



BYGGFORSK

Norges byggforskningsinstitutt

Berit Hugdal og Anker F. Nielsen

Rennesystemer for glasstak

Dimensjoneringsveiledning

Prosjektrapport 88

Berit Hugdal og Anker F. Nielsen

Rennesystemer for glasstak

Dimensjoneringsveiledning

Norges byggforskningsinstitutt 1991

Prosjektrapport 88

Berit Hugdal og Anker F. Nielsen
Rennesystemer for glasstak
Dimensjoneringsveiledning

ISBN 82-536-0371-1
200 eksemplarer
trykt hos Strandberg & Nilsen Grafisk a.s

© Norges byggforskningsinstitutt 1991
Hovedkontor Oslo:
Forskningsveien 3 b
Postboks 123 Blindern 0314 OSLO
Telefon (02) 96 55 00
Telefax (02) 69 94 38

Trondheimsavdelingen:
Høgskoleringen 7
7034 TRONDHEIM – NTH
Telefon (07) 59 33 90
Telefax (07) 59 33 80

KORT SAMMENDRAG

Rapporten gjennomgår de viktigste størrelsene som har betydning for snølagring og snøsmelting på glasstak. Dimensjonene på renner bestemmes av snømengdene som kommer ned i rennen. Et snøfall på 200 mm med løs snø i løpet av ett døgn er antatt som dimensjonerende. Dette bestemmer størrelsen på renner og høyde på vegg under glasstak. Bruk av varmekabler er normalt nødvendig. Effekten for å smelte snøen er så stor at en form for automatisk styring bør brukes. Dette kan gi en ENØK-gevinst på 80 – 90 % av energien for konstant oppvarming. Til slutt i rapporten beskrives ulike typer renner og utforminger.

| INNHOLD | Side |
|--|------|
| 1. FORORD | 3 |
| 2. GENERELT OM GLASSTAK | 4 |
| 2.1 Orientering og geometri | 4 |
| 2.2 Takvinkel | 4 |
| 2.3 Glasstyper | 5 |
| 2.4 Profiler | 6 |
| 2.4.1 Utforming | 6 |
| 2.4.2 Isolasjon | 7 |
| 2.5 Overgang mot underliggende tak | 7 |
| 2.6 Tilslutning til andre bygningsdeler | 8 |
| 2.7 Snøfangere | 10 |
| 2.8 Ras fra glasstak | 11 |
| 3. KLIMATISKE FORHOLD | 12 |
| 3.1 Innetemperatur | 12 |
| 3.2 Utetemperatur | 13 |
| 3.3 Vind | 14 |
| 4. SNØENS EGENSKAPER | 14 |
| 4.1 Densitet | 14 |
| 4.2 Varmekonduktivitet | 15 |
| 4.3 Friksjonskoeffisient | 16 |
| 4.4 Snølast | 17 |
| 5. DIMENSJONERING AV RENNER OG AVLØPSRØR | 18 |
| 5.1 Nedbør i form av regn | 18 |
| 5.2 Nedbør i form av snø | 19 |
| 6. VARMEKABLER | 23 |
| 6.1 Generelt om varmekabler | 23 |
| 6.2 Styling av varmekabler | 23 |
| 6.3 Bruk av varmekabler | 25 |
| 7. VARMEKABLERS ENERGIFORBRUK | 32 |
| 7.1 Innledning | 32 |
| 7.2 Klimadata | 32 |
| 7.3 Eksempel 1 | 35 |
| 7.3.1 Bruk av kablene | 35 |
| 7.4 Eksempel 2 | 37 |
| 7.5 Andre energiforbruk | 37 |

| | Side |
|-----------------------------------|------|
| 8. UTFORMING AV RENNER | 37 |
| 8.1 Geometri | 37 |
| 8.2 Materiale | 38 |
| 8.3 Fall | 39 |
| | |
| 9. ULIKE RENNETYPER | 40 |
| Referanselitteratur | 55 |
| | |
| DIMENSJONERINGSVEILEDNING 3 sider | 56 |

1. FORORD

Rennesystemer for glasstak må dimensjoneres ut fra andre kriterier enn det som gjelder for konvensjonelle tak.

Undersøkelser har vist at renner på glasstak ofte har for liten kapasitet. Dette skyldes at det ikke tas hensyn til glasstakets spesielle, varmetekniske egenskaper. For konvensjonelle tak vil nedbør i form av regn være dimensjonerende, mens det for et glasstak vil være snømengden som er avgjørende.

Når det gjelder bruk av varmekabler i renner for glasstak, eksisterer det heller ikke her egne dimensjoneringskriterier.

Rapporten er en veiledning til bruk ved dimensjonering av renner for glasstak og dimensjonering av varmekabler til slike renner.

Rapporten handler også om snø- og isproblemer som kan forekomme for glasstak, i og med at snø er en så viktig faktor ved dimensjoneringen. Videre inneholder rapporten et avsnitt om varmekablers energiforbruk, og til slutt beskrives ulike typer renner.

Prosjektet er finansiert dels av Glassbransjeforbundet i Norge (GF) og dels av Olje- og energidepartementet. Departementets bevilgning er en del av statsbudsjettet for 1990; Kapittel 1890 Energiøkonomisering, post 21.2.5 – bransjeutvikling, tilskudd til prosjektet "Utredning om ENØK i forbindelse med varmekabler på glasstak". Tilskuddet er brukt til å utarbeide kapitlene 6 og 7 i rapporten.

Prosjektlederne – siv.ing. Berit Hugdal og professor, dr.ing. Anker F. Nielsen ved Trondheimsavdelingen, Norges byggforskningsinstitutt – har utarbeidet rapporten. De har samarbeidet med ingeniør Carsten Dreier ved instituttets Trondheimsavdeling. Kapittel 6.1 og 6.2 er utarbeidet av siv.ing. Torstein Haugen, IGP A/S, Trondheim. Prosjektleder for Glassbransjeforbundet (GF) har vært Johannes Krumsvik. Medlemmene av GF har skaffet tegninger og eksempler på konstruksjoner, samt gitt opplysninger om erfaringer.

Trondheim/Oslo, juli 1991

Anker F. Nielsen

Berit Hugdal

2. GENERELT OM GLASSTAK

2.1 ORIENTERING OG GEOMETRI

Utforming og plassering av glasstaket i forhold til andre bygninger har stor betydning for om det vil oppstå problemer med snølast.

Så langt det er mulig bør det tas hensyn til fremherskende vindretning om vinteren, slik at faren for fonndannelser reduseres. Glasstakets lengderetning bør følge denne vindretningen. Da vil en vesentlig del av snøen blåse vekk fra taket. En orientering vinkelrett på vindretningen vil lett medføre store snøansamlinger på glasstakets ene side.

Glasstak bør ha samme fall fra møne til raft. Det betyr at det ved overdekkede gater velges et tak med ensidig fall mot en eller begge tilstøtende bygninger (saltak eller pulttak). Hvis flere glassflater støter sammen, er valmtak eller pyramideformede tak gunstige. Disse takene tillater avgliding av snø fra alle fire sider, og kan med fordel benyttes til overdekking av gårder.

En ugunstig løsning er å plassere glasstaket lavere enn tilstøtende bygninger. Dette gir en risiko for takras fra den høyere bygningen og fare for fonndannelser.

En gunstig løsning er derimot å heve glasstaket opp over tilstøtende bygninger. På denne måten er det meget sannsynlig at snøen vil blåse av taket.

2.2 TAKVINKEL

Takets helning har betydning for snølastens størrelse. Dersom helningen blir stor nok, vil snøen kunne gli av taket og redusere belastningen.

For ett glasstak med takvinkel under 20° vil det være en risiko for at snøen ikke glir ned fra taket.

Det anbefales derfor at glasstak får en takvinkel på minst 25° . Ved mindre helninger må taksystemets vanntetthet prøves med den aktuelle lave takvinkel.

For glasstak vil man få følgende reduksjon av snølasten:

| Takvinkel [°] | Reduksjon av snølast [%] |
|------------------|--------------------------------|
| 0 | 0 |
| 5 | 5 |
| 10 | 10 |
| 15 | 15 |
| 20 | 25 |
| 25 | 35 |
| 30 | 50 |
| 35 | 65 |
| 40 | 85 |
| 45 | 100 |
| >45 | 100 |

Ut fra dette kan man se at takets helning har betydning for dimensjonering av renner og avløpsrør. Ved store helninger (30-40 °) vil snøen gli raskere av taket enn ved takvinkler på 20-25 °. Jo langsommere snøen siger av taket, desto mer av den vil smelte på grunn av varme innenfra. På denne måten vil noe av snøen være smeltet før den havner i rennen. Ved bratte takvinkler vil mesteparten av snøen havne i rennen og må dermed smeltes der.

2.3 GLASSTYPER

Det blir brukt forseglede ruter i de fleste glasstak. Funksjonskravene vil i hvert enkelt tilfelle avgjøre hvilken type som er aktuell.

Det vil være mest hensiktsmessig å bruke ruter med U-verdier i området 1,8 til 3,0 W/m²K.

Følgende rutetyper er mest aktuelle:

- to-lags forseglet rute med klart glass.
En slik rute har U-verdi 3,0 W/m²K
- to-lags forseglet rute med ett energiglass (LE-glass).
Disse rutene gir omtrent samme varmeisolasjon som tre-lags ruter med klart glass, men demper gjennomfallende lys litt.
U-verdi 1,7 - 2,1 W/m²K avhengig av hvilken type energiglass som velges
- to-lags forseglet rute med solkontrollglass.
Det er vanlig å dele gruppen solkontrollruter inn i to undergrupper avhengig av det belagte glassets egenskaper.
Den ene gruppen er de såkalte solavskjermende rutene, som ikke gir noen forbedret U-verdi sammenliknet med vanlige to-lags ruter. Den andre gruppen omfatter de lys- og varmeregulerende rutene. Egenskapene til disse rutene varierer fra glasstype til glasstype, men det er vanlig å regne med en U-verdi som tilsvarer tre-lags ruter med klart glass

Krav til U-verdi og energibalanse avgjør om vanlige forseglede to-lags ruter er tilstrekkelig, eller om man må benytte andre produkter med bedre varmeisolasjon.

For glassgårder som skal være oppvarmet til 15-18 °C velges ofte to-lags ruter med energiglass. Ved lavere innetemperaturen kan det brukes vanlig klart glass.

Ved valg av glasstype, må det også tas hensyn til om snøsmelting skal bidra til å redusere snølasten. En vanlig to-lags rute som har dårligere U-verdi enn en to-lags rute med energiglass, vil gi økt snøsmelting, noe som igjen vil redusere belastningen på taket, men det vil medføre et høyere energiforbruk for å varme opp rommet under glasstaket.

2.4 PROFILER

2.4.1 UTFORMING

På et tak i en sammenhengende lengde og med tilstrekkelig fall, vil regnvann renne ned langs glasset langsetter de vertikale profilene. Utformingen av disse profilene er ikke så viktig med hensyn til bortledning av vann og avglidning av snø. Man bør imidlertid passe på at ikke en altfor stor del av profilet blir montert utvendig. Dette kan føre til at profilets overflatetemperatur blir så lav at snøen fryser fast og det kan dannes snøbroer mellom de vertikale profilene.

Dersom taket er langt, må lengden oppdeles med horisontale profiler, og hver sprosse vil bli en liten demning for vannet. Her vil det bli stående vann direkte på tetningen omkring glassets nedre del, og dette vil med tiden føre til vanninntrenging i konstruksjonen.

I tillegg må de horisontale profilene ikke virke som snøfangere. De må utformes slik at snøen kan gli over.

Ut fra dette er det viktig at profilet ligger så nær glassets plan som mulig. Profilet må få en form som tillater avglidning av snø og som ikke demmer opp for vann. Rettkantede sprosser bør unngås, se figur 2.1. Profilet kan også utformes med avfaset kant på oversiden.

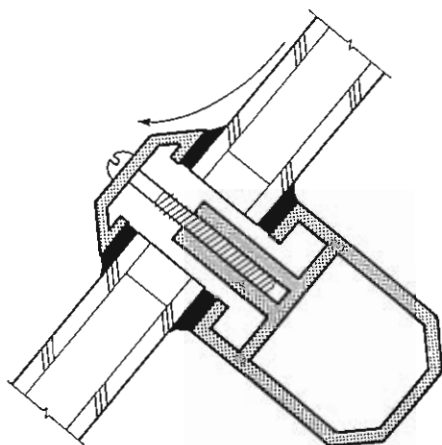


Fig. 2.1 Riktig form på dekkprofil

2.4.2 ISOLASJON

I tillegg til at profilene ikke må virke som snøfangere, må de ikke varmeisolerer bedre enn glassflaten. Hvis profilet er for godt isolert, vil det dannes istapper. Vann fra snø som har smeltet på glassflaten vil fryse fast på profilet, og demme opp for videre smeltevann og avglidende snø. Dette fører igjen til at vil bli stående vann direkte på tetningen på glassets nedre del med fare for større vanninntrenging.

Vanligvis er metallprofiler dårligere isolert enn glasset. Ved å velge store innvendige profiler og små utvendige flater, vil overflatetemperaturen bli høyere og risikoen for isdannelser vil reduseres.

2.5 OVERGANG MOT UNDERLIGGENDE TAK

Nedenfor glasstaket må det settes av plass til den snøen som glir av. Snøen kan havne i en renne, på et lavereliggende tak eller på bakken.

En løsning som er mye brukt er der glasstaket er hevet over et annet, gjerne et fullisolert flatt tak. I dette tilfellet bør vegghøyden tilpasses etter glassflatens lengde i fallretningen. Hvor stor lagringsplass man bør avsette, avhenger av hvor mye snø som kan falle i løpet av kort tid og hvor stor kapasitet man har på snøsmelteanlegget.

Tabell 2.1 Vegghøyder ved ulike taklengder. Snøfall 200 mm.

| Taklengde i fallretning (L) [m] | Vegghøyde (H) [m] |
|---------------------------------|-------------------|
| 2-4 | 0,3 |
| 7 | 0,5 |
| 10 | 0,7 |
| 12 | 0,8 |

For å få plass nok til montering av beslag, bør veggen være min. 0,3 m høy.

For et tak med lengde 10 m i fallretningen, tilsier dette at veggen bør ha en høyde på ca. 0,70 m når man antar et snøfall på 200 mm.

Korte knevegger (under ca. 1 m) bør utføres som tett, isolert vegg. For høyere vegger kan det være aktuelt å la øvre del av veggen være av glass. Dette vil gi økt snøsmelting og gjøre det lettere å følge med snøakkumuleringen. For slike vegger vil overgangen mellom tett vegg og vegg av glass være et kritisk punkt. I slike tilfeller bør den tette delen av veggen ha høyde H, se fig. 2.2.

For utførelse av detaljer henvises til /10/.

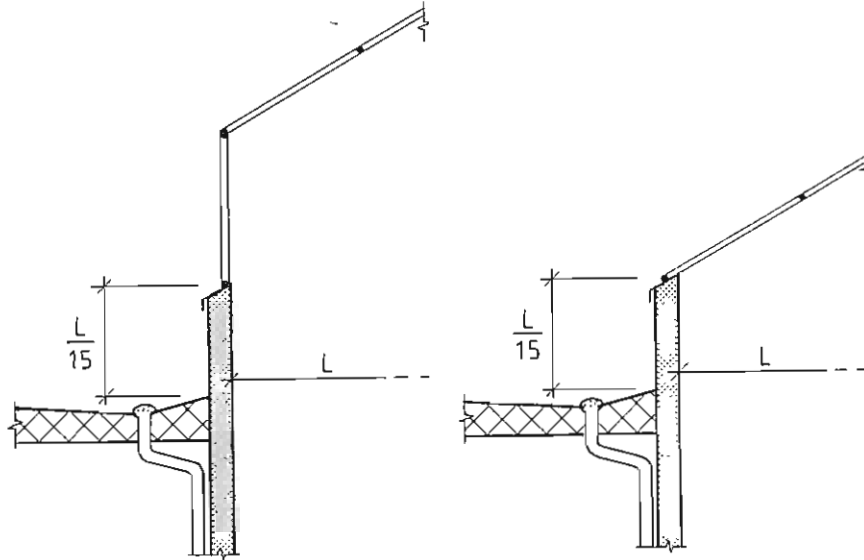


Fig. 2.2 Overgang mellom glasstak og lavereliggende tak

2.6 TILSLUTNING TIL ANDRE BYGNINGSDELER

Dette er et typisk problemområde hvor det kan dannes istapper. Dette skjer fordi hjørnet mellom tak og veggprofiler feilaktig er fylt med isolasjon. Her vil smeltevannet fryse på profilet fordi det har en lavere temperatur enn resten av taket.

Det er også klart at glasstaket aldri må ha noe utspring i forhold til veggen. Dette vil helt sikkert gi istapper, og stor risiko for glassbrekkasje.

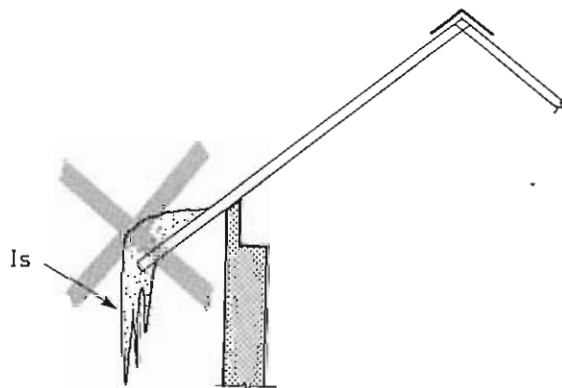


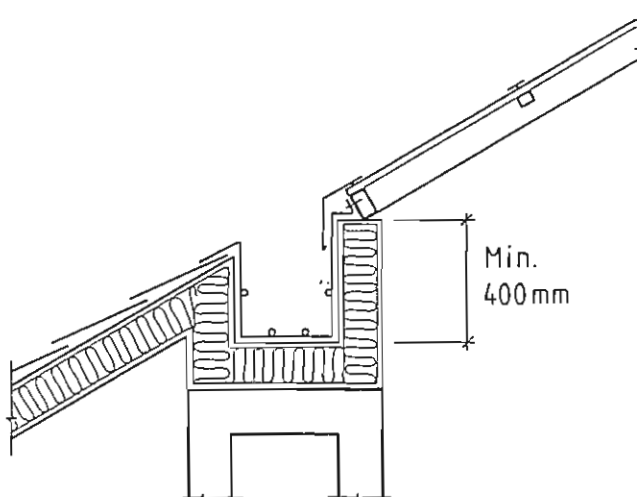
Fig. 2.3 Utstikkende glasstak vil gi isproblemer

Problemene med isdannelse er dels risiko for nedfall av isen ved værromslag, men også at dette forhindrer den normale avglidingen av snø fra taket. Dermed kan lasten på glasset øke og det kan dannes vanddammer med lekkasjer som følge.

