

HALLBYGGNADER I KLASS BR1 OCH BR2 BÄRANDE TAKKONSTRUKTIONER OCH BRAND

Rapport 2009-10-10

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

Inledning

Enligt praxis och tidigare gällande normer minst 40 år tillbaka i tiden har tillåtits att takkonstruktioner i en- och tvåvåningsbyggnader tillhörande byggnadsklass Br2 eller Br1, med eljest gällande schablonkrav i bärande avseende på R 30 eller R60, under vissa förutsättningar kunnat utföras utan krav på formell brandteknisk klass. Till takkonstruktion hänförs primärbalkar, eventuella sekundärbalkar samt bärande takskiva.

Bland förutsättningarna för att tillåta undantaget enligt ovan hör att takets värmeisolering skall bestå av obrännbart material samt för vissa typer av verksamheter, att en **lokal** skada av brand ej får leda till för stort skadeområde eller till fortskridande ras.

Exempel på en mycket frekvent takkonstruktion av denna typ är primärbalkar av stål, vanligen av fackverkstyp, eventuella åsar av stål samt bärande takskiva av profilerad plåt.

Det finns idag åtskilliga miljonstal kvadratmeter takkonstruktioner i Sverige utförda på detta sätt till livsmedelhallar, varuhus, inomhuscentra, sporthallar etc, etc.

I nuvarande byggnadsbestämmelser där detaljkrav i större utsträckning än tidigare ersatts av funktionsbaserade krav är fortfarande denna möjlighet öppen. I BBR 5:81 anges nämligen bl.a. att efter särskild utredning kan, i vissa fall, konsekvenserna av sammanstörtning accepteras. Avsteg från de i tabellerna 5:821a och 5:281b angivna brandtekniska klasser kan då göras. Oberoende av denna formulering bör understrykas att sammanstörtning vid brand alltid har accepterats för Br2 och Br3 byggnader. Det är endast i Br 1 byggnader som det förutsätts att byggnadsstommen inte kollapsar vid brand. Se vidare nedan.

I flertalet handböcker till BBR anges också den ovan beskrivna takkonstruktionsutförandet som exempel på möjligt avsteg. Bl.a i den av LTH och Brandskyddslaget gemensamt utgivna handboken anges takkonstruktionen som exempel på konstruktion som redan är utredd. [1].

I särskild rapport från Brandskyddslaget daterad 2007-10-18 ges en historisk tillbakablick angående i sammanhanget relevanta normkrav.[2]

Förslag till ny skrivning i BBR och BKR innebär att denna mer än 40 åriga möjlighet inte finns kvar.

Det bör i sammanhanget noteras att ett generellt krav på R 30 för en Br 2 byggnad inte ger några som helst garantier för att konstruktionerna inte kommer att kollapsa vid en verklig brand. Detta i motsats till en Br 1 byggnad där kravet på brandteknisk klass är satt i relation till lokalens brandbelastning och därmed till den termiska påverkan som konstruktionerna förmodas kunna bli utsatta för. Tvärtom måste konstruktioner med ett R30 krav förutsättas komma kollapsa vid en övertänd brand såvida brandbelastningen i lokalen inte är mycket låg. Det finns heller ingenting som säger när konstruktionerna riskerar kollapsa vid en verklig brand. En konstruktion som vid en standardbrandprovning uppfyllt R 30 kan vid en verklig brand kollapsa redan efter exempelvis 15 minuter beroende på hur snabbt brandbelastningen förbrukats.

Bakgrund till undantaget

Trots det sedan många år tillbaka mycket stora antalet byggnader byggda med takkonstruktioner enligt ovan finns veterligen inga dödsfall rapporterade vid brand vare sig bland ”vanliga” människor eller bland räddningstjänstens personal som skulle bero på takkonstruktionernas utförande.

Skälet till ovanstående torde vara att en lokal brand i en hallbyggnad med beskriven typ av takkonstruktion inte leder till någon omfattande kollaps utanför själva brandområdet. För att en kollaps ska inträffa av en stålbalk krävs normalt en ståltemperatur på minst 550 grader vilket i sin tur kräver en brandgastemperaturer på minst 600 till 700 grader. En människa tål kortvarigt strålning från brandgaser under taket på ca 200 grader. Inte ens en brandman med skyddsutrustning tål strålning från brandgaser under taket på mer än ca 300 grader. Vid släckinsats utsätts räddningstjänstens personal även för strålning från brandhårdens flammor. Detta innebär att såväl utrymmande personer som räddningstjänstens personal måste befinna sig på betryggande avstånd från brandhärden och vara ute ur byggnaden innan gastemperaturen i taknivå överskrider värden enligt ovan.

