

12) Terminologi

- **Brandflöde**
 - Brandskapat flöde avses den termiska expansionen av rumsvolymen per tidsenhet i rum där brand uppstått.
- **Medelbrandflöde**
 - Ökningen av luftvolymen som skapas i brandrummet när rummet rökfylls under det tidiga skedet av brandförloppet och temperaturen i brandgaserna stiger

12) Medelbrandflöde

Antag att brandrummets hela luftvolym värms upp från T_1 till T_2 grader (K) under tiden t sekunder. Då ökar brandrummets luftvolym V under denna tidsperiod med

$$V_b = (T_2 / T_1 - 1) \cdot V \text{ (m}^3\text{)}$$

och medelbrandflödet blir

- $q_b = ((T_2 / T_1 - 1) / t) \cdot V \text{ (m}^3\text{/s)}$

12) Medelbrandflöde exempel

Rumsvolymen 45 m^3 och antagandet att temperaturen i rummet ökar från 100°C (373 K) till 200°C (473 K) under 60 sekunder.

Resultat:

Rummets luftvolym ökar då med 12 m^3 och medelbrandflödet under denna tidsperiod blir då $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$.

12) Brandflöde

Svårigheter med att göra erforderliga rimliga antaganden som beräkningarna skall grunda sig på.

- Olika beräkningsmetoder kan ge olika svar
- Vilken brandutveckling, medium eller fast?

12) Brandflöde

Den termiska expansionen, brandflödet, är direkt proportionellt mot den effekt som tillförs det övre gaslagret i ett brandrum.

$$m = Q_b / (c_p \cdot T_0) \quad (\text{kg/s})$$

Q_b = tillförd effekt W till gasmassan

c_p = värmekapacitivitet för luft J/kgK

(tabell finns i avsnitt 12.7.5 för olika temperaturer)

T_0 = brandflödets temperatur K (golvzon)

12) Brandflöde

Problemet ligger i att bestämma faktorn Q_b .

Det finns omfattande information om brandeffekt, såväl simulerad med olika datorprogram som dokumenterad i olika praktiska försök. Däremot är informationen mycket knapphändig när det gäller Q_b i ovanstående uttryck.

0,2-0,4 andelar av brandeffekten överförs till gaslagret beroende på brandenskaraktär och rumsgeometri.

12) Brandflöde

Som överslagsvärde kan användas att 1/3 av effekten överförs till gaslagret.

(förutsätter ”nästan slutet” rum och halvering av syrenivån)

12) Brandflöde

DSLAYV

- Två zonsmodell (förutsätter två homogena gasskikt, ett övre och ett undre)
- Brandgasskiktets tjocklek
- Temperatur i brandgaslagret
- Brandflöde
- Avgiven effekt till gasmassan
- Sygashalt
- CO halt
- Sothalt
- Tryck i brandrum
- Mm mm

12) Brandflöde

Tabell 12.3.4:1

Brandflöde l/s vid olika rumsstorlek och varierad brandutveckling (NFPA). Avrundade värden.

Yta/ Höjd	Slow	Medium	Fast	Ultra fast	Soffa	Säng
15/2,5	125	225	400	725	300	300
30/2,5	175	325	575	1050		
60/2,5	250	450	825	1450	1200	700
120/2,5	350	650	1150	2050		
240/2,5	500	925	1650	2950	1800	700
30/3,0		390	700			
120/3,0		800	1400			

12) Brandflöde

Omgivande väggar, golv och tak förutsätts i beräkningarna bestå av isolerande material av lättbetongkaraktär.

Om omgivande skal i stället utförs av betong kommer, överslagsvis, brandflödet att minska med ca 15 %, beroende på att den tillförda effekten till övre gasmassan i rummet minskar (förlusten till rummets skal ökar).

12) Brandflöde

Ett förenklat beräkningsuttryck togs fram av Lars Jensen och det lyder:

Brandflödet är proportionellt mot kvadratroten ur brandutvecklingshastigheten, α , och kvadratroten ur brandrumsvolymen, V .

Observera att denna formel endast gäller för rum med golvytor mellan 15 och 240 m² och takhöjd på 2,5 m.

12) Brandflöde

$$q_b = 0,28 \cdot \alpha^{0,43} \cdot V^{0,53}$$

q_b är brandflöde (m³/s)

α är brandutvecklingshastigheten (kW/s²)

$$(\alpha_{\text{fast}} = 0,0469 \quad \alpha_{\text{medium}} = 0,01172)$$

V är rumsvolymen (m³)

Detta är en överslagsberäkning.

