

Snö och is på tak – ett byggnadsfysikaliskt problem:

# Istappar på tak – se upp!

En typisk vinter innebär alltid problem med snö och is på tak. Ett exempel är istappar som bildas i takrännor som på *bild 1*. Istappar är vackra när de finns i naturen, men de utgör ett mycket allvarligt problem då de kan falla ner och träffa personer. Detta sker några gånger varje vinter. I de allvarligaste fallen kan personer dödas, vilket skett både i Norge och i Sverige. Enligt lagen är det fastighetsägaren som har ansvaret för att förhindra att snö och is faller ner från tak. Detta kan lösas genom att ta bort istappar när de upptäcks och också genom att sätta upp skyltar så att fotgängare går utanför farliga områden. Det kan vara svårt att få istappar borttagna i större städer, när problem uppstår, eftersom alla vill få detta ordnat samtidigt.

För att hjälpa fastighetsägarna har Fastighetsbranschens Utvecklingsforum år 2004 gett ut häftet: *Snö och is på tak, risker och riktlinjer*. Innehållet är intressant för fastighetsägarna då det beskriver de tekniska och juridiska förhållandena för snö och is på tak. Där finns förslag till uppskattning av risk och avtal med entreprenörer som ska avlägsna snö och is. Det nämns att snösmältning på tak kan orsaka uppkomsten av istappar, men fysiken bakom är bara ytligt berörd. En god förståelse för fysiken bakom bildandet av istappar ger möjlighet att reducera problemet med istappar.

Problemet med nerisning och istappar på tak är ganska komplicerat då det innehåller arkitektur, meteorologi, glaciologi och byggnadsfysik. Arkitekten bestämmer byggnadens utseende och takets utformning tillsammans med byggherren. Meteorologin kommer in då vi vill veta något om vädret som ska till för att istappar ska bildas och för att få dem att falla ner. Glaciologi är läran om glaciärer och



*Bild 1: Istappar bildade i takrännor.*

fysiken kring is och snö. Byggnadsfysiken kommer in då värme- och fukttransport har betydelse.

## Traditionella tak

Vi kan dela in tak i två huvudtyper, kalla (ventilerade) tak och varma (oventilerade) tak. I varma tak är det normalt att ha invändigt avlopp. Denna lösning har inga eller mycket få problem med istappar även om frysning av smältvatten på taket kan vara ett problem. Ventilerade tak innehåller en luftspalt för att förhindra fuktproblem och för att hålla takytan kall. Dessa tak har normal lutning och avledning till utvändiga takrännor och stuprör. Resultatet är att kalla ventilerade tak medför stor risk för istappar.

## Istappar

Frysning av droppande vatten eller smält snö ger istappar som syns på bilderna. Istappar bildas inte bara på tak utan också i naturen på träd, vattenfall, staket med mera. Istappar är konformade med den tjocka änden upp. De är alla olika beroende på de lokala förhållandena på samma sätt som alla snökristaller är unika. Istappar bildas av rinnande vatten, därför är det nödvändigt med en vattentemperatur över fryspunkten för att istappar ska kunna bildas. Vatten som rinner ner över istappen bildar en vätskefilm på ytan om vätskeströmmen är stor nog. Filmens



tjocklek är 40–100 mikrometer. För att istappen ska växa måste omgivande lufttemperatur vara under 0 °C. När istappen växer måste den avge värme till omgivningen. Värmebalansen mellan ytan och omgivningen påverkar hur snabbt en istapp växer. I kallare temperatur går frysningen snabbt, men också luftens fuktighet, vindhastigheten och solstrålningen är viktiga. Värmeförlusten från ytan till omgivningen sker mestadels genom värmeledning och genom förångning. När vattnet rinner ner över istappen fryser en del av det. Om vattenflödet är stort bildas droppar i änden av istappen. Dessa droppar växer till cirka 5 mm i diameter, faller ner och en ny droppe bildas.

Artikelförfattare är  
**Anker Nielsen**,  
professor i  
byggnadsfysik,  
Chalmers tekniska  
högskola,  
Göteborg.





