

Brandgasventilation i stora lokaler

Love Rydberg & Martin Sigvardsson

**Division of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden**

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5535, Lund 2017

Brandgasventilation i stora lokaler

Love Rydberg & Martin Sigvardsson

Lund 2017

Titel

Brandgasventilation i stora lokaler

Title

Smoke ventilation in large spaces

Authors

Love Rydberg & Martin Sigvardsson

Report 5535

ISRN: LUTDG/TVBB-5535-SE

Disclaimer

Författarna ansvarar för innehållet i rapporten.

Number of pages: 103 (exklusive bilagor)

Illustrations

Love Rydberg och Martin Sigvardsson om inte annat anges.

Keywords

Smoke management, Smoke ventilation, IKEA, fans, hatches, mechanical, thermal.

Sökord

Brandgasventilation, IKEA, fläktar, luckor, mekanisk, termisk, parameteranalys.

Abstract

The aim of this study is to investigate parameters that influence the effectiveness of the two main methods of smoke management, thermal and mechanical smoke ventilation, to determine when one of these methods is favorable to the other. To accomplish this simple hand calculations as well as more advanced computer programs, such as FDS and Argos, were used. The study was conducted in collaboration with IKEA and the analysis was based upon IKEAs mall in Malmö. The results show that several parameters such as wind, outdoor climate, roof height and the heat release rate of the fire all affect the smoke management systems. These factors should therefore be addressed when the choice between thermal and mechanical smoke ventilation is made. The results also show that the amount of make-up air as well as the amount of smoke ventilation both greatly affect the conditions that arise within the burning building.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2017.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

www.brand.lth.se

Telefon: 046 - 222 73 60

Fire Safety Engineering
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

www.brand.lth.se

Telephone: +46 46 222 73 60

Sammanfattning

Vid dimensionering av samt valet mellan termisk och mekanisk brandgasventilation är det oerhört viktigt att beakta vad som kan påverka brandgasventilationens förmåga att ventilera ut brandgaser och förbättra förhållandena i lokalen. Arbetets syfte och mål är att analysera samt fastställa hur betydelsefulla parametrar inverkar på brandgasventilationens förmåga att påverka de förhållanden som uppkommer vid brand. Arbetet genomfördes för att utöka den kunskap som finns på området samt för att underlätta vid valet mellan termisk och mekanisk brandgasventilation.

Analyserna har genomförts med FDS, Argos samt handberäkningar. Då arbetet genomfördes i samarbete med IKEA har analyserna applicerats på en referensbyggnad som baserades på IKEA:s varuhus i Malmö.

Resultatet från analyserna visade att ett stort antal parametrar påverkar brandgasventilationen och därför bör beaktas vid dimensionering samt vid valet av metod för brandgasventilering. Följande parametrar identifierades:

- Tillgänglig tilluft då förhållandena i lokalen förändras.
- Mängden frånluft då förhållandena i lokalen förändras.
- Takhöjden i lokalen då brandgaslagrets höjd och temperatur påverkas.
- Brandens effektutveckling då brandgaslagrets höjd, temperatur och optiska densitet påverkas.
- Vindpåverkan då det kan motverka ventileringen av brandgaser med luckor.
- Temperaturen utomhus då flödet genom luckorna påverkas av utetemperaturen.
- Snölast då mängden snö kan överstiga vikten för en luckas designade öppningskraft.

Utifrån litteraturstudien och parameteranalyserna kan det konstateras att mekanisk brandgasventilation ger ett robust och tillförlitligt system för att ventilera brandgaser men som är begränsat av det fasta volymflöde. Termisk brandgasventilation ger istället ett känsligare men dynamiskt system som är självreglerande gentemot den uppkomna branden.

Vilken metod som bör användas avgörs av de förhållanden som kan förväntas i samband med brand:

Termisk brandgasventilation

- Brandeffekter över den dimensionerande branden
- Kalla klimat
- Varma brandgaser
- Höga takhöjder

Mekanisk brandgasventilation

- Brandeffekter under den dimensionerande branden
- Varma klimat
- Starka vindar
- Låga takhöjder

Summary

During the dimensioning of and when making a choice between thermal and mechanical smoke management it is important to consider what will have an impact on the system's ability to vent smoke and improve on conditions indoors. This study aims to analyse and determine the impact of important parameters on the smoke managements effect upon the fire conditions. This is in order to improve upon the knowledge available on the subject and to aid in the choice between thermal and mechanical smoke management.

The methods used to perform the analysis were FDS, Argos and hand calculations. As the report was done in co-operation with IKEA the calculations were applied to a referential structure based upon IKEAs mall in Malmö.

The results of the analysis showed that a great number of parameters affect the smoke management and should be considered when dimensioning the system. The following parameters where identified:

- Available makeup air as conditions in the enclosure changes
- Amount of vented air as conditions in the enclosure changes
- The floor-to-ceiling height in the enclosure as the hot gas layer's height and temperature is affected.
- The fire's energy release rate as the hot gas layer's height, temperature and optical density is affected.
- Wind load as it can have a counter-effect on the ventilation of smoke through thermal vents.
- Outdoor temperature, which affect the flow through thermal vents.
- Snow-load, as the weight from covering snow can exceed the limits of a thermal vent's opening power.

From the summary of literature and study of parameters it is possible to conclude that mechanical smoke venting gives a robust and reliable smoke management system but is limited by the static volume flow. Thermal smoke venting offers a more sensitive but dynamic system which interacts self-regulating with the fire.

The smoke management system which should be used is determined by the conditions that can be expected in connection to a fire:

Thermal smoke management

- Heat realise rates above the dimensioned fire-effect
- Cold climates
- A warm hot gas layer
- The floor-to-ceiling height is high

Mechanical smoke management

- Heat realise rates beneath the dimensioned fire-effect
- Warm climates
- Strong winds
- The floor-to-ceiling height is low

Förord

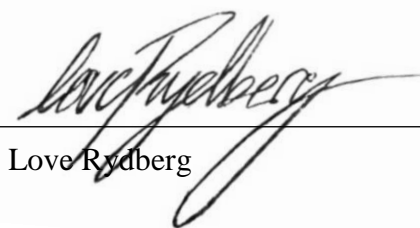
Författarna vill härmed ta tillfället i akt att tacka de personer som har varit inblandade på ett eller annat sätt och som hjälpt oss under arbetets gång. Våra eminenta handledare:

- Håkan Frantzich** Docent vid avdelningen för brandteknik vid Lunds tekniska högskola, för handledning och kompletterande pedagogik till hur arbetet har presenterats.
- Erik Almgren** Avdelningschef vid Bengt Dahlgren Brand & Risk Malmö, för värdefulla insikter i vad som kan skapa ett mervärde i rapporten och tips längs vägen.
- Anders Olsson** Risk control manager vid IKEA Group, för framförandet av IKEA:s tanke med arbetet samt tillhandahållande av dokument och inbokning av platsbesök på IKEA Malmö.

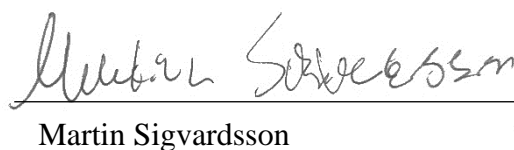
Samt följande personer som varit till mycket stor hjälp med att lösa de problem vi stött på under hösten:

- Bjarne Husted** Brandteknik, Lunds universitet
- Jonathan Wahlqvist** Brandteknik, Lunds universitet
- Marcus Runefors** Brandteknik, Lunds universitet
- Ivar Björnsson** Konstruktionsteknik, Lunds universitet
- Lars Jensen** Installations- och klimatiseringslära, Lunds universitet
- Hamza Abu-Hajar**
och **Sven-Arne Persson** IKEA Fastigheter AB
- Tobias Malmgren** IKEA Fastigheter AB

Slutligen skulle vi även vilja tacka samtliga anställda vid avdelningen för brandteknik för den undervisning och det stöd ni givit oss under de senaste tre åren. Utan er skulle vi inte befinna oss där vi är idag!



Love Rydberg



Martin Sigvardsson

Nomenklatur

| | | |
|-----------------|---|-----------------------|
| A_e | Öppningsarea för det utströmmande flödet | [m ²] |
| A_i | Öppningsarea för det inströmmande flödet | [m ²] |
| A_v | Individuella frånluftsöppningens storlek | [m ²] |
| A_w | Tak- och väggarea som är i kontakt med brandgaslagret | [m ²] |
| a_e | Den effektiva ventilationsarean | [m ²] |
| C_d | Flödeskoefficienten | [-] |
| C_{di} | Flödeskoefficienten för tilluften | [-] |
| C_{pe} | Formfaktor beroende av vindriktning och formen på byggnaden | [-] |
| c_p | Specifik värmekapacitet | [kJ/kgK] |
| D | Ekvivalent bränslediameter | [m] |
| D^* | Karakteristisk diameter | [-] |
| d | Brandgaslagrets tjocklek | [m] |
| g | Tyngdaccelerationen | [m/s ²] |
| H | Takhöjden | [m] |
| H_D | Brandgaslagrets höjd över golvet | [m] |
| H_N | Neutrallagrets höjd över golvet | [m] |
| h | Värmeövergångstalet | [kW/m ² K] |
| k | Termisk konduktivitet | [W/m*K] |
| L | Flamhöjd | [m] |
| M | Massan i brandgaslagret | [kg] |
| \dot{m}_e | Massflödet genom den övre öppningen | [kg/s] |
| \dot{m}_{max} | Maximala massflödet genom den övre öppningen | [kg/s] |
| \dot{m}_p | Plymmassflödet | [kg/s] |
| P | Tryck | [Pa] |
| \dot{Q} | Effektutveckling | [kW] |
| \dot{Q}^* | Dimensionslösa effektutvecklingen | [-] |
| \dot{Q}'' | Effektutveckling per kvadratmeter | [kW/m ²] |
| q_p | Karaktäristiskt eller medelhastighetstryck | [Pa] |
| $q_p(m)$ | Medelhastighetstryck | [kPa] |
| $q_p(50)$ | Karaktäristiska hastighetstryck | [kPa] |
| T | Temperatur | [K] |
| T_a | Omgivningstemperaturen | [K] |
| T_g | Temperatur i brandgaslagret | [K] |
| T_l | Temperatur i det undre lagret | [K] |
| T_j | Temperatur i gasen, kan var både in- och utflöde | [K] |
| t | Tid | [s] |
| t_p | Termisk penetrationstid | [s] |
| V_k | Variationskoefficienten | [-] |
| \dot{V} | Volymflöde | [m ³] |
| \dot{V}_e | Volymflöde genom det utströmmande flödet | [m ³ /s] |
| \dot{V}_{max} | Maximala volymflödet utan risk för plugholing | [m ³ /s] |

| | | |
|---------------------|--|----------------------|
| v | Hastighet | [m/s] |
| v_j | Volymflödet in i brandgaslagret | [m ³ /s] |
| v_{sp} | Spridningshastighet | [m/s] |
| w_e | Vindtryck | [Pa] |
| z_{int} | Brandgaslagrets höjd | [m] |
| z_0 | Virtuell starthöjd | [m] |
| α | Tillväxthastighet | [kW/s ²] |
| α_d | Termisk diffusivitet | [m ² /s] |
| γ | Dimensionslös konstant som avgörs av fläkten placering | [-] |
| δ | Tjocklek på material | [m] |
| ΔP_e | Tryckskillnad över den övre öppningen | [Pa] |
| ΔP_i | Tryckskillnad över den nedre öppningen | [Pa] |
| $\theta^{-1}(0,98)$ | Inversen av den standardiserade normalfördelningen | [-] |
| ρ | Densitet | [kg/m ³] |
| ρ_a | Omgivningsluftens densitet | [kg/m ³] |
| ρ_g | Brandgaslagrets densitet | [kg/m ³] |
| χ | Andel konvektiv energi | [-] |

Förkortningar

| | |
|-----------|---|
| BBR | Boverkets byggregler |
| BBRAD | Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd |
| CFD | Computational Fluid Dynamics |
| Detact-T2 | Detector Actuation - Time squared |
| ESFR | Early Suppression Fast Response |
| FDS | Fire Dynamics Simulator |
| HRRPUA | Heat Release Per Unit Area |
| LES | Large Eddy Simulation |
| MPI | Message Passing Interface |
| NIST | National Institute of Standards and Technology |
| NFPA | National Fire Protection Association |
| NUREG | Nuclear Regulatory Commission |
| RTI | Response Time Index |
| SBF | Svenska Brandskyddsföreningen |
| SFPE | Society of Fire Protection Engineers |
| SP | Sveriges Provnings- och forskningsinstitut |

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| 1. Inledning..... | 1 |
| 1.1. Bakgrund | 1 |
| 1.2. Syfte | 2 |
| 1.3. Mål | 2 |
| 1.4. Frågeställningar | 2 |
| 1.5. Hypoteser | 3 |
| 1.6. Övergripande metod | 4 |
| 1.7. Avgränsningar och begränsningar | 5 |
| 1.8. Läsanvisning..... | 5 |
| 2. Teori..... | 7 |
| 2.1. Grundläggande principer för brandgasventilation..... | 7 |
| 2.2. Termisk brandgasventilation | 8 |
| 2.3. Mekanisk brandgasventilation..... | 11 |
| 2.4. Parametrar som påverkar brandgasventilationen | 11 |
| 3. Metod | 23 |
| 3.1. Analysmetod..... | 23 |
| 3.2. Analyskriterier..... | 24 |
| 3.3. Använd geometri | 24 |
| 3.4. Parameteranalys | 25 |
| 4. Underlag för analys | 27 |
| 4.1. Objektsbeskrivning..... | 27 |
| 4.2. Generella indata vid analys | 28 |
| 5. Förutsättningar för analys med FDS | 33 |
| 5.1. Insamling av mätdata | 33 |
| 5.2. Möbelutställningen..... | 35 |
| 5.3. Lagret | 39 |
| 5.4. Förenklingar och antaganden | 42 |
| 6. Förutsättningar för analys med Argos | 43 |
| 6.1. Grunduppställning | 43 |
| 6.2. Förändringar då takhöjd analyseras..... | 45 |
| 6.3. Förändringar då brandeffekten analyseras | 45 |
| 6.4. Förenklingar och antaganden | 46 |
| 7. Förutsättningar för analys med handberäkningar..... | 47 |
| 7.1. Yamana & Tanaka..... | 47 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 7.2. | Plugholing | 49 |
| 7.3. | Vindpåverkan | 49 |
| 7.4. | Utetemperatur..... | 50 |
| 8. | Resultat..... | 53 |
| 8.1. | Tilluft..... | 53 |
| 8.2. | Frånluftarea och flätkapacitet..... | 64 |
| 8.3. | Takhöjden..... | 74 |
| 8.4. | Brandeffekt..... | 75 |
| 8.5. | Vindpåverkan | 80 |
| 8.6. | Utetemperatur..... | 82 |
| 8.7. | Simuleringen i lagret med FDS | 84 |
| 9. | Diskussion..... | 87 |
| 9.1. | Parameteranalys | 87 |
| 9.2. | Metoddiskussion..... | 93 |
| 9.3. | Vidare studier | 97 |
| 10. | Slutsatser | 99 |
| | Referenser | 101 |
| | Bilaga A – Handberäkningar | 105 |
| A.1. | Yamana & Tanaka..... | 105 |
| A.2. | Plugholing | 110 |
| A.3. | Vindpåverkan | 111 |
| A.4. | Utetemperatur..... | 117 |
| | Bilaga B – Teori och validering av FDS..... | 119 |
| B.1. | Teori..... | 119 |
| B.2. | Validering och verifiering | 120 |
| B.3. | Begränsningar i FDS | 123 |
| | Bilaga C – Argos..... | 125 |
| C.1. | Teori..... | 125 |
| C.2. | Uppbyggnad av möbelutställningen i Argos | 128 |
| C.3. | Validering och verifiering | 130 |
| C.4. | Flätkapacitet i delvolymen..... | 141 |
| C.5. | Resultat Argos | 144 |
| | Bilaga D – Temperaturens inverkan på det optimala massflödet | 149 |
| | Bilaga E – Indatafiler till FDS | 151 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| E.1. Möbelutställningen | 151 |
| E.2. Lager | 161 |
| E.3. Delvolym | 167 |

1. Inledning

I kapitlet nedan presenteras bakgrunden till varför detta arbete genomförts samt syfte, mål och de frågeställningar som ligger till grund för analyserna.

1.1. Bakgrund

Brandgasventilation har länge använts för att förebygga skador och reducera effekterna av brandgasspridning inom byggnader. Det finns två huvudsakliga metoder för att ventileras ut de varma brandgaser som bildas i samband med brand, de är:

- Termisk brandgasventilation,
- Mekanisk brandgasventilation.

Den stora skillnaden mellan de två metoderna är kraften som driver gasflödet. Vid termisk brandgasventilation drivs flödet, liksom namnet antyder, av brandgasernas termiska stigningskraft och vid mekanisk brandgasventilation drivs flödet istället av mekaniska fläktar.

Oberoende av vilken metod som används ställs inga generella krav på brandgasventilation i dagens regelverk. Undantag finns för vissa byggnadstekniska installationer, så som trapphus, källarutrymmen och vindar som används som förråd. För dessa finns även rekommendationer för hur dimensionering bör utföras. För övriga tillämpningar regleras brandgasventilation av följande stycke i BBR 21 (Boverket, 2014):

”Om ett system för brandgasventilation är en förutsättning för att brandskyddet ska fungera ska systemet utformas så att det, med hög tillförlitlighet, kan kontrollera brandgaser under avsedd tid. Systemet ska ha tillräckligt snabb aktiveringstid och tillräcklig kapacitet för att säkerställa att brandskyddet blir tillfredsställande. Vid dimensionering av brandgasventilation ska hänsyn tas till snö- och vindlast. Öppningar och andra anordningar ska utformas så att vägar för tilluft och frånluft säkerställs utifrån de förhållanden som kan uppstå vid en brand. Anläggningens funktion ska kunna upprätthållas då ström finns till byggnaden samt ha ett skydd mot strömavbrott på grund av brand.”

Vanligtvis krävs därför analytisk dimensionering för att dimensionera brandgasventilation. Det medför ett stort tolkningsutrymme vilket ställer stora krav på den som utför dimensioneringen.

Ett korrekt dimensionerat system för brandgasventilation medför en rad positiva effekter. En direkt effekt av att de varma brandgaserna ventileras ut är att temperaturen i brandgaslagret sjunker vilket förhindrar övertändning. Den sänkta temperaturen medför att värmepåverkan på konstruktionen och övrig egendom minskar. Brandgasventilationen begränsar även spridningen av brandgaser vilket innebär att en mindre del av byggnaden kommer i kontakt med de skadliga brandgaserna. (Svensson, 2006)

Om brandgasventilationens kapacitet är tillräckligt hög ventileras brandgaserna ut från brandgaslagret snabbare än vad de introduceras via plymen. Vilket kommer leda till att brandgaslagrets nivå över golvet höjs. Det i sin tur leder till att utrymningsförhållandena förbättras genom att:

- siktförhållandena förbättras,
- utrymmande personer ej kommer i kontakt med toxiska ämnen i samma utsträckning,
- värmepåverkan från brandgaslagret, i form av strålning och direktkontakt, mot utrymmande personer minskar.

Automatisk brandgasventilation underlättar även vid räddningstjänstens insats och restvärdesräddning då byggnaden redan är ventilerad när insatsen ska påbörjas. (Svensson, 2006)

Brandgasventilering har därmed förmågan att förbättra de förhållanden som uppkommer i samband med en brand. Men vad påverkar ventilationsförmågan och när bör termisk respektive mekanisk brandgasventilation användas?

För att svara på dessa frågor är det viktigt att känna till hur brandgasventilationen fungerar och vilka parametrar som måste beaktas. Det är även av stor vikt att förstå vilken samverkan som sker då brandgasventilation används tillsammans med andra typer av brandskydd. Detta arbete ämnar därför till att fastställa och utreda detta.

