

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING AV  
FORSKNINGSPROJEKTET:

# Stabilitet- och stabiliseringskrav på slanka bärverk i stål respektive trä

**Anders Klasson**

**2016-01-27**

# INNEHÅLL

1. INLEDNING .....	2
2. SYFTE.....	3
3. METOD.....	3
4. PROJEKTRESULTAT.....	4
5. REFERENSER.....	5

## 1. INLEDNING

Detta är en populärvetenskaplig sammanfattning av forskningsprojektet ”Stabilitet- och stabiliseringskrav på slanka bärverk i stål respektive trä” (*Engelsk titel: ”Bracing of slender steel and timber structures”*) [1] som utförts på Lunds tekniska högskola mellan åren 2013-2015 med finansiellt stöd från SBUF (projektnummer: 12685) och Skanska Sverige AB.

Under vintrarna 2009/10 och 2010/11 rasade ett stort antal (>180) takkonstruktioner i Sverige. Snölasterna under dessa vintrar var stora men översteg i generell mening inte de normföreskrivna lasterna. Detta indikerar att taken var undermåligt dimensionerade. Vidare så bestod majoriteten av de rasade takens bärverk av slanka stål respektive träkonstruktioner. Det är väl känt att sådana konstruktionstyper är känsliga för olika typer av instabilitetsfenomen. Rasutredningar har visat att bristfällig stagning var huvudorsaken till takrasen.

Enligt en rapport [2] av SP, Skanska Sverige AB och Lunds Universitet så var 60 % av taken som rasade vintrarna 2009/10 och 2010/11 byggda efter 1980. Det kan därav förefalla som att byggandet skulle ha försämrats efter 1980. Detta är förmodligen dock inte fallet eftersom ett stort antal takras skedde också vintern 1976/77 i samma områden som de ras som skedde under vintrarna 2009/10 och 2010/11. Detta betyder att äldre byggnader som hade haft potential att rasa vintrarna 2009/10 och 2010/11 rasade redan under den tidigare nämnda vintern. Det kan därav inte tolkas som att byggandet har försämrats efter 1980 utan snarare som att det byggs ungefär lika undermåligt som tidigare och att fler tak riskerar rasa under framtida vintrar om byggandet inte förbättras.

Tak som rasar på grund av bristfällig stabilisering har inte bara rapporterats som ett problem i Sverige. Under vintern 2005/06 rasade fler än 50 tak i Tyskland, Österrike och Polen. Liksom i de Svenska rasfallen var snölasterna generellt lägre än de normföreskrivna snölasterna. En nordisk studie som omfattar 127 träkonstruktioner som rasat runt om i världen fastslår instabilitet, d.v.s. otillräcklig stagning, som den mest frekventa anledningen till byggnadsras generellt.

Slanka konstruktioner har inte bara rasat på grund av otillräcklig stabilisering i snölastfall. De allra flesta konstruktioner som rasar gör så redan under montageskedet enligt Frühwald et al.[3]. Detta reflekterar signifikansen av adekvat temporär stagning under montage.

Eftersom byggnadskollapser kan leda till både stora ekonomiska förluster och i värsta fall förlust av människoliv kan de inte accepteras av samhället. Av detta skäl finns byggnadsnormer som styr hur konstruktioner skall dimensioneras och hur godtagbar säkerhet skall uppnås. Trots detta så sker dock byggnadsras. Den huvudsakliga anledningen till detta torde vara att det vid sidan av normer och regler är det lika viktigt med adekvat ingenjörsmässig förståelse inom konstruktionsteknik hos dem som uppför byggnader. Denna typ av förståelse kan förmodligen aldrig specificeras i någon form i norm utan kompetenta och erfarna ingenjörer kommer alltid krävas.

## 2. SYFTE

Syftet med projektet i fråga var att bidra med fördjupad förståelse för instabilitet och stagningskriterier i allmänhet för att motverka framtida byggnadsras avseende främst stål respektive träkonstruktioner. Mer specifikt var målen enligt följande:

1. Diskutera ett antal rasfall för att påvisa vikten av adekvat stabilisering och stagnering.
2. Undersöka grundläggande principer avseende sambanden mellan stagningsstyvhets, stagningskrafter och instabilitetsmoder.
3. Undersöka hur olika imperfektionsmodeller påverkar stagningskrafter och instabilitetsmoder.
4. Undersöka om olinjärt beteende i stagneringssystem, t.ex. glidning i förband, har en inverkan på stabilitetslasten.

