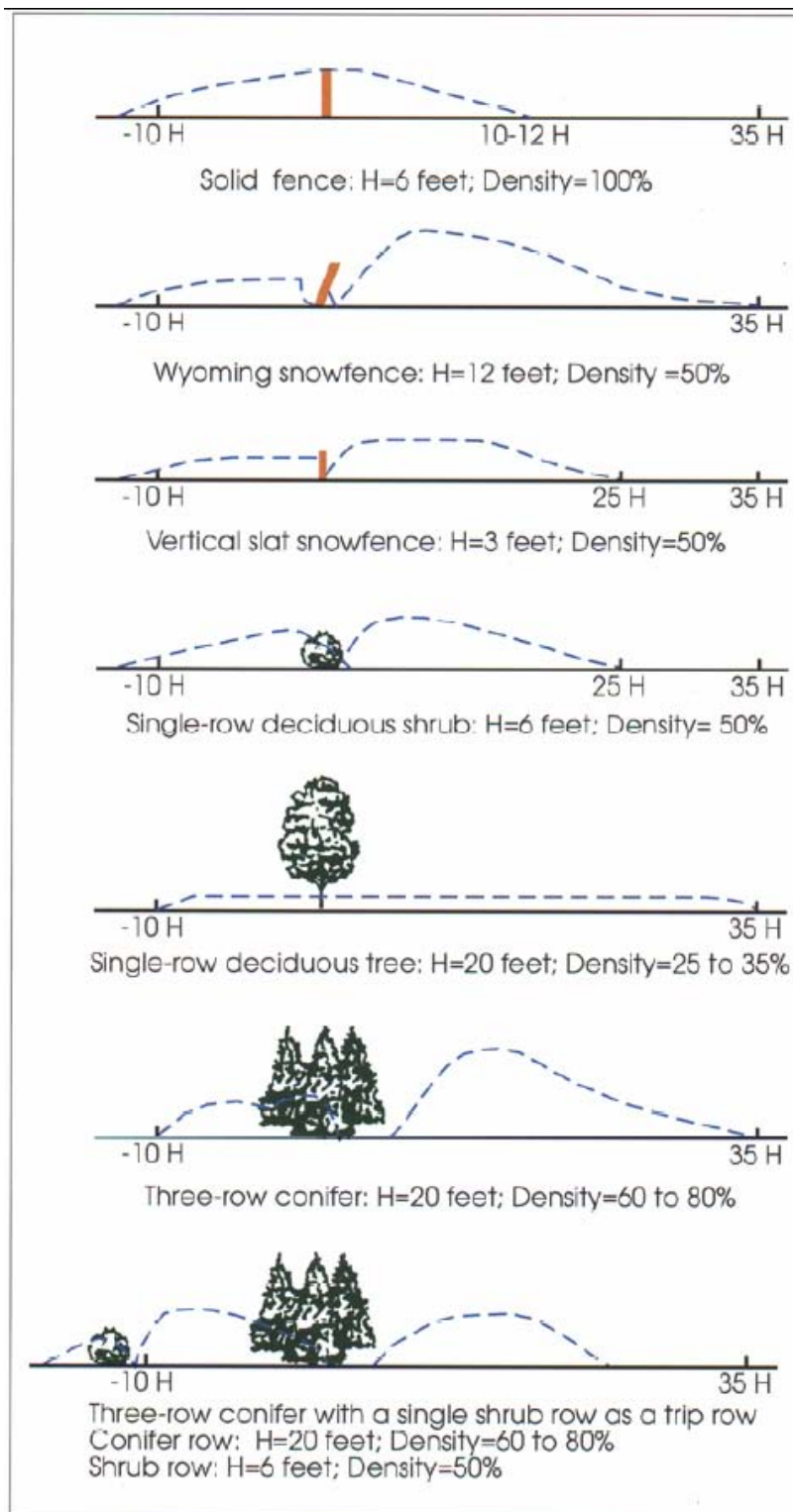
Selv om effekten av høye snøskjermer er bedre enn lave, så er det ofte ikke ønskelig med skjermer over 4 meter i boligområder. Dette kan løses ved å installere flere parallelle rekker med lavere snøskjermer. For å stoppe like mye snø som en 4 meter høy skjerm må man imidlertid installere fire skjermer med 2 meters høyde.