1.2. Syfte

Arbetets utförelse är att öka kunskapen om strategival vid brandgasventilering samt att öka förståelsen för de parametrar som kan inverka på brandgasventilationens förmåga att påverka de förhållanden som uppkommer vid brand.

1.3. Mål

Målet med arbetet är att med IKEA:s varuhus i Malmö som utgångspunkt analysera och utvärdera ett antal parametrar utifrån förbestämda analyskriterier. Utifrån dessa kriterier ska parametrarnas inverkan på brandgasventilationen fastställas.

Ytterligare ett mål är att fastställa vid vilka förhållanden som respektive metod, termisk eller mekanisk, är lämplig att använda.

1.4. Frågeställningar

Utifrån bakgrunden samt arbetets syfte och mål har följande frågeställningar, vilka kommer att undersökas i denna rapport, formulerats:

- Hur påverkas metodvalet mellan termisk och mekanisk brandgasventilation av:
 - Takhöjden i lokalen
 - Brandens effektutveckling
 - Vindpåverkan
 - Temperaturen utomhus
 - Snölast
 - Sprinklerpåverkan
- Hur påverkas förhållandena i lokalen av den tillgängliga tilluften?
- Hur påverkas förhållandena i lokalen när mängden brandgasventilation ändras?

1.5. Hypoteser

Nedan presenteras författarnas hypoteser för de frågeställningar som presenterades ovan.

| | |
|---------------------------|--|
| Takhöjden | Takhöjden kommer att vara avgörande för brandgaslagrets temperatur. Temperaturen kommer sedan att avgöra om mekanisk eller termisk brandgasventilation är att föredra. |
| Brandeffekt | Brandens effektutveckling kommer, likt takhöjden, att avgöra temperaturen på det brandgaslagret som bildas vilket kommer att vara avgörande för metodvalet. |
| Vindpåverkan | Vind kommer kunna ge upphov till tillräckligt höga tryck på byggnaden för att motverka och eventuellt förhindra termisk brandgasventilering. |
| Utetemperaturen | Omgivningsluftens temperatur kommer att påverka den termiska brandgasventilationens kapacitet. Vid höga utomhustemperaturer kommer mekanisk brandgasventilation därför vara att föredra. |
| Snölast | Snölast på brandgasventilationen kan leda till felfunktion. |
| Sprinkler | Sprinkler kommer att ha en stor inverkan på den termiska brandgasventilationen på grund av dess kylande och omrörande effekt på brandgaslagret. |
| Metodval | Metodvalet kommer avgöras av de förhållanden som kan förväntas i respektive del av byggnaden. I möbelutställningen kommer luckor att prestera bäst till följd av de höga temperaturerna som bildas i brandgaslagret. I lagret kommer den höga takhöjden att leda till kallare brandgaser, vilket gör att mekanisk brandgasventilation kommer att vara att föredra. |
| Tilluften | Mängden tilluft kommer att vara avgörande för brandgasventilationens kapacitet. Vid termisk brandgasventilation ger begränsad tilluft en direkt inverkan på ventilationsförmågan. |
| Mängd brandgasventilation | Brandgasventilationens kapacitet kommer att avgöra vilka förhållande som fås i lokalen och därmed tiden till kritiska förhållanden. Hur kapaciteten fördelas mellan de individuella ventilatorerna kommer även att vara avgörande. |

1.6. Övergripande metod

Arbetet inleddes med en övergripande litteraturstudie för att utöka studenternas kunskap kring ämnet och fastställa intressanta samt betydelsefulla parametrar att studera. De parametrar som valdes ut studerades djupare för att bestämma lämpliga metoder samt kriterier att använda vid analyserna. De fyra metoder som användes var:

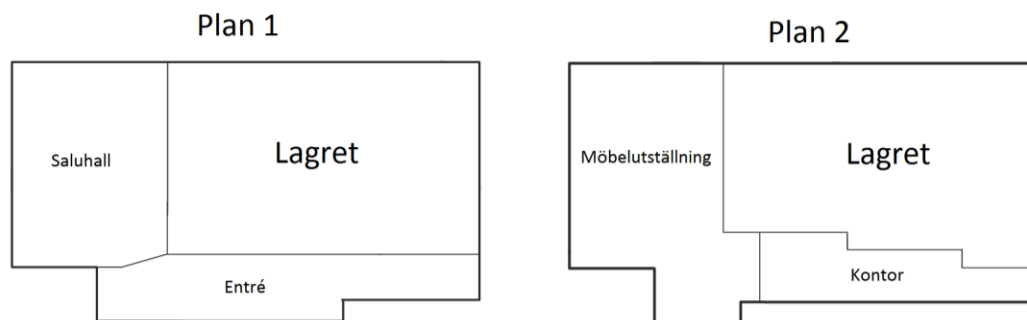
- FDS
- Argos
- Handberäkningar
- Litteraturstudie

Vid analyserna utreddes de utvalda parametrarnas inverkan på brandgasventilationen. Med det menas den inverkan som parametern har på brandgasventilationens förmåga att påverka och förbättra de förhållandena som uppkommer vid en brand. Analyserna genomfördes för både mekanisk och termisk brandgasventilation då det var möjligt. Detta för att kunna avgöra när en av metoderna bör väljas framför den andra.

Analyserna gjordes utifrån ett antal förbestämda analyskriterier. Valet av kriterier avgjordes av den analysmetod som användes och presenteras närmre i det huvudsakliga metodkapitlet.

Arbetet utfördes i samarbete med IKEA. Analyserna applicerades därför på ett av IKEA:s varuhus samt med de förutsättningar som normalt används vid dimensionering av brandskyddet hos IKEA. Som referensobjekt valdes IKEA:s varuhus i Malmö. För att komplettera det material som fanns tillgängligt över varuhuset genomfördes ett guidat platsbesök på varuhuset.

Analyserna genomfördes sedan för två av byggnadens delar, lagret samt möbelutställningen. Varuhusets principiella uppbyggnad kan ses i figur 1.1, där de olika delarna är markerade.



Figur 1.1 visar en överskådlig bild över byggnaden.

Resultatet från analyserna samt litteraturstudien sammanställdes och ett antal slutsatser drogs sedan utifrån dessa.

1.7. Avgränsningar och begränsningar

För att genomföra arbetet och besvara frågeställningarna har följande avgränsningar gjorts:

- Enbart två delar av byggnaden, möbelutställningen och lagret, kommer att analyseras. Detta eftersom det är de två publika delarna där både termisk- och mekanisk brandgasventilation anses vara lämpliga, då de är i direkt anslutning med yttertak.
- I rapporten kommer personsäkerheten ej att genomgå en djupgående analys. Påverkan på brandgasventilationen kommer dock att utvärderas utifrån rådande siktförhållanden och brandgaslagrets höjd.
- Spridning av brandgaser genom ventilationssystemet till följd av brandtrycket kommer inte att utredas.
- Vid analyserna tas ej hänsyn till sprinkler. Därför kommer undermodeller för sprinklerpåverkan ej att tillämpas vid simuleringarna i FDS.

Under arbetets gång gjordes även följande begränsningar för att arbetet skulle bli klart inom den givna tidsramen:

- De brandförlopp som används vid analyserna baseras på värden från IKEA:s interna designmanual. Ingen vidare studie utförs därmed för att undersöka vilka brännbara material som finns i lokalerna eller vilka brandförlopp som kan förväntas.
- På grund av de långa simuleringstiderna i FDS kommer antalet simuleringar begränsas då det är möjligt. Det kommer ske genom att:
 - Ej bestämma tiden till detektoraktivering i FDS. Istället används Detact-T2.
 - Endast använda FDS för att simulera termisk brandgasventilation. Detta eftersom det hade krävts ett flertal simuleringar för att bestämma lämplig fläckkapacitet samt den lämpliga fördelningen av flätkapaciteten.
 - Vindpåverkan kommer ej att analyseras i FDS. Detta eftersom mycket stora beräkningsnät och därmed långa simuleringstider skulle krävas. (Carlsson & Möller, 2010)

1.8. Läsanvisning

På grund av rapportens omfattning presenteras här en läsanvisning för att underlätta för läsaren att ta till sig den information som presenteras i rapporten.

Rapporten inleds med en sammanställning av den genomförda litteraturstudien där den teoretiska bakgrunden för brandgasventilation samt för de parametrar som ansågs vara relevanta presenteras.

Det följs av en djupare genomgång av de metoder som använts vid analyserna. Efter det följer en genomgång för hur analyserna av de utvalda parametrarna byggts upp och genomförts för de tre huvudsakliga metoderna som använts; FDS, Argos och handberäkningar.

Efter detta presenteras resultatet, vilket är strukturerat utefter den parameter som analyseras. Resultatet kommenteras kort av författarna under resultatkapitlet, en utförligare analys och diskussion av resultatet genomförs istället under diskussionskapitlet. Utifrån resultatet och diskussionen dras sedan ett antal slutsatser vilka presenteras sist i rapporten.

2. Teori

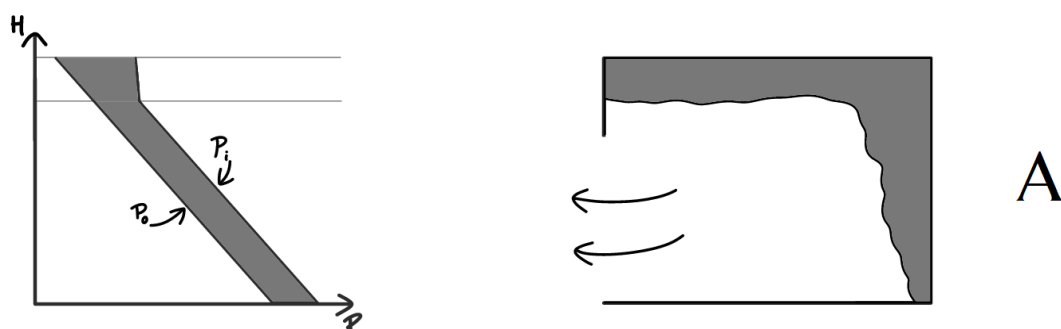
I följande avsnitt presenteras den teoretiska bakgrunden för brandgasventilation samt de beräkningsmetoder som använts i rapporten. Teori kring de datorprogram som använts i rapporten presenteras i respektive bilaga.

2.1. Grundläggande principer för brandgasventilation

Likt alla gasflöden styrs transporten av brandgaser av de rådande tryckförhållandena i byggnaden. Flödet sker då alltid från ett område med högt tryck till ett område med lägre tryck, där storleken på tryckskillnaden är avgörande för flödets hastighet. (Karlsson & Quintiere, 2000)

Vid brand värms brandgaserna upp och densiteten hos dessa sänks, vilket ger upphov till brandgasernas termiska stigkraft. De varma gaserna stiger till byggnadens tak och ger på så sätt upphov till en tryckgradient i byggnaden. I figurerna nedan illustreras principiellt hur flödet sker genom en öppning till följd av tryckuppbyggnaden för de fyra stadierna av ett brandförlopp. I figurerna anges inomhustricket av P_i och utomhustricket av P_o . (Karlsson & Quintiere, 2000)

- A. I det första stadiet, stadie A, sker allt flöde ut genom byggnaden till följd av brandtrycket då branden värmt upp omgivningen, se figur 2.1.



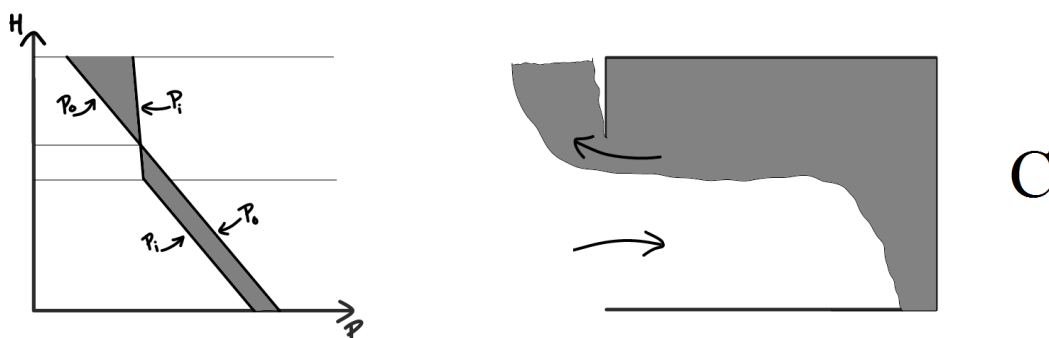
Figur 2.1 visar tryckbilden för stadie A.

- B. I stadie B, vilken enbart varar en kort stund och normalt förbises, har brandgaserna börjat flöda ut genom öppningen men trycket är fortfarande större i lokalen än utanför varvid allt flöde sker ut ur lokalen. Vilket illustreras i figur 2.2.



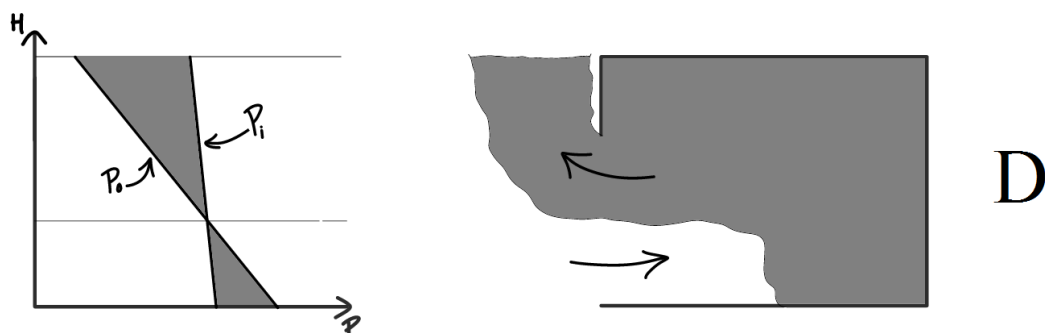
Figur 2.2 visar tryckbilden för stadie B.

- C. I stadie C sker flödet både in och ut från lokalen. Flödet ut genom lokalens övre del ger ett undertryck i den undre vilket möjliggör flödet in i den undre delen. I detta stadie är det tryckgradienten från brandgasernas termiska stigkraft samt massbalansen som styr flödet, se figur 2.3.



Figur 2.3 visar tryckbilden för stadie C.

D. I stadie D är lokalen helt rökfylld. Flödet sker fortfarande åt bägge håll och en jämvikt har nåtts, se figur 2.4. Detta stadie nås efter att övertändning skett.



Figur 2.4 visar tryckbilden för stadie D.

Utöver branden finns det även yttre källor som ger upphov till tryck som i sin tur kan påverka brandgasventilationen. De flesta byggnader är idag utrustade med komfortventilationssystem för att transportera bort koldioxid och reglera temperaturen. Dessa system, som kan drivas mekaniskt eller med självdrag, drivs också av tryckskillnader och kommer därför att påverka brandgasernas spridning om systemet är aktiverat vid brand. Vind ger även det upphov till ett tryck då det träffar en byggnad. Beroende på vindriktning samt utformning av byggnad och fasadöppningar kan detta ha stor inverkan på brandförloppet och därmed designen av brandgasventilationen. (Svensson, 2006)

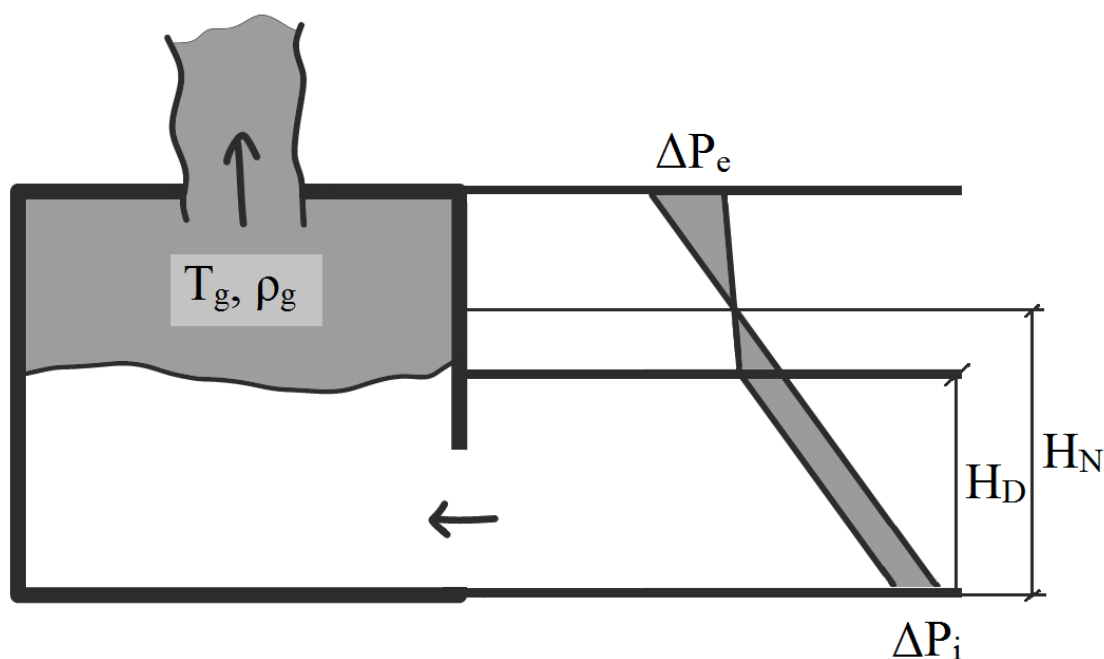
2.2. Termisk brandgasventilation

Termisk brandgasventilation är den vanligast förekommande metoden för att hantera brandgaser. Detta eftersom det är en förhållandevis enkel metod som kan utformas på en rad olika sätt beroende på det behov som finns.

För obemannade lokaler där brandgasventilationens syfte är egendomsskydd kan enklare metoder användas, till exempel genom att använda plastkåpor som smälter bort vid kontakt med brandgaserna. För lokaler som inhyser stora personantal där brandgasventilationens syfte även är att säkerställa utrymning kan en mer avancerad metod behövas. Vanligtvis används luckor som aktiveras av antingen manuella aktiveringsknappar, smältbläck, rök- eller värmedetektorer. På så sätt aktiveras brandgasventilationen i ett tidigt skede och hjälper till att förbättra förhållanden för de utrymmande. (Svensson, 2006)

Den termiska stignkraften som beskrivs ovan är drivkraften bakom termisk brandgasventilation. Det blir extra påtagligt då tryckprofilen som bildas vid termisk brandgasventilation studeras, se figur 2.5 nedan. Tryckprofilen motsvarar den som bildades i stadie C som beskrivs ovan.

Tryckgradienten avgörs av brandgasernas temperatur vilket i sig avgör i vilka avseenden termisk brandgasventilation är en lämplig lösning. I höga byggnader eller i byggnader med låg bränslebelastning kan termisk brandgasventilation vara direkt olämpligt då brandgaserna blir så pass kalla att de saknar termisk stignkraft. Vid termisk brandgasventilation är det även viktigt att beakta yttre väderförhållanden, så som vind och omgivningstemperatur då dessa kan ha en stor inverkan på ventilationsförmågan (Drysdale, 2011). I kallare klimat måste termisk brandgasventilation även utformas med hänsyn till snölast.



Figur 2.5 visar tryckgradienten i ett brandrum med termisk brandgasventilation.