12) Brandflöde

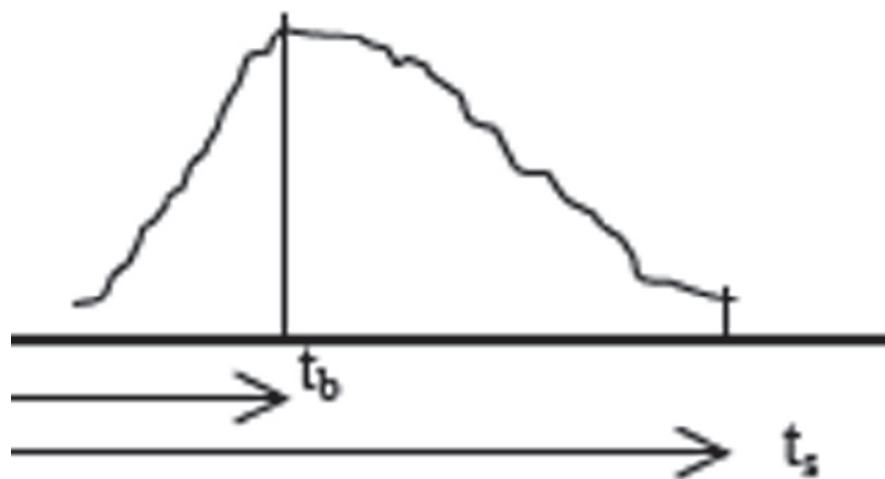
Nyss angivna formel är den som varit mest använd hittills men Lars Jensen har utvecklat en betydligt bättre beräkningsmetodik.

12) Brandflöde

Syftet med arbetet bakom denna nya modell var att bestämma sambandet mellan, golvyta, rumshöjd och fördelning av utluftning (utlopp brandflöde) och dimensionerande brandflöde (q_b), tillhörande tidpunkt, brandtid (t_b) och temperatur för den övre zonen, brandtemperatur (T_b).

12) Brandflöde

Den teoretiska maximala brandtiden (t_s) kan bestämmas genom att beräkna när allt syre i brandrummet tillgodosgjorts.

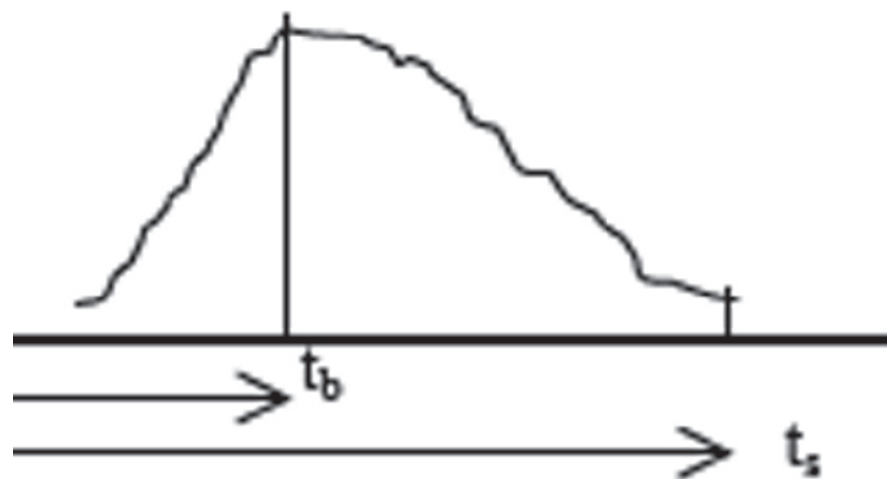


12) Brandflöde

Brandtiden kan i sin tur användas för att bestämma maximal brandeffekt under samma brandtid. Den dimensionerande brandeffekten kan så användas för att skatta det dimensionerande brandflödet.

12) Brandflöde

2000 simuleringar har gjorts för olika fall och medelvärdet för dimensionerande brandtid, t_b , blir 0,45 av den teoretiska möjliga brandtiden, t_s .



12) Brandflöde

Vilka parametrar påverkar då brandflödet, följande parametrar har kontrollerats:

- Rumsgovlyta
- Rumshöjd
- Rumsväggfaktor
- Nedre / Övre utluftningsandel
- Ytmaterialtjocklek
- Ytmaterialtyp
- Strålningsandel (hur stor del av brandeffekten som förloras till omgivningen)
- Brandtillväxtparameter
 $Q(t) = \alpha_2 t^2$
- Brandfunktionsparameter
 $Q(n) = \alpha_n t^n$

12) Brandflöde

SAMMANFATTNING AV KÄNLIGHETSANALYS (1/2)

- Brandflödet har ett maximum för alla fall innan den övre zonen når ner till golvnivå.
- Övergången från tvåzonsmodell till enzonsmodell sker långt innan den teoretiska max brandtiden uppnås.
- Brandflödet fördubblas nästan när rumsvolymen fördubblas.
- Brandflödet påverkas försumbart med ändrad rumsväggfaktor.