Snøskjermer med lavere porøsitet enn 50 % gir snøfonner som er kortere i utstrekning og som dermed fanger mindre snø. Slike skjermes er aktuelle hvis det er kort avstand til nærmeste bebyggelse. En fullstendig tett skjerm uten bakkeklaring gir en lefonn som er opptil 12 ganger høyden på skjermen. En 100 % tett skjerm med bakkeklaring gir en kraftig jetstrøm under skjermen, og en avstand til snøfonnen som er avhengig av høyden på skjermen.



*Figur 4.4.1.3  
Oppsetting av en 50 % tett snøskjerm på Svalbard. Foto: Byggforsk*

Systematisk beplantning kan også ha snøskjermende effekt. Plantene må tåle vinterstormer, vokse godt i sommersesongen, gi god skjerming om vinteren og gli naturlig inn i omkringliggende vegetasjon. Fordelene med slik beplantning er lang levetid og lave vedlikeholdskostnader. I værharde områder kan det imidlertid ta lang tid å etablere beplantningen, og i noen tilfeller er naturgrunnlaget for dårlig for slik beplantning. Gran og furu gir god skjerming noen år etter utplanting. Figur 4.4.1.4 viser effekten av snøskjermer og vegetasjon.



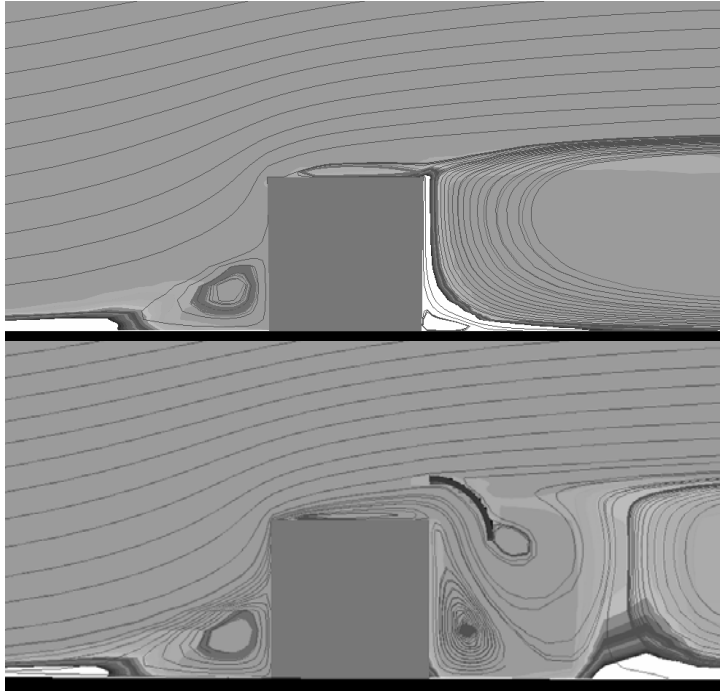
Figur 4.4.1.4  
 Snøskjermingseffekten av vegetasjon og snøskjermer. Kilde: Brandle and Nickerson (u.å.)

Trær bør plantes i et belte som er mellom 10 og 20 meter bredt og avstanden til det skjermede objektet bør være 20 til 50 meter.



#### 4.4.2 Snøspylere

Hvis bygningsdetaljer skal beskyttes mot snøansamlinger kan man benytte snøspylere eller spoilerere som spyer vind med høyere hastighet inn i lesonen rundt bygningen. Lufthastigheten i lesonen øker og gjør at snø ikke kan akkumulere i snøfonner. Figur 4.4.2.1 viser prinsippet. Effekten er lokal på grunn av størrelsesbegrensninger på snøspylere. Hvis man øker størrelsen på snøspylere må disse tåle større vindlast og dimensjonene vil dermed bli upraktiske og lite estetiske.



Figur 4.4.2.1

En snøspylere endrer vindforholdene i en lesone slik at snø ikke akkumulerer. Beregning av effekten av snøspylere

Prinsippet kan anvendes på flere måter. Det har vært forsøkt snøspylere som er integrert i bygningsfasaden, snøspylere som er vertikalt og horisontalt installert og snøspylere med ulik form. Figur 4.4.2.2 viser forskjellige utforminger av snøspylere.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figur 4.4.2.2

a. Snøspylere fra Canada. Foto: Strub (1996)

b. Snøspylere som er integrert i bygningen. Foto: Scott (u.å.)

c. To ulike snøspylere fra Grønland. Foto: Peter Barfoed, Tegnestuen Nuuk as

d. Snøspylere over nødutgang. Foto: Byggforsk

e. Snøspylere i veiskjæring. Foto: Tabler (1994)

f. Snøspylere montert på møne. Foto: Byggforsk

Ved hjelp av snøspylere er det mulig å fjerne enkelte snøfonner. I noen tilfeller vil bruk av snøspylere imidlertid skape snøfonner i soner der det tidligere ikke la seg snø. Dette skyldes at snøspyleren hindrer luftstrømmen oppstrøms og at det dermed skapes en ny snøfonn. Det samme gjelder langs randen av sonen der luftstrømmen treffer bakken eller en flat overflate. Det skapes her en stagnasjonssone hvor snø kan akkumuleres.