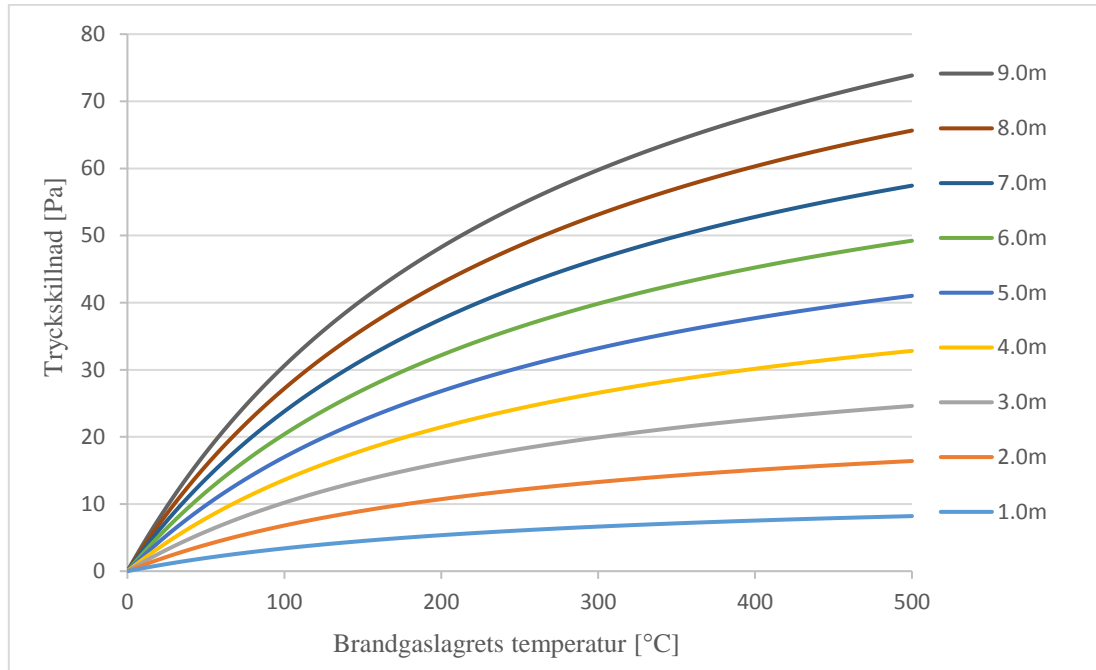
Med Bernoullis ekvation samt sambandet mellan temperaturen och densiteten för en ideal gas kan sambandet för tryckskillnad till följd av den termiska stignkraften uttryckas enligt ekvation 2.1. (Karlsson & Quintiere, 2000)

$$\Delta P_e = 353 \left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_g} \right) g (H - H_D) - \Delta P_i \quad \text{Ekvation 2.1}$$

Där:

| | |
|--------------|---|
| ΔP_e | Tryckskillnad över den övre öppningen [Pa] |
| T_g | Temperatur i brandgaslagret [K] |
| T_a | Omgivningstemperaturen [K] |
| g | Tyngdaccelerationen [m/s^2] |
| H | Takhöjd [m] |
| H_D | Brandgaslagrets höjd över golvet [m] |
| ΔP_i | Tryckskillnad över den nedre öppningen [Pa] |

Ur sambandet kan det utläsas att det är brandgaslagrets temperatur, tjocklek samt trycket vid tilluftsöppningen som är avgörande för tryckskillnaden över den övre öppningen. Detta blir extra tydligt i figur 2.6 där sambandet mellan tryckskillnaden och temperaturen har illustrerats för olika tjocklekar på brandgaslagret. I figuren har den undre öppningen antagits vara stor, vilket innebär att ΔP_i antas vara försumbar.



Figur 2.6 visar tryckskillnaden över den övre öppningen beroende på temperaturen för olika tjocklek på brandgaslagret.

Utifrån figur 2.5 kan även ett samband ställas upp för massflödet genom den termiska brandgasventilationen. Sambandet kan ses i ekvation 2.2 nedan. (Karlsson & Quintiere, 2000)

$$\dot{m}_e = C_d A_e \sqrt{2 \times \rho_g \left(-\Delta P_i + (\rho_a - \rho_g) g (H - H_D) \right)} \quad \text{Ekvation 2.2}$$

Där:

- \dot{m}_e Massflöde genom den övre öppningen [kg/s]
- C_d Flödeskoefficienten [-]
- A_e Öppningsarea för det utströmmande flödet [m²]
- ρ_g Brandgaslagrets densitet [kg/m³]
- ρ_a Omgivningsluftens densitet [kg/m³]

Ur ekvationen kan det utläsas att massflödet är starkt kopplat till luckans utformning och storlek samt till tryckskillnaden över öppningen som beskrevs ovan.

2.3. Mekanisk brandgasventilation

Vid mekanisk brandgasventilation används till skillnad från vid termisk brandgasventilation ej naturliga tryckskillnader för att driva brandgasflödet. Flödet drivs istället av tryckskillnader skapade av mekaniska fläktar.

Mekanisk brandgasventilation utformas vanligtvis på två olika sätt. Systemet kan utformas med flera fläktar, som placeras ut jämnt ovan lokalen, vilka tillsammans uppnår en tillräcklig täckningsgrad. Alternativt kan fläktarna kanalanslutas med flera utspridda utsugspunkter. Det ger ett flexibelt system där färre fläktar kan användas för att få en tillräcklig täckningsgrad. Då kanalsystem används uppstår dock tryckförluster i ventilationskanalerna vilka måste beaktas då fläktkapaciteten bestäms.

Om de individuella brandgasfläktarna ges för hög kapacitet finns risk för plugholing, vilket innebär att friskluft från det kalla undre lagret sugs upp genom brandgaslagret. En för hög flätkapacitet i kombination med otillräckliga tilluftsöppningar kan även leda till att höga undertryck bildas, vilket kan förhindra utrymning och försämra brandgasventileringen.

Mekanisk brandgasventilation erbjuder ett robust system som ej påverkas av yttre förhållanden så som omgivningstemperatur, vind- och snölast. Kapaciteten för mekanisk brandgasventilation avgörs inte heller av brandgasernas temperatur, vilket innebär att ventilationskapaciteten bibehålls även då brandgaserna kylts ner. (Drysdale, 2011)

Det innebär även att den fasta flätkapaciteten kommer att begränsa ventilationsförmågan i samband med varma brandgaser. De varma brandgaserna kan även vara skadliga för fläktarna och deras strömförsörjningsanordning. Brandgasfläktar klassas därför, enligt normen EN 12101-3, efter den tid som fläkten kan motstå den dimensionerande brandgastemperaturen. (Brandteknik, 2014)

Installations- och driftkostnaden är en aspekt som bör beaktas vid metodvalet. Af Geijerstam (2008) jämför priset mellan luckor, motsvarande 0,5 % av golvytan, och fläktar med motsvarande kapacitet för en 20 000 m² stor lokal. Priset för luckorna uppskattades till 750 000 kr medan kostnaden för fläktarna med motsvarande kapacitet enbart uppgick till 100 000 kr. Fläktar kräver även mindre underhåll gentemot luckor.

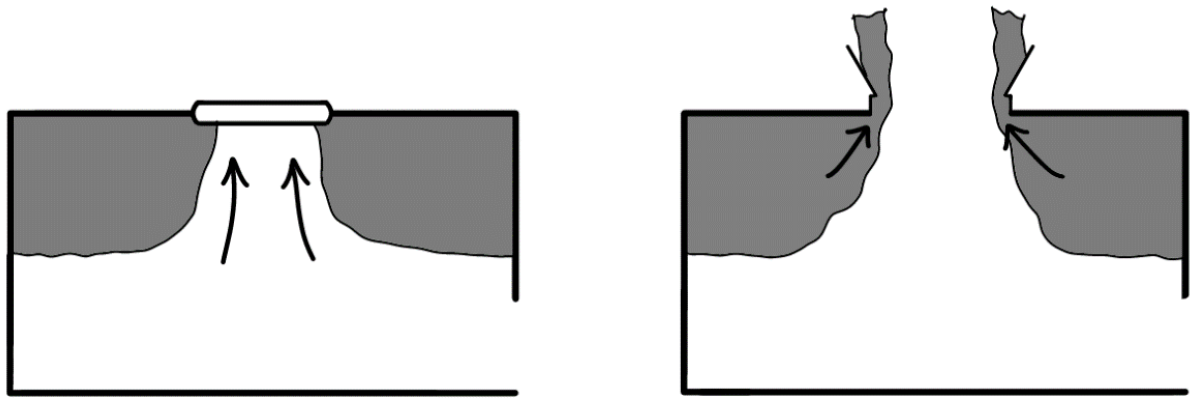
2.4. Parametrar som påverkar brandgasventilationen

Nedan presenteras teorin kring de parametrar som påverkar brandgasventilationens kapacitet.

2.4.1. Frånluftsöppningar och flätkapacitet

Det finns flera metoder som kan användas för att ta fram brandgasventilationens erforderliga kapacitet. Från enklare handberäkningsmetoder, vilka bygger på stationära förhållanden, till mer avancerade metoder likt CFD, som tar hänsyn till brandens transienta förlopp. En enklare handberäkningsmetod togs fram av Yamana och Tanaka och presenteras närmre i bilaga A.1. Oberoende av vilken metod som används är det av stor vikt att beakta systemets utformning då det kan vara avgörande för brandgasventilationens ventilationsförmåga.

Om en enskild fläkt eller lucka ges för hög kapacitet kan fenomenet plugholing uppstå. Det innebär att brandgaserna i direkt anslutning till luckan eller fläkten transporteras bort och ersätts med luft från det kalla undre lagret. Vilket begränsar mängden brandgaser som kan ventileras bort, se figur 2.7.



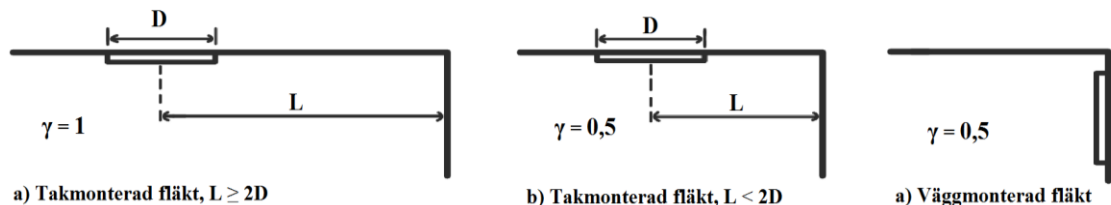
Figur 2.7 visar plugholingfenomenet för mekanisk samt termisk brandgasventilation.

För att förhindra plugholing kan den lämpliga kapaciteten beräknas med hjälp av enklare handberäkningsmetoder. För mekanisk brandgasventilation kan detta beräknas utifrån ekvation 2.3 nedan. (NFPA, 2015)

$$\dot{V}_{max} = 4,16 \times \gamma \times d^{\frac{5}{2}} \times \left(\frac{T_g - T_a}{T_a} \right)^{1/2} \quad \text{Ekvation 2.3}$$

Där:

| | |
|-----------------|---|
| \dot{V}_{max} | Maximala volymflödet utan risk för plugholing [m ³ /s] |
| γ | Dimensionslös konstant som avgörs av fläkten placering, se figur 2.8 nedan. [-] |
| d | Brandgaslagrets tjocklek [m] |
| T_g | Temperatur i brandgaslagret [K] |
| T_a | Omgivningstemperaturen [K] |



Figur 2.8 visar hur γ varierar beroende på hur flödet begränsas av närbelägna väggar.

Vid termisk brandgasventilation är plugholing sällsynt då individuella luckor sällan är tillräckligt stora för att uppnå de förhållanden som krävs. Öppningens maximala area är starkt kopplad till Froudes tal, som anger förhållandet mellan tröghetskraften och gravitationskraften, och ur det kritiska värdet på Froudes tal kan ett enkelt samband för frånluftsöppningens maximala area härledas, se Ekvation 2.4 nedan. (Svensson, 2006) (NFPA, 2015)

$$A_v < 2 \times d^2 \quad \text{Ekvation 2.4}$$

Där:

| | |
|-------|--|
| A_v | Individuella frånluftsöppningens storlek [m ²] |
| d | Brandgaslagrets tjocklek [m] |

Även frånluftsöppningens utformning är viktigt att beakta. När flödet passerar en öppning utsätts det för ett motstånd som begränsar brandgasventilationens kapacitet. Hänsyn till detta tas genom öppningens flödeskoefficient, C_d . Den beskriver kvoten mellan det faktiska och det teoretiskt maximala flödet genom öppningen. Flödeskoefficienten är i sig en sammansättning av

kontraktionsfaktorn, C_c , samt hastighetsförlustkoefficienten, C_f , vilka beskriver de förluster som uppkommer då en fluid passerar en öppning. C_d avgörs av öppningens utformning, infattning och storlek. För luckor som används vid termisk brandgasventilation varierar C_d vanligtvis mellan 0,5 och 0,7. (Magnusson, 1983)

2.4.2. Tilluftsöppningar

För att säkerställa brandgasventilationens kapacitet måste även tilluftsöppningarna utformas korrekt. Tilluftsflödet begränsas även det av ett motstånd, C_d , till följd av friktion och kompression som beskrevs ovan. Om utrymningsdörrar dessutom satts som tilluftsvägar kan de människor som utrymmer begränsa flödet ytterligare. En vanlig tumregel som brukar tillämpas för att säkerställa tillräcklig tilluft är att tilluftsarean ska vara minst lika stora som frånluftsarean. (SBF, 1982)

Förhållandet mellan till- och frånluftsöppningarnas storlek inverkar också på ventilationskapaciteten. Thomas, et al. (1963) presenterar en metod för att uppskatta storleksförhållandets inverkan på ventilationskapaciteten. Metoden bygger på att en effektiv ventilationsarea, a_e , tas fram. Den beskriver sedan hur stor del av den befintliga frånluftsarean som begränsas utifrån den befintliga utformningen på till- och frånluftsöppningarna samt utifrån brandgaslagrets temperatur. Sambandet presenteras nedan i ekvation 2.5.

$$\frac{1}{a_e^2} = \frac{1}{A_e^2} + \frac{1}{A_i^2} \times \frac{T_a}{T_g} \quad \text{Ekvation 2.5}$$

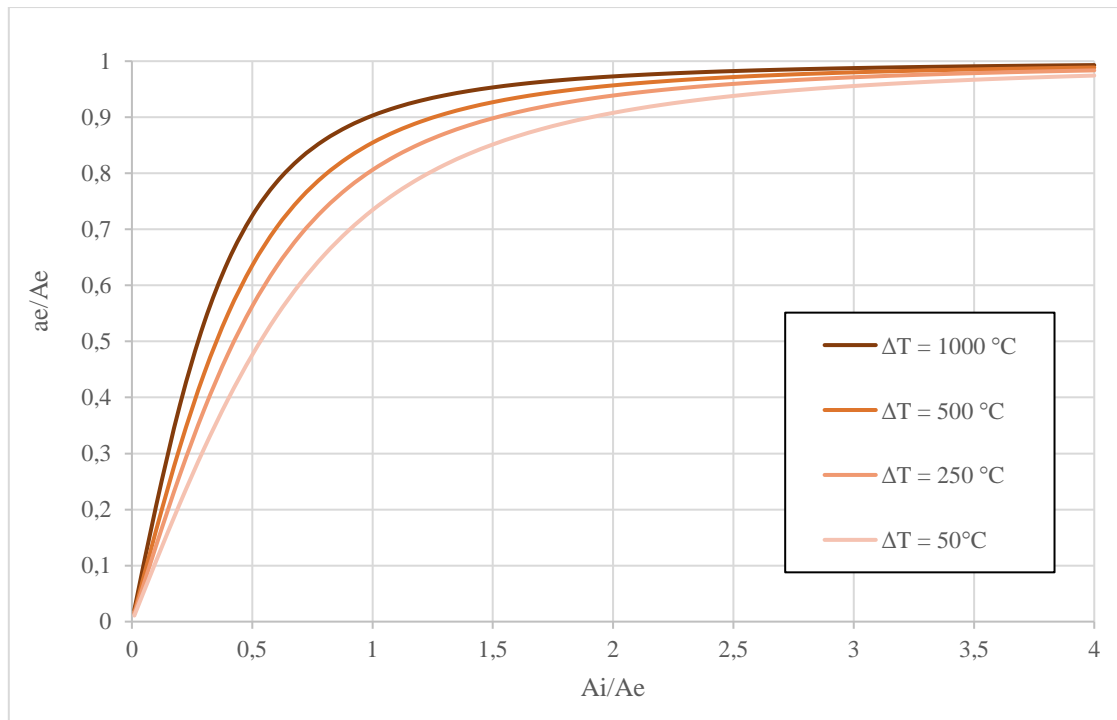
Där:

| | |
|-------|--|
| a_e | Den effektiva ventilationsarean [m^2] |
| A_e | Öppningsarea för det utströmmande flödet [m^2] |
| A_i | Öppningsarea för det inströmmande flödet [m^2] |
| T_a | Omgivningstemperaturen [K] |
| T_g | Temperatur i brandgaslagret [K] |

Kvoten a_e/A_e kan då ses som ett effektivitetsmått för brandgasventilationen beroende på förhållandet mellan till- och frånluftsöppningarna. Då ingen begränsning sker är a_e lika med A_e och kvoten blir ett, om en stor begränsning sker blir a_e liten i förhållande till A_e och kvoten går mot noll. Om sambandet ovan skrivs om så att denna kvot står i vänsterledet fås följande samband, se ekvation 2.6. (Svensson, 2006)

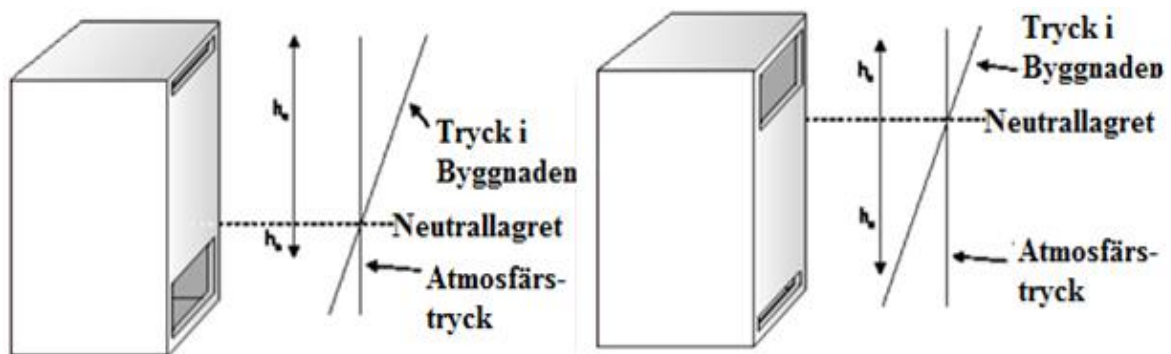
$$\frac{a_e}{A_e} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{T_a}{T_g} \times \left(\frac{A_i}{A_e}\right)^{-2}}} \quad \text{Ekvation 2.6}$$

I figur 2.9 nedan har ovanstående samband åskådliggjorts för olika förhållanden mellan till- och frånluftareor samt för olika temperaturer på brandgaslagret. Kvoten a_e/A_e kan som sagt ses som ett effektivitetsmått. Vilket ger en tydlig indikation för hur termisk brandgasventilation påverkas av förhållandet mellan till- och frånluftsöppningarna .



Figur 2.9 visar sambandet mellan till- och frånluftsöppningarnas storlek och brandgasventilationens effektivitet.

Förhållandet mellan till- och frånluftsöppningarnas storlek påverkar även tryckbildningen som uppstår i en byggnad. I figur 2.10 nedan visas tryckbildningen för två rum med olika utformning på öppningarna. I figuren har inomhustemperaturen antagits vara enhetlig, varvid tryckgradienten går genom hela byggnaden. Detta motsvarar ett fall då lokalen är helt rökfylld, principerna är dock de samma även om lokalen enbart skulle vara delvis fylld med brandgaser. Det skulle dock ge en något annorlunda tryckbild, se figur 2.3.



Figur 2.10 visar skillnaden i tryckbildningen beroende på öppningarnas utformning. (Svensson, 2006)

Ur figuren syns det tydligt vilken inverkan storleksförhållandet på till- och frånluftsöppningarna har på neutrallagret. Neutrallagrets placering avgör sedan tillsammans med tryckgradienten hur stor tryckskillnaden blir över öppningarna.