12) Brandflöde

SAMMANFATTNING AV KÄNLIGHETSANALYS (2/2)

- Utluftningens placering i höjddled ger i rapporten liten påverkan på brandflödet.
- Brandflödet avtar betydligt med ökande strålningsandel, vilket är naturligt eftersom mindre effekt tillförs den övre zonen.
- Brandflödet ökar starkt med ökande brandtillväxthastighet för αt^2 – brandförlopp. Samtidigt minskar brandtiden – branden sker snabbare.

12) Beräkningsuttryck

Nedan redovisas beräkningsuttryck för dimensionerande **brandflöde, brandtid och brandtemperatur.**

Beräkningsuttrycken anges med många siffrors noggrannhet. Detta får inte övertolkas, eftersom det finns mindre avvikelser mellan beräkningsuttryck och de simulerade värdena. Det skall också tilläggas att de simulerade värdena avser en enkel tvåzonsmodell.

- $y = f \alpha^{ea} A^{eh} V^{eu} u$

f en konstant

α brandutveckling W/s²

A brandrums yta m²

h brandrums höjd m

V brandrums volym m³

u utluftning vid golv eller tak

12) Beräkningsuttryck

Nedan redovisas beräkningsuttryck för dimensionerande **brandflöde, brandtid och brandtemperatur.**

Beräkningsuttrycken anges med många siffrors noggrannhet. Detta får inte övertolkas, eftersom det finns mindre avvikelser mellan beräkningsuttryck och de simulerade värdena. Det skall också tilläggas att de simulerade värdena avser en enkel tvåzonsmodell.

- $Q_b = 0,0081 \cdot \alpha^{0,4231} \cdot A^{0,5009} \cdot h^{1,0394} \text{ (m}^3/\text{s)}$
- $t_b = 92,821 \cdot \alpha^{-0,3328} \cdot A^{0,3508} \cdot h^{0,2799} \text{ (s)}$
- $T_b = 409,33 \cdot \alpha^{0,0695} \cdot A^{0,0054} \cdot h^{-0,0736} \text{ (K)}$

q_b är dimensionerande brandflöde

t_b är dimensionerande brandtid (fram till q_b max)

T_b är dimensionerande brandtemperatur (gaslagrets medeltemperatur)

- α anges i W/s^2 (inte kW/s^2 , som är vanligt)

Brandeffekten beräknas $Q_b = \alpha \cdot t_b^2 \text{ (W)}$

- här avses den brandeffekt som tillförs övre zonen (exkl förluster till omgivningen)

12) Beräkningsuttryck

Alternativt enligt modelltyp 1:

- $q_b = 0,0137 \cdot \alpha^{0,4231} \cdot V^{0,5134}$ (m³/s)
- $t_b = 86,677 \cdot \alpha^{-0,3328} \cdot V^{0,3492}$ (s)
- $T_b = 379,29 \cdot \alpha^{0,0695} \cdot V^{0,0035}$ (K)

q_b är dimensionerande brandflöde

t_b är dimensionerande brandtid (fram till q_b max)

T_b är dimensionerande brandtemperatur (gaslagrets medeltemperatur)

- α anges i W/s² (inte kW/s², som är vanligt)

Brandeffekten beräknas $Q_b = \alpha \cdot t_b^2$ (W)

- här avses den brandeffekt som tillförs övre zonen (exkl förluster till omgivningen)

12) Tryck i nästan slutet brandrum

Branden i sig ger inte någon tryckuppbyggnad men väl att effekt-/temperaturstegringen orsakar en termisk expansion i brandrummet.

Den termiska expansionen äger rum oavsett om brandrummet är öppet eller slutet mot omgivningen.

12) Tryck i nästan slutet brandrum

Om öppningarna är stora, t.ex. dörr(ar) blir expansionsflödets tryckfall över öppningen litet, i praktiken försumbart.

Om däremot öppningarna är små, t.ex. bara naturligt förekommande sprickor och springor, kan tryckfallet bli betydande, kanske många tusen Pa beroende på hållfastheten för brandrummets skal.

12) Tryck i nästan slutet brandrum

- EI betyder inte att en konstruktion är tät
- Internationell beteckning S anger att konstruktionen skall vara tät.
- Byggnaderna är inte täta, klimatskärmen skall idag uppfylla $0,6 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ vid 50Pa. (BBR 9:4)
 - A_{om} skall användas BBR 9:12
- Kraven på passiv hus är större, klimatskärmen skall uppfylla $0,2\text{-}0,3 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ vid 50Pa.

12) Tryck i nästan slutet brandrum

- Antag att brandrummets dörr är stängd och att brandrummet har uteluftsdon men inte frånluftsdon.
- I så fall finns överluftsdon, t.ex. springa över eller under dörr, för frånluft och expansionsflöde beräknas enligt föregående för överluftsdon med densitet motsvarande överluftsdonets placering i brandrummet.
- Läckage från brandrummet (sprickor och springor) antas i övrigt på samma sätt som ovan.