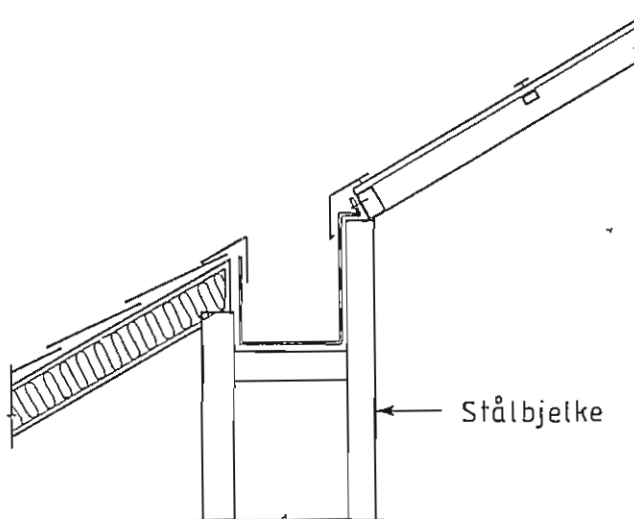
Den korrekte løsningen for overgangen er å ha omtrent samme U-verdi for hjørnet som for resten av profilene.

Dersom en takflate av glass fortsetter i en isolert takflate, vil snø bli liggende på den isolerte delen, men ikke på glasset. Smeltevann fra glasset vil fryse straks det når den isolerte delen, og det kan oppstå store issvuller. Disse issvullene vil igjen danne smeltvannsdammer som forårsaker direkte vanntrykk på glass og tetninger og stor risiko for lekkasjer.

I slike tilfeller bør det være en renne mellom glasstak-delen og den isolerte takflaten. Rennen må utføres slik at den kan samle opp smeltevann og lede dette som vann til et innvendig nedløp.



Glasstak med underliggende isolert tak.
Varmekabler i renne



Renne uten varmekabel. Rennevegg med
isolasjonsverdi som glasstaket.

Fig. 2.4 Renne mellom glasstak og isolert takflate

En isolert flate som går over i et underliggende glasstak, vil ikke gi smeltvannsdammer. Men det isolerte taket bør være utstyrt med snøfangere for å hindre ev. snøras ned mot glasset.

2.7 SNØFANGERE OG HINDRINGER

For å hindre takras, har man i enkelte tilfeller ønsket å bruke snøfangere på glasstaket. Imidlertid kan bruk av snøfangere føre med seg en rekke uønskede problemer.

Snøfangere vil bety at belastningen på glasstaket ikke lenger kan reduseres, fordi snøen ikke kan gli ned. Det vil med meget stor sannsynlighet dannes issvuller ved snøfangerne i visse perioder. Dette vil øke risikoen for vannlekkasjer. Ved å forsyne snøfangerne med varmekabler, kan isen smeltes, men dette vil kreve at man også plasserer varmekabler ved takfot og sluk, slik at vannet ikke fryser på vei bort fra taket.

Hvis det er mulig, bør snøfangere unngås.

Trappetårn, ventilasjonskanaler og andre ting som stikker opp gjennom en glassflate, bør plasseres ved toppen av glasstaket. Ved andre plasseringer kan de virke som snøfangere.

Åpningsbare partier i takflaten vil også kunne virke som snøfangere. For å få tette overganger mellom luker og tak, er det nødvendig at lukene heves opp over den normale glassflaten. Åpningsbare partier bør derfor plasseres i toppen av skrå glassflater.



Fig. 2.5 Snøfangere hindrer videre avglidning av snø

2.8 RAS FRA GLASSTAK

Ved et glasstak forutsettes det vanligvis at snøen kan gli ned fra taket for å redusere belastningen. Avgliding fra glasstak skjer langsomt fordi snøen fuktes opp fra undersiden, noe som igjen fører til at flaket vil brette opp og falle ned i mindre stykker.

Den største risikoen er at det dannes is som faller ned. Generelt må ras fra glasstak ikke kunne ramme fortau med personer eller parkerte biler.

Dette kan unngås ved å bygge baldakiner som dimensjoneres ut fra støtlasten, eller ved å unngå at trafikkerte arealer vender opp mot et skrått glasstak. Det enkleste er å la gavlen på glasstaket vende mot trafikkerte områder og samle opp ras i renner eller på lavereliggende tak.

Dersom helning mot trafikkerte steder brukes, kan en renne plasseres i enden av glassflaten slik at raset stopper der. Denne rennen må være meget kraftig for å ta opp raset og dessuten være forsynt med varmekabler. Rennen bør plasseres på toppen av veggen og ikke fritthengende på grunn av risiko for nedstyrting ved et ekstremt snøfall.

3. KLIMATISKE FORHOLD

3.1 INNETEMPERATUR

Det er vanlig å skille mellom tre typer glassgårder, avhengig av innetemperaturen.

1. Helklimatiserte glassgårder
Denne gruppen inneholder glasstak over rom som er oppvarmet til en minimumstemperatur på 15°C hele året.
2. Halvklimatiserte glassgårder
Gruppen består av glasstak over rom som ikke er konstant oppvarmet, men har varierende innetemperatur som aldri kommer under 5°C.
3. Uoppvarmede glassgårder
Gruppen består av glasstak over rom som er uoppvarmet eller bare har et mindre varmetilskudd. Typisk innetemperatur vil være i området 2 til 6°C over utetemperaturen.

For tak over et uoppvarmet rom vil det ikke skje noen smelting med mindre solen skinner på taket eller utetemperaturen kommer over 0°C. I de fleste tilfeller vil glasstaket være plassert over et lukket rom, som delvis oppvarmes av varmetilskudd fra tilstøtende bygninger. Normalt velges løsninger med oppvarming til en viss minstemperatur. Her vil smeltingen begynne allerede ved små snøtykkelser.

Glassets U-verdi vil selvsagt ha stor innflytelse på smeltehastigheten.

Tabell 3.1 viser smeltehastigheten ved ulike innetemperaturer og for U-verdier på 1,90 W/m²K og 3,00 W/m²K

TABELL 3.1 Smeltehastighet ved ulike innetemperature

| Innetemperatur [°C] | Smeltehastighet [kg/m ² døgn] | |
|------------------------|--|------------------------------------|
| | U-verdi 1,90 W/m ² K | U-verdi 3,00 W/m ² K |
| 20 | 10,8 | 17,9 |
| 15 | 8,1 | 13,4 |
| 10 | 5,4 | 9,0 |
| 5 | 2,7 | 4,5 |
| 2 | 1,1 | 1,8 |

Tabellen viser at smeltehastigheten øker med ca. 40% når glasstakets U-verdi økes fra 1,90 til 3,00 W/m²K.

3.2 UTETEMPERATUR

Utetemperaturen er en viktig faktor når det gjelder smelting av snø. Snø isolerer godt og når snølaget får en viss tykkelse, vil smelting starte på undersiden. Jo lavere utetemperaturen er, desto tykkere må snølaget være for at temperaturen på undersiden av snølaget skal bli 0 °C og smelting starte.

Tabell 3.2 viser hvor stor tykkelse snølaget må ha før smelting starter ved ulike utetemperature. Det regnes her med en innetemperatur på 15 °C, og U-verdi for glasstaket er satt til 1,90 W/m²K og 3,00 W/m²K. Snøens densitet er 100 kg/m³ (nysnø).

TABELL 3.2 Tykkelse på snølag før snøsmelting starter

| Utetemperatur [°C] | Tykkelse på snølag [mm] | |
|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | U-verdi 1,90 W/m ² K | U-verdi 3,00 W/m ² K |
| -5 | 6 | 3 |
| -10 | 14 | 8 |
| -15 | 23 | 13 |
| -20 | 31 | 18 |
| -25 | 39 | 23 |

Som tabellen viser starter smelting ved svært små tykkelser, selv ved lave utetemperaturer.

De største snøfallene får man som oftest ved temperaturer på 0 til -5°C , sjelden ved lavere temperaturer. Smelting fra undersiden av snølaget vil da starte relativt raskt og snøen vil gli av taket og havne ved takfot eller i renne.

3.3 VIND

Vindens hastighet og retning har også betydning når det gjelder snømengden på et tak. Det er bare når vindhastigheten er lav at fallende snø legger seg som et jevnt lag på taket. Dersom vindhastigheten blir større enn ca. 4 m/s, vil snøpartikler bli ført med vinden. Det vil da legges seg snø i daler, på lesiden av hinder som ventilasjonskanaler, skorsteiner eller på tak som ligger i le av høyere bygninger.

4 SNØENS EGENSKAPER

4.1 DENSITET

Densiteten til et snølag kan variere ganske mye. Nysnø kan ha en densitet på 50 kg/m^3 , og gammel snø opp til $400\text{-}500 \text{ kg/m}^3$. Når man skal beregne massen til et snølag, er det viktig at man benytter representative verdier for densiteten.

Densiteten i snølaget vil som regel variere. De største verdiene har man i bunnen av laget, og de reduseres mot overflaten. En økning i snølagets masse skjer nesten alltid på grunn av nedbør og fonndannelser. Snølagets masse vil reduseres ved smelting og bortblåsing.

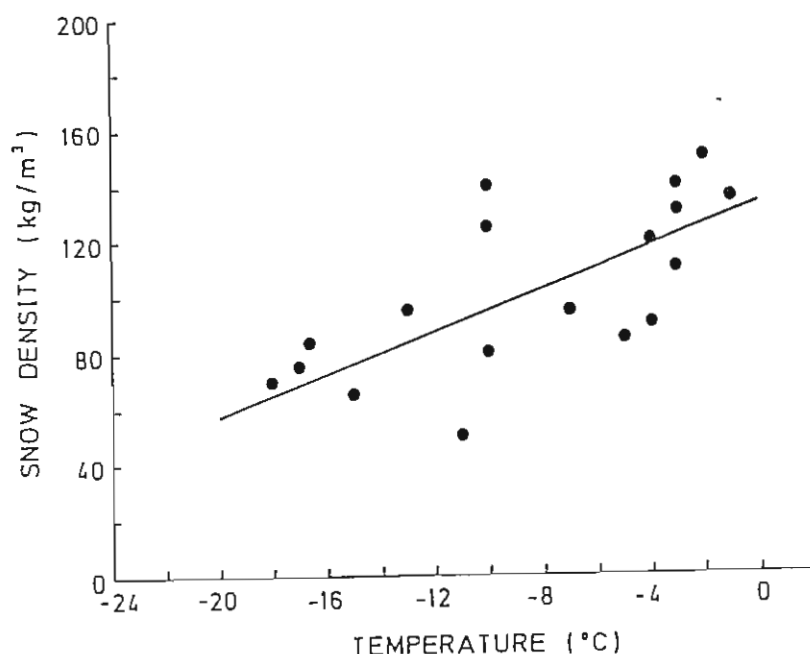


Fig. 4.1 Densitet for nysnø

Maksimal snødybde vil sannsynligvis opptre etter et stort snøfall, og da vil en stor del av snødekket bestå av nysnø med en lav densitet. Undersøkelser har vist at snøens densitet varierer med temperaturen på følgende måte: Ved lave temperaturer har nysnø en lav densitet. Når temperaturen stiger, øker også densiteten.

Undersøkelser på vanlige tak viser at gjennomsnittets densitet typisk ligger på 200-300 kg/m³. Snø som glir ned fra tak til renne, vil bli komprimert slik at densiteten blir høyere. Også ved plutselige ras vil snøens densitet bli høyere. Dette har betydning når man skal beregne snødekkets volum. På et glasstak vil snøen f.eks. ha en densitet på 100 kg/m³ når den legger seg på taket. Når avglidning skjer og snøen havner i rennen, har vanninnholdet økt på grunn av smelting og snøen blir komprimert på grunn av fallet. På denne måten øker densiteten, slik at når snøen havner i rennen, kan den ha en densitet på ca. 300 kg/m³. Dette tilsier at snøens volum reduseres med 2/3 fra den faller på taket til den havner i rennen.

Ved videre beregninger vil det her bli benyttet densiteter på 100 kg/m³ for nysnø og 300 kg/m³ for "gammel" snø. Densiteten kan kanskje bli høyere ved avglidning og ras, men når det gjelder dimensjonering av renner vil dette bare gi et positivt bidrag. Dersom snøen komprimeres mer, vil volumet reduseres ytterligere.

4.2 VARMEKONDUKTIVITET

Snøens varmekonduktivitet henger nøye sammen med densiteten. Sammenhengen mellom varmekonduktivitet og densitet er vist i fig. 4.2

Når densiteten endres fra 100 til 300 kg/m³ medfører dette samtidig en endring i varmekonduktiviteten fra 0,05 W/mK til 0,23 W/mK.

Den lette snøen isolerer nesten like godt som mineralull. På et glasstak som har en U-verdi på 3,00 W/m²K kreves det bare en liten snøtykkelse for å heve temperaturen på glassets overside til over frysepunktet slik at snøsmelting oppstår.

Se for øvrig punkt 3.2

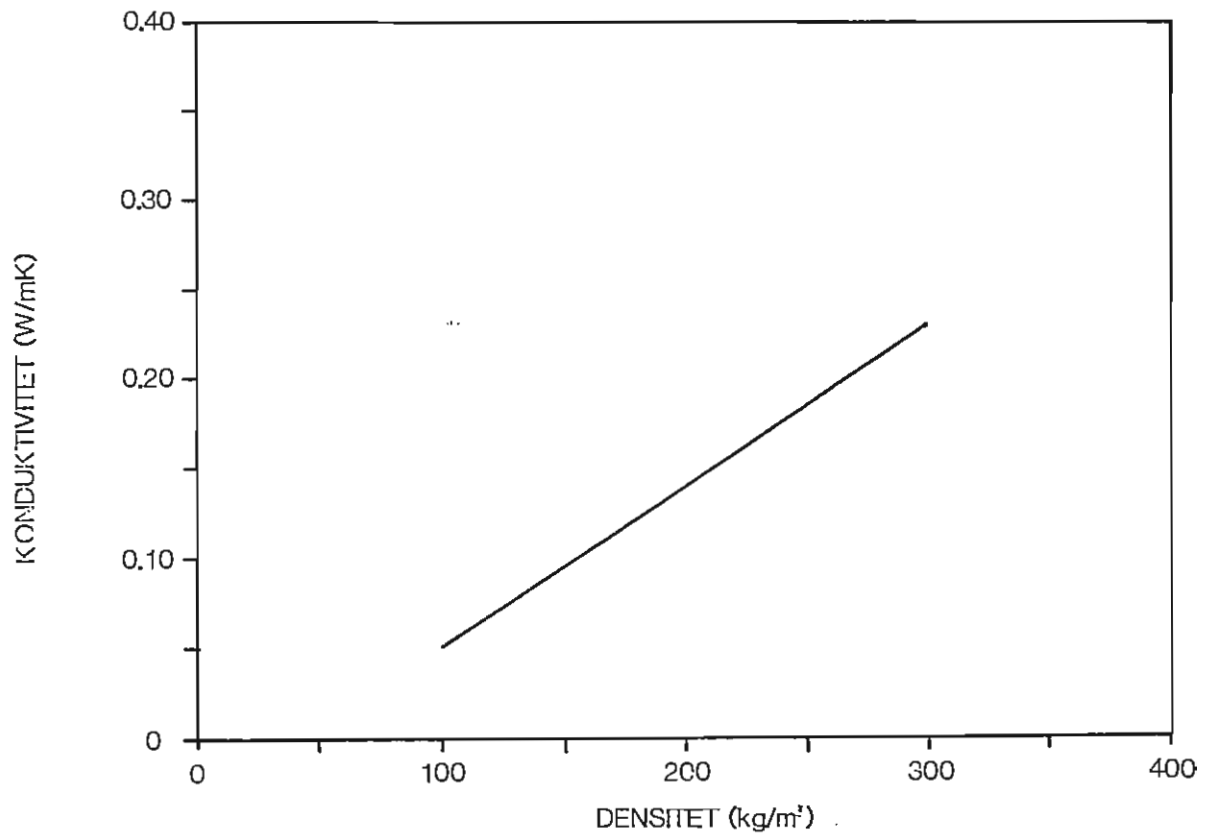


Fig. 4.2 Sammenhengen mellom varmekonduktivitet og densitet

4.3 FRIKSJONKOEFFISIENT SNØ/GLASS

Friksjonen mellom snø og glass avhenger av temperaturen. Verdien på friksjonskoeffisienten er lavest ved frysepunktet, og stiger med fallende temperatur.

4.4 SNØLAST

Snølast på tak er en funksjon av klima, høyde over havet, topografi, bygningens form, varmegjennomgang og tiden.

Snølasten på taket (s) defineres som produktet av den karakteristiske snølast (s_0) som i det området bygningen ligger og formfaktoren (μ) for konstruksjonen.

$$s = s_0 * \mu \quad (1)$$

Karakteristisk snølast på mark for ulike steder i Norge finner man i NS3479. Formfaktoren tar hensyn til større eller mindre belastning på grunn av den geometriske utforming av bygningen.

Denne metoden tar ikke hensyn til at snøen vil smelte over oppvarmede glasstak ettersom disse er mye dårligere varmeisolerert enn vanlige tak. Den tar heller ikke hensyn til at snøen kan gli av et glasstak.