Då den undre öppningen är stor i förhållande till den övre kommer neutrallagret att vara beläget långt ner, med ett stort utdrivande tryck över den övre öppningen som följd. Detta är fördelaktigt vid termisk brandgasventilation då den stora tryckskillnaden leder till ett starkt flöde, som ej påverkas lika lätt av yttre tryckskillnader. Det innebär även att tryckskillnaden

över den undre öppningen är låg, vilket ger en lägre hastighet och därmed sänker risken för turbulens som förstör brandgaslagrets stabilitet.

Om den övre öppningen är stor i förhållande till den undre fås istället ett svagt utdrivande tryck över den övre öppningen samtidigt som en stor tryckskillnad bildas över den nedre. Detta kan, förutom att brandgasventilationen blir känsligare för yttre påverkan, ge upphov till mycket allvarliga konsekvenser då tryckskillnaden över dörrar belägna under neutrallaget kan bli så stort att de inte går att öppna (Jensen, 2016). Detta problem förekommer även vid mekanisk brandgasventilation. Stora undertryck kan då skapas vid fläkt i drift om det inte finns tillräckliga tilluftsöppningar.

Hur tilluftsöppningarna placeras i förhållande till frånluftsöppningarna samt brandgaslagret kan påverka rökfyllnadsförloppet. Hägglund, et al. (1996) genomförde flera försök för att utreda detta. Försöken visar på att tilluftsöppningarna bör vara jämnt fördelade i lokalen. Om till- och frånluftsöppningarna var placerade långt ifrån varandra fanns stor risk att turbulens påverkade brandgaslagret och att den undre delen av rummet fylldes med gles rök, detta fenomen benämns vanligtvis som *smoke logging*. Försöken visade även på att om tilluftsöppningen placerades i eller nära brandgaslagret förstördes brandgaslagrets stabilitet och hela lokalen rökfylldes. Samma princip gäller då brandgaslagret sjunker ner till tilluftsöppningen.

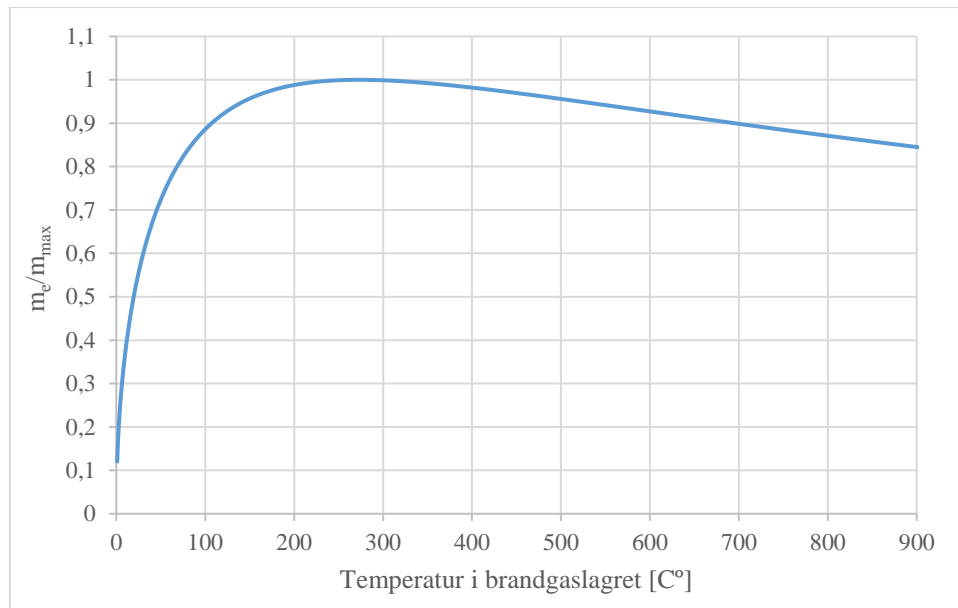
Som alternativ till att använda öppningar, så som dörrar och fönster, för att säkerställa tilluften kan även mekaniska fläktsystem användas. Detta kan vara önskvärt då erforderlig tilluft ej går att lösa med befintliga öppningar. Vanligtvis rekommenderas att enbart 85 till 95% av det erforderliga flödet tillgodoses på detta vis, övrig tilluft får ske via övriga öppningar samt läckage. För att undvika *smoke logging* är det även här viktigt att tilluftsdonen ej placeras i eller nära brandgaslagret. (Klote, 2012)

Även hastigheten på tilluftsflödet är viktig att beakta, framförallt i närheten av plymen. Det höga flödet riskerar annars att påverka brandgaslagrets stabilitet samt att få plymen att luta. En lutande plym kan medföra ett ökat plymmassflöde, vilket kan överbelasta brandgasventilationen (Klote, 2012). För att förhindra detta anges ofta en högsta tillåten hastighet på tilluftsflödet, i NFPA 92 (2015) anges till exempel 1,02 m/s.

2.4.3. Brandgaslagrets temperatur

I tidigare kapitel framgår det att temperaturskillnaden mellan de varma brandgaserna och den kalla omgivningsluften genererar en stigningskraft som ger upphov till en tryckskillnad över luckorna i taket vilket driver utflödet av brandgaser. (Drysdale, 2011)

Ett samband för det maximala massflödet beroende på temperaturen i brandgaslagret kan härledas genom att derivera uttrycket för massflödet vid termisk brandgasventilation. Temperaturens inverkan på massflödet illustreras i figur 2.11 nedan där kvoten m_e/m_{max} beskriver effektiviteten (Chow & Li, 2003). Hur sambandet härletts presenteras i bilaga D.



Figur 2.11 beskriver kvoten av massflödet och det maximala massflödet ur en lucka beroende på brandgaslagrets temperatur.

Ur figur 2.11 kan det utläsas att termisk brandgasventilation är effektivast då brandgaslagrets temperatur är 273°C. (Chow & Li, 2003)

Brandgaslagrets temperatur avgörs i sin tur av en rad olika faktorer så som lokalens utformning, brandens placering och brandeffekten. Dessa redogörs för nedan.

Lokalens utformning

Lokalens storlek har en uppenbar inverkan på brandgaslagrets temperatur då en större lokal kräver mer energi för att värma upp än en mindre. För en större volym är även avståndet som brandgaserna behöver transporteras innan de når väggarna och bildar ett brandgaslager längre.

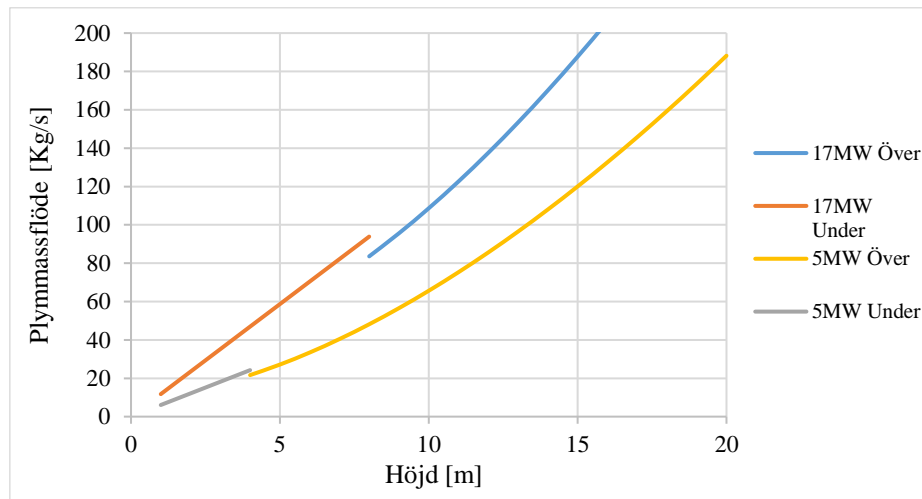
När brandgaser som transporteras över en takyta kyls ner finns det många faktorer som påverkar energiöverföringen. Hastigheten på den takstråle som bildas är en faktor som har betydelse för värmeövergångstalet, h , då en takstråle orsakar en påtvingad konvektion mot taket^{II}. Temperaturskillnaden mellan brandgaserna och ytan som värmen ska gå in har också stor betydelse då en stor temperaturskillnad kommer ge en större värmeöverföring. (Husted & Westerman, 2005)

Då en lokal med större golvarea ger en ökad kontaktyta mellan brandgaslagret och taket kommer en större mängd energi att ledas bort via taket vilket innebär att temperaturen i brandgaslagret blir lägre för en stor lokal (Karlsson & Quintiere, 2000). Vilket material byggnaden är utförd i kommer därför att spela en stor roll för brandgaslagrets temperatur då volymen och kontaktytan blir större. (Karlsson & Kjellberg, 2016)

Takhöjden har en avgörande roll för brandgaslagrets temperatur. Då brandgaserna stiger och bildar en plym kommer kall luft att blandas in i plymen och sänka temperaturen. Ju högre takhöjden eller höjden till brandgaslagret är desto mer kall luft blandas in i plymen. (Karlsson & Quintiere, 2000)

^{II} Påtvingad konvektion har ett högt värmeövergångstal, h , vilket kommer leda bort mer värme från brandgaserna.

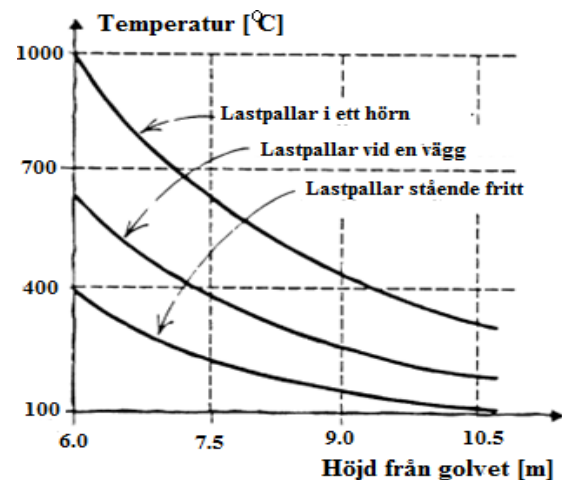
Den ökade inblandningen i plymen medför även att mängden brandgaser som introduceras till brandgaslagret ökar. En lokal med högre takhöjd kommer då att kräva en högre kapacitet på brandgasventilationen för att kompensera för det ökade massflödet (Chow & Li, 2003). I figur 2.12 illustreras plymflödet beroende på stighöjden för olika brandeffekter, vid beräkningen har Heskestads plymmodeller för över och under flamhöjden använts. (Karlsson & Quintiere, 2000)



Figur 2.12 beskriver plymassflödet från en brand beroende på stighöjd för plymen. I figuren är massflödet plottat för en 5MW och 17MW brand för plymekvationerna över och under flamhöjden. Övergången mellan ekvationerna sker vid flamhöjden som är 4,6meter för 5MW och 8 meter för 17MW branden.

Brandens placering

Plymtemperaturen påverkas även av brandens placering. Startar branden intill en vägg kommer luftinblandningen till flammen, och därmed plymen, att minska med cirka 40% (Drysdale, 2011). Då inblandningen av kall luft begränsas kommer temperaturen i plymen att öka enligt figur 2.13. (Karlsson & Quintiere, 2000)



Figur 2.13 visar hur temperaturen i plymen förändras beroende på brandens placering. (Brandteknik, 2014)

Brandeffekten

Brandens effektutveckling har en stor inverkan på brandgasventilationens kapacitet att förbättra förhållandena i lokalen. Detta då en högre brandeffekt bidrar till en ökad temperatur i brandgaslagret samt en ökad produktion av brandgaser som ska hanteras av brandgasventilationen, se figur 2.12. (Karlsson & Quintiere, 2000)

En liten brandeffekt i förhållande till takhöjden kan även få konsekvensen att plymen har för låg temperatur för att all rök ska nå taket. Då den termiska brandgasventilationens kapacitet är beroende av stignkraft kommer brandgaser som inte når taket inte ventileras ut, utan rökfylla de nedre delarna av lokalen. (Drysdale, 2011)

2.4.4. Yttre förhållandens påverkan på brandgasventilation

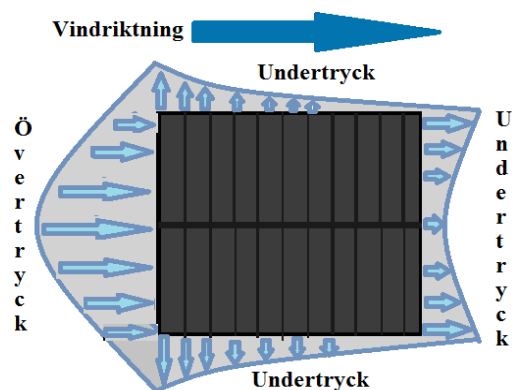
Nedan utreds de yttre parametrar som har en inverkan på termisk brandgasventilation.

Vindpåverkan

Enligt boverkets byggregler ska brandgasventilationen dimensioneras med hänsyn för vindlaster. (Brandteknik, 2014)

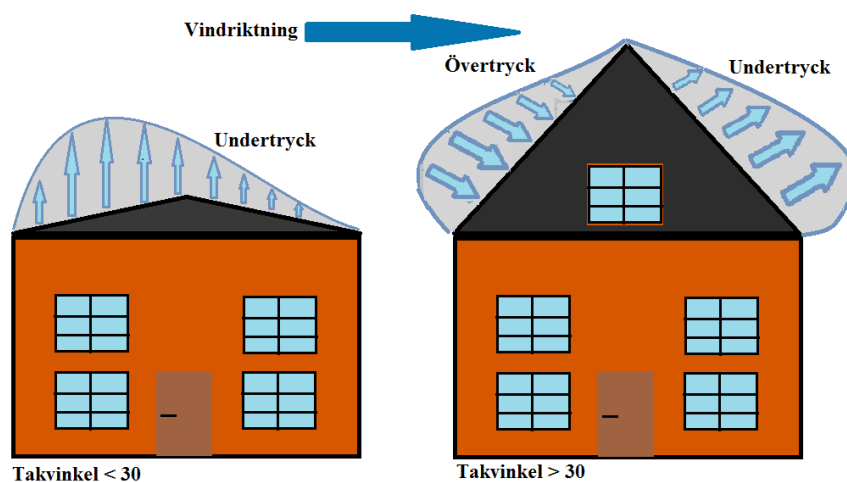
Vind är en parameter som kommer kunna påverka brandgasventilationen på många sätt då den ger upphov till olika tryck på byggnadens sidor och tak. Ett övertryck på en byggnad kommer innebära att luften kommer gå in i byggnaden medan ett undertryck kommer skapa ett sug ut ur byggnaden.

Vinden kan ge upphov till turbulens som kan ge lokala tryckförhållanden på byggnaden. Generellt sett utsätts tak, läsida och sidoväggar för ett undertryck medan lovarssidan, den sida som möter vinden, utsätts för ett övertryck, se figur 2.14. (Gordonova, 2004)



Figur 2.14 visar vilka tryck som uppkommer på väggarna av en byggnad sett uppifrån.

Tryckförhållandet över ett tak är direkt beroende av lutningen på taket. Taklutningar större än 30° kommer ha både över- och undertryck då det på lovarssidan bildas ett övertryck och läsidan ett undertryck, se figur 2.15. Platta tak och tak med lutning mindre än 30° råder normalt ett undertryck över hela taket. (Svensson, 2006)



Figur 2.15 illustrerar hur tryckförhållanden på tak med lutning mer eller mindre 30 graders råder.

I figur 2.15 illustreras att trycket inte är jämnt fördelat över det platta taket och att trycket vid kanten blir väldigt litet vilket betyder att det kan förekomma övertryck vid kanten. För beräkningar av de olika trycken över taket delas taket in i sektioner enligt figur 2.16 som beskriver hur beräkningar av tryck fördelas på ett platt tak. (Isaksson, et al., 2010)

För att beräkna storleken på de tryck en byggnad kan utsätts för kan ekvation 2.7 nedan användas.

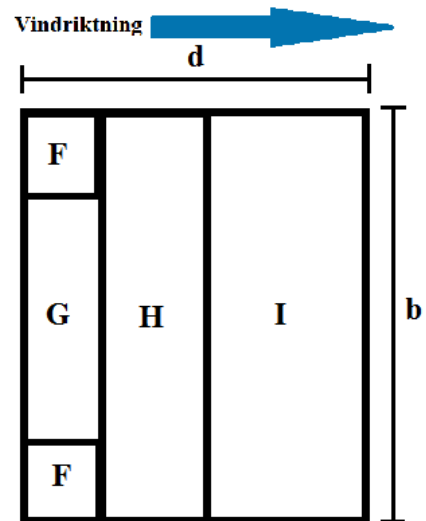
$$w_e = q_p \times C_{pe}$$

Ekvation 2.7

Där

| | |
|----------|---|
| w_e | Vindtryck [Pa] |
| q_p | Karaktäristiskt eller medelhastighetstryck [Pa] |
| C_{pe} | Formfaktor beroende av vindriktning och formen på byggnaden [-] |

Vid framtagandet av hastighetstrycket q_p används en referensvindhastighet v_b för de lokala förhållandena och den definieras som medelvindhastigheten på 10 meters höjd under 10 minuter i öppen terräng. För att få vinden i ett större område att bli ett karaktäristiskt värde används en vindhastighet som endast överskrider cirka 2% per år och kallas då för 50 årsvinden. Andra parametrar som inverkar på trycket är omgivningens topografi samt byggnadens storlek, form och höjd. (Isaksson, et al., 2010)

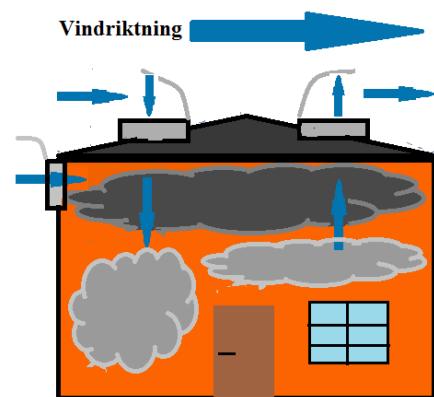


Figur 2.16 beskriver hur ett platt tak delas upp i olika delar vid handberäkningar av trycket på taket.

Med de förenklade förklaringarna för vindpåverkan på en byggnad framgår nu att trycken i figur 2.15 är vad som sker som ett medelvärde på en period av 10 minuter. Då vind kommer i stötar och inte är ett jämnt flöde så kan vissa turbulenta förhållanden ge upphov till andra tillfälliga tryckförhållanden på tak och väggar (Boverket, 1997). Toppvärden av vindens hastighet kan vara 2 - 3 gånger större än medelvindhastigheten (Gordonova, 2004). Det har dock genomförts simuleringar med vind som ger momentana värden där det påvisar att det kommer råda ett undertryck uppe på platta tak som ökar kapaciteten på luckornas förmåga att ventilerar ut brandgaserna. (Li & Chow, 2012)

När en byggnad utsätts för vind kan det även skapas luftrörelser inne i lokalen på grund av över- och undertryck över byggnadens öppningar samt läckageytor (Isaksson, et al., 2010). Det kan då förekomma att brandgaslagret rörs om inne i lokalen. Vid omrörning kommer den distinkta skiktningen mellan brandgaslager och rökfri zon försvinna och det kommer bli rökfyllt i hela lokalen, se figur 2.17. (Hägglund, et al., 1996).

Luckornas placering, utformning och öppningsriktning kommer vara av stor betydelse vid vindpåverkan (Frantzich, 1990). En lucka som öppnar mot vinden kan fungera som ett vindfång och trycka ner brandgaserna i lokalen, se figur 2.17. Placeras luckan från vinden och utformas så att det inte bildas övertryck kan omblandning av brandgaslagret undvikas. (Drysdale, 2011)



Figur 2.17 illustrerar hur luckors placering samt öppningsriktning påverkas av vind.

