



OPGA VEEKSEMPEL

Beregningsopgaver med relation til brandsikkerhed i bygninger

Indledning:

Hensigten med følgende opgavesamling er at give et indtryk af, hvad brand er, hvorfor brandsikring er en vigtig disciplin i byggeriet samt give en forståelse for, hvad der skal til for at give en tilstrækkelig tryghed mod brand i dansk byggeri.

Opgavesamlingen er sammensat af en række mindre opgaver med forskellige emner. Undervejs i de enkelte opgaver vil der løbende være vejledningstekst, som giver hints til hvordan opgaverne løses.

Til at løse opgaverne skal følgende anvendes:

- Papir og blyant (og måske et viskelæder :-))
- Internet
- Lommeregner
- [Information om brandteknisk dimensionering \(pdf\)](#)
- [Eksempelsamling om brandsikring af byggeri \(pdf\)](#)

Opgave 1

Der er tre grundlæggende elementer, som skal være til stede for at der kan opstå en brand. Nævn de tre elementer.

Hint: Søg på internettet med søgeordet "Brandtrekanten".

Opgave 2

Der er mange faktorer, der har indflydelse på, hvordan en brand i en bygning udvikler sig. Når først der ER gået ild i noget, så er det reelt kun tre forhold, der afgør, hvor stor branden kan blive inden den dør ud. Det ene er, hvor meget brændbart materiale der er. Det andet er, hvor meget oxygen (ilt) branden har adgang til - dvs. lufttilførslen. Det tredje er, om temperaturen bliver sænket tilstrækkeligt meget ved at man prøver at køle rummet - f.eks. med vand.

I en bygning, hvor branden er placeret i et stort rum som et atrium eller en sportshal, vil branden typisk have god tilgang af luft (ilt). Sådanne brande vil være styret af typen af det brændstof som brænder. Egenskaberne for brændstoffet vil således være afgørende for, hvor effektiv branden bliver. En måde, hvorpå det er muligt at beregne den maksimale brandeffekt, er angivet ved følgende udtryk:

$$\dot{Q}_{max} = \chi \cdot A_{tot} \cdot m \cdot \Delta H_c$$

Hvor

\dot{Q}_{max} er den maksimale brandeffekt

χ er forbrændingseffektiviteten (typisk 0,6 for faste

materialer)

A_{tot} er det brændende areal [m^2]

m

er brandhastigheden [$\frac{g}{m^2s}$]



ΔH_c er den komplette forbrændingsvarme

I det følgende skal den maksimale brandeffekt af et brændende træbord med et overfladeareal på 6m^2 bestemmes.

Hint: Benyt formlen ovenfor og find de relevante værdier på side 54 i "Information om brandteknisk dimensionering".

Opgave 3:

I tilfælde af brand i en bygning, er der risiko for, at personerne inde i bygningen kan blive udsat for kritiske forhold. Dette kan eksempelvis være i form af for høje temperaturer. Oftest er det dog røgen som skaber de største problemer både med hensyn til åndedrætsbesvær og sigtbarhed.

I denne opgave skal det beregnes, hvor lang tid der går før der er så meget røg i et rum, at det er kritisk for mennesker. Rummet har dimensionerne ($L \times B \times H = 10\text{m} \times 8\text{m} \times 3,5\text{m}$). Tiden til kritiske forhold i et uventileret rum kan bestemmes ud fra følgende formel:

$$t_{\text{kritisk}} = \sqrt[3]{3 \cdot \frac{D}{L} \cdot \frac{\Delta H_{\text{luft}} \cdot \rho_0 \cdot V}{S_0 \cdot \alpha}}$$

Hvor t_{kritisk} er tiden til kritiske forhold [s]

V er volumen af rummet [m^3]

S_0 er røgpotentialet [$\frac{\text{dB}}{\text{m}}$]

$\frac{D}{L}$

er optisk densitet [$\frac{\text{dB}}{\text{m}}$]

ΔH_{luft} er den nedre forbrændingsvarme [kJ/kg luft]

