

DNMI

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

klima

FORMFAKTORER FOR SNØLASTER PÅ LANDBRUKSBYGG

TRYGVE AAS

RAPPORT NR. 12/90



DNMI - RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO 3
TELEFON : (02) 60 50 90

ISBN

RAPPORT NR.

12/90 KLIMA

DATO

10.04.1990

TITTEL

FORMFAKTORER FOR SNØLASTER PÅ LANDBRUKSBYGG

UTARBEIDET AV

TRYGVE AAS

OPPDRAKSGIVER

STATENS BYGGTEKNISKE ETAT

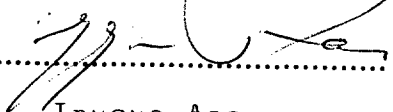
OPPDRAKSNR.

SAMMENDRAG

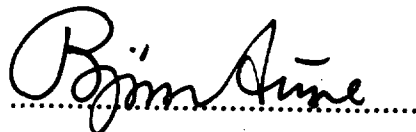
Rapporten vurderer snømålinger utført av Institutt for byggingsteknikk ved Norges Landbrukshøgskole og modellen for beregning av snølast på tak presentert i IBT-Rapport nr. 233 av H. Høibø: "NYTTELAST I LANDBRUKSBYGG" (TIL NS 3479-PKT.3.2.7)

Rapporten finner ikke feil ved selve beregningsmodellen men er kritisk til det innsamlede data-materialet som er benyttet til beregningene.

UNDERSKRIFT



Trygve Aas
SAKSBEHANDLER



Bjørn Aune
FAGSJEF

0. BAKGRUNN

Statens byggetekniske etat henvendte seg til Meteorologisk Institutt for at instituttet skulle gå igjennom de snølastmålinger som prof. H. Høibø ved NLH har samlet inn gjennom en årrekke. Deler av disse målingene ble presentert i en rapport:

"SNØLAST PÅ DRIFTSBYGNINGER" av Halvor Høibø nov. 1986

og ble senere tatt inn i

IBT - RAPPORT nr. 233 av Halvor Høibø:

"NYTTELAST I LANDBRUKSBYGG" (TIL NS 3479 - PKT 3.2.7).

Med bakgrunn i IBT - rapport nr 233 ble Byggeteknisk etats melding HO - 4/88 sendt ut i juli 1988. Denne meldingens hovedinnhold er at formfaktorene i IBT - rapport nr. 233 bør kunne godtas av bygningsrådene på samme måte som formfaktorene i "NS 3479 Prosjektering av bygningskonstruksjoner. Dimensjonerende laster.", med de begrensninger IBT-rapporten selv peker på.

Komiteen for revisjon av NS 3479 har hevdet at den modellen som er presentert i IBT-rapport nr. 233 "ikke holder mål ved statistisk analyse" og ønsker HO-4/88 trukket tilbake. Takstolkontrollen ønsker at IBT-rap. 233 vektlegges og at formfaktorene gjøres enhetlige ved revisjon av NS 3479.

1. INNLEDNING

Tradisjonelt har snølast på tak blitt beregnet som produktet av snølast på mark og en formfaktor. Snølast på mark har i noen land gått inn i det meteorologiske observasjonsprogram (snøens vannekvivalent). Den meteorologiske observasjon som likevel er mest vanlig er snødybden. Om man kjenner snøens tetthet og snødybden kan snølast på mark beregnes.

En formfaktor er en dimensjonsløs størrelse som angir fordelingen og den relative størrelse av snølast på tak.

snølast på tak = formfaktor * snølast på mark.

Man har valgt å benytte denne antakelse bl a fordi snølast på mark, ihvertfall delvis, går inn som en parameter i det meteorologiske observasjonsprogram og at det derfor finnes tildels store datamengder. Det ideelle hadde selvfølgelig vært å ha lange observasjonsrekker for snølast på tak for alle typer tak og for alle mulige beliggenheter.

Formfaktorene er blitt observert i en rekke land opp gjennom årene, og siden formfaktorene er avhengig av klima, topografi, form på taket, taktekkingsmaterialet, varmegjennomgang mm, har formfaktorene variert noe fra land til land. Man har hele tiden forsøkt å forbedre formfaktorene ut fra ny kunnskap og i flere land, særlig USA og CANADA, er formfaktorene blitt så godt utbygget at de trolig må være vanskelige å bruke i praksis.

Den enkleste varianten er å anta at formfaktoren kun er en funksjon av takets form. Dette var grunnlaget for den første ISO-standard. Etterhvert har man begynt å ta hensyn til at snøen glir ned av glatte tak og at snølasten reduseres pga varmegjennomgang, at huset er eksponert for vind mm.

1.0 OBSERVASJONSMETODIKK.

Snødybden ble observert flere steder på taket etter et på forhånd bestemt opplegg, og verdiene ble midlet. Den 20% del av taket som var mest belastet (begge taksider) ble skilt ut og målt i tillegg. Snøens tetthet på taket ble målt i et område hvor snødybden var tilnærmet lik middelverdien.

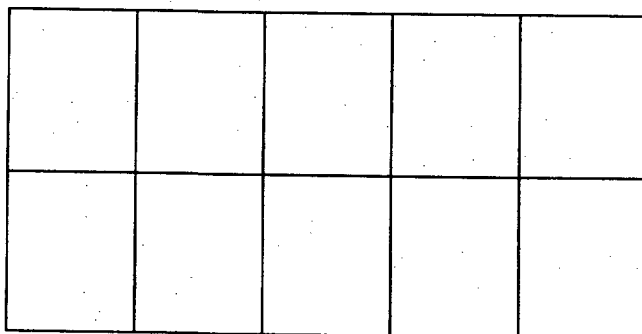


Fig 1 Takene ble delt opp etter et på forhånd bestemt opplegg.

Alle observasjonene ble gjort på den tiden av vinteren hvor taklasten ble antatt å være størst. Det ble stort sett tatt en observasjon pr. vinter, noen flere de første årene i observasjonsrekken. Målingene er blitt tatt i tidsrommet 1967 til 1986.

Snødybden på mark ble målt i minst 10 forskjellige punkter rundt bygningen og midlet og snøens tetthet ble målt på et sted hvor snødybden var tilnærmet lik middelverdien.

1.1 DATAMATERIALET

De data som er oversendt MI er som følger, forkortelsen er den som er benyttet i datamaterialet.