Ifall luckorna skulle vara placerade vertikalt på väggarna så kan vindpåverkan vara ännu tydligare då det kan skapas stora övertryck mot lovartsidan som trycker in och rör om brandgaserna i lokalen (Ingasson & Persson, 1995). Undertrycken på läsidan kommer kunna

ge en hjälpande effekt på brandgasventileringen men där omgivningen också måste beaktas då till exempel en närliggande byggnad kan ge upphov till andra motverkande tryckförhållanden. (Drysdale, 2011)

Utetemperatur

I tidigare kapitel framgår det att temperaturskillnaderna mellan inom- och utomhus är det som skapar en tryckgradient som är drivkraften vid termisk brandgasventilation.

Beroende på var en byggnad är uppförd kommer brandgasventilationens ventilationsförmåga att påverkas av det rådande klimatet. För områden med högre utetemperaturer minskar temperaturskillnaden mellan brandgaslagret och uteluften vilket leder till ett minskat flöde vid termiska brandgasventilation. (Drysdale, 2011)

I länder med varmare klimat, som till exempel Dubai, kan temperaturen uppgå till 40°C i skuggan under sommaren samtidigt som inomhustemperaturen regleras av luftkonditionering (Meteorological Dubai, 2014). Ifall en brand uppstår under dessa förhållanden kan det leda till att temperaturskillnaden mellan brandgaslagret och luften utomhus blir för liten för att effektivt ventilera ut brandgaserna.

Snölast

Enligt boverket ska snölast behandlas vid dimensionering av brandgasventilation. (Brandteknik, 2014)

När brandgasventilationen består av luckor på tak som öppnas utåt mot omgivningen måste snölast tas i beaktande då luckor ska kunna hantera lasten av snö och ändå öppna. Luckor med CE-märkningen klassificeras efter standarden EN 12101-2 för att kunna öppna med snölasterna 0, 125, 250, 500 och 1000 Pascal. (Deutsches Institut für Normung, 2003)

Vilken klassificering av luckorna som är mest lämplig att använda beror på de lokala snöförhållandena där det är viktigt att ta hänsyn till vilka snölaster som kan förväntas för området. På västkusten i Sverige kan det bli en snölast på 1000 Pascal medan det i Norrlands fjälltrakter kan gå upp mot 4000 Pascal. (Isaksson, et al., 2010)

2.4.5. Sprinkler

Sprinkler och brandgasventilation är väl beprövade metoder för att säkerställa brandskyddet samt personsäkerheten i byggnader. Metoderna dimensioneras i dagsläget oberoende av varandra, brandgasventilation enligt analytisk dimensionering och sprinklersystem enligt SBF 120:8. Detta medför viss problematik när metoderna används tillsammans då de riskerar att påverka varandras funktion. Då brandgasventilationen aktiveras före sprinklersystemet kan temperaturen i brandgaslagret sänkas vilket fördröjer aktivering av sprinklern (Drysdale, 2011). Enligt rådande regelverk ska andra skyddsåtgärder ej påverka sprinklersystemets funktionsduglighet negativt. För att hantera detta fördröjs vanligtvis aktiveringen av brandgasventilationen till efter det att sprinkler aktiverat (NFPA, 2016). Vid användning av ESFR-sprinklers förbjuds automatisk brandgasventilation helt. (Brandskyddsföreningen, 2016)

Om sprinklersystemet aktiveras före brandgasventilationen kan vattensprayen kyla ner brandgaslagret vilket leder till ett lägre utdrivande tryck som försämrar ventilationsförmågan. Sprayen kan även påverka brandgaslagrets stabilitet och dra med sig kall rök med *smoke logging* som följd. Om brandgaslagret är relativt tjockt, minst en meter, samt tillräckligt

varmt för att aktivera sprinkler kommer brandgasernas termiska stigkraft dock vara tillräcklig för att passera sprinklersprayen och ventileras ut. (Bullen, 1977)

Det finns idag en stor oenighet och debatt i branschen om hur metoderna ska kombineras och om de ens ska användas samtidigt. Debatten har pågått i flera decennier och har skett till följd av de spridda resultat som visats i genomförda forskningsprojekt. För att utreda frågan genomförde SP en flerårig utredning som bland annat resulterade i en kunskapssammanställning. (Arvidson & Ingason, 2001)

I kunskapssammanställningen presenterades och analyserades flera brandtillbud, både internationella och svenska, där aktivering av både sprinkler och brandgasventilation skett. I samtliga fall aktiverades brandgasventilationen efter det att sprinklern aktiverats. Utifrån dessa redogörelser konstaterades det att brandgasventilation i kombination med sprinkler underlättade räddningstjänstens insatser avsevärt. Inga fall konstaterades där sprinklern förlorat kontrollen över branden till följd av brandgasventileringen. Även en sammanställning av den forskning som genomförts på området presenterades. Denna visar tydligt den spridning av resultat som gör det mycket svårt att dra generella slutsatser. Istället föreslås att varje fall där sprinkler och brandgasventilation ska användas tillsammans utvärderas var för sig beroende på de förutsättningar som finns. (Arvidson & Ingason, 2001)

I en utförlig litteraturstudie undersökte Beyler & Cooper (1999) samverkan mellan sprinkler och brandgasventilation genom att jämföra resultaten från 34 rapporter från 13 olika forskningsförsök. De fann att det motsägelsefulla resultatet berodde framförallt på de skilda förutsättningarna vid de olika försöken samt på den partiskhet som finns, bland annat hos tillverkare av brandgasventilation. De presenterade därefter ett antal slutsatser för vad som sker då brandgasventilation och sprinkler används samtidigt:

- brandgasventilation har ingen negativ inverkan på sprinklernas prestanda,
- sprinklernas prestanda är inte beroende på syrgaskoncentrationen i det undre lagret,
- brandgasventilation påverkar inte tiden tills sprinkler aktiveras eller antalet aktiverade sprinkler,
- brandgasventilation begränsar spridningen av brandgaser och underlättar både utrymning och räddningsinsatser,
- brandgasventilation begränsar påfrestningar på konstruktionen till följd av värme och rök.

Resultaten från denna studie är även återgivna i SFPE Handbook of Fire Protection engineering. (Milke, 2016)

3. Metod

Syftet med metodkapitlet är att klargöra hur analyserna genomförts genom att presentera de analysmetoder, geometrier och analyskriterier som använts. En djupare redogörelse av hur analysen har byggts upp och de antaganden som gjorts redovisas i kommande kapitel.

3.1. Analysmetod

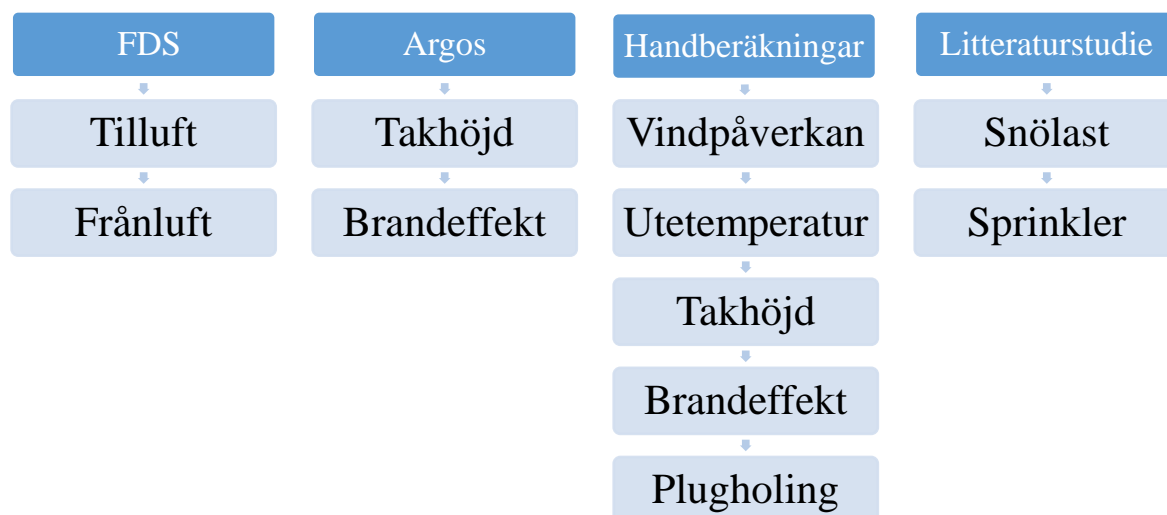
Vid arbetets uppstart genomfördes en litteraturstudie för att ta fram intressanta parametrar samt lämpliga metoder som kunde användas vid analysen av dessa. Utöver litteraturen låg även diskussioner med handledarna till grund för valet av parametrar och analysmetoder.

Det resulterade i att FDS valdes för att i första hand användas vid analyserna. På grund av begränsningarna i programmet användes FDS dock endast för att simulera den termiska brandgasventilationen. Då direkt jämförelse mellan termisk och mekanisk brandgasventilation krävdes användes istället 2-zonsmodellen Argos. Detta eftersom betydligt fler simuleringar krävdes vid dessa fall vilket innebar att Argos, som har en kort simuleringstid, ansågs lämplig. Argos-simuleringarna validerades även mot FDS-simuleringarna för att säkerställa att de gav tillförlitligt resultat.

Som komplement till FDS och Argos användes även handberäkningar. Detta skedde i de fall då FDS och Argos ej ansågs som lämpliga samt för att validera resultat som de andra metoderna gav.

Då varken FDS, Argos eller handberäkningar ansågs vara lämpliga metoder för att analysera den valda parametern genomfördes endast en litteraturstudie för att fastställa parametrarnas inverkan.

Det resulterade i att analysmetoderna enligt figur 3.1 valdes för att utreda de olika parametrarnas inverkan på brandgasventilationens förmåga att påverka förhållandena vid brand.



Figur 3.1 visar överskådligt de utvalda analysmetoderna för respektive parameter.

3.2. Analyskriterier

För analysera de utvalda parametrarnas inverkan på brandgasventilationens förmåga att påverka förhållandena i lokalen kommer de att analyseras utifrån ett antal kriterier. Valet av kriterier avgörs av den metod som används vid analysen. Följande analyskriterier har legat till grund för bedömningen av respektive parameters inverkan på brandgasventilationen.

De parametrar som analyserades i FDS utvärderades genom att mäta:

- Flödet genom luckorna
- Brandgaslagrets höjd och temperatur
- Mängden sot i lokalen
- Siktförhållanden vid huvudhöjd

De parametrar som analyserades i Argos utvärderades genom att mäta:

- Brandgaslagrets höjd och temperatur
- Den optiska densiteten i brandgaslagret
- Den erforderliga flätkapaciteten

Följande parametrar utvärderades med handberäkningar genom att undersöka:

- Undertrycket som bildas vid mekanisk brandgasventilation beroende på mängden tilluft
- Förhållandena och utformningen av brandgasventilationen som ger upphov till plugholing.
- Brandgaslagrets höjd och temperatur samt den erforderliga flätkapaciteten vid analys av takhöjden
- Brandgaslagrets höjd och temperatur samt den erforderliga flätkapaciteten vid analys av brandeffekten
- Vindtrycket i förhållande till det termiska trycket vid analys av vindpåverkan
- Flödet genom den termiska brandgasventilationen vid analys av utetemperaturen

3.3. Använd geometri

Som tidigare nämnt i den övergripande metoden baserades analyserna på IKEA:s varuhus i Malmö där två delar av bygganden analyserades, möbelutställningen och lagret. De valdes då de är i direkt anslutning till byggnadens tak, vilket innebär att både termisk och mekanisk brandgasventilation enkelt kan tillämpas.

På grund av den långa simuleringstiden då lagret simulerades i FDS genomfördes analysen med FDS istället i en mindre delvolym av lagret. Även analysen med Argos genomfördes i delvolymen till följd av det resultat som valideringsstudien mot FDS gav upphov till.

Det innebar att följande uppdelning tillämpades vid analyserna:

- Möbelutställningen FDS och handberäkningar
- Lagret FDS och handberäkningar
- Delvolym av lagret FDS, Argos och handberäkningar

Hela varuhusets geometri låg till grund för de handberäkningar som genomfördes för att beräkna vindpåverkan och det undertryck som bildas vid mekanisk brandgasventilation.

3.4. Parameteranalys

Nedan beskrivs utförligare hur varje enskild parameter utreds.

3.4.1 Tilluft

För att utreda hur den tillgängliga tilluften påverkar den termiska brandgasventilationen har ett flertal simuleringar utförts i FDS. Genom att i dessa variera mängden tilluft gentemot ett grundfall baserat på varuhusets nuvarande utformning har på så sätt slutsatser kunnat dras. Parametern har analyserats i möbelutställningen och delvolymen av lagret utifrån de tidigare beskrivna kriterierna.

Analysmetod: FDS
Geometri: Möbelutställningen & delvolymen av lagret

3.4.2. Frånluft

För att undersöka vilken inverkan mängden termisk brandgasventilation har på förhållandena i lokalen utreddes även detta i FDS. Även här jämfördes fall då mängden brandgasventilation varierades mot grundfallet baserat på IKEA:s varuhus. Även denna parameter analyserades i möbelutställningen och i delvolymen av lagret.

Analysmetod: FDS
Geometri: Möbelutställningen & delvolymen av lagret

Utöver simuleringarna i FDS användes även handberäkningar för att uppskatta vilken utformning och kapacitet på brandgasventilationen som skulle kunna användas utan att riskera plugholing. Beräkningarna baserades på värden från simuleringarna i FDS.

Analysmetod: Handberäkningar
Geometri: Möbelutställningen & lagret

3.4.3. Takhöjd

Argos och handberäkningar användes för att undersöka vilken inverkan takhöjden har på brandgasventilationen.

För att genomföra analyserna togs två grundfall fram. Det första var för termisk brandgasventilation och baserades på varuhusets nuvarande utformning samt motsvarande simulering i FDS. Detta grundfall validerades mot simuleringen i FDS för att säkerställa att det gav trovärdiga resultat. Det andra fallet var med mekanisk brandgasventilation, där kapaciteten anpassades så att likvärdiga förhållanden uppkom vid de två grundfallen.

Utifrån dessa grundfall varierades sedan takhöjden och dess inverkan på förhållandena i lokalen utvärderades med de kriterier som presenterades ovan. Då analysen genomfördes för både termisk och mekanisk brandgasventilation visade resultatet även takhöjdens inverkan på metodvalet.

Analysmetod: Argos & handberäkningar
Geometri: Delvolymen av lagret

3.4.4. Brandeffekt

Den inverkan brandens effektutveckling har på brandgasventilationen samt metodvalet utreddes med Argos och handberäkningar.

Analysen genomfördes likt den för takhöjden genom att använda två grundfall, ett med termisk och ett med mekanisk brandgasventilation. Sedan varierades brandens maxeffekt och dess inverkan utvärderades med analyskriterierna.

Analysmetod: Argos & handberäkningar
Geometri: Delvolymen av lagret

3.4.5. Vindpåverkan

För att utreda vilken inverkan vind kan få på termisk brandgasventilation användes handberäkningar för att beräkna vindtrycket som kan uppkomma på varuhuset. Detta ställdes sedan mot det termiska trycket som brandgaserna ger upphov till, vilket beräknades med värden tagna från simuleringarna i FDS.

Analysmetod: Handberäkningar
Geometri: Hela varuhuset

3.4.6. Utetemperaturen

För att utreda vilken inverkan utetemperaturen kan få på termisk brandgasventilation användes handberäkningar för att beräkna massflödet genom luckorna vid olika utetemperaturer. Återigen baserades beräkningarna på värden från FDS-simuleringar.

Analysmetod: Handberäkningar
Geometri: Möbelutställningen & lagret

3.4.7. Snölast och sprinkler

Den inverkan som parametrarna snölast och sprinkler kan ge upphov till utvärderades endast genom att studera den befintliga litteraturen.

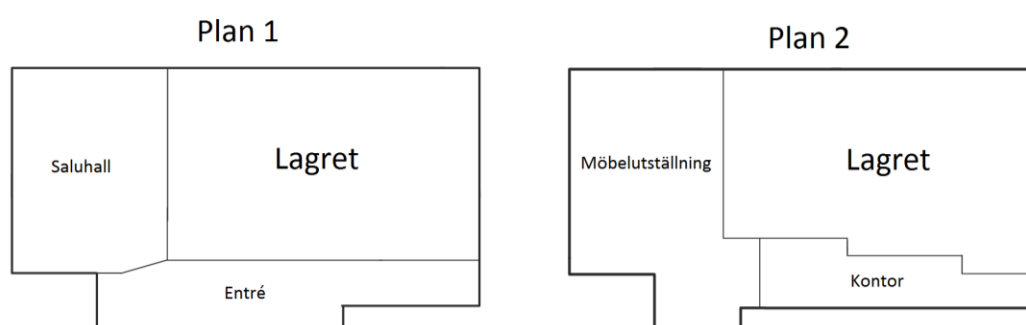
4. Underlag för analys

Nedan beskrivs det underlag och de förutsättningar som ligger till grund för analyserna. Informationen baseras främst på tillgänglig dokumentation samt platsbesöket.

4.1. Objektsbeskrivning

Då rapporten riktas mot hur brandgasventilationen bör utformas i stora lokaler, likt varuhus, baserades analyserna på en referensbyggnad. Till detta valdes IKEA:s varuhus i Svågertorp, Malmö.

Varuhuset är utfört i tre våningar med ett parkeringsgarage i bottenplan som är öppet ut mot det fria. I byggnadens första plan ligger saluhallen och lagret. Lagret är genomgående och därmed också är en del av plan två. Byggnadens andra plan utgörs av möbelutställning, restaurang och lagrets övre del. En överskådlig bild över byggnadens två övre plan kan ses i figur 4.1 nedan.



Figur 4.1 visar en överskådlig bild över byggnadens två övre plan.

Byggnadens bjälklag är utfört huvudsakligen i betong. Fasadbeklädnaden är utförd med sandwichelement i stål där isoleringen utgörs av PIR, en typ av expanderad skumisolering. Takkonstruktionen består även det av sandwichelement med PIR-isolering samt korrugerad plåt vilka vilar på bärande stålbalkar. (FireTech, 2016)

I byggnaden finns komfortventilationssystem installerat i samtliga delar. Kapaciteten för ventilationssystemet varierar mellan byggnadens olika delarna, $15 \text{ m}^3/\text{s}$ i lagerdelen, $14 \text{ m}^3/\text{s}$ i möbelutställningen och $13 \text{ m}^3/\text{s}$ i saluhallen (Persson & Abu-Hajar, 2016). Vid detektion av brand stängs komfortventilationen ner. (IKEA, 2011)

4.1.1. Brandgasventilation

Brandgasventilationen i byggnaden är både mekanisk och termisk. I de delar som är i direkt anslutning till taket, det vill säga möbelutställning, restaurang och lager, finns termisk brandgasventilation installerad. Brandgasventilationen i dessa delar är utförd med jämnt utspridda $1 \times 2 \text{ m}$ luckor som tillsammans utgör 0,5% av den totala golvarean. För möbelvisningen samt tillhörande restaurang uppgår denna till sammanlagt 42 m^2 och för lagret till 80 m^2 .

I saluhallen finns mekanisk brandgasventilation installerad med en total kapacitet om $24,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Denna är utförd i form av tre fläktar monterade i vägg samt fyra fläktar i tak som är kanalanslutna. De fyra på taket är monterade på det befintliga komfortventilationssystemet, två på tilluften och två på frånluften. Det finns även två fläktar ovan entréhallen. (Persson & Abu-Hajar, 2016)

I samtliga delar, förutom lagret, kan brandgasventilationen aktiveras både manuellt eller automatiskt vid detektion av brand. Detta sker då två detektorer som tillhör samma sektion utlösts. I lagret kan aktivering endast ske manuellt då det finns ESFR-sprinkler installerade. Lager, saluhall och möbelutställning, med tillhörande restaurang, utgör separata sektioner. (FireTech, 2016)

4.1.2. Övrigt brandskydd

Ett automatiskt brandlarmsystem, enligt SBF 110, och ett heltäckande sprinklersystem, enligt SBF 120, finns installerade i byggnadens samtliga delar. I lagret utgörs sprinklersystemet av ESFR-sprinklers.