Numeriska modeller för hur istappar växer är utvecklade av *Makkonen* 1988. Modellen visar att tillväxthastigheten är mycket beroende av tiden. Tillväxten i längdriktningen ökar med tiden under bestämda klimatförhållanden och vattentillförsel. Detta beror på att ytans areal på istappen växer med tiden och att antalet droppar som bildas minskar. Till slut slutar dropparna att falla och allt vatten fryser på ytan. Modellen ger ingen gräns för hur stor en istapp kan bli, i praktiken är det annorlunda. Om vattentillförseln är hög kommer istappen att växa långsamt och det är osannolikt att den blir stor. Om vattentillförseln är liten kommer istappen snabbt att bli längre ända tills dess vattnet inte når spetsen av istappen. Mycket stora istappar kan bara bildas när vattentillförseln är låg i början och därefter ökas. Detta förklarar att de bildas på tak, där vattentillförseln är låg på morgonen och ökas under dagen på grund av värmeförluster eller solstrålning.

Den numeriska modellen och försök har visat att vid  $-10^{\circ}\text{C}$  kan istappen växa med 10–40 cm/timma, om vattentillförseln är omkring 10 milligram per sekund. Blir vattentillförseln högre så växer istappen långsammare. En uppskattning av tiden för att bilda en 0,5 m lång istapp på 2 kg is är cirka fem timmar och för en 1 m lång på 20 kg är cirka tio timmar.

## Fallande istappar

Risikanalyser för fallande istappar görs sällan. Om vi har takrännor längs en gata med trottoar under finns det alltid en risk att människor träffas. En lösning är att ha en plantering med en bredd av cirka 2 m längs med fasaden. Då kan istappar falla där. Det är dock fortfarande ett problem med dörrar i fasaden, men de kan ha ett litet tak över sig. Ett alternativ är att ha dörrar i husets gavel. Detta kan bara göras på nya hus, för äldre hus måste vi undersöka andra möjligheter för att reducera risken.

Istappar kommer att falla när vikten överstiger styrkan i istappen. När sker detta? Det är ett komplicerat problem, men temperaturen får nog vara över  $0^{\circ}\text{C}$ . En typisk vinterdag har vi frost på natten och tå på dagen. När temperaturen stiger ökar också risken för istappar att falla. Min bedömning är att risken är låg på morgonen och ökar under dagen. Den högsta risken är på eftermiddagen om det är mulet. Är det sol kan risken bli högre tidigare när solen når takytan. Takytans orientering är därför viktig.

## Snösmältning och snö på tak

Snö på tak kan smälta antingen på grund av värmeförluster från vinden eller på grund av solstrålning. Tidigare i min forskning i Norge har jag räknat på hur mycket snö som behövs för att den ska smälta på ett glastak. Det beror på temperaturen under taket och uttemperaturen



Bild 2: Komplex takutformning i Göteborg.

samt snöns densitet. I tabellen har jag räknat med lätt nysnö med en densitet på cirka  $100\text{ kg/m}^3$  och en utetemperatur på  $-10^{\circ}\text{C}$  och en temperatur under taket på  $20^{\circ}\text{C}$ .

|                | U-värde<br>$\text{W/m}^2\text{K}$ | Snödjup<br>cm |
|----------------|-----------------------------------|---------------|
| Glastak 2-glas | 3,0                               | 0,5           |
| Glastak 3-glas | 1,9                               | 1             |
| Tak            | 0,3                               | 8             |
| Tak            | 0,2                               | 12            |
| Tak            | 0,15                              | 16            |

Om snödjupet överstiger tabellvärdet kommer snön att börja smälta. Om taket är lutande kommer snön att börja glida då friktionskoefficienten minskar vid  $0^{\circ}\text{C}$ . Snödjupen ger därmed också upplysning om när det kan bildas istappar av smältvattnet. Snösmältningen börjar vid lägre snödjup om temperaturen under taket är över  $20^{\circ}\text{C}$ . Hög innetemperatur ökar därmed risken för istappar.

Ser vi därefter på snösmältning från solstrålning kan detta ge en snabb smältning även om 80 procent av strålningen reflekteras från snön. Med en strålning på cirka  $1\text{ kWh/m}^2$  är det möjligt att smälta upp emot 2 kg per  $\text{m}^2$  och timma. Detta ger en stor vattentillförsel och vatten kommer att droppa från istappar. Resultatet blir med stor sannolikhet att istappen faller ner. Smältvattnet på  $0$ – $1^{\circ}\text{C}$  kommer att värma basen av istappen och det som den hänger fast vid. Nära  $0^{\circ}\text{C}$  är isens hållfasthet ganska låg. Smältvattenmängden beror på avrinningsområdet på taket och därför även på längden av taket. För ett plåttak medför smältvattnet stor sannolikhet för att snön glider ner. Sol på den snöfria översta delen av taket förstärker ytterligare snösmältningen eftersom plå-

ten leder värme bra. Slutsats: solstrålning ger en ökad risk för fallande istappar.