For å ta hensyn til disse forhold, innføres det en termisk faktor C_t i formel (1):

$$s = \mu * C_t * s_0 \quad (2)$$

Den termiske faktoren C_t for reduksjon av snølast på transparente tak er gitt ved:

$$C_t = [1 - 0,054 (s_0/3,5)^{0,25} * f(U_0, \theta)] * \cos(2\beta) \quad 0 \leq \beta \leq 45 \quad (3)$$

$$\text{hvor } f(U_0, \theta) = \begin{matrix} (\theta - 5) [\sin(0,4 U_0 - 0,1)]^{0,75} & \text{for } 1,0 \leq U_0 \leq 4,5 & \text{og } 5 \leq \theta \leq 18 \\ \theta - 5 & \text{for } U_0 > 4,5 & \text{og } 5 \leq \theta \leq 18 \end{matrix}$$

U_0 = varmegjennomgangskoeffisienten (W/m^2K)

β = takvinkel i grader

s_0 = karakteristisk snølast på mark (KN/m^2)

θ = laveste forventede innetemperatur om vinteren ($^{\circ}C$)

Parameteren U_0 gjelder selve den transparente flaten når utvendig varmeovergangsmotstand er null.

For en mere fullstendig beskrivelse og eksempler på bruk, henvises det til litteratur /1/ og /2/.

5 DIMENSJONERING AV RENNER OG AVLØPSRØR

I hovedsak er det følgende faktorer som bestemmer dimensjonene på renner og avløpsrør:

- snømengde
- taklengde
- bruk av varmekabler
- isolasjon av renne

Hva angår renner for glasstak er det som før nevnt først og fremst snøfall som er dimensjonerende. Når rennene dimensjoneres ut fra snømengder vil de også være store nok til å kunne lede bort nedbør i form av regn. For avløpsrør vil imidlertid regnintensiteten ha betydning.

5.1 NEDBØR I FORM AV REGN

Tradisjonelt sett så har nedbør i form av regn blitt brukt som dimensjoneringsgrunnlag for takrenner og avløp.

På et vanlig isolert tak vil snøen i hovedsak smelte på grunn av solvarme og utetemperatur, og avglidning forekommer ikke i samme grad som for et glasstak. På slike tak vil det være regnintensitet i kortvarige perioder (5-10 min.) samt varigheten og hyppigheten av disse som danner grunnlaget for dimensjonering av renne- og avløpssystem. Normalt dimensjoneres det ikke for de kraftigste, kortvarige regnbygene som forekommer, men det aksepteres at systemet blir overbelastet fra tid til annen.

Regnintensiteten varierer lokalt og er gjerne størst i innlandsområder i sommerhalvåret. En regnintensitet på $0,013 \text{ l/s m}^2$ (130 l/s ha) er relevant som dimensjoneringsgrunnlag de fleste steder i Norge.

Avløpsrørets beliggenhet har betydning for kapasiteten både for renne og selve avløpsrøret. Når avløpsrøret er plassert i midten isteden for i enden av takrennen, øker rennens kapasitet med ca. 100% og avløpsrørets kapasitet med 40-50%.

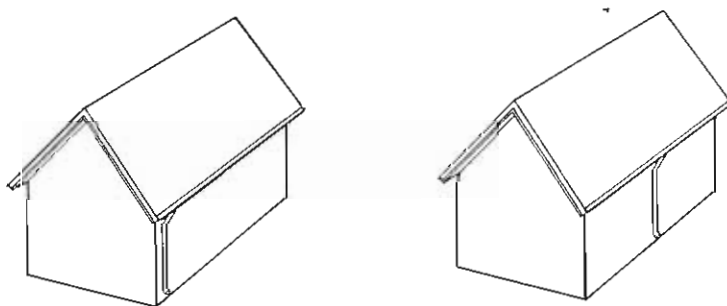


Fig. 5.1 Plassering av avløpsrør

NS 3230 angir fire dimensjoner for avløpsrør og takrenner i henholdsvis rund/halvrund og firkantet/trapesformet utforming. Tabell 5.1 viser takrennens kapasitet basert på en regnintensitet på $0,013 \text{ l/s m}^2$. Takrennens dimensjoner angir halvrunde renners diameter og trapesformete renners største bredde.

TABELL 5.1 Takrennens kapasitet
Takrennens dimensjoner angir halvrunde renners diameter og trapesformede renners største bredde.

| Takrennens dimensjon [mm] | Vannførende areal [mm ²] | Maks. takareal [m ²] | |
|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| | | Nedløp i enden av takrennen | Nedløp midt på takrennen |
| 100 | 4000 (3000) | 60 (45) | 120 (90) |
| 115 | 5000 (4000) | 90 (60) | 180 (120) |
| 125 | 6000 (5000) | 110 (90) | 220 (180) |
| 150 | 9000 (7500) | 170 (110) | 340 (220) |

Verdier for halvrunde renner med dybde lik halve takrennens diameter er satt i parentes.

Tabell 5.2 viser avløpsrørets kapasitet basert på en regnintensitet på 0,013 l/s m².

TABELL 5.2 Avløpsrørets kapasitet
Avløpsrørets dimensjon angir diameter på runde avløpsrør og bredde på kvadratiske avløpsrør.

| Avløpsrørets dimensjon [mm] | Maks. takareal [m] | |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | Avløp i enden av takrennen | Avløp midt på takrennen |
| 63 | 90 | 130 |
| 75 | 100 | 230 |
| 90 | 240 | 350 |
| 110 | > 240 | |

5.2 NEDBØR - SNØ

Hvor store snøfall kan forventes i Norge? Dette vil være svært avhengig av stedet.

Undersøkelser viser at snøfall på opp mot 20 mm vann (200 mm snø) i løpet av ett døgn ikke er uvanlig. Tykkelse på snø kan omregnes til nedbør ved å dele med 10.

Ved å studere klimadata for ulike steder i Norge, ser man at perioder hvor det faller 10-15 mm nedbør flere døgn etter hverandre, forekommer relativt ofte. I tilfelle av et slikt vedvarende snøfall, vil det være konstant snøsmelting fra snølagets underside.

Det er sjelden særlig kaldt samtidig med et kraftig snøfall. Klimadata for Værnes i perioden 1. - 15. mars 1990 viser at temperaturen lå rundt 0°C samtidig som det snødde opp til 150 mm i løpet av ett døgn.

Ved temperaturer rundt frysepunktet, vil snølaget på et glasstak ikke bli særlig tykt før smelting starter. Snøen vil gli av når den blir tung nok, og taket vil relativt raskt være snøfritt igjen.

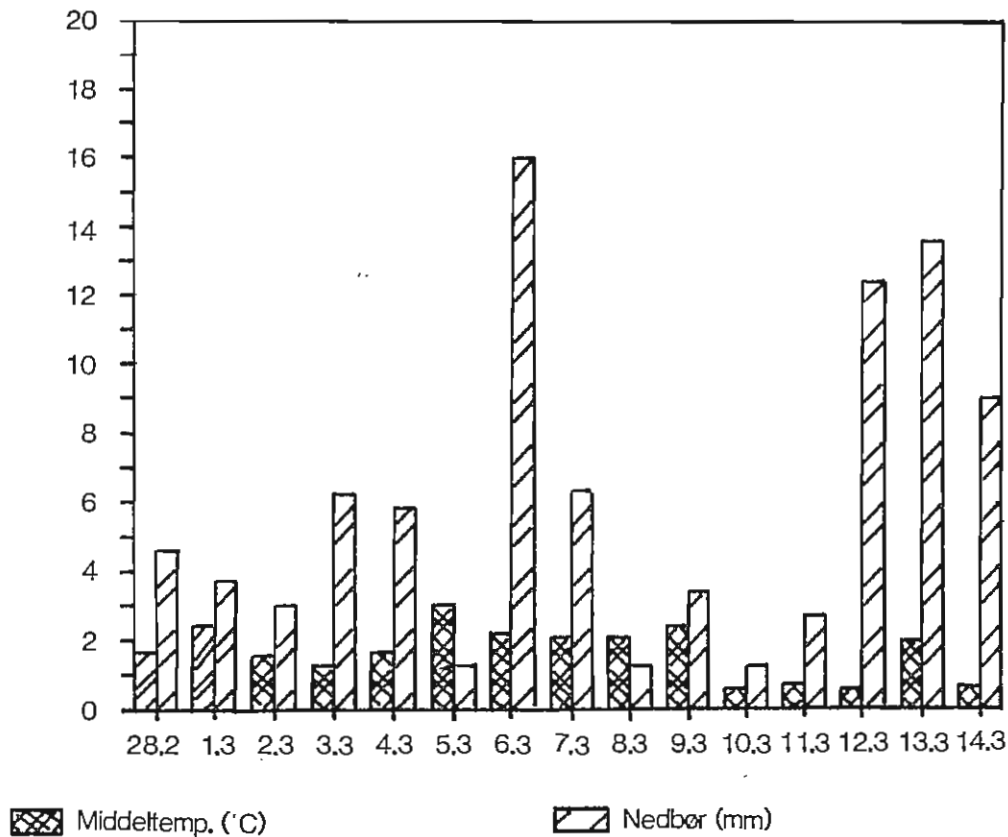


Fig. 5.2 Klimadata fra Værnes

Når man skal dimensjonere renner for glasstak, bør man i første rekke vurdere rennenes størrelse ut fra snømengden som det skal være plass til i renna.

Hvis man dimensjonerer renner for glasstak ut fra regnintensiteten, vil rennene bli altfor små til å kunne romme sannsynlige snømengder. For et tak med lengde 10 m i fallretningen, vil et snøfall på noen få mm være nok til at rennen blir overbelastet. Når man så vet at snøfall på 100-150 mm i løpet av ett døgn ikke er uvanlig på de fleste steder i Norge, ser man at dimensjonering på grunnlag av regnintensiteter ikke vil gi tilfredsstillende resultat.

Noe snø vil smelte på grunn av varme innenfra mens den ligger på taket. Mengden som smeltes vil avhenge av glassets U-verdi og innnetemperatur. Det vil imidlertid dreie seg om små mengder.

Tabell 5.3 viser hvor store snømengder et snøfall på 200 mm vil gi for ulike taklengder i fallretningen.

TABELL 5.3 Snømengder pr. m renne ved et snøfall på 200 mm

| Taklengde i fallretningen [m] | Snømengde [m ³] | Snømengde [kg] |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------|
| 2 | 0,13 | 40 |
| 3 | 0,20 | 60 |
| 4 | 0,27 | 80 |
| 5 | 0,33 | 100 |
| 6 | 0,40 | 120 |
| 7 | 0,47 | 140 |
| 8 | 0,53 | 160 |
| 9 | 0,60 | 180 |
| 10 | 0,67 | 200 |
| 11 | 0,73 | 220 |
| 12 | 0,80 | 240 |
| 13 | 0,87 | 260 |
| 14 | 0,93 | 280 |
| 15 | 1,00 | 300 |

Det er disse snømengdene man må ta hensyn til ved dimensjonering av renner for glasstak. Et snøfall på 200 mm vil være relevant som dimensjoneringsgrunnlag de fleste steder i Norge. Større snøfall vil fra tid til annen forekomme, og da må man kunne akseptere at rennesystemet overbelastes. Det tilsier at de konstruksjonsløsninger som velges må være gjennomprøvde og kunne tåle en slik påkjenning.

Ut fra dette kan man sette opp følgende tabell for rennedimensjoner og taklengde ved et snøfall på 200 mm.

TABELL 5.4 Dimensjoner på renne pr. lm.

| Dimensjoner på renne b x h [mm] | Volum [m ³] | Maks. tak- lengde i fall- retning [m] |
|------------------------------------|----------------------------|--|
| 400 x 400 | 0,16 | 2,0 |
| 500 x 500 | 0,25 | 3,5 |
| 600 x 500 | 0,30 | 4,5 |
| 600 x 600 | 0,36 | 5,3 |
| 700 x 600 | 0,42 | 6,2 |
| 900 x 700 | 0,63 | 10,0 |

Tabellen viser at det allerede ved små taklengder vil være behov for relativt store renner. Hvis man f.eks. har et tak med en lengde på 10 m, vil det ved et snøfall på 200 mm være nødvendig med en renne på 900 mm x 700 mm. På grunn av arkitektur og konstruksjonsløsninger er det ikke realistisk å gjennomføre dette, så man bør kunne akseptere at rennesystemet overbelastes fra tid til annen.

For mer snøfattige områder som f.eks. langs vestkysten av Norge der det sjelden forekommer større snøfall, kan maksimal taklengde økes i henhold til fig. 5.3

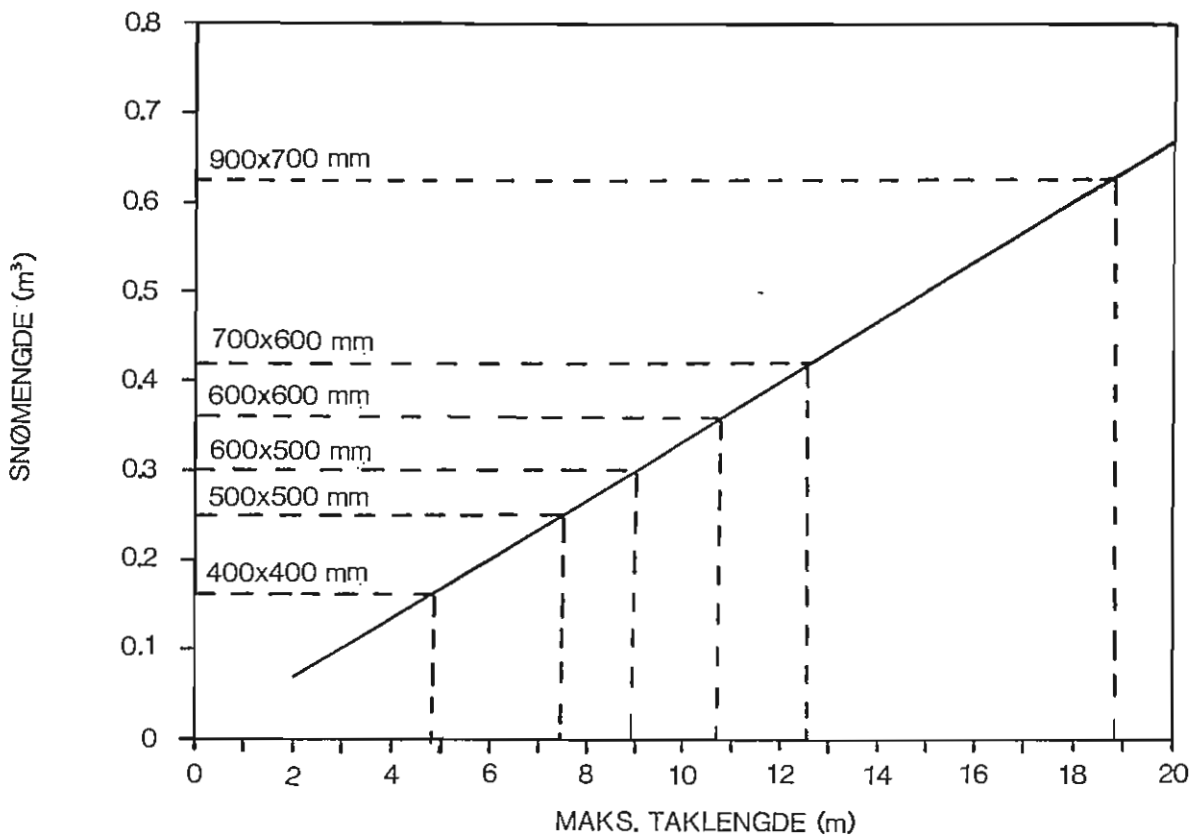


Fig. 5.3 Snømengde ved et snøfall på 100 mm

6. VARMEKABLER

Når snøen har havnet i rennen, må den smeltes. Dette er spesielt viktig hvis rennene er for små til å kunne romme snøen fra taket. Det vanlige er å benytte varmekabler for å få smeltet denne snøen.

6.1 GENERELT OM VARMEKABLER

Ved installasjon av varmekabelanlegg på takflater, i takrenner og i nedløpsrør, skal forskrifter for elektriske bygningsinstallasjoner følges.

På brennbart underlag som takpapp og folie setter forskrifter for elektriske bygningsinstallasjoner krav til at maksimale temperaturgrenser ikke skal overskrides. Denne grensen er satt til 70 °C.

En skal videre være oppmerksom på at leverandør av takpapp og folie kan sette andre og vesentlig lavere temperaturgrenser.

På ikke brennbart underlag som stål og aluminium, setter forskrifter for elektriske bygningsinstallasjoner ikke krav til maksimal temperatur på underlaget. Derimot stilles det krav om at temperaturen på brennbare bygningsdeler som er i nærheten, i omgivelsene til kablene, ikke skal overskride 80 °C.

Det vil derfor være aktuelt at en for begge installasjonsmåter har maksimaltemperaturvakt i form av termostat eller temperaturføler.

Videre skal varmekabelanlegg utstyres med jordfeilbryter eller tilsvarende vern for utkobling ved jordfeil på kablene.

Montering av varmekabler kan gjøres på flere måter. Hovedprinsippene vil være at kablene ligger parallelt og med en gitt avstand slik at en oppnår jevn avsmelting i hele rennas lengde og bredde. For å oppnå dette må kablene festes med jevne mellomrom. Det er av vesentlig betydning at en velger en festemåte som er tilpasset den tekking en har og at en i størst mulig grad unngår å punktere tekkingen. Avstanden mellom kablene vil være gitt av nødvendig effektbehov i takrenna, se fig. 6.1 samt varmekablens egenskaper/data (W/m) som typisk er 15-25 W/m.

Det har vært normalt å regne med effekter på 20-50 W/m renne ved normale tak. Disse effektene er beregnet for nesten kontinuert innkobling. Ved glasstak kan nødvendig effekt bli langt større hvis snøen skal smelte hurtig.

Varmekabler som monteres i takrenner skal være godkjent for den aktuelle monteringsmåten (fritt, skjult eller i rør).

6.2 STYRING AV VARMEKABLER

Styresystem for varmekabler kan i prinsippet deles i to grupper, manuelle og automatiske styresystem. I det etterfølgende skal en kort redegjøre for de enkelte prinsipper.

Manuell styring

Ved manuell styring styres avgitt effekt fra varmekalbene helt og holdent av driftspersonalet. Energiforbruket og derved driftskostnadene avhenger av driftspersonalets vurderingsevne og årvåkenhet. For mindre anlegg kan manuell styring aksepteres. Mer investering ved automatisk styring mot økte driftskostnader bør vurderes i det enkelte tilfelle.