För att säkerställa utrymning i händelse av brand finns fem till sex nödutgångar placerade i respektive del av byggnaden. Dessa är utformade som dubbeldörrar med dimensionerna 2x1,25 meter per dörrblad. I händelse av brand kan utrymning enligt utrymningsanalys utförd i samband med dimensioneringen av byggnaden ske på mellan sex och åtta minuter beroende på vilken del av byggnaden som utryms. (Firetech, 2009)

Räddningstjänstens angreppstid för varuhuset bedöms ej överstiga 10 minuter. Denna tid kommer därför att vara den kortaste simuleringstiden som används vid analyserna.

4.2. Generella indata vid analys

Nedan beskrivs de generella indata som används vid grundanalyserna. Vid analyser i delvolym av lagret har samma indata använts som för lagret då inget annat anges.

4.2.1. Använd geometri vid analys

Analyserna har genomförts för möbelutställningen, lagret samt för en mindre delvolym. Beroende på vilken analysmetod som använts har geometrin för de analyserade delarna anpassats. En utförligare beskrivning av den geometri som använts finns därmed under respektive kapitel. I tabell 4.1 nedan beskrivs de olika delarnas dimensioner.

Tabell 4.1 beskriver lokalerna som använts till utvärderingen av parametrarna. En illustration av lokalernas uppbyggnad finns i bilagan för FDS och Argos.

| | Golvarea [m ²] | Takhöjd [m] | Brandgasventilation [m ²] |
|--------------------|----------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Möbelutställningen | Ca 8500 | 5 | 42 |
| Lagret | Ca 16 000 | 10 | 80 |
| Delvolym | 1600 | 10 | 8 |

4.2.2. Brandförlopp

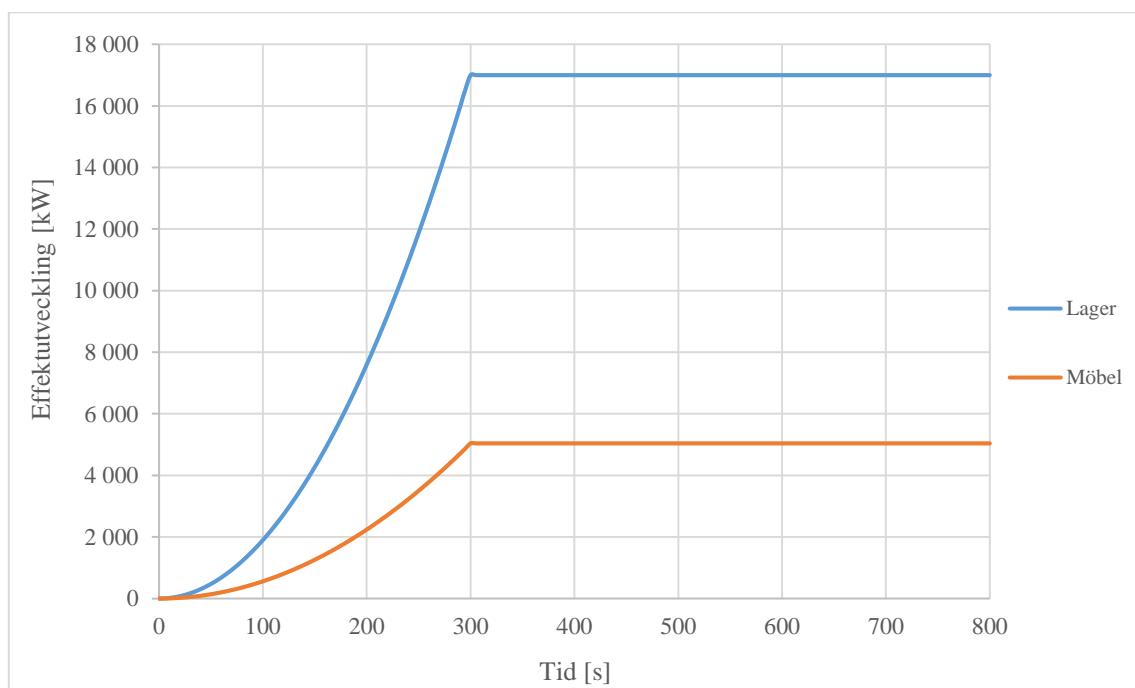
Vid analyserna kommer två brandförlopp att användas, ett för möbelutställningen och ett för lagret. Brandförloppen är baserade på de riktlinjer som ges i IKEA:s egen designmanual samt på de värden som ges för erfordrat brandscenario 1 i BBRAD. (Boverket, 2013)

I IKEA:s designmanual anges tillväxthastigheten, brandens maxeffekt och tiden tills maxeffekten uppnås. Det medförde vissa osäkerheter då dessa tre värden inte stämde överens för branden i möbelutställningen. Därför korrigerades tillväxthastigheten, från 0,047 till 0,056 kW/s². Indata för brandförloppen presenteras i tabell 4.2 nedan, de som är markerade med fetstil är från IKEA:s manual. (IKEA, 2011)

Tabell 4.2 visar indatan för de två brandförloppen.

| | Tillväxthastighet α [kW/s ²] | \dot{Q}_{max} [MW] | Tid till max-effekt [s] | ΔH_C [MJ/kg] | Sotproduktion [g/g] | Kolmonoxidproduktion [g/g] |
|-------|---|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|
| Möbel | 0,056 | 5 | 300 | 20 | 0,1 | 0,1 |
| Lager | 0,19 (ultra fast) | 17 | 300 | 20 | 0,1 | 0,1 |

Det ger upphov till effektutvecklingskurvorna enligt figur 4.2 nedan.



Figur 4.2 visar effektutvecklingskurvorna för brandförloppen.

4.2.3. Aktiveringstid för brandgasventilationen

I lagret finns ESFR-sprinklers installerade, vilket innebär att brandgasventilationen ej tillåts öppna per automatik. För att möjliggöra för analys i denna del valdes dock att även här aktivera brandgasventilationen vid detektoraktivering.

Ingen information har funnits tillgänglig för författarna om vilken typ av detektorer eller vilka aktiveringsgränserna för dessa var. För att bestämma aktiveringstiden användes därför programmet Detact-T2, vilket normalt används för att beräkna aktiveringstiden för sprinkler och värmedetektorer utifrån deras RTI-värde samt aktiveringstemperatur.

En etablerad teknik är dock att använda programmet för att beräkna aktiveringstiden för rökdetektorer genom att ange teoretiska RTI-värde och aktiveringstemperatur, vanligtvis $0,5 \sqrt{ms}$ respektive $13^\circ C$. Tabell 4.3 nedan visar den indata som används samt den beräknade aktiveringstiden i Detact-T2 (Brandteknik, 2005). Detektorplaceringen är uppskattad utifrån tillgängliga brandlarmsritningar.

Tabell 4.3 visar indata till samt den beräknade aktiveringstiden från Detact-T2.

| | ΔT [$^\circ C$] | RTI [\sqrt{ms}] | Takhöjd [m] | Avstånd mellan detektorer [m] | α -värde [kW/s ²] | Aktiveringstid [s] |
|-----------------------|------------------------------|---------------------|----------------|----------------------------------|---|------------------------------|
| Möbel- utställning | 13 | 0,5 | 5 | 9,5 | 0,056 | 120 |
| Lager | 13 | 0,5 | 10 | 9,5 | 0,19 | 110 |

Aktiveringstiderna som beräknats ovan är för den första detektorn som aktiverar, detta trots att brandgasventilationen aktiveras av den andra detektorn. Men då $13^\circ C$, enligt litteraturen, anses vara en konservativt uppskattad gräns antas detta gälla för aktiveringen av den andra detektorn. (Brandteknik, 2005)

4.2.4. Tilluftsöppningar

Vid analyserna kommer de tillgängliga tilluftsöppningarna att bestå av de utrymningsdörrar som finns i lokalen, vilka förutsätts hållas öppna av de utrymmande, samt en korrigerad tilluftsarea. Då enbart en del av bygganden analyseras åt gången ska den korrigerade tilluftsarean representera den tilluft som kommer från entrén samt från resterande delar av varuhuset.

Då byggnaden är utformad med en öppen planlösning med stora öppningar mellan de olika delarna är det mycket svårt att uppskatta den korrigerade tilluftsarean. Därför har ett antagande gjorts så att den totala tilluftsarean är lika stor som arean på brandgasventilationen, det vill säga att det är ett 1:1 förhållande mellan till- och frånluftsarean. Tabell 4.4 visar den korrigerade tilluftsarean som använts för de olika delarna.

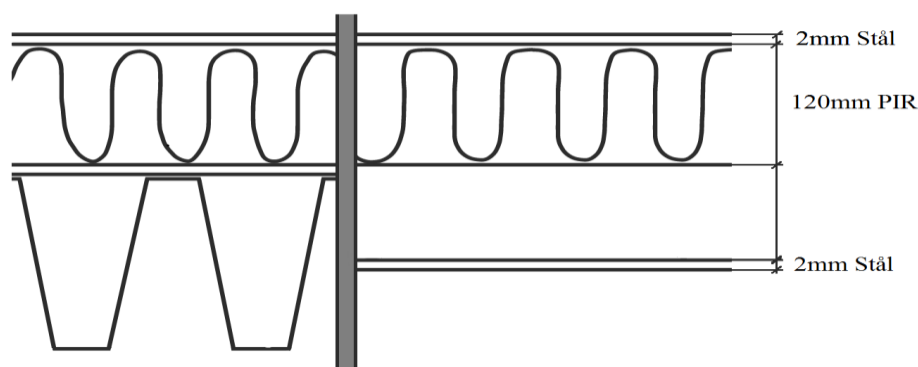
Tabell 4.4 visar förhållandet mellan till- och frånluftsareorna samt den korrigerade tilluftsarean.

| | Brandgasventilation [m ²] | Utrymningsdörrar [m ²] | Korrigerad tilluftsarea [m ²] |
|------------------|--|------------------------------------|--|
| Möbelutställning | 42 | 20 | 22 |
| Lagret | 80 | 47,5 | 32,5 |
| Delvolym | 8 | 8 | - |

4.2.5. Egenskaper hos byggnadsmaterial

Vid analyserna har en del antaganden gjorts kring de material som byggnaden är utförd i, antagandena baseras på den information som gavs vid platsbesöket samt på de ritningar som fanns tillgängliga. De är:

- Byggnadens invändiga bjälklag har antagits vara helt i betong med en tjocklek på 500mm.
- Ytterväggarna är utförda med sandwich-element i stål med PIR-isolering. Sandwich-elementet är utfört med 120mm PIR-isolering med 2mm stål på var sida. (Persson & Abu-Hajar, 2016)
- Innerväggen mellan möbeldelen och lagret är enligt uppgifter utförda i samma sandwich-element som ytterväggarna. I möbelutställningen finns även flera lägre innerväggar vilka endast tas hänsyn till i FDS. (Persson & Abu-Hajar, 2016)
- Takkonstruktionen är utförd i ett sandwich-element enligt figur 4.3. Då begränsad information fanns kring utformningen har dimensionerna enligt figurens högra del antagits utifrån tillgängligt ritningsmaterial samt information insamlad under platsbesöket. (Persson & Abu-Hajar, 2016)



Figur 4.3 visar takkonstruktionen enligt ritningsmaterialet (t.v.) samt konstruktionen som använts vid analys (t.h.).

I tabell 4.5 nedan presenteras den materialdata som har använts för att representera byggnadsdelarna ovan i analyserna.

Tabell 4.5 visar indata för de materialen som använts vid analyserna.

| Material | Användningsområde | Densitet [kg/m ³] | Konduktivitet [W/mK] | Specifik värmekapacitet [J/kgK] | Källa |
|----------|-------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Betong | Bjälklag | 2280 | 1,8 | 1040 | (Peakcock, et al., 1988) |
| Stål | Tak, vägg | 7850 | 45,8 | 460 | (Drysdale, 2011) |
| PIR | Tak, vägg | 35 | 0,022 | 1450 | Se tabell 4.6 |

Tabell 4.6 visar den materialdata som ligger till grund när PIR-isoleringen definierades. Då ingen materialdata hittades för PIR-isolering i den vanliga facklitteraturen har informationen istället hämtats från bland annat tillverkare.

Tabell 4.6 visar den materialdata för PIR-isolering som legat till grund för materialet vid analyserna.

| PIR | Densitet [kg/m ³] | Konduktivitet [W/mK] | C _p [J/kgK] | Källa |
|-----|-------------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 1 | - | 0,021 - 0,026 | - | (U.S. Department of Energy, 2012) |
| 2 | 30 – 45 | - | 1400 – 1500 | (Bing, 2006) |
| 3 | 30 | 0,024 | - | (Recticel, 2016) |

Samtliga av de ovan angivna värdena gäller egentligen för material med temperaturen 20°C. Då ingen betydande uppvärmning är att förvänta vid simuleringarna anses därför detta vara acceptabelt.

5. Förutsättningar för analys med FDS

Nedan presenteras hur analyserna i FDS har utförts. FDS har använts för att analysera hur mängden till- respektive frånluft inverkar brandgasventilationens förmåga att förbättra förhållandena i lokalen.

För att säkerställa att analyserna har utförts korrekt och inom programmets giltighetsområde har analyserna validerats utifrån in- och utdata. Denna validering återfinns i bilaga B.2.

Indatafilerna som använts vid simuleringarna kan ses i bilaga E sist i rapporten.

5.1. Insamling av mätdata

Som tidigare nämnt utvärderas simuleringarna i FDS efter analyskriterierna:

- Flödet genom brandgasventilationen.
- Mängden sot i lokalen.
- Brandgaslagrets höjd och temperatur.
- Siktförhållanden vid två meters höjd.

För att fastställa hur dessa påverkas av de parametrar som analyseras har olika mätinstrument använts. Ytterligare mätinstrument användes för att undersöka de underliggande antaganden som gjorts av författarna och i IKEA:s manual samt för att validera de simuleringar som genomförts i FDS och Argos. Mätinstrumenten presenteras i tabell 5.1 nedan.

Tabell 5.1 visar de mätinstrument som använts vid analyserna i FDS.

| Parameter | Typ av mätning | Quantity | Kommentar |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---|
| Volymflödet | Areaintegral | 'Volume Flow' | - |
| Massflödet | Areaintegral Punktmätning | 'Mass Flow' 'Temperature' | Beräknades till en början utifrån volymflödet samt temperaturmätningar. Ersattes i senare simuleringar med en direkt mätning. |
| Sotmängd i lokalen | Areaintegral | 'Mass Flux Z', 'Spec_ID='Soot', | Mängden sot som lämnar lokalen mättes och användes för att beräkna sotmängden i lokalen. |
| Brandgaslagrets höjd | Linjemätning | 'Layer Height' | Mättes med <i>Layer Device</i> , se nedan. |
| Brandgaslagrets temperatur | Linjemätning Punktmätning | 'Upper Temperature' 'Temperature' | Mättes med <i>Layer Device</i> och utvärderas med punktmätningen i form av ett temperaturträd. |
| Sikt | Linjemätning | 'Path Obscuration' | - |
| Tryck | Punktmätning | 'Pressure' | Jämförs med vindberäkningar. |

Som komplement till mätningarna ovan har även *slicefiles*, vilka mäter en parameter längs ett helt plan, använts. De presenteras i tabell 5.2 nedan.

Tabell 5.2 visar de *slicefiles* som använts vid analyserna i FDS.

| Parameter | Quantity |
|------------------|---------------------------------|
| Temperatur | 'TEMPERATURE' |
| Sikt | 'VISIBILITY' |
| Hastighet | 'VELOCITY' |
| Massfraktion sot | 'MASS FRACTION', Spec_ID='Soot' |
| Tryck | 'PRESSURE' |

Placeringen av mätinstrument och *slicefiles* varierar beroende på den geometri som simulerats och beskrivs därför i respektive kapitel. Samtliga mätinstrument användes inte vid alla simuleringar, vilka mätinstrument som använts vid vilken simulering beskrivs även det i respektive avsnitt.

5.1.1. Layer Device

Vid en simulering i FDS bildas inte två distinkta zoner likt andra, enklare modeller. För att mäta brandgaslagrets höjd och temperatur i en FDS-simulering krävs därför en datareducering. Med hjälp av mätinstrumentet *layer device* kan denna reduktion utföras automatiskt i FDS. Metoden som används är beskriven i FDS användarmanual och använder ekvation 5.1 till 5.4 nedan. (McGrattan, et al., 2015)

$$\int_0^H T(z) dz = I_1 \quad \text{Ekvation 5.1}$$

$$\int_0^H \frac{1}{T(z)} dz = I_2 \quad \text{Ekvation 5.2}$$

$$z_{int} = \frac{T_l(I_1 I_2 - H^2)}{I_1 + I_2 T_l^2 - 2 T_l H} \quad \text{Ekvation 5.3}$$

$$(H - z_{int}) T_g = \int_{z_{int}}^H T(z) dz \quad \text{Ekvation 5.4}$$

Där:

| | |
|-----------|-------------------------------------|
| H | Höjd [m] |
| T | Temperatur [K] |
| z_{int} | Brandgaslagrets höjd [m] |
| T_l | Temperaturen i det undre lagret [K] |
| T_g | Temperaturen i brandgaslagret [K] |

Genom att ansätta temperaturen från den lägsta cellen till att vara lika med temperaturen i det undre lagret kan brandgaslagrets höjd och temperatur uppskattas med ekvationerna ovan. Metoden har använts i tidigare studier med goda resultat. (RES & EPRI, 2007b)

5.2. Möbelutställningen

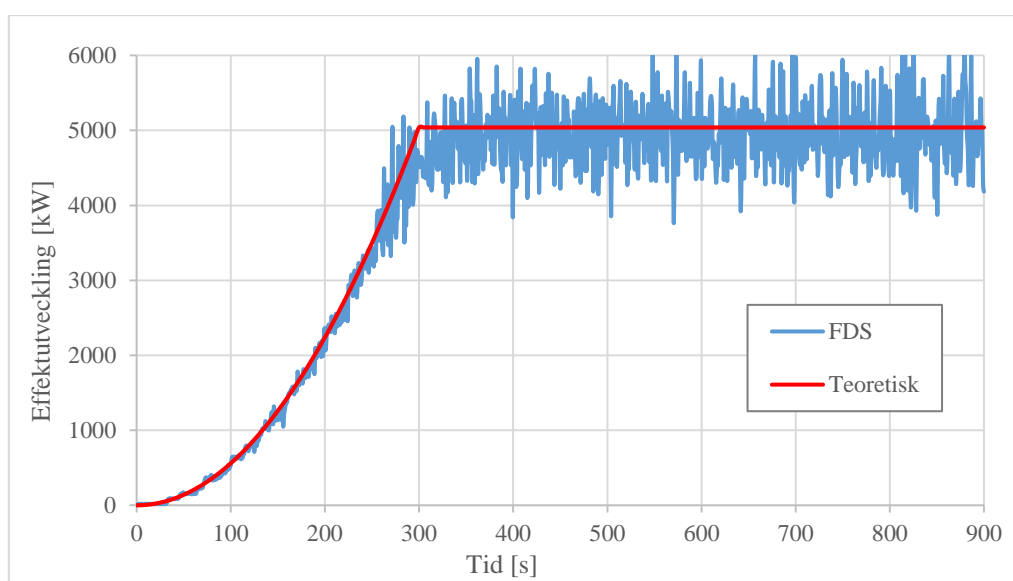
Nedan redogörs för de analyser som utförts i FDS för Möbelutställningen. Totalt gjordes fem simuleringar för denna del, de presenteras i tabell 5.3 nedan.

