



# Brandbelastning



# Handbok om brandbelastning

Boverket juli 2008

Titel: Brandbelastning  
Utgivare: Boverket juli 2008  
Upplaga: 1  
Antal ex: 5 000  
Tryck: Danagårds Grafiska  
Tryck: ISBN 978-91-86045-16-6  
PDF: ISBN 978-91-86045-17-3  
ISSN: 1400-1012

Sökord: Brandbelastning, bärförmåga, dimensionering,  
beräkningar, tabulerad data, brandenergi, handbok

Omslagsfoto: Peter Fischer/Bildarkivet

Publikationen kan beställas från:  
Boverket, Publikationsservice, Box 534, 371 23 Karlskrona  
Telefon: 0455-35 30 50  
Fax: 0455-819 27  
E-post: publikationsservice@boverket.se  
Webbplats: www.boverket.se

Handboken finns att ladda ner som pdf på  
[www.boverket.se](http://www.boverket.se)  
Rapporten kan även på begäran beställas i alternativt format som Daisy, inläst på kassett m.m.

©Boverket 2008

# 1 Förord

Boverkets handbok om brandbelastning har två primära syften, dels att fungera som nationellt anpassningsdokument till de nya europeiska beräkningsstandarderna, eurokoderna, dels att ersätta den tidigare referensen *Brandteknisk dimensionering av betongkonstruktioner*, Statens råd för byggnadsforskning 1992, som Boverket har hänvisat till i Boverkets byggregler, BKR.

Handboken fungerar som ett underlag till beräkningar i samband med dimensionering av bärförmåga vid brand. Målgruppen är projektörer och konstruktörer av brandskydd i bärande konstruktioner.

I utvecklingen av Boverkets handbok om brandbelastning har Robert Jönsson, Lunds Tekniska Högskola, deltagit. Ansvarig handläggare för projektet är Michael Ström-gren, brandingenjör på Boverket.

Karlskrona 1 juli 2008



Janna Valik  
generaldirektör



# Innehåll

1	Allmänt om handboken .....	7
	1.1 Terminologi .....	8
2	Bestämning av dimensionerande brand belastning .....	9
	2.1 Allmänt .....	9
	2.1.1 Reduktionsfaktor för automatisk vattensprinkleranläggning .....	10
	2.2 Bestämning av brandbelastning genom beräkning .....	10
	2.2.1 Allmänt .....	10
	2.2.2 Permanent brandenergi .....	11
	2.2.3 Variabel brandenergi .....	12
	2.2.4 Skyddad brandenergi .....	13
	2.2.5 Oskyddad brandenergi .....	13
	2.2.6 Förbränningsbeteende .....	13
	2.3 Bestämning av brandbelastning genom tabulerad data .....	14
	2.3.1 Permanent brandbelastning .....	14
	2.3.2 Variabel brandbelastning .....	14
3	Litteraturförteckning .....	15
	Bilaga A Underlag för beräkning av brandbelastning .....	16



# 1 Allmänt om handboken

Denna handbok är ett komplement till SS-EN 1991-1-2 för bestämning av brandbelastning. Bärförmåga vid brand kan dimensioneras genom två metoder. De är (1) klassificering och (2) modell av naturligt brandförlopp, se även Boverkets byggregler, BBR, avsnitt 5:8 respektive Boverkets konstruktionsregler, BKR, avsnitt 10. I bägge metoderna ingår brandbelastning som en parameter och denna handbok är tillämplig i följande fall:

## **(1) Klassificering**

Vid dimensionering av bärförmåga enligt klassificering så kan denna handbok endast tillämpas för verksamheter som inte nämns i BBR avsnitt 5:821. Handboken gäller alltså inte för bostads- och kontorslägenheter, skolor, hotell, personbilsgarage, livsmedelsbutiker, lägenhetsförråd och jämförbara brandceller.

## **(2) Modell av naturligt brandförlopp**

Vid dimensionering baserad på modell av naturligt brandförlopp kan denna handbok tillämpas för samtliga fall. Observera att det inte är möjligt att använda brandbelastningar ur BBR avsnitt 5:82 för denna dimensioneringsmetod samt att säkerhetsfaktorer för dimensionerande värde på brandbelastningen enligt BKR 10:221 ska användas i tillämpliga fall.