En mer omfattande kollaps av aktuell typ av takkonstruktion kan inträffa först efter övertändning. Ur personsäkerhetssynpunkt är det då ganska ointressant om en sådan kollaps sker efter 15 eller 30 minuter **efter** övertändning. Långt innan övertändning måste människor ha rymt ut

byggnaden oberoende av en bärande takkonstruktioners brandtekniska klass. Efter övertändning är också all invändig brandbekämpning omöjlig.

Om det trots ovanstående anses att beskriven typ av takkonstruktion är farlig från personsäkerhetssynpunkt måste man givetvis ta ställning till vad man ska göra med alla de miljontals kvadratmeter sådana byggnader som under minst 40 år uppförts på beskrivet sätt. Att åtgärda dessa så att takkonstruktionerna uppfyller ett formellt brandmotstånd på exempelvis R30 skulle innebära kostnader på åtskilliga miljarder kronor. Som påpekats ovan innebär också ett R 30 krav att kollaps ändå normalt måste förutsättas komma ske vid en verklig brand..

Det bör också understrykas att till en takkonstruktionens bärande delar hör också takskivan. Även om takbalkarna skulle utgöras av betong eller limträ som av många upplevs som "brandsäkrare" än stålbalkar utgörs takskivan i de övervägande fallen ändå av profilerad plåt. Denna måste i så fall också skyddas exempelvis med 2x13 mm gipsskiva på undersidan. Att hävda att plåten endast är ett sekundärt bärverk och därmed med automatik skulle kunna undantas går inte. Profilerad takplåt klarar spännvidder på upp till 12 meter beroende på profiltyp. Plåten utnyttjas också idag i helt övervägande antalet fall som horisontalstabiliserande genom skivverkan. Utan plåten saknar takbalkarna helt stabilitet för horisontalkrafter oberoende av vilken brandklass takbalkarna utförts i.

Ovanstående beskrivna avsteg har som nämnts kunnat tillämpats oberoende av om byggnaden är sprinklad eller inte. Givetvis blir det hela inte sämre av att om en sådan byggnad skulle vara sprinklad.

Temperaturer och strålningspåverkan på konstruktioner och människor

Vid en begynnande brand i en hallbyggnad kommer ett lager av brandgaser snabbt att byggas upp under taket. Om branden inte släcks kommer brandgaslagrets tjocklek och temperatur successivt att öka. Hur fort detta sker beror bl. a på hur snabbt branden utvecklas samt på lokalens volym och om lokalen är försedd eller ej med en automatisk brandgasventilation samt omfattningen av denna. Temperaturökningen i brandgaslagret gör att temperaturen i de bärande takkonstruktionerna också successivt ökar, vilket efter hand gör att deras bärförmåga minskar.

Temperaturökningen i brandgaslagret gör också att människor på golvnivå utsätts för en värmestrålning. Denna ökar med temperaturen upphöjt till fyra. Även räddningstjänsten utsätts för samma strålning men kan med skyddsutrustning tåla en högre strålning än vad oskyddade människor tål. Räddningstjänsten utsätts dock dessutom för strålning direkt från flammorna när de närmar sig brandhärden.

Temperaturen i brandgaslagret kan beräknas med lämplig tvåzonsmodell. [3]. Från beräknad brandgastemperatur kan temperaturökningen och därmed bärförmågan för takkonstruktionen beräknas liksom strålningen på golvnivå mot utrymmande människor och mot räddningstjänstens personal.

Med tvåzonsmodeller beräknade brandgastemperaturer i taknivå utgör medeltemperaturer. Lokalt över brandhärden är temperaturerna i taknivå högre och därmed riskeras att en lokal kollaps av takkonstruktionerna sker tidigare än en mer global kollaps. Temperaturen över brandhärden kan beräknas enligt [4]. Nära branden är också strålningen mot människor större genom att till strålningen från brandgaslagret i taknivå skall adderas strålningen från de lysande flammorna.