1. linje Antall linjer med data. (totalt 1290 linjer (observasjoner))
2. fylke Observasjonene er gjort i 3 fylker:
 1. Akershus (Follo og Hurdal)
 2. Buskerud (Hallingdal, Hemsedal, Numedal, Sokna)
 3. Hedmark (Furnes, Ringsaker, Veldre)
3. bnr Bruksnummer. Nummeret tilsvarer den gård hvor observasjonene er foretatt.
 - Akershus 263 bruksnummer
 - Buskerud 147 bruksnummer
 - Hedmark 115 bruksnummer
4. hoh Observasjonsstedets høyde over havet, totalt 4 grupper.
 1. 0 - 200m
 2. 200 - 400m
 3. 400 - 600m
 4. 600m +
5. form Takets form. Saltak og pulttak med eller uten tilbygg.
6. matr Tekkematerialet. Det er skilt mellom to grupper.
 1. Metallplatetak
 2. Andre tekkemateriale.

7. fall

Taketshelningvinkel. Takfallet er delt inn i 9 grupper:

Gruppe	Takfall grader	Totalt antall observasjoner	
		metallplatetak	Andre tekkemat.
1.	0 - 5	3	68
2.	5.1 - 10	0	16
3.	10.1 - 15	30	14
4.	15.1 - 20	32	29
5.	20.1 - 25	76	136
6.	25.1 - 30	54	165
7.	30.1 - 35	91	382
8.	35.1 - 40	13	144
9.	40.1 - 45	0	34

Tabell 1 Totalt antall observasjoner delt i takfallgrupper med antall metallplatetak og tak med andre tekkemateriale.

8. aar Hvilket år den enkelte observasjon ble gjort.
 9. veke I hvilken uke i det enkelte år observasjonen ble gjort.
 10. side Hvilken side av taket. (le- , lo-side)
 11. last Gjennomsnittslast på lo-siden.
 12. glast Gjennomsnittslast på de to taksider.
 $glast = 1/2 * (last + last2)$
 13. mlast Snølast på mark. Observert til samme tid som snølast på tak.
 14. kfak Forholdet mellom taklast og marklast. (formfaktor)
- $$kfak = \frac{\text{last på lo-side}}{\text{marklast}} = \frac{\text{last}}{\text{mlast}}$$
15. gkfak Forholdet mellom gjennomsnittslasten på de to takflater og marklasten. (formfaktor)
- $$gkfak = \frac{\text{gjennomsnittslast på to taksider}}{\text{marklast}} = \frac{\text{glast}}{\text{mlast}}$$
16. tvekt Snøens tetthet på taket.
 17. mvekt Snøens tetthet på mark. Gjennomsnitt av 10 målinger.
 18. olast Overlast. Forholdet mellom snølasten på den 20% mest belastede del av taket, begge taksider, og gjennomsnittslasten. Dette gjelder på langs av bygningen.
 19. sym Forholdet mellom snølast på le-siden og lo-siden av taket tatt for den mest belastede 20% av taket.
 20. last2 Gjennomsnittslast på le-siden.
 21. kfak2 Forholdet mellom snølast på le-siden og marklast. Formfaktor.

$$kfak2 = \frac{\text{gjennomsnittslast på le-siden}}{\text{marklast}} = \frac{\text{last2}}{\text{mlast}}$$

I det oversendte materialet var det ingen forklaring. Tolkningen av dataene ovenfor er gjort av undertegnede på bakgrunn av rapporter, utgitte foredrag og telefonsamtaler med prof. Høibø.

1.2 RESULTATER

Flere forhold kan trekkes frem, men her har vi valgt to:

1. Formfaktoren som funksjon av takfall
2. Når snølast på mark vokser blir den relative mengde av snø på tak mindre, dvs at formfaktorene avtar når snølast på mark øker. Sagt med andre ord i områder med generelt lite snø er den relative mengden av snø på taket større enn i områder hvor det er mye snø.

Begge disse forhold er bygget inn i den modell som er satt opp for beregning av snølast på tak:

1. Lo-siden av taket:

$$\alpha \leq 20^\circ :$$

$$\mu_1 = 0.85 - 0.105 * Z$$

$$\alpha > 20^\circ :$$

$$\mu_1 = 0.85 - 0.105 * Z - \begin{cases} 0.015 * (\alpha - 20^\circ) \text{ Metallplatetak} \\ 0.011 * (\alpha - 20^\circ) \text{ Andre tekkemateriale} \end{cases}$$

Z = Snølast på mark i kPa

α = Takfall i grader

2. Le-siden av taket:

$$\alpha \leq 20^\circ :$$

$$\mu_2 = 0.90 - 0.08 * Z$$

$$\alpha > 20^\circ :$$

$$\mu_2 = 0.90 - 0.08 * Z - \begin{cases} 0.011 * (\alpha - 20^\circ) \text{ Metallplatetak} \\ 0.006 * (\alpha - 20^\circ) \text{ Andre tekkemateriale} \end{cases}$$

Z = Snølast på mark i kPa

α = Takfall i grader

Ut fra observasjonene har man funnet at ved økende snølast på mark så vil snølasten på tak avta.

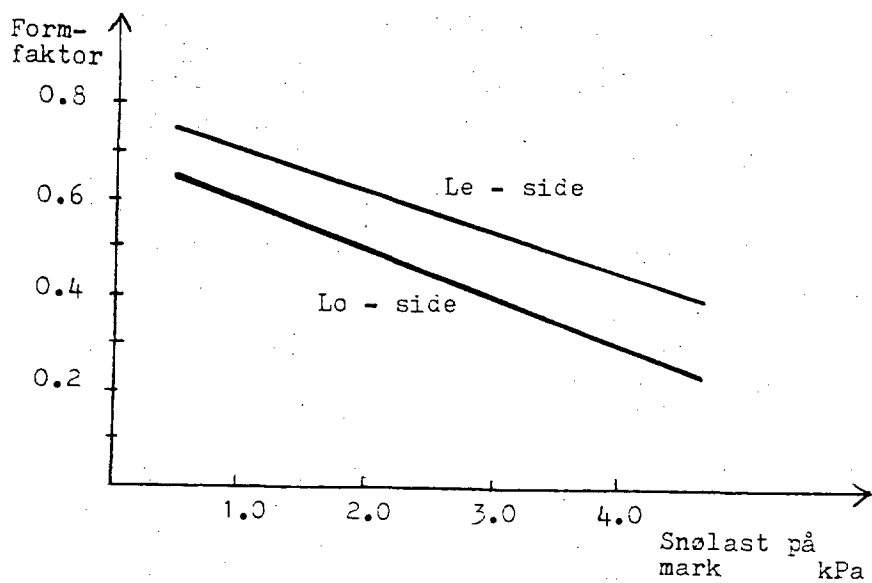


Fig 2 Formfaktorene på le- og lo-siden av taket som funksjon av snølast på mark.