For vertikalt plasserte snøspylere bør forholdet mellom tverrsnittsarealet i inn- og utåpningene være omkring 1. For snøspylere som er plassert noe over bakkenivå og som ikke er utsatt for

store mengder drivsnø, kan dette forholdet være ned til 1,17 uten at blokkering oppstår. Dette øker lufthastigheten ut av snøspyleren.

Tilnærmet horisontal plassering av snøspyleren på enden av bygningene gir best snøfjerningseffekt. En radius ( $r$ ) på 760 mm er tilstrekkelig til å fjerne en snøfonn som ligger ca. 3 meter under snøspyleren. Ved slik plassering er det mulig å unngå nye snøfonner fordi snøen spyles ut i luftstrømmen som passerer bygningen rundt hjørnene.

Buede snøspylere fører til at lefonnen plasseres lenger vekk fra leveggen enn tilfellet er med plateformede snøspylere. Ved vertikal plassering av snøspylere må luftstrømmen fra snøspyleren vinkles slik at den treffer leveggen som den er ment å skulle spyle ren. Ved en slik plassering er det fare for at det akkumuleres snøfonner oppstrøms snøspyleren. I denne sonen bør det derfor ikke være dører, vinduer eller andre kritiske konstruksjoner som kan begraves.

Bruk av snøspylere er gjerne aktuelt som tiltak for å fjerne snøfonndannelse på og omkring bygninger som i utgangspunktet er plassert eller utformet uheldig. I disse tilfellene har man god kjennskap til vind- og snøforholdene på stedet. For at snøspylere skal fungere etter hensikten må de installeres i et område med høy frekvens av vindepisoder med høy vindhastighet. Dette fordi området rundt snøspyleren må blåses rent etter hvert snøfall, ellers vil snøspyleren begraves og miste sin effekt.

Virkeområdet for snøspylere begrenser seg til en liten sektor av vindretninger. Effekten av en snøspylere i en vindretning som den ikke er planlagt for kan derfor bli utilsiktede snøansamlinger. Derfor er det viktig at vindretningen stort sett er uniform. Uten uniform vindretning kan snøspyleren begraves i tilfeller med vindretning fra en kant den ikke er dimensjonert for.

Hensikten med snøspylerne i figur 4.4.2.2 c var å fjerne snøfonnen som lå over arkene i lesonen på taket – for å redusere strukturell belastning og faren for vannintrenging i smelteperioden. Problemet med snøfonner blir på denne måten forflyttet til et område som er lettere tilgjengelig for snørydding, på plassen foran bygningen.

Snøspylere er blitt benyttet med hell for å fjerne snø som ligger på tak som er avtrappet. Nivåforskjeller på tak kan føre til store snøansamlinger og snølaste hvis de ligger i lesoner. Figur 4.4.2.3 viser en slik lesone før og etter installasjon av snøspylere.



*Figur 4.4.2.3  
Snøspylar fjerner snøfonner i lesoner. Vindretning fra høyre. Foto: Byggforsk*

Tilsvarende prinsipp er svært anvendelig for å fjerne snøfonner foran inngangspartier og andre kritiske områder. Særlig er dette aktuelt foran store porter der det tar lang tid å måke. Figur 4.4.2.4 viser hvordan en snøspylers fjerner lesonefonna foran en garasjeport.



Figur 4.4.2.4  
En snøspylers kan fjerne snøfonna foran garasjeporten. Vindretning fra høyre i bildet. Foto: Byggforsk

## 4.5 Oppsummering

- Kilder til informasjon om lokalt klima er:
  - målestasjoner
  - feltundersøkelser
  - lokal kunnskap
- Ikke plasser bygningen i en snøfonna som er skapt av terrenget.
- Plasser bygningen med kortsiden mot vinden hvis lesonefonna skal minimeres.
- Bygningens høyeste vegg bør vende mot vinden.
- Høye bygninger gir lavere utviklingshastighet av lesonefonna.
- Bygninger på søyler skyver lesonefonna bort fra veggen og minker snøfonna rundt bygningen.
- Dører bør ligge parallelt med vindretningen.
- Gitterrister foran døra reduserer faren for snøakkumulering.