Vid en given brandgastemperatur kan en stålkonstruktions temperaturökning beräknas med värmebalanssamband [5]. Avgörande för hur snabbt en stålkonstruktion värms upp vid en given brandgastemperaturökning är konstruktionens s. k. F/A förhållande, vilket är förhållandet mellan konstruktionens mot branden exponerade area och dess massa. Ju större F/A förhållandet är ju snabbare värms konstruktionen upp under i övrigt lika förhållanden. Kritisk ståltemperatur, dvs den temperatur när konstruktionen riskerar kollapsa är en funktion av i första hand konstruktionens statiska utnyttjandegrad vid lastfallet brand. För en vid brottlastdimensionering statistiskt fullt utnyttjad stålkonstruktion kan kritisk ståltemperatur antas vara av storleksordningen 550 grader. Ju lägre utnyttjandegraden är ju högre är den kritiska ståltemperaturen.

Den strålning en oskyddad människa kan uthärda under en kortare tid är av storleksordningen 2.0 kW/m². För räddningstjänstens personal med skyddskläder anges motsvarande kritiska värde till 4.5 kW/m². Som kriterium för övertändning anges värdet 20 kW/m² [1].

Strålningen från själva brandhärden är beroende på brandeffekten (MW) och den strålning från brandhärden som träffar räddningstjänstens personal är i princip en funktion av kvadraten på avståndet till brandhärden.[1].

Datorprogram

Med förutsättningar enligt ovan har ett datorprogram utvecklats som för en växande brand i en hallbyggnad successivt beräknar medeltemperaturerna i brandgaslagret samt gastemperaturen lokalt över brandhärden. Med dessa temperaturer som ingångsdata beräknar programmet takkonstruktionernas temperaturer som funktion av dessas F/a förhållanden. Med kännedom om kritiska temperaturnivåer för aktuella konstruktioner beroende på aktuella utnyttjandegrader fås därefter tiden efter brandutbrottet för såväl en lokal kollaps ovan brandhärden som tiden för en mer global kollaps.

Programmet beräknar vidare strålningen från brandgaslagret mot utrymmande människor samt strålningen mot räddningstjänstens personal från såväl brandgaslagret som från brandhärden. Därmed kan tiden beräknas för när utrymningen måste vara avslutad samt tiden fram till hur länge räddningstjänstens personal kan vara kvar. Vidare fås för varje tidpunkt dessförinnan erforderligt skyddsavstånd för räddningstjänstens personal till brandhärden för att inte skadas av värmestrålningen från flammorna.

Genom att jämföra de olika tiderna för kollaps av takkonstruktionerna med tiderna för när utrymning måste vara genomförd samt tiderna och avstånden för räddningstjänstens personal vid släckinsats, kan bedömas om kollaps av takkonstruktion vid brand utgör en risk för utrymmande personer eller för räddningstjänstens personal.

Bl. a. följande parametrar utgör ingångsdata i programmet:

Byggnadens bredd och längd

Takhöjder (nock, takfot)

Höjd till bärande takkonstruktioner

Brandgasventilation (frånluftsarea samt tilluftsarea)

(Även mekanisk brandgasventilation kan beaktas)

Brandeffektutveckling (långsam, medel, snabb, ultrasnabb enligt NFPA)

Stålkonstruktionens s.k. F/A förhållande

Kritisk ståltemperatur

Maximal tolererbar strålning för utrymmande personer

Maximal tolererbar strålning för räddningstjänstens personal

Följande resultat fås som funktion av tiden efter brandutbrott:
(Se exempel på datautskrift enligt bilaga 1)

Brandarea (m²)
Brandeffekt (MW)
Flamhöjd (m)
Genomsnittlig brandgastemperatur i taknivå (grader C)
Genomsnittlig temperatur i bärande stålkonstruktioner (grader C)
Rökgasfri höjd (8 m)
Strålning mot golvnivå (kW/m²)
Brandgastemperatur över brandhärden (grader C)
Temperatur i bärande stålkonstruktioner över brandhärden (grader C)
Erforderligt skyddsavstånd till brandhärden för räddningstjänsten (m)

Vidare anger programmet

När utrymning måste vara avslutad å grund av strålning

När räddningstjänsten måste vara ute på grund av strålning

När lokal kollaps av takkonstruktion över brandhärden kan förväntas

När övertändning riskeras

När en mer global kollaps av takkonstruktionen kan förväntas

Exemplifierande beräkningar

Med programmet har ett antal beräkningar genomförts. Ett sådant exempel illustreras i bilaga 1. Exemplet gäller en byggnad med planmått 40 x 50 m, takhöjd 9 m samt med en brandgasventilationsarea på endast 5 m².

