

Stockholm 2009-11-30

BBR 20XX

Synpunkter på bärande konstruktioner och sprinkler

Jörgen Thor

www.brandskyddslaget.se

Stockholm
Box 9196
102 73 Stockholm
Tel: 08-588 188 00
Fax: 08-442 42 62

Karlstad
Box 187
651 05 Karlstad
Tel: 054-777 74 70
Fax: 054-21 55 08

Falun
Kaserngården 4
791 40 Falun
Tel: 023-70 32 55
Fax: 023-70 32 55

Gävle
Nyodlingsvägen 1
802 70 Gävle
Tel: 026-10 90 75

Brandskyddslaget AB
Org.nr 556634-0278
Styrelsens säte: Stockholm
Innehar F-skattebevis

INNEHÅLL

- 1 Bakgrund
- 2 Övergripande sannolikhetssteori
- 3 Förslaget ej i överensstämmelse med Eurocode
- 4 Brandbelastningsstatistik
- 5 Beräkningsexempel
- 6 Brand räknas som olyckslast
- 7 Sammanfattning och förslag

1 Bakgrund

Boverket har i förslag till ny BBR (arbetsversion 1.2) och i den av Boverket utgivna handboken om Brandbelastning [1] angivit att brandbelastningen får reduceras vid brandteknisk dimensionering av bärande konstruktioner om byggnaden sprinklas. Vid installation av sprinkler föreslås att den dimensionerande brandbelastningen får reduceras till 61 % av dimensionerande brandbelastningen utan sprinkler.

Rent fysikaliskt är detta angreppssätt något märkligt. Vid en fungerande sprinkleranläggning är i princip brandbelastningen noll. Sprinklerna antingen släcker branden eller kontrollerar branden så att den ej leder till övertändning. Branden blir lokalt begränsad. Detta är också avsikten med en sprinkleranläggning. Även i BBR avsnitt 5:235 **Automatisk vattensprinkleranläggning** understryks just detta. Citat ” Om en automatisk vattensprinkleranläggning är en förutsättning för brandskyddets utformning ska den utformas så att den kan släcka eller kontrollera en brand under avsedd tid”.

Ingen eller en mycket ringa del av lokalens totala brandbelastning frigörs vid fungerande sprinkler och något hot mot bärande konstruktioner föreligger då normalt inte. Uppmätta effektkurvor vid försök med sprinklade bränder motsvarande olika verksamheter finns redovisade i [2]. Se utdrag enligt bilaga 1 som visar vid försöken uppmätta effektkurvor vid osprinklat respektive sprinklat utförande representerande kontor, reception samt sportaffär. Brandförloppen i de sprinklade fallen var i samtliga fall mycket begränsade såväl till effekt som i tid och skulle inte i något fall kunnat hota en bärande konstruktion.

Om sprinkleranläggningen däremot inte skulle fungera, exempelvis vid avstängd vattentillförsel och branden därmed leder till övertändning, frigörs inte bara 61 % utan snarare 100 % av brandbelastningen. I bilaga 2 visas schematiskt brandgastemperaturen som funktion av tiden dels vid fungerande sprinkler dels vid ej fungerande sprinkler och en förutsatt brandbelastning av 100 respektive 61 % av dimensionerande brandbelastning. En bärande konstruktion, exempelvis en stålkonstruktion, som dimensionerats för det lägre värdet 61 %, kommer då med mycket stor sannolikhet att kollapsa om sprinklerna fallerar. Detta belyses ytterligare av de redovisade exemplen i avsnitt 5.

Det är också svårt att ”sälja in” idén och få en praktisk förståelse för att sprinklern skulle reducera brandbelastningen till 61 %. Det ger lätt ett sken av att i exempelvis en övertänd möbelaffär endast 6 av 10 fåtöljer skulle brinna upp.

Ett mer verklighetsbaserat angreppssätt vore istället att i ett första steg utgå från att sprinklerna fungerar och att branden därmed släcks eller kontrolleras i enlighet med kravet i BBR 5:235. I detta fall utgör branden normalt inte något hot mot de bärande konstruktionerna. Några formella krav på de bärande konstruktionernas brandtekniska klass skulle då normalt inte behöva ställas. I ett andra steg bedöms konsekvenserna av fallerande sprinkler och av en kollaps av de bärande konstruktionerna. Om konsekvenserna av en kollaps inte kan accepteras dimensioneras konstruktionerna för den verkligt dimensionerande brandbelastningen och inte en kraftigt reducerad brandbelastning. Därmed kan konstruktionerna förutsättas uppfylla sin bärande funktion även vid fallerande sprinkler.

För exempelvis hallbyggnader har en kollaps av de bärande takkonstruktionerna normalt ingen betydelse för säkerheten vare sig för utrymmande människor eller för räddningstjänstens personal. Detta gäller oberoende av om byggnaden är sprinklad eller inte. Se rapport från Brandskyddslaget daterad 2009-10-10 [3].

För bärande konstruktioner i en flervåningsbyggnad, som dimensionerats för en brandbelastning motsvarande 61 % av den dimensionerande brandbelastningen, kommer däremot en kollaps vid utebliven sprinklerfunktion att få mycket stora konsekvenser. Detta gäller inte minst för räddningstjänstens personal. En sådan kollaps kan dessutom komma mycket snabbt efter övertändning vilket bl. a. belyses i beräkningsexempel i avsnitt 5.

Troligen har räddningstjänsten ännu inte förstått eller uppmärksammat detta problem, dvs att en sprinklad flervåningsbyggnad med konstruktioner dimensionerade för en kraftigt reducerad brandbelastning snabbt riskerar kollapsa vid fallerande sprinkler. Detta är i och för sig något märkligt med tanke på att man allt mer tycks fokusera på just räddningstjänstens säkerhet inom alla andra delområden av brand.

Brandskyddslaget och många andra inom branschen är mycket kritiska mot föreslaget angreppssätt och allvarlig kritik kan riktas mot detta.

2 Övergripande sannolikhetssteori

Förslaget att vid sprinkler dimensionera de bärande konstruktionerna för 61 % av dimensionerande brandbelastning bygger på ett sannolikhetsbaserat och mycket teoretiskt resonemang. Detta inkluderar bl. a. bedömningar av hur olika aktiva brandskyddsåtgärder såsom sprinkler, brandlarm och räddningstjänstens insats, påverkar sannolikheten för att en övertänd brand överhuvudtaget uppstår, som kan hota de bärande konstruktionerna. Något förenklat kan man beskriva det hela på följande sätt.

En viss risk finns alltid för att en konstruktion kan kollapsa även om det vid dimensioneringen förutsätts att konstruktionen inte ska kunna kollapsa. Detta gäller även vid normal dimensionering, dvs icke brand. Exempelvis kan kollaps ske på grund av en ej förutsatt överlast, lägre hållfasthet än vad som antagits eller att konstruktionens verkningssätt inte bedömts korrekt vid dimensioneringen.

Vid brand gäller att Br3- och Br2- byggnader, dvs vanligen enplans- och mindre tvåvåningsbyggnader, tillåts kollapsa vid brand. Kravet på de bärande konstruktionernas brandmotstånd i dessa byggnader är nämligen ej kopplade till brandbelastningens storlek. Däremot förutsätts alltid att Br-1 byggnader, dvs vanligen flervåningsbyggnader, inte får kollapsa vid brand. Kraven på bärande konstruktioners brandmotstånd i en Br 1- byggnad är nämligen alltid kopplade till brandbelastningens storlek och är satta så att konstruktionerna alltid förutsätts motstå *en verklig övertänd och obekämpad brand*. Detta gäller oberoende av om brandbelastningen brinner upp snabbt eller långsamt.

Även i en brandtekniskt korrekt dimensionerad Br1-byggnad finns dock en viss, om än liten risk för kollaps vid brand. Detta kan ske om brandbelastningen väsentligen överstiger det värde som förutsatts, exempelvis att någon person hamstrat bensin och lagrat i lägenheten. En annan orsak kan vara att vanliga gipsskivor av misstag använts för att brandskydda en stålpelare i stället för föreskrivna brandgipsskivor.