- Ventilasjoninntak plasseres høyt oppe i lesoner.
- Bruk raftekasser i områder med drivsnø.
- Problemer med snøfonner rundt eksisterende bygninger kan minkes ved hjelp av snøskjermer og snøspylere.
- En snøskjerm med 50 % porøsitet samler mest snø. Snøfonnen bak en slik skjerm er 25–30 ganger høyden av skjermen.
- En 2 meter høy snøskjerm fanger over 4 ganger så mye snø som en 1 meter høy skjerm.
- Snøskjermer med høy tetthet brukes ved kort avstand til bebyggelsen.
- Snøspylere kan fjerne snøfonner i lesoner.

## 5. VEIBYGGING I SNØRIKE OMRÅDER

Veisystemet i nærheten av boligområder består av samleveier og atkomstveier. Figur 5.1 viser prinsippet for oppdelingen. I tillegg til atkomstveier og samleveier fins også klassen hovedveier. Denne veiklassen er ikke behandlet her.

I snørike områder er utformingen av atkomst- og samleveiene svært viktig for å få et godt fungerende boligområde. Brøyting kan i enkelte kommuner være en stor utgiftspost, dessuten er tilgjengelighet til boligområder viktig for brann- og personsikkerhet og for daglig virksomhet. Det fins eksempler på områder der veiene har vært stengt i flere dager i strekk og gjort det umulig for innbyggerene å utføre daglige gjøremål, se Statens vegvesen (1992).



Figur 5.1  
Veisystemet tilknyttet boligområder. Kilde: Statens vegvesen (1992)

### 5.1 Samleveiene

Samleveiene forbinder atkomstveien med hovedveisystemet. Det kreves derfor god framkommelighet på samleveiene for at boligområder skal fungere tilfredsstillende. Samleveiene bør lokaliseres og utformes slik at det er liten sjanse for at de snør igjen ved uvær. På vindsiden av samleveiene bør det derfor være minimalt med fonndannende objekter, for eksempel bygninger, som samler snø på veien.

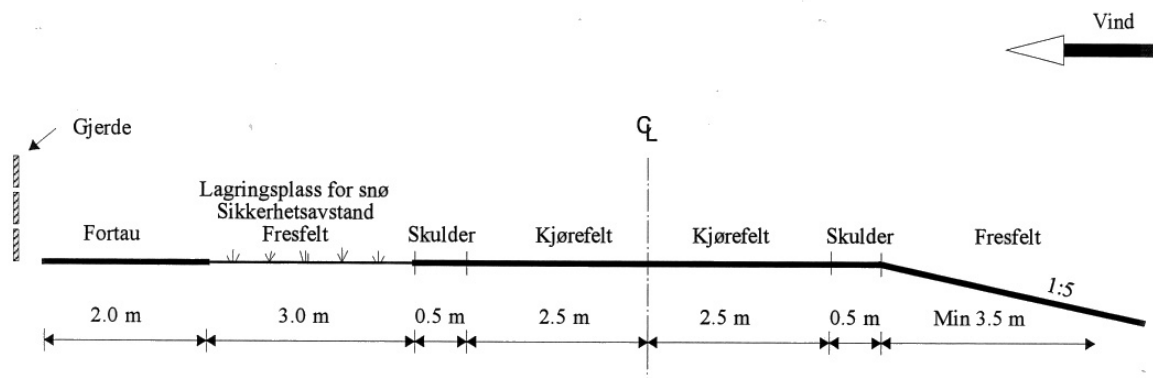
Dersom samleveien er lokalisert normalt på vindretningen vil den til en viss grad fungere som en naturlig skjerm ved at den samler seg drivsnø på le side av veien. En vei som ligger normalt på vindretningen vil derfor gi mer le for bakenforliggende bygninger enn en vei som ligger parallelt. Derimot vil en vei normalt på vindretningen være mer utsatt for å fylles med drivsnø. Derfor er det å anbefale at samleveiene legges mest mulig parallelt med framherskende vindretninger.

Det er viktig å legge samleveiene i ytterkant av et reguleringsområde, fordi det ofte er lettere å gi veien en gunstig utforming i yttergrensene.

I følge veinormalene, se Statens vegvesen (1992), bør en samlevei i middels tett bebyggelse ha to kjørefelter med samlet veibredde på 6,0 m, inklusive skulder. Bredden på fortauet (gangveien) bør være 2,0 m med minimum 3,0 m avstand mellom samlevei og fortau. Fortauet bør ligge på samme side som bebyggelsen, se figur 5.1.1. Det er viktig at området mellom samleveien og fortauet utformes slik at ryddemateriell kan trafikkere området uten å gjøre skade.

