

A photograph of a red fire truck with yellow reflective stripes, moving from left to right. The truck is slightly blurred, suggesting motion. In the background is a large, multi-story building with horizontal wooden siding. The sky is overcast and grey. The overall tone is serious and urgent.

Skydd mot brandspridning mellan småhus

Johanna Björnfot

Skydd mot brandspridning mellan småhus

Boverket, september 2008

Förord

Rapporten är en del av min sex veckor långa sommarpraktik och handlar om skydd mot brandspridning mellan småhus genom utformning beroende på avstånd. Bakgrunden till rapporten är den pågående BBR-revideringen och att räddningstjänstens roll i byggreglerna i samband med detta ses över. Föreskrifternas bakomliggande parametrar och metoder samt dess verifierbarhet vid brandteknisk dimensionering har analyserats. Även räddningstjänstens roll i dessa har utretts.

Stort tack till Staffan Abrahamsson och Michael Strömgren på Boverket samt Anders Johansson och Tomas Rantatalo på Fire Safety Design AB som givit mig handledning under arbetets gång. Tack även till övriga avdelningar på Boverket som varit behjälpliga i sakfrågor samt övriga aktörer som till rapporten bidragit med sina kunskaper och synpunkter.

Karlskrona september 2008

Johanna Björnfot

Sammanfattning

Rapporten är en analys av verifierbarheten av byggreglerna, i avseendet skydd mot brandspridning mellan småhus genom utformning beroende på avstånd. I rapporten studeras också räddningstjänstens roll i dessa bestämmelser. De bakomliggande parametrarna som påverkar brandspridning mellan småhus ges i första delen av rapporten. I andra delen ges en bakgrund till projektet i form av en utvärdering av dagens situation i Sverige samt en internationell jämförelse. Detta följs av en presentation och tillämpning av en i Sverige vedertagen metod för avståndsbedömning mellan småhus. Slutligen förs en diskussion utifrån tidigare delar av rapporten.

Den vanligaste orsaken till brandspridning mellan byggnader är strålning i kombination med flygbränder. Detta återspeglas i utformningen av brandskyddsåtgärder för att begränsa risken för brandspridning, dvs. begränsa strålningsintensiteten på närbelägna byggnader. Det finns flera möjligheter att reducera risken för spridning av brand mellan byggnader i form av att begränsa eller minska strålningsintensiteten, t.ex. genom att garantera tillräckliga avstånd mellan byggnader. För att vid brandteknisk dimensionering kunna bedöma riskerna för spridning av brand via strålningsvärme måste lämpliga teoretiska beräkningsmodeller för utfallande och infallande strålning användas.

Idag kan räddningstjänsten enligt Boverkets byggregler, BBR, vara en förutsättning för att byggnadens brandskydd ska nå upp till en miniminivå, bl.a. i avseendet skydd mot brandspridning mellan byggnader. Problem med detta föreligger i och med att räddningstjänsten är en osäker resurs eftersom den idag inte är reglerad. Ytterligare brandskyddsåtgärder, dock ej verifierbara, föreskrivs i de fall då räddningstjänsten inte kan förväntas ingripa inom normal insatstid och deras ingripande är en förutsättning för att brandspridning till närliggande byggnader ska kunna begränsas.

Föreskrifterna i BBR, i avseendet skydd mot brandspridning mellan småhus, baseras på normativa bestämmelser där ingen bakgrund ges. För möjligheten att använda nyanserade dimensioneringsmetoder finns ett förtydligande i form av allmänt råd om acceptabel strålningsnivå mot närliggande byggnaders ytor. Till detta finns dock inga uttryckta accepterade

ingångsvärden eller metoder. I ett antal, ej av Boverket utgivna, handböcker finns idag en tabell, enligt nedan, som används som schablonmetod, vid förenklad dimensionering, för skydd mot brandspridning mellan småhus.

I mitten på 1970-talet togs en metod fram för en nyanserad bestämning av det minsta avståndet mellan närbelägna hus inom ett småhusområde med hänsyn till risken för brandspridning från ett hus till ett annat. Till metoden finns framtaget ett beräkningsunderlättande underlag. Metoden kom att godkännas av den svenska byggnadsmyndigheten för användning vid utformning av småhus. Än idag har ingen ny vedertagen beräkningsmetod presenterats i Sverige. Vid tillämpning av det beräkningsunderlättande underlaget med förutsättningar enligt tabellen nedan samt med acceptabel strålningsnivå enligt BBR kan slutsatsen dras att schablonmetod är relativt tillförlitlig, bortsett från att de ursprungliga förutsättningarna saknas. De angivna åtgärderna till skydd mot brandspridning mellan småhus kan dock inte alltid förutsättas vara tillräckliga utan hjälp av räddningstjänsten, undantagsfall kan förekomma. Gränsfallet för om risk för brandspridning mellan byggnader kan anses föreligga, när schablonmetoden, tillämpas kan vara valet av kritisk strålningsnivå.

Skydd mot brandspridning mellan småhus (EI 60) <i>Kombination av ytterväggar och skyddsavstånd</i>			
Utförande av mot varandra vettande ytterväggar	Minsta inbördes avstånd (m) vid insatstid (min)		
	>20	≤20	≤10
EI 60 (inkl. dörrar) utan fönsteröppningar - gäller endera väggen	-	-	-
EI 30 (inkl. dörrar) utan fönsteröppningar	-	-	-
EI 30 (inkl. dörrar) med högst 1,0 m ² fönsterarea	4,0	2,0	2,0
EI 30 med högst 4,0 m ² fönsterarea	6,0	5,0	4,5
EI 30 (inkl. dörrar) utan begränsning av fönsterarean	8,0	6,5	5,0

Enligt statistik är brandspridning mellan byggnader idag inget vanligt förekommande problem vid bränder i byggnader i Sverige. Småhusbyggandet i landet har under de senaste åren varit på uppgång, varför man inte kan bortse från att problematiken med brandspridning kan komma att uppstå i framtiden. Till dagens byggregler finns en rad åtgärder som behöver vidtas för att säkrare brandskyddsprojektering av avståndsbedömning ska kunna ske, främst i form av ökad verifierbarhet för såväl förenklad som analytisk dimensionering. Verifierbarhet av förenklad dimensionering kan ökas genom att till byggreglerna ge exempel på godkända accepterade lösningar, exempelvis schablonmetoden enligt tabellen ovan men i mer nyanserad form med tydligare designkriterier. För analytisk dimensionering behöver såväl lämpliga indata som metoder tas fram för; brandbelastning i brandcellen; temperatur vid fullt utvecklad

brand; strålning från utvändiga flammor; byggnaders storlek och våningsantal; definition av oskyddad yta; värde för kritisk strålningsnivå; vindens påverkan på utvändiga flammor.

Skall räddningstjänsten som tidsberoende resurs få förutsättas som del av en byggnads brandskydd bör, vid dimensionering, osäkerheter och tillförlitlighet m.m. beaktas utifrån ett riskperspektiv. För att kunna förutsätta räddningstjänsten som en del av det byggnadstekniska brandskyddet bör kriterier för hur räddningstjänsten ska redovisa sina resurser, inkluderat insatstider, inom detaljplanelagt område tas fram. I detta bör all information som kan utgöra en förutsättning för det byggnadstekniska brandskyddet redovisas. Begreppet insatstid bör tydligare definieras, i form av vilka resurser som förutsätts. Utökade brandskyddsåtgärder bör göras verifierbara i vad mån som krävs då räddningstjänstens insatstid är lång. Exempelvis bör fördelarna med automatiskt boendesprinklersystem lyftas fram.

Innehåll

Inledning	10
Syfte	10
Mål	11
Metod	11
Avgränsningar	11
Begränsningar	11
Definitioner	11
Disposition	11
Allmänt om brandspridning	12
Utfallande strålning	13
Emissivitet	13
Brandtemperatur	14
Flamtemperatur	15
Infallande strålning	16
Flammans geometri	16
Synfaktor	18
Kritisk strålningsnivå	20
Nationell lägesbild	23
Svenska byggregler	23
Revidering av byggreglerna	23
Reglerad räddningstjänst	26
Handbokslösningar	26
Tidigare byggregler	27
Statistik	28
Synpunkter från räddningstjänster	30
Avseende dagens byggregler	30
Avseende räddningstjänstens roll i framtida byggregler	31
Avseende utökade brandskyddsåtgärder	32
Avseende schablondimensionering	32
Internationell jämförelse	34
Sammanställning	34
Danmark	34
Finland	35
Norge	35
England och Wales	36
Övriga länder	36
Metod för avståndsbedömning	37
Brandförlopp	38
Brandbelastning	38
Öppningsfaktor	39
Brandcellsutformning	40
Strålningsförhållanden	40
Beräkningsmodell	40
Tillämpning	43
Begränsningar	44
Metodik	44

Beräkningar	45
Antaganden.....	45
Beräkningfall.....	46
Validitet	50
Slutsatser från beräkningar	50
Diskussion och slutsats	52
Framtida åtgärder.....	52
Förenklad dimensionering.....	53
Analytisk dimensionering	53
Räddningstjänstens roll i byggreglerna	54
Referenser.....	56
Skriftliga källor	56
Muntliga källor	58
Internetkällor.....	58
Bilaga A - Internationella byggregler	60
Danska byggregler	60
Brandspridning till byggnader på annan tomt	60
Finska byggregler.....	61
Brandspridning till närliggande byggnader.....	61
Norska byggregler.....	61
Brandspridning mellan byggverk	62
Engelska byggregler	62
Avstånd mellan byggnader	62
Bilaga B - Figurer till metod för avståndsbedömning.....	64
Bilaga C - Småhusstatistik.....	68
Nybyggnation	68
Bostadstyper	69

Inledning

Boverkets Byggregler (BBR) Avsnitt 5 Brandskydd genomgår en revidering som är planerad att slutföras 2010. Principer och ramar för revideringen har fastställts och en inledande förstudie har genomförts. I en rättsutredning har de juridiska ramarna för revideringen klargjorts, vilken har fastslagits att Boverket inte har formellt stöd för att reglera organisatoriska krav, såsom räddningstjänst. Förstudien pekar, förutom på att räddningstjänstens roll behöver ses över, också på att ökad verifierbarhet av de funktionsbaserade reglerna behövs.

Idag kan räddningstjänster enligt BBR vara en förutsättning för att byggnadens brandskydd ska nå upp till en miniminivå bl.a. i avseendet skydd mot brandspridning mellan byggnader. Ytterligare brandskyddsåtgärder, utöver de krav som specificeras i avsnitt 5 föreskrivs i de fall då räddningstjänsten inte kan förväntas ingripa inom normal insatstid och deras ingripande är en förutsättning för att brandspridning till närliggande byggnader ska kunna begränsas.

Vid utformning av skydd mot brandspridning beroende på avstånd mellan småhus är räddningstjänstens roll inte tydligt definierat. Detta eftersom det idag i handböcker en finns schablonmetod som tillämpas vid förenklad dimensionering, där avstånd mellan byggnader beror på räddningstjänstens insatstid. Metoden stöds idag inte uttryckligen av BBR. Schablonmetoden är dessutom gammal och de ursprungliga förutsättningarna till denna anges ej.

I Sverige finns det idag heller ingen nationellt accepterad metod för brandteknisk analytisk dimensionering i avseendet brandspridning mellan småhus med utformning beroende på avstånd.

Syfte

Med bakgrund av att byggreglerna i avseendet skydd mot brandspridning mellan småhus idag är baserade på normativa bestämmelser där ingen bakgrund ges syftar denna rapport till att klargöra vilka parametrar och metoder som de normativa bestämmelserna baseras på samt verifierbarheten av dessa vid brandteknisk dimensionering. Utifrån bakgrunden i

ovanstående inledning syftar rapporten också till att studera räddningstjänstens roll i dessa bestämmelser.

Mål

Målet med rapporten är att klargöra hur verifierbarheten av byggreglerna, i avseendet skydd mot brandspridning mellan småhus med utformning beroende på avstånd, kan ökas. Som första delmål i att uppnå huvudmålet avses att studera de bakomliggande parametrarna som påverkar brandspridning mellan småhus. Därefter att, som andra delmål, utvärdera dagens situation i Sverige i avseendet brandspridning mellan småhus och göra en internationell jämförelse. Som tredje och sista delmål avses att presentera och tillämpa en i Sverige vedertagen metod för avståndsbedömning mellan småhus. Det huvudsakliga målet uppnås därefter genom att dra slutsatser utifrån delmålen.

Metod

Målet med rapporten uppnås genom omfattande litteraturstudier, samtal med diverse aktörer och organisationer, analys av statistik samt beräkningar.

Avgränsningar

Rapporten inriktas främst på BVF § 4 pkt 4 samt avsnitt 5:1 och 5:71-5:72 i BBR, dvs. skydd mot brandspridning mellan byggnader allmänt samt utformning beroende på avstånd mellan byggnader beaktas endast.

Begränsningar

Då projektet har genomförts en kortare period förlagd under semestertider har detta medfört begränsningar i kontakter med relevanta aktörer och organisationer. Tidsbegränsningen har också medfört att rapporten är begränsad i omfång. För vidare läsning hänvisas därför till referenser.

Definitioner

Följande benämning på småhus används i rapporten i enlighet med tekniska nomenklaturcentralens (TNC) plan- och byggtermer.

Småhus – bostadshus som innehåller högst två bostadslägenheter. (TNC, 1994). För eventuella övriga benämningar hänvisas till ovan nämnda TNC-definitioner.

Disposition

Rapporten inleds med ett teoriskt kapitel om brandspridning. Därefter behandlas dagens situation i Sverige avseende regelverk och tillämpning vilket följs upp av en internationell jämförelse. En vedertagen metod för avståndsbedömning presenteras och tillämpas sedan. Slutligen dras slutsatser och utifrån dessa förs en diskussion.

Allmänt om brandspridning

Brandspridning mellan byggnader kan ske på flera sätt, genom:

- Direkt kontakt mellan flammor och den närliggande byggnadens brännbara material
- Konvektiv värmeöverföring från varma gaser
- Flygbränder (gnistor)
- Strålning från öppningar och från flammor utanför fasaden
- Strålning från flammorna vid takgenombränning

Av dessa faktorer utgör strålning i kombination med flygbränder den farligaste situationen och vanligaste orsaken till brandspridning mellan byggnader. Vid närvaro av en tändkälla krävs betydligt lägre värmestrålning för att antända närliggande byggnads brännbara material, se vidare *Kritisk strålningsnivå* nedan. Detta återspeglas i utformningen av brandskyddsåtgärder för att begränsa risken för brandspridning, eftersom samtliga åtgärder syftar till att begränsa strålningsintensiteten på närbelägna byggnader. Det finns flera möjligheter att reducera risken för spridning av brand mellan byggnader i form av att begränsa eller minska strålningsintensiteten genom att:

- Begränsa brandens omfattning
- Begränsa eller minska strålningsarean
- Begränsa brandbenägenheten samt storlek hos exponerade fasadytor
- Garantera tillräckliga avstånd mellan byggnader

Omfattningen på branden kan begränsas genom sektionering av byggnaden, anordnande av brandgasventilation, installation av automatisk vattensprinkleranläggning eller en kombination av dessa åtgärder. En brand bryter nästan alltid ut genom fönstren i fasaden. Således är fönsterarean i brandcellen samt de ytor som utvändiga flammor upptar också avgörande för strålningen. Om fasaden är av brännbart material måste även dennas area ovan fönstret med utvändiga flammor räknas in i strålningsarean. Utformningen av tak och/eller takytor kan också hindra brandspridningen. (Brandskyddslaget 2005. Brandskyddslaget 1994)

Vid beräkning av strålningsintensiteten på ett visst avstånd söks den punkt på mottagarytan där högsta värdet kan förväntas. Denna punkt blir sedermera dimensionerande för avståndet mellan byggnaderna. För att vid brandteknisk dimensionering kunna bedöma riskerna för spridning av brand via strålningsvärme måste lämpliga teoretiska beräkningsmodeller användas, vilket beskrivs närmare nedan.

Utfallande strålning

Strålning utfaller dels från brandhärden genom fönster och dels från utvändiga flammor. För båda fallen kan värmeflödet emitterat per tidsenhet från en ytenhet hos en kropp med viss temperatur uttryckas enligt:

$$E = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad [W/m^2] \quad (\text{Ekvation 1})$$

där:

ε = emissionstalet

σ = Stefan-Boltzmanns konstant $[= 5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4]$

T = absolut temperatur $[K]$

(Brandskyddslaget, 2005)

Temperaturen har, enligt Ekvation 1, stor inverkan på emitterade energin.

Emissivitet

Emissivitet är ett mått på ytans effektivitet som strålningskälla. Emissionstalet, med värdet mellan 0 och 1, uttrycker andelen av energin som emitteras från ytan. Som approximation, för att vara på den säkra sidan, uppskattas ofta emissiviteten för fullt utvecklade rumsbränder till värdet 1. (Brandskyddslaget, 2005)

För flammor beror emissiviteten på flammans tjocklek och sotinnehåll. Emissiviteten för flammor kan bestämmas enligt funktionen:

$$\varepsilon = 1 - e^{-\alpha \cdot d} \quad (\text{Ekvation 2})$$

där:

α = flammans absorptionskoefficient

d = flammans djup $[m]$

(Brandskyddslaget, 2005)

Absorptionskoefficienten är en konstant som beror på typen av bränsle. För flammor ut genom fönster kan denna, enligt SS-EN 1991-1-2 anges värdet 0,3. Variationen av fönsterflammans emissionstal med flamttjockleken blir då enligt Figur 6 på sidan 43.

Det finns också uppmätta värden från fullskaleförsök för emissionsstalets tillväxt under ett brandförlopp för strålning genom fönster och från utvändiga flammor, vilket behandlas i kapitel *Metod för avståndsbedömning*.

Brandtemperatur

Eftersom temperaturen vid den fullt utvecklade branden har stor påverkan på emitterade energin och således påverkar avstånden mellan byggnader är det en viktig parameter att fastställa vid brandskyddsteknisk dimensionering.

En brand kan vara bränsle- eller ventilationskontrollerad. Om branden är bränslekontrollerad finns det god tillgång till syre men inte tillräckligt med bränsle, medan om branden är ventilationskontrollerad är förhållandet det motsatta. I vanliga rumsgeometrier begränsas den fullt utvecklade brandens effektutveckling främst av storleken på de tilluftsöppningar som finns till rummet, dvs. branden blir ventilationskontrollerad. Vid en ventilationskontrollerad brand beror temperaturen på arean av fönsteröppningarna och dess höjd, den s.k. öppningsfaktorn, se vidare kapitel *Metod för avståndsbedömning*.

Den högsta temperaturen som erhållits i test av rumsbränder är cirka 1100°C, vilket motsvarar en strålningsintensitet på cirka 170 kW/m². Vid dimensionering av avstånd mellan byggnader används ofta denna flamtemperatur och strålningsintensitet. Vid bränder med relativt liten brandbelastning (<25 kW/m²) har temperatur på cirka 800°C uppmätts, motsvarande cirka 85 kW/m². (Carlsson, 1999).