Om vi återgår till sprinkler och antar att dessa fungera i ca 90 % av fallen innebär detta att endast var tionde brand leder till övertändning jämfört med i övrigt lika förhållande för motsvarande icke sprinklade byggnader. För att få **totalt** samma brottrisk på en och samma konstruktion i de två fallen är bakgrunden enligt förslaget att man skulle kunna acceptera en tio gånger större sannolikhet för brott vid brand eftersom bara var tionde sprinklade

brand leder till övertändning. Denna tio gånger högre acceptans för brott vid sprinkling förutsätts uppnås genom en reduktion av den dimensionerande brandbelastningen till 61 %. Som påpekats i föregående avsnitt innebär detta å andra sidan en mycket stor sannolikhet för brott vid utebliven sprinklerfunktion.

En parallell till angreppssättet med en reducering av brandbelastningen vid sprinkling till 61 % vid dimensionering av bärande konstruktioners brandmotstånd skulle kunna vara följande. Antag att en takkonstruktion över en samlingslokal som rymmer ett stort antal människor dimensionerats för en karakteristisk snölast på exempelvis 2 kN/m². Antag vidare att ett alternativ diskuteras med eluppvärmning av taket med en sådan effekt att taket inte utsätts för någon snöbelastning. Antag vidare att tillförlitligheten för denna eluppvärmning bedöms vara 90 %. Under 10 % av tiden riskeras nämligen ett längre elavbrott. Skulle det då vara rimligt att taket dimensionerades för en snölast motsvarande ca 60 % av karakteristisk snölast ?

I stället för att dimensionera en konstruktion för en ”fiktiv” brandbelastning av 61 % som aldrig förekommer (antingen är brandbelastningen så gott som noll vid fungerande sprinkler eller så är den 100 % vid utebliven funktion) borde man vid dimensioneringen istället beakta **konsekvenserna** av en fallerande sprinklerinstallation. Man kommer då naturligen åter till slutsatsen att konsekvenserna blir avsevärt större vid kollaps av exempelvis en pelare i en flervåningsbyggnad än vid kollaps av taket till en hallbyggnad. Har man ej kommit ut ur en hallbyggnad innan branden gör att taket kollar har man långt dessförinnan omkommit av värme eller rök från samma brand. Detta gäller även för räddningstjänstens personal [3].

Något märkligt är också att det bara är för bärande konstruktioner som detta teoretiska och sannolikhetsbaserade resonemang föreslås tillämpat. I alla andra fall inom brandområdet, exempelvis vid beräkning av rökfyllnad av en byggnad samt vid utrymningsdimensionering används de fysikaliskt mer korrekta förutsättningarna för en sprinklerinstallation. Man förutsätter nämligen att sprinklern i enlighet med BBR 5:235 kontrollerar branden med exempelvis en dimensionerande effektutveckling enligt [2]. Sedan bedömer man **konsekvenserna** av fallerande sprinkler och att branden då växer och leder till övertändning varvid återigen inte 61 % av brandbelastningen lär förbrukas utan snarare 100 %. Om konsekvenserna då inte kan accepteras anordnas exempelvis fler utrymningsvägar, större omfattning av brandgasventilation etc.

3 Förslaget ej i överensstämmelse med Eurocode

Förslaget att reducera brandbelastningen vid sprinkling till 61 % vid brandteknisk dimensionering av bärande konstruktioner kommer ursprungligen från ett appendix till Eurocode. Detta appendix är upp till varje land att besluta om man vill tillämpa eller ej. Boverket har valt att inte tillämpa detta appendix men att i stället enbart ta just siffran 61 % för reduktion av brandbelastningen vid dimensionering av bärande konstruktioner i sprinklade byggnader.

Via teoretiska sannolikhetsanalyser beträffande den totala risken för kollaps av en bärande konstruktion, inkluderande sannolikheten att en övertändning uppstår, har man i bakgrundsmaterialet [4] till appendixet i Eurocode kommit fram till just siffran 61 % för reduktion av brandbelastningen. På motsvarande sätt anges reduktionsfaktorer för brandbelastningen vid installation av brandlarm, räddningstjänstens insats mm.

Vad som dock inte framgår i Boverkets brandbelastningshandbok [1] och i förslaget till ny BBR är att reduktionsvärdet 61 % vid sprinkler förutsätter en tillförlitlighet på sprinklerna på 98 %, vilket värde kan diskuteras. Vid lägre värde på tillförlitligheten på sprinkler ökar enligt samma sannolikhets-teorier värdet på reduktionsfaktorn. Vid exempelvis en förutsatt tillförlitlighet på sprinklerna av 90 % ändras värdet från 61 % till 72 %.

Ännu mer väsentligt är dock att hela teorin bakom de reducerade värdena på brandbelastningen också förutsätter en koppling till brandcellens area. Ju större area ju större risk för att brand uppstår och leder till övertändning. Det teoretiska värdet på 61 % som okritiskt hämtats från ovan nämnda appendix förutsätter en mycket begränsad brandcellsarea eller en area på högst 25 m². Vid större area skall enligt samma appendix brandbelastningen först ökas med en faktor som beror på storleken på arean innan reduktionen på grund av sprinkler kan ske. För en area på 250 m² är denna faktor 1.5 samt för en area på 2500 m² är faktorn 1.9.

Brandskyddslaget har gjort en mycket grundlig genomgång av bakgrundsmaterialet [4] till det aktuella appendixet till Eurocode. Resultatet av denna genomgång finns sammanställt i rapport från Brandskyddslaget [5]. Den slutsats man kan dra från detta arbete är att en reduktion av brandbelastningen till värdet 61 %, eller något annat värde, saknar relevans i de sannolikhets-teorier som ligger bakom förslaget, om inte samtidigt brandcellens area beaktas.

Att utesluta inverkan av arean kan heller knappast motiveras med att reduktionen av brandbelastningen endast är avsedd att ge en jämförelse mellan förhållandena och riskerna vid sprinklade respektive osprinklade byggnader. Det torde nämligen finnas ett visst statistiskt samband mellan areastorlek och sprinkling. Sprinkling tillgrips ofta som ett sätt att just kunna öka arean.

4 Brandbelastningsstatistik

I bilaga 3, från SBI publikation 38 [6] visas den statistiska fördelning av brandbelastningens storlek för bostäder, kontor, skolor, sjukhus samt hotell. Som dimensionerande brandbelastning anges den brandbelastning som innehålls i 80 % av de observerade fallen. För exempelvis bostäder innebär detta en dimensionerande brandbelastning av 168 MJ/ m² omslutningsyta. En till 61 % av detta värde reducerad brandbelastning motsvarar 102 MJ/m². Av de i undersökningen ingående fallen fanns inget fall med en så låg brandbelastning. Detta innebär att verklig brandbelastningen så gott som alltid kan bedömas överstiga den brandbelastning för vilken konstruktionerna dimensionerats. Om sprinklingen ej skulle fungera finns därmed en **mycket** stor risk att de bärande konstruktionerna kollapsar. Se vidare exempel i avsnitt 5.

På motsvarande sätt anges i bilagan värdet på en till 61 % reducerad dimensionerande brandbelastning för kontor, skolor, sjukhus och hotell. Som framgår vid en jämförelse av dessa värden men respektive fördelningskurva över brandbelastningen inses att verklig brandbelastning med största sannolikhet kommer att överstiga dessa värden om sprinklerna ej fungerar.

Man kan också göra följande jämförande bedömning vad gäller sannolikheten att verklig brandbelastning kommer att överskrida den dimensionerande brandbelastningen vid ej sprinkler respektive sprinkler. Om brandbelastningen teoretiskt skulle vara hög och överskrida dimensioneringsvärdet 80% vid en ej sprinklad byggnad, kan antas att brandbelastningen troligen är hög på grund av kompakt lagring. I praktiken innebär detta med stor sannolikhet att all brandbelastning ej kommer att frigöras. Förbränningen blir ofullständig. Den verkliga brandbelastningen, dvs den energi som frigörs vid branden är därmed sannolikt mindre än de kurvor som visas i bilaga 3. Om däremot 61 % av den normalt använda dimensionerande brandbelastningen läggs till grund för dimensioneringen är det större sanno-

likhet att denna lägre brandbelastning också i verkligheten kommer att frigöras.