Brandutvecklingen antas följa FAST enligt NFPA. Kritisk ståltemperatur motsvarande en statiskt fullt utnyttjad takbalk förutsätts vara 550 grader.

Konstruktionen F/A förhållande förutsätts vara 200 m⁻¹, vilket kan antas representativt för ett stålfackverk. Kritisk strålning för utrymmande personer samt för räddningstjänstens personal antas vara 2.0 respektive 4.5 kW/m².

Av resultat kan noteras att utrymning måste vara avslutad senast efter 8 minuter. Ståltemperaturen över brandhärden är då ca 60 grader, dvs långt under kritisk ståltemperatur 550 grader. Genomsnittlig ståltemperatur är ännu lägre eller ca 30 grader.

Efter 11 minuter är invändig brandbekämpning ej längre möjlig. Ståltemperaturen över brandhärden är då ca 90 grader samt genomsnittlig temperatur ca 60 grader.

Efter 18 minuter riskerar takkonstruktionen att kollapsa lokalt över brandhärden.

Övertändning kan förväntas ske efter 19 minuter samt risk för en mer global kollaps av taket efter 24 minuter.

Kollaps av takkonstruktionen påverkar sålunda inte risken för vare sig utrymmande personer eller för räddningstjänstens personal.

Ett ytterligare antal motsvarande beräkningar har gjorts med det beskrivna datorprogrammet. Olika förutsättningar har därvid använts beträffande bl. a. byggnadsarea, takhöjd, kritiska strålningsnivåer för utrymmande personer respektive för räddningstjänsten, olika brandutvecklingshastighet samt olika area på brandgasventilationen. I samtliga fall har förutsatts en fullt statistiskt utnyttjad stålkonstruktion med ett F/A förhållande på 200 m⁻¹.

Resultaten är sammanställda i tabellform i bilaga 2, med angivna tider när utrymning respektive invändig insats måste vara avslutade, tider för lokal kollaps över brandhärden samt tider för övertändning samt global kollaps av takkonstruktionen. I de fall tidpunkten för lokal kollaps ligger nära den tid när räddningstjänsten måste vara ute ur byggnaden på grund av strålning, anges inom parantes erforderligt skyddsavstånd från brandhärden på grund strålningen från flammorna vid tidpunkten för lokal kollaps.

Slutsats

Beräkningarna visar klart att kollaps av bärande takkonstruktioner i en hallbyggnad inte utgör en kritisk parameter för vare sig utrymmande personer eller för räddningstjänstens personal. Normalt måste utrymning vara avslutad långt innan ens lokal kollaps riskerar ske över brandhärden. Räddningstjänstens personal som tål högre strålningsnivåer måste antingen också var ute innan lokal kollaps sker eller också befinna sig på så långt avstånd från brandhärden att en lokal kollaps ej utgör någon fara. Global kollaps sker först efter övertändning. Långt innan dess är all invändig bekämpning omöjlig.

Ovanstående styrks också av en mer än 40 årig tillämpad praxis för hallbyggnader med millionstals kvadratmeter takkonstruktioner byggda utan formell brandteknisk klass. Inte någon människa har omkommit eller kommit till skada, inklusive personal från räddningstjänsten, på grund av kollaps av en sådan takkonstruktioner vid brand.

Det föreslås därför att det hittills möjliga undantaget från formell brandteknisk klass för vissa takkonstruktioner till hallbyggnader behålls. Som förutsättning bör gälla att taket i sig inte medverkar till spridning av brand inom byggnaden samt att en eventuell lokal kollaps innan övertändning ej medför ett fortskridande ras långt utanför själva brandområdet.

Referenser

- [1] Brandskyddshandboken, Brandskyddslaget och Brandteknik LTH, 2005
- [2] Jörgen Thor, Takkonstruktioner till en- och tvåvåpningsbyggnader – Historisk tillbakablick angående brandkrav, Brandskyddslaget, 2007
- [3] Bengt Hägglund, Simulating fires in natural and forced ventilated enclosures, FOA, 1986
- [4] R.L. Alpert, Calculation of Response time of Ceiling-Mounted Fire Detectors, Fire Technology, august 1972
- [5] O. Pettersson, SE. Magnusson, J. Thor; Brandteknisk dimensionering av stålkonstruktioner, Stålbyggnadsinstitutet publikation 50, 1976