Hvis man velger for bred vei med sammenhengende asfaltdekke kan det føre med seg store trafikkhastigheter og et uryddig trafikkbilde. Dessuten blir arealet som må ryddes større enn for smalere veier.

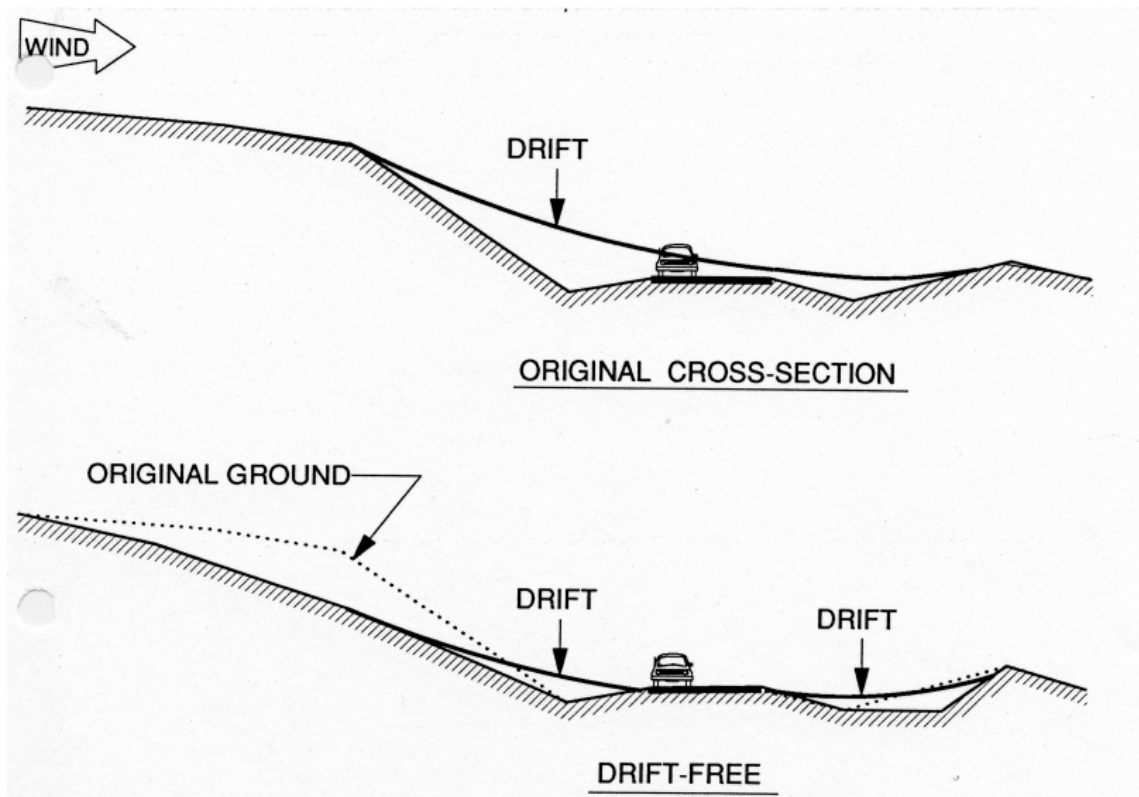
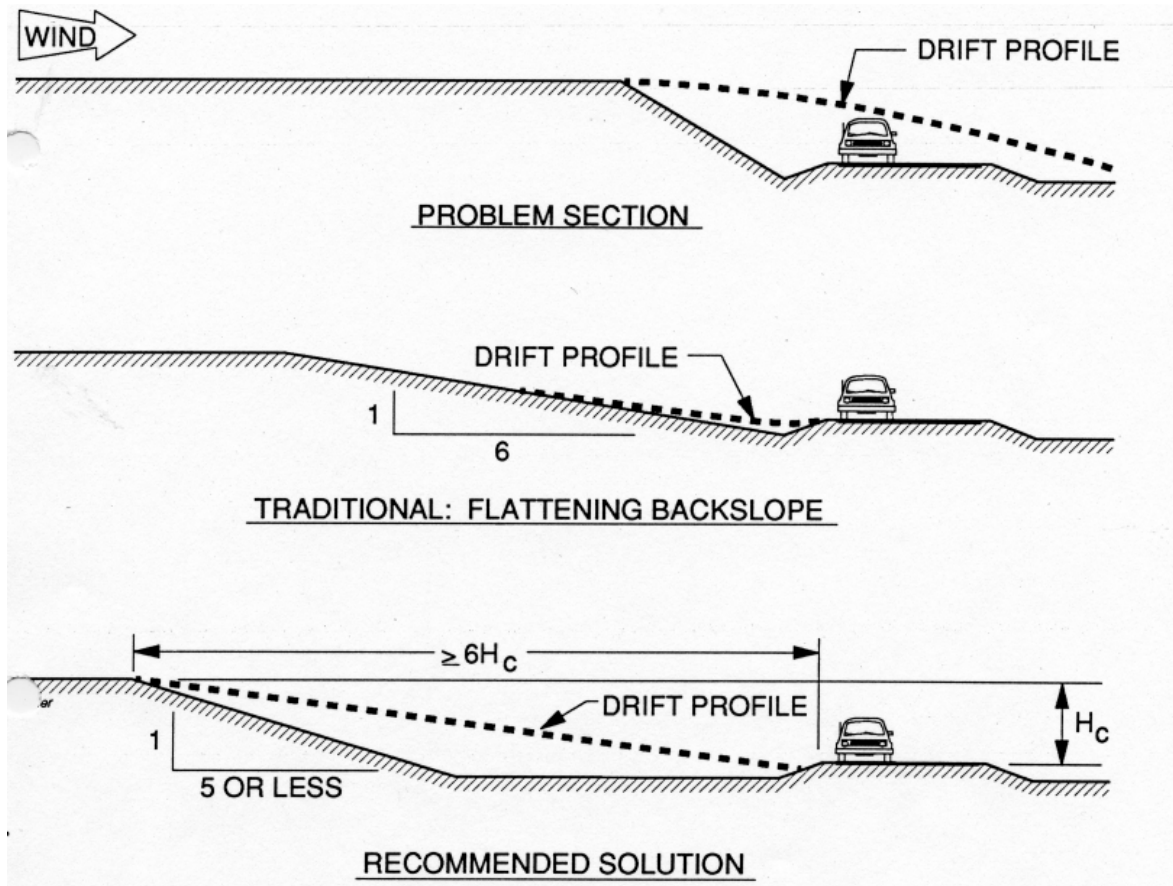
I forbindelse med bygging av nye høyfjellsveier er det anbefalt å bygge et minimum 3,5 m bredt fresefelt på vindsiden av veien, se Norem (1993). Hensikten med fresefeltet er å skape lagringsplass for ny snø, ved at man kan kjøre ryddemateriell parallelt med veien og utenfor brøytestikkene. Disse fresefeltene har vist seg gunstige for å oppnå en effektiv bruk av brøytemateriellet og mannskapet, samtidig som de reduserer behovet for brøyting i første del av uværsperioden. Fresefeltet kan inngå i utformingen av grøftesystemet, men de bør ikke ha en større helning enn 1 : 5. Der samleveien ligger normalt i forhold til framherskende vindretninger bør man vurdere bygging av fresefelt som vist i figur 5.1.1.