Det är inte orimligt anta att verklig brandbelastning i princip kan se ut som illustreras i bilaga 4. Detta skulle i så fall kunna innebära att en dimensionerande **teoretisk** brandbelastning som innehålls i 80 % av statistiskt material motsvarar en **verklig** brandbelastning som kanske innehålls i 90 eller 95 % av fallen. I fallet med en reducerad brandbelastning på ca 60 % av dimensionerande brandbelastning är det troligen större förutsättningar att **teoretisk** och **verklig** brandbelastning överensstämmer. Detta skulle i så fall innebära att sannolikheten för kollaps vid sprinklade byggnader, trots hänsynstagande till sprinklernas tillförlitlighet, skulle vara större än sannolikheten för kollaps vid ej sprinklade byggnader.

5 Beräkningsexempel

Nedan ges några konkreta exempel på vad en dimensionering av konstruktioner i en sprinklad flervånings byggnad, baserad på en reducerad brandbelastning, skulle kunna innebära vid utebliven sprinklerfunktion.

En stålbalk dimensioneras för en karakteristisk brandbelastning av 200 MJ/m² samt en öppningsfaktor av 0.04 m^{1/2}. Balkens s.k. F/A förhållande är 200 m⁻¹. Balkens statiska utnyttjandegrad vid lastfallet brand innebär att balkens kritiska temperatur kan beräknas till 500 grader. Resultatet av dimensioneringen är att 2x13 mm gipsskivor begränsar ståltemperaturen till under 500 grader och balken skulle därmed ha erforderlig bärförmåga under branden.

Om det vid sprinkling tillåts att den dimensionerande brandbelastningen reduceras till ca $0.6 \times 200 = 120$ MJ/m² ger motsvarande dimensionering att 1 x 13 mm gipsskiva är tillfyllest för att begränsa ståltemperaturen till under 500 grader. Om sprinklingen däremot inte skulle fungera blir balkens temperatur baserad på brandbelastningen 200 MJ/m² lika med 780 grader, dvs klart över kritisk ståltemperatur 500 grader.

Vid 780 grader är hållfastheten endast ca 15 % av ursprungshållfastheten och balken kommer obönhörligen att kollapsa. Även om den nyttiga lasten skulle vara mindre än förutsatt innebär enbart egenvikten i en normal flervåningsbyggnad med betongbjälklag ett lastutnyttjande som avsevärt överstiger 15 %.

Vid brandteknisk dimensionering finns inga andra stokastiska variabler än brandbelastningen som nämnvärt skulle kunna kompensera det låga värdet på vald dimensionerande brandbelastning vid sprinkling och därmed minska risken för kollaps. Vid brottlastdimensionering kan såväl den statistiska variationen i nyttig last som variationen i konstruktionsmaterialets hållfasthet ses som stokastiska variabler som normalt innebär en verklig reduktion av brottrisken. Detta eftersom normalt verklig last är lägre än det vid dimensioneringen använda värdet samt att hållfastheten normalt är högre än den vid dimensioneringen förutsatta hållfastheten. Dessa förhållanden förstärks ytterligare av de vid brottlastdimensionering gällande värdena på lastfaktorer och partialkoefficienter för material och för olika säkerhetsklasser. Vid brand däremot har värdena på lastnivåer och värdena på lastkoefficienter samt på partialkoefficienterna för hållfasthet och säkerhetsklass reducerats till ett minimum. Detta belyses genom exemplet nedan.

En stålbalk av profil HEA uppbär ett 250 mm tjockt betongbjälklag i ett 8-vånings bostadshus som kommer att sprinklas. Betongbjälklaget väger 6 kN/m². Nyttig last för bostäder är enligt BKR 0.5kN/m² + 1.5 kN/m².

Vid brottlastdimensionering skall balken dimensioneras för följande belastning

$$Q = 6 + 1.3 \times (0.5 + 1.5) = 8.6 \text{ kN/m}^2$$

Normalt hänförs balken till säkerhetsklass 3 vilket innebär att karakteristisk bärförmåga divideras med en partialkoefficient 1.2. I nya BKR kommer som en följd av anpassningen till Eurocode denna faktor i stället att läggas på lasten. Detta ger samma slutresultat som idag och innebär alltså en dimensionerande last vid brottlastdimensionering motsvarande

$$Q_{\text{brott}} = 1.2 \times 8.6 = 10.3 \text{ kN/m}^2$$

Vid brandteknisk dimensionering av samma balk gäller följande laster

$$Q_{\text{brand}} = 6 + 1.0 \times (0.5 + 0 \times 1.5) = 6.5 \text{ kN/m}^2$$

Relationen mellan utnyttjandegraden vid brottlastdimensioneringen respektive vid dimensioneringen för lastfallet brand är sålunda

$$6.5 / 10.3 = 63 \%$$

Om konstruktionen är fullt statistiskt utnyttjad vid brottlastdimensionering är den alltså utnyttjad till 63 % vid brandlastfallet. En lägre utnyttjandegrad vid brottlastdimensioneringen, exempelvis på grund av krav på begränsade nedböjningar, innebär motsvarande lägre utnyttjandegrad vid brandlastfallet.

Vid en utnyttjandegrad på 63 % är den kritiska ståltemperaturen enligt Eurocode 550 grader. Dvs vid 550 grader har stålbalkens hållfasthet sjunkit till 63 % av ursprunglig hållfasthet, varvid kollaps kan förväntas.

Vid den brandtekniska dimensioneringen gäller det alltså att dimensionera balkens brandisolering så att ståltemperaturen för dimensionerande brandbelastning ej överskrider 550 grader. Dvs vid sprinkling innebär detta enligt förslaget en brandbelastning som är 61 % av normalt dimensionerande brandbelastning. För bostäder med en normalt dimensionerande brandbelastning av ca 170 MJ/m² omslutningyta innebär detta en brandbelastning av ca 105 MJ/m².

Om sprinklerna skulle falla fortsätter temperaturen i stålbalken att stiga och överskrider därmed snabbt den kritiska temperaturen 550 grader. Någon större statistisk spridning på lastsidan som i verkligheten skulle kunna innebära en lägre utnyttjandegrad vid lastfallet brand och därmed en högre kritisk ståltemperatur kan knappast påräknas. Låt oss räkna bort **all** nyttig last. Då finns egenvikten kvar som i praktiken inte har någon statistisk spridning alls. Detta skulle då ge en utnyttjandegrad vid lastfallet brand motsvarande.

$$6 / 10.3 = 58 \%$$

Om vi dessutom skulle anta att balken i verkligheten har en viss överhållfasthet ökar den kritiska temperaturen ytterligare något. Stål är dock ett material med liten spridning. Den idag mest frekvent använda stålqualiteten har en nominell sträckgräns på 355 Mpa. Det är ytterst ovanligt att verklig sträckgräns för denna kvalitet överstiger 400 Mpa. Även vid ett så högt värde motsvarar detta en "reserv" av enbart ca $400 / 355 = 13 \%$. Detta medför att den verkliga utnyttjandegraden skulle reduceras till

$$58 / 1.13 = 52 \%$$

vilket enligt Eurocode i sin tur motsvarar en kritisk ståltemperatur av 580 grader

Den ökning av kritisk ståltemperatur från 550 grader till 565 grader som erhålls om man räknar bort all nyttig last, motsvarar en möjlig ökning av brandbelastningen med ca 5 MJ/m² dvs en ökning från 105 till 110 MJ/m². Om det dessutom antas att balken **samtidigt** har en ovanligt hög överhållfasthet motsvarande 400 MJ/m² ökar den kritiska ståltemperaturen ytterligare eller till 580 grader. Detta motsvarar i sin tur en möjlig ökning av brandbelastningen med ytterligare ca 5 MJ/m² eller till 115 MJ/m².

Trots att det förutsattes att ingen nyttig last överhuvudtaget belastade bjälklaget samtidigt som en kraftig överhållfasthet på stålet förutsattes är det uppenbart att balken ändå med största sannolikhet kommer att kollapsa vid fallerande sprinkler. Detta eftersom den brandbelastning på högst 115 MJ/m² som balken skulle klara, ligger långt under normalt förväntad brandbelastning. Se fördelningskurva för brandbelastningen för bostäder enligt bilaga 3.