1.3 IBT-RAPPORT nr 233

Fremstiller vi formlene i foregående avsnitt grafisk finner vi de figurer i IBT 233.

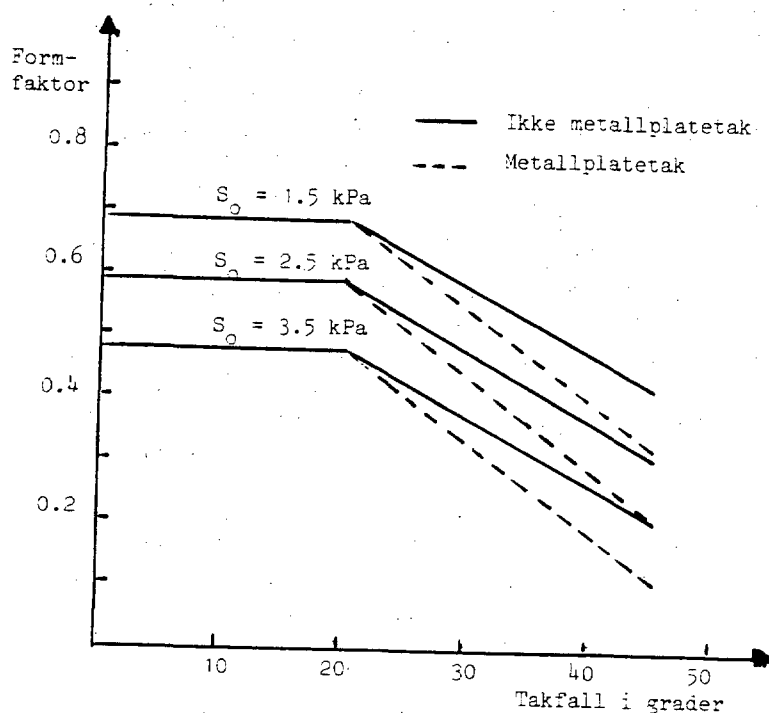


Fig 3 Formfaktor på lo-siden av taket som funksjon av takfall i grader og snølast på mark (S_0) i kPa.

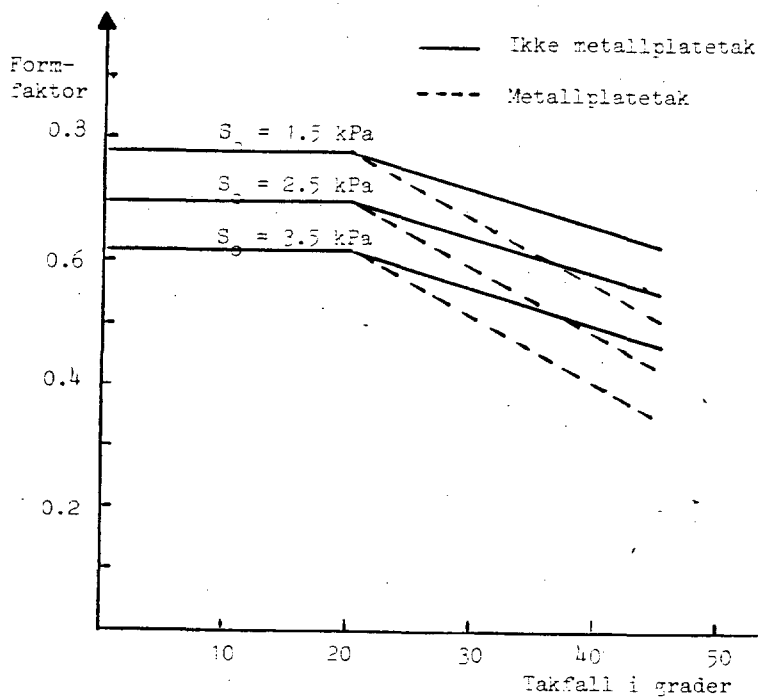


Fig 4 Formfaktor på le-siden av taket som funksjon av takfall i grader og snølast på mark (S_0) i kPa.

IBT 233 presiserer at følgende forutsetninger må være oppfylt for at formfaktorene skal kunne benyttes:

1. Formfaktorene kan ikke brukes for saltak nær kilerenner i vinkelbygninger, eller for saltak i le av store takoppbygg ol.
2. Formlene bør ikke brukes for saltak som ligger i "fullt ly", f eks lave bygninger inne i skog.
3. Formfaktorene bør ikke antas å være avhengig av størrelsen på marklasten når denne er større enn 3.5 kPa.
4. Formfaktorene bør ikke benyttes ukritisk i strøk som ikke er sammenlignbare med de strøk hvor målingene er utført, f eks ekstreme kyststrøk.

Ser vi på de oppgitte formfaktorene for lo- og le-side har vi følgende:

1. Formfaktorene er konstante for takvinkler fra 0 til 20 grader.
- 2 For takvinkler større enn 20 grader avtar formfaktorene lineært opp til 45 grader. For metallplatetak synker formfaktorene raskere enn for andre takmateriale.

1.4 KOMMENTAR TIL DATAGRUNNLAGET.

Observasjonene er foretatt innenfor geografisk meget begrensede områder i Østlandsområdet. Ser vi på de enkelte geografiske områdene finner vi at det er observert mange steder, og at det enkelte bruksnummer har korte observasjonsrekker.

a. Akershus

182 bruksnummer.

85% av observasjonene har observasjonsrekker ≤ 5 år.

Det ble ikke observert i årene 73,74,75,76 og 79.

b. Buskerud

83 bruksnummer

84% av observasjonene har observasjonsrekker ≤ 5 år.

Det ble ikke observert i årene 67,73,74,75,76,79 og 83

c. Hedmark

82 bruksnummer

74% av observasjonene har observasjonsrekker ≤ 5 år.