## 3. METOD

För att undersöka de olika frågeställningarna har litteraturstudie, laboratorieförsök och numerisk modellering använts som metoder i projektet. I laboratoriemiljö testades slanka balkar (d.v.s. höga i förhållande till sin bredd), se Figur 1, som stagades med olika vajrar. Vajrar med olika dimensioner användes för att simulera olika styvhets och bärförmåga på stagneringssystemet. Genom att mäta krafterna i stagneringssystemet och deformationerna i olika punkter längs konstruktionselementen kunde effektiviteten av stagningen utvärderas. Det kommersiella finita elementprogrammet Abaqus har använts för att modellera stagning av både balkar, pelare och takstolar.



**Figur 1.** Laboratorieförsök av slanka limträbalkar.

#### 4. PROJEKTRESULTAT

De flesta ras av slanka konstruktioner som skett har varit relaterade till grova konstruktionsfel eller brister. Samma fel kan ses hos de byggnader som uppfördes 40-60 år sen som rasade under hög snöbelastning på 1970talet som de som byggdes senare som rasade snövintrarna 2009/10 och 2010/11. Ett exempel på ett tydligt fel är att tryckta ramhörn lämnats helt ostagade, se Figur 2. Det är viktigt att påpeka vikten av erfarenhetsåterföring för att undvika upprepandet av fel.



**Figur 2.** Kollaps av lagerbyggnad på grund av otillräcklig stagning i ramhörn. (Johannesson et al. [4])

- Grundläggande förhållanden mellan stagningsstyvhet, d.v.s. robustheten på stagningen, stagningskraft och hur konstruktionselementet deformeras vid belastning har bekräftats både i laboratorieförsök och med numerisk respektive analytisk modellering. Generellt, desto grövre stagning man har, desto lägre påkänning får man i stagningen och bättre säkerhet kan förväntas. Detta har dock visats, vilket är en ny lärdom, gälla enbart för slanka konstruktioner. När mer kraftiga bärverk stagas, som till exempel en balk som är relativt bred i förhållande till dess höjd, blir istället kraften större i staget om man ökar dess dimension. Detta är viktigt att ha i åtanke vid både avsiktlig och oavsiktlig stagning av oslanka element.
- När man dimensionerar slanka element (såsom pelare, balkar och fackverk mm) med hjälp av datoranalyser måste man ange konstruktionselementens initialimperfektioner, t.ex. krokighet, innan belastning/beräkning börjar. Exakt hur ett specifikt konstruktionselement ser ut avseende imperfektioner är okänt då dessa generellt kan ses som slumpmässiga. Därför måste konstruktören arbeta med kvalificerade antaganden. Det har visats i projektet att det inte räcker med en imperfektionsmodell utan minst två: generellt behövs en typ av imperfektionsmodell för att dimensionera stagningssystemet på ett säkert sätt och en annan imperfektionsmodell för att dimensionera huvudbärelementet (t.ex. pelare eller balk) på ett säkert sätt.
- Det har visats i projektet att eventuella glipor i förband eller andra motsvarande defekter i stagningssystemet som förhindrar stagningssystemet från att effektivt staga primärelementet (t.ex. fackverk, balk eller pelare) direkt vid pålastning kan påverka den lastbärande förmågan negativt och bör beaktas vid dimensionering.

## 5. REFERENSER

- [1] A. Klasson. *Bracing of slender steel and timber structures*. Report TVBK: 1051. Lund: Division of Structural Engineering, Lund University, 2015.
- [2] C. –J. Johansson, C. Lidgren, C. Nilsson, and R. Crocetti. *Takras vintrarna 2009/2010 och 2010/2011 – orsaker och förslag till åtgärd*. Borås. Sp Rapport 2011:32, 2011.
- [3] E. Frühwald, E. Serrano, T. Toratti, A. Emilsson, and S. Thelandersson. *Design of Safe Timber Structures – How Can we Learn from Structural Failures in Concrete, Steel and Timber*. Report TVBK-3053. Div. of Structural Engineering, Lund University, 2007.
- [4] B. Johannesson, och G. Johansson. *Snöskador i Sverige vintern 1976-1977*. Byggeforskningen Rapport R15\_1979, 1979.