En kollaps vid fallerande sprinkler för en konstruktion som dimensionerats för ca 60 % av normalt dimensionerande brandbelastning sker också ca 60 % snabbare än motsvarande kollaps i det osprinklade fallet. Beroende på hur snabbt brandbelastningen förbrukas kan kollapsen också komma mycket snabbt efter övertändning. Detta belyses i följande exempel.

En karakteristisk brandbelastning av 190 MJ/m² omslutningsyta samt en öppningsfaktor av 0.12 m^{1/2} förutsätts. Den höga öppningsfaktorn gör att brandbelastningen kommer att förbrukas snabbt med relativt sett höga brandgastemperaturer men ett relativt kortvarigt brandförlopp som följd. Öppningsfaktorn 0.12 m^{1/2} är dock inte extremt hög utan har aktualitet i många moderna byggnader med stora fönster.

Om byggnaden sprinklas och brandbelastningen tillåts reducerad till ca 60 % fås en brandbelastning av ca $0.6 \times 190 = 115$ MJ/m².

En bärande stålpelare studeras. Pelaren har en låg utnyttjandegrad som innebär en kritisk ståltemperatur av 640 grader. Pelarens s.k. F/A värde är 50 m⁻¹. Detta motsvarar exempelvis en cirkulär pelare som är exponerad runt om och som har en godstjocklek på 20 mm. Detta är en i praktiken vanlig godstjocklek vid större cirkulära pelare.

Med den sprinklade brandbelastningen 115 MJ / m² och öppningsfaktorn 0.12 m^{1/2} fås att pelarens maximala temperatur, även utan något brandskydd, begränsas till 620 grader. Denna temperatur uppnås efter ca 12-13 minuter varefter ståltemperaturen sjunker Detta innebär att pelaren har erforderlig

bärförmåga under det förutsatta dimensionerande fullständiga brandförloppet. Se figur a) enligt bilaga 5. Om däremot sprinkleranläggningen inte skulle fungera är brandbelastningen knappast 115 MJ/m² utan högre med ett längre brandförlopp och en ökad ståltemperatur som följd enligt figur b) i bilaga 5. Som framgår av figuren kommer ståltemperaturen att överstiga den kritiska ståltemperaturen efter ca 10 minuter varvid kollaps kan förväntas. Om pelaren utgör en pelare i bottenvåningen av en flervåningsbyggnad är det lätt att inse att konsekvenserna kan bli förödande.

En brandteknisk dimensionering av motsvarande pelare i det osprinklade fallet för en dimensionerande brandbelastning av 190 MJ/m² omslutningsyta innebär att pelaren måste brandisolerats för att ej kritisk ståltemperatur skall överskridas. Ett misslyckande även i det osprinklade fallet på grund av exempelvis en högre brandbelastning än den förutsatta riskerar också att leda till brott. Se bilaga 6. Kurva 1 och 1a) är brandgasttemperatur respektive ståltemperatur vid en brandbelastning motsvarande 61 % av dimensionerande brandbelastning (det sprinklade fallet). Kurva 2 och 2a) är brandgasttemperatur respektive ståltemperatur vid den dimensionerande brandbelastningen (det osprinklade fallet) Vid ett misslyckande kommer brottet snabbare i det sprinklade fallet än i det osprinklade fallet. Kollaps i det sprinklade fallet sker inom ca 60 % av tiden i jämfört med det osprinklade fallet.

Ovanstående gäller inte bara detta exempel utan gäller generellt vid en jämförelse mellan sprinklade respektive osprinklade fall om dimensioneringen i de sprinklade fallen tillåts baserad på en reduktion av brandbelastningen med ca 60 %. Därmed är heller ej riskerna jämförbara i de två fallen även om hänsyn tas till den mindre risken för övertändning vid de sprinklade fallen.

6 Brand räknas som olyckslast

Brand betraktas som en olyckslast. Dimensioneringsregler mot olyckslast finns i en handbok från Boverkets [7]. Förutom brand är påkörning och explosion olyckslaster. Två principiellt skilda möjligheter anges för dimensionering mot olyckslast.

- Konstruktionen dimensioneras för att motstå olyckslasten
- Konstruktionen tillåts kollapsa på grund av olyckslasten men detta får ej leda till ett fortskridande ras

Ett vanligt fall av olyckslast är påkörning av en pelare i ett garage eller i bottenvåningen av en byggnad. I handboken finns anvisningar för vilka krafter en sådan pelare ska dimensioneras för. Denna kraft är givetvis olika beroende på med vilken fart påkörning riskeras ske med och med storleken av det påkörande fordonet.

I vissa fall kan det vara orealistiskt att dimensionera pelaren så den klarar påkörningen utan att kollapsa. Det blir då det andra alternativet som får tillämpas. Om pelaren kollapsar på grund av påkörningen får detta inte leda till ett omfattande kollaps utanför skadeområdet eller till ett fortskridande ras av byggnaden. Normalt gäller då som krav att kollapsen ska begränsas till 150 m² sammanlagd golvarea fördelat på ett eller flera våningsplan.

För olyckslasten Explosion anges att det är rimligt anta att skadan begränsas på sådant sätt att ett bjälklag och två mötande väggar skadas. Väggarna antas skadade på en längd av 3.6 . Motsvarande skada på bjälklaget antas motsvara en rektangulär yta med ena sidan lika med spännvidden i huvudbärriktningen och den andra sidan mindre eller lika med 3.6. I flervåningsbyggnader är sällan spännvidderna större än 8 m. Detta skulle ge en antagen skadeyta vid explosion på storleksordningen maximalt ca 30 m².

I såväl påkörningsfallet där rimligtvis endast en pelare skadas som i explosionsfallet med sin antagna begränsade skadeyta bör det vara överkomligt att förhindra att skadorna leder till ett fortskridande ras av byggnaden.

När det gäller olyckslasten Brand är det dock annorlunda. Även brand vid fallerande sprinkler måste rimligtvis ses som en olyckslast. Som visats med bl. a de olika exemplen ovan kommer med största sannolikhet olyckslasten brand vid fallerande sprinkler leda till att aktuella konstruktioner kollapsar. Dessa är nämligen inte dimensionerade att motstå aktuell belastning utan endast 61 % av normalt dimensionerande brandbelastning. Det första dimensioneringsalternativet för dimensionering av olyckslast torde således ej vara tillämbart.

Det andra dimensioneringsalternativet, nämligen att begränsa skadan så att ett fortskridande ras ej uppkommer, fungerar knappast heller. Om en brand uppstår i bottenvåningen och sprinklerna inte fungerar är det troligen inte endast en pelare som utsätts för en ”överlast” utan samtliga pelare inom aktuell brandcell. Särskild i samband med sprinkling omfattar oftast minst varje plan en och samma brandcell. Det är lätt att inse att om flera pelare eller i värsta fall alla pelare i en byggnads bottenplan kollapsar att det inte går att undvika ett fortskridande ras.

7 Sammanfattning och förslag

- Förslaget att reducera den dimensionerande brandbelastningen till 61 % vid den brandtekniska dimensioneringen av bärande konstruktioner i sprinklade byggnader står ej i överensstämmelse med Eurocode. De sannolikheteorier som ligger bakom det hela bygger nämligen på att även brandcellens area påverkar den dimensionerande brandbelastningens storlek. Endast vid brandceller upp till 25 m² är värdet 61 % relevant. Vid en area på 250 m² ska brandbelastningen först multipliceras med faktorn 1.5 innan reduktionen till 61 %. Vid en area på 2500 m² är motsvarande faktor 1.9.
- Fungerar sprinklingen är brandbelastningen i princip noll. Om sprinklerna däremot inte fungerar och branden leder till övertändning brinner knappast endast 61 % av brandbelastningen upp utan snarare 100 %. En bärande konstruktion som dimensionerats för att klara en brandbelastning av 61 % av den annars förutsatta dimensionerande brandbelastning kommer med största sannolikhet att kollapsa.
- Kollaps av en bärande konstruktion som dimensionerats för 61 % av brandbelastningen kommer vid ett misslyckande att kollapsa inom ca 60 % av tiden jämfört med kollaps vid ett misslyckande för motsvarande fall vid icke sprinkler. Kollaps av de bärande konstruktionerna i en flervåningsbyggnad som dimensionerade enligt förslaget kan ske redan inom 10 minuter efter övertändning.
- Brand räknas till olyckslasterna. Enligt Boverkets handbok beträffande olyckslaster ska en konstruktionen antingen dimensioneras att motstå olyckslasten eller tillåts konstruktionen kollapsa på grund av olyckslasten. Detta får då ej leda till ett fortskridande ras. Inget av dessa alternativ torde kunna uppfyllas i en flervåningsbyggnad vars konstruktioner dimensionerats för en brandbelastning motsvarande 61 % dimensionerande brandbelastning.

