



---

# Haverier & skador i relation till risk & säkerhet

Johan Silfwerbrand  
KTH, Inst. f. Byggvetenskap

CIR-dagen, Göteborg, 27 jan. 2015

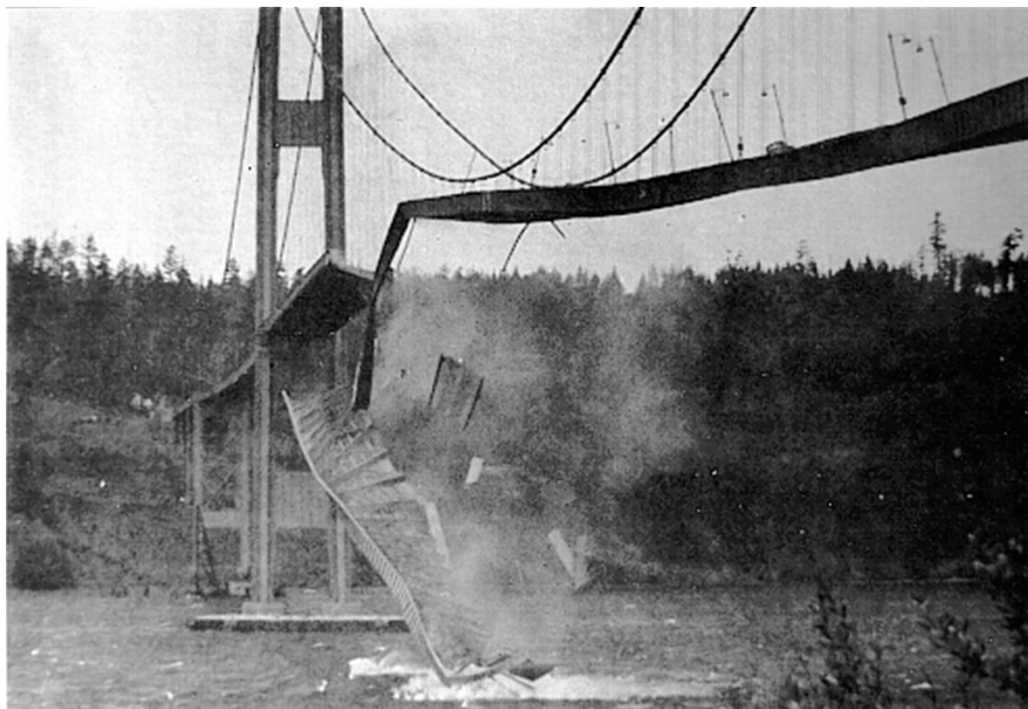


# Innehåll

---

- Några kända haverier
- Något om risker och deras storlek
- Debatten om ras, risker & säkerhet
- Hur vi skulle kunna gå vidare

# Haveriet Tacoma Narrows Bridge (7/11 1940)



Byggt 1940 (Washington State, USA)  
Spännvidd 854 m, bredd 11,9 m  
Bobaneplatta i betong, bärande I-balkar av stål  
Konstruktör: Leon Moisseff (1872-1943)



Theodor von Karman  
(1881-1963)  
förklarade sambandet  
mellan konstruktion &  
vind.