Det finns flera metoder för att förutsäga temperaturen vid en fullt utvecklad brand. I huvudsak tas dessa metoder fram på tre olika sätt:

- Handberäkningar
- Temperatur-tidkurvor
- Parametriska ekvationer

Handberäkningar är en grov metod som endast ska användas i enkla fall eftersom temperaturen i beräkningarna antas vara ett konstant medelvärde genom hela brandförloppet. Exempelvis finns det ett empiriskt uttryck för maximala temperaturen, framtaget av Law. (Brandskyddslaget, 2005. Carlsson, 1999) Metoden av Law används också i SS-EN 1991-1-2 för att bestämma temperaturen i brandrummet då påtvingad ventilation ej förekommer, enligt:

$$T_{\max} = T_0 + \frac{6000 \cdot (1 - e^{-0,1\Omega})}{\sqrt{\Omega}} \cdot (1 - e^{-0,05\Psi}) \quad [K] \quad (\text{Ekvation 3})$$

där:

$$T_0 = \text{begynnelsestemperatur} [= 293K]$$

$$\Omega = \frac{A_{\text{tot}} - A}{A \cdot \sqrt{h}} \quad [m^{-1/2}] \quad (\text{Ekvation 4})$$

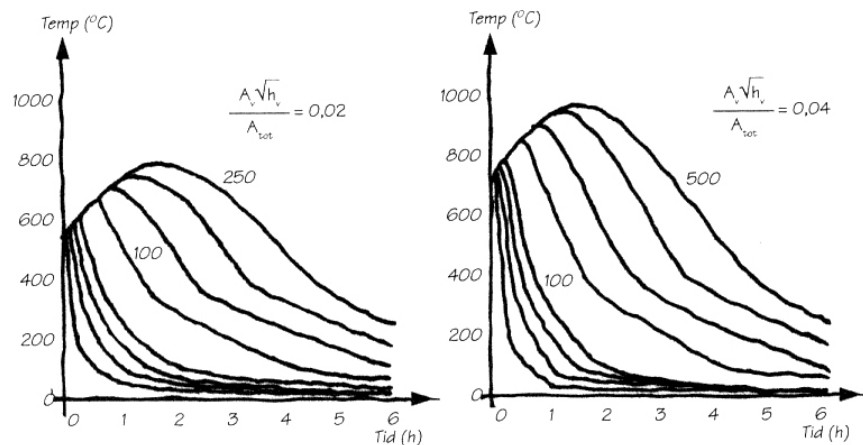
$$\Psi = \frac{M}{(A \cdot (A_{\text{tot}} - A))^{1/2}} \quad [kg/m^2] \quad (\text{Ekvation 5})$$

M = total brandbelastning [kg]
(SIS, 2002)

För att uppskatta temperaturen vid den fullt utvecklade rumsbranden är den mest utredda metoden temperatur-tidkurvor. Sådana kurvor har tagits

fram av Magnusson-Thelandersson. Dessa är baserade på brandbelastning, öppningsfaktorer och utformning av brandceller, vilket behandlas vidare i kapitel *Metod för avståndsbedömning*. Kurvorna utvecklades sedan vidare av Pettersson för att kunna tillämpas vid ingenjörsmässig brandteknisk dimensionering av stålkonstruktioner, exempel kan ses i Figur 1. (Pettersson, 1974) Dessa temperatur-tidkurvor kom att refereras som de "svenska brandkurvorna".

Figur 1. Pettersson utvecklade temperatur-tidkurvor enligt Magnusson-Thelanderssons metod. (Brandskyddslaget, 2005)



Parametriska ekvationer kan användas för att interpolera mellan temperatur-tidkurvor för alla kombinationer av värden på brandbelastning, öppningsfaktorer och ytskikt (Brandskyddslaget, 2005).

Vid provningsmetoder för bärande konstruktion används standardbranden enligt ISO standard 834 eller motsvarande. Detta är ett överenskommet temperatur-tidförlopp som inte tar hänsyn till de faktorer som påverkar ett verkligt brandförlopp. Varaktigheten är inte densamma och temperatur-kurvan avtar aldrig. Standardbranden uttrycks enligt:

$$T = T_0 + 345 \log_{10}(8 \cdot t + 1) \quad [K] \quad (\text{Ekvation 6})$$

där:

$$t = \text{tid} [\text{min}]$$

(SIS, 2002)

Flamtemperatur

Enligt experiment varierar temperaturen i flammans mitt mellan 700°C och 1200°C och dess topp mellan 500°C och 600°C. För att vara på en säkra sidan vid beräkning av strålningen anges flammen ovan fönstret därför ofta vara mellan 800°C och 900°C. (Brandskyddslaget, 2005)

För mer detaljerad beräkning av strålningen från flammen kan, enligt SS-EN 1991-1-2, denna delas upp i flera segment och temperaturen beräknas i olika punkter längst centrumlinjen. Flamtemperaturen antas vara

likformig över flammans bredd och tjocklek. Temperatur längst centrumlinjen av flamman utan påtvingad ventilation beräknas då enligt:

$$T_z = (T_w - T_0) \left(1 - 0,4725 (L_x \cdot w / \dot{Q}) \right) + T_0 \quad [K] \quad (\text{Ekvation 7})$$

där:

$$T_w = \text{flamtemperatur vid fönster} \quad [K]$$

$$= 520 / \left(1 - 0,4725 (L_f \cdot w / \dot{Q}) \right) + T_0 \quad (\text{Ekvation 8})$$

L_f = flamlängden längs dess centrumlinje $[m]$

L_x = centrumlinjens längd från fönster till den punkt för vilken beräkningen genomförs $[m]$

w = summan av bredden på alla fönster i alla väggar $[m]$

$\dot{Q}$ = värmeutveckling från branden $[kW]$

Temperatur längst centrumlinjen av flamman med påtvingad ventilation beräknas enligt:

$$T_z = \left(1 - 0,3325 \frac{L_x \cdot A^{1/2}}{\dot{Q}} \right) (T_w - T_0) + T_0 \quad [K] \quad (\text{Ekvation 9})$$

där:

$$T_w = 520 / \left(1 - 0,3325 \cdot L_f \cdot A^{1/2} / \dot{Q} \right) + T_0 \quad [K] \quad (\text{Ekvation 10})$$

(SIS, 2002)

Infallande strålning

En brand bryter nästan alltid ut genom fönster i fasaden (Brandskyddslaget, 2005). Strålningsareans storlek avgörs således av fönsterarean inom brandcellen samt de ytor som utvändiga flammor upptar. Om fasaden är av brännbart material kommer denna eventuellt delta i branden och måste därför ingå tillsammans med fönsterarean i den sammanlagda strålningsarean. Enligt SS-EN 1991-1-2 ska alla partier i fasaden, som inte har brandmotstånd motsvarande brandteknisk klass REI räknas in i definitionen fönsteröppning.

Strålningsintensiteten en yta utsätts för påverkas också av dess placering i förhållande till branden, den s.k. synfaktorn.

Dessa faktorer, som påverkar den infallande strålningen, beskrivs mer utförligt nedan.

Flammans geometri

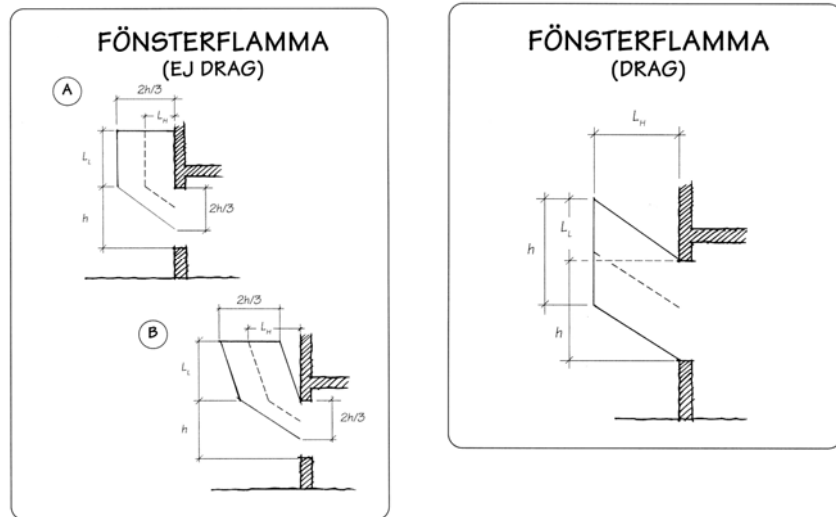
Vid en fullt utvecklad brand i en brandcell föreligger risk för brandspridning till närliggande byggnader genom att flammor tränger ut genom öppningar. Utöver strålning från fönsteröppningen emitteras även strålning från den externa flaman ovanför fönsteröppningen. Detta tillskott av strålning kan beräknas genom att den externa flammans höjd ovan fönstrets ovkant uppskattas.

Utseendet på flammor ut genom fönster, dvs. höjd, bredd, tjocklek och lutning, beror bl.a. på vind, vinddrag i brandcellen, öppningens utformning samt avgiven brandeffekt i brandrummet, se Figur 2.

Flammor från en öppning bör, enligt SS-EN 1991-1-2, antas slå ut ur brandcellen vinkelrätt mot fasaden eller med en avvikelse på 45° pga. vind.

Brandens och flammans egenskaper påverkas av om det är vinddrag genom rummet, s.k. påtvingad ventilation, dvs. om där finns fönster på motsatta sidor, vilket kan ses i Figur 2. Smala och höga öppningar orsakar i regel längre flammor med skarp lutning ifrån fasaden. Korta flammor tätt intill fasaden orsakas av låga och breda öppningar. (Brandskyddslaget, 1994)

Figur 2. Flamstorlek och utseende utan respektive med påtvingad ventilation. (Brandskyddslaget, 2005)



För fönsterflamma där vinddrag ej förekommer antas flammans bredd vara densamma som fönsteröppningens och flamtjockleken antas vara lika med 2/3 av fönsterhöjden. Flamhöjden ovan fönstret ovankant ges, då påtvingad ventilation ej förekommer, av sambandet:

$$L_L = h \left(2,37 \left(\frac{\dot{Q}}{A \cdot \rho_g \cdot (h \cdot g)^{1/2}} \right)^{2/3} - 1 \right) [m] \quad (\text{Ekvation 11})$$

där:

ρ_g = gasdensitet (kan vid ca 500 °C antas till 0,45) $[kg/m^3]$

g = gravitationskonstant $[= 9,81 m^2/s]$

Då drag genom brandrummet föreligger måste flammans samtliga dimensioner beräknas utifrån rådande förutsättningar. Flamhöjden ovan fönstret ovankant ges, då påtvingad ventilation föreligger, av sambandet:

$$L_L = \left(1,366 \left(\frac{1}{u} \right)^{0,43} \cdot \frac{\dot{Q}}{(A)^{1/2}} \right) - h \quad [m] \quad (\text{Ekvation 12})$$

där:

$$u = \text{vindhastighet} \quad [m/s]$$

Som kan ses i ekvationerna påverkas flammans höjd av avgiven brandeffekt/värmeutveckling i brandrummet. Brandeffekten i brandrummet kan uppskattas, med samma samband med och utan påtvingad ventilation, enligt:

$$\dot{Q} = \frac{A_f \cdot q_{fd}}{\tau_f} \quad [kW] \quad (\text{Ekvation 13})$$

där:

$$A_f = \text{golvyta i brandcellen} \quad [m^2]$$

$$q_{fd} = \text{brandbelastning per golvyta} \quad [kJ/m^2]$$

τ_f = antagen tid för brandens varaktighet (antas enligt SS-EN 1991-1-2 vara 1200) [s]
(SIS, 2002)

Enligt tidigare, vanligt förekommande, metoder för att beräkna flamhöjden ovan fönstrets ovankant, var förbränningshastigheten en påverkande faktor enligt:

$$L_L = 12,8 \cdot \left(\frac{R}{w} \right)^{2/3} - h \quad [m] \quad (\text{Ekvation 14})$$

där:

$$R = \text{förbränningshastighet} \quad [kg / s]$$

Detta samband är giltigt för vindstilla förhållanden och brandbelastning med förbränningsegenskaper liknande trämaterial. Allt bränsle förutsätts dessutom förbrännas inne i brandrummet. Sambandet förlorar sin giltighet om bränsleytan är stor och förbränning sker snabbare eller om bränslet består av icke cellulosa material. I dessa fall uppträder betydlig längre flammor utanför brandrummet, eftersom oförbrända brandgaser strömmar ut genom öppningarna och där förbränns. Sambandet måste således korrigeras utifrån detta. (Brandskyddslaget, 1994)

I tester utförda av Fredlund m.fl. kunde observeras att den utvändiga flamman hade något annorlunda form än vad teoretiska modeller visar, se vidare kapitel *Metod för avståndsbedömning*.

Synfaktor

Strålning sprids i alla riktningar från strålningskällan och strålningsvärmens minskar kraftigt med avståndet. Eftersom energin fördelas på alla ytenheter betyder det att mot en punkt eller yta längre bort från strålningskällan faller endast en begränsad mängd energi, dvs. endast en

bråkdel av totala emitterade energin. (Brandskyddslaget, 2005) Denna, Ekvation 1, är proportionell mot en s.k. synfaktor som anger hur stor andel av den värme som lämnar en given värmestrålande yta och upptas av en given mottagande yta. Synfaktorer för olika konfigurationer mellan den emitterande och den mottagande ytan eller punkten kan bestämmas med hjälp av beräkning, tabeller eller diagram. Den kan bestämmas genom kunskap om storleken av den värmestrålande ytan, dvs. fönstrets och utvändiga flammans geometri, samt den värmeupptagande ytans avstånd och orientering gentemot den värmestrålande ytan. (SIS, 2002)

Enligt SS-EN 1991-1-2 kan alla strålningsytor antas vara rektangulära när man bestämmer temperaturen i utvändiga konstruktionsdelar. Detta är en relativt god approximation i de fall då fönsteröppningarnas bredd- och höjdmått högst uppgår till vissa värden i förhållande till avståndet mellan närbelägna hus. Vid beräkning av synfaktorn måste hänsyn tas till varje enskild emitterande yta, den s.k. additionslagen. För beräkning av avstånd mellan byggnader används ofta den maximala synfaktorn som finns framräknade. (Fredlund, 1977)

Kritisk strålningsnivå

Avgörande för om och när en byggnad kommer antändas pga. strålning beror på antändningskriterier och fysiska egenskaper hos fasadmaterialet.

Mottagarytan värms upp av den strålning som absorberas.

Värmeupptagningsförmågan (kpc), som beror på värmeledningsförmåga, densiteten och specifik värmekapacitet, avgör hur snabbt materialet värms upp. Ytan hos ett material med låg värmeupptagningsförmåga värms upp snabbt, medan det hos ett material med högt kpc-värde sker långsamt. (Karlsson, 2000) Exempelvis har träfiberskivor ett kpc-värde på ungefär $32\,000\text{ W}^2\text{s/m}^4\text{K}^2$ medan en spånskiva har nästan fyra gånger så högt kpc-värde, $120\,000\text{ W}^2\text{s/m}^4\text{K}^2$ (SRV, 1998). Även materialets fuktinnehåll påverkar uppvärmningen, mer fukt ger långsammare uppvärmning.

Hos ett brännbart material orsakar uppvärmningen en termisk nedbrytning av materialet och brännbara gaser avges. Då dessa pyrolyserade gaser uppnår en koncentration och temperatur inom ett visst intervall kan antändning inträffa. För detta krävs att kritisk strålningsnivå uppnås och att materialet utsatts för strålning under en viss tid. Varje brännbart material har en kritisk strålningsnivå där antändning sker spontant utan tändkälla. Det finns även en kritisk strålningsnivå när antändning kan ske med hjälp av tändkälla. Mycket högre strålningsintensitet krävs för spontan antändning. Drysdale (2004) anger exempelvis att trä kan antändas vid 12 kW/m^2 med tändkälla och spontant först vid 28 kW/m^2 .

Skyddsavstånd mellan byggnader bedöms utifrån att närliggande fasad inte får antända pga. infallande strålningsvärme. Eftersom tändkällor finns närvarande vid en brandsituation måste värdet för kritisk strålningsnivå med tändkälla beaktas vid avståndsbedömning. Ett vanligt förekommande värde på kritiska strålningsnivån i internationella byggregler är cirka $12,5\text{ kW/m}^2$, baserat på att detta är det lägsta värdet vid vilket torrt trä kan antända med tändkälla. Det finns material som antänder vid lägre strålningsnivåer men detta bortses från eftersom sådana material sällan förekommer i byggnaders fasader.

Clark redogör i sin rapport om tester i avseende kritisk strålningsnivå genomförda av Law 1963. Det är utifrån dessa tester som bl.a. engelska och nya zeeländska byggregler baserat sin angivna kritiska strålningsintensitet. Law redogör för att ugnstorkat trä endast antänder vid strålningsintensitet över $12,6\text{ kW/m}^2$ och anser därför att detta värde är på den säkra sidan eftersom trä som exteriör alltid innehåller lite fukt. (Clark, 1998)

Den Nordiska industrigruppen gjorde 1975 en serie tester, i såväl laboratorier som fullskala, där kritiska strålningsnivåer för målat och omålat trä mättes. Från resultaten av testerna, i Tabell 1, kunde slutsatsen dras att det krävs högre strålningsintensitet för antändning vid fullskaletest i jämförelse med laboratorietest. I laboratorietesten erhöles en kritisk strålningsnivå på 15 kW/m^2 för målad träyta vilket sedermera är föreskrivet i svenska byggreglerna.

Tabell 1. (Nordiska industrigruppen, 1975)

Strålningsnivå med tändkälla som orsakar antändning	Omålad träyta	Målad träyta
<i>Fullskaletest</i>	18-19 kW/m ²	26-30 kW/m ²
<i>Laboratorietest</i>	10 kW/m ²	15 kW/m ²

Fönster kan dock förstöras redan om den infallande strålningen överskrider 10 kW/m² och möbler nära detta fönster kan antändas vid cirka 13 kW/m² vid långvarig exponering. Normalt bortser man från detta vid beräkning av brandspridning mellan byggnader och förutsätter istället räddningstjänstens ingripande. (Brandskyddslaget, 2005)

Nationell lägesbild

För att ge en bild av den nationella lägesbilden i avseendet brandspridning mellan småhus presenteras i detta kapitel svenska regelverk, tillämpning, räddningstjänstens roll och statistik.

Svenska byggregler

Reglerna i lagen (1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m., BVL, förordningen (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m., BVF, och Boverkets byggregler, BBR, (BFS 1993:57 med ändringar tom BFS 2008:6) är samhällets minimikrav på byggnader bl.a. vad gäller brandskydd.

Enligt lagen, BVL, 2 § ska byggnadsverk som uppförs eller ändras ska under ekonomiskt rimlig livslängd uppfylla väsentliga tekniska egenskapskrav i fråga om säkerhet i händelse av brand. Vidare i förordningen, BVF, 4 § pkt 4 finns skrivet att byggnadsverk vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas. I byggreglerna, BBR 2008, ges sedan ytterligare föreskrifter och allmänna råd om brandskydd i avsnitt 5. Skydd mot brandspridning mellan byggnader behandlas i avsnitt 5:7. Utöver föreskrifterna i avsnitt 5:7 berörs också brandspridning mellan byggnader i det allmänt inledande avsnitt 5:1. (Boverket, 2008a) I Tabell 2 återfinns en sammanfattning av de delar i BBR som allmänt behandlar skydd mot brandspridning mellan byggnader och utformning beroende av avstånd mellan byggnader, då i synnerhet för småhus.