Tabell 5.3 beskriver de simuleringar som genomförts i Möbelutställningen.

| Simulering | Syfte |
|-------------------|--|
| Möbel_grund | Grundsimulering för Möbelutställningen. |
| Möbel_0.5xTilluft | Utreda tilluftens inverkan genom att halvera tilluftsarean. |
| Möbel_2xTilluft | Utreda tilluftens inverkan genom att dubbla tilluftsarean. |
| Möbel_0xFrånluft | Utreda brandgasventilationens inverkan genom att helt plocka bort brandgasventilationen. |
| Möbel_2xFrånluft | Utreda brandgasventilationens inverkan genom att dubbla ventilationsarean. |

5.2.1. Effektutveckling

Vid samtliga simuleringar i Möbelutställningen har samma brandförlopp använts. Branden har baserats på de indataparametrar som presenterades i tabell 4.2 i tidigare avsnitt. Figur 5.1 nedan visar den teoretiska samt den uppmätta effektutvecklingen från FDS.



Figur 5.1 visar den teoretiska samt den uppmätta effektutvecklingen från simuleringen Möbel_0.5xTilluft i FDS.

För att säkerställa att förhållandet mellan effektutvecklingen och brandens area ligger inom rätt intervall även under tillväxtfasen har funktionen *Spread_Rate* använts. Denna funktion gör att branden sprider sig radiellt från dess utgångspunkt mitt på brännaren. Det innebär att brandens effektutveckling alltid ligger inom rätt förhållande till dess storlek. Det medför även att tillväxthastigheten begränsas något av brännarens kvadratiska form då flamfronten når kanten, vilket är anledningen till varför den uppmätta effektutvecklingen understiger den teoretiska något precis innan maxeffekten uppnås i figur 5.1 och figur 5.6. Spridningshastigheterna har beräknats enligt ekvation 5.5 nedan. (Back, et al., 2013)

$$v_{sp} = \sqrt{\frac{\alpha}{\pi \times \dot{Q}''}}$$

Ekvation 5.5

Där:

v_{sp} Spridningshastighet [m/s]

α Tillväxthastighet [kW/s²]

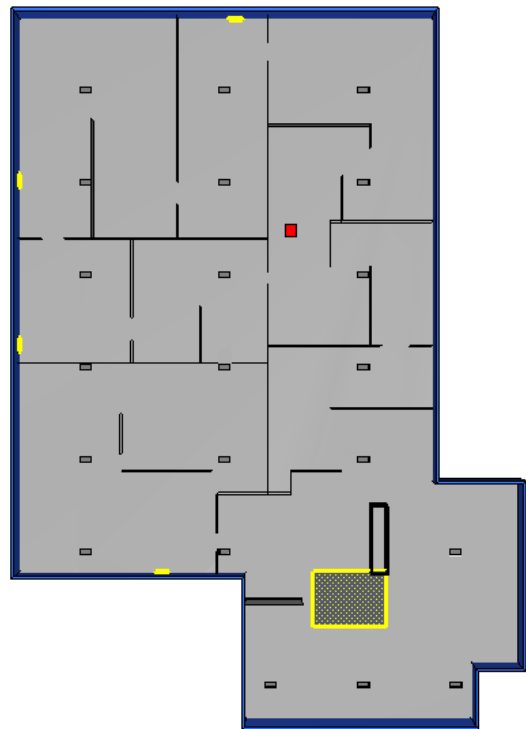
\dot{Q}'' Effekttutveckling per kvadratmeter [kW/m²]

5.2.2. Geometri

Geometrin som använts har baserats på tillgängligt ritningsmaterial. En viss anpassning har dock gjorts för att byggnaden ska passa den meshkonvention som använts. I figur 5.2 presenteras en överskådlig bild över geometrin som använts vid simuleringen Möbel_grund.

I figuren kan brandgasventilationens placering urskiljas, i form av de gråa rutorna. Branden, markerad med rött, och tilluftöppningarna, markerade med gult, har färgkodats för att deras placering ska vara lättare att se. Den stora tilluftöppningen utgör ett öppet trapphus där tilluften är begränsad på det undre planet för att motsvara den korrigerade tilluftsarean enligt tabell 4.4.

Som tidigare nämnts är möbelutställningen med tillhörande restaurang cirka 8 500 m² stor. I figuren kan de tre meter höga innerväggar som finns utspridda i lokalen urskiljas, dessa väggar har i simuleringen antagits vara tunna samt ha adiabatiska egenskaper. Tak, bjälklag och ytterväggar har getts tjockleken 0,5 m. I simuleringarna har taket antagit ha en homogen takhöjd på 5 m, i verkligheten varierar denna något till följd av dess uppbyggnad med sadeltak.



Figur 5.2 visar geometrin som användes vid simuleringen Möbel-grund.

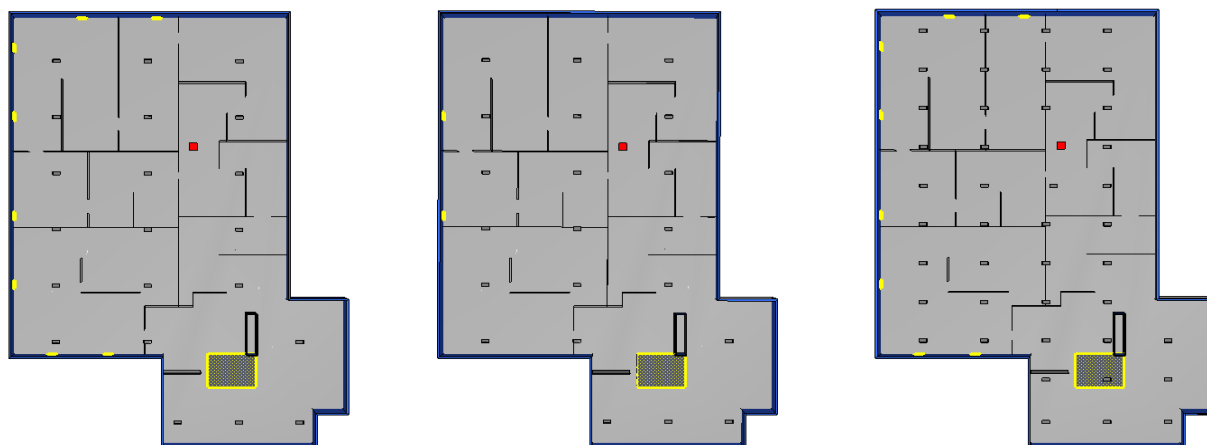
Förändringar i geometrin vid analys

För att analysera tilluftens inverkan på brandgasventilationen dubblades respektive halverades den tillgängliga tilluftarean genom att antingen lägga till eller ta bort tilluftöppningar. Det gäller även de öppningar på planet under vilka inte syns på bilden.

Då den tillgängliga ventilationsareans inverkan skulle utvärderas genomfördes två simuleringar, en med dubbla mängden brandgasventilation och en helt utan brandgasventilation. Vid simuleringen med dubbel brandgasventilation dubblerades även den tillgängliga tilluften så att förhållandet mellan till- och frånluft förblev konstant. Förändringarna sammanfattas i tabell 5.4 och åskådliggörs i figur 5.3.

Tabell 5.4 visar den tillgängliga till- och frånluftsarean för simuleringarna i möbelutställningen.

| | Möbel_grund | 0.5xTilluft | 2xTilluft | 0xFrånluft | 2xFrånluft |
|--|-------------|-------------|-----------|------------|------------|
| Tillgänglig frånluft [m ²] | 42 | 42 | 42 | - | 84 |
| Tillgänglig tilluft [m ²] | 42 | 21 | 84 | 42 | 84 |



Figur 5.3 visar hur placeringen av till- och frånluftsöppningarna har förändrats mellan simuleringarna i möbelutställningen. Figuren t.v. är från 2xTilluft, den i mitten är från 0.5xTilluft och den t.h. är från 2xFrånluft.

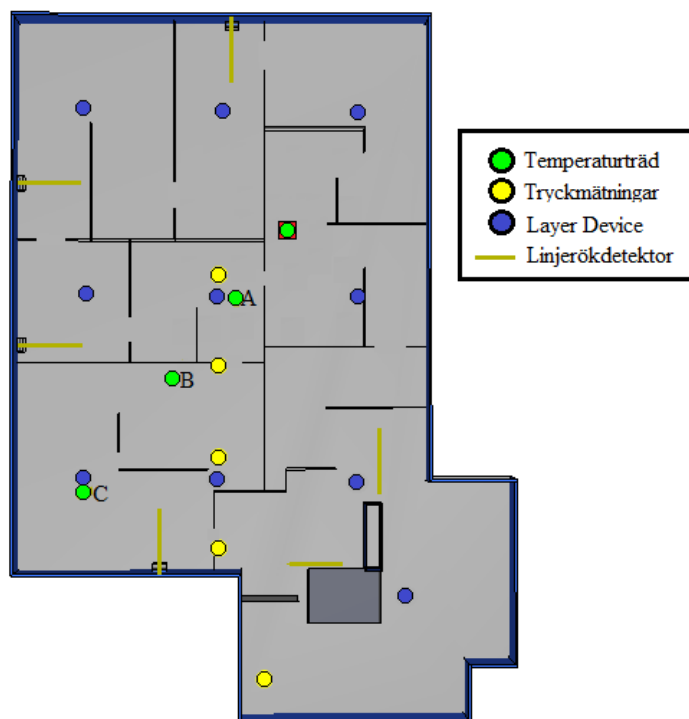
5.2.3. Placering av mätinstrument

Mätinstrumentuppställningen för simuleringen Möbel_grund kan ses i figur 5.4. För de övriga simuleringarna i möbelutställningen fanns enbart de mätinstrument som sedan användes för att utvärdera parametrarnas påverkan på brandgasventilationen. Det vill säga *Layer device*, temperaturträd och linjerökdetektorer.

Tryckmätningarna är placerade i luckorna och linjerökdetektorerna är placerade på två meters höjd över golvet. Temperaturträden utgörs av punktmätningar placerade med en meters intervall i höjddled.

Utöver de mätinstrument som finns i figuren mättes även volym- och massflödet samt massflödet sot som lämnade lokalen. Dessa mätningar var alltid placerade i till- och frånluftsöppningarna, se figur 5.2 och figur 5.3.

Utöver mätinstrumenten fanns även *slicefiles* enligt tabell 5.2 utsatta i lokalen. De var placerade så att brandgasventilationen korsades i y-led samt branden i x-led i samtliga simuleringar. En *slicefile* över sikten placerades även 2 m över golvet.



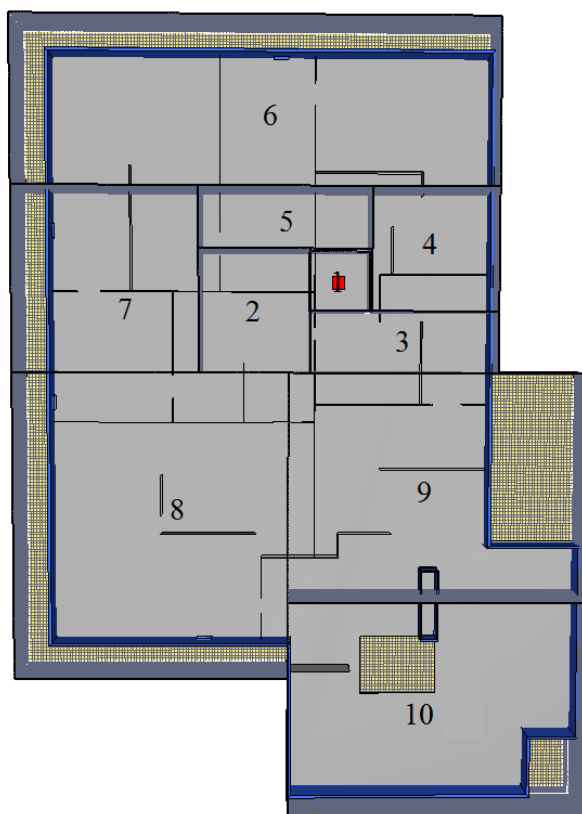
Figur 5.4 visar placeringen utav mätinstrumenten i möbelutställningen.

5.2.4. Meshindelning

För att begränsa simuleringstiden i största möjliga mån har meshen delats upp i tio mindre delmesher och beräkningarna har sedan utförts parallellt. Cellstorlekarna i mesherna varierar mellan 0,125 m nära branden till 0,5 m i de mest avlägsna delarna. Meshindelningen har utförts på samma sätt för alla simuleringar för möbelutställningen. Indelningen sammanfattas i tabell 5.5 och illustreras i figur 5.5.

Tabell 5.5 beskriver meshindelningen för simuleringarna utförda i möbelutställningen.

| Mesh | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Totalt |
|-------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Gridstorlek [m] | 0,125 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | - |
| Antal celler [10^3] | 307 | 234 | 314 | 215 | 276 | 203 | 86 | 214 | 176 | 226 | 2 254 |



Figur 5.5 visar mesh-indelningen i möbelutställningen.

Mesh 10 har förlängts ner för att simulera tilluften från övriga delar av byggnaden. Samtliga mesher, förutom mesh 1, har även förlängts sex meter ovanför byggnadens tak för att säkerställa att flödet ut genom takluckorna ej påverkas av meshgränserna. (Paulsen Husted, 2016)

5.3. Lagret

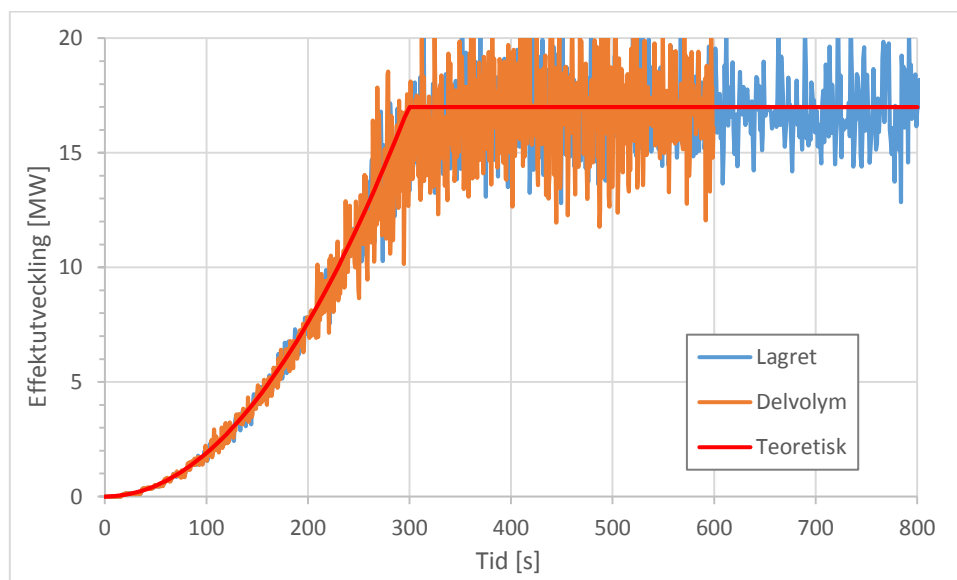
Nedan redogörs för simuleringen i lagret. På grund av den långa simuleringstiden genomfördes endast grundsimuleringen i full skala. För att analysera de utvalda parametrarna simulerades dessa istället i en mindre delvolym.

Tabell 5.6 beskriver de simuleringar som genomförts för lagerdelen.

| Simulering | Syfte |
|-----------------|---|
| Lager_grund | Grundsimulering för lagret. |
| Del_grund | Grundsimulering för delvolymen. |
| Del_0.5xTilluft | Utreda tilluftens inverkan genom att halvera mängden tilluft. |
| Del_2xTilluft | Utreda tilluften inverkan genom att dubblera mängden tilluft. |
| Del_2xFrånluft | Utreda brandgasventilationens inverkan genom att dubbla ventilationsarean. |
| Del_3xFrånluft | Utreda Brandgasventilationens inverkan genom att tredubbla ventilationsarean. |

5.3.1. Effektutveckling

Det brandförlopp som använts vid simuleringen i hela lagret har även använts för simuleringarna i delvolymen. Branden är baserad på de data som beskrivits tidigare i tabell 4.2. I figur 5.6 presenteras den teoretiska samt den uppmätta effektutvecklingen från simuleringen Lager_grund och Del_0.5xTilluft.



Figur 5.6 visar den teoretiska samt den uppmätta effektutvecklingen i FDS för simuleringarna Lager_grund och del_0.5xTilluft. Ett likvärdigt resultat gavs för övriga simuleringar i delvolymen.

Även för dessa simuleringar sker brandspridning horisontellt längs golvet med *Spread rate*-funktionen. Spridningshastigheten har beräknats enligt ekvation 5.5.

5.3.2. Geometri

Geometrin som använts vid simuleringarna i lagret och delvolymen presenteras i figur 5.7 nedan. Geometrin har baserats på ritningsunderlag och anpassats något för att passa meshkonventionen. Även här har tilluftsöppningarna markerats i figurerna, för lagret begränsas tilluften i meshgränsen utanför den stora tilluftsöppningen i figurens nedre del. Öppningen i meshgränsen motsvarar den korrigerade tilluftsarean enligt tabell 4.4.



Figur 5.7 visar de geometrier som använts för simuleringarna i lagret samt delvolymen. Delvolymen har även markerats i lagret för att ge en uppfattning om dess storlek.

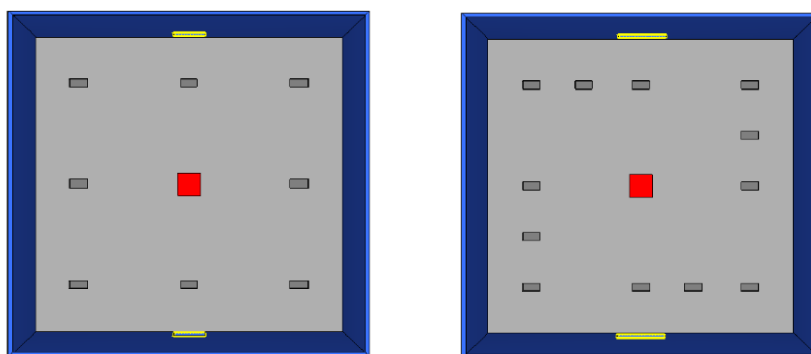
Hela lagret är cirka 16 000 m² stort, delvolymen är en tiondel av golvarean det vill säga 1 600 m². Takhöjden är för simuleringarna antagen till 10 m, i verkligheten varierar den även här något på grund av takets konstruktion. Likt simuleringarna i möbeldelen har väggar, bjälklag och tak antagit vara 0,5 m tjocka.

Förändringar i geometrin vid analys

För att utreda vilken påverkan den tillgängliga tilluften hade varierades den på samma sätt som i simuleringarna i möbeldelen, genom att halvera och dubbla den tillgängliga tilluftsarean. Tillvägagångssättet skiljde sig något då dimensionerna på de två befintliga dörrarna ändrades istället för att fler dörrar lades till. Det gjordes för att i minsta möjliga mån påverka flödena i lokalen mellan simuleringarna.

Då inverkan av frånluften skulle utredas skiljde sig tillvägagångssättet även här. Istället för att ta bort brandgasventilationen likt i möbelutställningen jämfördes grundscenariot mot ett scenario med dubbel frånluftsarea och ett med trefaldig.

Tabell 5.7 beskriver fördelningen av till- och frånluftsöppningarna och figur 5.8 illustrerar de använda geometrierna samt brandgasventilationens placering.