Det ble ikke observert i årene 67,73,74,75 og 76

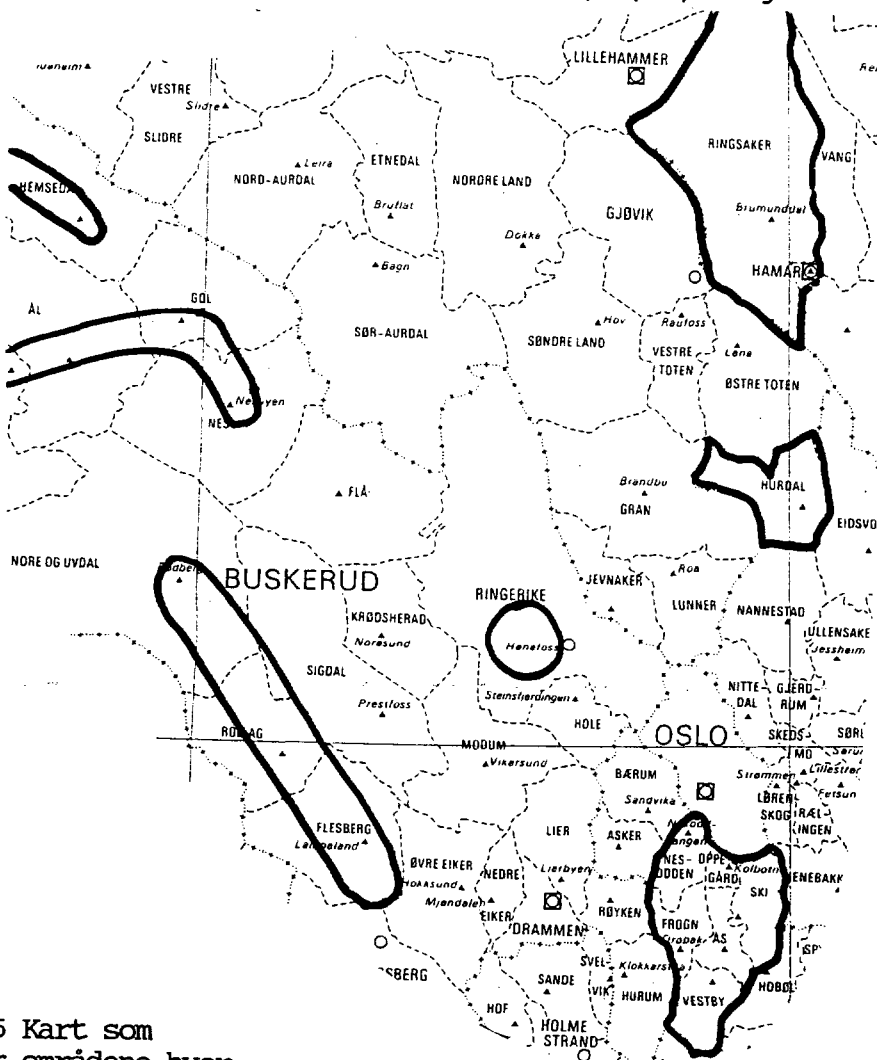


Fig 5 Kart som viser områdene hvor snølast ble observert.

2.0 METEOROLOGISKE DATA.

Vind- og nedbørforholdene kan variere svært meget fra en vinter til annen. Vi vil nå se hvorledes snødybde og vindforholdene varierer på to meteorologiske observasjonssteder, Gardermoen og Nesbyen, i perioden 1966 tom 1988.

2.1 Snødybde.

Snødybde kan variere meget innenfor et meget begrenset område og det er derfor vanskelig å finne et sted som kan være representativt. På de meteorologiske observasjonsstedene forsøker vi å finne frem til slike steder. Observasjonene av snødybde blir tatt en gang pr. døgn, slik at det er mulig å følge variasjonene gjennom vinteren. Diagrammene nedenfor viser hvorledes snødybden på Gardermoen og i Nesbyen har variert i perioden 1966 - 1988. Det er kun maksimalverdien den enkelte vinter som er tegnet inn.

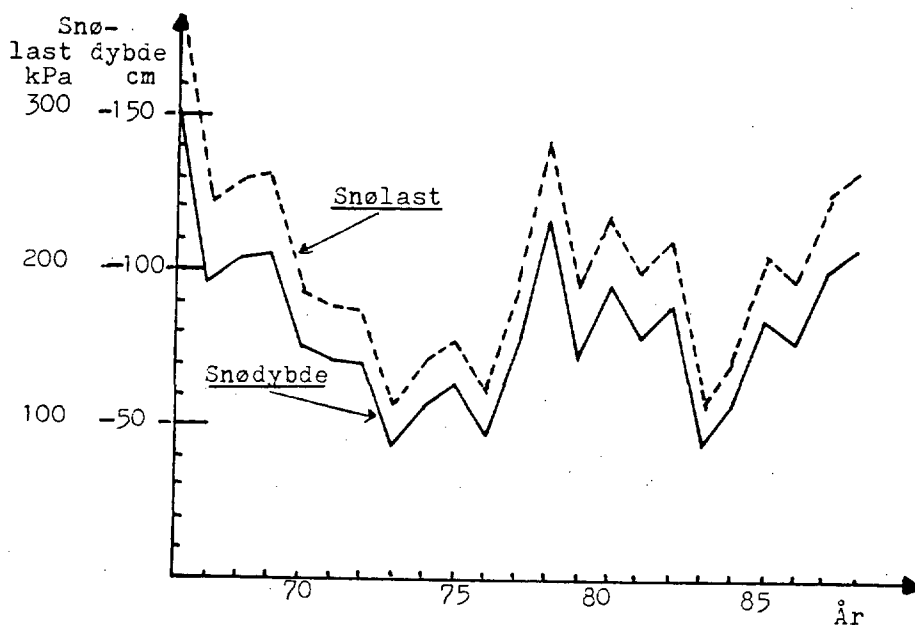


Fig 6 Maksimal snødybde på Gardermoen i årene 1966-1988. På figuren er snølast på mark tegnet inn. Snølast på mark er funnet ved å anta en konstant tetthet lik 250 kg/m^3 .

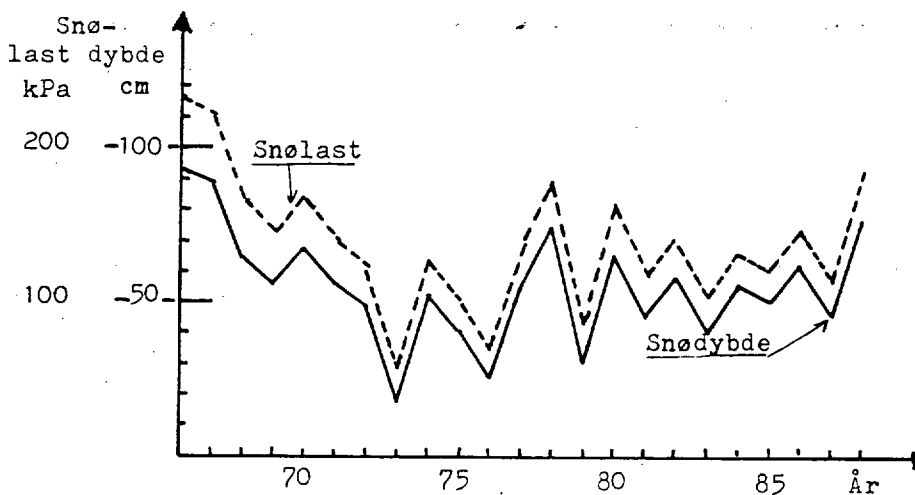


Fig 7 Maksimal snødybde i Nesbyen i årene 1966-1988. På figuren er snølast på mark tegnet inn. Snølast på mark er funnet ved å anta en konstant tetthet lik 250 kg/m^3 .