Istället för detta sannolikheteoretiska angreppssättet att dimensionera en bärande konstruktion för en brandbelastning motsvarande 61 % av dimensionerande brandbelastning bör samma angreppssätt tillämpas som vid all annan brandteknisk dimensionering, nämligen att sprinklerna förutsätts släcka eller kontrollera branden. I BBR avsnitt 5:235 **Automatisk vattensprinkleranläggning** understryks just detta. Citat ” Om en

automatisk vattensprinkleranläggning är en förutsättning för brandskyddets utformning ska den utformas så att den kan släcka eller kontrollera en brand under avsedd tid”.

Vid fungerande sprinkler utgör branden normalt inget hot överhuvudtaget mot bärande konstruktioner. Om sprinklerna inte fungerar och detta skulle innebära risk för kollaps bedöms konsekvenserna av detta. Om kollaps inte kan accepteras, vilket normalt gäller för alla flervånings-byggnader (Byggnadsklass Br 1) dimensioneras konstruktionerna för verkligt dimensionerande brandbelastning och inte för en till 61 % reducerad brandbelastning, vilket med största sannolikhet skulle innebära kollaps.

Detta stämmer också överens med förutsättningarna i ”Betonghandboken” [8] till vilken tidigare hänvisades till från BBR när det gällde brandbelastningen och hänsynstagande till sprinkler. I ”betonghandboken utvecklades också sambandet mellan dimensionering genom klassificering och dimensionering baserad på modell av naturligt brandförlopp i samband med sprinkling. Sammanfattat innebar detta kortfattat följande.

För byggnad Br 1 byggnad med en brandbelastning av högst 200 MJ/m² (gäller för exempelvis bostäder, kontor, skolor, sjukhus samt hotell) är ”grundkravet” på bärande konstruktioners brandmotstånd R 60. En konstruktion som uppfyller detta krav förutsätts klara en verklig, övertänd och obekämpad brand med en brandbelastning av högst 200 MJ/m². Detta oberoende av om denna brandbelastning brinner upp på 30 minuter eller det tar två timmar. Vid flera våningar ökar kravet till R 90 trots samma brandbelastning. Detta har inget att göra med att branden skulle hålla på längre. Brandbelastningen är ju den samma. Det har ej heller med räddningstjänstens insats att göra. Det förutsätts ju att byggnaden inte ska kollapsa även om konstruktionerna ”bara” uppfyller R 60. Ökningen av kravet ska snarare ses som en extra säkerhetsfaktor om ett misslyckande ändå skulle ske. Konsekvenserna riskerar ju att bli större om detta skulle ske i en högre byggnad.

Analogt med detta förutsätts i såväl Betonghandboken [8] som i SBI handboken avseende brandteknisk dimensionering av stålkonstruktioner [6] att brandbelastningen vid dimensionering baserad på modell av naturligt brandförlopp ökas med faktorn 1.5. Därmed erhålls relativt sätt samma skillnad i säkerhetsnivå beroende på byggnadens höjd vid såväl dimensionering genom klassificering som vid dimensionering baserad på modell av naturligt brandförlopp.

I betonghandboken angavs vidare att det vid sprinkling var motiverat att återställa R 90 kravet till R 60 vid dimensionering genom klassificering. På motsvarande sätt kunde den med faktorn 1.5 ökade dimensionerande brandbelastningen återställas till sitt ursprungliga värde vid brandteknisk dimensionering baserad på modell av naturligt brandförlopp. Detta innebär en reduktion av den **ökade** brandbelastningen med $1/1.5 = 67\%$. Någon ytterligare reduktion under den dimensionerande brandbelastningen föreslogs inte.

Sammanfattat föreslås följande avseende brandteknisk dimensionering av konstruktioner i flervåningsbyggnader (Byggnadsklass Br 1)

Brandbelastningen vid sprinkling bör aldrig reduceras under den dimensionerande brandbelastningen. (Normalt den brandbelastning som innehålls i 80% av statistisk material). Har däremot brandbelastningen ökat enligt ovan är motsvarande reduktion motiverad vid sprinkling.

Vid dimensionering genom klassificering och för byggnader med en brandbelastning av högst 200 MJ/m² kan R 90 kravet tillåtas reduceras till R 60 vid sprinkling. Däremot bör en reduktion från R 60 till R 30 ej tillåtas vid sprinkling.

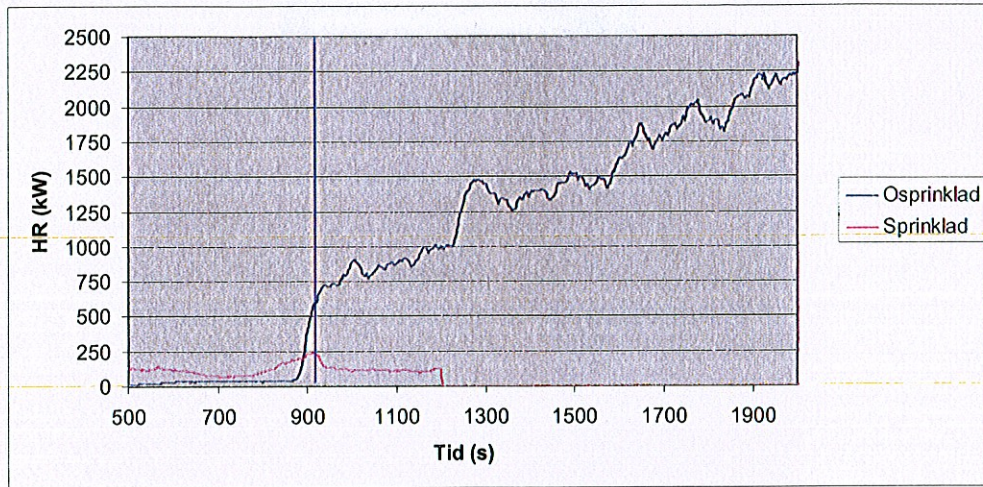
En reduktion enligt ovan från krav på R 90 till R 60 överensstämmer alltså med förutsättningarna i Betonghandboken enligt ovan. Det framgår också klart om en riskanalys görs att R 60 och sprinkling totalt innebär en större säkerhet mot kollaps än R 90 utan sprinkling i byggnader med en brandbelastning av högst 200 MJ/m² omslutningsyta.[9]