Sundquist, 2014

# Tjörnbron 1980



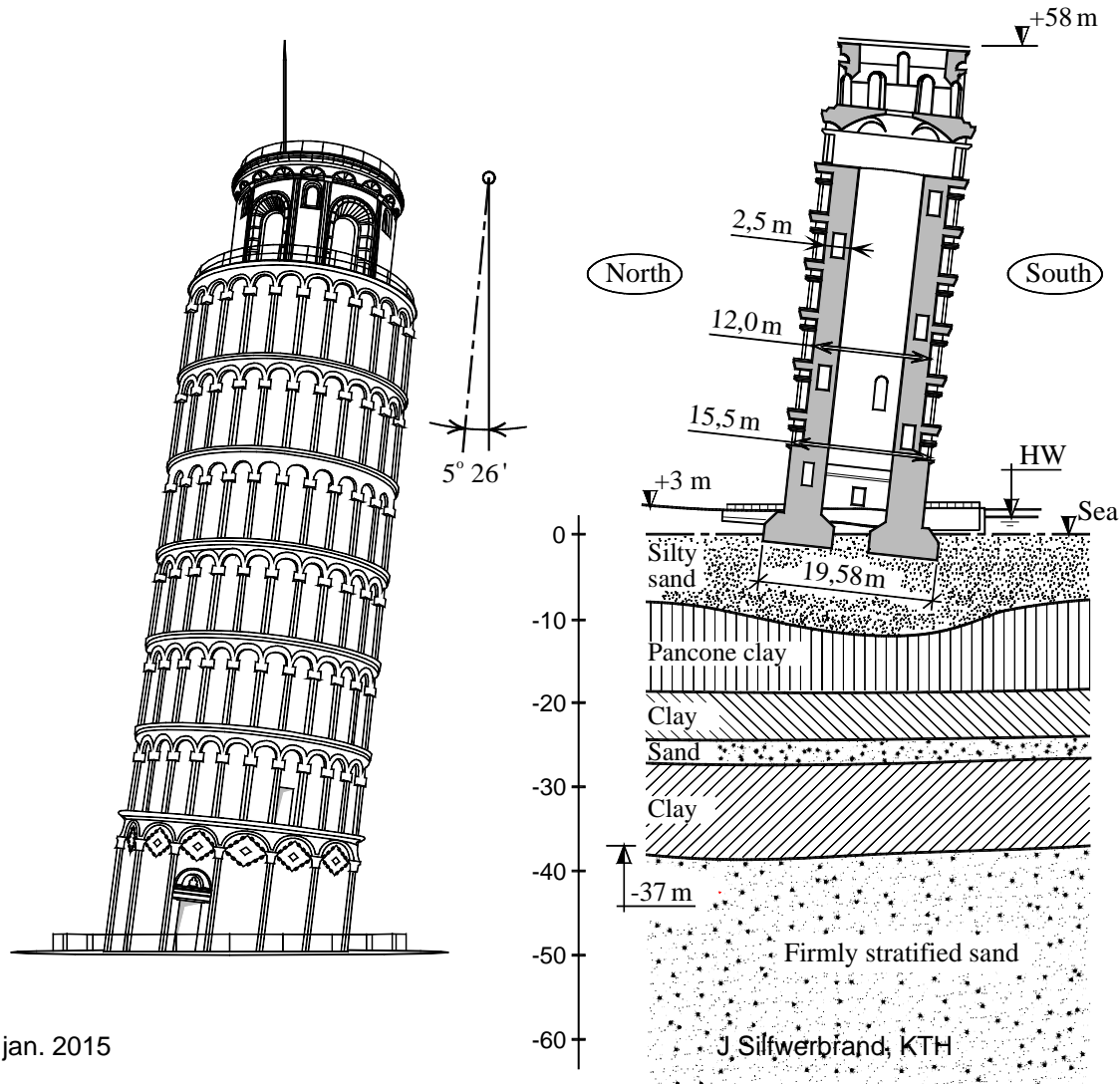
Sundquist, 2014

# Bron före haveriet



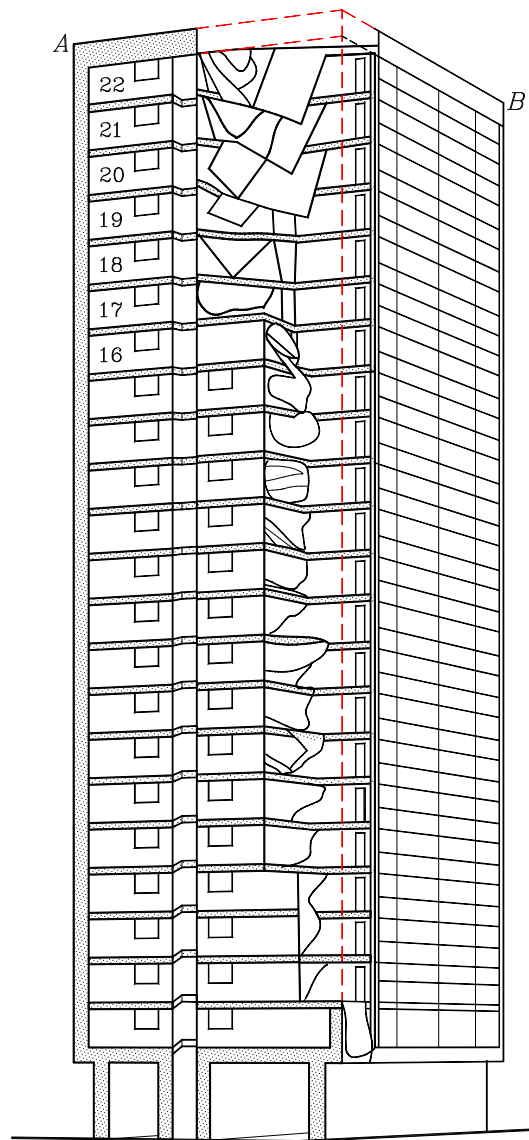
Sundquist, 2014

# Världens mest kända "misslyckande"

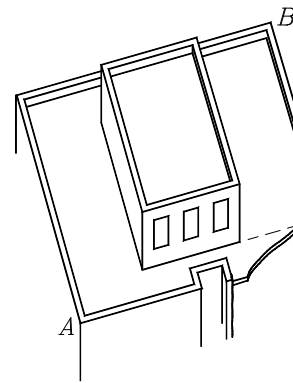


Sundquist, 2014

# Ronan Point, London, 1968

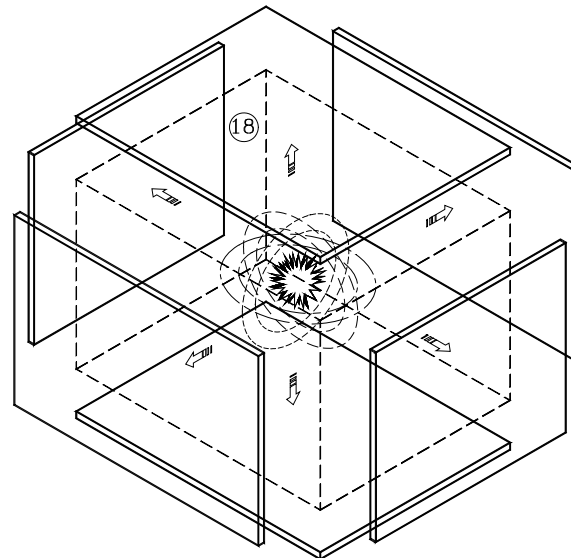


a)



b)

A gas explosion at the 18<sup>th</sup> floor forced the walls to fly out and this in turn caused a large portion of the house to collapse, "progressing failure". 10 people were killed.



The accident led to new standards for preventing this kind of progressing failure in many countries, e.g., in Sweden.