2.2 Vindforholdene.

I tabellene nedenfor kan en se hvorledes vindforholdene har vært de enkelte vintre. Tabellene viser hvor mange dager i hver måned vindstyrken har vært lik eller høyere enn 4 og 6 Beaufort, hhv 11 - 16 og 22 - 27 knop. Her er vintersesongen skrevet på en linje, dvs desember måned tilhører året før.

Tabellene viser at vindforholdene varierer fra vinter til vinter. 1975/76 skiller seg ut med spesielt mye vind.

Tabellene gir kun uttrykk for vindstyrken, de sier ikke noe om vindretning.

år	GARDEMOEN					NESBYEN				
	des	jan	feb	mar	apr	des	jan	feb	mar	apr
1965/66	9	9	8	24	12	0	0	0	6	0
1966/67	14	6	9	25	18	2	1	4	14	4
1967/68	11	15	8	25	15	3	0	0	8	2
1968/69	5	2	6	8	22	1	1	1	1	4
1969/70	9	6	6	17	21	0	0	0	2	0
1970/71	15	14	19	13	20	3	1	4	0	0
1971/72	20	9	4	16	17	2	2	0	3	4
1972/73	17	10	16	14	26	2	0	3	8	7
1973/74	16	17	12	2	18	5	1	1	0	2
1974/75	20	22	6	9	13	0	8	0	0	5
1975/76	25	15	9	12	21	15	4	2	4	4
1976/77	14	10	8	12	24		0	0	1	1
1977/78	15	16	6	20	11	0	3	0	0	0
1978/79	7	9	11	21	12	0	0	2	0	1
1979/80	9	3	8	6	11	2	0	0	0	1
1980/81	17	16	9	8	18	1	5	1	1	3
1981/82	15	10	7	19	21	0	3	0	3	8
1982/83	16	23	12	19	11	0	3	0	1	0
1983/84	21	15	8	15	19	1	2	1	3	5
1984/85	13	10	2	10	19	1	0	0	2	4
1985/86	9	9	8	19	12	0	0	0	3	0
1986/87	20	16	9	7	15	2	3	3	0	4
1987/88	10	16	13	11	22	2	0	0	0	6

Tabell 2. Antall dager i hver måned med vindstyrke \geq 4 Beaufort.

år	GARDERMOEN					NESBYEN				
	des	jan	feb	mar	apr	des	jan	feb	mar	apr
1965/66	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1966/67	0	0	1	5	1	0	0	0	1	2
1967/68	1	0	1	4	1	1	0	0	2	0
1968/69	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1969/70	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
1970/71	0	0	3	2	1	0	0	1	0	0
1971/72	2	0	0	1	1	0	0	0	2	0
1972/73	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1973/74	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1974/75	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0
1975/76	6	2	4	1	1	4	1	2	0	2
1976/77	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
1977/78	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1978/79	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0
1979/80	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1980/81	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1981/82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1982/83	2	3	0	1	1	0	0	0	0	0
1983/84	0	4	0	2	1	0	0	0	0	0
1984/85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985/86	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
1986/87	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1987/88	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

Tabell 3. Antall dager i hver måned med vindstyrke ≥ 6 Beaufort.

Tabellen nedenfor gir de beregnede snølaster på mark på de meteorologiske stasjoner innen de tre aktuelle fylker. De oppgitte snølastverdier på mark er 5 års verdier dvs den last som gjennomsnittelig oppnåes eller overskrides en gang hvert 5. år.

Snølast på mark.	Antall observasjonssteder fordelt etter snølast på mark		
	5-års verdi kPa	Akershus	Buskerud
$0 \leq S_s < 2.0$	3	7	29
$2.0 \leq S_s < 2.5$	4	7	14
$2.5 \leq S_s < 3.0$	11	10	3
$3.0 \leq S_s < 3.5$	9	4	
$3.5 \leq S_s$	2	4	1

Tabell 5 Den snølast på mark som er beregnet til gjennomsnittelig å opptre en gang hvert 5. år på de meteorologiske observasjonssteder i Akershus, Buskerud og Hedmark.

Ser vi på observasjonsmaterialet som er samlet inn av IBT, har vi:

Akershus:

Totalt 663 observasjoner
 av disse er 13 stk \geq 250 kPa ca 2%
 29 stk \geq 200 kPa ca 4%

Av de 13 største observasjonene er

8 observert i 1967

5 observert i 1983.

Ser vi på Fig 6 viser denne at disse to årene ikke var spesielt snørike. I det året som iht Fig 6 var snørikt, 1978, ble det ikke observert særlig store snølaster.

Buskerud:

Totalt 294 observasjoner
 av disse er 11 stk \geq 250 kPa ca 4%
 53 stk \geq 200 kPa ca 18%

For Buskerud er det særlig i 1972 og 77 det ble målt høye verdier. Ingen av disse årene er iht våre målinger spesielt snørike.

Hedmark:

Totalt 328 observasjoner
 av disse er 53 stk \geq 250 kPa ca 16%
 107 stk \geq 200 kPa ca 33%

I Hedmark er det fire år som skiller seg spesielt ut 1969, 80, 82 og 85. I disse årene har det også vært relativt mye snø iht våre målinger.

For Akershus og Buskerud synes det som om de observerte verdier av snølast på mark generelt er lavere enn de verdier vi har fra våre observasjonssteder. For Hedmark synes de mer å falle sammen.