Den enkleste form for styring av varmekablene er en ren AV/PÅ styring, hvor hele effekten kobles samtidig ut og inn. Videre har en trinnstyring. Dette betinger at den kan dele opp kablene i trinn eller grupper. Ulemper med denne formen for styring er at en ikke får jevn fordeling av varmen over rennas areal ved lave effektrinn, pga. at enkelte kabler ikke vil være innkoblet. En form for trinnkobling er en serie - parallell-kobling av de enkelte kabelgrupper. Ved høy effekt er kabelgruppene parallell-koblet og ved lav effekt er kabelgruppene seriekoblet. Det stilles ikke krav til kabelgruppens størrelse i forhold til hverandre eller antall kabelgrupper (dog minim 2 stk).

En annen form for trinnstyring er stjerne-trekantvender. Ved hjelp av en stjerne-trekantvender kan en koble inn 1/1 og 1/3 effekt. Varmekablene må dels i tre like store grupper og en må ha en trefase kurs.

Ved begge disse to siste styringsprinsipper er hele kabelanlegget innkoblet, dog er muligheten for å styre effekten begrenset. For bedre å kunne styre effekten i forhold til behovet, snefallet, vil en elektronisk effektstyringsenhet være aktuell. Ved denne type styresystem kan driftspersonalet stille inn ønsket effekt avhengig av snøfall. Fordelen ved et slikt system er at en ikke er bundet til et begrenset antall effektrinn og at hele kabelanlegget er innkoblet når en ønsker snøsmelting.

Automatisk styring

Ved større varmekabelinstallasjoner vil det være aktuelt med en form for automatisk styring. De enkleste automatiske styresystem baserer seg på måling av lufttemperaturer, mens de mer avanserte systemer tar hensyn til både temperatur og fuktighet (nedbør). Vi skal kort omtale de mest vanlige styreprinsipper.

Den enkleste form for automatisk styring baserer seg på en lufttemperaturvakt (termostat). Temperaturvaktene kobler ut effekten ved stigende lufttemperatur, vanligvis ved 3-5 °C, idet en forutsetter at ved denne lufttemperaturen vil eventuell nedbør ikke komme i form av snø, men som regn. Denne enkle form for automatikk vil ikke koble ut kablene ved lave temperaturer. Ved lave temperaturer er sannsynligheten i følge statistikk liten for å få nedbør, følgelig er det ikke behov for å ha varmekabelanlegget innkoblet ved lave temperaturer. For å ivareta utkobling ved lave temperaturer kan det monteres lufttemperaturvakt som kobler ut effekten ved ca. -5-6 °C.

Ved store varmekabelanlegg vil det være aktuelt å benytte styresystemer som foruten å registrere temperaturer også registrerer nedbør.

Nedbør registreres av fuktighetsføler og/eller snødektor. Ved hjelp av denne type styresystem vil varmekabelanlegget kun være innkoblet når en har nedbør i form av snø.

Dersom det kan aksepteres at det blir liggende noe snø i rennene, kan det være aktuelt å montere fotoceller som kobler inn varmekabelanlegget når snødybden i renna har nådd et på forhånd definert nivå.

Det finnes i dag flere styresystem for styring av varmekabelanlegg. Ved plassering av detektor i tilknytning til varmekabelanlegg i renna, må en være meget omhyggelig slik at en får representative forhold der detektorer plasseres. Videre er montasjemåte viktig.

6.3 BRUK AV VARMEKABLER

Varmekablenes effekt avhenger av hvor store snømengder som skal smeltes, og av hvor raskt snøen skal smeltes.

I det følgende er det forutsatt at snøen skal smeltes i løpet av ett døgn. Dersom det kan aksepteres at snøen blir liggende lenger enn ett døgn før den er borte, kan man benytte varmekabler med mindre effekt enn angitt. Inntil nå er effekten blitt valgt med verdier omkring 100 W pr. meter renne. I et meget kraftig snøfall vil dette sjeldent være nok.

Hvis man tar hensyn til at noe snø vil smelte på grunn av varme innenfra og at resten skal smeltes ved hjelp av varmekabler, viser fig. 6.1 hvor stor effekt [W/lm] kablene må ha. Utgangspunktet er et snøfall på 200 mm som skal smeltes i løpet av ett døgn. U-verdi for glasstaket og rennen er satt til 1,90 W/m²K, temperaturen i rommet under glasstaket er 15 °C, og utetemperaturen er -5 °C.

De beregnede verdier forutsetter at noe snø vil smelte på glasstaket før snøen glir ned i rennen. I tillegg vil noe snø smelte i rennen på grunn av varmestrømmen fra rommet under gjennom rennens bunn og sider.

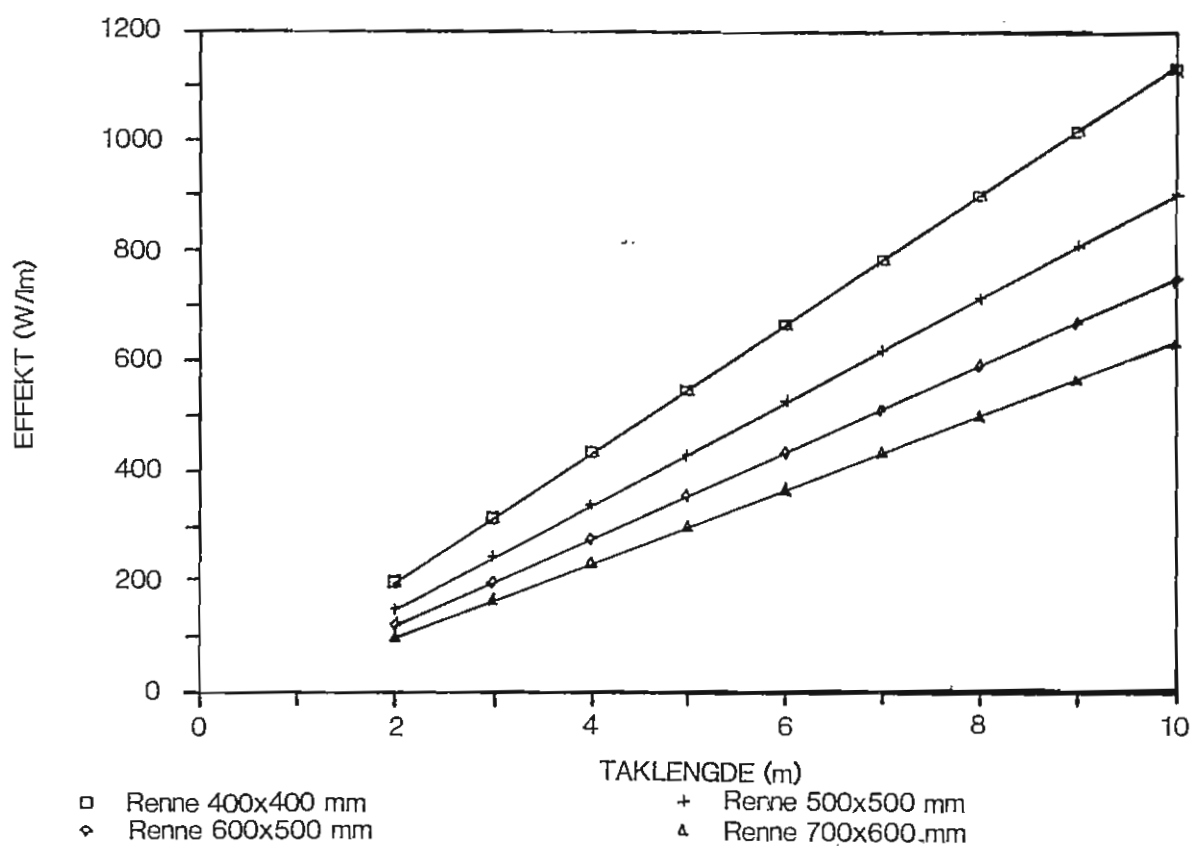
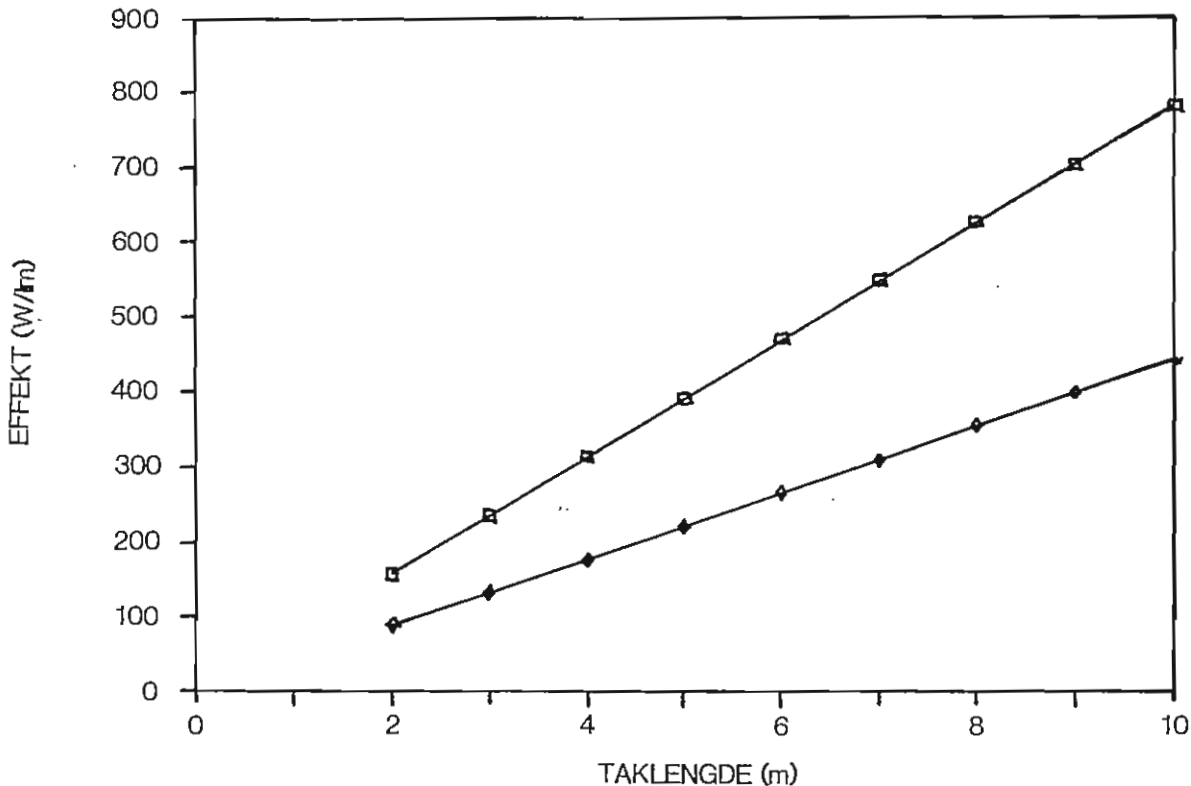


Fig. 6.1 Nødvendig effekt for varmekabler

I en fullisolert renne må varmekablene smelte all snø som havner i rennen. Dette gir en økt effekt i forhold til fig. 6.1. I fig. 6.2 er det angitt nødvendig effekt for varmekablene i en fullisolert renne med dimensjoner 600 mm x 500 mm. Innetemperatur er 15 °C, utetemperatur - 5 °C og glasstakets U-verdi, henholdsvis 1,90 og 3,00 W/m²K.



Fi.g 6.2. Nødvendig effekt for varmekabler i en fullisolert renne:

- fullisolert renne, glasstakets U-verdi = 1,90
- ◇ fullisolert renne, glasstakets U-verdi = 3,00

Figur 6.3 viser hvordan nødvendig effekt for varmekablene vil forandres når ute- og innetemperatur varieres. Nullpunkt i figuren referer seg til nødvendig effekt ved en innetemperatur på 15 °C og en utetemperatur på -5 °C. Disse verdiene kan hentes ut fra figur 6.1 for de ulike rennedimensjoner. Videre er økning/reduksjon i nødvendig effekt angitt som et prosentvis tillegg/fradrag til verdiene fra 6.1.

For eksempel, dersom innetemperaturen synker fra 15 °C til 5 °C og utetemperaturen er uforandret (-5 °C), vil dette føre til at kablens effekt må økes med ca. 45%. For en renne med dimensjoner 600 mm x 500 mm på et tak med lengde 6 m i fallretningen, vil dette gi et totalt effektbehov på ca. $420 \text{ W/lm} + 0,45 \times 420 \text{ W/lm} = 610 \text{ W/lm}$.

Tilsvarende vil nødvendig effekt for den samme rennen kunne reduseres fra 420 W/lm til 328 W/lm dersom innetemperaturen økes til 20 °C.

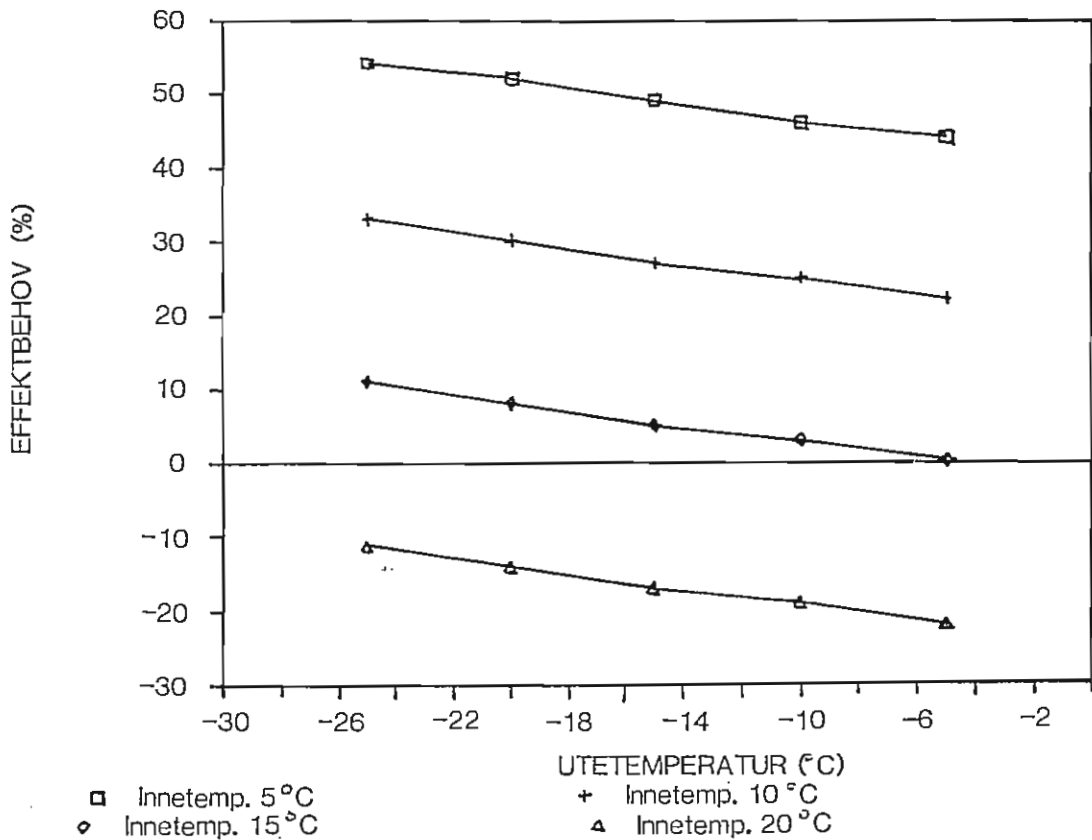


Fig. 6.3 Endring av effektivbehov når ute- og innetemperatur varieres

For at smeltevannet skal ledes bort fra taket, må man benytte innvendige avløpsrør som går gjennom oppvarmede rom, slik at vannet ikke fryser igjen. Dersom det benyttes utvendig avløp, eller at avløpsrøret går gjennom uoppvarmede rom, må det også brukes varmekabler i avløpsrøret til ca. 1 m under terrengoverflate. Disse kablens effekt trenger ikke være så stor. Det er tilstrekkelig at vannet holdes over frysepunktet.

Varmekabler brukes ofte i renner mellom saltak av glass og på flate tak som ligger lavere enn et glasstak. Kablene kan monteres tildekket, ligge fritt, ligge i rør osv. Det er viktig at kablene ligger tett og jevnt fordelt slik at lokal smelting med dertilhørende isdannelse unngås. Kablene må ikke krysse hverandre og de må derfor festes for hver halve meter. I folietekte tak kan det by på problemer å få festet kablene uten at folien i rennen punkteres. Hvis kablene tildekkes med f.eks. folie, vil virkningen på kablene bli mindre, og man må derfor øke kablens effekt slik at ønsket smeltehastighet oppnås.

Ved å legge kablene fritt, vil det kun være kablens egen overflate som avgir tilstrekkelig varme for smelting av snø. Det vil være vesentlig mer effektivt å legge kablene under rennen og isolere noe på undersiden. På denne måten kan kablens varme opp store deler av rennematerialet som må være metall.

Figurene 6.4 - 6.7 viser ulike løsninger på montering av varmekabler.



Fig. 6.4. Her er det valgt en løsning der kablene festes ved hjelp av bøyer. Kablene krysser hverandre, noe som ikke skal forekomme.