Sundquist, 2014



# New York WTC 11 Sept 2001 (nine- eleven)

Sundquist, 2014



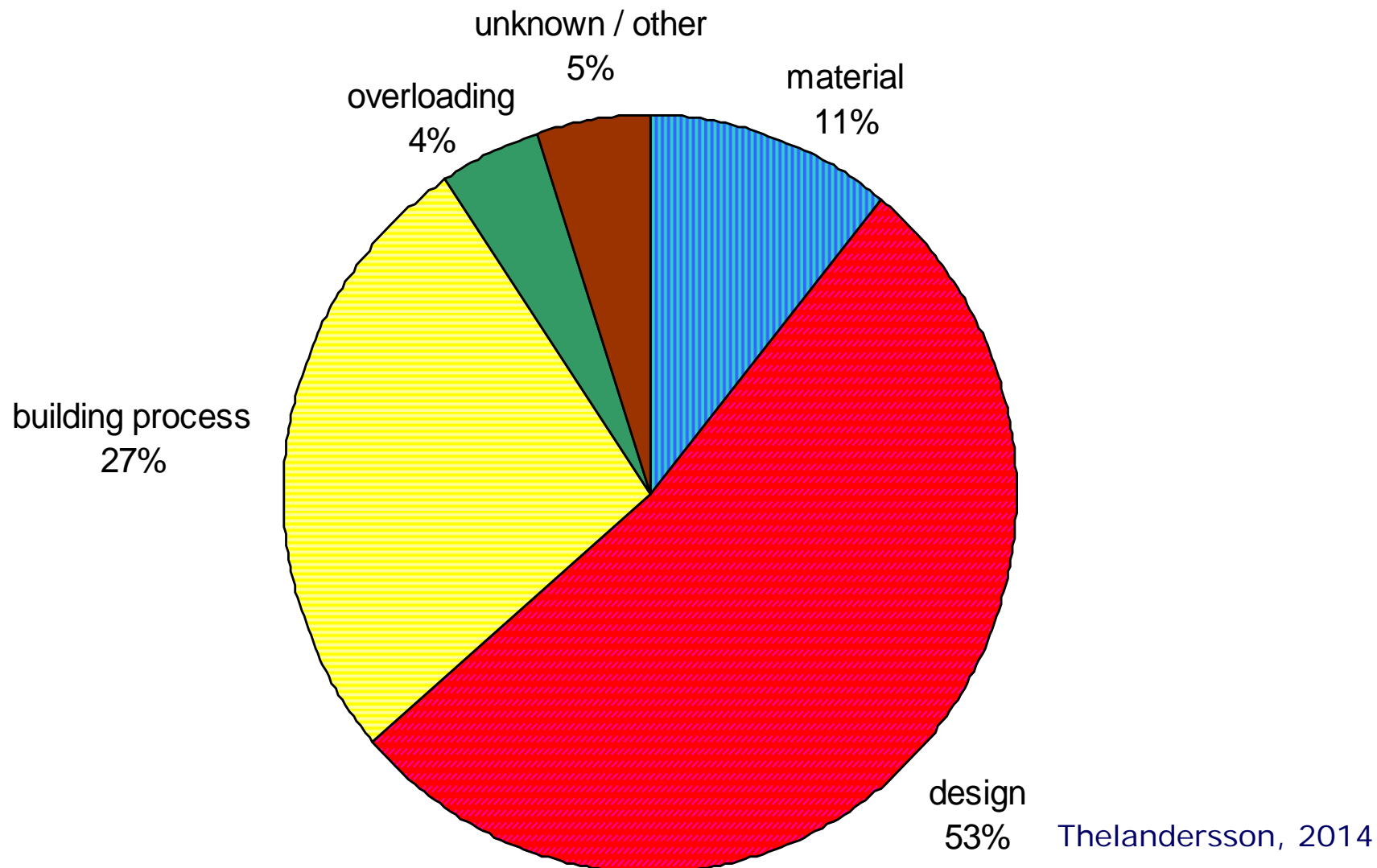
# Takras



Thelandersson, 2014



# Skadeorsaker (127 trätak)



Thelandersson, 2014



# Lärdomar från ras av broar & byggnader

---

- Mycket sällsynta
- **Vanliga orsaker:** Okänd last (påsegling, påflygning) eller okänt fenomen (geoteknik, egensvängning, fortskridande ras)
- **Annan orsak:** Otillräcklig dimensionering (takras, knappast för mycket snö)
- (Krigshandlingar får heller inte glömmas bort.)

# Sandöbron



31 aug. 1939, samma dag som 2:a världskriget startade, 18 byggnadsarbetare omkom.

Pålunderstödd  
träform 1945.  
Längsta bågbro i betong  
från 1945 till 1960.



Sundquist, 2014

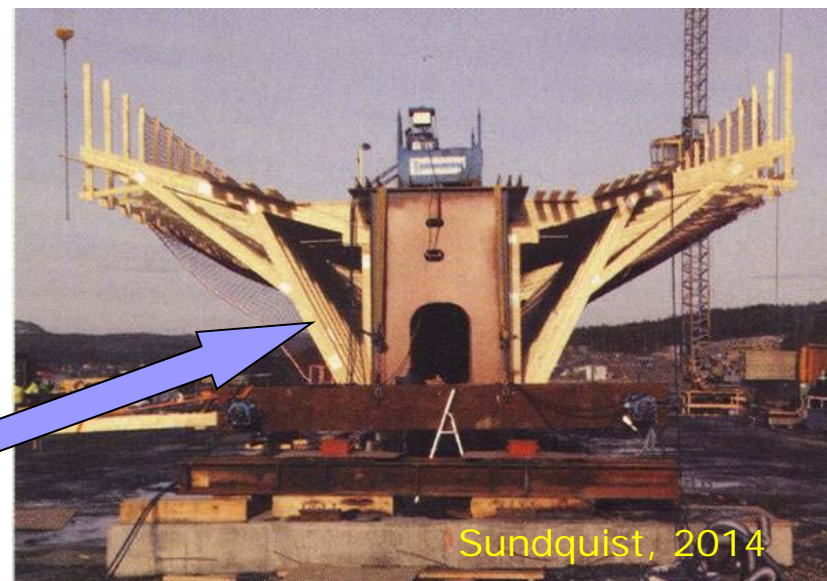
# Broar under produktion: Två svenska olyckor sommaren 2008.