α er brandens tilvækstfaktor og et udtryk for hvor hurtigt branden vokser

Som nævnt ønskes beregnet hvad tiden til kritiske forhold bliver ved en brand i det pågældende rum. Det antages, at der opstår brand i en polyestermadrass. En sådan brand udvikles relativt hurtigt. Tilvækstfaktoren for madrassen kan findes på side 53 i "Information om brandteknisk

dimensionering". For små rum mindre end 150m^2 vides det, at når $\frac{D}{L}$ overstiger en værdi på 2 vil

der forekomme kritiske forhold. Derfor skal $\frac{D}{L}$ i det konkrete tilfælde sættes til netop 2, da vi er interesseret i at bestemme tiden til, at der netop opstår kritiske forhold. Ved almindelige forekommende brændbare materialer, herunder også den pågældende madras, kan ΔH_{luft} antages at være 3000kJ/kg luft. Det antages at røgpotentialet for den pågældende madras er 85dB/m og at densiteten af luft ρ_0 er $1,2\text{kg/m}^3$. Ud fra disse oplysninger skal t_{kritisk} nu bestemmes.

Opgave 4

Denne opgave skal hjælpe til at give et indtryk af, hvor hurtigt en brand ofte udvikles, og hvilke kræfter der er på spil.

Det følgende link henfører til en film, som omhandler et fuldskalaforsøg, som er udført i brandlaboratorier. Brandscenariet er, at der opstår brand i en møbleret stue i et privat hjem.

Det skal bemærkes, at filmen viser den reelle tid af brandforløbet, som igangsættes ved antændelsen af den pågældende brand.

<http://www.youtube.com/watch?v=TB42Ib3A4mg>



Opgave 5

I denne opgave skal vi bestemme evakueringstiden for personerne i en bygning. Indledningsvist beskrives det, hvilke faktorer evakueringstiden består af, og hvordan de enkelte værdier bestemmes. Evakueringstiden er opdelt i 3 faser: en varslingsfase, en reaktions- og beslutningsfase og en rømningfase.

$$t_{evak} = t_v + t_{rb} + t_g \text{ hvor}$$

t_v er varslingstiden

t_{rb} er reaktions- og beslutningstiden

t_g er rømningstiden

Varslingstiden angiver den tid det tager fra branden er antændt, til den detekteres af en røgmelder og et varslingssignal udsendes. Tiden afhænger både af hvor hurtigt den aktuelle brand udvikles samt hvor følsomme bygningens røgmeldere er.

Reaktions- og beslutningstiden er den tid der går fra personerne hører en brandalarm til de beslutter sig for at gå til sikkert område. Denne tid kan variere meget, og den afhænger meget af hvad personerne er i færd med at foretage sig, når brandalarmen lyder. Er personerne eksempelvis i færd med at handle ind i et supermarked, har virkelige forsøg vist, at personerne er lang tid om at overbevise sig selv om at flygte mod en udgang. Dette kan bl.a. skyldes, at personerne måske ikke er i visuel kontakt med branden, og derfor ikke føler at der er nogen fare. Endvidere kan det også skyldes at det er besværligt og irriterende at skulle gå fra de varer som man lige har indsamlet i sin indkøbsvogn.

Rømningstiden, er den tid det tager personerne at gå fra det fjerneste sted i bygningen til en flugtvejsudgang eller et sikkert sted i bygningen. I den forbindelse skal der tages højde for kø foran flugtvejsdøre og at ganghastigheden op og ned ad trapper er lavere end når man går ligeud. Den samlede rømningstid beskrives som:

$$t_g = \sum t_w + t_f$$

hvor

t_w er summen af gangtiderne som personerne skal følge for at komme i sikkerhed.

t_f er tiden det tager personerne at passere det mest kritiske sted, hvor kødannelsen er størst. Der hvor der opstår kø kaldes ofte en flaskehals.

Flaskehalsen i en bygning vil typisk være en dør eller en trappe.

Gangtiden t_w beregnes ved følgende udtryk:

$$t_w = \frac{l}{v} \text{ hvor}$$

l er gåafstanden

t_f er ganghastigheden som afhænger af om flugtvejen går op/ned ad trapper eller om den går ligeud.

Som ganghastigheder anvendes typisk de tal, der er angivet i "Information om brandteknisk dimensionering", se Tabel 1. Disse ganghastigheder er gældende for ligeløbstrapper og dermed ikke spindeltrapper.