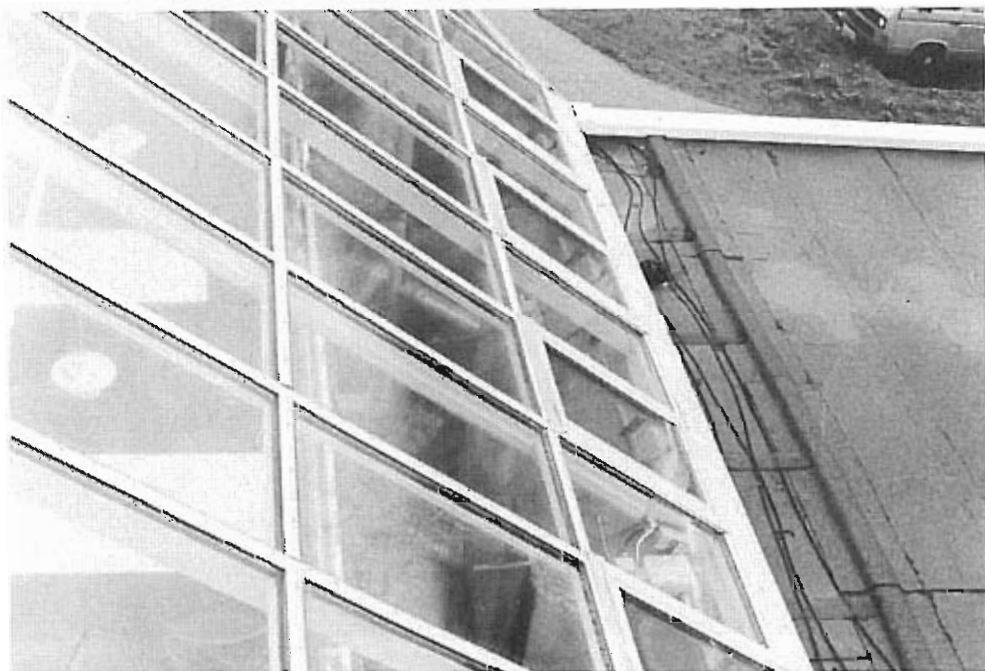


Fig. 6.5 Kablene er festet med strimler av taktekningen. Avstanden mellom kablene varierer.



Fig. 6.6 Her er ikke kablene festet, og resultatet er at kablene ikke ligger der de skal være.

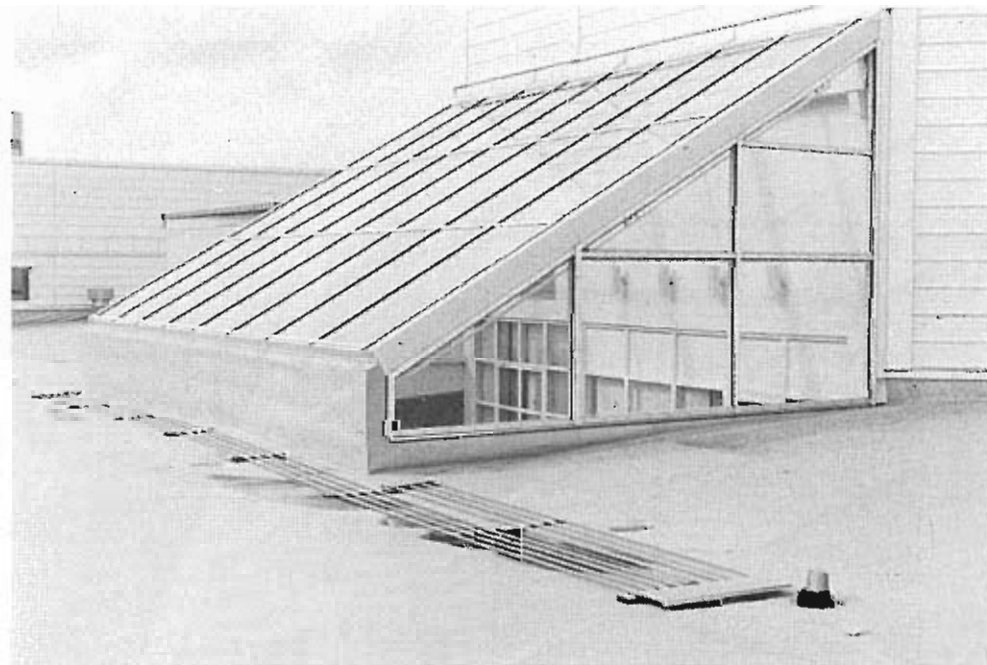


Fig. 6.7 I dette tilfellet er kablene lagt i rør. På denne måten oppnår man en jevn avstand mellom de enkelte kabler og man løser problemet med innfesting. Kablenes virkningsgrad blir redusert ved en slik løsning, men dette kan kompenseres ved å bruke flere kabler eller øke effekten på den enkelte kablen.

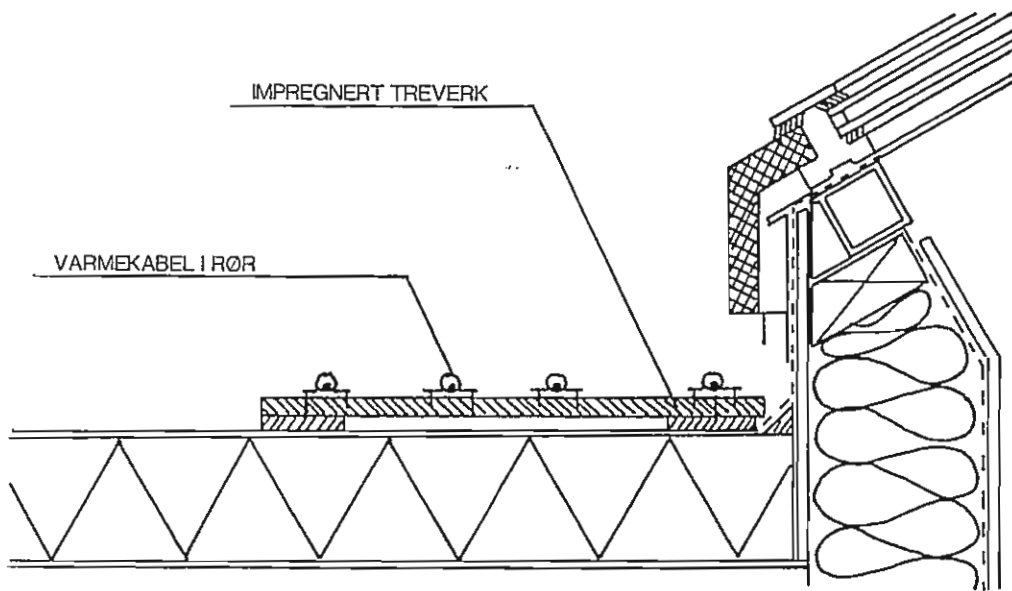


Fig. 6.8 Eksempel på montasje av varmekabler i rør på treramme.

7. VARMEKABLERS ENERGIFORBRUK

7.1 INNLEDNING

For å vurdere energiforbruket til varmekabler kreves det kjennskap til klimadata som temperatur og snøfall og om rennesystemets utforming. Resultatene vil derfor avhenge av det konkrete prosjektet og den geografiske plassering av glasstaket.

I det følgende vises ved et eksempel hvilke forhold det må tas hensyn til og betydningen av en styring av varmekablene slik at det bare er varme på når det er nødvendig.

7.2 KLIMADATA

Opplysninger om snøfall, snølast på mark og utetemperatur er hentet fra klimadata som brukes til energiberegninger. Disse data inneholder for hver dag faste meteorologiske opplysninger som høyeste og laveste utetemperatur, skydekke og relativ fuktighet. For hver dag er det angitt snølast på mark i form av en målt snødybde, se figur 7.1. Dette kan brukes til å beregne snøfallet, da en økning i snødybden på mark må tilsvare snøfallet i foregående døgn. Det antas at snøens densitet er 100 kg/m^3 som nysnø, men det er klare usikkerheter ved å benytte denne metoden.

Alternativt kan det skaffes døgnverdier for nedbør fra månedsoversikter fra Det Norske Meteorologiske Institutt. Dette ble prøvd i enkelte tilfeller, men det kan være vanskelig å bestemme om nedbøren kommer som sludd, regn eller snø. Derfor er metoden med bruk av snølast på mark den mest anvendelige. Figur 7.2 viser eksempel på klimadata for Oslo.

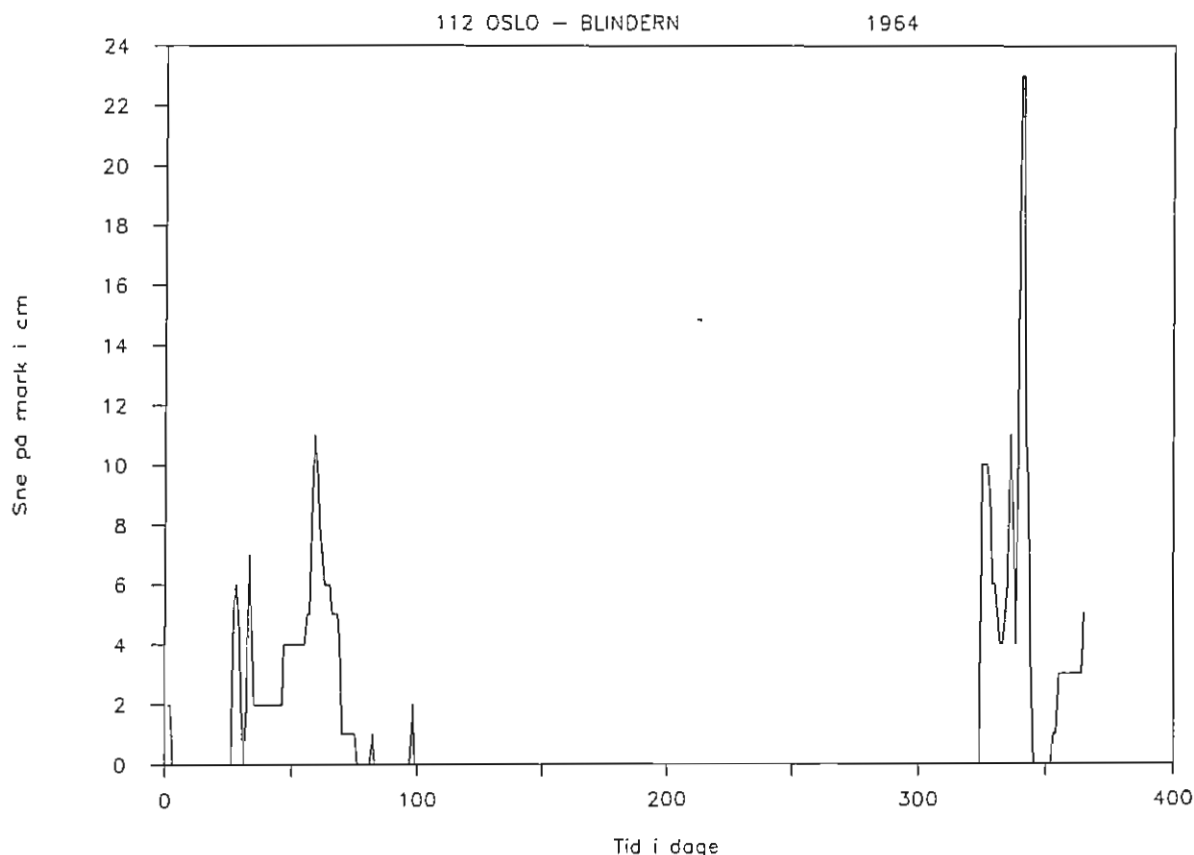


Fig. 7.1 Snølast på mark for Blindern, Oslo 1964

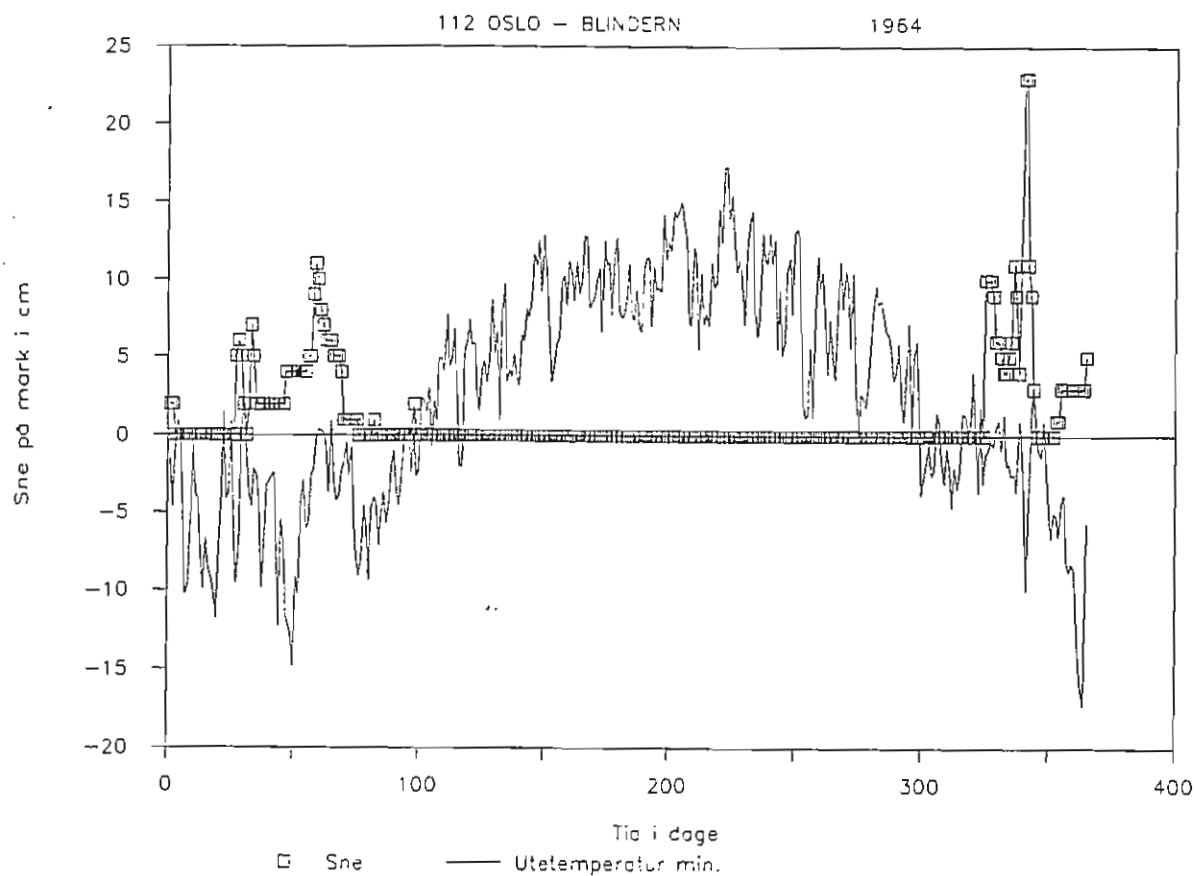


Fig. 7.2 Utetemperatur og snøfall Blindern, Oslo 1964

Klimadata finnes for Oslo (Blindern), Bergen (Flesland), Stavanger, Haugedalsløgda, Kristiansund N, Trondheim og Tromsø. I enkelte tilfeller finnes resultater for flere år. Tabell 7.1 viser en oversikt.

TABELL 7.1 Klimadata

| | Flesland 1972 | Stavanger 1971 | Oslo 1964 | Oslo 1969 |
|------------------------|------------------|-------------------|--------------|--------------|
| Maks. snø på mark [mm] | 260 | 180 | 230 | 520 |
| Dager med snø | 7 | 8 | 19 | 30 |
| Total snømengde [mm] | 410 | 340 | 660 | 1280 |
| Maks. snøfall [mm] | 260 | 100 | 120 | 140 |
| Dager med frost/snø | 108 | 118 | 139 | 156 |

| | Haugedals- høgda 1971 | Kristiansund 1964 | Trondheim 1971 | Tromsø 1974 |
|------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------|----------------|
| Maks. snø på mark [mm] | 790 | 250 | 380 | 1060 |
| Dager med snø | 47 | 16 | 41 | 34 |
| Total snømengde [mm] | 1760 | 830 | 2200 | 2220 |
| Maks. snøfall [mm] | 170 | 210 | 170 | 200 |
| Dager med frost/snø | 181 | 84 | 176 | 172 |

For f.eks. Blindern, Oslo 1964, fås at den maksimale snømengden på mark er 230 mm. Antall dager med snøfall er 19. Det kommer totalt 660 mm snø på disse 19 dagene, men i og med at noe smelter underveis, blir den maksimale snømengden på mark som nevnt bare 230 mm. Det største snøfallet tilsvarer 120 mm på ett døgn. Den nederste linjen i tabellen angir hvor mange dager varmekablene må være i drift dersom de slås på når den første snøen faller om høsten, og slås av når den siste snøperioden er slutt om våren. For Oslo er dette 139 dager. Dette antall er ca. 7 ganger større enn antall dager med snøfall. Følgelig vil det være store energibesparelser ved å styre varmeavgivelsen fra kablene.

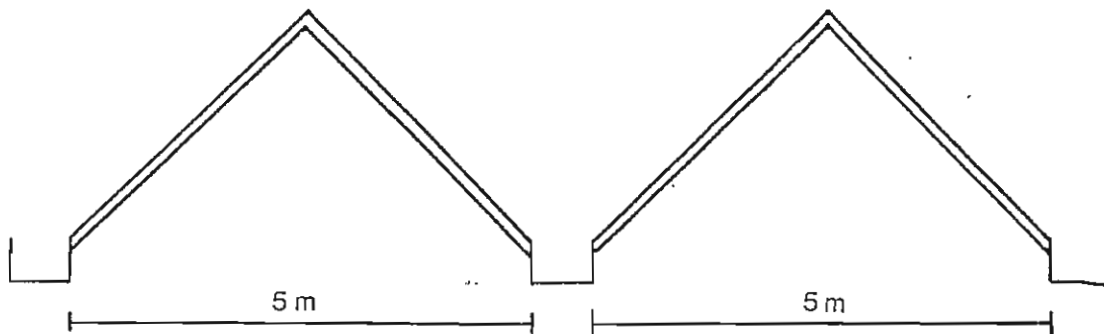
I tabellen finnes også resultater fra 1969 for Oslo, hvor den maksimale snømengden på mark ble 520 mm og det totale snøfall er 1280 mm. Dette året er det vesentlig mer snø. Det kan derfor være nødvendig å samle opplysninger fra flere år for å få representative klimadata.

En sammenlikning av resultatene fra forskjellige steder i landet viser at på kysten - Flesland, Stavanger og Kristiansund, er det få dager med snø og den maksimale snødybde på mark er liten. Inne i landet og lenger nordpå som Haugedalshøgda, Trondheim og Tromsø, blir det totale snøfall vesentlig større og det er flere dager med snø.

Ut fra denne tabellen stemmer den tidligere nevnte antagelsen om at et snøfall på 200 mm i løpet av ett døgn er rimelig. Den høyeste verdien er Flesland med 260 mm. Her dreier seg imidlertid om så få døgn med snø at det ikke er noe problem at snøen ikke rekker å smelte på ett døgn.