## Exempel från Norge

Vintern 1987 deltog jag i Norges Byggeforskningsinstituts undersökning av en skada på ett stort ventilerat tak. Taket hade ett U-värde på  $0,25\text{ W/m}^2\text{K}$ , en längd av 16 meter och en lutning på 20 grader. Takets yta var av plåt. Ventilationsöppningen i taket var 48 mm hög. Det fanns istappar på två till fyra meters längd vid takkanten. Värmeförlusterna från byggnaden skulle inte kunna smälta så mycket snö om innetemperaturen var  $20^{\circ}\text{C}$ . Inspektion av taket och samtal med förvaltaren visade att temperaturen i ett rum med teknisk utrustning under taket var cirka  $40^{\circ}\text{C}$  på vintern. Vid projekteringen av fläktrummet var det inte meningen att temperaturen skulle vara över  $20^{\circ}\text{C}$  under kalla perioder och att det ger en väsentlig värmeförlust till taket.

Problemet kunde lösas med två ändringar: 1. Isolering av fläktrummet så att värmeflödet därifrån blev reducerat. 2. Ökad ventilationshöjd för det stora taket till cirka 150 mm.

## Värmekablar

Användningen av värmekablar för att smälta snö och is kan vara en nödvändig lösning för att säkra att smältvattnet kan rinna undan utan att frysa. Detta kan minska risken för istappar. Kablar placeras på ventilerade tak i takrännor och stuprör. I en del fall kan vi fortfarande få istappar om värmeeffekten är för låg eller om kablarna flyttas av snö och is så att effekten inte utnyttjas effektivt. Reglerna för dimensionering av rännsystem och värmekablar för glastak finns i *Hugdalen och Nielsen* 1991. För glastak är det viktigt att

tänka på att snön glider av taket på grund av att friktionen mellan snö och glas är låg, speciellt vid 0°C. Att snölasten på glastak kan minskas är nu en del av den internationella standarden för snölast på byggnader. Kostnaderna för elektricitet till värmekablar kan bli ganska stor om inte ett effektivt styrningssystem för kablarna används, så att elen stängs av då den inte behövs för smältning.

## Snörasskydd

För att förhindra snöras är det vanligt att använda snörasskydd på tak. När snöras sker beror på temperaturen på snöns undersida samt takmaterialet och inte minst takets lutning. Bild 2 på föregående sida visar ett exempel på ett plåttak där användning av snörasskydd är nödvändig. Ett problem med snörasskydden är att de inte är kraftiga nog eller att snön kan glida under eller över. Om snörasskydden fungerar håller den kvar snön, men problemen kan istället uppstå vid snösmältning och risk för bildande av istappar.

## Problemområden

När det gäller byggnader kan vi få istappar längs takrännan vid takkanten, vilket syns på bild 1. En del detaljer medför högre risk för istapptbildning, till exempel stuprör. Detta beror på att vattnet fryser i dem och stoppar vattenströmmen. Ett annat typiskt problemområde är rännan mellan två tak speciellt vid den nedersta delen. De områdena är besvärliga att ventileras och vi får alltid mest smältvatten där, vilket kan medföra risk för istappar.

En komplex takutformning, som den på bild 2 är typisk för städer där vinden ofta används till bostad för att utnyttja utrymmet maximalt. I detta exempel är lutningen 70 grader på den nedersta delen och cirka 45 grader på den översta delen. Det betyder att istappar inte bara kan bildas vid den nedre takkanten utan också vid övergången mellan de två taklutningarna. Bilden visar en istapp i hörnet av den översta vindskupan med en fläkt på taket. Utbyggnaden kan vara ett fläktrum med en hög innetemperatur. Takfönster kan också orsaka problem, om snön smälter på dem och vattnet rinner ner och fryser i till exempel takrännan.

## Slutsatser – risk för nerisning

Sammanfattningsvis ges några riktlinjer för problemet med istappar och nerisning på tak.