Figur 5.1.1  
 Utforming av samlevei der framherskende vindretning blåser normalt på veien. Lagringsplass mellom fortau og kjørefelt må være kjørbare med ryddeutstyr. Kilde: Norem, Nistov og Oterholm (1999)

Veiskjæringer er områder der det ofte dannes snøfonner. Dette er fordi en veiskjæring ofte skaper en lesone der snøen akkumuleres. Figur 5.1.2 viser eksempler på hvordan veiskjæringer kan utformes for å unngå snøfonndannelse i kjørebanelen.





Figur 5.1.2  
 Utforming av veiskjæringer som minsker faren for snøfonner. Kilde: Tabler (1994)

## 5.2 Atkomstveier

I snørike områder bør man vurder atkomstvei (6 m bredde) med to felter. Det bør settes av plass til langtidslagring av snø. Anslagsvis bør 1/3 av brøytet bredde avsettes på hver side av veien (6 m brøytet bredde krever ca. 2 m snøopplag på hver side), se Statens vegvesen (1992). For de mest snøutsatte veiene bør regulert veibredde være åtte meter, men hvor bare seks meter er asfaltert, se Norem, Nistov og Oterholm (1999). Ved veier som er mindre enn seks meter brede er det et absolutt krav at all gateparkering må være forbudt om vinteren. Skjermer mot veien må dessuten være dimensjonert for store horisontale krefter fra den utbrøytete snøen.