Kista: 1 arbetare  
död + 1 trafikant  
allvarligt skadad

Älandsfjärden:  
2 arbetare  
dödade + 3  
allvarligt  
skadade

Otillräcklig  
dimensionering för  
knäckning



# Ystad (2012)

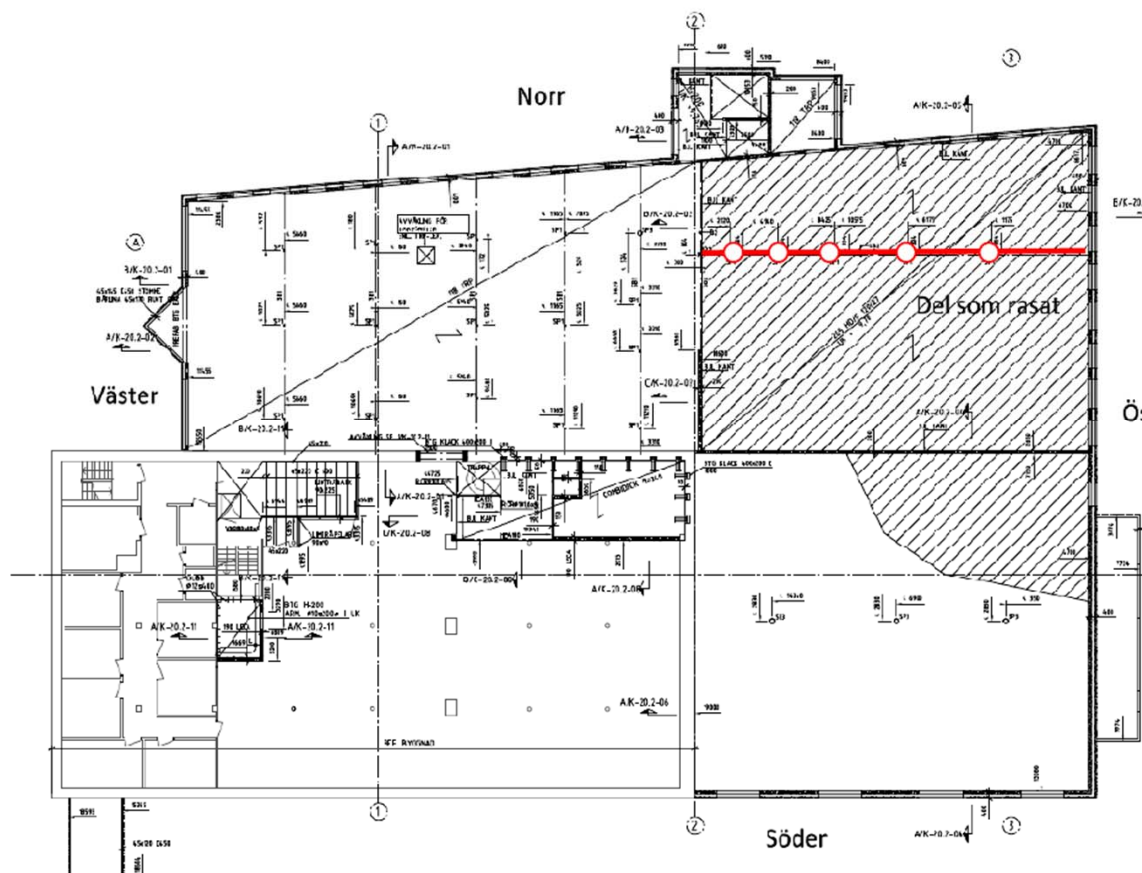


Thelandersson, 2014



Thelandersson, 2014

# Orsaker till Ystads-haveriet

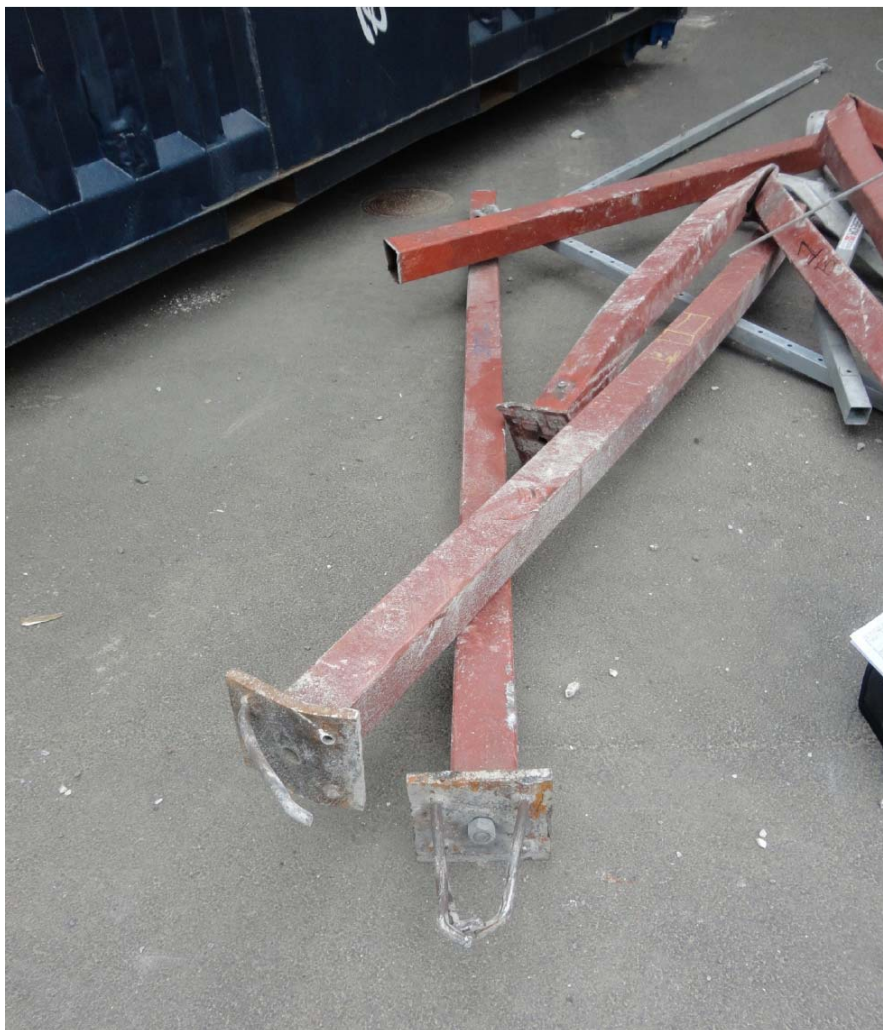


- Pelarna på nedre våningen väsentligt underdimensionerande (endast 30 % av erf. kapacitet).

- “Copy-paste” från enplansdelen av byggnaden.