Referenser

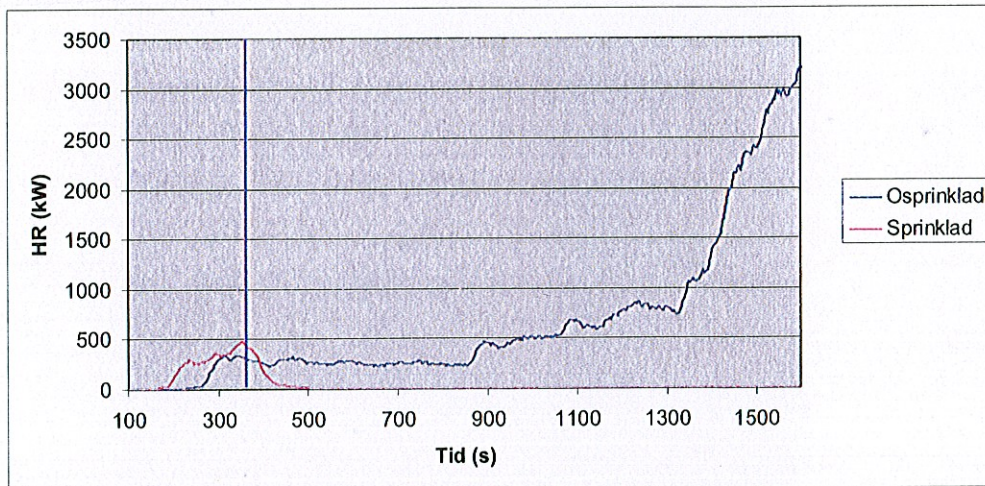
- [1] Handbok om brandbelastning, Boverket, 2008
- [2] Jonas Lindsten, Gösta Holmstedt, Analys av brandförsök utförda av BRE angående effektkurvor vid sprinklade och osprinklade brandförlopp, Brandkonsulten och Sprinklerfrämjandet, Stockholm 2009
- [3] Jörgen Thor, Hallbyggnader i klass Br1 och Br2-
Bärande takkonstruktioner och brand,
Brandskyddslaget, Rapport 2009-10-10
- [4] Valorisation Project, Natural Fire Safety Concept,
CEC Agreement 7215-PA/PB/PC-057,2001
- [5] Joakim Sandström, Brandskydd I byggnader,
Brandskyddslaget, Rapport xx-xx -xx
- [6] O. Pettersson, SE. Magnusson, J. Thor; Brandteknisk dimensionering
av stålkonstruktioner, Stålbyggnadsinstitutet publikation 50, 1976
- [7] Svängningar, deformationspåverkan och olyckslast
Handbok, Boverket, 1994
- [8] Brandteknisk dimensionering av betongkonstruktioner, Statens Råd
för Byggforskning, 1992
- [9] A. Karlsson, J. Thor, M. Lindström, K. Fallqvist, Utredning avseende
reducering av bärverkskrav från R 90 till R 60 i sprinklade byggnader,
Brandkonsulten och Brandskyddslaget, 2008-05-05.

BILAGA 1

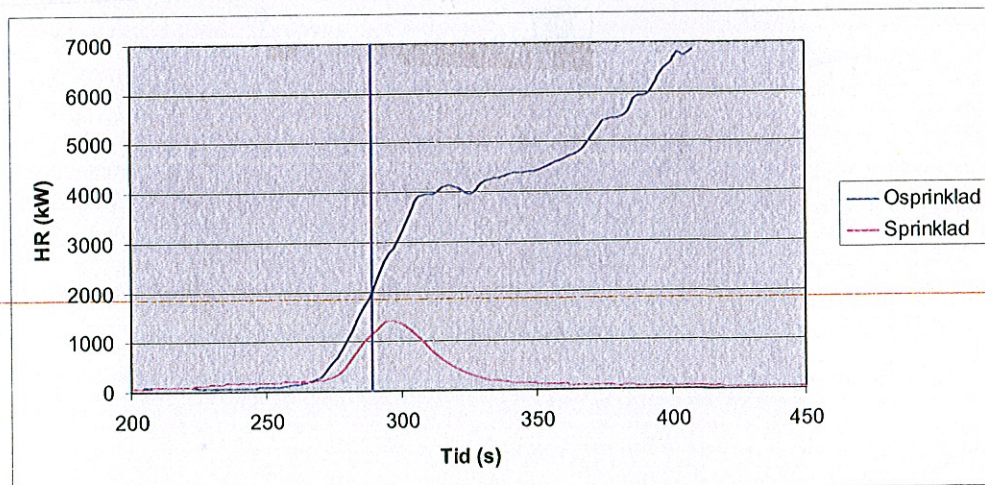
Kontor

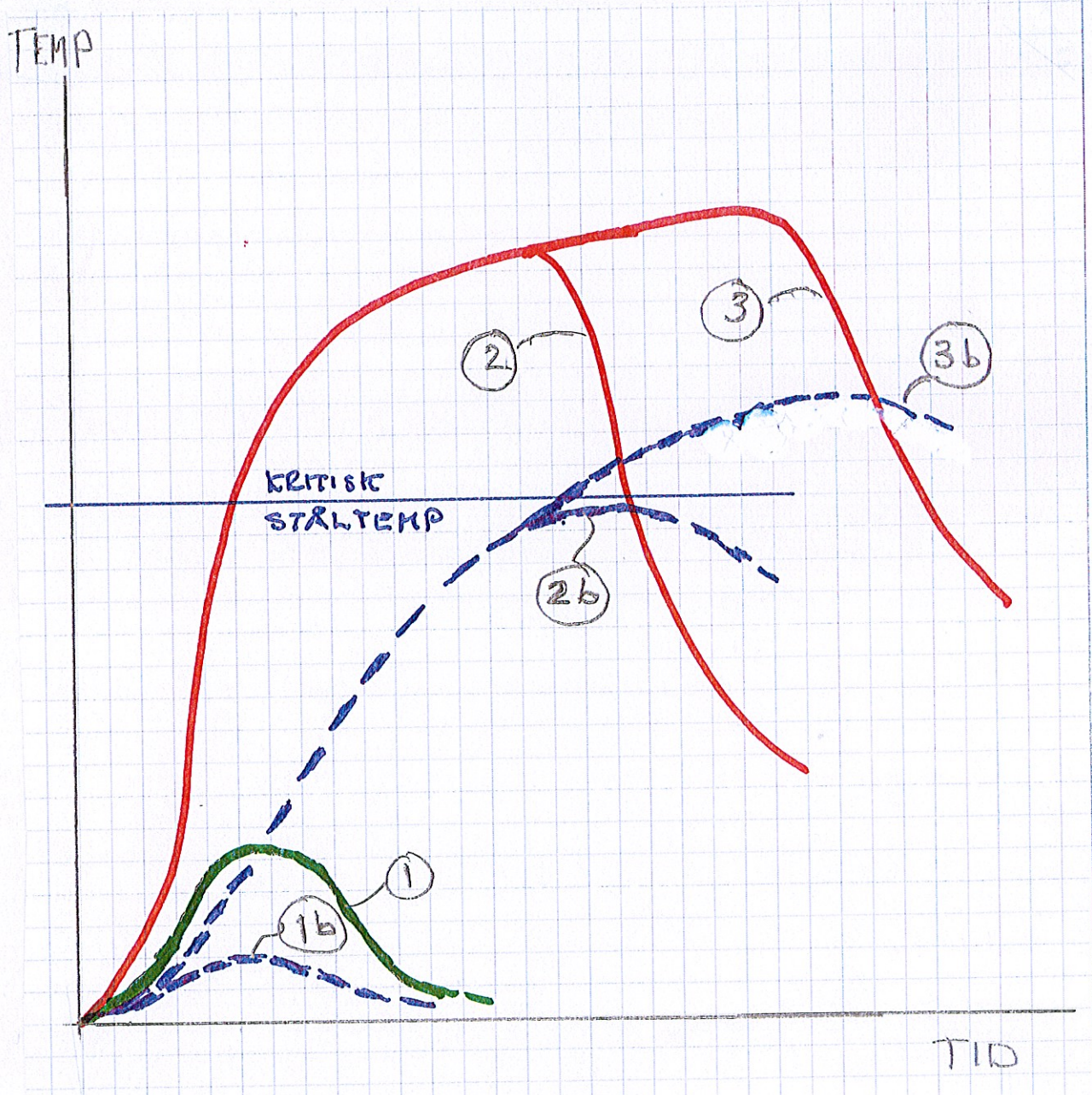


Reception



Sportbutik



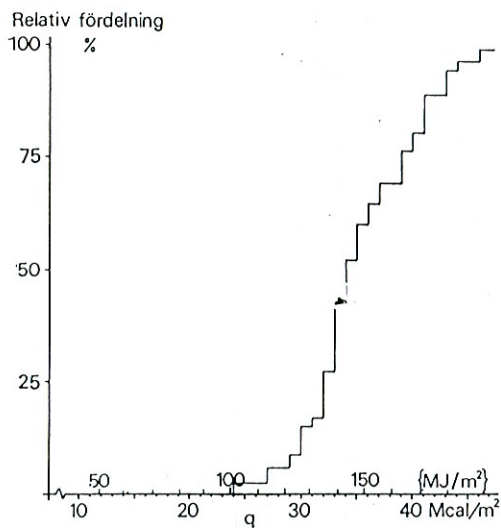


- 1) Brandgastemperatur vid fungerande sprinkler
- 1b) Motsvarande ståltemperatur