12) Tryck i nästan slutet brandrum

- Antag i stället att brandrummets dörr står öppen.
- Brandflödet bestäms grundat på kriterier för brandrummet medan läckage över sprickor och springor kan beräknas för hela brandcellens skal.
- Exempel på ett sådant scenario kan vara en bostadslägenhet.

12) Läckage över klimatskal

Läckage över klimatskärm kan betecknas:

$$q = A_e \cdot (2 p_d / \rho)^{1/n} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

A_e = effektiv läckarea m^2

p_d = tryckskillnad Pa

ρ = densitet kg/m^3

$n = 1$ vid laminär strömning

$n = 2$ vid turbulent strömning

12) Läckage över klimatskal

Exempel

- $q=0,6 \text{ l/sm}^2$,
- $p_d = 50 \text{ Pa}$,
- $\rho = 1,2$ och
- $n = 2$ (turbulent strömning)

$$A_e = 0,000066 \text{ m}^2 / \text{m}^2$$

12) Läckage över don

Exempel på uteluftsdon och frånluftsdon:

Antag tryckfall på 10 Pa vid flödet 20 l/s (fabrikantuppgift).

Utströmningkoefficient medräknas ej i detta fall.

$$\text{Flöde } 0,020 = A_e \cdot (2 \cdot 10 / 1,2)^{0,5}$$

ger effektiv area

$$A_e = q / (2p_d / \rho)^{0,5} = 0,020 / (2 \cdot 10 / 1,2)^{0,5} = 0,00490 \text{ m}^2$$

12) Läckage över don

Tilluftsdon

För tilluftsdon kommer ju strömningsriktningen att bli omvänd vid brandgasspridning.

Man gör då det antagandet att samma data gäller som vid strömning i normal riktning och ekvivalent area beräknas på samma sätt som för utluftsdon.

12) Läckage över don

Överluftsdon

För överluftsdon gäller att strömningsriktningen kan bli normal eller omvänd vid brand, beroende på hur donet är avsett fungera. Gör samma antagande som för tilluftsdon.

I båda fallen kan man bortse från utströmningskoefficient eftersom data (fabrikantuppgifter) förutsätts vara dokumenterade genom provning.

12) Exempel förenklad tryckberäkning

- Antag att brandrummet har en yta av 30 m^2 med höjd $2,5 \text{ m}$. Brandrummet har F-system med flöde 20 l/s .
- Frånluftsdon har tryckfall 60 Pa och uteluftsdon tryckfall 10 Pa vid nominellt flöde 20 l/s .
- Antag brand NFPA Medium så är brandflöde = 325 l/s , se tabell 12.3.4:1.
- Brandgaslagrets medeltemperatur vid max brandflöde anses vara 250°C .
- Densitet vid denna temperatur är $0,67 \text{ kg/m}^3$.

Bestäm effektiv area för sprickor och springor, uteluftsdon och frånluftsdon.

12) Exempel förenklad tryckberäkning

Indata

- Antag att sprickor och springor finns i två av brandrummets väggar och att det specifika läckaget sätts enligt BBR till $0,6 \text{ l/s,m}^2$ vid tryck $+50 \text{ Pa}$.
- Längden för en av brandrummets väggar sätts till $30^{0,5} \text{ m}$.
- $A_e = 0,000066 \text{ m}^2/\text{m}^2$ (enligt ovan)

12) Exempel förenklad tryckberäkning

Läckagearea för väggar

$$2 \cdot \text{bredd (m)} \cdot \text{höjd (m)} \cdot 0,000066 =$$

$$= 2 \cdot 30^{0,5} \cdot 2,5 \cdot 0,000066 = 0,00181 \text{ m}^2$$

12) Exempel förenklad tryckberäkning

Läckagearea för F don

$$A_e = q / (2 p_d / \rho)^{0,5} =$$
$$0,020 / (2 \cdot 10 / 1,2)^{0,5} = 0,00200 \text{ m}^2$$

Effektiv area uteluftsdon enligt ovan blir 0,00490 m².

12) Exempel förenklad tryckberäkning

Summan av den effektiv arean för klimatskal och don blir 0,00871 m², som anses belägen inom den övre zonen (brandgaslagret).

Hela det antagna brandflödet skall tryckas ut genom den effektiva arean framräknad ovan.

12) Exempel förenklad tryckberäkning

Brandtrycket kan då beräknas:

$$0,325 = 0,00871 \cdot (2 \cdot p_b / 0,67)^{0,5}$$

Formeln tidigare visad: $q = A_e \cdot (2 p_d / \rho)^{1/n}$

$p_b = 466$ Pa, avrundat säg ca 450 Pa.