Revidering av byggreglerna

Brandskyddsreglerna, avsnitt 5, i BBR genomgår en revidering som är planerad att slutföras under 2010. Principer och ramar för revideringen har fastställts och en inledande förstudie har genomförts. I förstudien föreslås åtgärder gällande struktur, verifierbarhet, riskbaserad dimensionering och räddningstjänstens roll i byggreglerna. (Bengt Dahlgen AB, 2006)

I en rättsutredning i samband med revideringen har det fastslagits att Boverket inte har formellt stöd för att reglera organisatoriska krav, såsom räddningstjänst, i byggreglerna. Detta eftersom räddningstjänsten idag inte är reglerad och således är en osäker resurs, se vidare *Reglerad räddningstjänst* nedan. För att kunna förutsätta räddningstjänsten som en del av det byggnadstekniska brandskyddet måste det antingen regleras nationellt eller lokalt. (Boverket, 2007)

I revideringsarbetet har rådande problematik kring föreskrifterna lyfts fram och förslag på ny utformning har börjat utarbetas. Delar av detta presenteras som kommentarer till föreskrifterna i Tabell 2.

Tabell 2.

Delar av föreskrifter i BBR (Boverket, 2008a)	Kommentarer
I 5:1 föreskrivs att ytterligare brandskyddsåtgärder, utöver de krav som anges i avsnitt 5, kan krävas i de fall då räddningstjänsten inte kan förväntas ingripa inom normal insatstid och deras ingripande är en förutsättning för att brandspridning till närliggande byggnader ska kunna begränsas.	<i>De ytterligare brandskyddsåtgärder som föreskrivs för längre insatstid är ej verifierbara.</i> <i>Problem med denna föreskrift föreligger i och med att räddningstjänsten är en osäker resurs eftersom den idag inte är reglerad.</i> <i>Räddningstjänstens roll i BBR utreds i pågående revidering av reglerna. Förslag föreligger att ny föreskrift ska införas om tillgodoräknande av räddningstjänstens insats, där det ska framgå att räddningstjänstens insats normalt inte utgör en del av byggnadstekniska brandskyddet. Till nya föreskriften föreslås allmänt råd om att räddningstjänstens insats endast får utgöra del av skyddet, under normal insatstid, för brandspridning mellan småhus, under förutsättning att ansvar över att krav upprätthålls fastställs.</i>
I 5:71 Allmänt ges ett <i>allmänt råd</i> att brandspridning bör försväras genom strålningsbegränsning, vilket kan åstadkommas genom att; uppföra byggnader på ett tillräckligt avstånd från varandra; oskyddade byggnadsdelars storlek begränsas; brandbenägenheten hos exponerade fasader begränsas; brandens omfattning begränsas genom anordnande av brandgasventilation eller installation av automatisk vattensprinkleranläggning. Råd ges också om att brandspridning dessutom bör begränsas genom utformningen av tak och/eller takytor eller genom sektionering av byggnader så att räddningstjänsten lättare kan förhindra brandspridning.	<i>Bakomliggande syftet att begränsa egendoms- och samhällskostnader som följd av brand lyfts inte fram i föreskriften.</i> <i>Räddningstjänstens roll i att förhindra brandspridning är i föreskriften ej tydligt definierat.</i> <i>Utifrån föreskrivna åtgärder för att försvåra brandspridning kan de ytterligare brandskyddsåtgärder som föreskrivs i 5:1 göras verifierbart.</i>

I 5:72 Utformning beroende på avstånd mellan byggnader föreskrivs att Inga krav föreligger om avståndet till byggnader blir minst 8,0 meter. Om byggnader uppförs närmare gränsen mot en granntomt än 4,0 meter, ska dessa utformas så att risken för brandspridning till byggnader på granntomten begränsas. Brandspridning ska försvåras genom att strålningsnivån på grannbyggnader blir låg vid brand och att flammorna från brinnande byggnader inte når grannbyggnader. Brandskyddet får utgöras av brandtekniskt avskiljande konstruktioner, skyddsavstånd eller en kombination därav. För byggnader i tomtgräns ska brandskyddet utgöras enbart av brandtekniskt avskiljande konstruktion.

Som *allmänt råd* ges att för byggnader med högst två våningsplan och som endast innehåller bostäder eller kontorslokaler kan föreskrifterna i 5:721 tillämpas.

Vidare råd ges om att när en byggnad förväntas påverkas av strålning från flammor bör strålningsnivån understiga 15 kW/m^2 i minst 30 minuter. Med ledning av fasadyornas utformning och material kan alternativa strålningsnivåer bestämmas.

Till denna föreskrift finns ingen uttryckt accepterad metod för brandteknisk dimensionering. Föreskriften baseras på normativa bestämmelser där ingen bakgrund eller förutsättningar ges.

I föreskriften framgår inte om det kan finnas exteriöra material kan antända vid lägre kritisk strålningsnivå än föreskriven. Dessutom saknas utökade kriterier, s.k. alternativa strålningsnivåer, för material med högra nivåer.

I 5:721 föreskrivs att bostadslägenheter i småhus ska avskiljas inbördes så att brandspridning förhindras i minst 60 minuter.

Som *allmänt råd* ges att avskiljande konstruktioner i lägst klass EI 60 uppfyller föreskriftens krav. Även ej sammanbyggda bostadslägenheter, med ett minsta avstånd av 2,0 meter och med acceptabel strålningsnivå mot intilliggande byggnaders ytor uppfyller föreskriftens krav. Om det finns risk för brandspridning mellan småhus bör dessa delas in grupper, avskilda av brandväggar i lägst brandteknisk klass REI 60-M. Grupperna bör inte överstiga 600 m^2 eller 800 m^2 för en- respektive tvåvåningsbyggnader.

I denna föreskrift är det oklart om räddningstjänsten är en dold förutsättning för att brandspridning ska förhindras. Detta eftersom det i handböcker finns en schablonmetod där avstånd mellan småhus beror på räddningstjänstens insatstid. Ursprungliga förutsättningar för denna metod anges ej.

Oklarhet råder om hur man genom brandteknisk dimensionering verifierar om det föreligger risk för brandspridning mellan småhus, enligt kommentarer till föreskrift 5:72.

Reglerad räddningstjänst

Enligt tidigare, idag upphävda, Räddningstjänstlagen (1986:1102) skulle det för varje kommun finnas en räddningstjänstplan som redovisade hur räddningstjänsten skulle vara planerad och organiserad inom kommunen. I ett meddelande från Räddningsverket (1995) gavs allmänna råd och kommentarer om den kommunala räddningstjänstplanen i syfte att underlätta kommunernas arbete vid upprättande och revidering av planen. Räddningstjänstplanen skulle bl.a. innehålla uppgifter om räddningsskårens organisation i stora drag, insatstider till kommunens olika delar samt det lägsta antal befäl och övrig personal som skulle finnas i första utryckningen i styrkorna. I allmänna råden gavs lämpliga insatstider för bebyggelse, där dess karaktär utgjorde en grund för val av ambitionsnivå för insatstiderna. Byggnadsbeståndet delades in i tre grupper, I, II respektive III, där insatstiderna borde understiga 10 minuter, 20 minuter respektive 30 minuter. Småhus ingick i grupp II bebyggelse, dvs. med insatstid under 20 minuter.

Den gällande Lag om skydd mot olyckor (2003:778), LSO, har gett räddningstjänsterna större frihet att inventera och planlägga sina räddningsresurser. Inga formella krav ställs på redovisning av insatstider i kommunernas handlingsprogram för räddningstjänst. Trots att LSO inte ställer krav på redovisning av begreppet insatstid har Boverket i BBR valt att definiera normal insatstid till 10 minuter och 20 minuter för friliggande flerfamiljshus i högst tre våningar (Boverket, 2008a). Detta görs i enlighet med ovannämnda, upphävda, meddelande från Räddningsverket. Föreskrifterna har således inte anpassats utifrån nya lagstiftningen LSO utan dagens avsnitt i BBR berör räddningstjänstens roll i det byggnadstekniska brandskyddet från tidigare räddningstjänstlagen.

Handbokslösningar

I ett antal, ej av Boverket utgivna, handböcker finns idag en tabell som används som schablonmetod för skydd mot brandspridning mellan småhus, se Tabell 3 nedan (Brandskyddslaget 2005. SBF, 2006).

Tabell 3. (Brandskyddslaget, 2005. SBF, 2006)

Skydd mot brandspridning mellan småhus (EI 60) <i>Kombination av ytterväggar och skyddsavstånd</i>			
Utförande av mot varandra vettande ytterväggar	Minsta inbördes avstånd (m) vid insatstid (min)		
	>20	≤20	≤10
EI 60 (inkl. dörrar) utan fönsteröppningar - gäller endera väggen	-	-	-
EI 30 (inkl. dörrar) utan fönsteröppningar	-	-	-
EI 30 (inkl. dörrar) med högst 1,0 m ² fönsterarea	4,0	2,0	2,0
EI 30 med högst 4,0 m ² fönsterarea	6,0	5,0	4,5
EI 30 (inkl. dörrar) utan begränsning av fönsterarean	8,0	6,5	5,0

Schablonmetod innebär dimensionering utifrån funktionsbaserade föreskrifter med generella metoder som ger en rimlig säkerhetsnivå för ett flertal problem. I metoden används tabeller etc. som kan vara erfarenhetsbaserade. Metoden är enkel att verifiera och medger liten variation men graden av kontroll är liten. Det är viktigt att anvisningarna i schablonmetoden följs exakt, annars krävs att verifiering sker genom provning eller beräkning. (Frantzich, 1997)

Tidigare byggregler

Boverkets tidigare regler, innan BBR, var Nybyggnadsregler, NR (Boverket 1983). Dessförinnan gällde Svensk byggnorm, SBN 1980 (Statens planverk, 1983a).

I NR behandlades brandspridning mellan byggnader i avsnitt 8.3 där föreskrifter om småhus fanns i 8.31. I SBN 1980 fanns brandskydd under kapitel 37, där skydd mot brandspridning mellan byggnader föreskrevs i 37:43. Där ingick skydd mot brandspridning mellan småhus i 37:435.

De handbokslösningar som idag finns om skydd mot brandspridning mellan småhus, enligt Tabell 3, har sitt ursprung i ett förslag till riktlinjer för brandtekniska byggnadsbestämmelser för enfamiljshus som antogs av Nordiska kommittén för byggbestämmelser (NKB) 1975, enligt Tabell 4 nedan. Riktlinjerna baserades på erfarenheter från de gångna årens bränder.

Tabell 4. (NKB, 1975)

Riktlinjer för brandtekniska byggnadsbestämmelser för enfamiljshus

4.2 I ytterväggar på friliggande enfamiljshus får fönster, dörrar och liknande inte placeras om avstånd till tomtgräns är mindre än 4,0 meter (* 2,5 meter). Vid mindre avstånd, dock ej mindre än 2,0 meter (* 1,0 meter) kan tillåtas ett enkelt fönster etc. på högst 0,2 m² i varje rum, som i ex badrum, dock högst totalt 1,0 m².

*De i () angivna avstånden gäller i områden där brandkårens ingripande kan förutsättas inom 20 minuter efter alarmering. I områden där brandkåren inte kan anses vara tillräckligt utvecklad kan utökade avstånd krävas.

Uti från detta förslag infördes Tabell 3 i SBN och återfanns sedan även i NR. I kommentarer till svensk byggnorm avseende byggnadstekniskt brandskydd i småhus skrivs att tabellens främsta syfte är att minska risken för spridning av brand genom värmestrålning från en byggnad till en annan. Värmestrålningen påräknas i första hand från fönsteröppningar och andra brandtekniskt svaga delar av ytterväggen. De angivna åtgärderna till skydd mot brandspridning mellan småhus kan inte alltid förutsättas vara tillräckliga för att hindra sådan spridning utan hjälp av brandförsvaret. (Statens planverk, 1983b)

Till BBR 94 infördes funktionsbaserade regler för att utveckla det byggnadstekniska brandskyddet, ge större flexibilitet och anpassningsmöjligheter till den enskilda byggnaden samt ge totalt sett billigare brandskydd med bibehållen säkerhet. Detta medförde att rådgivande texter med detaljkrav kom att minskas, bl.a. tog man bort schablon-tabellen för brandspridning mellan småhus. (Frantzich, 1997) Att ta bort schablon-tabellen motiverades med att tabellen saknade grund, samt att olika skyddsåtgärder istället ska framgå av en utredning. Dock angavs att tabellen fortfarande, med förnuft, var tillämpbar tills annat visas. (Rantatalo, 2008)

Samtidigt som detaljkraven minskades till BBR 94 gjordes också en del förtydliganden i föreskrifterna. Ett förtydligande i form av allmänt råd som infördes i BBR 94 om skydd mot brandspridning mellan byggnader, i utformning beroende på avstånd mellan byggnader, var att acceptabel strålningsnivå mot närliggande byggnaders ytor bör understiga 15 kW/m² i minst 30 minuter, om inga särskilda åtgärder vidtas. (Boverket, 1993) Detta infördes för att öppna för möjligheten att använda nyanserade dimensioneringsmetoder för att begränsa brandspridning mellan byggnader (Rantatalo, 2008).

Statistik

Nedan följer en sammanställning av tillgänglig statistik för bränder som medfört brandspridning mellan byggnader, ämnat att ge en inblick i dagens situation. Statistiken är hämtad från Räddningsverket och NCO som för en nationell insatsstatistik sedan 1996. Statistiken är baserad på gemensamma insatsrapporter från svensk kommunal räddningstjänst, som skrivs efter varje insats. Insatsrapporten, från 1996, var utformad utifrån

den då gällande räddningstjänstlagen. När den lagen ersattes av lagen om skydd mot olyckor anpassades insatsrapporten, år 2005. De revideringar som gjordes, utöver små ändringar utifrån erfarenheter, innebar förtydliganden kring räddningstjänstens ingripande samt anpassningar till bestämmelser om dokumentation och olycksundersökning i den nya lagen. Insatsrapporten består idag av en huvuddel på fyra sidor som alltid fylls i. Vid vissa sorters olyckor finns också tilläggsdelar som ger fördjupad information relevant för just den sortens olycka. I insatsrapporten, från 2005, finns en tilläggsdel som behandlar brand i byggnad. I denna del finns ett block som ska ge fördjupad information om brandens omfattning vid ankomst, brandspridning och rökspridning. (NCO, 2006)

Statistiken nedan är hämtad från informationssystemet IDA där man finner Räddningsverkets insatsstatistik. Tabellerna har erhållits genom ”fridyk” i data om räddningstjänstens insatser. Släckningsplatsen visar på vart branden har spridit sig och detta jämförs mot år, objektgrupp och kommun, i Tabell 5-Tabell 7.

Statistiken visar att årligen uppstår i Sverige cirka 130 bränder i byggnad som sprider sig till annan byggnad, främst vid bostadsbränder och i annan byggnad, se Tabell 5 och Tabell 6. Av totala antalet bränder motsvarar detta endast 1 till 2 %. Då det statistiska underlaget för brandspridning mellan byggnader är relativt litet och grundar sig på insatsrapporter som upprättas av många olika aktörer bör man vara försiktig med tolkningar av ytterligare analyser som görs utifrån detta.

Flest antal bränder i byggnad med brandspridning till andra byggnader sker i stora kommunerna, dock är andelen där liten i förhållande till det totala antalet bränder i kommunen. Andelen bränder med brandspridning är däremot hög i vissa mindre kommuner, dock kan detta i de flesta fall anses bero på att det totala antalet bränder där är lågt, se Tabell 7. Två kommuner som, i förhållande till övriga kommuner, uppvisar både relativt högt antal och andel bränder i byggnad med brandspridning till annan byggnad är Vara och Sjöbo.

Tabell 5. (SRV, 2008)

Brand i byggnad med brandspridning till annan byggnad per år			
År	Totalt antal bränder	Antal bränder med spridning	Andel bränder med spridning
<i>Totaler</i>	133155	1548	1,2%
1996	13266	144	1,1%
1997	12290	160	1,3%
1998	11166	95	0,9%
1999	11186	96	0,9%
2000	10826	102	0,9%
2001	10981	105	1,0%
2002	10735	125	1,2%
2003	11050	145	1,3%
2004	9719	116	1,2%
2005	10324	161	1,6%
2006	10502	151	1,4%
2007	11110	148	1,3%

Tabell 6. (SRV, 2008)

Brand i byggnad med brandspridning till annan byggnad per objektgrupp (från år 1996 till år 2007)			
Objektgrupp	Totalt antal bränder	Antal bränder med spridning	Andel bränder med spridning
<i>Totaler</i>	133155	1548	1,2%
<i>Allmän byggnad</i>	22674	136	0,6%
<i>Annan byggnad</i>	9860	468	4,7%
<i>Annat</i>	6996	174	2,5%
<i>Bostad</i>	75542	516	0,7%
<i>I det fria</i>	1805	56	3,1%
<i>Industri</i>	15364	187	1,2%
<i>Uppgift saknas</i>	914	11	1,2%

Tabell 7. (SRV, 2008)

Brand i byggnad med brandspridning till annan byggnad per kommun (från år 1996 till år 2007)			
Kommun	Totalt antal bränder	Antal bränder med spridning	Andel bränder med spridning
<u>Kommuner med flest antal bränder med spridning</u>			
<i>Göteborg</i>	6002	38	0,63%
<i>Stockholm</i>	8795	37	0,42%
<i>Malmö</i>	4345	26	0,60%
<i>Uppsala</i>	2361	21	0,89%
<u>Kommuner med störst andel bränder med spridning</u>			
<i>Bjurholm</i>	42	3	7,1%
<i>Överkalix</i>	114	6	5,3%
<i>Vara</i>	301	15	5,0%
<i>Dals-Ed</i>	104	5	4,8%

Synpunkter från räddningstjänster

Frågan om räddningstjänstens roll i byggreglerna har diskuterats med åtskilliga aktörer inom räddningstjänsten. Räddningstjänster runt om i landet såsom, Norrköpings Brandförsvär, Räddningstjänsten Norra Jämtland, Räddningstjänsten Norrtälje, Räddningstjänsten Storgöteborg, Räddningstjänsten Syd, Räddningstjänsten Östra Blekinge, Södertörns Brandförsvärsförbund, Umeå Brandförsvär, har kontaktats. Frågeställningar som gavs till de kontaktade räddningstjänsterna och inkomna synpunkter på dessa presenteras nedan.

Avseende dagens byggregler

Till att börja med ombads kontaktade räddningstjänster att lämna synpunkter på hur de anser dagens byggregler i avseendet skydd mot brandspridning mellan byggnader fungera.

Generellt upplevs av räddningstjänsterna att brandspridning mellan byggnader inte är något vanligt förekommande problem i nuläget.

Huvuddelen av de tillfrågade räddningstjänsterna anser att dagens byggregler gällande brandspridning mellan friliggande hus allmänt fungerar bra. Några räddningstjänster menar dock att det i deras kommuner byggs så glesst att de inte har några erfarenheter över huruvida byggreglerna fungerar eller ej.

Det medges dock från räddningstjänsterna att situationer trots allt ibland uppstår där intilliggande byggnader evakueras och räddningstjänsten tar en aktiv roll för att minska risken för brandspridning mellan byggnader. Oftast är det de små problemen som blir de stora, t.ex. soprum i fastighetsgräns, klass på ytterväggar vid flera större byggnader på samma fastighet etc.

Någon räddningstjänst menar att när man jobbar på räddningstjänsten inser man att det tyvärr finns en betydande skillnad mellan den teoretiska brandskyddslösningen som baseras på BBR och hur bränder beter sig i praktiken. Dagens BBR bygger t.ex. på att brand alltid börjar inomhus och att brand ska förhindras att spridas genom väggar medan det i verkligheten är fönster och fasad som är problemet vid brandspridning.