## 1.1 Terminologi

Tabell 1.

<b>Brandtekniskt begrepp</b>	<b>Definition</b>
Brandbelastning [MJ/m <sup>2</sup> ]	Brandenergi (eller total potentiell utvecklad värmeenergi under ett fullständigt brandförlopp) per kvadratmeter ytenhet. Ytenheten kan vara antingen omslutningsarea eller golvarea.
Brandcell	Ett eller flera rum i en byggnad, med särskilt utformade omslutande konstruktioner, som förhindrar spridning av brand och brandgas till delar av byggnaden.
Brandenergi [MJ]	Total potentiell utvecklad värmeenergi under ett fullständigt brandförlopp inom ett definierat område.
Brandscenario	Hur spridning av brand och brandgas utvecklas i eller mellan byggnader. Det finns flera faktorer som påverkar brandscenariot, t.ex. byggnadsteknik, brännbara produkter, mänskliga faktorer, funktion hos brandtekniska installationer, meteorologiska förhållanden och tillgång till räddningstjänst.
Dimensionerande brand	Brandförlopp som används för dimensionering av brandskydd, t.ex. bärförmåga. Brandförloppet kan vara olika beroende på dimensioneringens ändamål. Anges vanligen i form av en effektutveckling eller temperaturförändring som funktion av tid. Dimensionerande brandförlopp är beroende av omgivningen där branden utvecklas t.ex. mängd och typ av bränsle, ytskikt, rummets konstruktion, ventilationsförhållanden, släcksystem, m.m.
Dimensionerande brandbelastning	Den brandbelastning som väljs som dimensionerande värde för att bestämma t.ex. temperatur - tidkurva vid brandteknisk dimensionering. Värdet bör ge utrymme för osäkerheter i modellen.
Fullt utvecklad brand	Tillstånd där samtliga brännbara ytor är involverade i en brand inom ett definierat utrymme.
Övertändning	Övergångsstadiet mellan det tidiga skedet av en brand och en fullt utvecklad brand. Stadiet kännetecknas av en plötslig och sammanhängande övergång där de varma gaserna och de varma omslutningsytorna leder till att alla brännbara ytor i brandrummet pyrolyseras.

## 2 Bestämning av dimensionerande brandbelastning

Brandbelastning är ett mått på den potentiellt utvecklade värmeenergin under ett fullständigt brandförlopp och kan mätas på två sätt:

- (1) per kvadratmeter omslutningsarea,  $q_o$ , eller
- (2) per kvadratmeter golvarea,  $q_f$ .

Valet mellan  $q_o$  och  $q_f$  beror på vilket användningsområde som avses, exempelvis gäller brandbelastning enligt BBR 5:81 för  $q_o$ , medan vissa modeller för naturligt brandförlopp använder sig av  $q_f$ . Brandbelastning per golvarea är också det internationellt sett vanligaste måttet.

Med geometrisk data för den aktuella brandcellen kan  $q_o$  enkelt beräknas ur ekvationen 1.1 nedan givet att  $q_f$  är känt eller vice versa. Allmänt om bestämning av dimensionerande brandbelastning,  $q_o$  eller  $q_f$ , ges i handbokens kapitel 2.1.

$$q_o = q_f \cdot \frac{A_f}{A_o} \quad (1.1)$$

$q_o$  = brandbelastning per kvadratmeter omslutningsarea

$q_f$  = brandbelastning per kvadratmeter golvarea

$A_o$  = brandcellens omslutningsarea (inkl. öppningar)

$A_f$  = brandcellens golvarea

### 2.1 Allmänt

Dimensionerande brandbelastning kan bestämmas på tre sätt:

A. Genom beräkning av variabel respektive permanent

brandbelastning. Vägledning för beräkning ges i kapitel 2.2 med stöd av bilaga A.