7.3 EKSEMPEL 1.

I forbindelse med et butikksenter har man valgt å benytte et saltak med en lengde på 2.5 m, og bestående av moduler på 5 meters bredde, se skisse.



Hver renne skal oppta snø som glir ned fra begge sider. det må derfor regnes med en taklengde på $2 \times 2,5$ m. Ut fra tabell 5.4 finner man at dimensjonen på rennen skal være 600 x 600 mm. Fra figur 6.1 ser man at varmekablene bør ha en effekt på 400 W/m.

For en modul av taket med 5,6 m bredde (inkl. renne) og en lengde på 25 m, må varmekablene ha en effekt på 10 kW hvis et 200 mm snøfall skal kunne smeltes i løpet av ett døgn. I løpet av ett døgn vil energiforbruket være 240 kWh. Dette vil koste kr 120,- hvis strømprisen er 50 øre/kWh.

7.3.1 BRUK AV KABLENE

For å beregne totalt energiforbruk, må energiforbruket pr. døgn sammenholdes med klimadata fra tabell 7.1. Brukes opplysninger for Oslo 1964 får man for de forskjellige alternativer:

1. Oppvarming fra høst til vår.
Kablene slås på når den første snøen kommer, og slås av til våren etter 139 døgn. Dette gir et energiforbruk på 33 300 kWh.
2. Teoretisk beregning
Ut fra det samlede snøfall og smeltevarmen for is og snø, kan det beregnes et teoretisk forbruk. Dette blir 760 kWh eller ca. 2% av forbruket ved konstant oppvarming. I praksis vil forbruket bli noe høyere enn de angitte 760 kWh.
3. Forbruk i praksis.

Det antas at varmekablene må være slått på i 2 ganger antall dager med snøfall. Dette gir et forbruk på 9100 kWh. Dette er en reduksjon på 73% i forhold til konstant oppvarming.

Disse enkel beregninger viser at det er svært viktig at varmekablene kun benyttes når det er behov for det. Det er mulig at forbruket kan komme enda nærmere den teoretiske verdien. Dette kan oppnås hvis kablene gir en jevnt fordelt varme og styres etter en registrering av snømengden i rennen.

Tabell 2 viser tilsvarende beregninger for de andre stedene. Som ventet er besparelsen størst ved kysten med 87% og minst inne i landet med 48%.

TABELL 7.2 ENERGIFORBRUK

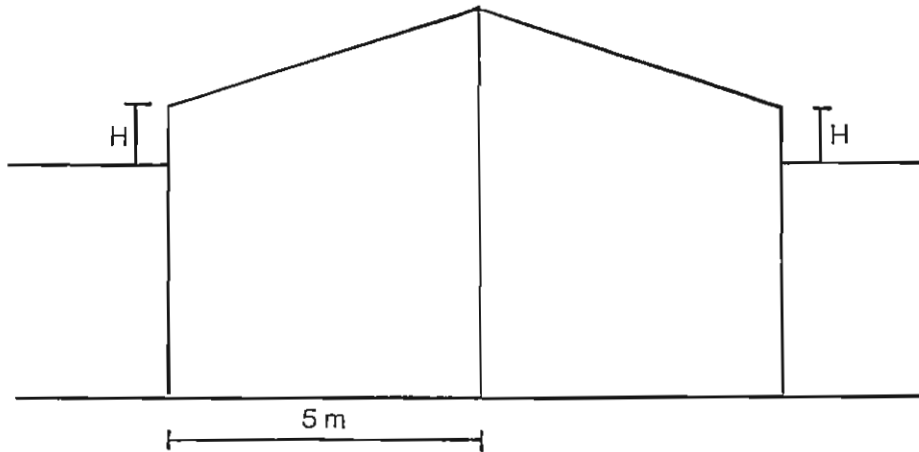
| | Flesland | Stavanger | Oslo 1 | Oslo 2 |
|----------------------|----------|-----------|--------|--------|
| Priser kr/år | | | | |
| Konstant vintervarme | 12960 | 14160 | 16680 | 18720 |
| Praksis | 1680 | 1920 | 4560 | 7200 |
| Sparing,% | 0,87 | 0,86 | 0,73 | 0,62 |
| kWh/år | | | | |
| Konstant vintervarme | 25920 | 28320 | 33360 | 37440 |
| Teori | 470 | 390 | 756 | 1467 |
| Praksis | 3360 | 3840 | 9120 | 14400 |

| | Haugedalshøgda | Kristiansund | Trondheim | Tromsø |
|----------------------|----------------|--------------|-----------|--------|
| Priser kr/år | | | | |
| Konstant vintervarme | 21720 | 10080 | 21120 | 20460 |
| Praksis | 11280 | 3840 | 9840 | 8160 |
| Sparing,% | 0,48 | 0,62 | 0,53 | 0,60 |
| kWh/år | | | | |
| Konstant vintervarme | 43440 | 20160 | 42240 | 41280 |
| Teori | 2017 | 951 | 2521 | 2544 |
| Praksis | 22560 | 7680 | 19680 | 16320 |

Ut fra tabellen kan det også ses at varmekablene brukes så sjelden ved Flesland og Stavanger at effekten kan reduseres i disse tilfellene. Snøen vil da smelte langsommere og det kan bli noe oppsamling. Men det er viktig å understreke at en reduksjon av varmekablenes effekt må foretas ut fra kjennskap til de lokale værforhold.

7.4 EKSEMPEL 2.

Som alternativ løsning er det tenkt benyttet et saltak som rager opp over de omkringliggende bygningene, se skisse.



I dette tilfellet er det ikke benyttet renner ved enden av takflaten, men snøen kan gli ned på underliggende tak. Ved et 200 mm snøfall kommer det 100 kg som vil fylle $0,3 \text{ m}^3$ pr. m raft. Det er derfor rimelig å benytte en høyde på minst 0,3 m. Dette vil gjelde for steder på kysten som f.eks. Stavanger der det vil være få dager med snøfall. Her skulle det ikke være aktuelt med varmekabler, så løsningen er energiøkonomisk.

For f.eks. Tromsø vil en høyde på 0,3 m være for liten. Høyden bør minst tilsvare den maksimale snømengden på mark, det vil si ca. 1,1 m (tabell 7.1, 1974). Det er mulig at det i Tromsø bør legges varmekabler nedenfor takflaten. Da kan en del av snøen smeltes hvis lasten blir for stor. Når det ikke er helt sikkert skyldes det at en del av snøen eventuelt kan blåse vekk fra taket, slik at lasten aldri blir så stor som på marken.

7.5 ANDRE ENERGIFORBRUK

Foruten forbruket til varmekabler i renner vil det være et energiforbruk til kabler i nedløpsrør for å hindre at smeltevann ikke fryser. Dette forbruket vil være svært avhengig av bygningens utforming og også forekomme ved andre bygninger uten glasstak.

8. UTFORMING AV RENNER

8.1 MATERIALE

Vanlige tekningsmaterialer er aluminium, papp og folie. Det er vanlig at små renner, f.eks. over inngangspartier er laget av aluminium eller stål. For andre renner er det vanlig å bruke folie eller papp som tekningsmateriale. Slike renner er ofte isolert i tillegg.

Renner integrert i selve takkonstruksjonen bør ikke være bedre isolert enn resten av taket. Ved snøfall vil dette føre til at smeltevann fra taket vil fryse til is når det kommer i rennen. Dette tilsier at rennens og takets U-verdi bør være tilnærmet den samme.

I fullisolerte renner bør det brukes varmekabler for å hindre isdannelse.

Dersom rennen har tilnærmet samme U-verdi som resten av taket, vil varme fra rommet innenfor bidra til smelting av snøen i rennen. Tabell 8.1 viser hvor store snømengder som kan smeltes på grunn av varme innenfra ved to ulike U-verdier. Innetemperaturen er satt til 15°C.

TABELL 8.1:

| Rennens dimensjoner bredde x høyde [mm] | Smeltet mengde pr. lm [kg/døgn] | |
|---|------------------------------------|------------------------------------|
| | U-verdi 1,90 W/m ² K | U-verdi 3,00 W/m ² K |
| 400 x 400 | 5,4 | 9,0 |
| 500 x 500 | 6,7 | 11,2 |
| 600 x 500 | 7,5 | 12,5 |
| 600 x 600 | 8,1 | 13,4 |

Ved bruk av uisolerte renner kan det være en risiko for at det utfelles kondens på disse på kalde vinterdager. Dette gjelder imidlertid bare for rom med høy luftfuktighet, f.eks. i svømmehaller, trykkerier og generelt i rom der luftfuktinnholdet må holdes høyt for å hindre statisk elektrisitet og støv. Vanligvis vil kondens oppstå på særlig kalde dager, og dersom kuldeperioden ikke er for lang, vil det vanligvis ikke dreie seg om store vannmengder.

Det er viktig at rennens overflate mot rommet blir så diffusjonstett som mulig for å hindre kondens under rennens innvendige materiale, dersom dette er metall eller plastmembran.

8.2 TVERRSNITT

Hvor mye snø som kan smeltes på grunn av varmen innenfra, vil også avhenge av rennens utforming. Hvis man f.eks. har en renne av metall med et firkantet tverrsnitt (noe som er en svært vanlig løsning), vil varmestrømmen gjennom rennens bunn og sider føre til at snøen begynner å smelte. Det kan imidlertid skje at smeltingen langs sidene stopper når noe snø er smeltet og det dannes et luftrom mellom rennevegg og snø.

Dersom man heller velger en renne med et trapesformet tverrsnitt slik fig. 8.1 viser, vil snøen kunne gli ned langs rennens sider, og smeltingen vil fortsette. For fullisolerte renner eller renner av tre med folietekning, vil utformingen ha mindre betydning.

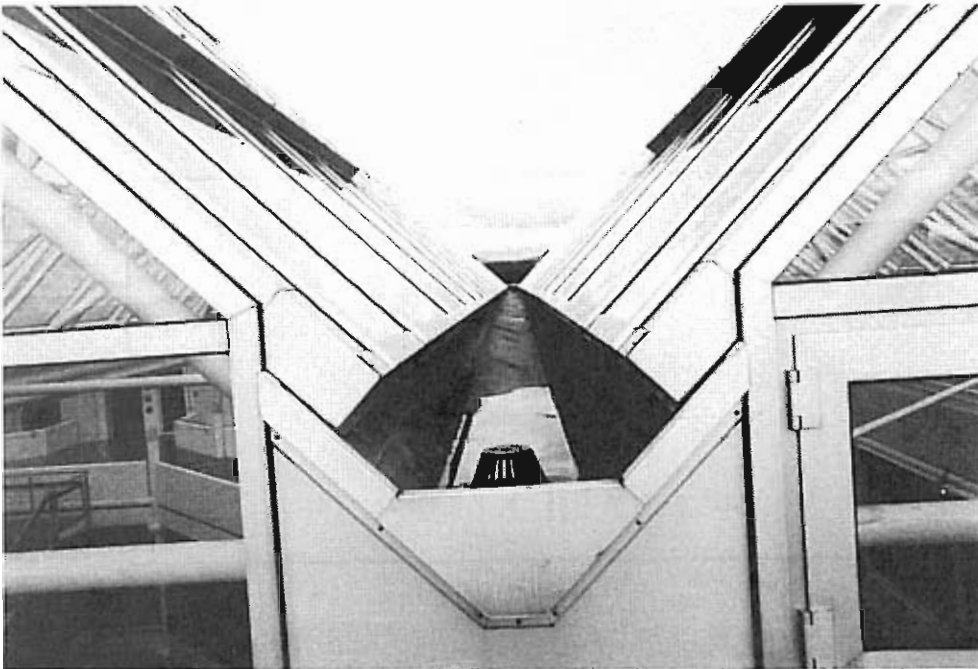


Fig. 8.1 Renne med trapesformet tverrsnitt

8.3 FALL

Takrenner bør legges med fall mot nedløpsrør. Fallet øker rennens kapasitet, forhindrer at vannet blir stående i renna og gir større vannhastighet med bedre selvrensing.

Alle renner bør ha fall på minium 1:40.

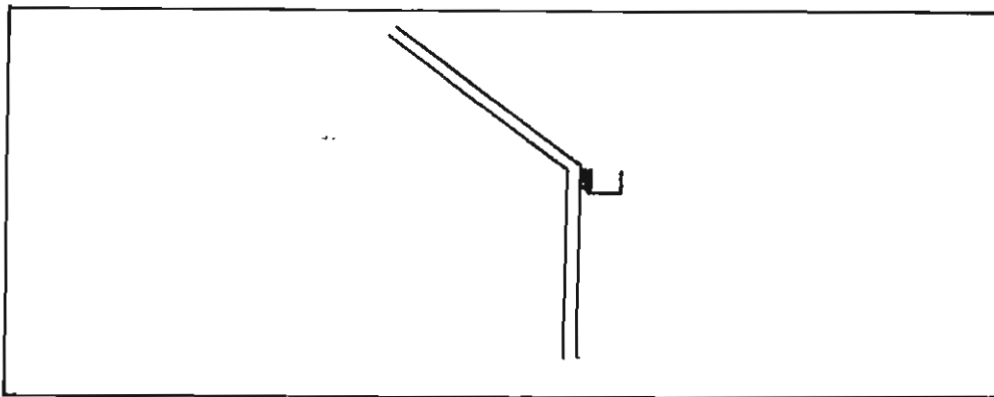
Takrenner blir også montert horisontalt. Ved bruk av slike renner vil det lett kunne oppstå motfall, og vannet som blir stående i rennen, kan fryse til is og forhindre videre bortledning av vann.

Nedløpsrør bør ikke monteres med større avstand enn maks. 20 meter, og slik at rennelengden med fall til nedløp ikke overstiger 10 meter.

9. ULIKE TYPER RENNER

Dette kapitlet omhandler de ulike typer renner som benyttes på glasstak i dag. Utforming av de ulike rennetypene beskrives, og det gjøres rede for hvilke forhold man spesielt må ta hensyn til ved dimensjonering av de ulike typene.

KAP. 9.1



Renner av denne typen brukes over inngangspartier for å hindre nedrenning av vann og i overgangen mellom glasstak og fasade. Rennene utføres ofte i aluminium eller stål og er ikke isolert. Ofte har rennen samme overflatebehandling som taksystemet forøvrig. Avløp fra en eller begge ender.

Rennene er ofte små, og er ikke beregnet på å romme større snømengder. Det vil alltid være en fare for snøras fra skrå glasstak, og trafikkerte arealer bør derfor beskyttes med baldakiner eller lignende. I slike tilfeller bør rennen plasseres så lavt at den ikke fanger opp snøras.

Dersom rennen skal kunne ta opp eventuelle snøras, må den dimensjoneres ut fra taklengde og snøfall. Rennene må avstives og festes på en måte som gjør at den kan ta imot snøras uten fare for nedstyrting.

For å hindre isdannelse i slike renner, er det nødvendig å bruke varmekabler. Smeltevann fra taket vil fryse på renner dersom den er uoppvarmet. Dette kan gi et resultat som fig. 9.4 viser.

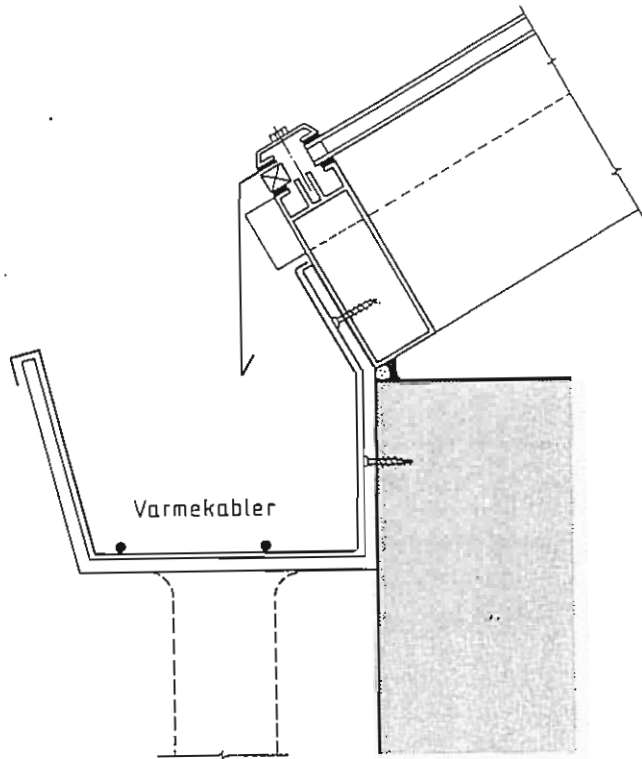


Fig. 9.1. Utvendig oppvarmet renne



Fig. 9.2 Eksempel på renne

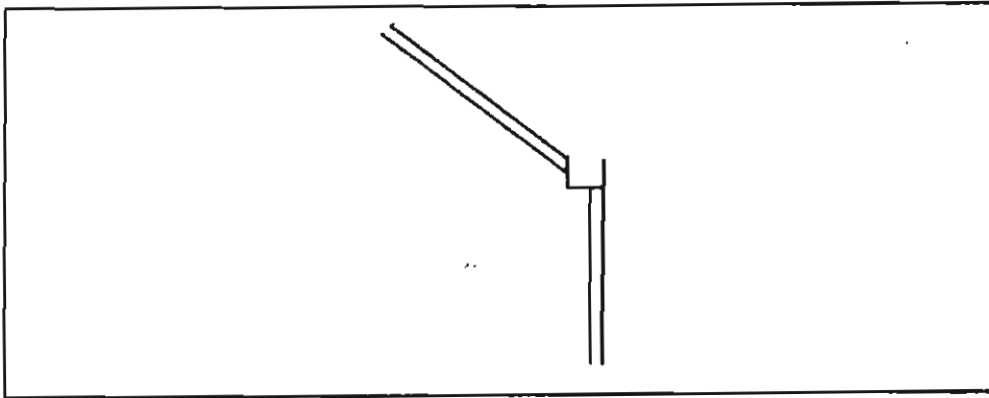


Fig. 9.3 Inngangspartier må beskyttes mot ras



Fig. 9.4 Smeltevann vil fryse på uoppvarmet renne

KAP. 9.2



Dette er en rennetype som prinsipielt sett er lik rennene beskrevet i punkt 9.1.