Avseende räddningstjänstens roll i framtida byggregler

Räddningstjänsterna blev också tillfrågade hur de ser på räddningstjänstens framtida roll i byggreglerna i avseendet skydd mot brandspridning.

Räddningstjänsterna anser generellt att räddningstjänstens roll i byggreglerna bör minska eller helt tas bort. Principiellt anses det felaktigt att räddningstjänsten förutsätts som en del av brandskyddet. Det är ett konstigt krav att ställa på kommunala organisationer, eftersom man inte vet hur räddningstjänsten kommer att se ut under byggnadens hela, långa, livslängd. Om räddningstjänsten förutsätts som del av brandskyddet kan problem uppstå då man flyttar på brandstationer eller förändrar resurserna, exempelvis då man lägger ner deltidsbrandstationer i områden dit heltidsstationen har långa insatstider. Antalet brandstationer i glesbygd minskar mycket inom vissa räddningstjänster på grund av att det är omöjlig att hitta personal som bor och jobbar på orten. Deltidsbrandstationerna blir då brandvärn vilket också kan bli ett problem om man förutsätter räddningstjänstens medverkan. Ju längre bort från storstadsområdena man kommer desto svårare blir det att "fylla upp" en station med folk när styrkan är ute på ett larm. Kommer det då ytterligare ett larm när ordinarie styrka redan är ute på ett larm, så kommer ju insattiden att bli ännu längre. Byggnader bör således utformas så att de helt passivt kan begränsa brandspridning utan räddningstjänst.

Man kan också lägga in aspekten om den enskildes ansvar. Eftersom det är ägaren och nyttjaren som ansvarar för brandskyddet i en byggnad blir det konstigt om man "bygger in" räddningstjänsten som en del av det byggnadstekniska brandskyddet.

Någon räddningstjänst anser däremot att om förutsättningar finns att räddningstjänsten är på plats inom en rimlig tid verkar det skäligt att spridning mellan byggnader kan vara en uppgift där räddningstjänstens förmåga till viss del kan tillgodoräknas. Största problemet om räddningstjänsten ska ha en aktiv roll är när en situation uppstår med behov av livräddning via invändig rökdykning. Detta kommer sannolikt att fördröja

åtgärder för att förhindra brandspridning mellan byggnader om räddningstjänsten har för lite styrka på plats.

Räddningstjänsterna poängterar att även om räddningstjänsten i framtiden kanske inte kommer att utgöra en förutsättning i byggreglerna kommer dock övergångseffekten vara väldigt lång, redan uppförda byggnader kommer ju inte att försvinna.

Avseende utökade brandskyddsåtgärder

Räddningstjänsterna ombads också lämna synpunkter på vad de anser om krav om utökade brandskyddsåtgärder när räddningstjänsten inte kan förväntas inom rimlig tid.

Synpunkterna är generellt att det är sällan man ser några större diskussioner eller åtgärder som refererar till föreskriften om ytterligare brandskyddsåtgärder vid lång insatstid. Idag beaktas insatstider alldeles för lite vid projektering av byggnader. Det efterlyses därför tydligare krav för utökade brandskyddsåtgärder när inte samhällets räddningstjänst kan påräknas inom rimlig tid. Tydligare krav om utökade brandskyddsåtgärder kan vara släckande system, utformning av fasad och tak, utökade skyddsavstånd, eller passiva system som helt begränsar brandspridning. En tydligare koppling bör även göras till byggnaders storlek och våningsantal än vad som sker idag. Vad gäller framtiden går det mer mot att man genom kvalitetssäkring och egenkontroll dimensionerar och besiktigar sina konstruktioner på egen hand. Detta gör att räddningstjänsten inte har samma kontroll på vad som händer med byggen i kommunen. Räddningstjänstens medverkan i bygglovsprocessen har således stor betydelse och de bör få möjlighet att yttra sig.

Räddningstjänsterna ställer sig också frågande till vad som egentligen menas med begreppet insatstid. Till detta begrepp borde, förutom tiden, även resurser beaktas. Man kan fråga sig vad en insatstid under 10 minuter är värd om resurserna inom denna tid inte är tillräckliga.

Ett problem idag är också att räddningstjänstens insatstider väldigt sällan följs upp ordentligt. De kartor med körtider som finns idag är bara ungefärliga, hur insatstiderna egentligen ser ut vid larm i olika områden och olika tider på dygnet eller vid flera samtidiga händelser är inte alltid klarlagt. Stationer flyttas också med tiden och förutsättningarna ändras.

Det är också så att larmet till SOS kan komma vid olika tider i brandförloppet varför begreppet insatstid kan vara underordnad betydelse vid vissa bränder. Det är idag inte självklart hur begreppet insatstid ska användas vid projektering av skydd mot brandspridning mellan byggnader. Inom vissa räddningstjänster innebär "fall då räddningstjänsten inte kan förväntas ingripa inom normal insatstid" att bebyggelse finns på öar utan vägförbindelse, att det ofta inte finns farbara vägar vissa årstider eller inget släckvatten i området.

Avseende schablondimensionering

Slutligen fick räddningstjänsterna frågan vad de anser om schablonmetoden för skydd mot brandspridning mellan småhus.

Räddningstjänsternas synpunkter angående schablonmetoden var generellt att behovet är stort av att det finns någon form av godkänd lösning för förenklad dimensionering. Detta kan ske i form av enkel schablonmetod som ger riktvärden eller mer utvecklade lösningar.

Dagens schablonmetod i form av tabell anses dock fyrkantig. Exempelvis så uppfyller inte avståndstabellen för småhus sin avsedda funktion om man tillåts placera, husvagnar, vegetation etc. mellan husen. Man måste således se på brandskyddet som helhet och inte bara rakt av använda sig av schablonvärden.

Någon räddningstjänst ställer sig också tveksam över riktigheten i om en avståndsskillnad på 2 meter räddar ett hus där det tar 25 minuter för räddningstjänsten att anlända.

Nackdelen med tabellen anses dessutom vara, förutom att den inte är publicerad av regelskapande myndighet (Boverket), att det är svårt att gå tillbaka och härleda de ursprungliga förutsättningarna i form av brandtemperatur, storlek på fönsterflammar, mottagen strålningsnivå etc. När branden slår igenom bjälklag och tak uppstår en situation som avståndsreglerna inte tar hänsyn till. I framtida byggregler anses därför att Boverket bör ta fram en mer nyanserad tabell som baseras på tydliga designkriterier. Ytterligare problem med schablonmetoden anses vara att begreppet insatstid inte är tydligt definierat, vilket även poängterats på frågan om utökade brandskyddsåtgärder.

Internationell jämförelse

Detta kapitel avser att beskriva och jämföra byggreglerna i avseendet skydd mot brandspridning mellan byggnader i olika länder. Byggreglerna i de nordiska länderna Danmark, Finland och Norge, samt England har studerats. Nedan ges en mycket kortfattad sammanställning av dessa. En något mer utförlig presentation för respektive land återges i Bilaga A.

Från en rapport om utvärdig brandspridning till intilliggande byggnader med utvärdering av riktlinjer för brandteknisk dimensionering, av Carlsson (1999) har information om ytterligare några länders byggregler erhållits. Byggreglerna för dessa länder har ej funnits att tillgå under upprättandet av denna rapport. Dessa återges därför endast mycket kortfattat under *Sammanställning*.

Sammanställning

Svenska byggregler föreskriver samma avstånd mellan byggnader som de finska och norska reglerna. I svenska reglerna till skillnad från i Finland och Norge finns även kritisk strålningsnivå angiven.

De danska byggreglerna anger samma kritiska strålningsnivå som i Sverige. I Danmark är dock kraven något högre vad gäller avstånd då byggnaderna klassas som sammanbyggda.

I England och Nya Zeeland anges en kritisk strålningsnivå som är något lägre än den i svenska byggreglerna. Till skillnad från i Sverige anges i dessa regler metoder för att beräkna den maximalt tillåtna oskyddade ytan och avstånd mellan byggnader genom att anta en specificerad maximal emitterad strålning.

De australiensiska reglerna anger till skillnad från Sverige den maximala strålningen en byggnad får emittera och den strålningsintensitet en byggnad ska kunna motstå på olika avstånd.

Danmark

Avstånd mellan byggnader:

- Sammanbyggda om avstånd <5 meter
- För avstånd 2,5-5 meter krävs avskiljning i lägst EI 60

- Om avstånd <2,5 meter krävs att ytterligare åtgärder vidtas

Maximal oskyddad yta:

- Anges ej, men då krav om avskiljning i EI 60 föreligger anses det underförstått att ingen yta får vara oskyddad

Maximal strålningsintensitet:

- 15kW/m² i högst 30 minuter

Räddningstjänsten som förutsättning:

- Beträffande föreskrifter om skydd mot brandspridning mellan byggnader ingår inte räddningstjänsten uttryckligen som förutsättning

(EBST, 2008. EBST, 2004)

Finland

Avstånd mellan byggnader:

- Om avståndet mellan byggnader är mindre än 8 meter ska det genom konstruktiva eller andra medel tillses att brandspridningen begränsas

Maximal oskyddad yta:

- Anges ej

Maximal strålningsintensitet:

- Anges ej

Räddningstjänsten som förutsättning:

- I byggbestämmelsesamlingen förutsätts räddningstjänsten inte uttryckligen som en del av brandskyddet

(Miljöministeriet, 2002)

Norge

Avstånd mellan byggnader:

- När avståndet är 8 meter eller mer anses risken för brandspridning vara liten, vanligtvis föreligger då ej behov av brandmotstånd i ytterväggar och tak
- Avståndet mellan låga byggnader kan vara mindre än 8 meter om de skiljs med brandbegränsande byggnadsdel och har begränsad samlad bruttoareal

Maximal oskyddad yta:

- Anges ej

Maximal strålningsintensitet:

- Anges ej

Räddningstjänsten som förutsättning:

- I byggreglerna förutsätts inte räddningstjänsten uttryckligen som del av brandskyddet. Dock föreskrivs extra åtgärder för byggverk som utgör stor risk för brandspridning och att så kan vara fallet om räddningstjänstens insatstid är lång (BE, 1997)

England och Wales

Avstånd mellan byggnader:

- Minsta avstånd mellan sida av byggnad och gräns som krävs är;
1 meter om $5,6 \text{ m}^2$ oskyddad yta;
2 meter om 12 m^2 oskyddad yta;
3 meter om 18 m^2 oskyddad yta;
4 meter om 24 m^2 oskyddad yta;
5 meter om 30 m^2 oskyddad yta;
6 meter om $>30 \text{ m}^2$ oskyddad yta
- Ovan angivna avstånd får halveras eller oskyddade ytan dubblas om byggnaden förses med automatiskt sprinklersystem

Maximal oskyddad yta:

- Beroende på avstånd mellan byggnader enligt ovan

Maximal strålningsintensitet:

- $12,6 \text{ kW/m}^2$

Räddningstjänsten som förutsättning:

- I föreskrifterna ingår inte räddningstjänsten uttryckligen som förutsättning

(NBS, 2000)

Övriga länder

De australiensiska byggreglerna, Building Code of Australia 1996, har två tabeller till hjälp att verifiera de funktionsbaserade kraven i avseendet brandspridning mellan byggnader uppfylls. Dessa tabeller anger att byggnader inte får orsaka en strålningsintensitet högre än 80 kW/m^2 vid dess gräns och byggnader ska kunna motstå strålningsintensitet mellan $10\text{-}80 \text{ kW/m}^2$ beroende på avstånd, som varierar från 12 meter till 0 meter. (Carlsson, 1999)

I Nya Zeelands byggregler, The New Zealand Building Code and Acceptable Solution, anges den kritiska strålningsintensiteten till $12,6 \text{ kW/m}^2$. Emmitterad strålning från en byggnad antas vara 84 kW/m^2 eller 168 kW/m^2 beroende på verksamhet. Fem metoder för att beräkna minsta avståndet mellan byggnader och maximala oskyddade ytan ges. Om byggnaden förses med automatiskt sprinklersystem kan avstånden få halveras, dock ej till mindre än en meter, eller den oskyddade ytan får dubblas. (Carlsson, 1999)

Metod för avståndsbedömning

Nedan presenteras en metod för en nyanserad bestämning av det minsta avståndet mellan närbelägna hus inom ett småhusområde med hänsyn till risken för brandspridning från ett hus till ett annat, framtagen av Fredlund m.fl. (1977). Metoden togs fram i mitten på 1970-talet efter att småhusbyggandet i landet präglats av en utveckling mot större grupphusområden med minskade tomtstorlekar och således ökad täthet i bebyggelsen. Det var som följd därav, NKB 1976 antog förslag till riktlinjer för brandtekniska byggnadsbestämmelser för enfamiljshus med föreskrifter om minsta avstånd mellan närliggande hus med hänsyn till risken för brandspridning, se kapitel *Dagens situation i Sverige, Tidigare byggregler*. Metoden av Fredlund m.fl. togs fram genom såväl full- och småskaleförsök som beräkningar, för att utgöra ett komplement och alternativ till de föreliggande NKB-riktlinjerna. Den kom att godkännas av den svenska byggnadsmyndigheten för användning vid utformning av småhus.

I metoden mättes mottagen strålning i olika punkter på angränsande byggnads fasad. Genom dessa mätningar kunde man bedöma strålningen m.a.p. avstånd mellan byggnader genom att jämföra beräknade strålningsnivåer med antändningsegenskaper hos ytor, för att förutsäga tiden till antändning. Fördelen med metoden är att den tar hänsyn till både strålning från brandrummet och från utvändiga flammor. I jämförelse med andra beräkningsmodeller var denna metod av den anledningen mer differentierad och fullständig.

Metoden använder brandbelastning, dimensioner av öppningar och utformning av brandcellen som ingångsvärde för bestämning av risken för brandspridning mellan byggnader. Dessa parametrar påverkar brandcellens gastemperatur-tidkurva samt flammornas karaktär utanför brandcellen. Detta utgör väsentlig information i kombination med tidsvariationen för storlek och läge av brinnande fasader och yttertak samt utformning och placering av närliggande byggnader. Nedan redovisas dessa parametrar mer ingående.

Till metoden finns framtaget ett beräkningsunderlättande underlag. För att analysera föreliggande schablonmetod, för brandspridning mellan småhus, har detta underlag tillämpats på några utvalda exempel på småhus.

Än idag har ingen ny vedertagen beräkningsmetod presenterats i Sverige och således kan anses att metoden av Fredlund m.fl. fortfarande är den som gäller.

Brandförlopp

För egendomsskyddet, i avseendet skydd mot brandspridning, är det den långvariga, övertända branden som har störst inverkan. Det naturliga brandförloppet beror på brandbelastningens förbränningsegenskaper, brandcellens storlek, geometri och ventilationsförhållande samt termiska egenskaper för brandcellens omslutande konstruktioner. För att uppskatta det naturliga, övertända brandförloppet finns sedan länge ett antal metoder, kort sammanfattade i kapitel *Allmänt om brandspridning, Utfallande strålning*. I fullskaleförsöken genomförda av Fredlund m.fl. (1977) har gastemperatur-tidförloppet analyserats över brandcellens värme- och massbalansekvationer enligt den metod som framlagts av Magnusson-Thelandersson. Validiteten av resultaten från beräkningarna kunde visas genom jämförelse med från utförda test observerade temperatur-tidkurvor, se Figur B1 i bilaga B. Temperatur-tidförloppen finns beräknade för olika, brandbelastningar, öppningsfaktorer och brandcellsutformning, exempel visas i Figur B2 i bilaga B. Dessa är framtagna under följande förenklade antaganden:

- Brandbelastningens förbränning är fullständig och sker helt inom brandcellen
- Temperaturen är vid varje tidpunkt av branden densamma inom hela brandcellen
- Värmeövergångskoefficienten för brandcellens inre begränsningsyta är lika för varje del av ytan vid varje tidpunkt
- Värmeflödet till och genom brandcellens omslutande konstruktioner är endimensionellt och likformigt fördelat (undantaget fönster- och dörröppningar)

Brandbelastning

Brandbelastningen för en brandcell utgör ett mått på den sammanlagda värmemängd som frigörs vid en fullständig förbränning av allt brännbart material i brandcellen. Det är således ett mått på mängden brännbart material, inklusive byggnadsstomme, inredning, beklädnad och golvbeläggning, i brandcellen. I Sverige anges brandbelastningen vanligtvis per ytenhet av brandcellens totala inre omslutningsyta, men det internationellt sett vanligaste måttet är att ange brandbelastningen per golvyta. Förhållandet mellan brandbelastning per kvadratmeter omslutningsarea och brandcellens omslutningsarea är densamma som förhållande mellan brandbelastningen per kvadratmeter golvarea och brandcellens golvarea. (Boverket 2008b) Med geometriska data för den aktuella brandcellen kan

således brandbelastningen per omslutningsyta räknas om till brandbelastning per golvyta och vice versa.

Brandbelastningen kan för en brandcell med permanent fixerad funktion och inredning bestämmas direkt genom att summera varje enskilt brännbart materials bidrag och ställa detta i förhållande till den totala omslutningsytan. Nackdelen med en sådan dimensionering är att framtida ändringar i byggnaden kan innebära en ökad brandbelastning. Därför är det som regel lämpligare att bestämma den dimensionerade brandbelastningen på grundval av statistiska undersökningar av brandbelastningen för aktuell typ av byggnad, s.k. variabel brandbelastning. Det värde som i statistisk undersökning innehåller 80 % av alla observerande värden väljs som dimensionerande brandbelastning för att ta hänsyn till osäkerheterna i materialens karakteristiska värden. För svenska förhållanden representativ brandbelastningsstatistik för bostäder finns tillgänglig, Tabell 8. (Fredlund, 1977. Pettersson, 1978)

Tabell 8. (Fredlund, 1977)

Brandbelastning (f) i bostäder			
Bestämd genom statistiska undersökningar			
Typ av bostad	Brandbelastning		
	Medelvärde MJ/m ² (Mcal/m ²)	Standardavvikelse MJ/m ² (Mcal/m ²)	Dimensionerande MJ/m ² (Mcal/m ²)
2 rum + kök	149,9 (35,8)	24,7 (5,9)	167,5 (40,0)
3 rum + kök	138,6 (33,1)	20,1 (4,8)	148,6 (35,5)
Brandbelastningen av golvbeläggning är ej inkluderad i angivna värden.			

Som ett komplement till den nya beräkningsstandarden SS-EN 1991-1-2 för bestämning av brandbelastning, har Boverket tagit fram en handbok. Handboken fungerar som ett underlag till beräkningar i samband med dimensionering av bärförmåga vid brand. I handboken anges att dimensionerande brandbelastning för variabel brandenergi bör med hänsyn till variationer under byggnadens livscykel inte understiga 50 MJ/m² golvarea. Vidare anges att variabel brandbelastnings 80 % fraktil för bostäder är 800 MJ/m² golvarea. (Boverket 2008b.)

Öppningsfaktor

Öppningsfaktorn påverkar temperaturen på branden eftersom det kan vara den begränsande faktorn avseende förbränningseffektivitet och syretillförsel till branden. För bestämning av brandförloppets temperaturtidkurva är därför öppningsfaktorn avgörande. Öppningsfaktorn uttrycker tillgången till syre och beräknas enligt:

$$A\sqrt{h}/A_{tot} \left[m^{1/2} \right] \quad (\text{Ekvation 15})$$

där:

$$A = \text{sammanlagda arean av brandcellens vertikala öppningar} \left[m^2 \right]$$

h = ett med hänsyn till öppningarnas storlek vägt medelvärde av öppningarnas höjd $[m]$

A_{tot} = brandcellens totala inre omslutningsarea $[m^2]$

(Fredlund, 1977. Karlsson, 2000. Pettersson, 1978)

Brandcellsutformning

Brandcellens geometri, dvs. bredd, djup, höjd och fönsterdimensioner påverkar temperaturen på den fullt utvecklade branden. Detta gör även de termiska egenskaperna hos väggar, tak och golv eftersom det påverkar värmeledningen från brandcellen.