- B. Genom tabulerad data för variabel respektive permanent brandbelastning. Data för permanent brandbelastning ges i kapitel 2.3.1. Data för representativ variabel brandbelastning kopplat till typ av verksamhet ges i kapitel 2.3.2, tabell 2.
- C. Genom en kombination av A och B. Exempelvis kan data hämtas ur tabell 2 för variabel brandbelastning, medan permanent brandbelastning beräknas enligt 2.1 och vice versa.

Observera att variabel brandbelastning endast får bestämmas genom beräkning om verksamheten inte är representerad i tabell 2.

### **2.1.1. Reduktionsfaktor för automatisk vattensprinkleranläggning**

En reduktionsfaktor kan användas för att väga in effekterna av en automatisk vattensprinkleranläggning. Dimensionerande brandbelastning bestämd enligt A, B eller C kan multipliceras med reduktionsfaktorn 0,61 om automatisk vattensprinkleranläggning enligt BBR 5:235 har installerats. Reduktionsfaktorn grundar sig i ett sannolikhetsresonemang där säkerheten i en normal osprinklad byggnad anses likvärdig med säkerheten i en byggnad med automatisk vattensprinkleranläggning vars bärverk är dimensionerat med reducerad brandbelastning.

## **2.2 Bestämning av brandbelastning genom beräkning**

### **2.2.1 Allmänt**

Brandbelastningen  $q$  härleds ur

$$q = \frac{1}{A} \sum M_i H_{wi}(m_i) = \sum q_i \quad [\text{MJ}/\text{m}^2] \quad (1.2)$$

där samtliga typer av brandenergi som kan bidra till brandförloppet ingår.

$M_i$	mängd brännbart material som deltar i brandförloppet [kg]
$H_{ui}$	effektivt förbränningsvärme [MJ/kg], se bilaga A
$A$	golvarea i det definierade brandrummet [m <sup>2</sup> ]
$m_i$	koefficient för förbränningsbeteende [-], se kapitel 2.2.6

Boverket rekommenderar att man skiljer mellan permanent, variabel, skyddad och oskyddad brandenergi med hänsyn till den sannolika mängd material som är tillgänglig i händelse av brand och sannolikheten för dess deltagande i brandförloppet (eller möjligtvis dess fördröjda deltagande).

Detta ger en kombinationsregel för dimensionerande brandbelastning enligt följande:

$$q_d = \sum_i q_{ki} \gamma_{qi} \psi_{qi} \psi_{pi} \quad [\text{MJ}/\text{m}^2] \quad (1.3)$$

där

$q_d$	= dimensionerande brandbelastning
$q_{ki}$	= karakteristiskt värde för brandbelastning för de typer av brandenergi som har beaktats
$\gamma_{qi}$	= partialkoefficient för brandbelastning, generellt väljs ett unikt värde ( $\gamma_{qi} = \gamma_q$ )
$\psi_{qi}$	= kombinationskoefficient för variabel brandenergi
$\psi_{pi}$	= kombinationskoefficient för skyddad brandenergi ( $\psi_{pi} = 1,0$ för oskyddad brandenergi)

### 2.2.2 Permanent brandenergi

Som permanent brandenergi betecknas brännbara material som inte visar någon, eller endast försumbar variation av mängden material och dess förbränningsbeteende under byggnadens ekonomiskt rimliga livslängd. Respektive materials permanenta brandbelastning införs i beräkningen genom dess förväntade (nominella) värde  $q_{ni}$ :

$$q_{ki} = q_{ni} \quad (1.4)$$

All fast eller inbyggd brandenergi, t.ex. brännbart byggnadsmaterial inklusive den bärande konstruktionen, ytskikt, beklädnad, permanent installerad teknisk utrustning, klassas generellt som permanent brandenergi.

I händelse av större strukturella förändringar, t.ex. tilläggsisolering i samband med energisparande åtgärder, kan den permanenta brandbelastningen öka. Därför kan konservativa uppskattningar av  $q_{ni}$  vara att föredra.