Erfaringer viser at det oppstår store problemer med snø der man har en tradisjonell utbygging med hus på begge sider av atkomstveien, og veien ligger nær vindsiden av feltet. I tilfeller der veien ligger nesten normalt på vindretningen får man store problemer, særlig med svære snømengder. Dessuten blir det en kraftig vindtrekk mellom husene, noe som fører til fonndannelse på atkomstveien. En tradisjonell veiutforming og reguleringsplan kan man altså bare bruke der man har en svært god ytre skjerming eller moderate drivsnømengder.

Der den ytre skjermingen er mindre effektiv, bør atkomstveien mot framherskende vindretning ha ensidig bebyggelse, helst på le side av veien. De neste atkomstveiene, sett i vindretningen, vil være bedre skjermet, og langs disse kan det derfor være forsvarlig med tosidig bebyggelse.

Den gunstigste retningen på atkomstveier er sannsynligvis ca.  $45^\circ$  i forhold til framherskende vindretning. Denne vinkelen hindrer sterk trekk gjennom boligområdet samtidig som husene blir forskjøvet i forhold til vinden.

## 5.3 Snødeponier

Godt plasserte og tilstrekkelig store snødeponier er av avgjørende betydning for at værutsatte boligfelter skal fungere tilfredsstillende.

Et kjennetegn på et godt plassert deponi er at den utbrøytete snøen plasseres lavere enn veisystemet. Da er det liten tendens til at snøen samler fonner rundt seg. Det er viktig ikke å blokkere bekker og naturlige vannveier, da dette øker risikoen for oversvømmelse og sørpeskred i vårløsningen.

Videre er det viktig at snøen legges tilstrekkelig langt unna veier og bebyggelse slik at deponiet ikke fører til uheldig fonndannelse. En snøhaug vil ha samme effekt på snøfonndannelse som en bygning eller en haug i terrenget. Planlegging med snøfonner generert i snødeponier kan derfor gjøres slik som beskrevet i kapittel 4.

## Litteratur

Akitaya, E., 1975. IAHS-AISH Publ. 114: 42–48

Bagnold, R.A., 1941. *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*. London

Beranek, W.J., 1984. "Wind environment around single buildings of rectangular shape", *HERON* vol. 29, no. 1

Brandle, James R. and Nickerson, H. Doak, u.å. *Windbreaks for Snow Management*. EC96-1770-X. University of Nebraska

Brown, R.L., Edens, M.Q., Barber, M., Sato, A., 1997. "Equitemperature metamorphism of snow", i: Izumi, Nakamura & Sack (eds.). *Snow Engineering: Recent advances*. Rotterdam

Budd, W.R., 1966. "The drifting of non uniform snow particles", *Studies in Antarctic Meteorology*, American Geophysical Union, Antarctic Research Series 9: 59–70

Budd, W.R., Dingle, R., Radok, U., 1966. "The Byrd snowdrift project: Outline and basic results", *Studies in Antarctic Meteorology*, American Geophysical Union, Antarctic Research Series 9: 71–134

Buska, James and Tobiasson, Wayne, 2001. *Minimizing the Adverse Effects of Snow and Ice on Roofs*. International Conference on Building Envelope Systems and Technologies (ICBEST-2001). [www.crrel.usace.armymil/techpub/CRREL\\_Reports](http://www.crrel.usace.armymil/techpub/CRREL_Reports)

Colbeck, S.C., 1978. *Adv. Hydrosoci.* 11, 165–206

Durgin, F.H., Floyd, P., 1971. "A study of drifting snow under and around raised buildings and building complexes", Paper no. 1.16, Third International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures. Tokyo: 153–165

Gamble, Scott, u.å. "Design for snow loading of roofs", *RWDI Technotes* no. 5

Hunt, J.C.R., 1980. *Wind over hills*. Workshop on the planetary boundary layer. J.C. Wyngaard (ed.), *Amer. Meteor. Soc.* Boston: 107–144

Iversen, J.D., 1980. "Drifting-Snow Similtude-Transport-Rate and Roughness Modeling", *Journal of Glaciology* vol. 26, no. 94

Jaedicke, Christian, 2001. *Drifting snow and snow accumulation in complex Arctic terrain*. Avhandling (dr. scient.). Universitetet i Bergen

Kind, R.J., 1976. "A critical examination of the requirements for model simulation of wind induced erotion/deposition phenomena such as snow drifting", *Athmos. Environ.*: 219–229

Kind, R.J. 1981. "Snowdrifting", i: Gray, D.M., Male, H. (eds.). *Handbook of Snow – Principles, Processes, Management and Use*: 338–359