I av Fredlund m.fl. (1977) framtagna metod har en standardbrandcell med omslutande konstruktion av lättbetong använts. För en brandcell med omslutande konstruktioner, vars termiska egenskaper avviker från använd standardbrandcell kan brandförloppet skilja sig. I litteratur finns för vissa typer av konstruktioner fiktiva koefficienter som kan användas till översättning av brandbelastning och öppningsfaktor till fiktiva värden. Koefficienten anges för olika typer av brandceller, definierade genom sina omslutande konstruktioner, och olika verkliga öppningsfaktorer. Metoden är främst tillämpningsbar för beräkningsmässig brandteknisk dimensionering av byggnadsdelar med bärande eller avskiljande funktion. Att applicera denna metod vid strålningsberäkningar är ej vedertaget. (Pettersson, 1978. Karlsson 2000)

Strålningsförhållanden

Vid övertänd brand i ett enstaka småhus inom ett småhusområde blir ett närliggande hus exponerat för strålningen från brandhärden inne i den brinnande byggnaden men också från flammor som slår ut genom öppningar. Avgörande för strålningen är gastemperatur-tidkurvan för brandförloppet och fönsterutformningen i byggnaden. I litteratur som behandlar problemet med brandspridning genom strålning förutsätts genomgående att strålningen från utvändiga flammor är försumbar i jämförelse med strålningen från brandhärden. Carlsson (1999) redovisade genom strålningsberäkningar att strålningsandelen från utvändiga flammor utgör endast cirka 12-18 % av totala strålningen. Metoden av Fredlund m.fl. (1977) är dock en fullständig beräkningsmodell, vilken sammanfattas nedan. Beräkningsmodellen med ingångsstorheter enligt nedan jämfördes av Fredlund m.fl. mot genomförda fullskaleundersökningar, exempel kan ses i Figur B3 i bilaga B. Denna jämförelse bekräftade den utvecklade beräkningsmodellens användbarhet för praktiska dimensioneringar.

Beräkningsmodell

Beräkningsmodellen, i metoden av Fredlund m.fl. (1977), omfattar dels direktstrålning från brandhärden inuti den brinnande byggnaden och dels strålningen från flammorna som slår ut genom byggnadens fönsteröppningar.

Vad gäller strålningen från branden inuti den brinnande byggnaden genom dennas öppningar är utgångspunkten det grundläggande sambandet enligt Ekvation 16 och Figur 3. Detta samband bestämmer approximativt strålningsutbytet mellan ytelement med godtyckligt vald inbördes placering i rummet, dvs. den utfallande strålning, se Ekvation 1, med synfaktorn beaktat, enligt:

$$dQ_{12} = \varepsilon_r \sigma T_a^4 dA_1 dA_2 \frac{\cos \beta_1 \cos \beta_2}{\pi r^2} \quad [kW] \quad (\text{Ekvation 16})$$

där:

ε_r = resulterande emissionstal

σ = Stefan-Boltzmanns konstant

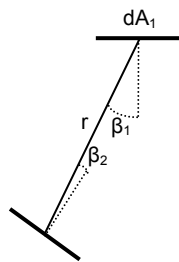
$[= 1,37 \cdot 10^{-12} \text{ kW/m}^2 \text{ K}^4]$

T_a = temperatur för strålade yta dA_1 $[K]$

β_1, β_2 = vinkeln mellan r och normalen till respektive ytelement, dA_1 och dA_2

r = avståndet mellan ytelementen $[m]$

Figur 3. Storheter i Ekvation 16. (Fredlund, 1977)



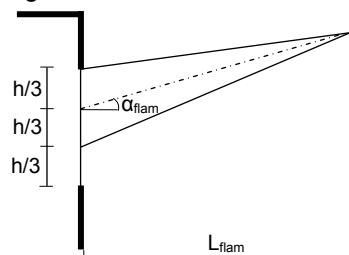
Strålningen per ytenhet kan vidare erhållas ur uttrycket:

$$dP_{12} = \frac{dQ_{12}}{dA_2} \quad [kW/m^2] \quad (\text{Ekvation 17})$$

Genom integration av detta uttryck kan resulterande strålningsintensitet beräknas för ett i rummet godtyckligt orienterat ytelement från en ändlig strålade yta.

För motsvarande beräkning av den strålningsdel som härrör från flammorna härleds en geometrisk och termisk karakterisering av en utvändigt flamma. I försöken hade den artificiellt alstrade vinden en inströmningshastighet på 10 m/s i centrum av det brinnande husets lovartsfönster vilket motsvarar en naturlig vind på cirka 20 m/s. Flamman kunde då approximeras geometriskt till en triangulär form enligt Figur 4.

Figur 4. Förenklad form av utvändigt flamma (Fredlund, 1977)



Flamlängden förutsattes approximativt konstant under brandens aktiva skede, definierat som den tidsperiod av brandförloppet under vilken brandbelastningen minskar i vikt från 80 % till 30 % av sin initialvikt. Den maximala flamlängden bestämdes enligt:

$$L_{flamMax} = CR_{80-30}^{1/3} \quad [m] \quad (\text{Ekvation 18})$$

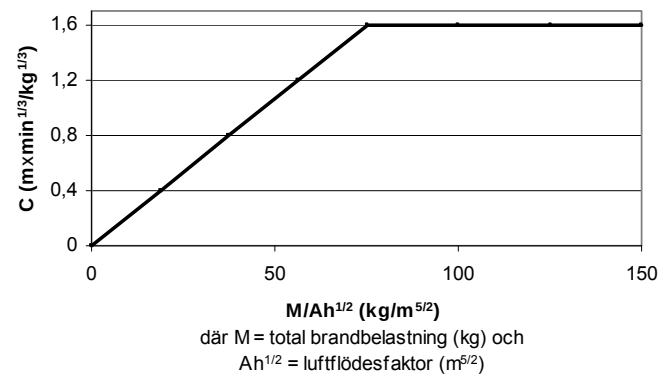
där:

C = koefficient observerad vid fullskaletester, se Figur 5

$$[m \cdot \min^{1/3} / kg^{1/3}]$$

$R_{80-30}^{1/3}$ = medelförbränningshastigheten under brandens aktiva skede, uttryckt i brandbelastningens viktminskning (från 80% till 30%) per tidsenhet $[kg/min]$

Figur 5. Ur fullskaleförsök bestämd variation för koefficient C (Fredlund, 1977)



Vid den numeriska utvärderingen av flammornas strålning uppdelades den enskilda flamman i ändliga element med tjockleken ΔL_{flam} . För varje element antogs en likformig temperatur med det enskilda elementets temperaturnivå bestämd ur en förutsatt linjär temperaturvariation längs flamaxeln. Strålningen beräknades från plan som går genom respektive elements tyngdpunkt vinkelrätt mot en linje mellan tyngdpunkten och det ytelement för vilken strålningen ska beräknas. Det resulterande strålningsbidraget erhöles sedan genom att summera strålningsintensiteten från respektive element.

I det uttryck som bestämmer strålningen genom fönsteröppningar ingår det resulterande emissionstalet, som beräknades enligt:

$$\frac{1}{\varepsilon_r} = \frac{1}{\varepsilon_w} + \frac{1}{\varepsilon_m} - 1 \quad (\text{Ekvation 19})$$

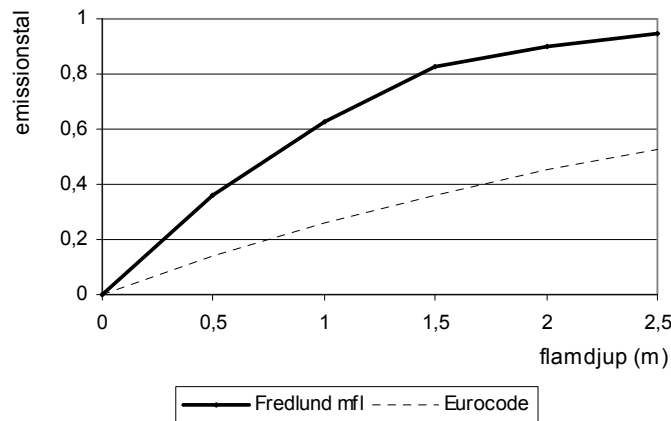
där:

ε_w = fönsteröppningens emissionstal (vilken valts till ett konstant värde 0,55 då det under ett brandförlopp växer inom området 0,5-0,6 fram till tidpunkten för brandgastemperaturens maximivärde och därefter, till glödfasens slut, upp till cirka värdet 0,8)

ε_m = emissionstalet för den yta av en byggnad som träffas av strålningen (för vilken värdet 1 genomgående har tillämpats)

För strålningen från flammorna ersätts fönsteröppningens emissionstal med motsvarande för flammen i sambandet för det resulterande emissionstalet. Emissionstalet för flammorna beror, enligt uppmätta värden från fullskaleförsöken utförda av Fredlund m.fl., på flamdjupet enligt Figur 6. I figuren kan också ses en jämförelse mot emissionstalets variation enligt SS-EN 1991-1-2, se kapitel *Allmänt om brandspridning, Utfallande strålning*.

Figur 6. Variation av flammans emissionstal. (Fredlund, 1977. SIS, 2002)



Tillämpning

För att underlätta en praktisk dimensionering av ett småhusområde med hänsyn till risken för brandspridning har Fredlund m.fl. (1977) till sin metod tagit fram ett beräkningsunderlättande underlag i tabellform. Tabellerna har beräknats med tillämpning av de matematiska modeller som presenterats ovan. Underlaget möjliggör en enkel bestämning av tidkurvan för strålningsintensitet i en godtyckligt vald punkt på ett hus inom ett småhusområde vid ett fullständigt brandförlopp i ett närliggande hus. Tabellerna anger för ett rektangulärt fönster den kombinerade strålningen från brandhärden inne i den brinnande byggnaden och från utvändiga flamma, för olika brandbelastningar och öppningsfaktorer. I dessa är emissionstalet och synfaktorn redan inräknat. Tabeller finns för referensnät i vertikalplan parallellt, se Figur B4 i bilaga B, respektive vinkelrätt med den brinnande byggnadens fönsteröppning. Tidskonstanter finns för respektive tabell, definierade enligt Figur B5 i bilaga B, vilka bestämmer strålningsintensitetens variation med tiden. Dimensioneringstabellerna bygger på temperaturtidkurvorna, för fullständigt brandförlopp, vilka också till beräkningsunderlaget redovisas i tabellform. Exempel på tabell kan ses i Figur B6 i bilaga B.

Angivna strålningsintensiteter, i Figur B7 i bilaga B, förutsätter att det brinnande husets samtliga fönsteröppningar beräkningstekniskt är samlade till en öppning. Vidare förutsätts också att den totala inre omslutnings-

yta är 85 m² och att emissionstalet för den yta av närbelägen byggnad som träffas av strålningen har värdet 1. Vid praktisk dimensioneringstillämpning måste därför maximal strålningsintensitet erhållen från tabell ($P_{\max Tab}$) korrigeras utifrån dessa parametrar enligt sambandet:

$$P_{\max P} = \gamma_p \varepsilon_{mp} \frac{A_{totp}}{85} P_{\max Tab} \quad (\text{Ekvation 20})$$

där:

$P_{\max P}$ = maximal strålningsintensitet i aktuell punkt av referensnät i den praktiska tillämpningen [kW/m²]

γ_p = förhållandet mellan av beräkningen omfattad fönsteröppningsyta och byggnadens totala fönsteröppningsyta i den praktiska tillämpningen

ε_{mp} = emissionstalet i den praktiska tillämpningen för den yta av

närbelägna byggnaden för vilken strålningsintensiteten beräknas

A_{totp} = total inre omslutningsyta för den brinnande byggnaden i den praktiska tillämpningen [m²]

Redovisade värden gäller för fönsteröppningar med en bredd som ej överskrider avståndet mellan byggnaderna, enligt förutsättningar för beräkning av synfaktorn, se kapitel *Allmänt om brandspridning, Infallande strålning*. Om så är fallet måste öppningarna uppdelas i enheter som var för sig uppfyller villkoret.

Begränsningar

Dimensioneringsunderlaget framtaget av Fredlund m.fl. (1977) är tillämpbart i första hand för småhusområden med friliggande enplans och enfamiljshus, med bottenbjälklag, ytterväggar och takbjälklag av lättbetong. Yttertaksutformningen ska vara av typ som har liten benägenhet att antändas. Taksprånget får högst uppgå till 0,5 meter, i annat fall måste husavstånden korrigeras i motsvarande grad.

Om småhusområdets byggnader har ytterväggar och yttertak av brännbart material, får strålningen vid brand en additionseffekt från brinnande partier av dessa byggnadsdelar. I metoden av Fredlund m.fl. saknar denna additionseffekt praktisk aktualitet. Detta eftersom småhusets väggar genomgående förutsätts vara av obrännbart material. Tak- och vindsbjälklag förutsätts också vara utformade så att en eventuell antändning av dessa har en sådan tidsförskjutning i förhållande till primärbranden att det inte har någon praktiskt betydelse för risken för brandspridning till närliggande hus.

Metodik

Vid tillämpning av det beräkningsunderlättande underlaget genomförs följande beräkningssteg:

1. Bestäm brandbelastningen på grundval av representativa statistiska undersökningar, där dimensionerande värde innehåller 80 % av

observerade värden, enligt Tabell 8 eller Boverkets handboksrekommendationer.

2. Bestäm brandcellens öppningsfaktor, enligt Ekvation 15.
3. Bestäm tidkurvan för strålningsintensiteten i utslagsgivande punkter, med hänsyn till risken för antändning, på olika avstånd, från beräkningsunderlättat tabellunderlag i Fredlund m.fl. (1977) appendix 2 eller 3, exempel kan ses i bilaga B.
4. Korrigera strålningsintensiteten utifrån brandcellens inre omslutningsyta, fönsteröppningsyta som omfattas av strålningsberäkning och emissionstal för mottagande yta, enligt Ekvation 20.
5. Jämför bestämd strålningsintensitetstidkurva mot kritiska strålningsnivåer.

Beräkningar

Vid tillämpning av metoden, av Fredlund m.fl. (1977), krävs att vissa antaganden görs. Vid beräkningar med hjälp av det beräkningsunderlättande underlaget har ingångsvärden valts så att beräkningarna kan anses vara på den säkra sidan. Då beräkningarna ämnar att studera rimligheten i schablonmetoden för brandspridning mellan småhus har ingångsvärden representativt för denna typ av bebyggelse valts. Beräkningar har därför också utförts för småhus med mot varandra vettande parallella ytterväggar i obrännbart material (EI 30) med en fönsterarea på högst 4,0 m² respektive utan begränsning på fönsterarean. Fönsterarean i vägg mot angränsande byggnad har antagits samlad till ett fönster. För respektive fall har över tiden infallande strålningsintensitet studerats för i schablonmetoden angivna avstånd. Detta har sedan jämförts mot i BBR föreskriven kritisk strålningsnivå på 15 kW/m². Antagande, beräkningsfall, validering och slutsatser redovisas nedan.

Antaganden

Brandbelastningen har i beräkningar valts till två olika värden, dels 167,5 MJ/m² omslutningsyta för bostäder med två rum och kök enligt Tabell 8 och dels 800 MJ/m² golvyta enligt Boverkets brandbelastningshandbok (2008b).

Bostadsarean har för brandbelastningen för två rum och kök valts till 60 m² som ett ungefärligt medelvärde enligt statistik från SCB, se Figur C8 i bilaga C. Även beräkningar för två rum och kök med bostadsarea 80 m², utifrån katalog från småhustillverkare, har utförts som jämförelse (Älvsbyhus, 2008). För brandbelastning enligt Boverkets handbok har bostadsarean 120 m² använts som ett enligt statistik från SCB ungefärligt medelvärde av bostadsarean i småhus, se Figur C8 i bilaga C.

Takhöjden har i samliga fall antagits till 2,5 meter, standardvärde för enplanssmåhus enligt småhustillverkare (A-hus, 2008).

Totala fönsterarean i brandcell har varierats mellan 10 % och 25 % av golvytan där det lägsta värdet motsvarar i BBR rekommenderade lägsta schablonvärde för ljusinsläpp (Boverket, 2008a).

Fönsterhöjden har oftast angetts till 1,3 meter då temperaturtidkurvorna i metoden är beräknade utifrån detta mått, som då metoden framtog bedömdes statistiskt representativt för bostäder. I några fall anpassas dock fönsterhöjden så att fönsterbredden inte överstiger avståndet mellan byggnaderna, enligt villkor för tillämpning av beräkningsunderlaget. Fredlund m.fl. (1977) menar också på att fönsterhöjden kan vid fixerad öppningsfaktor variera inom förhållandevis vida gränser utan att brandgastemperaturen påverkas i någon utslagsgivande grad.

Emissionstalet för den yta av närbelägen byggnad som träffas av strålningen har angetts värdet 1.

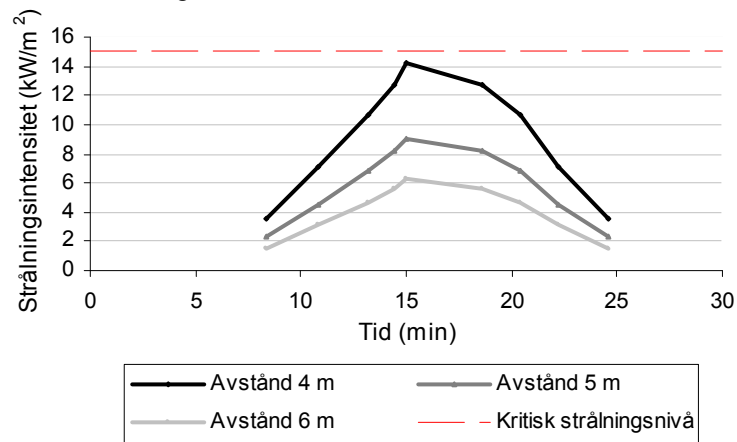
Beräkningfall

Utifrån ovanstående antaganden har upprepade beräkningar utförts med olika förutsättningar. Nedan presenteras ett representativt urval av beräkningarna, i form av förutsättningar och tidsvariation för strålningsintensiteten på olika avstånd.

Tabell 9.