### 2.2.3 Variabel brandenergi

Brännbart material, som till mängd och förbränningsbeteende, kan variera under byggnadens ekonomiskt rimliga livslängd betecknas som variabel brandenergi. Variabel brandenergi införs generellt sett i beräkningen genom materialens karakteristiska värde  $q_{ki}$  (som motsvarar en specifik fraktil ur ett representativt statistiskt material). Dimensionerande brandbelastning för variabel brandenergi bör med hänsyn till variationer under byggnadens livscykel inte understiga 50 MJ/m<sup>2</sup> golvarea.

*Kommentar:* Karakteristiska värden specificeras exempelvis som:

$$q_{ki} = q_{ni} (1 + kV_{qi}) \quad (1.5)$$

som hänför sig till en normalfördelning.

$$q_{ki} = q_{ni} \exp(k\sqrt{\ln(V_{qi}^2 + 1)}) \quad (1.6)$$

som hänför sig till en lognormalfördelning.

Till exempel,

för  $V_{ni}=0.2$  och en 80 % - fraktil blir

$$q_{ki} \approx q_{ni} \times 1,17$$

Där  $q_{ni}$  motsvarar det förväntade värdet.

$V_{qi}$  är variationskoefficienten och  $k$  är fraktilfaktorn. Fraktilvärden på minst 80 procent bör användas för att ta hänsyn till osäkerheterna i materialens karakteristiska värden.

När flera typer av variabel brandenergi förekommer, som kan anses vara oberoende av varandra, kan det osannolika i flera simultant höga värden beaktas genom kombinationskoefficienten  $\psi_{qi}$ . Då representeras den variabla brandenergins individuella bidrag till den totala brandbelastningen med  $\psi_{qi}$  och  $q_{ki}$ . Kombinationskoefficienten  $\psi_{qi}$  kan härledas i likhet med hur variabla mekaniska laster beaktas.

$\psi_{qi} = 0.8$  bör användas vid tillfällen där flera typer av brandenergi förekommer. Det enkla uttrycket kan då anses vara tillräckligt. För dominerande brandenergi med stor varians, som kan förekomma i e:  $\psi_{qi} q_{ni} \cong q_{ni}$  industrier, rekommenderas  $\psi_{qi} = 1,0$  för den mest ogynnsamma brandenergin.

Exempel på variabel brandenergi är lagervaror, flyttbar utrustning och möbler. Om verksamheten förändras i byggnaden eller i brandcellen, kan en ny bedömning vara nödvändig. Därför kan konservativa uppskattningar av  $q_{ni}$  vara fördelaktiga.

Variabel brandbelastning kan även bestämmas genom tabulerad data enligt tabell 2 som bygger på statistisk mätdata.

#### 2.2.4 Skyddad brandenergi

Brännbara material som är skyddade mot brandexponering, dvs. att sannolikheten för involvering i ett troligt brandförlopp är låg, betecknas som skyddad brandenergi. Bedömning av skyddseffekten kräver en uppskattning av sannolikheten för involvering i ett troligt brandförlopp, t.ex. som felfrekvens för skyddet i händelse av brand.

#### 2.2.5 Oskyddad brandenergi

Oskyddad brandenergi betecknas som brännbara material som inte är skyddade av obrännbara beklädnader, ytskikt, inneslutningar eller genom särskilda lagningsförhållanden (låg temperatur eller hög luftfuktighet). De introduceras i beräkningarna genom antagandet  $\psi_{pi} = 1,0$ . Genom att anta att samtliga typer av brandenergi är oskyddad görs en konservativ uppskattning.

#### 2.2.6 Förbränningsbeteende

Större delen av beräkningsunderlaget som används vid dimensionering av brandskydd i bärande konstruktioner kommer från försök med träbaserade bränslen. Andra typer av brandenergi än trä kan uttryckas med motsvarande energimängd. Dock blir uppskattningen grov, eftersom man inte tar hänsyn till det brännbara materialets förbränningsegenskaper så som karaktär, form, storlek, fördelning och lagringsdensitet. Förbränningsbeteendet

påverkas också av bränslets geometriska egenskaper och bränslets position i brandrummet.