Thelandersson, 2014



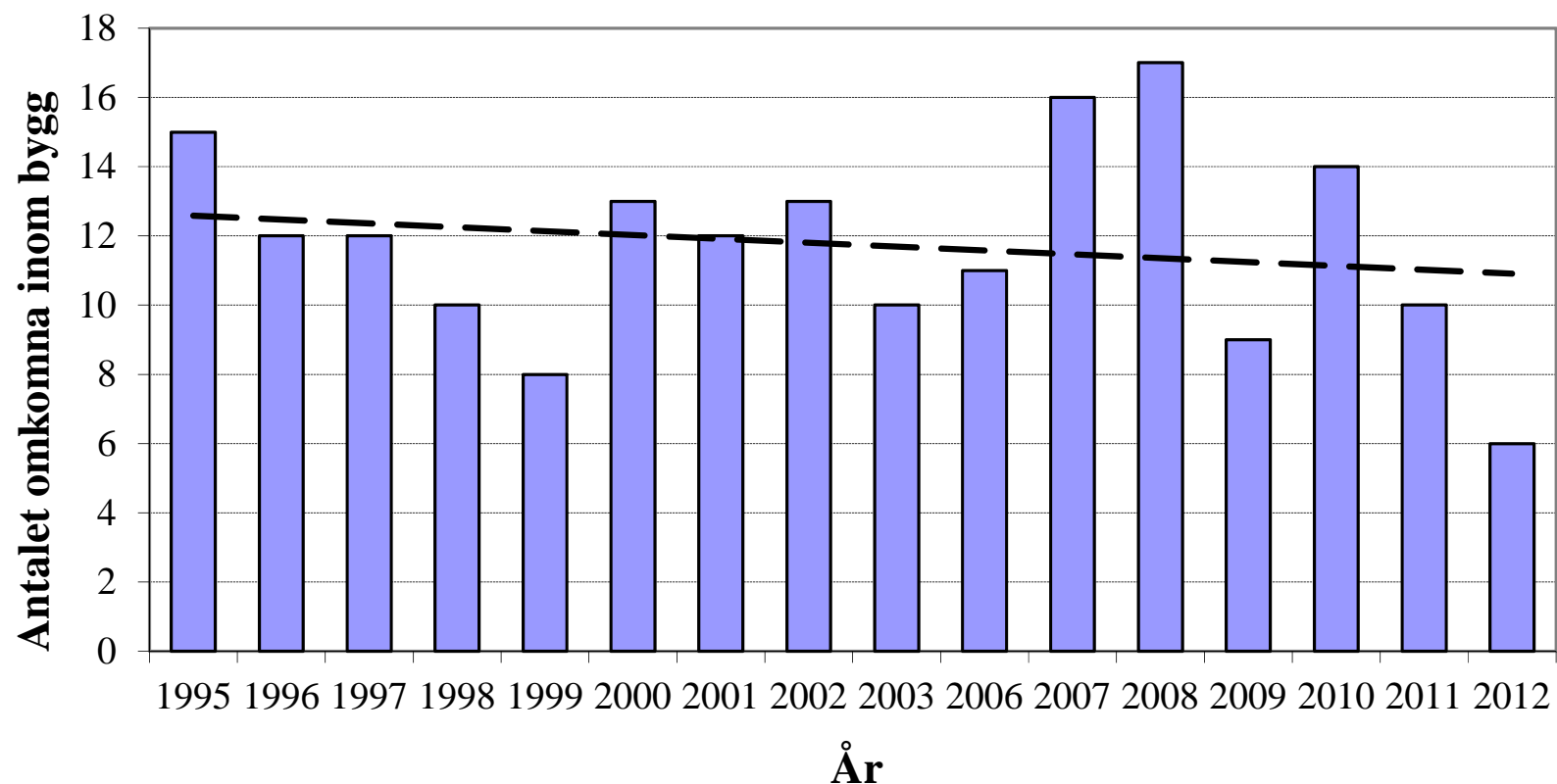


## Stålpelare efter kollapsen.

Thelandersson, 2014



# Antalet omkomna byggnadsarbetare i Sverige



Sundquist, 2014



# Lärdomar från ras under byggskedet

---

- Mycket vanligare än under bruksskedet.
- Hur hanterar vi säkerhetsproblemet i byggskedet?
- Trafikverket varken ansvarar eller föreskriver.
- Entreprenören normalt ansvarig.
- Vilka säkerhetsnivåer skall man välja?
- Ger utbildningen tillräckliga kunskaper för dimensionering av formar & andra temporära konstruktioner?
- Borde alla entreprenörer börja som konstruktörer?

Byggnadsteknik.

## ”Byggnader som rasar växande problem i Sverige”

**Grova fel i planeringen.** Konstruktioner kollapsar och Sverige håller på att utvecklas till ett byggnadstekniskt u-land. En förklaring är att många olika parter är involverade i byggprocessen och att ingen har grepp om helheten. Samhällets kontroll och granskning måste skärpas rejält, skriver **professorer vid våra tekniska högskolor.**

juli 2008 inträffade ett ras vid en bygg-  
arbetsplats i Kista. En byggnadsarbetare  
dödades, en annan skadades svårt och en  
förbipasserande bilist begravdes under  
rasmassorna.

Orsaken till raset var ett konstruk-

tionsfel  
vertika  
knyckla  
tungar  
Hela ko  
förvarr  
I det



man tydligt krav på bärförmåga, stadga och  
best:  
kont:  
Detta  
av se  
gand

**”Oberoende teknisk granskning** måste göras av kvalificerad tredje part, med fokus på undvikande av grova fel. Denna granskning måste organiseras i offentlig regi i likhet med kontrollbesiktning av motorfordon, godkännande av läkemedelsprodukter etc.”

Under ytan döljer sig en lång rad kvalitetsbrister som inte får samma uppmärksamhet, och som visar sig först senare i form av allvarliga fuktskador, undermålig energiprestanda med mera.

Regeringen måste snarast initiera åtgärder för att ta tag i dessa problem.

**Professor Lennart Elfgren**, Luleå Tekniska universitet

**Professor Kent Gylltoft**, Chalmers

**Professor Håkan Sundquist**, KTH

**Professor Sven Thelandersson**, Lunds Tekniska högskola

# Ett debattinlägg till

- "Branschens uppgift bör vara att eftersträva noll ras och åtgärder krävs förvisso. Bland de mest angelägna är att utbilda fler byggnadskonstruktörer /.../. Bäst är om branschen själv löser problemen och inte överlåter åt politiker att reglera."
- (Betong, nr 1, jan. 2013, s. 57.)



| SIGNERAT |

UPEVALD PERSON TYCKER TILL  
**ARNE HELLSTRÖM**,  
EGEN KONSULT, FD MARKNADSCHEF  
STRÅNGBETONG, EXPERT BETONG.SE

## OFFENTLIG KONTROLL INTE LÖSNINGEN

I DN I NOVEMBER 2012 drog fyra aktade professorer igång en debatt om byggnaders säkerhet under rubriken "Byggnader som rasar växande problem för byggbranschen". Professorernas förslag till lösning är att en "oberoende teknisk granskning måste göras av kvalificerad tredje part" och att "granskningen ska organiseras i offentlig regi".

Det är viktigt att åtgärda de anförda problemen, men konsekvenserna av en offentlig kontroll belystes inte och har heller inte blivit så tydlig i den följande debatten. För att bli effektivt skulle förslaget kosta samhället hundratals miljoner årligen, vilka skulle komma att drabba konsumenter och skattebetalare.

Före avregleringen av byggmarknaden på 90-talet hade kommunernas byggnadsinspektörer ett kontrollansvar. Utomordentligt kunniga byggnadsinspektörer fanns, men det var svårt att rekrytera tillräckligt erfaren och kunnig personal. Därför blev kontrollen ineffektiv och den krånglade till bygglovsprocessen i betydande omfattning.

Aven idag råder stor brist på byggnadskonstruktörer. Vissa husras beror rent av på att konstruktörerna är alltför få med åtföljande pressat tidsutrymme. Att då rycka bort hundratals konstruktörer som får till uppgift att kontrollera övriga blir problematiskt.



# Hur säkra kan vi vara? 1 (2)

---

- **Detta kan hända:**
- Kraftigaste explosionen (av en asteroid?) i modern tid ägde rum 1908, 5-10 km över Podkamennaya Tunguska-floden i Sibirien.
- Explosionen hade samma sprängkraft som 1000 Hiroshima-bomber.
- Objektets storlek: 60 m-190 m.
- Det kan ha fällt 80 miljoner trä på en yta av 2150 km<sup>2</sup>.

# Hur säkra kan vi vara? 2 (2)



- Anslagsyta  $A_1 < 1 \text{ km}^2$
- Påverkansyta  $A_2 = 2150 \text{ km}^2$
- Jordens mantelyta  $A_0 = 510\,000\,000 \text{ km}^2$
- $A_1/A_0 = 2 \cdot 10^{-9}$  (under  $> 100$  år)
- ( $A_2/A_0 = 4 \cdot 10^{-6}$ )
- Är det meningsfullt att ha högre säkerhet?