- 2) Brandgastemperatur vid ej fungerande sprinkler och en dimensionering baserad på 61% av dimensionerande brandbelastning
- 2b) Motsvarande ståltemperatur

- 3) Brandgastemperatur vid ej fungerande sprinkler och en dimensionering baserad på dimensionerande brandbelastning
- 3b) Motsvarande ståltemperatur

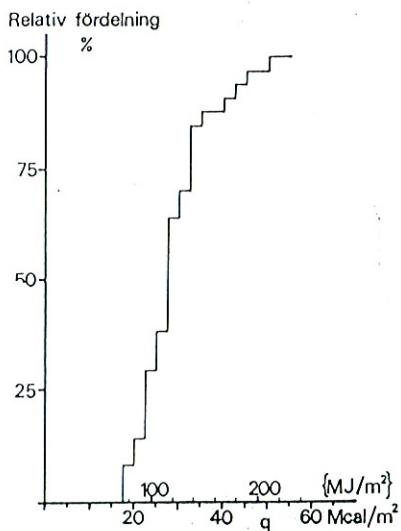
BILAGA 3



Bostäder

Dimensionerande brandbelastning 168 MJ/m²

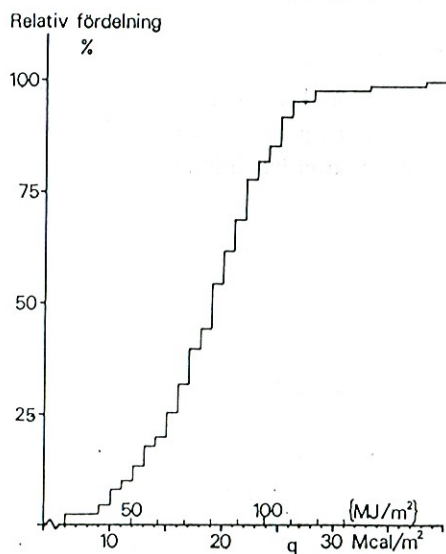
61 % 102 MJ/m²



Kontor

Dimensionerande brandbelastning 145 MJ/m²

61 % 88 MJ/m²