- Mahle, Anette Heiberg og Rogstad, Gry, 1992. NORIKS – A Winter Index for Norwegian Conditions. Norwegian Roads Administrations
- Male, D.H., 1980. "The Seasonal Snowcover", i: Dynamics of Snow and Ice Masses
- McFadden, Terry T., F. Lawrence Bennett, 1991. Construction in Cold Regions. Wiley series of practical construction guides. New York
- Mellor, M., Radok, U., 1960. "Some properties of drifting snow", i: Antarctic Meteorology. New York
- Mellor, M., 1965. Blowing Snow. CRREL project report DA IV025001A130
- Norem, Harald, 1974. Utforming av vegger i drivsnømråder. Trondheim
- Norem, H., Nistov, S. og Oterholm, A.I., 1999. Evaluering av klimaforholdene i boligfeltene 4 og 6 i Fuglensdalen, Hammerfest. SINTEF rapport STF22 A99455. Trondheim
- Oura, H., Ishida, T., Kobayashi, D., Kobayashi, S., Yamada, T., 1967. Proc. Int. Conf. Low Temp. Sci., 1966 Vol. 1, Part 2: 1099–1117
- Pomeroy, J.W., 1990. "Saltation of Snow", Water Resource Research, 26 (7): 1583–1594
- Sato, T., Higashiura, M., 1997, "Characteristics of blowing snow fluctuation", i: Izumi, Nakamura & Sack (eds.). Snow Engineering: Recent advances. Rotterdam
- Schmidt, R. A., 1984. "Transport Rate of Drifting Snow and the Mean Wind Speed Profile", Boundary-Layer Meteorology 34, 213–241. 18.5
- Schmidt, R.A., 1972. Sublimation of wind transported snow – a model. U.S Forest Service, Rocky Mountains Forest and Range Experiment Station, Research Paper RM-90
- Seligman, G., 1936. Snow structures and ski fields. London
- Shiotani, M., Arai, H., 1967. On the vertical distribution of blowing snow. Ed. Physics of Snow and Ice: Int. Conf. on Low Temp. Sci. Proc. vol. 1, Sapporo, Inst. of Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.: 137–186
- Sommerfeld, R.A., La Chapelle, E., 1970. Journal of Glaciology 9: 3–17
- Statens vegvesen, 1992. Veg- og gateutforming. Håndbok nr. 017
- Statens vegvesen, 1993. Snøvern. Håndbok nr. 167
- Statens vegvesen, 1994. Snow engineering for roads. Håndbok nr. 174
- Strub, Harold, 1996. Bare Poles: Building Design for High Latitudes. The Carleton Library; 185. Ottawa
- Stull, R., 1997. An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Dordrecht

Sundsbo, Per-Arne, 1997. Numerical modelling and simulation of snow drift. Avhandling (dr. ing.). Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Tabler, R.D., 1975. Estimating the transport and evaporation of blowing snow. Symposium on snow management on the great plains (Bismark, ND; July 1975). Proceedings, Great plains agricultural council publication 73: 85–104

Tabler, R., 1988. Snow Fence Handbook, Release 1.1. Laramie, Wyoming, USA

Tabler, R.D., 1994. Design Guidelines for the Control of Blowing and Drifting Snow. Washington D.C.

Takeuchi, M., 1980. "Vertical Profile and Horizontal Increase of Drift-Snow Transport", Journal of Glaciology vol. 26, no. 94

Takeuchi, M., 1989. "Snow-Collection Mechanisms and the Capacities of Snow Fences", Annals of Glaciology, 13: 248–251

Takeuchi, M. et al., 1986. "Dynamic threshold wind speed for suspension", Proc. Ann. Meeting Snow Ice Soc., Jap. 252

Taylor, P.A., Teunissen, H.W., 1987. "The Askervein Project, Overview and background data", Bound.-Layer Meteorology 39: 15–39

Teunissen, H.W., Shokr, M.E., Bowen, A.J., Wood, C.J., Green, D.W.R., 1987. "The Askervein Hill Project: Wind tunnel simulations at three length scales", Bound.-Layer Meteorology 40: 1–29

Thiis, Thomas K., 2000. Experimental validations of numerical simulations of snowdrifts around buildings and in terrain. Avhandling (dr. ing.), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

US Army Corps of Engineers, 1998. Commentary on Snow Loads. Technical Instructions. TI 809-52. Washington

Wakahama, G., 1968. Int. Assoc. Sci. Hydrol., Publ. 79: 370–379

White, B.R., 1986. "Particle Dynamics in Two-Phase Flows" i: Encyclopedia of Fluid Mech. vol. 4, chap. 8: 239–282