### När bildas istappar?

- Ingen snö på taket – inga istappar.
- Vid lufttemperatur över 0°C – inga istappar.
- Vid lufttemperatur mellan 0 och -5°C växer istapparna långsamt och kan helt avstanna, om det kommer mycket smältvatten.
- Vid lufttemperatur under -5°C kan istappar växa, ju lägre temperatur desto snabbare tillväxt.

- Ökad vindhastighet ökar tillväxten.
- Inget smältvatten – istappen växer inte.
- Liten ström av smältvatten ger ökad tillväxt.
- Stor ström av smältvatten ger långsammare tillväxt och möjlighet att istappen smälter.



Bild 3. Istapp bildad i hörnet av den översta vindskupan på bild 2.

### När faller istappen ner?

- Vid lufttemperatur 0°C och däröver – stor risk.
- Vid lufttemperatur från 0 till -5°C – normal risk. Isens hållfasthet minskar.
- Vid lufttemperatur under -5°C – låg risk.
- Hög vindhastighet ökar risken.
- Liten ström av smältvatten – risken beror på temperaturen, men smältvatten ökar risken.
- Stor ström av smältvatten – högre risk beroende på lufttemperatur eftersom isens hållfasthet minskar.
- Solstrålning på tak med snö ovanför istappar – ökad risk eftersom vi får mer smältvatten.

### Byggnadsrelaterade saker som kan reducera risken för nedfallande istappar och att personer träffas

- Använd invändiga avlopp och tak med lutning bort från byggnadens kant.
- Placera ingången i byggnadens gavel, där risken är låg.
- Använd tak över entrédörren för att kunna fånga upp istappar.
- Anlägg en plantering längs fasaden, så att istappar kan falla ner där och inte på trottoaren.
- Ha aldrig mer än 20°C i innetemperatur i rum under ett tak.
- Tilläggsisolera rum med teknisk utrustning – spillvärme från installationer ger ökad risk.
- För ventilerade tak håll temperaturen i luftspalten under -1°C för att hindra snösmältningen på taket. Kan göras med naturlig ventilation eller mekanisk ventilation.

- Takrännor och stuprör är alltid riskområden. Här kan värmekablar vara en lösning.
- Istappar bildas mycket ofta vid stuprör då vattnet fryser i den nedersta delen och vattnet därefter rinner över hänggränsen.
- Den nedersta delen av rännan mellan tak är högriskområden eftersom det där kommer mycket vatten där och ventilationen kan vara dålig.
- Isolerade takområden nedanför ett takfönster är ett riskområde.
- Glastak ger mycket smältvatten och snöras.
- Vid komplex takutformning kan istappar bildas på en del av taket och därefter falla ner på andra tak.
- Tänk alltid på om istappar kan falla ner från ett tak på ett glastak – hög risk.

## Arbetar vidare

Som alltid beror förhållandena i praktiken på typ av byggnad, taktyp, utformning, konstruktion, värmeisolering och ventilation av taket, där några punkter är viktigare än andra beroende på den aktuella situationen. Vi planerar att arbeta vidare med detta problemområde och utveckla data-modeller som kan hjälpa till att uppskatta riskerna för bildandet av istappar samt när de kan förväntas falla ner. Vi vet att under vissa vintrar bildas det få istappar och under andra många. Vi vill därför samarbeta med SMHI för att kunna förutsäga väderperioder med risk för bildning av istappar och inte minst, när de faller ner. Detta kan vara till stor hjälp för fastighetsförvaltare, men till slut är det en rad byggnadstekniska saker som också bestämmer om det kommer att bildas istappar.

PS. Efter att ha arbetat med detta kommer jag om vintern alltid att undvika ställen där vatten droppar ner från byggnader på trottoaren, för där kan det ha bildats istappar som ofta inte syns nerifrån. ■

## Referenser

Anker Nielsen: *Snow, ice and icicles on roofs – physics and risks*, Nordic Symposium for Building Physics, Reykjavik, Iceland, June 2005.

*Snö och is på tak*, Fastighetsbranschens Utvecklingsforum, 2004.

B Hugdal B and A Nielsen: *Rennesystemer for glasstak – dimensioneringsveiledning*, Norwegian Building Institute, Oslo, Norway Prosjektrapport 88:1991.

L Makkonen: *A model of icicle growth*, Journal of Glaciology vol. 34, page 64–70, 1988.