Slike renner brukes i overgangen mellom glasstak og fasade (glassvegg), og er ofte en integrert del av profilsystemet. På denne måten vil disse rennene være bedre egnet til å fange opp snøras enn rennen i pkt. 9.1.

Rennene må dimensjoneres så store at de kan fange opp snøen fra et eventuelt ras. Dette er spesielt viktig hvis taket vender ut mot trafikkerte arealer.

Rennen kan utføres med folietekning eller i aluminium. Isoleringen bør sløyfes eller være et minimum, da varme innenfra vil bidra til smelting av snø. Varmekabler kan benyttes som en ekstra sikkerhet for å unngå isdannelser i ekstremt kalde perioder.

Avløpsrør må enten gå gjennom oppvarmede rom, eller utstyres med varmekabler.

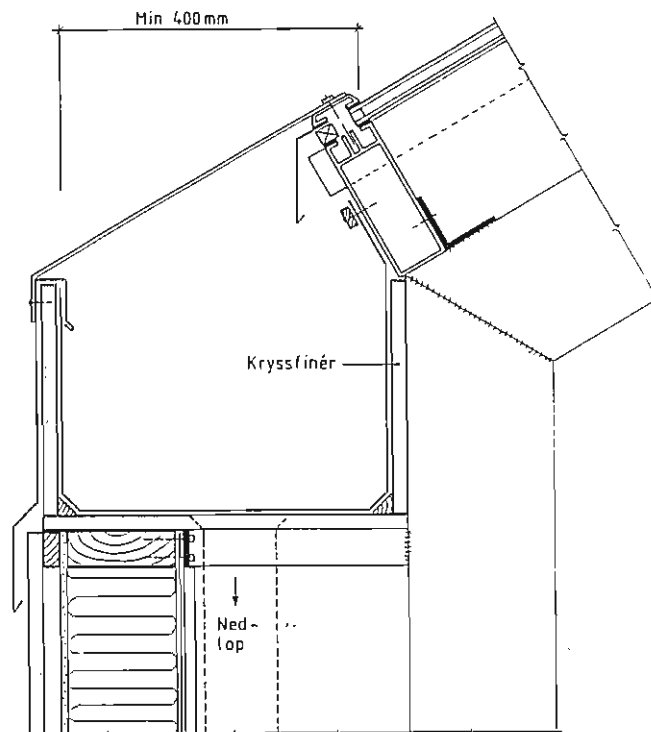


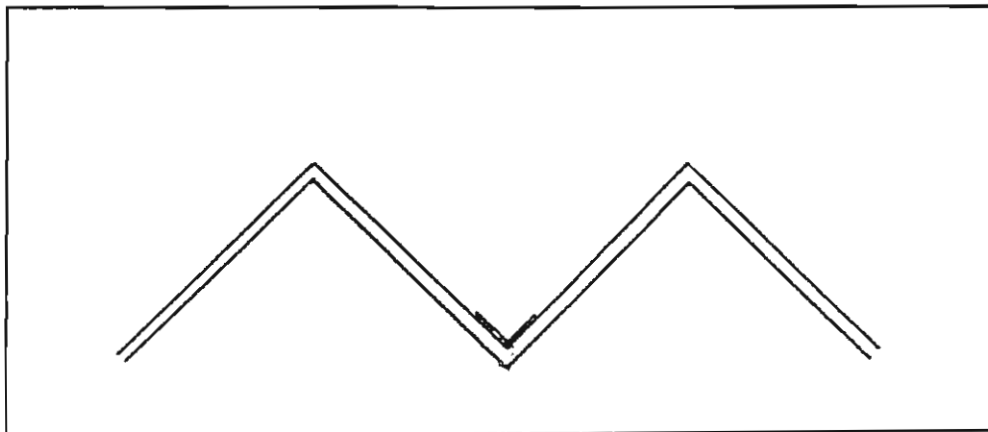
Fig. 9.5. Renne integrert i selve konstruksjonen



Fig. 9.6. Renne i overgangen tak/vegg

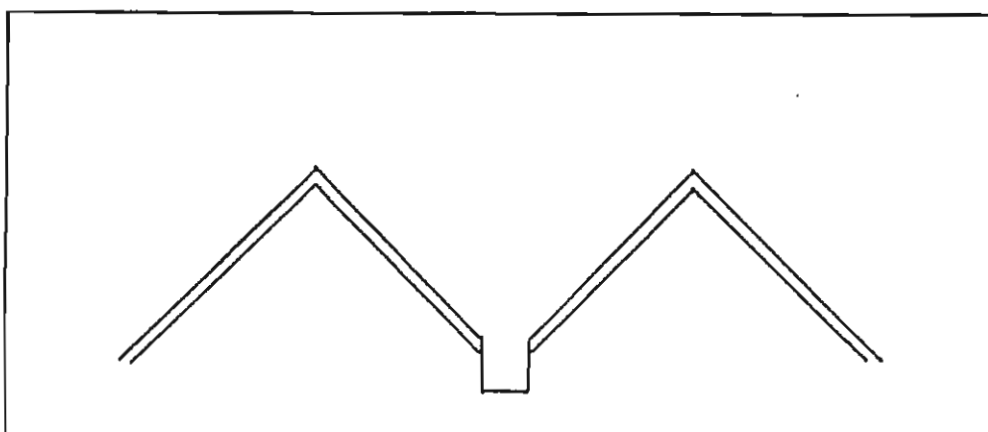
KAP. 9.3

1)



Dette er en type renne som ikke bør brukes. Renner av denne typen blir for små til å kunne romme normale snøfall. Når snøen glir av taket, vil den raskt fylle rennen. Snøen vil bli liggende på glassets nedre del, og når smelting på grunn av varme fra rommet under starter, vil det bli stående vann direkte på tetningen omkring glasset. Dette vil før eller siden gi store vannmengder inn i profilsystemet med fare for lekkasjer.

2)



Renne mellom flere saltak av glass. Vanligvis tekket med folie. Ved dimensjonering av slike renner må det tas hensyn til takets lengde og maks. snøfall. Man må være oppmerksom på at her vil snøen gli av to tak og ta hensyn til den totale snømengden ved dimensjoneringen. Som oftest har slike tak en lengde på 2-4 m, og ved et snøfall på 200 mm vil renne måtte romme 0,13 - 0,27 m³ snø. Dette tilsier at en renne med dimensjoner 500 mm x 500 mm vil være tilstrekkelig til å kunne romme snøen.

Bredden på min. 500 mm er nødvendig for at man skal komme til for inspeksjon og rengjøring av taket.

Dersom rennen ikke isoleres, vil varme fra rommet under varme opp rennens bunn og sider. Dette vil bidra til å smelte snøen. Mer om dette i kap. 8.

Det kan legges varmekabler som kan brukes som sikkerhet ved store snøfall.

Vanligvis har slike renner innvendig oppvarmet avløp.

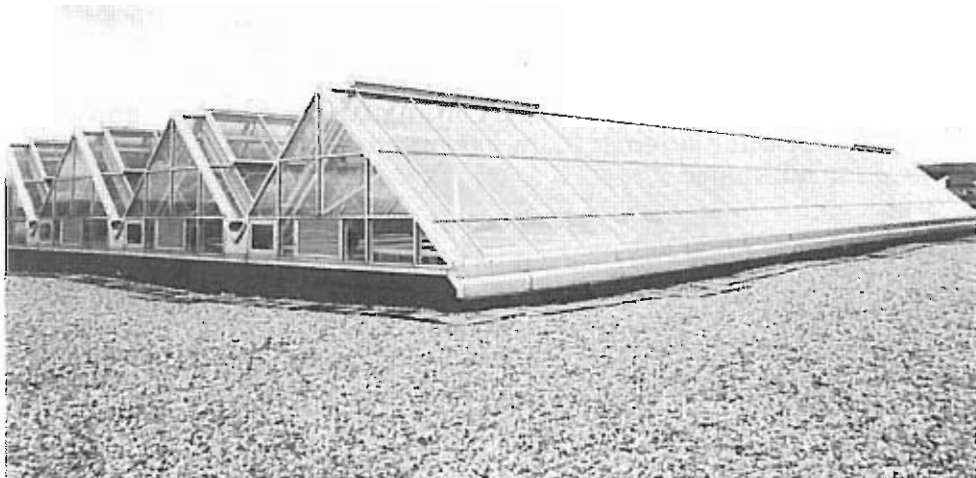


Fig. 9.7 Renne mellom saltak

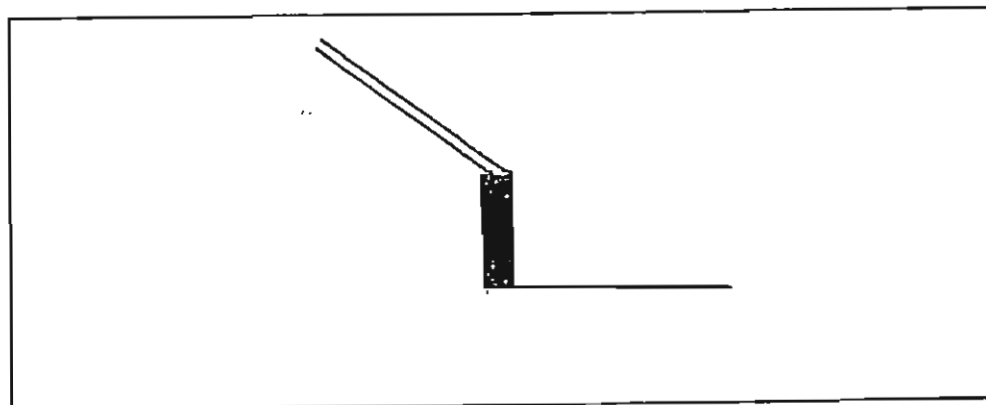


Fig. 9.8 Snøen samles i renne



Fig. 9.9 Renne med liten kapasitet

KAP. 9.4



Dette er en type renner som er svært vanlig ved avslutning av glasstak. Den er mest brukt der glasstak monteres mellom eller mot andre bygningsdeler.

Dersom det lavereliggende taket er isolert, vil snøen som glir av glasstaket kunne bli liggende en god stund før den smelter. Hvis veggen er tilstrekkelig høy og det flate taket er dimensjonert til å tåle den ekstra lasten som snøen fører til, er det ikke nødvendig med varmekabler for å smelte snøen. Ved bruk av varmekabler, kan effekten på kablene reduseres, da det i det fleste tilfeller ikke er nødvendig at snøen må smelte raskt.

Man må imidlertid være klar over at ved et vedvarende snøfall, vil snømengden ved takets fot øke, og dermed også snølasten på det lavereliggende taket. Figur 9.14 viser lastøkningen på det flate taket ved et snøfall på 100 mm. Dersom man velger å utelate varmekabler på det flate taket, må dette dimensjoneres i henhold til den ekstra lasten som snøen fra glasstaket gir.

Eksempler på utforming av slike renner er vist i fig. 9.10 - 9.13



Fig. 9.10 Liten renne ved takfot

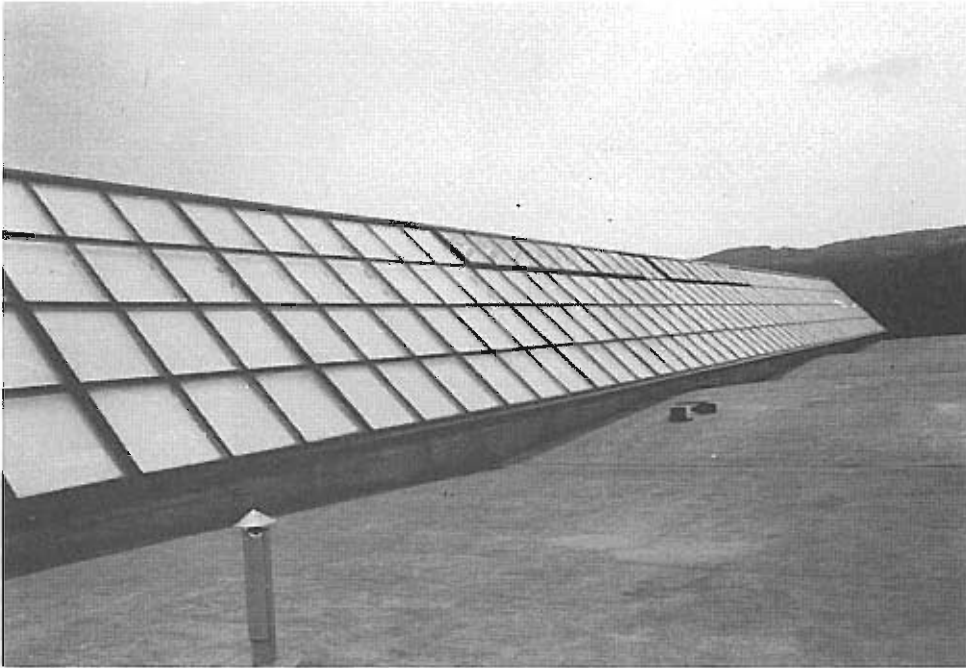


Fig. 9.11 Underliggende tak uten renne

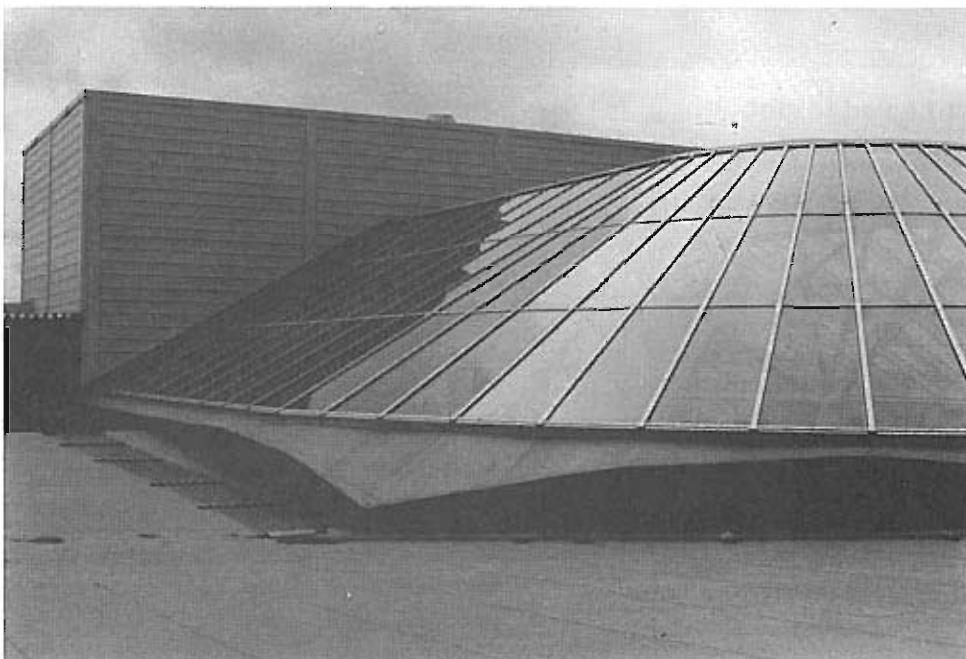


Fig. 9.12 Varmekabler ved takfot



Fig. 9.13 Liten vegg høyde ved takfot. Varmekabler smelter snøen

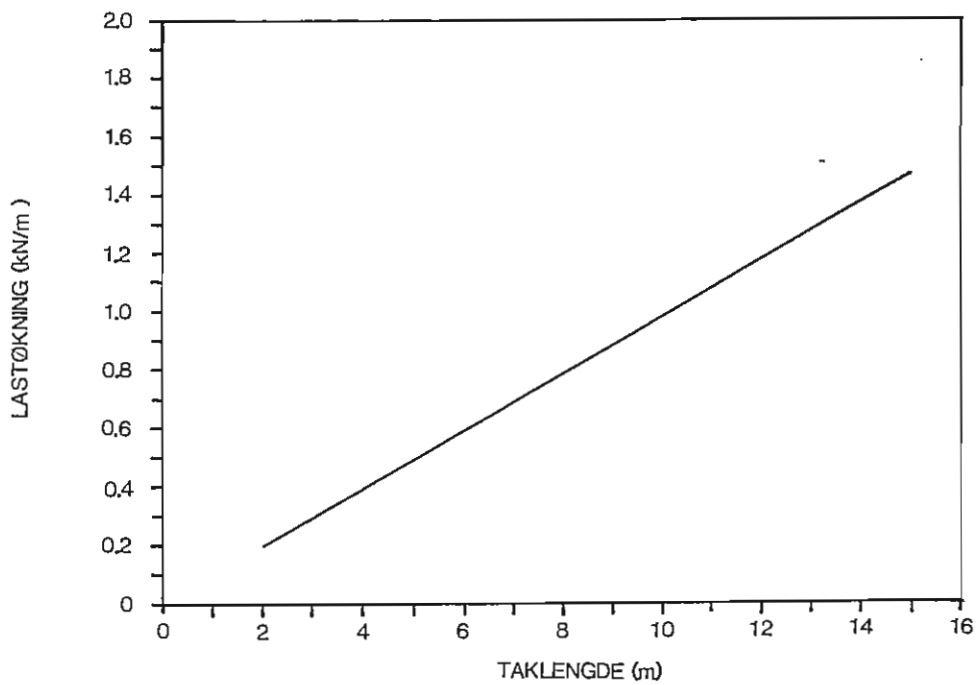


Fig. 9.14 Lastøkning på lavereliggende tak ved 100 mm snøfall

KAP. 9.5

Det forekommer ikke sjelden at deler av et glasstak har ulike vinkler og former, som så går sammen i mer eller mindre kompliserte overganger. Man får kilrenner (gratrenner) i overgangene som trenger spesiell detaljbehandling.

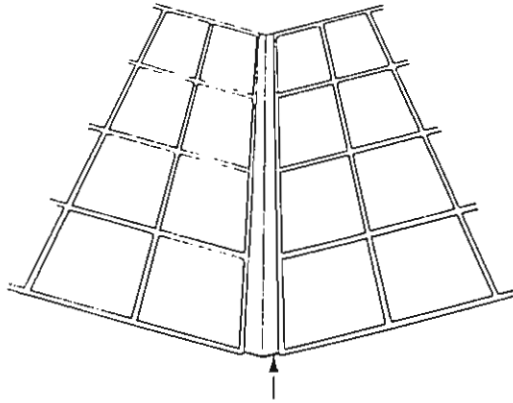


Fig. 9.15 Kilrenne i sammenskjæring

Disse rennene vil kunne føre store vannmengder i regnvær, og det vil derfor by på problemer å la overgangen bestå av et vanlig vertikalprofil. Påkjenningen fra vannet på tetninger omkring glasset vil kunne bli ganske ekstrem. Rennene må derfor være så brede at rennende vann selv i en høyde på noen titalls mm ikke vil nå til-liggende tetninger.