Förutsättningar	Kommentarer	
Beräkningsfall nr	1	
Fönsterarea A_a	4 m ²	Begränsat enl. schablon
Brandbelastning f_o per omslutningsarea	168 kW/m ² 40 Mcal/m ²	Enl. Tabell 8 för 2 rum + kök
Brandcellsarea (golvya) $L_2 \times L_3$	60 m ²	
Brandcellshöjd L_1	2,5 m	
Omslutningsarea brandcell A_{tot}	200 m ²	
Total fönsteröppningsarea A_{tot}	13,8 m ²	23 % av golvytan
Fönsterhöjd h	1,3 m	
Öppningsfaktor $Ah^{1/2}/A_{tot}$	0,079 m ^{1/2}	Avrundas till 0,08
Tabell nr appendix 2 (Fredlund, 1977)	29	
Strålningsmax tab. P_{maxTab} vid avstånd 4m / 5m / 6m	20,8 / 13,3 / 9,2 kW/m ²	
Emissionstal yta ϵ_{mp}	1	
Korrigeringsfaktor $A_a / (A \times \epsilon_{mp} \times A_{tot} / 85)$	0,682	
Strålningsmax korr P_{maxP} vid avstånd 4m / 5m / 6m	14,2 / 9,1 / 6,3 kW/m ²	

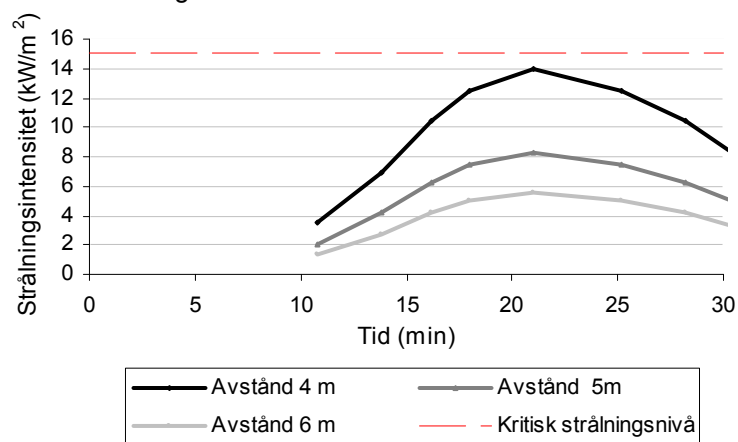
Figur 7. Fall 1: Tidsvariation för strålningsintensitetens största värde vid angivna avstånd.



Tabell 10.

Förutsättningar		Kommentarer
Beräkningsfall nr	2	
Fönsterarea A_a	4 m ²	Begränsat enl. schablon
Brandbelastning f_o per omslutningsarea	168 kW/m ² 40 Mcal/m ²	Enl. Tabell 8 för 2 rum + kök
Brandcellsarea (golvyta) $L_2 \times L_3$	80 m ²	
Brandcellshöjd L_1	2,5 m	
Omslutningsarea brandcell A_{tot}	250 m ²	
Total fönsteröppningsarea A_{tot}	13,6 m ²	17% av golvytan
Fönsterhöjd h	1,3 m	
Öppningsfaktor $Ah^{1/2}/A_{tot}$	0,062 m ^{1/2}	Avrundas till 0,06
Tabell nr appendix 2 (Fredlund, 1977)	21	
Strålningsmax tab. P_{maxTab} vid avstånd 4m / 5m / 6m	16,1 / 9,6 / 6,4 kW/m ²	
Emissionstal yta ϵ_{mp}	1	
Korrigeringsfaktor $A_a / (A \times \epsilon_{mp} \times A_{tot} / 85)$	0,865	
Strålningsmax korr P_{maxP} vid avstånd 4m / 5m / 6m	13,9 / 8,3 / 5,5 kW/m ²	

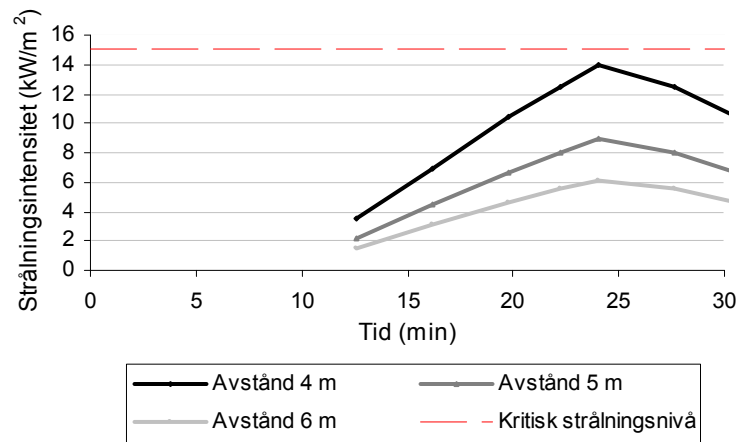
Figur 8. Fall 2: Tidsvariation för strålningsintensitetens största värde vid angivna avstånd



Tabell 11.

Förutsättningar		Kommentarer
Beräkningsfall nr	3	
Fönsterarea A_a	4 m ²	Begränsat enl. schablon
Brandbelastning f_f per golvarea	800 kW/m ² 190 Mcal/m ²	Enl. Boverkets brandbelastningshandbok
Brandbelastning f_o per omslutningsarea	274 kW/m ² 65 Mcal/m ²	Avrundas till 60 OBS stor avrundning
Brandcellsarea (golvyta) $L_2 \times L_3$	120 m ²	
Brandcellshöjd L_1	2,5 m	
Omslutningsarea brandcell A_{tot}	350 m ²	
Total fönsteröppningsarea A_{tot}	25,2 m ²	21% av golvytan
Fönsterhöjd h	1,3 m	
Öppningsfaktor $Ah^{1/2}/A_{tot}$	0,082 m ^{1/2}	Avrundas till 0,08
Tabell nr appendix 2 (Fredlund 1977)	31	
Strålningsmax tab. P_{maxTab} vid avstånd 4m / 5m / 6m	21,3 / 13,6 / 9,4 kW/m ²	
Emissionstal yta ε_{mp}	1	
Korrigeringsfaktor $A_a / A \times \varepsilon_{mp} \times A_{tot} / 85$	0,654	
Strålningsmax korr P_{maxP} vid avstånd 4m / 5m / 6m	13,9 / 8,9 / 6,1 kW/m ²	

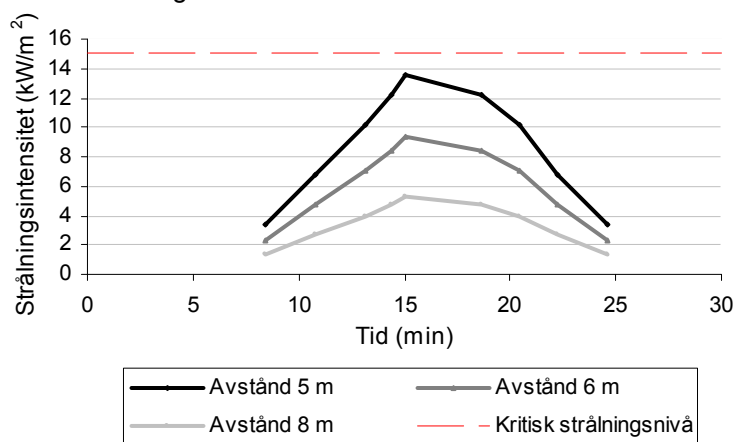
Figur 9. Fall 3: Tidsvariation för strålningsintensitetens största värde vid angivna avstånd



Tabell 12.

Förutsättningar		Kommentarer
Beräkningsfall nr	4	
Fönsterarea A_a	6 m ²	Obegränsat enl. schablon
Brandbelastning f_o per omslutningsarea	168 kW/m ² 40 Mcal/m ²	Enl. Tabell 8 för 2 rum+kök
Brandcellsarea (golvyta) $L_2 \times L_3$	60 m ²	
Brandcellshöjd L_1	2,5 m	
Omslutningsarea brandcell A_{tot}	200 m ²	
Total fönsteröppningsarea A_{tot}	13,8 m ²	23% av golvytan
Fönsterhöjd h	1,6 m	
Öppningsfaktor $Ah^{1/2}/A_{tot}$	0,087m ^{1/2}	Avrundas till 0,08 OBS stor avrundning
Tabell nr appendix 2 (Fredlund, 1977)	29	
Strålningsmax tab. P_{maxTab} vid avstånd 4 m / 5 m / 6 m	13,3 / 9,2 / 5,2 kW/m ²	
Emissionstal yta ϵ_{mp}	1	
Korrigeringsfaktor $A_a / A \times \epsilon_{mp} \times A_{tot} / 85$	1,023	
Strålningsmax korr P_{maxP} vid avstånd 5 m / 6 m / 8 m	13,6 / 9,4 / 5,3 kW/m ²	

Figur 10. Fall 4: Tidsvariation för strålningsintensitetens största värde vid angivna avstånd



Validitet

Temperaturen i brandrummet har stor påverkan på den emitterade strålningen och är således en mycket viktig parameter att fastställa vid strålningsberäkningar. Validiteten i metoden framtagen av Fredlund m.fl. (1977) testas därför i avseendet temperatur i brandrummet. Detta görs genom att gastemperaturen erhållen vid några av beräkningsfallen jämförs med temperaturen beräknad med metod enligt SS-EN 1991-1-2 respektive ISO-standardbranden, se Ekvation 3 och Ekvation 6. Jämförelsen kan ses i Tabell 13. I beräkningsmetoderna, enligt SS-EN 1991-1-2 och ISO-standardbranden, är dock inte vinddrag inräknat vilket kan resultera i något lägre temperaturer. Vid beräkningarna av temperaturen enligt SS-EN 1991-1-2 är antaget att det finns tillräckligt med bränsle så att högsta möjliga temperatur kan uppnås. Temperaturerna är beräknade vid tidpunkten 20 minuter, vilket är rekommenderad varaktighet enligt SS-EN 1991-1-2.

Tabell 13.

Temperatur vid tidpunkten 20 minuter för olika metoder

Fall nr	Fredlund m.fl.	SS-EN	ISO-standardbrand
1	1050°C	1230°C	780°C
2	1010°C	1220°C	780°C
3	990°C	950°C	780°C

Slutsatser från beräkningar

Tillämpningen av metoden, framtagen av Fredlund m.fl. (1977), med förutsättningar representativa för småhus visar på att den kritiska strålningsnivån, 15 kW/m² i 30 minuter, som anges i BBR, utöver extremfall, sannolikt inte uppstår inom av schablonmetoden angivna avstånd och fönsterbegränsningar. Den internationellt angivna kritiska strålningsnivån på 12,6 kW/m² uppnås dock vid samtliga beräkningsfall. I många fall uppnås denna strålningsnivå redan inom 15 minuter vilket innebär att tidsmarginalen från räddningstjänstens normala insatstid på

10 minuter är knapp. Gränsfallet för om risk för brandspridning mellan byggnader kan anses föreligga när schablonmetoden tillämpas är således valet av kritisk strålningsnivå.

Med en fönsterarea på 4 m^2 mot angränsande byggnad uppstår endast de höga strålningsnivåerna, dvs. över $12,6 \text{ kW/m}^2$, inom 4 meters avstånd och med utökad fönsterarea till 6 m^2 inom 5 meters avstånd. På längre avstånd avtar strålningsintensiteten markant.

De angivna åtgärderna till skydd mot brandspridning mellan småhus kan dock inte alltid förutsättas vara tillräckliga utan hjälp av räddningstjänsten. De undantagna extremfallen med större risk för brandspridning, som omnämnts ovan, innebär hög brandbelastning och stor öppningsarea samt att fönsterarean mot angränsande byggnad utgör en stor andel av totala fönsterarean. Detta innebär att ur det beräkningsunderlättande underlaget erhålls höga strålningsintensiteter med snabba tidsförlopp, som dessutom utökas ytterligare genom att korrigeringsfaktorn för praktiska tillämpningen i dessa fall blir stor. Dock anses inte troligt att det är vanligt att ett småhus förses med stor fönsterarea mot nära angränsande byggnad.

Vid tillämpningen har ingen interpolering mellan tabellerna gjorts vilket innebär att vissa fall har avrundningarna varit relativt stora och således kan ha påverka resultatet. I beräkningarna är det endast konstruktion av betong som har beaktats. I verkliga fallet skulle annan, mer välisolerad, konstruktion kunna leda till något högre temperatur i brandcellen och således högre strålningsintensitet. Enligt metod med fiktiva koefficienter, för bärande brandteknisk dimensionering, skulle brandbelastning och öppningsfaktor ökas vid mer välisolerad konstruktion. Vid tillämpningen är det också förutsatt att fasad och tak är av obrännbart material. Om så inte skulle vara fallet måste dessa ytor inkluderas i strålningsarean vilket skulle leda till högre strålningsintensitet.

Från validering av temperaturen i brandrummet kan slutsatsen dras att temperaturen i metoden av Fredlund m.fl. är väl tilltagen, dvs. ur det perspektivet kan beräkningarna anses vara på den säkra sidan. Under korta tidsförlopp, som ur strålningsperspektiv är ur intresse, erhålls högre temperaturer från metoden av Fredlund m.fl. än från ISO-standardbranden. Metoden enligt SS-EN 1991-1-2 ger ibland något högre temperaturer än tillämpad metod, dock är dessa värden inte reducerade utifrån aktuell bränslemängd utan det är den absolut maximala temperaturen som är beräknad.

Diskussion och slutsats

Idag finns det i Sverige ingen nationellt accepterad metod för brandteknisk dimensionering i avseendet brandspridning mellan byggnader. Byggreglerna är baserade på normativa bestämmelser där ingen bakgrund ges. Avsikten med detta projekt har varit att klargöra vilka parametrar och metoder som de normativa bestämmelserna baseras på och verifierbarheten av dessa. Tillvägagångssättet har varit omfattande litteraturstudier och till viss del även beräkningar.

Enligt statistik är brandspridning mellan byggnader idag inget vanligt förekommande problem vid bränder i byggnader. Det statistiska underlaget för brand i byggnad är dock begränsat. Ur statistiken går det heller inte att utläsa huruvida det är vanligare med brandspridning mellan byggnader i områden där räddningstjänstens insatstid är lång i förhållande till områden där kortare insatstid kan förväntas. Statistiken innehåller många osäkerheter då den baseras på insatsrapporter och ska således tolkas med försiktighet. Småhusbyggandet i landet har under de senaste åren varit på uppgång, se Figur C1-Figur C4 i bilaga C, varför man inte heller kan bortse från att problematiken med brandspridning kan komma att uppstå i framtiden.

Till dagens byggregler finnes en rad åtgärder, enligt nedan, som behöver vidtas för att säkrare brandskyddsprojektering av avståndsbedömning ska kunna ske.

Framtida åtgärder

I förstudien till revideringen av brandskyddsavsnittet i BBR (2006) har man poängterat att funktionsbaserade regler som grund för det byggnadstekniska brandskyddet innebär ökade möjligheter för utveckling av såväl tekniska säkerhetslösningar som ingenjörsmässiga beräkningar och riskanalyser. Dock kvarstår flera behov och brister som måste åtgärdas i reglerna, främst i form av ökad verifierbarhet för såväl förenklad som analytisk dimensionering. I förstudien påpekas också att föreskrifterna i BBR inte bör innehålla förutsättningar för en byggnads brandskydd som

står utanför såväl byggherrens som Boverkets inflytande. Räddningstjänstens roll i byggreglerna bör därför utredas vidare.

Förenklad dimensionering

Verifierbarhet av förenklad dimensionering av skydd mot brandspridning mellan byggnader bör ökas genom att till byggreglerna ges exempel på godkända accepterade lösningar. Schablonmetoden som idag återfinns i handböcker kan vara ett exempel. Utifrån beräkningar genomförda i denna rapport kan slutsatsen dras att denna schablonmetod är relativt tillförlitlig bortsett från att de ursprungliga förutsättningarna saknas. Om Boverket till framtida byggregler kommer att nyttja schablonmetoden krävs därför att denna nyanteras i form av tydligare designkriterier. Detta för att undvika de extremfall av byggnadsutformningar för vilka schablonerna inte är tillämpbara utan där analytisk dimensionering istället förespråkas.

De angivna åtgärderna till skydd mot brandspridning mellan småhus kan dock inte alltid förutsättas vara tillräckliga utan hjälp av räddningstjänsten. I exemplen på godkända förenklade dimensioneringslösningar bör därför räddningstjänstens roll tydligare definieras. Vad som menas med begreppet insatstid, vad som förväntas av räddningstjänsten och exempel på utökade brandskyddsåtgärder som krävs då räddningstjänstens insatstid är lång bör framgå. Vid dagens schablondimensionering enligt handböcker vägs visserligen de utökade brandskyddsåtgärderna in. Detta är dock på ett ganska enkelt sätt, då den faktiska kopplingen till hur stor branden och risken för brandspridning mellan byggnader är vid räddningstjänstens framkomst, är svag.

Analytisk dimensionering

I avseendet skydd mot brandspridning mellan byggnader är behovet av lämpliga verifieringsmetoder för analytisk dimensionering stort. Såväl lämpliga indata som metoder behöver tas fram. Nedan listas några parametrar för vilka detta anses behövas:

- De flesta beräkningsmetoder som finns för avståndsbedömning härstammar från gamla tester. Byggnadsutformningar och material kan idag skilja sig från hur det var på den tiden. Detta kan i sin tur betyda att brandbelastningen har förändrats från tidigare statistiska värden och således den temperatur och strålning som kan uppstå vid en brand. Det måste därför klargöras vilka indata som i detta avseende är giltigt idag.
- Idag finns många metoder, från gamla tester, i handböcker, europa-standard, etc., för att beräkna temperaturen vid den fullt utvecklade branden. Vilka av dessa som kan tillämpas vid brandskyddsprojektering för avståndsbedömning bör därför tydligare framgå. Alternativt borde maximala värden på emitterad strålning som kan användas för olika typer av byggnader anges. Huruvida man bör beakta brandcellens konstruktionsmaterials påverkan på temperaturen bör också framgå.

- Det behöver klargöras huruvida strålning från utvändiga flammor behöver beaktas vid strålningsberäkningar för avståndsbedömning eller om det är tillräckligt att endast räkna på strålning från brandhärden. Om strålning från flammor behöver beaktas bör det framgå om detta ska ske genom beräkningar eller med ett fixt avståndsvärde. Om beräkningar förespråkas bör anges vilka metoder som är lämpliga att använda
- Tydligare koppling till byggnadens storlek och våningsantal bör framgå, då det idag generellt byggs större småhus än tidigare, se Figur C5-Figur C7 i bilaga C. Storleksbegränsningar på byggnaden för vilken strålningen beräknas bör också fastställas, dvs. hur stor del av fasad som måste förväntas avge strålning på samma gång
- Definitionen av oskyddad yta bör förtydligas, dvs. vilka krav som ställs på fasader och tak för att dessa inte behöver inräknas i strålningsarean. I BBR föreskrivs visserligen att fasadbeklädnader vid brand inte får utveckla värme och rök i sådan omfattning att utrymning och brandsläckning försvåras eller så att stor risk för skador uppstår för personer som vistas i närheten. Till detta ges allmänt råd om att fasadbeklädnader bör vara av svårantändligt material eller uppfylla kraven för klass D-s2,d0. (BBR 2008a) Denna föreskrift saknar dock till viss del metoder och kriterier.
- Angivet värde på kritisk strålningsnivå bör förtydligas i vad mån detta är giltigt för, dvs. vilka exteriörmaterial som kan falla under denna gräns bör uppmärksammas. Hur alternativ strålningsnivåer kan bestämmas med ledning av fasadytornas utformning och material bör också förtydligas
- Utökade brandskyddsåtgärder bör göras verifierbara, dels i vad mån som krävs då räddningstjänstens insatstid är lång men också hur krav om oskyddad yta och avstånd kan förmildras genom sådana åtaganden under normal insatstid. Exempelvis bör fördelarna med automatiskt boendesprinklersystem lyftas fram. Vid installation av boendesprinkler kan exempelvis tekniskt byte i form av tätare placering mellan byggnader göras om man genom analytisk dimensionering kan verifiera att säkerheten enligt föreskrifternas krav är tillfredsställande (Trätek, 2008).
- Räddningstjänstens roll i att förhindra brandspridning bör tydligare definieras, dvs. hur detta får förutsättas vid avståndsberäkningar. Vad som ingår i begreppet insatstid, i form av resurser, bör tydliggöras

Ytterligare en parameter som bör förtydligas, men som inte har studerats närmare i föreliggande rapport är:

- Hur vindens påverkan på emitterad och mottagen strålning ska beaktas vid projektering

Räddningstjänstens roll i byggreglerna

Vid brand i småhus kan tidsförloppet tills branden är fullt utvecklad vara kort, vilket bl.a. beror på brandbelastningen och ventilationsförhållanden.