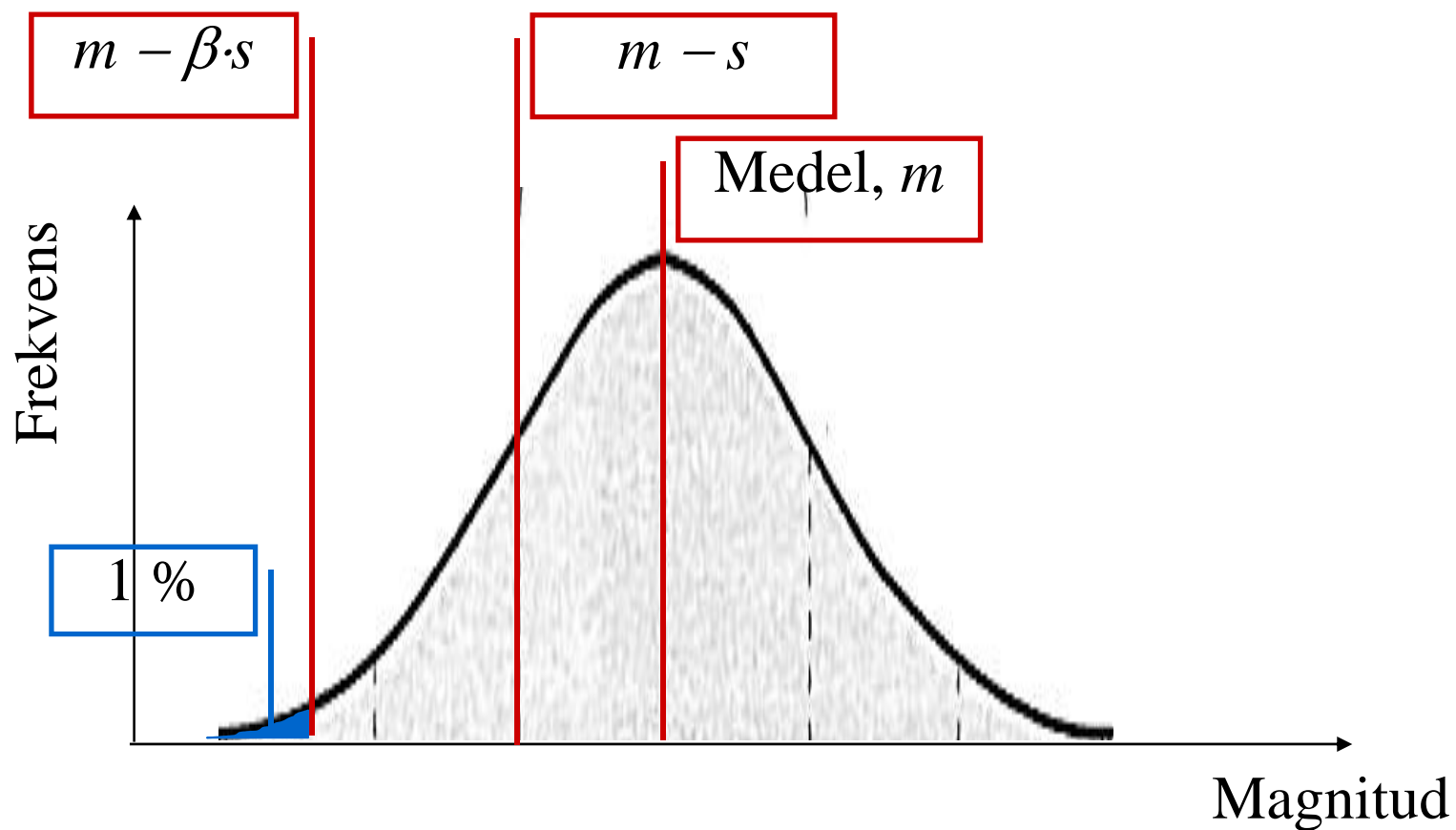
# Säkerhetsklasser & -index

Säkerhetsklass	Minimivärden för $\beta$	
	Referensperiod 1 år	Referensperiod 50 år
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

EK 0



# Exempel med $\beta = 2,32$





# Säkerhetsindex $\beta$ (bilaga C)

$P_f = \Phi(-\beta)$   
 $P_f$  = sannolikheten för brott eller kollaps  
 $\Phi$  = fördelningsfunktionen  
(normalfördelning)

$P_f$	0,1	0,01	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
$\beta$	1,28	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

EK 0

# Ett debattinlägg till

- "Men här skulle man kunna vända på resonemanget. Om vi ökar kvaliteten inom alla led från idé, över projektering och produktion till underhåll och förvaltning borde vi på ett ansvarsfullt sätt kunna minska den oerhört stora säkerhetsmarginalen."
- (Betong, nr 6, dec. 2012, s. 43.)



» Är säkerheten sjufaldig finns det utrymme för en mycket bred felmarginal. Även stora fel kan rymmas inom den marginalen... «

## Enfaldig sjufald

**VÅRA BYGGNADER**, anläggningar och hus står stadigt på jorden. Säkerheten mot brott är hög. I detta nummer av betong berättar Arto Puurula om ett sällsynt belastningsförsök på en verklig bro i Örnsköldsvik. Bron byggdes 1955 men blev överflödigt när Botniabanen blev färdig 2005. Innan man rev bron fick forskarna chansen att belasta den till brott. Puurula har analyserat försöken numeriskt.

Denna typ av belastningsförsök på verkliga broar är mycket få och mycket intressanta, men försöken utanför Örnsköldsvik var inte de första i sitt slag. Normalt brukar försöken visa att säkerheten mot brott är mycket stor. Kvoten mellan uppmätt och beräknad brottlast kan vara 5, 6, 7 eller till och med 10. Vi skulle kunna kalla det sjufaldig säkerhet mot brott. Detta gäller den överväldigande majoriteten av våra konstruktioner.

Men så finns det den mycket lilla minoriteten. Hit hör ett trevåningshus i Ystad, ett hus som rasade i maj i år strax före inflyttning. Hit hör de allvarliga olyckorna vid brobyggena i Kista och över Ålandsfjärden 2008 och de många takrasen vintrarna 2009-10 och 2010-11. Dessa har på ett förtjänstfullt sätt uppmärksamats av de fyra namnkunniga konstruktionsprofessorerna Lennart Elfgren, Kent Gylltoft, Håkan Sundquist och Sven Thelandersson i en debattartikel på DN Debatt den 6 november.

Jag tycker att det är bra på två sätt, dels att ett så viktigt spörsmål får utrymme i debatten som annars domineras av politiker och politik, dels att det är fyra professorer som gör sina röster hörda. Byggbranschens aktörer i allmänhet och högskolans forskare i synnerhet är alldeles för lägmälda. Deras slutkläm till att upprepas: "Detta är tyvärr bara toppen på ett isberg. Under ytan döljer sig en lång rad kvalitetsbrister som inte får samma uppmärksamhet och som visar sig först senare i form av allvarliga fuktskador, undermålig energiprestanda med mera." För egen del tror jag att vi inom byggsektorn ofta räddas av den stora säkerhetsfaktorn.