3. NS 3479 OG ANDRE LANDS FORMFAKTORER.

NS 3479

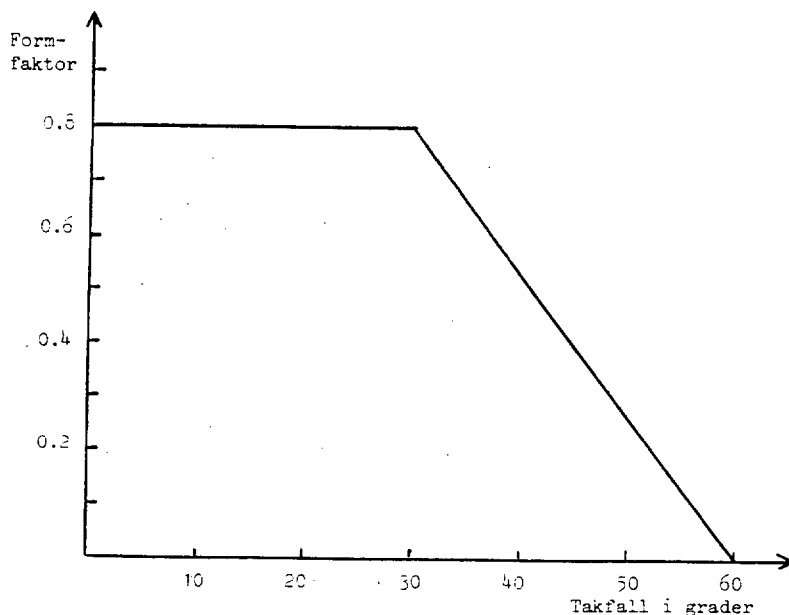


Fig 8 Formfaktoren på lo-siden som funksjon av takfall i grader.

Formfaktoren er konstant lik 0.8 fra 0 til 30 grader, deretter synker den lineært til 0 ved 60 grader.

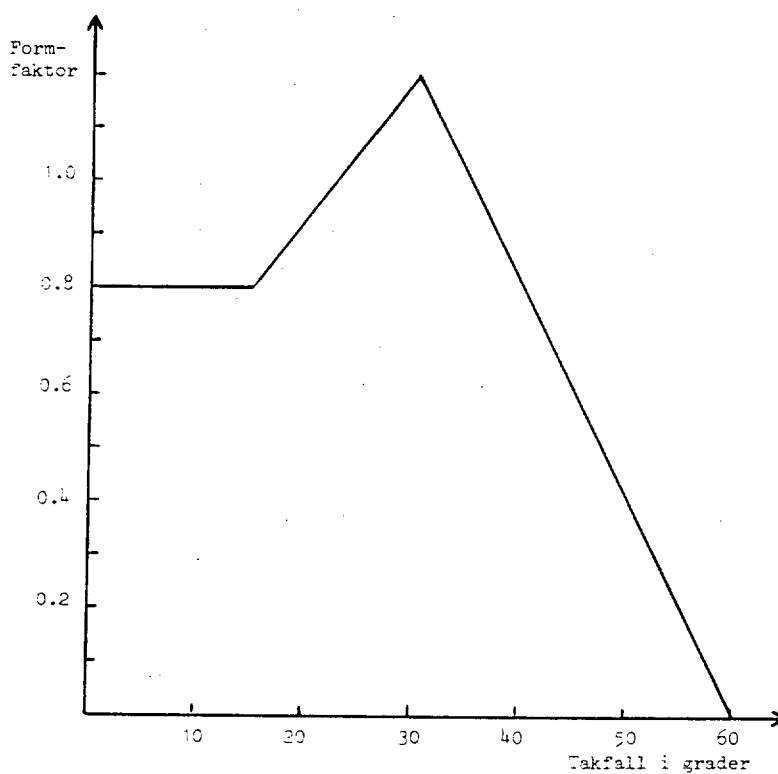


Fig 9 Formfaktoren på le-siden som funksjon av takfall i grader.

Formfaktoren er konstant lik 0.8 fra 0 til 15 grader, deretter øker den lineært til 1.2 ved 30 grader for så å minke til 0 ved 60 grader.

I NS 3479 er formfaktoren kun avhengig av takvinkelen. Formfaktorene i NS 3479 er de samme som i IS 4345 Bases for Design of Structures - Determination of Snow Loads on Roofs.

CANADA

De kanadiske forskriftene (NBCC 1985) er svært detaljerte i forbindelse med naturlaster og trekker inn forhold som synes vanskelige å oppfylle om man ikke har et meget detaljert datagrunnlag.

$$S = S_0 * C_h * C_w * C_s * C_a$$

hvor

- S er snølast på tak
- S_0 er snølast på mark (kPa)
- C_h er basisfaktoren for snølast (= 0.8)
- C_w er faktor som avhenger av det enkelte byggs eksponering for vind
- C_s er en faktor som avhenger av byggets takvinkel.
- C_a er en faktor som tar hensyn til snøakkumulering.

Figurene nedenfor er hentet fra Commentary H to NBCC 1985. I Canada skiller man mellom to lasttilfelle, full last og skjev last når takvinkelen $\alpha > 15^\circ$. Er takvinkelen $\alpha \leq 15^\circ$ benyttes kun lasttilfelle 1.

Full last betyr samme last på begge sider av taket. Skjev last betyr ingen last på en side av taket, full last på andre siden. Lasten beregnes iht Tabell 4.

Last-tilfelle	Takfall α	C_w	C_s	C_a
1	$0 < \alpha < 90$	0.75 or 1.0	$f(\alpha)$	1.0
2	$0 < \alpha < 15$	1.0	1.0	1.0
	$15 < \alpha < 20$	1.0	1.0	$0.25 + \alpha/20$
	$20 < \alpha < 30$	1.0	1.0	1.25
	$30 < \alpha < 90$	1.0	$f(\alpha)$	1.25

Tabell 4 De forskjellige koeffisientene som går inn i formfaktoren som funksjon av takfallet.

C_w kan iht spesielle kriterier reduseres til 0.75

$$f(\alpha) = 1.0 \quad \text{når } 0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$$

$$f(\alpha) = 1.0 - \frac{\alpha - 30^\circ}{40} \quad \text{når } 30^\circ < \alpha$$