Tabel 1 Ganghastigheder

Niveau	Ganghastighed [m/s]
--------	---------------------



Gang i planet	1,3
Op ad trappe	0,6
Ned ad trappe	0,7

Køtiden ved en dør eller en trappe kan beregnes, hvis den såkaldte flowværdi for døren/trappen kendes. Denne værdi afhænger bl.a. af hvor bred den pågældende dør/trappe er. Ofte kan der regnes med en flowværdi på 1 (person/sekund)/meter. Er en dør eksempelvis 1 meter bred tager det 20 sekunder for 20 personer at passere den - og er døren 2 meter bred tager det kun 10 sekunder for 20 personer at passere den.

Ud fra ovenstående indledning skal følgende opgave løses:

Beregn evakueringstiden for 20 personer der skal ud af en bygning. Alle 20 personer antages at befinde sig i et hjørne af et lokale på første sal i bygningen. Fra hvor de befinder sig er der 25 meter hen til en trappe. Trappen er 20 meter lang og fører ned til stueplan, hvor der igen er 15 meter over til udgangsdøren. Varslingstiden antages at være 45 sekunder og reaktions- og beslutningstiden antages at være 120 sekunder. Trappebredden er 1,1 meter og udgangsdørens bredde er 0,9 meter. Hint! Beregn gangtiden for hver del af flugtruten. Husk i den forbindelse at addere køtiden for både trappen og udgangsdøren. Benyt generelt de ovenstående formler og de oplyste værdier.

Opgave 6

Denne opgave tager udgangspunkt i hhv. opgave 3 og 5. Hermed forstået at resultaterne af disse opgaver skal anvendes til at finde løsningen i det følgende.

Det skal vurderes om personsikkerheden i en bygning er tilstrækkelig og kan opfylde de gældende lovkra. Jævnfør "Information om brandteknisk dimensionering" kræves det at tiden til kritiske forhold er længere end evakueringstiden. Overholdes dette vil sikkerhedsniveauet oftest kunne betegnes som tilstrækkelig.

Bygningen for hvilken personsikkerheden skal vurderes, er den samme som betragtes i opgave 3 og 5. Flugtruten fra opgave 5 antages således at føre gennem det lokale, hvor man i opgave 3 har bestemt tiden til kritiske forhold.

Lever personsikkerheden i bygningen op til de gældende lovkra?

Giv forslag til hvad der kan gøres for at forbedre personsikkerheden.

Opgave 7

Når det eksempelvis skal fastlægges, hvilke brandtekniske installationer, en bygning skal have for at give tilstrækkelig brandsikkerhed, er det nødvendigt at afgøre, hvilken såkaldt anvendelseskategori som bygningen i brandmæssig forstand henføres til. Anvendelseskategorien fastlægges ud fra en række kriterier:

- Personbelastningen
- Personernes kendskab til den pågældende bygning
- Anvendes bygningen til overnatning
- Personernes mobilitet



Definitionen af de enkelte anvendelseskategorier er angivet i det danske Bygningsreglement 2010. Dette dokument beskriver de gældende regler som skal overholdes i forbindelse med nybyggerier og væsentlige ombygninger.

Læs beskrivelsen af de enkelte anvendelseskategorier i bygningsreglementet 2010 (BR10). Dokumentet kan findes ved at følge linket (læs i venstre spalte):

http://www.ebst.dk/bygningsreglementet.dk/br10_00_id78/0/42

Bestem herefter anvendelseskategorien for følgende typer bygninger.

- Børnehave
- Diskotek
- Biograf
- Kollegium
- Kontor
- Fritidsklub
- Stort klasselokale til 45 elever i 1. g i et gymnasium. Skoleåret er lige startet, så eleverne kender ikke rigtigt bygningen, men er dog i stand til at redde sig selv i sikkerhed i tilfælde af brand.

Opgave 8

Som beskrevet i opgave 7 er anvendelseskategorien afgørende for, hvilke brandtekniske installationer en bygning skal forsynes med. Det skal i denne opgave bestemmes, hvilke brandtekniske installationer der som udgangspunkt skal installeres i følgende bygninger:

- Hotel
- Forsamlingslokale på 1010 m², med en maksimal personbelastning på 545 personer

Hint: Bestem først anvendelseskategorien som i opgave 7, og benyt efterfølgende nedenstående link til bygningsreglementet kapitel 5.4, hvor det er muligt læse om kravene (læs i venstre spalte).

http://www.ebst.dk/bygningsreglementet.dk/br10_00_id81/0/42