I de fall strålningsintensiteten uppnår kritiska värden sker detta ofta inom korta tidsramar vilket innebär att om räddningstjänstens insats förutsätts som del av brandskyddet kan tidsmarginalen vara väldigt knapp. ska räddningstjänsten som tidsberoende resurs få förutsättas som del av en byggnads brandskydd bör, vid dimensionering, osäkerheter och tillförlitlighet m.m. beaktas utifrån ett riskperspektiv.

För att kunna förutsätta räddningstjänsten som en del av det byggnadstekniska brandskyddet måste det dessutom regleras, antingen nationellt eller lokalt. Som påpekats i förstudien till revideringen (2006) av byggreglerna, bör kriterier för hur räddningstjänsten ska redovisa sina resurser, inkluderat insatstider, inom detaljplanelagt område tas fram av Boverket i samarbete med Räddningsverket. I detta bör all information som kan utgöra en förutsättning för det byggnadstekniska brandskyddet redovisas, såsom åtkomst, brandvattenförsörjning m.m. Som påpekats ovan bör även begreppet insatstid i tydligare definieras.

Även om räddningstjänsten i framtiden inte kommer ha en uttryckt roll i byggreglerna kommer övergångseffekten att vara väldigt lång då redan uppförda byggnader har en lång livslängd.

Referenser

Skriftliga källor

- Boverket (2008a). *Regelsamling för byggande, BBR 2008*, Boverket, Karlskrona, 2008.
- Boverket (2008b). *Handbok om brandbelastning*, Boverket, Karlskrona, 2008.
- Boverket (2008c). *Boverkets indikatorer, Mars 2008*, Boverket, Karlskrona, 2008.
- Boverket (2007). *Rättsutredningar BBR 20XX, miljöskydd, värdeskydd, organisatoriska krav*, Boverket, Karlskrona, 2007.
- Boverket (1993). *Boverkets byggregler BBR 94, föreskrifter och allmänna råd*, BFS 1993:57, Stockholm 1993, 1993.
- Boverket (1988). *Nybyggnadsregler, föreskrifter och allmänna råd*, BFS 1998:18, Stockholm, 1988.
- Bengt Dahlgren AB och Brandteknik LTH. *Förstudie revidering Boverkets byggregler kapitel 5 brandskydd*, 2006.
- Brandskyddslaget och Brandteknik LTH. *Brandskyddshandboken*, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, 2005.
- Brandskyddslaget och LTH-Brandteknik. *Brandskydd, Boverkets byggregler teori & praktik*, Brandteknik, Stockholm, 1994.
- Carlsson, E. *External fire spread to adjoining building - A review of fire safety design guidance and related research*, Report 5051, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, 1999.
- Clark, James M. W. *A review of the building separation requirements of the New Zealand Building Code Acceptable Solutions*, University of Canterbury, Christchurch, 1998.
- Department of Communities and Local Government (NBS). *Approved Document B, Volume 1 - Dwellinghouses*, NBS, London, 2000.
- Drysdale, D. *An introduction to fire dynamics second edition*, University of Edinburgh, UK, 2004.
- Erhvervs- og Byggestyrelsen (EBST). *Information om brandteknisk dimensionering*, EBST, Köpenhamn, 2004.

- Frantzich, H. M.fl. *Förstudie inför utvärdering av Boverkets byggregler-brand*, Rapport IR 7001, Brandteknik Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1997.
- Fredlund, B. M.fl. *Skydd mot brandspridning inom småhusbebyggelse i lättbetong*, Svenska Brandförsvarsföreningen (SBF), Stockholm, 1977.
- Karlsson, B. Quintiere, J. G. *Enclosure fire dynamics*, 2000.
- Miljöministeriet, Bostads- och byggnadsavdelningen. *E1 Finlands byggbestämmelsesamling, byggnaders brandsäkerhet, föreskrifter och anvisningar 2002*, Miljöministeriet, Helsingfors, 2002.
- Nationellt centrum för lärande av olyckor (NCO). *Räddningstjänst i siffror, fakta om räddningstjänstens insatser 1996-2005*, NCO 2006:9, Räddningsverket, Karlstad, 2006.
- Nordiska industrigruppen trähus/brandskydd. *Tät småhusbebyggelse och brandspridningsrisker*, 1975.
- Nordiska komite för bygningsbestämmelser (NKB). *Retningslinier for bygningsbrandtekniske bestemmelser for énfamiliehuse*, NKB-rapport nr. 25, 1975.
- Pettersson, O. Ödeen, K. *Brandteknisk dimensionering, Principer, underlag och exempel*, Lund och Stockholm, 1978.
- Pettersson, O. M.fl. *Brandteknisk dimensionering av stålkonstruktioner*, Stålbyggnadsinstitutet (SBI), Publikation 38, 1974.
- Räddningsverket (SRV). *Övertändning, backdraft och brandgasexplosion sett ur räddningstjänstens perspektiv*, SRV, Karlstad, 1998.
- Statens Bygningstekniske Etat (BE). *Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven, kap. VII personlig og materiell sikkerhet*, BE, 1997.
- Statens Planverk (1983a). *Statens Planverks författningssamling PFS 1983:2, Svensk byggnorm, SBN 1980 utgåva 2*, Statens Planverk, Stockholm, 1983.
- Statens Planverk (1983b). *Kommentarer till svensk byggnorm, byggnadstekniskt brandskydd i småhus*, Statens Planverk, Stockholm, 1983.
- Statens Räddningsverk. *Meddelande från Räddningsverket 1995:3, kommunal räddningstjänstplan, allmänna råd och kommentarer*, Statens Räddningsverk, 1995.
- Statistiska Centralbyrån (SCB) (2008a). *Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 2008, Boende, byggande och bebyggelse*, SCB, 2008.
- Statistiska Centralbyrån (SCB) (2008b). *Statistiska meddelanden BO 20 SM 0801, Byggande. Nybyggnad: Färdigställda bostadshus 2007*, SCB, 2008.
- Svenska Brandskyddsföreningen (SBF). *Brandskydd i Boverkets byggregler BBR*, Stockholm 2006.
- Svensk författningssamling (SFS). *Lag (2003:778) om skydd mot olyckor*, Försvarsdepartementet, 2004.
- Svensk författningssamling (SFS). *Räddningstjänstlag (1986:1102)*, Försvarsdepartementet, 1986.
- Swedish Standards Institute (SIS). *Svensk standard SS-EN 1991-1-2, Eurokod 1: Laster på bärverk*, SIS, 2002.

Tekniska Nomenklaturcentralen (TNC). *Plan- och byggtermer 1994*, TNC, Stockholm, 1994.

Muntliga källor

- Lundqvist, Magnus. Umeå Brandförsvär (2008-07-14). *Intervju angående räddningstjänstens roll i byggreglerna.*
- Edstam, Anders, Södertörns Brandförsvärsförbund (2008-07-04). *Intervju/mailkorrespondens angående räddningstjänstens roll i byggreglerna.*
- Eiman, Frida. Räddningstjänsten Östra Blekinge (2008-07-10). *Intervju angående räddningstjänstens roll i byggreglerna.*
- Johansson, Anders och Ekström, Daniel. Räddningstjänsten Storgöteborg (2008-07-14). *Intervju/brevkorrespondens angående räddningstjänstens roll i byggreglerna.*
- Johansson, Per. Norrköpings Brandförsvär (2008-07-03). *Intervju/mailkorrespondens angående räddningstjänstens roll i byggreglerna.*
- Nilsson, Bertil och Olsson, Peter. Räddningstjänsten Syd (2008-07-07). *Intervju/mailkorrespondens angående räddningstjänstens roll i byggreglerna.*
- Nyberg, Henrik. Räddningstjänsten Norrtälje (2008-07-03). *Intervju/mailkorrespondens angående räddningstjänstens roll i byggreglerna.*
- Olsen, Håkan. Räddningstjänsten Norra Jämtland (2008-07-03). *Intervju/mailkorrespondens angående räddningstjänstens roll i byggreglerna.*
- Pettersson, Stefan. Statistiska Centralbyrån Enheten för byggande- och bebyggelse (2008-07-16). *Intervju/mailkorrespondens angående småhusstatistik.*
- Rantatalo, Tomas (2008-07-29). *Intervju angående sammanställning av brandkraven i NR & BBR 94/BKR 94.*

Internetkällor

- A-hus (2008-07-16). *Husmodell Basic #*, <http://www.a-hus.se/Templates/HouseListBasic.aspx?PageID=81c9c651-da38-48cc-84b7-9053e2157ede>, A-hus, 2008.
- Department of Communities and Local Government (NBS) (2008-07-10). *Technical Guidance*, <http://www.planningportal.gov.uk/england/professionals/en/1115313971412.html>, NBS, 2008.
- Erhvervs- og Byggestyrelsen (EBST) (2008-07-10). *Bygningsreglement 2008, 5. Brandforhold*, http://www.ebst.dk/br08.dk/BR07_00_ID76/0/54/0, EBST, 2008.
- Miljöministeriet (2008-07-10). *Finlands byggbestämmelsesamling*, <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1364&lan=sv>, Miljöministeriet, 2008.
- Räddningsverket (SRV) (2008-07-09). *Indikatorer data och analys för skydd mot olyckor*, <http://ida.srv.se/port61/main/p/a0280>, SRV, 2008.
- Statens Byggnistekniske Etat (BE) (2008-07-10). *Byggregler*, <http://www.be.no/beweb/regler/regeltop.html>, BE, 2008.

Trätek (2008-08-13). *Boendesprinkler räddar liv*, Trätek, 2008.
<http://www.boendesprinkler.info/docs/Boendesprinkler-kontenta.pdf>
Älvsbyhus (2008-07-16). *Katalog Älvsbyhus, Lägre kostnad - Rikare liv*,
http://www.alvsbyhus.se/katalog/Alvsbyhus_Katalog.pdf, Älvsbyhus,
2008.

Bilaga A - Internationella byggregler

Danska byggregler

För byggreglerna, *Bygningsreglement 2008* (BR08), i Danmark är ansvarig myndighet *Erhvervs- og Byggstyrelsen*, EBST. BR08 ersatte tidigare *Bygningsreglement 1995* (Erhvervs- og etagebyggeri) och *Bygningsreglement 1998* (Småhuse) med en övergångsperiod från 2:a februari till 1:a augusti 2008.

I direkt anknytning till BR08 finns *SBi-anvisning 216, Anvisning om Bygningsreglement 2008* som faktablad till varje kapitel. Anvisningen är en hjälp till tolkning av reglementet.

Brandkraven i BR08 finns i reglementets kapitel 5, *Brandforhold*. Till detta finns också exemplen på hur funktionskraven för småhus kan uppfyllas i bilaga 5, *Brandeksempler i enfamiliehuse*. Till de funktionsbaserade brandkraven finns *Information om brandteknisk dimensionering*, med exemplen på beräkningsmetoder och procedurer samt förslag till parametrar som ska användas vid en brandteknisk dimensionering. (EBST, 2008)

Brandspridning till byggnader på annan tomt

Brandspridning till byggnader på annan tomt behandlas i BR08 5.5.3 inklusive SBi-anvisningar samt kapitel 5.6 i information om brandteknisk dimensionering.

Det föreskrivs att byggnader ska placeras på sådant avstånd från grannskap eller väg eller ska utföras på ett sådant sätt att det inte finns risk för brandspridning till byggnader på annan tomt. Avståndet till närliggande bebyggelse är avgörande för brandspridningsrisken pga. att intensiteten på värmestrålningen avtar med avståndet. Byggnadens utvändiga fasad ska också uppmärksammas då den har betydelse för brandspridningen. Den brandmässiga klassifikationen av en byggnads yttre fasad är betydande för hur lättantändlig byggnaden är när den påverkas av en brand som uppstått utanför byggnaden. Exempel på

avstånd som bebyggelse bör ha till grannskap och väg för att hindra brandspridning till annan tomt anges, se Tabell A2 nedan. (EBST, 2008)

(EBST, 2008)

Tabell A1. **Avstånd till grannar och väg**

Utvändiga ytor	Avstånd
K ₁ 10 B-s1,d0 (klass 1 beklädning)	≥ 2,5 m
Lägre än K ₁ 10 B-s1,d0	≥ 5 m
Byggnader med halmtak	≥ 10 m

I bilaga 5 beträffande 5.5.2 om brand och rökspridning till andra byggnader skrivs att i brandmässigt hänseende betraktas enfamiljshus som sammanbyggda när avstånden dem emellan är mindre än 5 meter. Är avståndet mellan 2,5 meter och 5 meter bör de avskiljas med byggnadsdel som minst uppfyller byggnadsklass EI 60. Är avståndet mindre än 2,5 meter kan det vara nödvändigt att vidta ytterligare åtgärder längs ytterväggen. (EBST, 2008)

I information om brandteknisk dimensionering anges att den kritiska strålningsintensiteten för byggnader med träfasad till 15 kW/m² i högst 30 minuter (EBST 2004).

Finska byggregler

I Finland trädde *Markanvändnings- och bygglagen* i kraft år 2000. Närmare bestämmelser och föreskrifter om byggande ingår i *Byggnadsförordningen*. Till dessa finns kompletterande föreskrifter och anvisningar om byggande i *Finlands byggbestämmelsesamling*. I byggbestämmelsesamlingen behandlas brandskyddet i del *E1 Byggnaders brandsäkerhet, Föreskrifter och anvisningar 2002*. Samlingen finns översatt till svenska. (Miljöministeriet, 2008)

Brandspridning till närliggande byggnader

Förhindrande av spridning av brand till närliggande byggnader behandlas i kapitel 9 i del E1 av byggbestämmelsesamlingen.

Det föreskrivs att avståndet mellan byggnader ska vara så stort att en brand inte med lätthet sprids till närliggande byggnader och att faran för regional brand förblir ringa. Om avståndet mellan byggnader är mindre än 8 meter, ska det genom konstruktiva eller andra medel tillses att brandspridningen begränsas. (Miljöministeriet, 2002)

Norska byggregler

Byggreglerna, *Plan- og bygningsloven* samt *Forskrift om krav till byggverk*, i Norge utfärdas av Statens Bygningstekniske Etat. För att

underlätt användningen av dessa finns också *Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven 1997* där brandskydd behandlas under *Kapitel VII Personlig og materiell sikkerhet*. (BE, 2008)

Brandspridning mellan byggverk

I vägledningen behandlas brandspridning mellan byggverk i §7-26, uppdelat i fyra delar, generella krav, brandspridning mellan låga respektive höga byggnader samt byggverk som utgör stor risk för brandspridning.

Som generellt krav anger man att avståndet mellan byggnader är avgörande för brandspridning. Det föreskrivs att när avståndet är 8 meter eller mer anses risken för brandspridning vara liten och det föreligger då vanligtvis inte behov av brandmotstånd i ytterväggar och tak.

För brandspridning mellan låga byggnader (takhöjd under 9 meter) föreskrivs att avståndet mellan husen kan vara mindre än 8 meter om de skiljs med brandbegränsande byggnadsdel. Det samlade bruttoareal av låga byggnader som ligger med inbördes avstånd mindre än 8 meter får dock inte vara större än angivna värden för sektionering.

För brandspridning mellan byggverk föreskrivs också om byggverk som utgör stor risk för spridning av brand. Det anges att risken för brandspridning är särskilt stor i byggverk med stor brandenergi och där räddningstjänstens insatstid är lång. Sådana byggnader kan vara avsides belägna hotell och hus, ekonomi lantbruk eller timmerupplag. För dessa byggnader anges sedan vilka bruttoarealer, avstånd etc. som ska uppfyllas för att reducera faran för brandspridning och därmed uppnå acceptabel person- och egendomssäkerhet. (BE, 1997)

Engelska byggregler

För byggreglerna, *The Building Regulations 2000*, i England och Wales ansvarar *Communities and Local Government*. Vägledning för att uppfylla kraven finns publicerat i *Approved Documents* där del B behandlar brandskydd. *Approved Documents B (2006 Edition)* är uppdelat i två volymer, *Volume 1* och *Volume 2*, som behandlar bostäder respektive övriga byggnader. (NBS, 2008)

Avstånd mellan byggnader

Avstånd mellan byggnader i avseendet brandspridning behandlas i *Section 9* i första volymen av brandskyddsreglerna.

Där föreskrivs att för att förhindra brand från att sprida sig mellan byggnader på olika sidor en gräns måste strålningen begränsas genom att begränsa mängden oskyddade öppningar i väggen och ta hänsyn till avståndet till gränsen. Som gräns menas tomtgräns eller en teoretisk gräns placerad mitt mellan två byggnader. Vid avståndsbedömning mellan byggnader räknas avståndet till gränsen istället för till närliggande byggnader för att kunna möjliggöra beräkning av den maximalt tillåtna oskyddade ytan i externa väggen utan att behöva ta hänsyn till andra byggnader.

I en bilaga till reglerna specificeras vilken brandteknisk klass som krävs för en yta, beroende på vilken del av byggnaden den utgör, för att denna inte ska betraktas som oskyddad. Generellt gäller att brandteknisk

klass REI 30 måste uppfyllas för väggar. Små oskyddade ytor, mindre än $1,0 \text{ m}^2$ kan försummas vid avståndsbedömning eftersom risken för brandspridning genom dessa är väldigt små. Detta förutsätter dock att vissa avstånd, som anges, mellan de oskyddade ytorna uppfylls.