$$f(\alpha) = 0.0 \quad \text{når } 70^\circ < \alpha$$

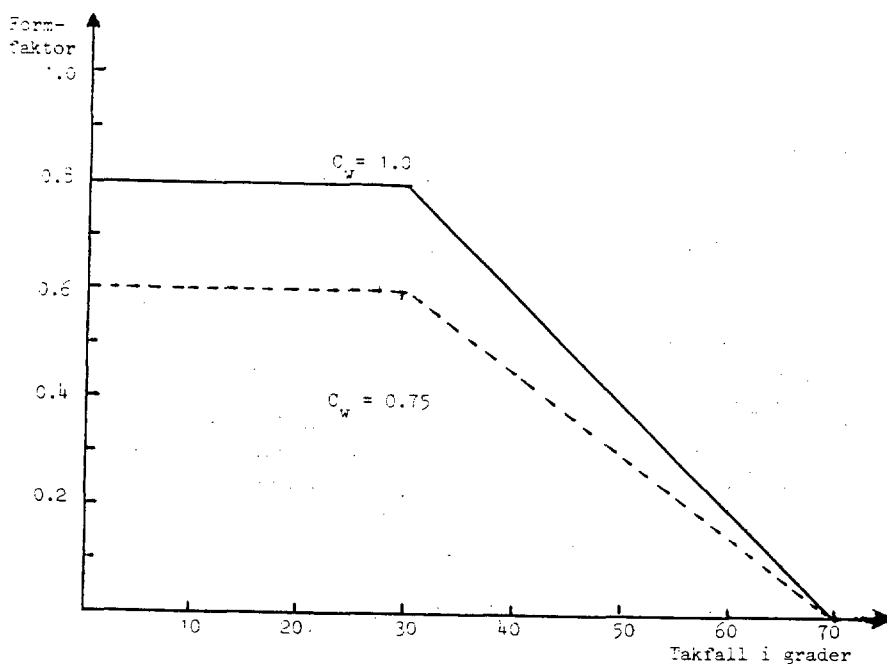


Fig 10 Formfaktor når totallasten skal beregnes.

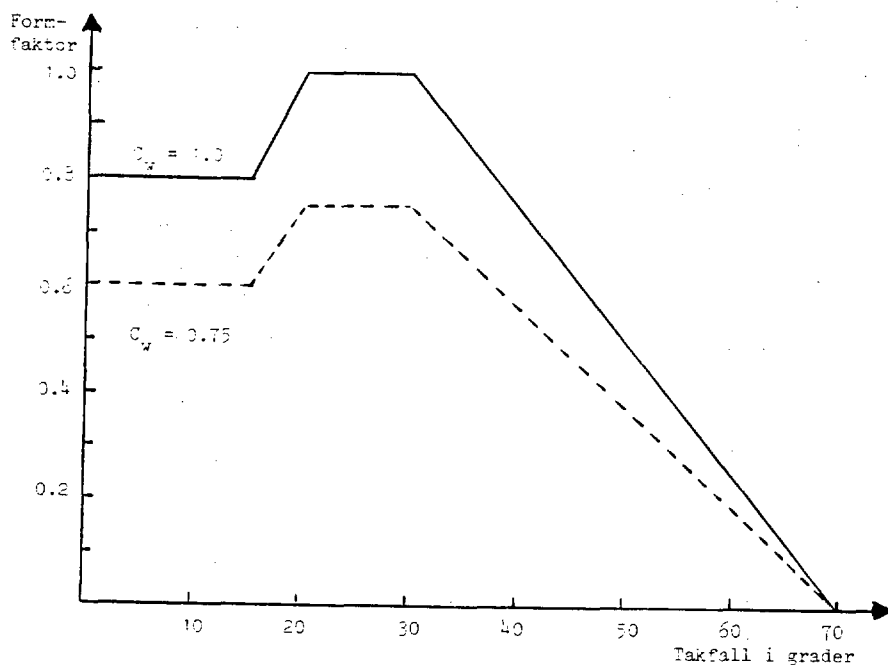


Fig 11 Formfaktor når skjevbelastning skal beregnes. I dette tilfelle er lasten på andre siden lik 0.

Dette betyr at ved skjevbelastning er formfaktoren på den belastede side konstant fra 0 til 15 grader, deretter øker den fra 15 til 20 grader, den er konstant fra 20 til 30 grader for så å synke jevnt til 0 når takvinkelen er 70 grader.

USA

ANSI A58.1-1982 "American National Standard. Minimum Design Loads for Building and Other Structures" har ennå mere detaljerte regler for snølast på tak enn National Building Code of Canada.

Snølast på et saltak skal beregnes etter følgende ligning:

$$p_s = C_s * p_f$$

hvor

C_s er en faktor som tar hensyn til varmegjennomgang og takets helning.

For kalde tak som ikke er glatte er:

$$C_s = 1.0 \quad \text{når } 0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$$

$$C_s = 1.0 - \frac{\alpha - 45}{25} \quad \text{når } 45^\circ < \alpha$$

$$C_s = 0.0 \quad \text{når } 70^\circ < \alpha$$

p_f er snølasten på et flatt tak.

$$p_f = K * C_e * C_t * I * p_g$$

$$K = \begin{cases} 0.7 & \text{for US} \\ 0.6 & \text{for Alaska} \end{cases}$$

C_e : tar hensyn til byggverkets eksponering for vind.

$C_e = 0.8$ for hus som er fullstendig eksponert for vind fra alle sider.

$C_e = 1.2$ for hus som ligger i ly av tette trær, (tett skogsterreng) og hvor det erfaringsmessig er lite vind.

C_t : tar hensyn til varmegjennomgang

$C_t = 1.0$ for oppvarmede tak

$C_t = 1.1$ for tak som har temperatur tilnærmet lik 0°C

$C_t = 1.2$ for kalde tak

I : Byggverkets "viktighet". Tilsvarende våre sikkerhetsklasser.

I varierer fra 0.8 til 1.2.

p_g : snølast på mark.

For takvinkler mellom 15 og 70 grader skal taket i tillegg beregnes for å kunne motstå en skjevbelastning som er 1.5 ganger p_s dividert med C_e .

$$p = 1.5 * \frac{p_s}{C_e}$$

Som et eksempel ser vi på følgende:

1. Huset ligger delvis i ly, slik at man ikke kan stole på at snø blåser vekk. $C_e = 1.0$
2. Kaldt tak. (Ingen varmegjennomgang nedenfra.) $C_t = 1.2$
3. Laveste sikkerhetskategori I = 0.8
4. Snølasten avhenger av takvinkelen og takmaterialet. For et tak som ikke er glatt antar man at $C_s = 1$ fra 0 til 45 grader for deretter å avta lineært til 0 ved 70 grader.

Taket skal beregnes for jevnt fordelt last dvs samme last på begge sider og for skjev belastning dvs en side fri for snø og den andre belastet.