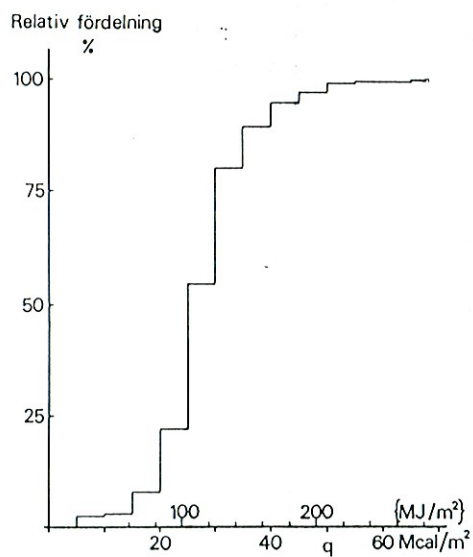


Skolor

Dimensionerande brandbelastning 96 MJ/m²

61 % 59 MJ/m²

BILAGA 3



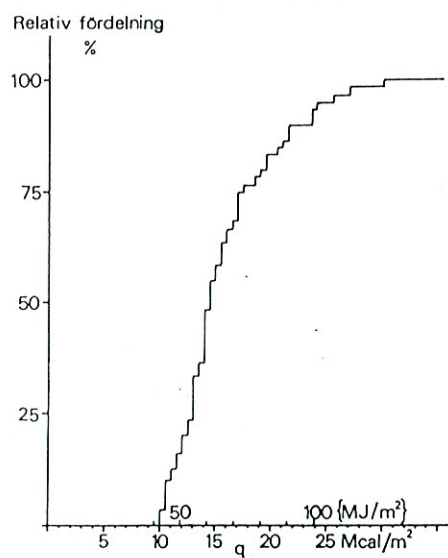
Sjukhus

Dimensionerande
brandbelastning

147 MJ/m²

61 %

90 MJ/m²



Hotell

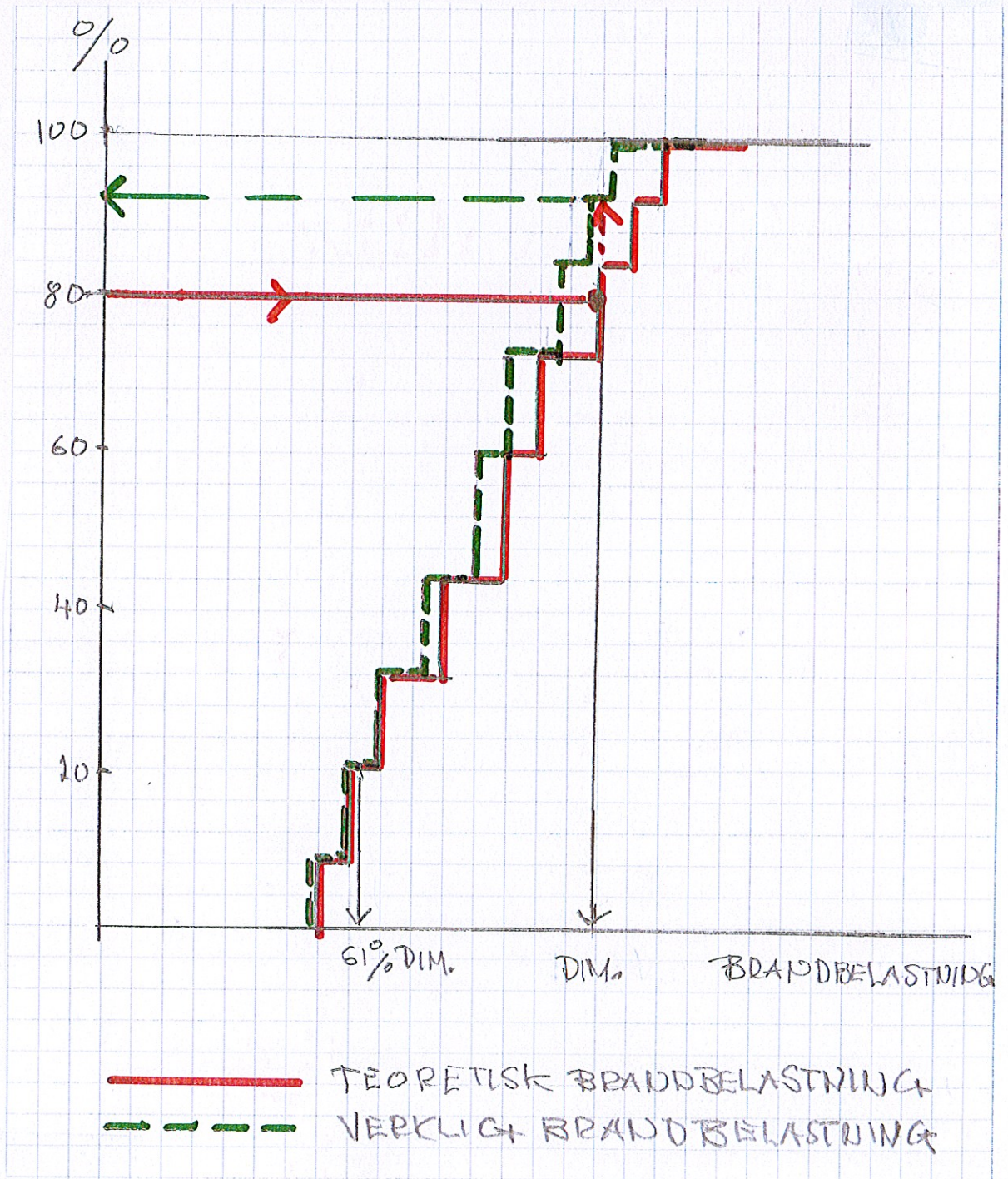
Dimensionerande
brandbelastning

82 MJ/m²

61 %

50 MJ/m²

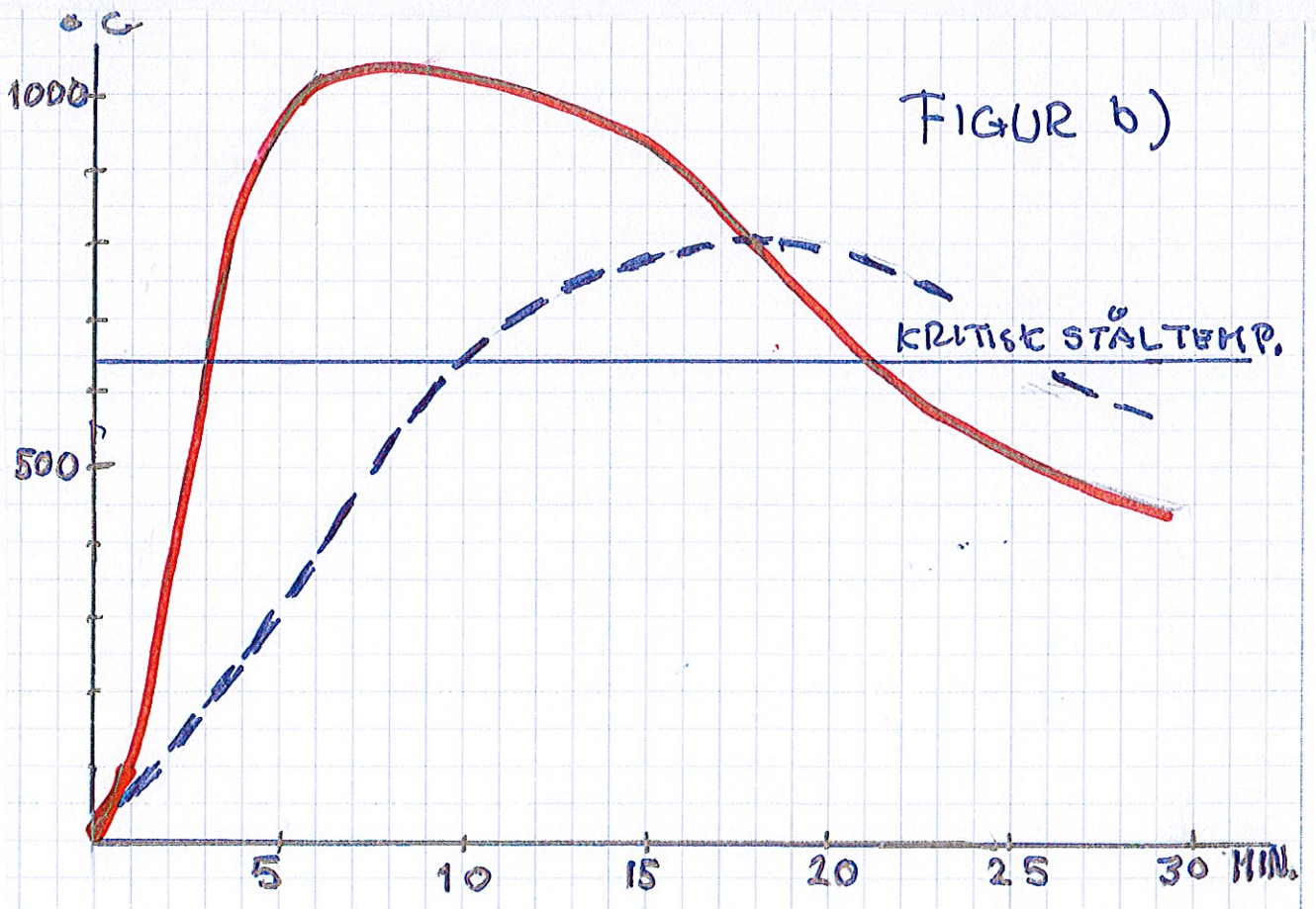
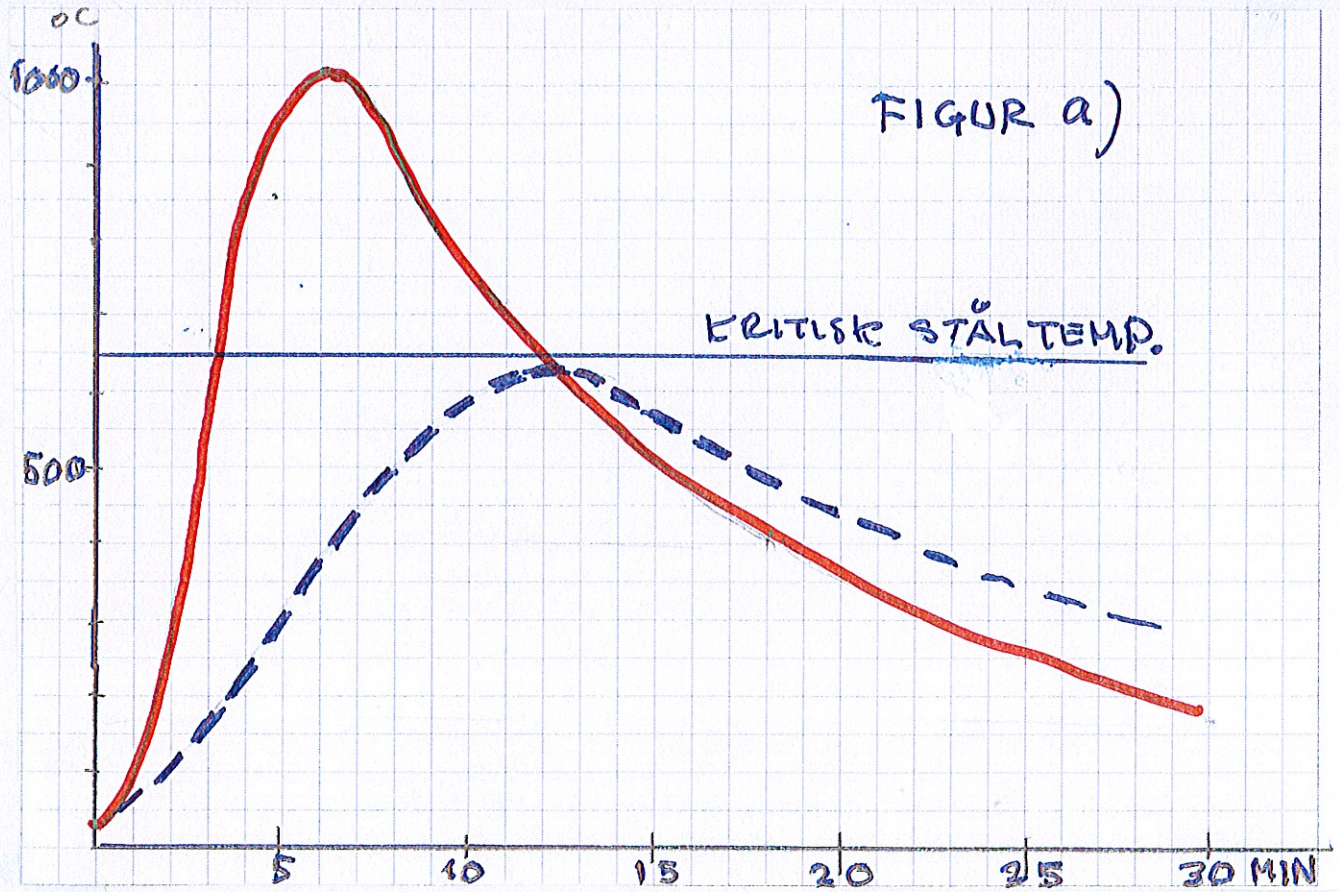
BILAGA 4



BILAGA 5

— Brandgastemperatur

- - - Ståltemperatur



BILAGA 6

- Brandgastemperatur
- - - Ståltemperatur