Är säkerheten sjufaldig finns det utrymme för en mycket bred felmarginal. Även stora fel kan rymmas inom den marginalen. Men här skulle man kunna vända på resonemanget. Om vi ökar kvaliteten inom alla led från idé, över projektering och produktion till underhåll och förvaltning borde vi på ett ansvarsfullt sätt kunna minska den oerhört stora säkerhetsmarginalen. Jag säger inte att det är enkelt och jag tror inte att man skall göra det just nu, men arbetar vi långsiktigt med kvalitet och kontroll bör det gå. Den stora säkerhetsmarginalen leder dessutom till ett överutnyttjande av material och naturresurser.

Kommer Du ihåg Jan Troells film "Ingenjör Andréés luftfärd" från 1982? De upptäcktsresande testar ballongen inför avresan och problemen hopar sig. Salomon August Andréé accepterar medvetet en allt lägre säkerhetsmarginal. Till sist nöjer han sig med enfaldig säkerhet. Det verkar inte som om vare sig Troell eller Andréé inser att "enfaldig" har två betydelse, men så långt får vi aldrig gå. Vi får aldrig bli enfaldiga.

*Johan Silfwerbrand*  
Johan Silfwerbrand



# Säkerhetsproblemet

- $\frac{R/\gamma_R}{F \cdot \gamma_F} \geq 1$
- $R =$  Bärförmåga
- $F =$  Last
- $\gamma_R =$  Partialkoefficient för last;  $\gamma_R = \gamma_{R1} \cdot \gamma_{R2} \cdot \gamma_{R3} \cdot \dots$
- $\gamma_F =$  Partialkoefficient för bärförmåga;  $\gamma_F = \gamma_{F1} \cdot \gamma_{F2} \cdot \gamma_{F3} \cdot \dots$
- $R/F = \gamma_R \cdot \gamma_F = \gamma_{R1} \cdot \gamma_{R2} \cdot \gamma_{R3} \cdot \gamma_{F1} \cdot \gamma_{F2} \cdot \gamma_{F3} \cdot \dots$



# Exempel på värden

- Koefficient för material  $\gamma_{R1} = 1,5$
- Koefficient för spridning ( $f_{ck}/f_{cm}$ )  $\gamma_{R2} = 1,3$
- Koefficient för beräkningsmodell  $\gamma_{R1} = 1,3$
- Koefficient för last  $\gamma_{F1} = 1,5$
- Koefficient för spridning  $\gamma_{R1} = 1,3$
- Koefficient för beräkningsmodell  $\gamma_{R1} = 1,3$
- $R/F = \gamma_R \cdot \gamma_F = 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1,3 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1,3 = 6,4$

# Fullskaleförsök på järnvägsbro utanför Ö-vik (byggd 1955)



- Uppmätt brottlast = 11,7 MN
- Brottlast/dagens dim.last = 4,7
- Brottlast/ursprunglig dim.last = 6,2

Puurula m.fl, 2015



# Frågor att besvara

---

- Hur stor är den verkliga säkerheten mot brott i våra byggnader och anläggningar?
- Hur påverkar fel i projektering, materialtillverkning och utförande säkerheten?
- Hur kan säkerheten förbättras genom bättre dokumentation, granskning, kontroll och uppföljning?
- Vad påverkar spridningen i byggmaterialens mekaniska egenskaper?
- Hur kan man styra materialtillverkningen så att spridningen kan minskas?
- Kan ett bättre förebyggande underhåll göra nytta?



# Vad hände efter artikeln på *DN debatt?*

---

- Fortsatt debatt i byggpressen.
- Uppvaktning på departementet.
- Ansökan till Trafikverket och dess *Branschprogram för Fol avseende Byggnadsverk för Transportsektorn (BBT)*.
- ... och en framtidsinriktade workshop (21/11 2014).