## 2.3 Bestämning av brandbelastning genom tabulerad data

### 2.3.1 Permanent brandbelastning

Den permanenta brandbelastningen kan schablonmässigt sättas till 50MJ/m<sup>2</sup> omslutningsarea. Som alternativ kan permanent brandbelastning beräknas enligt kapitel 2.2.

### 2.3.2 Variabel brandbelastning

Dimensionerande brandbelastning för variabel brandenergi bör med hänsyn till variationer under byggnadens livscykel inte understiga 50 MJ/m<sup>2</sup> golvarea.

Tabell 2. Variabel brandbelastning,  $q_k$  [MJ/m<sup>2</sup>golvarea] för olika verksamheter.

<b>Verksamhet, allmänt</b>	<b>MJ/m<sup>2</sup> 80 % fraktil</b>
Bostad	800
Kontor	520
Arkiv	1900
Skola	370
Sjukhus (rum)	360
Hotell (rum)	400
Shoppingcentrum	730
Bibliotek	1800
Teater	370
Biograf	370
<b>Verksamhet, industri</b>	<b>MJ/m<sup>2</sup> 80 % fraktil</b>
Lager för brandfarlig vara < 150 kg/m <sup>2</sup>	2600
Lager för brandfarlig vara > 150 kg/m <sup>2</sup>	23 000
Tillverkning/lagring av brännbart material < 150 kg/m <sup>2</sup>	1800
Lagring av icke brännbart material	200
Biltillverkning	220
Metallförädling	210
Trä- och plastförädling	420
Metallindustri	420
Tillverkning av elektroniska komponenter	330
Motorpark	270
Keramik- och glasindustri	470

### 3 Litteraturförteckning

Boverkets Byggregler, BBR, BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 2008:6.

Boverkets Konstruktionsregler, BKR, BFS 1993:58 med ändringar t.o.m. BFS 2003:6.

ISO 1716:2002, Svensk Standard, Brandteknisk provning av byggprodukter – Värmevärde.

SS-EN 1991-1-2, *Eurokod 1: Laster på bärverk - Del 1-2: Allmänna laster - Termisk och mekanisk verkan av brand.*



**Bilaga A Underlag för beräkning av brandbelastning**

Effektivt förbränningsvärme,  $H_u$ , kan bestämmas enligt standarder, t.ex. ISO 1716:2002. Exempel på data presenteras i tabell 2.

Tabulerad data gäller för välventilerade förhållanden och torra fasta material, vätskor och gaser. Faktorer så som förbränningsbeteende,  $m_p$ , kan beaktas för det aktuella fallet.

Tabell 3. Effektivt förbränningsvärme  $H_u$  [MJ/kg] för brännbara material.

<b>Fasta material</b>	<b>MJ/kg</b>
Trä	18
Andra cellulosamaterial (kläder, bomull, papper, kartong, silke, halm, ull)	20
Kol (antracit, träkol)	30
<b>Kemikalier</b>	<b>MJ/kg</b>
Paraffiner (metan, etan, propan, butan)	50
Alkener (etylen, propylen, buten)	45
Aromater (benzen, toluen)	40
Alkoholer (metanol, etanol, etylalkohol)	30
Bränslen (bensin, diesel)	45
Ren kolväteplast (polyetylen, polystyren, polypropylen)	40
<b>Annat</b>	<b>MJ/kg</b>
ABS (plast)	35
Polyester (plast)	30
Polyisocyanat, polyisocyanerat och polyuretan (plast)	25
Polyvinylklorid, PVC (plast)	20
Bitumen, asfalt	40
Läder	20
Linoleum	20

Boverkets handbok om brandbelastning kan användas som underlag för att beräkna termisk påverkan på konstruktioner i samband med dimensionering av bärförmåga vid brand. Handboken innehåller två metoder för att bestämma brandbelastningen, genom beräkning eller tabulerad data, och är ett komplement till den europeiska beräkningsstandardens SS-EN 1991-1-2.

Handboken vänder sig till projektörer och konstruktörer av brandskydd i bärande konstruktioner.

# Boverket

Box 534, 371 23 Karlskrona  
Tel: 0455-35 30 00. Fax: 0455-35 31 00  
Webbplats: [www.boverket.se](http://www.boverket.se)