Slike "innvendige hjørner" på et glasstak vil også føre til at snø som glir av taket vil hope seg opp ved takets nedre del. På fig. 9.17 ser man tydelig at snøen har glidd av taket og blitt liggende delvis over glassets nedre del. Dette vil føre til store påkjenninger på tetninger omkring glasset og på sikt kunne gi lekkasjer.

Dersom man må gjøre bruk av slike renner, bør rennen ha en bredde på min. 200 mm og ha en høyde fra laveste punkt til tetning omkring dekkskinner på min. 20 mm. Dette gjelder kilrenner på tak med samlet areal på 100 m² og større. Kilrenner for mindre takflater kan utføres noe enklere med spesialprofiler, men bør likevel ha en viss bredde for å unngå for sterkt vanntrykk mot tetning langs glasset.

Rennematerialet kan være av forskjellige slag, men for å unngå isdannelser, må det ikke ha bedre varmemotstand enn glasset.

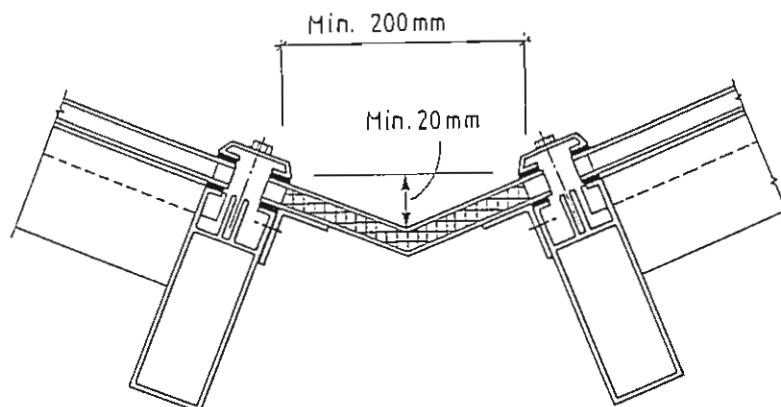


Fig. 9.16 Kilrenne for større tak

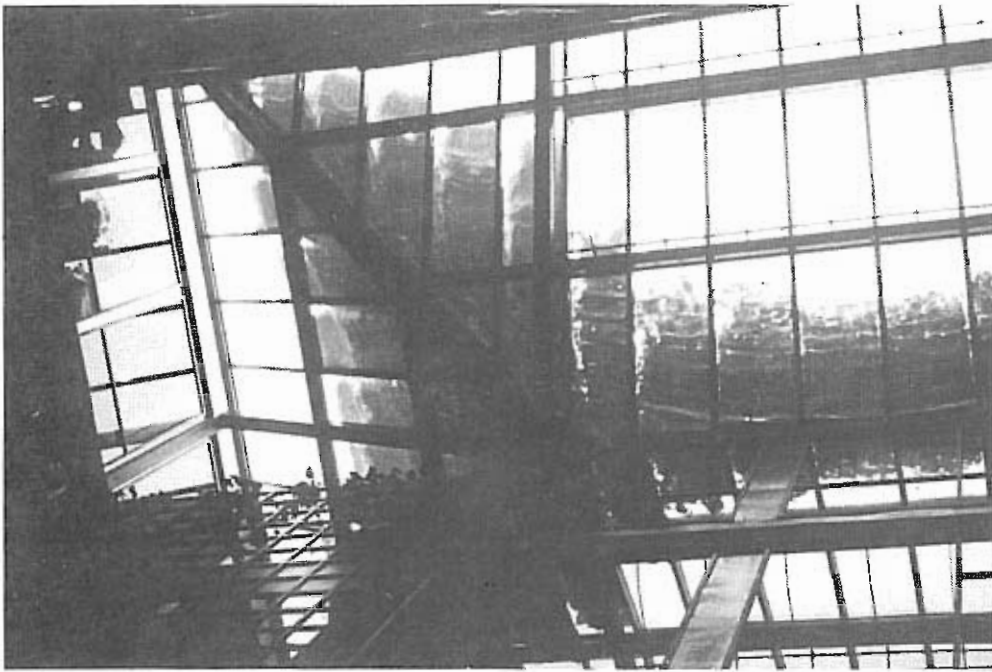
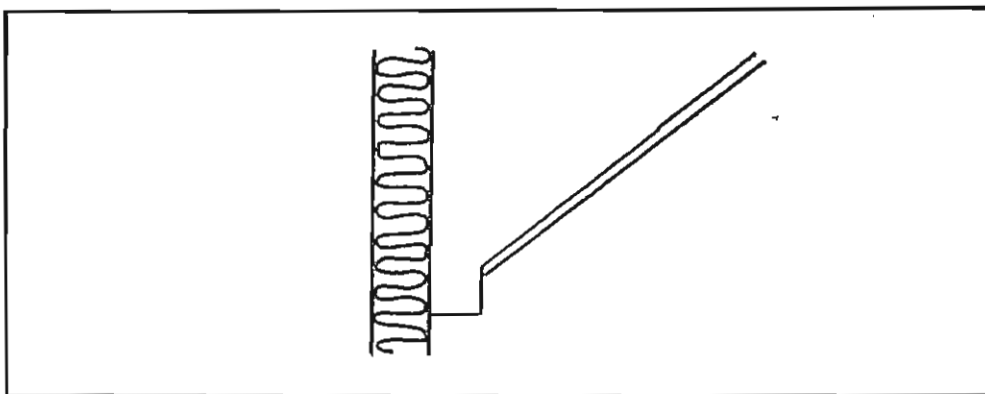


Fig. 9.17 Opphoping av snø i sammenskjæring

KAP. 9.6



Renner av denne typen vil forekomme der glasstak monteres mellom høyere tilstøtende bygninger. Dette er i utgangspunktet ingen heldig løsning. Dersom det høyereliggende taket er et skrått tak med helning mot glasstaket, vil det være fare for snøras ned på glasstaket, og dette må derfor sikres med snøfangere.

I tillegg vil slike løsninger lett føre til at det dannes fonner på glasstaket, noe som øker belastningen.

Hvis det velges en slik løsning, må rennen være tilstrekkelig stor til å kunne romme snø som glir av glasstaket, og utstyres med varmekabler for rask smelting av snøen.

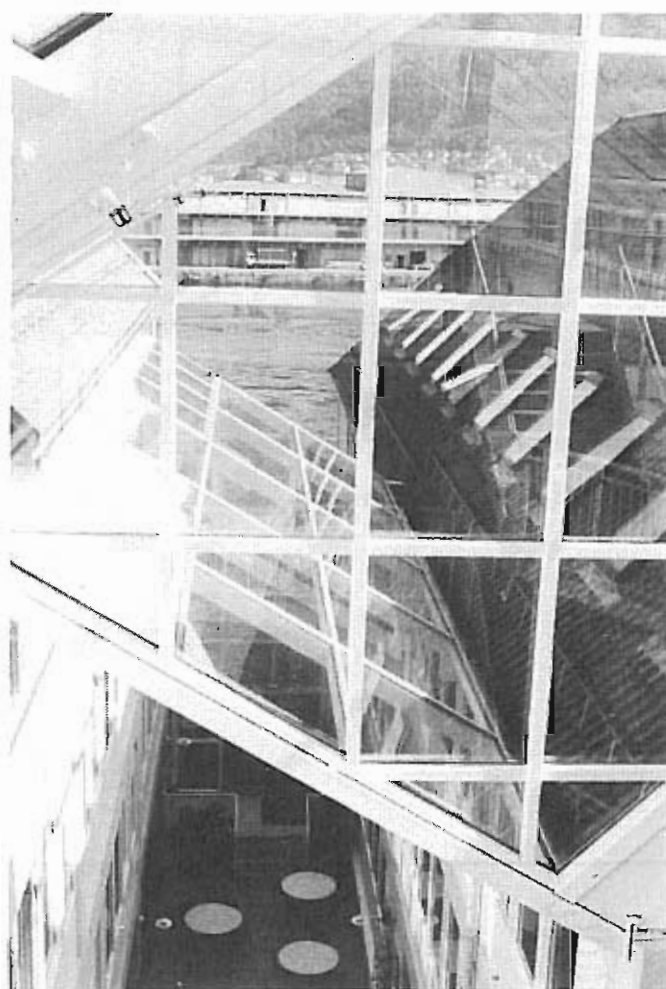


Fig. 9.18 Konstruksjon som gir risiko for snøras ned på glasstaket

REFERANSELITTERATUR

- /1/ Nielsen, Anker Torgersen, S.E.
"Snølast på glasstak",
Norges byggforskningsinstitutt, Intern arbeidsrapport nr. 383, Oslo 1989.
- /2/ Byggforskserien.
Byggdetaljer
G471.051 Laster. Snølast på glasstak.
- /3/ Dreier, C. Gjelsvik, T. Herje, J.R. Isaksen, T. Nielsen, A.F.
"Glasstak",
Norges byggforskningsinstitutt, Håndbok 36, Oslo/Trondheim, 1986.
- /4/ Byggforskerien. Byggdetaljer
A525.035 "Ising på tak", 1988.
A525.583 "Glasstak. Konstruksjonsprinsipper. Beregning av
glasstykkelser", 1988.
A535.403 "Takrenner og nedløpsrør", 1983.
- /5/ NIF kurs 95301 Glass i tak og fasade, NTH 9. - 10. januar 1989:
Nielsen, Anker F.
Norges byggforskningsinstitutt: "Snø- og isproblemer ved glasstak".
Fjærvik, Nils.
A.R.Reinertsen rådgivende ingeniør: "Glasstak. Erfaringer og
prosjekteringsråd".
- /6/ Gray, D.M. Male, D.H.
"Handbook of snow", Pergamon Press, Canada, 1981.
- /7/ Sandvik, Rune
"Calculation of maximum snowload on roofs with high thermal
transmittance" Conference: A multidisciplinary approach to snow
engineering. Santa Barbara, USA, 1988.
- /8/ Persson, T. Thörnby, H.
"Snölaster och byggnadsskador",
Byggforskningsrådet, rapport R78:1989, Stockholm, 1989.
- /9/ Dreier, C.
"Glassundersøkelsen 1989",
Norges byggforskningsinstitutt, rapport 03421, Trondheim 1989.
- /10/ Dreier, C.
"Overganger for glasstak. Praktiske forslag til detaljløsninger",
Norges byggforskningsinstitutt, Prosjektrapport nr. 62, 1990.

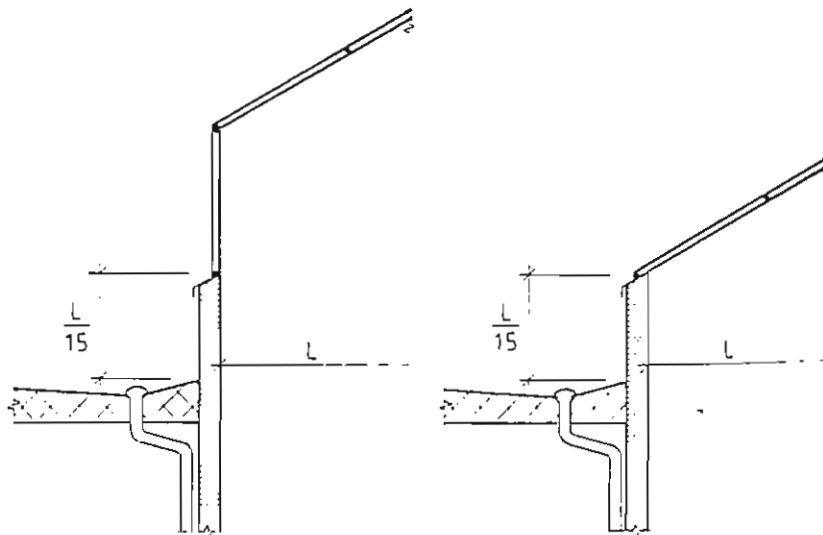
RENNESYSTEMER FOR GLASSTAK - DIMENSJONERINGSVEILEDNING

DIMENSJONER PÅ RENNE

| Maksimal taklengde i fallretning L (m) | Renne b x h (mm) |
|--|------------------|
| 2 | 400 x 400 |
| 3,5 | 500 x 500 |
| 4,5 | 600 x 500 |
| 5,3 | 600 x 600 |
| 10,0 | 900 x 700 |

Forutsetter et største snøfall på 200 mm på ett døgn.

OVERGANG MOT UNDERLIGGENDE TAK



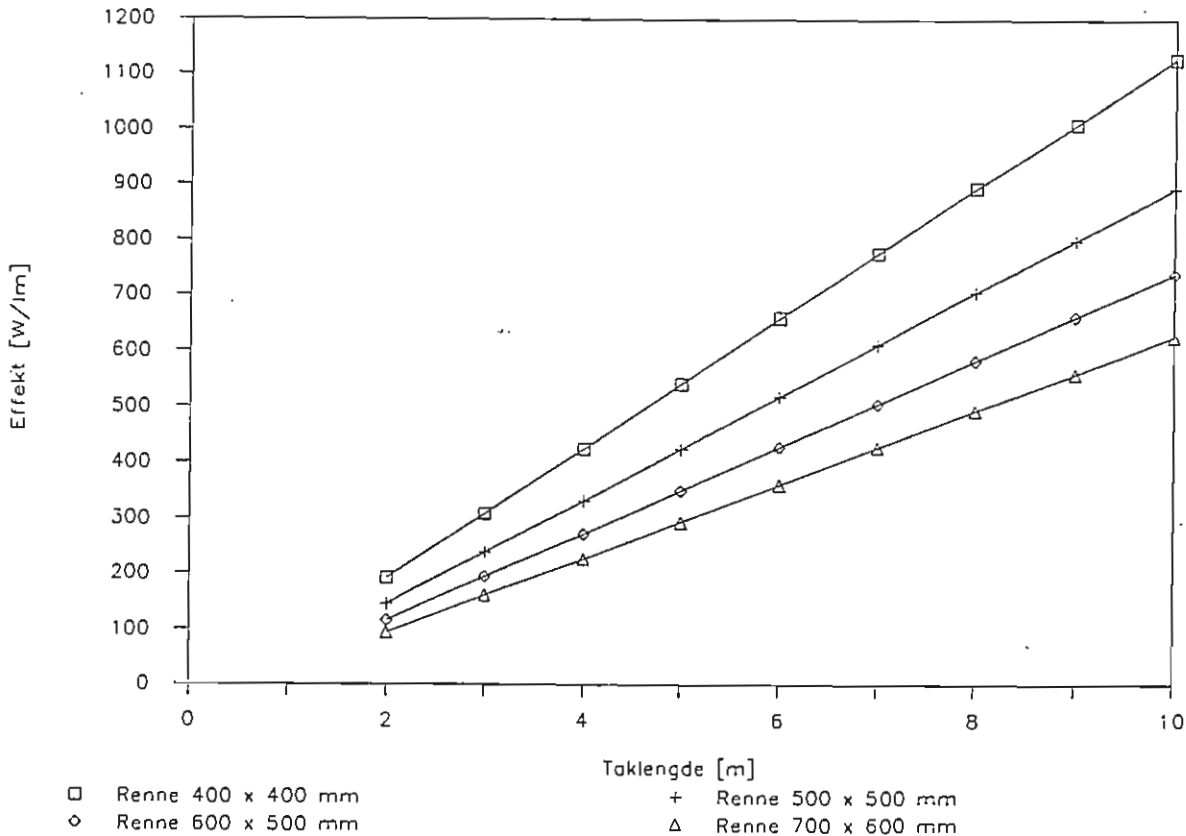
Overgang mellom glasstak og lavereliggende tak.

Veggens høyde $H = L/15$, der $L =$ glasstakets lengde i fallretningen.

| Taklengde i fallretning L (m) | Vegghøyde H (m) |
|-------------------------------|-----------------|
| 2-4 | 0,3 |
| 7 | 0,5 |
| 10 | 0,7 |
| 12 | 0,8 |

RENNE SYSTEMER FOR GLASSTAK - DIMENSJONERINGSVEILEDNING

VARMEKABLERS EFFEKT



Forutsetninger: Et snøfall på 200 mm skal smeltes i løpet av ett døgn.

Glasstakets og rennens U-verdi: 1,90 W/m²K

Innetempertur: 15 °C

Utetemperatur: -5 °C

Antall varmekabler bestemmes av effekten på de enkelte kabler som typisk er 15 - 25 W/m. Såfremt det monteres en lavere effekt enn hva som er angitt i diagrammet, vil snøen smelte over en lengere periode. Varmekablene skal være godkjent og forsynt med jordfeilbryter og maksimal termostat. Manuell styring ved AV/PÅ - bryter bør bare brukes på meget små glasstak. Automatisk styring på grunnlag av utetemperaturen og snøføler bør brukes da dette kan spare 80 - 90% energiforbruk i forhold til konstant oppvarming.

RENNESYSTEMER FOR GLASSTAK - DIMENSJONERINGSVEILEDNING

DIMENSJONER PÅ AVLØPSRØR

| Avløpsrørets dimensjon (mm) | Maks. takareal (m ²) | |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | Avløp i enden av takrennen | Avløp midt på takrennen |
| 63 | 90 | 130 |
| 75 | 100 | 230 |
| 90 | 240 | 350 |
| 110 | >240 | |

Avløpsrørets dimensjon er for runde avløpsrørs diameter og for kvadratiske avløpsrørs bredde.

Avløpsrør dimensjoneres ut fra en regnintensitet på 0,013 l/sm².

Smeltevann fra glasstaket må ikke kunne fryse til is i avløpssystemet. Det må derfor benyttes innvendige avløp som går gjennom oppvarmede rom. Dersom det benyttes utvendige avløp, eller avløpsrøret går gjennom uoppvarmede rom, må det brukes varmekabler i avløpsrøret ned til ca. 1 m under terrengoverflaten.

17.12.91