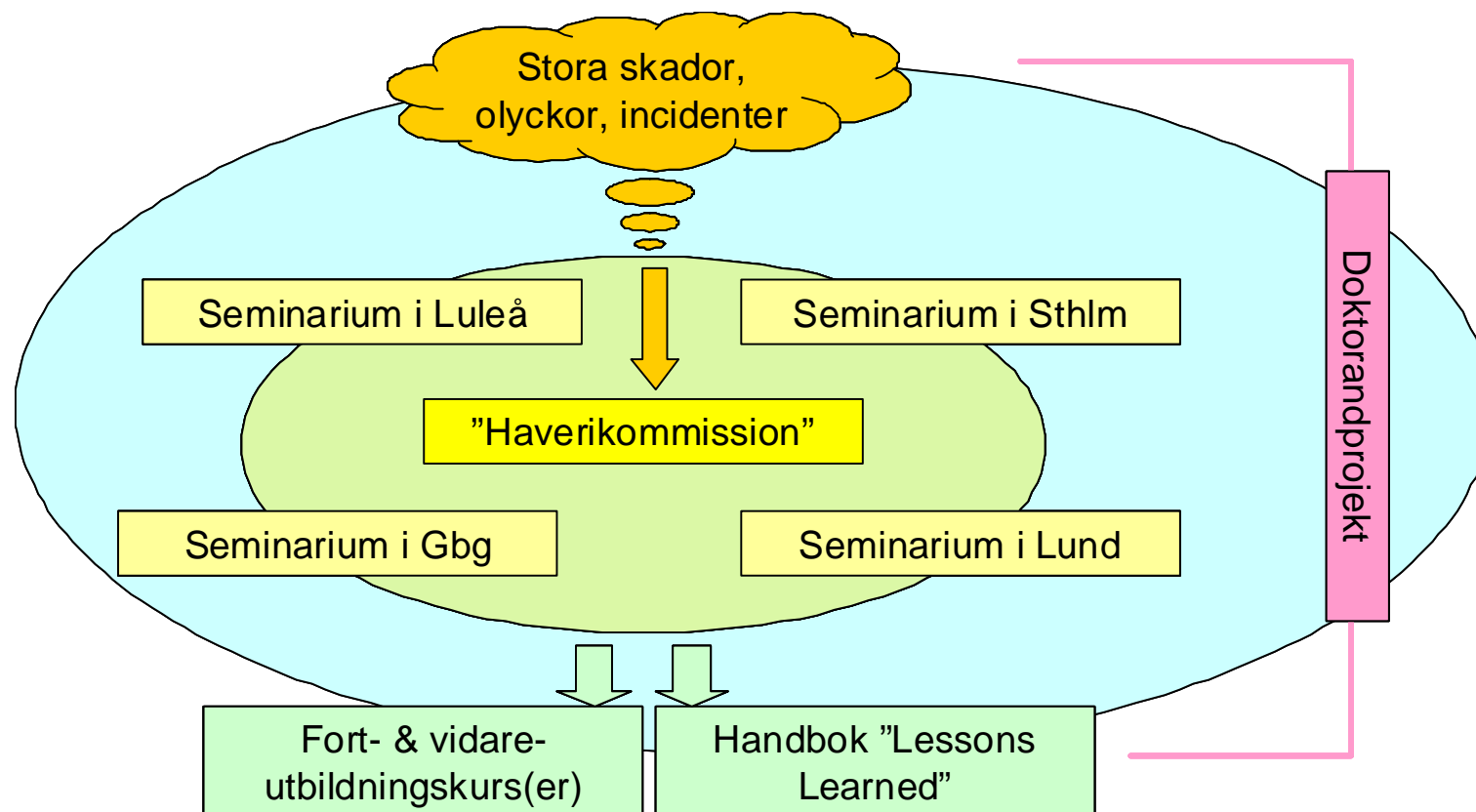


# Förslag till FoU-program

---

- **Rubrik:** "Erfarenhetsåterföring från incidenter och skador på transportsektorns byggnadsverk – *Bärverkssäkerhetskommissionen*".
- **Syfte:** Att säkerställa att våra svenska byggnadsverk inom transportsektorn har en jämn säkerhetsnivå av erforderlig höjd.
- **Metod:** Haverikommission, seminarier, följeforskning, doktorand.
- **Resultat:** *Lessons Learned*, Handbok, Fort- & vidareutbildningskurser, avhandlingar

# Schematisk beskrivning





# Risker i själva projektet

---

- Projektet har en trygg organisation och bygger på en modell för erfarenhetsöverföring som redan användes av Sokrates och Platon i antikens Grekland.
- Den största – av små risker – med projektet är ifall projektet inte får tillgång till incident- och skaderapportering.



# Programledningens bedömning

---

- "Ej acceptabel kvalitet. Ansökan avslås.
- Problemställningen är bredare än BBTs ansvarsområde och bedöms ligga utanför det som rimligen finansieras från BBT. Projektet beskriver dock ett samhällsligt problem av intresse och är intressant för BBT att diskutera vidare kring.
- .....
- Styrelsen för BBT beslöt att som första åtgärd försöka initiera en samling i frågan i form av en workshop."



# Syfte & mål, workshop 12/11 2014 i Sthlm

- **Syftet:** Att säkerställa att våra svenska byggnadsverk inom transportsektorn har en jämn säkerhetsnivå av erforderlig höjd.
- Lägstanivån så hög att brott, allvarliga skador och undermålig funktion kan undvikas med erforderlig säkerhetsmarginal.
- Högstanivån inte så hög att den leder till slöseri av natur- och ekonomiska resurser.
- **Målet:** Att utveckla transportsektorn både kunskaps- och kompetensmässigt genom att lära av observerade misstag, fel och brister.



# Syftet med dagen

---

- Att från en gemensam bild över dagsläget staka ut en väg till framtida lösningar.



# Deltagande företag & organisationer

---

- BeFo
- Boverket
- Byggnadstekniska byrån
- CBI Betonginstitutet
- Chalmers
- ELU
- KTH
- LTH
- LTU
- NCC
- Peab
- Ramböll
- Samhällsbyggarna
- SGI
- Skanska
- STD-företagen
- Structor
- Sveriges Byggindustrier
- Sweco
- Trafikverket
- Tyréns
- WSP



# Agenda

---

- Välkomsthälsning – Johan Silfwerbrand & Lennart Elfgren (5 min)
- Presentationsrunda (5)
- Har våra broar tillräcklig säkerhet? – Håkan Sundquist (10)
- Kvalitetsarbete i några andra länder – Sven Thelandersson (10)
- Kvalitetskontroll i konstruktionsarbetet – Martin Fröderberg (10)
- Ystadsrasen – Kristian Tammo (10)
- Kaffepaus (20) – 10.20-10.40
- Hur Boverket arbetar – Mikael Nordström (10)
- Hur Trafikverket arbetar – Lahja Rydberg-Forsbeck (10)
- Tankar om ett FoU-program - Johan Silfwerbrand (5)
- Framtidsdiskussion i grupper (40)
- Mycket kort redovisning av grupparbeten (10)
- Sammanfattning – Johan Silfwerbrand (5) – Slut: 12.00





# Förslag från grupparbetena

---

- Var en stolt konstruktör! Berätta om hur kul det är!
- Branschgemensamma seminarier kring både problem och lösningar.
- Hjälp kommunerna med kontrollplan – Boverket har verktygen.
- Skapa en form av certifiering av konstruktörerna, t.ex. gm. STD.
- Boverket bör föreskriva en roll som samordnande konstruktör eller huvudkonstruktör.



# Fler förslag från grupperna

---

- Arbeta med fallstudier. Vad har hänt? Vad blev fel? Vad blev rätt? Varför? Låt ett par doktorander intervjua.
- Hela verifieringsprocessen måste dokumenteras så väl att den möjliggör oberoende granskning.
- Skapa en finansierad grupp som studerar hur man arbetar i andra länder, t.ex. Norge & Österrike.

# Ytterligare ett debattinlägg

- "Ett förslag på en kommission i samarbete med Sveriges Bygguniversitet (Chalmers, KTH, LTH och LTU i samverkan) blev en tummetott (läs: workshop)."
- (Betong, nr 6, dec. 2014, s. 43.)



» Jag tycker nämligen att vi svenskar är sämre på att berätta om både framgångar och motgångar. «

## Lärda läxor sparar lax

**HÄROMDAGEN** läste jag i SvD Näringsliv att företaget Google inte tycker att det är något problem att dess medarbetare gör ett misstag. Däremot bör man inte upprepa misstaget. Är man på en konferens i Nordamerika brukar två rubriker ofta återkomma bland föredragen: »Success Stories» och »Lessons Learned». Föredragshållaren vill antingen inspirera eller avråda lyssnaren. Det är som tonårsföräldrar brukar säga till sina barn: »Livet är för kort för att göra alla misstagen själv.» Hur skall vi inom bygg-Sverige lära oss av amerikanerna? Jag tycker nämligen att vi svenskar är sämre på att berätta om både framgångar

prestigefulla DN Debatt. Debatten nådde även denna tidskrift och flera röster höjdes om att ansvariga myndigheter och verk borde inrätta någon form av haverikommission. Boverket håller på att formera någon form av expertfunktion men vad gör Trafikverket? Visst är det långt mellan brohaverierna (snart är det 35 år sedan Tjörnbron påseglades), men ras och stora skador på broar under byggskedet är tyvärr inte så sällsynta. Ett förslag på en kommission i samarbete med Sveriges Bygginnovation (Chalmers, KTH, LTH och LTU i samverkan) blev en tummetott (läs: workshop).



# Till sist

---

- Hur säkerställer man kvalitet i utförandet i en funktionsentreprenad?
- Ett ex: Krav på klass I för betongarbeten finns nu i AMA. Men AMA gäller endast ifall den åberopas vid upphandlingen.
- Trafikverket har tänkt på detta, men hur tänker andra beställare?