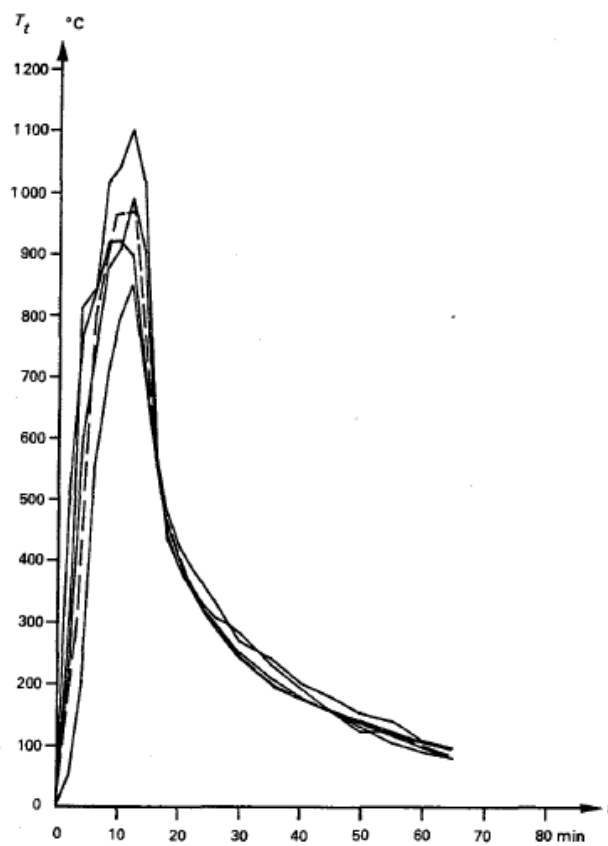
Två metoder för att beräkna den maximalt tillåtna oskyddade ytan anges, metod 1 för små byggnader och metod 2 för övriga byggnader. Målet med metoderna är att säkerställa att byggnaden placeras på åtminstone halva avståndet från en gräns där strålningsintensiteten mottagen från alla oskyddade ytor uppgår till maximalt $12,6 \text{ kW/m}^2$. För metod 1 ska varje sida av byggnaden uppfylla avstånden till gräns enligt Tabell A2, antaget att emitterad strålning från oskyddade ytor i väggen är under 84 kW/m^2 . Om byggnaden förses med automatiskt sprinklersystem kan avstånden få halveras, dock ej till mindre än 1 meter, eller den oskyddade ytan får dubblas. (NBS, 2000)

Tabell A2. (NBS, 2000)

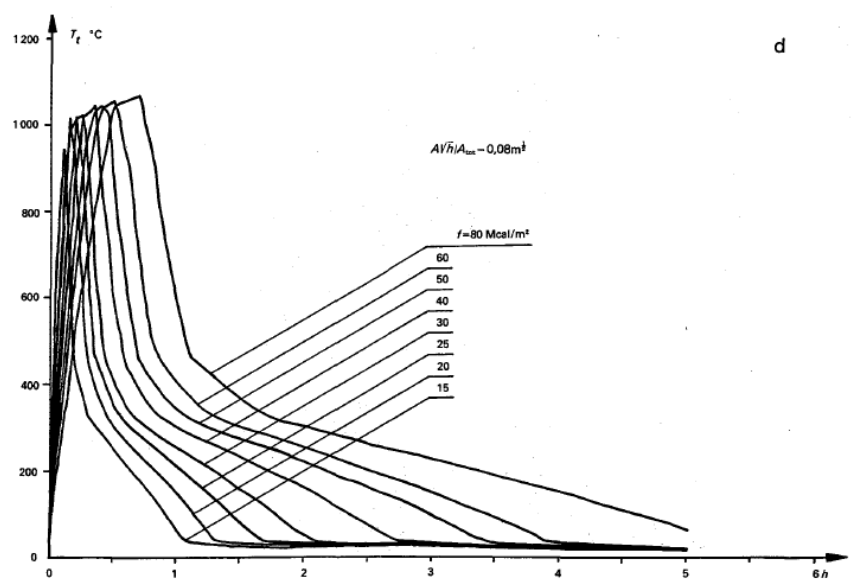
Tillåten oskyddad ytan för metod 1	
Minsta avstånd mellan sida av byggnad och gräns (m)	Total maximal oskyddade ytan (m^2)
1	5,6
2	12
3	18
4	24
5	30
6	Ingen gräns

Bilaga B - Figurer till metod för avståndsbedömning

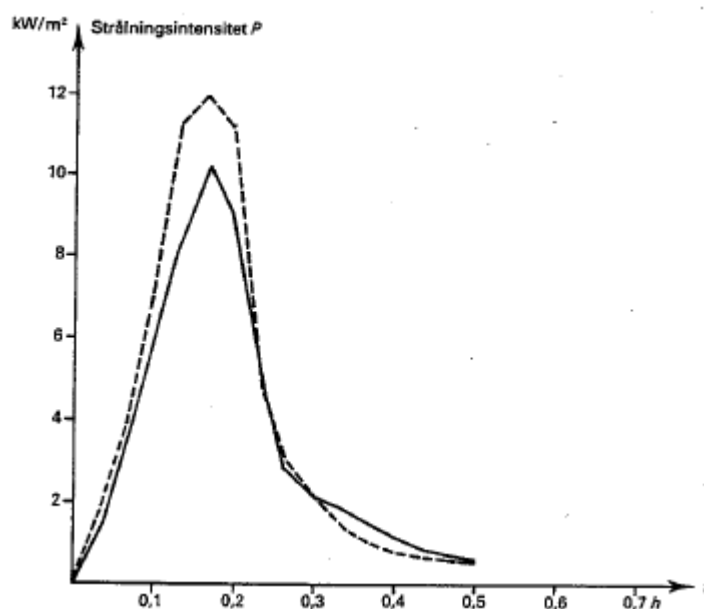
Figur B1. Jämförelse av teoretiskt beräknad temperatur och experimentellt bestämda. (Fredlund, 1977)



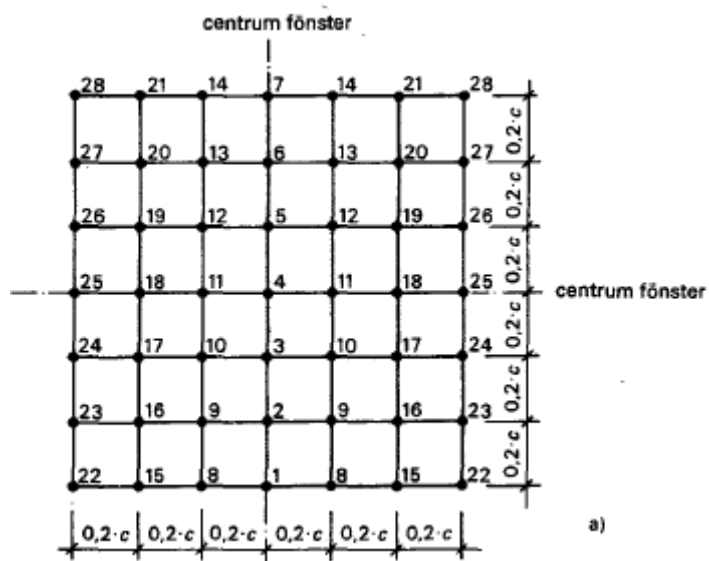
Figur B2. Gastemperatur-tidkurvor för fullständigt brandförlopp vid varierande värden för brandbelastningen och öppningsfaktorn $0,08 \text{ m}^{1/2}$. (Fredlund, 1977)



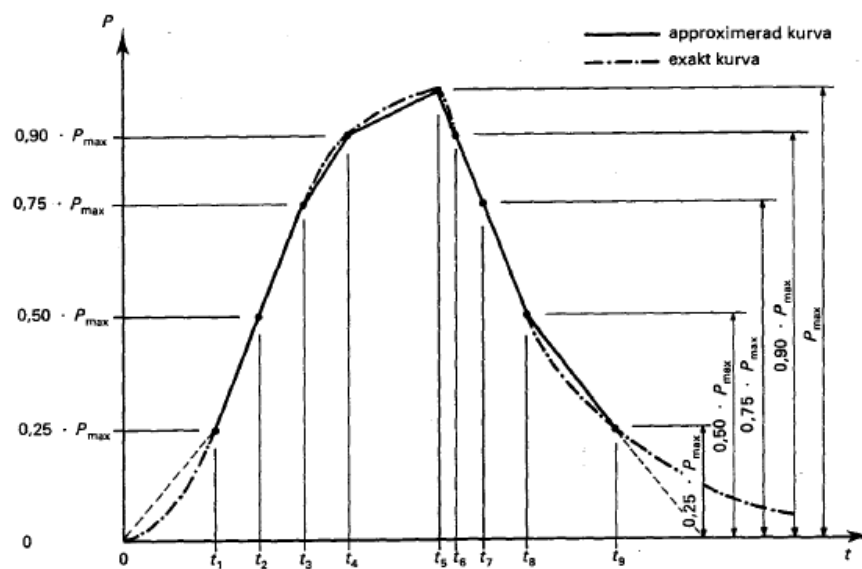
Figur B3. Jämförelse av teoretiskt beräknad tidkurva för strålningsintensitet och experimentellt bestämd, i mätpunkt 4 för öppningsfaktorn $0,08 \text{ m}^{1/2}$ och brandbelastning 30 Mcal/m^2 . (Fredlund, 1977)



Figur B4. Orientering av de referenspunkter som omfattas av det beräkningsunderlättande tabellunderlaget. (Fredlund, 1977)



Figur B5. Definition av de tidskonstanter som bestämmer tidkurvan för strålningsintensiteten. (Fredlund, 1977)



Figur B6. Gastemperaturens tidsvariation för fullständigt brandförlopp vid varierande värden för brandbelastningen och öppningsfaktorn $0,08 \text{ m}^{1/2}$. (Fredlund, 1977)

Tid t (h)	$f(\text{Mcal/m}^2)$							
	15	20	25	30	40	50	60	80
	$f(\text{MJ/m}^2)$							
	63	84	105	125	167	209	251	334
$A\sqrt{h}/A_{\text{tot}} = 0,08 \text{ m}^{1/2}$								
0,05	648	482	418	346	291	242	214	174
0,10	947	837	736	610	509	420	366	292
0,15	716	1 019	984	839	709	587	512	405
0,20	444	887	1 021	1 022	881	741	649	514
0,25	388	609	871	1 027	1 023	877	776	619
0,30	328	447	649	880	1 034	990	887	719
0,35	309	403	469	675	1 047	1 037	985	811
0,40	291	361	429	526	853	1 049	1 040	891
0,45	274	326	392	448	708	1 030	1 052	970
0,50	256	308	356	414	596	853	1 061	1 045
0,60	221	277	313	352	445	621	920	1 063
0,70	186	246	288	316	394	460	676	1 072
0,80	149	214	263	296	347	416	506	919
0,90	109	184	238	276	320	379	442	715
1,00	65	151	213	257	304	343	408	587

Figur B7. Strålningsmaximum framför en fönsteröppning i olika referenspunkter på olika avstånd, vid öppningsfaktorn $0,08 \text{ m}^{1/2}$ och brandbelastning 40 Mcal/m^2 . (Fredlund, 1977)

Punkt	Avstånd c (fig 4.4 a)							Punkt	Avstånd c (fig 4.4 a)							tim
	3m	4m	5m	6m	8m	10m			3m	4m	5m	6m	8m	10m		
1	15,9	9,9	6,7	4,8	3,5	2,2		15	14,3	8,7	5,8	5,8	3,2	2,0		t_1 0,14
2	21,7	13,4	9,1	6,5	4,3	2,7		16	19,4	11,8	7,8	7,0	3,8	2,4		t_2 0,18
3	27,8	17,1	11,5	8,1	5,0	3,2		17	24,8	14,9	9,7	8,1	4,4	2,8		t_3 0,22
4	32,9	19,9	13,1	9,2	5,4	3,4		18	29,4	17,2	11,0	8,7	4,7	2,9		t_4 0,24
5	35,3	20,8	13,3	9,2	5,2	3,3		19	32,0	18,0	11,2	8,6	4,6	2,8		t_5 0,25
6	33,6	19,1	11,6	7,8	4,6	2,9		20	31,9	16,6	9,8	7,8	4,1	2,5		t_6 0,31
7	27,3	14,4	8,8	5,9	3,8	2,4		21	27,3	12,6	7,5	6,7	3,5	2,2		t_7 0,34
8	15,6	9,5	6,4	4,6	3,4	2,2		22	12,8	7,6	5,0	5,3	2,9	1,9		t_8 0,37
9	21,3	13,0	8,7	6,2	4,2	2,6		23	17,2	10,0	6,5	6,3	3,4	2,1		t_9 0,41
10	27,3	16,5	11,0	7,8	4,9	3,0		24	21,8	12,5	8,0	7,1	3,9	2,4		
11	32,3	19,2	12,6	8,8	5,2	3,2		25	25,7	14,3	9,0	7,7	4,1	2,6		
12	35,1	20,0	12,7	8,7	5,0	3,1		26	27,9	14,8	9,0	7,6	4,0	2,5		
13	34,6	18,2	11,1	7,5	4,5	2,8		27	28,1	13,5	8,0	7,0	3,7	2,3		
14	28,7	13,9	8,4	5,7	3,7	2,3		28	24,9	10,6	6,3	6,1	3,2	2,0		

Bilaga C - Småhusstatistik

Nybyggnation

Enligt Boverkets indikatorer från mars 2008, för utveckling på bygg-, bostads- och kreditmarknaden har nybyggnationen av småhus de senaste två åren, 2006-2007, varit runt 13 500-14 500 årligen, se Figur C1. Prognosen för bostadsbyggandet de följande två åren förutspås till ungefär detsamma, se Figur C2. (Boverket, 2008c)

Figur C1. Nybyggnation av bostäder. (Boverket, 2008c)

	2006 jan-dec	2007 jan-dec (uppräknat)	Förändring jan-dec 2007/ jan-dec 2006
Bygglov			
Totalt	44 610	28 703	-35%
Flerbostadshus	30 029	15 114	-50%
Småhus	14 581	13 588	-7%

Figur C2. Prognoser för bostadsbyggandet. (Boverket, 2008c)

	Antal påbörjade bostäder			
	2006	2007	2008	2009
Boverket, mars 2008				
Faktiskt påbörjade bostäder, nybyggnad				
Flerbostadshus	23 000 ¹	22 500 ³	21 000	22 500
Småhus	13 600	14 000	14 500	14 800
Totalt nybyggnad	36 600	36 500	35 500	37 300
Nettotillskott genom ombyggnad	4 500 ²	2 000 ⁴	2 000	2 000
Totalt, faktiskt påbörjade bostäder	41 100	38 500	37 500	39 300

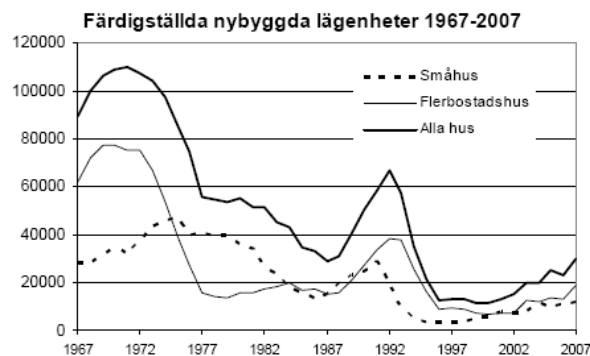
Motsvarande statistik från Statistiska Centralbyråns (SCB) bostads och byggnadsstatistik årsbok 2008 visar på att nybyggnationen av småhus år 2004-2006 har varit ungefär 10 000-11 000 årligen, se Figur C3. Statistiken visar också på att nybyggnationen av småhus är litet i förhållande till befintligt bestånd, endast cirka 0,5-0,6 %. (SCB, 2008a)

Figur C3. Bostadsbeståndet och dess förändringar, småhus. (SCB, 2008a)

Riket Antal lägen- heter	Vid årets början	Ny- byggnad +	Rivna -	Vid årets slut
2001	1 962 579	7 884	64	1 970 399
2002	1 970 399	7 227	151	1 977 475
2003	1 977 475	8 143	57	1 985 561
2004	1 985 561	11 578	67	1 997 072
2005	1 997 072	10 076	51	2 007 097
2006	2 007 097	11 036	40	2 018 093

I SCB:s statistiska meddelande, om färdigställda bostadshus 2007 finns en historisk tillbakablick över färdigställandet av småhus de senaste 40 åren, se Figur C4. I denna figur kan ses att nybyggnation av småhus var som störst 1972-1982, med cirka 40 000 färdigställda lägenheter i småhus årligen. Nybyggnationen kom därefter att minska stadigt fram till 1987 då färre än 20 000 lägenheter i småhus färdigställdes. Från 1987-1991 skedde åter en ökning upp till 30 000 nybyggnationer varefter det åter minskade stadigt fram till 1997, till färre än 5 000. De senaste tio åren har därefter en långsam ökning skett. (SCB, 2008b)

Figur C4. Färdigställda nybyggda lägenheter 1967-2007. (SCB, 2008b)



Bostadstyper

Från SCB:s bostads och byggnadsstatistik kan man se att hustypen för småhus främst utgörs, med ungefär motsvarande andel, av friliggande enbostadshus eller radhus/parhus, se Figur C5. Ungefär hälften av småhusen uppförs i två våningsplan och ungefär hälften så många uppförs i ett respektive ett och ett halvt våningsplan, enligt Figur C6. I Figur C7 kan ses att småhus med fem rum och kök idag är vanligast, därefter fyra respektive sex rum och kök. Detta resulterar i att den genomsnittliga bostadsarean är drygt 120 m² vilket kan ses Figur C7. (SCB, 2008a)

Figur C5. Lägenheter i gruppbyggda* småhus efter hustyp. (SCB, 2008a)

*Gruppbyggda småhus används som gemensam beteckning på småhus som ska upplåtas med hyresrätt respektive bostadsrätt eller som ska försälas (Pettersson, 2008).

	Antal lägenheter	Därav i % efter hustyp			
		Friliggande enbostadshus	Radhus, parhus	Kedjehus	Övriga hus
2000	2 320	52	34	9	4
2001	2 229	48	43	6	3
2002	1 946	54	34	10	2
2003	2 503	52	39	9	1
2004	2 932	52	40	7	1
2005	3 329	43	47	9	2
2005					
Storstadsområdena	1 833	51	35	12	2
Stor-Stockholm	458	52	26	18	4
Stor-Göteborg	883	46	41	12	2
Stor-Malmö	512	60	33	7	-
Riket i övrigt	1 496	32	62	5	1

Figur C6. Lägenheter i gruppbyggda småhus efter antal våningsplan. (SCB, 2008a)

	Antal lägenheter	Antal våningsplan %				
		1	1 1/2	2	Slutvåningshus	Annat
1995	1 103	25	39	31	4	0
1996	2 067	22	27	37	4	10
1997	1 086	32	21	39	5	4
1998	1 247	20	20	54	2	5
1999	1 150	19	23	54	1	4
2000	2 320	18	21	50	3	8
2001	2 229	19	30	41	1	9
2002	1 946	23	26	39	5	8
2003	2 503	19	17	51	2	10
2004	2 932	22	14	51	2	10
2005	3 329	24	16	52	2	5

Figur C7. Lägenheter i färdigställda hus efter lägenhetstyp. (SCB, 2008a)

Hustyp	Färdigställandeår	Alla lägenheter	Lägenhetstyp							
			1R/1RKV	2+R/2+RKV	1RK	2RK	3RK	4RK	5RK	6RK 7+RK
			1RKV	2+RKV						
Småhus	2002	7 227	2	14	4	187	753	1 835	2 017	1 538 877
	2003	8 143	3	10	3	143	761	2 220	2 178	1 828 997
	2004	11 578	6	26	12	240	1 153	2 954	3 133	2 524 1 530
	2005	10 076	4	13	6	236	953	2 480	3 037	2 192 1 155
	2006	11 036	-	10	12	284	1 265	2 674	3 171	2 350 1 270
	2007	12 083	18	4	25	168	1 194	2 877	3 972	2 473 1 352

Figur C8. Genomsnittlig bostadsarea i m² i gruppbyggda småhus efter lägenhetstyp. (SCB, 2008a)

	Alla lägenheter	Lägenhetstyp							
		1+R 1+RKV	1RK	2RK	3RK	4RK	5RK	6RK	7+RK
Bostadsarea m ²									
1998	103,7	44,2	50,1	58,1	69,3	107,9	118,5	135,0	158,0
1999	103,3	41,8	37,2	58,3	67,5	106,1	119,1	136,1	146,2
2000	120,7	42,7	43,3	67,7	68,0	113,7	128,5	152,5	151,1
2001	123,2	52,0	59,8	76,1	94,5	116,7	135,8	151,7	166,9
2002	123,5	26,3	47,0	65,0	67,1	118,1	133,2	149,7	161,6
2003	122,3	42,2	44,1	54,4	64,3	114,6	134,2	156,2	183,7
2004	122,3	42,8	35,0	70,7	69,0	114,5	134,9	144,4	165,0
2005	124,2	-	60,5	66,9	69,0	116,4	135,1	150,5	181,7