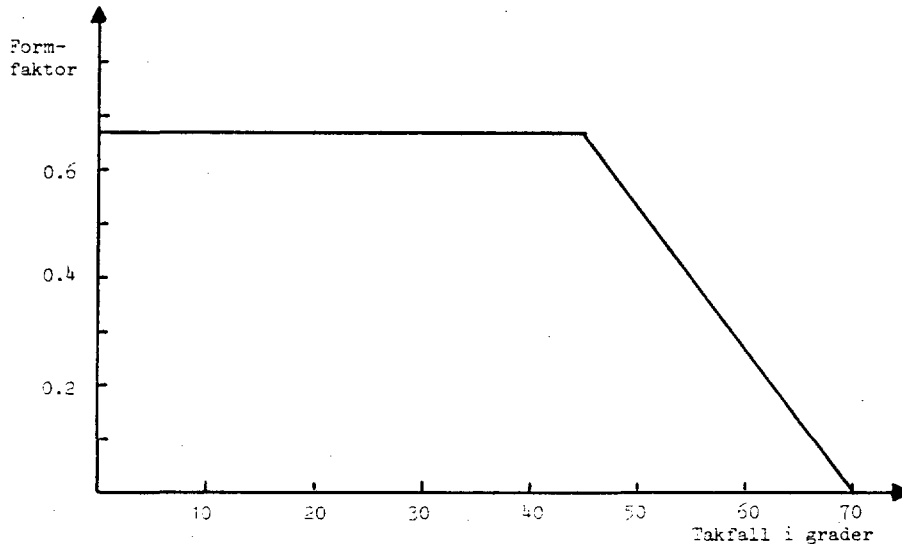


Fig 12 Formfaktoren som benyttes ved beregning av jevnt fordelt last.

Snølasten på den belastede siden vil iht til ovenstående bli når $\alpha \leq 45^\circ$:

$$p = 1.5 * 0.7 * 1.0 * 1.2 * 0.8 * p_g = 1.008 p_g$$

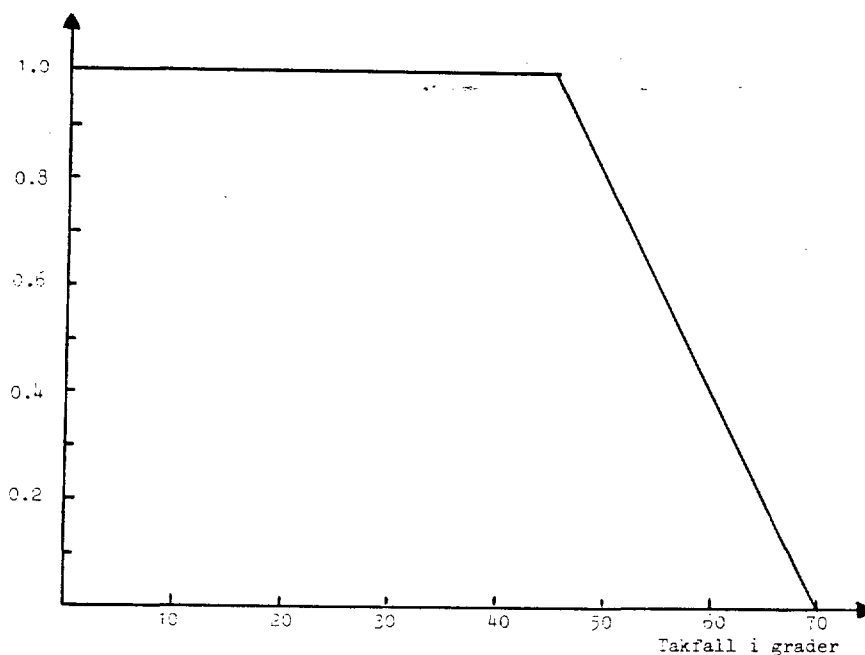


Fig 13 Formfaktoren som benyttes ved skjevbelastning. I dette tilfelle er formfaktoren på andre siden av taket lik 0.

KONKLUSJON

- 1.0 Utifra det tallmaterialet som foreligger kan vi ikke se at det er noe galt i den beregningsmodell for snølast på tak som er presentert i IBT 233. Tallmaterialet indikerer også at den økning i formfaktoren i NS 3479 fra 0.8 til 1.2 når takfallet øker fra 15° til 30° synes å være for stor.
- 2.0 Vi ville ha foretrukket at man innen et område hadde plukket ut et mindre antall bruksnummer og at man hadde observert på disse bruksnummer gjennom hele perioden. For å få best mulige observasjonsrekker burde det også vært observert gjennom hele vintersesongen. På grunn av de store variasjonene vi både har i vindforholdene og i nedbørmengder fra et år til et annet, ville dette etter vår mening ha gitt et bedre grunnlag for å si hvorledes snøen fordeler seg på tak.
Ved å observere på et stort antall steder innenfor et relativt begrenset område får man med mange flere varianter av bl.a. takvinkler, stedets høyde over havet, takmaterialet, mm. Men i og med at forhold som husenes eksponering og plassering mot dominerende vindretninger endres når observasjonsstedet flyttes, føler vi oss ikke trygge på at dette er et ensartet observasjonsmateriale.
- 3.0 Tallmaterialet gir at snølast på tak relativt blir mindre dersom snølast på mark blir større. Vi har forgjeves forsøkt å finne frem til en logisk begrunnelse for dette fenomen. Vi kommer igjen tilbake til at vi ville ha foretrukket å se hvorledes snøen både på taket og på bakken endrer seg gjennom hele vinteren. Vår oppfatning er at en observasjon pr vinter ikke er tilstrekkelig til å belyse dette fenomen fullt ut.
- 4.0 De beregnede formfaktorene synes å falle sammen med den modell som amerikanerne og tildels kanadierene benytter, ved at formfaktorene holdes konstante opp til en viss takvinkel for deretter å synke lineært når takfallet øker. Likevel er det en stor forskjell i, at mens ANSI A58.1-82 holder formfaktoren konstant til 45°, lar IBT-233 formfaktoren begynne å avta allerede ved 20°. En annen forskjell er at både i USA og Canada må taket beregnes både for jevn og skjev belastning. Iht IBT-233 skal man bare beregne for en svak skjevbelastning dvs når takfallet $\leq 20^\circ$ skal ene taksida ha 60% av marklast, mens andre siden skal ha 70%. At det er forskjell i størrelsen på formfaktorene mellom USA/Canada og IBT-233 ligger trolig i den måten som disse er beregnet. IBT-233 har konsekvent benyttet middelveier; dette har så vidt oss bekjent ikke uten videre vært vanlig tidligere.
- 6.0 En av de restriksjoner som IBT-233 setter for bruk av formfaktorene er: "Formfaktorane bør ikkje brukast i strok som er mykje ulike der målingane er gjort, t.eks. i ekstreme kyststrok." Til dette er å si at utifra de tildels meget begrensede områdene hvor det er observert ikke uten videre kan trekkes generelle slutninger om klima i nærliggende områder, dette måtte gjelde både vind og nedbørforhold. Vi ser ikke bort ifra at formfaktorene i IBT-233 kan være representative i de områdene hvor de er målt. Vi stiller likevel et spørsmålsteget ved at snølasten på taket avtar når snølast på mark øker, inntil vi får dette verifisert ved målerrekker som går igjennom hele vintersesongen.