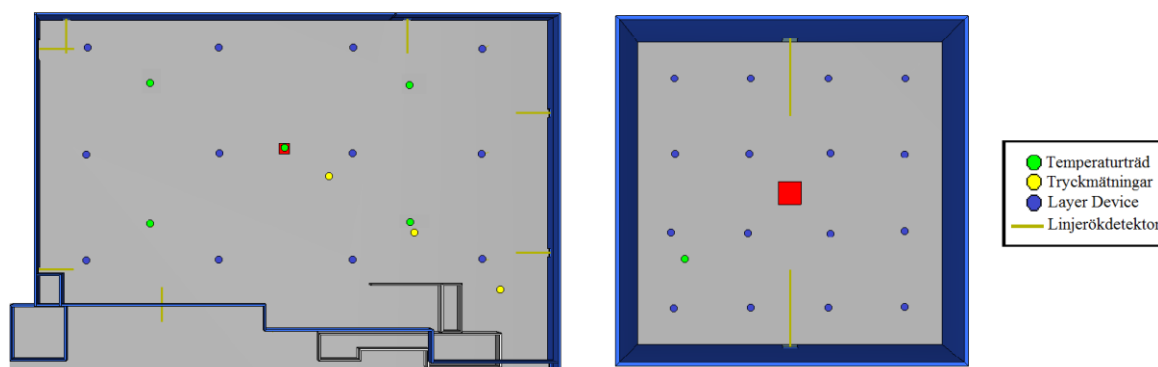
Figur 5.8 visar till- och frånluftsöppningarna för simuleringarna Del_2xFrån (t.v.) och Del_3xFrån (t.h.).

Tabell 5.7 visar den tillgängliga till- och frånluftsarean för simuleringarna i lagret samt delvolymen.

| | Lager_grund | Del_grund | 0.5xTilluft | 2xTilluft | 2xFrånluft | 3xFrånluft |
|--|-------------|-----------|-------------|-----------|------------|------------|
| Tillgänglig frånluft [m ²] | 80 | 8 | 8 | 8 | 16 | 24 |
| Tillgänglig tilluft [m ²] | 80 | 8 | 4 | 16 | 16 | 24 |

5.3.3. Placering av mätinstrument

De använda mätinstrumenten var placerade enligt figur 5.9. Utöver mätinstrumenten i figuren fanns även flödesmätare vilka mätte volymflödet genom öppningarna. För simuleringarna i delvolymen mättes även temperaturen i öppningarna vilket möjliggjorde beräkning av massflödet. I simuleringen Del_3xFrånluft användes även mätinstrument som mätte massflödet, vilket sedan jämfördes med det beräknade massflödet vilket gav ett likvärdigt resultat. Det fanns även *slicefiles* över frånluftsöppningarna samt tvärs branden enligt tabell 5.2. Slicefiles över sikten på 2 meters höjd över golvet fanns även i simuleringen av lagret.



Figur 5.9 visar placeringen av mätinstrument för simuleringarna i lagret samt i delvolymen. Samma uppställning har använts vid samtliga simuleringar.

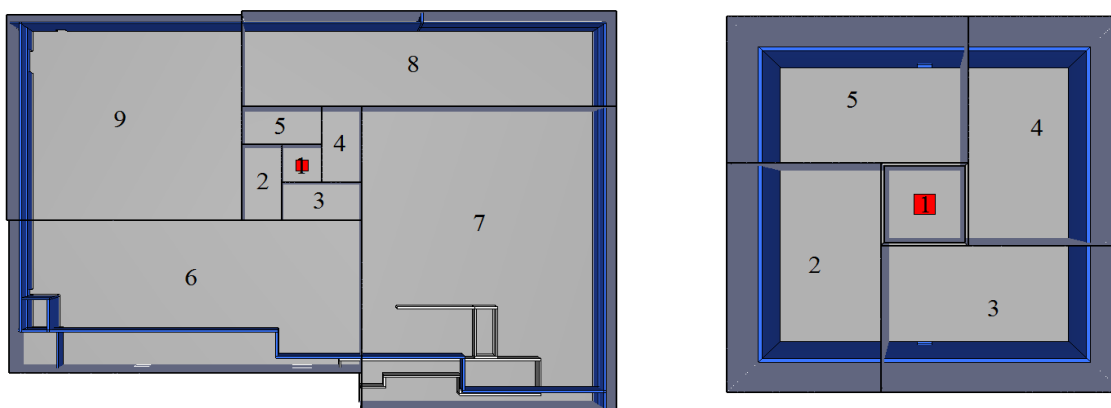
Likt i möbelutställningen är linjerökdetektorerna placerade på två meters höjd och tryckmätningarna i taköppningarna. Temperaturtråden utgörs av punktmätningar placerade med en meters intervall i höjddled.

5.3.4. Meshindelning

Den meshindelning som använts vid simuleringarna i lagret och delvolymen presenteras i figur 5.10 nedan. Även här har cellstorleken varierats från 0,125 m nära branden till 0,50 m i lagret och 0,25 m i delvolymen. Indelningen kan ses i tabell 5.8 och figur 5.10. Samma meshindelning har använts för samtliga simuleringar i delvolymen.

Tabell 5.8 beskriver meshindelningen för simuleringarna i lagret samt delvolymen.

| Mesh | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Totalt |
|-------------|---------------------------------|-------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|--------|
| Lager_grund | Cellstorlek | 0,125 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | - |
| | Antal celler [10 ³] | 640 | 160 | 160 | 160 | 160 | 352 | 508 | 234 | 316 | 2 690 |
| Del_grund | Cellstorlek | 0,125 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | - | - | - | - | - |
| | Antal celler [10 ³] | 536 | 539 | 539 | 539 | 539 | - | - | - | - | 2 719 |



Figur 5.10 visar meshuppdelningen för simuleringarna utförda i lagret samt i delvolymen.

5.4. Förenklingar och antaganden

Nedan sammanfattas de förenklingar och antaganden som gjorts vid simuleringarna i FDS. Vilken inverkan dessa har på analysen diskuteras i diskussionskapitlet.

5.4.1. Generella antaganden

- Brandens placering har antagits utifrån placering av brandgasventilationen och tilluftsöppningarna. Detta har gjorts genom att ej placera branden direkt under brandgasventilationen eller i närheten av tilluftsöppningarna.
- Enbart en del av bygganden simuleras åt gången. En korrigerad tilluftsarea har därför lagt till vilken motsvarar tilluften från resterande delar av byggnaden enligt avsnitt 4.3.4.

Då inget annat nämns har FDS grundinställningar använts vid simuleringarna. För att ta del av grundinställningarna hänvisas läsaren till användarmanualen för FDS. (McGrattan, et al., 2015)

5.4.2. Möbelutställningen

- De låga innerväggarna i möbelavdelningen har getts adiabatiska egenskaper.
- Placering av extra tilluftsöppningar har antagits av författarna.
- I verkligheten finns det två öppningar från möbelutställningen till byggnadens första plan. Vid simuleringarna har dessa slagits samman.

5.4.3. Lagret & delvolymen

- Ingen hänsyn har tagits till varken det lagrade godset, pallställagen eller ventilationskanalerna i taket då det ej ansågs möjligt att modellera dessa med de använda cellstorlekarna.
- Vid simuleringarna har branden placerats vid golvet med en horisontell flamspridning. I verkligheten hade flamspridningen troligtvis även skett vertikalt, vilket hade gett ett annorlunda brandförlopp. Hänsyn till detta tas endast genom brandens tillväxthastighet, vilken är *ultra fast*.

6. Förutsättningar för analys med Argos

Nedan presenteras grunduppställningen för simuleringarna i Argos samt den förändrade indatan till analysen av parametrarna takhöjd och brandeffekt. Simuleringarna är endast utförda i delvolymen då valideringen i bilaga C.3 visade att de övriga geometrierna inte gav tillförlitliga resultat. Totalt simulerades 7 scenarier i Argos, de presenteras i tabell 6.1 nedan. Samtliga scenarier simulerades med både luckor och fläktar.

Tabell 6.1 beskriver de simuleringar som genomförts i delvolymen med Argos för både luckor och fläktar.

| Simulering | Syfte |
|-----------------|--|
| Del_grund | Grundsulering för delvolymen med takhöjd 10 meter och brandeffekten 17 MW |
| Del_takhöjd | Utreda takhöjdens inverkan på förhållandena i lokalen för höjderna 6, 14 och 20 meter. |
| Del_brandeffekt | Utreda brandens inverkan på förhållandena i lokalen för maxeffekterna 5, 10 och 25 MW. |

I simuleringarna kommer luckor och fläktar att jämföras. För att möjliggöra detta har ett volymflöde på fläktarna beräknats så att de i grunduppställningen ger upphov till samma förhållanden i lokalen som för luckor vid sluttiden av simuleringen, se bilaga C.4. Fläktkapaciteten och luckarean kommer sedan hållas konstant på 40,8 m³/s samt 8 m² vid variationen av parametrarna.

Simuleringstiden i Argos sattes till 30 minuter utav tre anledningar. För att brandgaslagrets höjd skulle uppnå stationära förhållanden, tendenser skulle framträda tydligare samt analysera ifall ett längre brandförlopp gav en fördel till luckor eller fläktar.

Argos-simuleringarna utvärderades utefter följande analyskriterier:

- Brandgaslagrets höjd och temperatur
- Optiska densiteten i brandgaslagret
- Erforderlig flätkapacitet

6.1. Grunduppställning

Nedan presenteras grunduppställningen för Argos-simuleringarna.

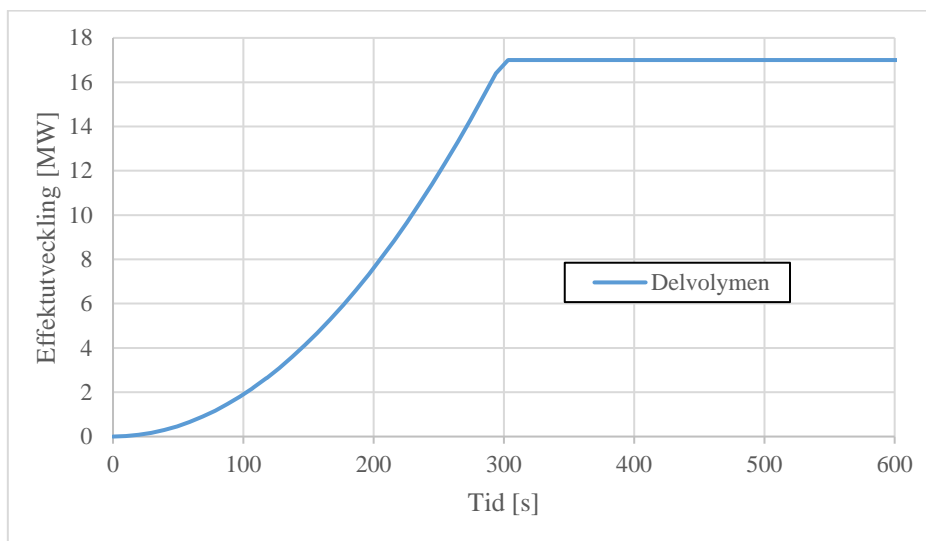
6.1.1. Effektutveckling

I tabell 6.2 nedan presenteras brandeffekten, med de ingående värdena, som använts vid grundsuleringen i Argos. Branden är baserad på de data som beskrivits tidigare i tabell 4.2 där effektutvecklingen hålls konstant enligt antagandena i avsnitt 4.2.2.

Tabell 6.2 beskriver de ingående värden för branden i delvolymen.

| \dot{Q}_{max} [MW] | HRRPUA [kW/m ²] | Area [m ²] | Flamhöjd [m] | α -värde [kW/s ²] | Tid till \dot{Q}_{max} [s] | Optisk densitet [dB/m] |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------|---|---------------------------------|---------------------------|
| 17 Grund | 1889 | 9 | 8 | 0,1889 | 300 | 100 |

Figur 6.1 illustrerar ingångsvärdena från tabell 6.2 plottade under en del av brandförloppet vid simuleringarna i delvolymen. Den maximala effektutvecklingen nås och hålls konstant efter 300 sekunder enligt IKEA:s designmanual. (IKEA, 2011)



Figur 6.1 illustrerar brandeffekten för grundsimuleringen i delvolymen med Argos. Figuren visar en tredjedel av den simulerade tiden för att förtydliga tillväxtkurvan.

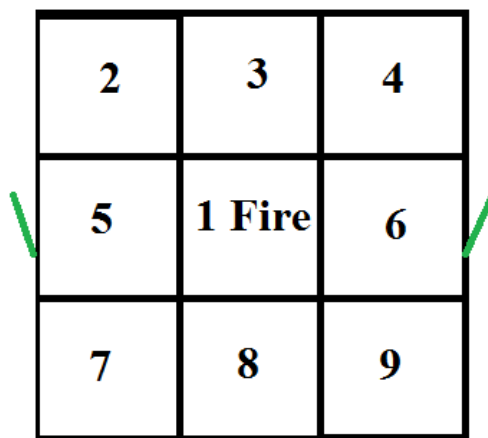
6.1.2. Geometri

Delvolymen har en golvarea på 1 600 m² men för att hamna inom programmets godkända dimensioner för vad som kan simuleras i en lokal har delvolymen delats upp nio lika stora boxar. Boxarna har kopplats samman så de bildar en stor lokal, se tabell 6.3 samt figur 6.2.

Tabell 6.3 Beskriver golvarea, höjd och en sidas längd för en av de nio boxarna som utgör delvolymen.

| | Per box | Totalt |
|------------------------|---------|--------|
| Area [m ²] | 178 | 1600 |
| Höjd [m] | 10 | 10 |
| En sidas längd [m] | 13,4 | 40 |

Geometrin som använts vid simuleringarna av delvolymen i Argos presenteras i figur 6.2 nedan.



Figur 6.2 Beskriver uppbyggnaden av delvolymen av lagret i Argos i simuleringarna. De gröna strecken representerar placeringen av tilluftsöppningarna.

Tilluftsöppningarna i delvolymen är placerade i box 5 och 6 medan frånluften är placerad i box 2, 4, 7 och 9 för att uppbyggnaden i Argos ska efterlikna FDS uppbyggnad av delvolymen. Tilluften utgörs av två stycken 2×2 metersöppningar medan frånluften utgörs av fyra stycken 2 m² luckor eller 10,2 m³/s fläktar med en total kapacitet på 8 m² eller 40,8 m³/s, se bilaga C för framtagandet av fläktkapaciteten.

6.2. Förändringar då takhöjd analyseras

Då takhöjdens inverkan undersöks har simuleringar utförts med olika takhöjder. De takhöjder som använts är 6 m, 10 m(grund), 14 m samt 20 m. Övriga parametrar var desamma som de i grunduppställningen.

Simuleringarna för takhöjdens påverkan på brandgasventilationen utreds med brandgaslagrets höjd, temperatur samt optiska densitet med luckor och fläktar. Den optiska densiteten på brandgaslagret analyserats för att se ifall den ackumulerade sotmängden påverkas av takhöjden.

6.3. Förändringar då brandeffekten analyseras

Nedan presenteras brandeffekterna som analyseras med Argos i delvolymen.

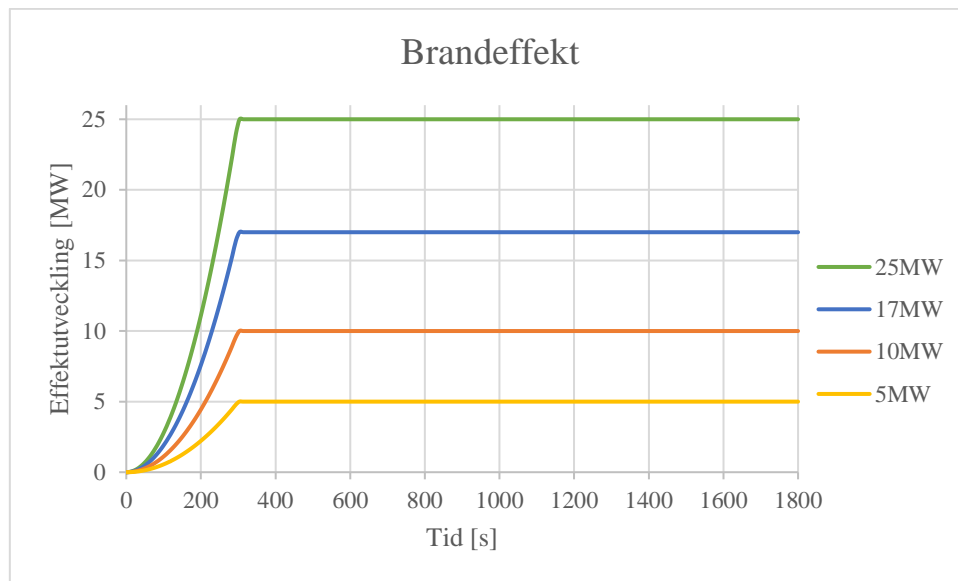
Simuleringarna för brandeffektens påverkan på brandgasventilationen utreds likt den varierade takhöjden med brandgaslagrets höjd, temperatur samt optiska densitet med luckor och fläktar. Den optiska densiteten på brandgaslagret analyserats även här för att se ifall den ackumulerade sotmängden påverkas av brandeffekten.

Parametern brandeffekt utreds i delvolymen där tabell 6.4 nedanför redovisar ingångsvärdena för de varierade brandeffekterna som analyseras med Argos.

Tabell 6.4 redovisar de ingående värdena för de olika brandeffekterna i Argosimuleringarna. HRRPUA har ändrats för att arean ska vara den samma samt alfavärdet har ändrats så att maxeffekten uppnås vid 300 sekunder.

| \dot{Q}_{max} [MW] | HRRPUA [kW/m ²] | Area [m ²] | Flamhöjd [m] | α -värde [kW/s ²] | Tid till \dot{Q}_{max} [s] | Optisk densitet [dB/m] |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------|---|---------------------------------|---------------------------|
| 5 | 556 | 9 | 3,6 | 0,0556 | 300 | 100 |
| 10 | 1111 | 9 | 5,9 | 0,1111 | 300 | 100 |
| 17 Grund | 1889 | 9 | 8 | 0,1889 | 300 | 100 |
| 25 | 2778 | 9 | 10 | 0,2778 | 300 | 100 |

I figur 6.3 illustrerar ingångsvärdena från tabell 6.4 plottade för brandförloppet vid Argosimuleringarna i delvolymen.



Figur 6.3 illustrerar de 4 olika brandeffekterna som utreds.

Förändringarna av branden gjordes så att resultatet i så liten grad som möjligt inte skulle påverkas av något annat än den varierade brandeffekten. Därför har arean på branden och tiden till maxeffekt hållits konstant medan tillväxthastigheten och HHRPUA har istället förändrats för att uppnå de olika brandeffekterna.

6.4. Förenklingar och antaganden

Nedan sammanfattas förenklingar och antaganden vid simuleringarna av delvolymen i Argos.

Geometrins uppbyggnad av delvolymen, se avsnitt 6.1, i Argos har försökt efterlikna uppbyggnaden i FDS, vissa förenklingar har dock varit nödvändiga.

- Uppbyggnaden av delvolymen utgörs av nio boxar som har kopplats samman så att de tillsammans bildar en lokal. Detta då uppdelning gav bättre resultat gentemot FDS-simuleringen i valideringen, se bilaga C.3.
- I delvolymen har ett C_d värde på 0,61 antagits för luckorna. (Eriksson & Nordberg, 2012)
- Vid simuleringen har ingen hänsyn kunnat tas till det lagrade godset, pallställagen eller ventilationskanalerna i taket.
- Branden är placerad vid golvnivå och sprider sig inte utanför sina givna dimensioner.
- En konstant area på branden med en ökad eller minskad effektutveckling används.

För en utförligare beskrivning av metodiken och antaganden bakom simuleringsprogrammet Argos hänvisas läsaren till bilaga C.1.

7. Förutsättningar för analys med handberäkningar

Som komplement till de analyser som utfört i FDS och Argos har även handberäkningar använts. Det har skett då de andra metoderna ej var lämpliga eller som komplement till de andra metoderna då det behövdes.

Olika handberäkningar har utförts för att utreda ett flertal parametrar. Beroende på vilka ekvationer som valt och syftet med beräkningen har förutsättningarna varit olika. Förutsättningarna för följande handberäkningsmetod presenteras nedan:

- Yamana & Tanaka för att utreda vilken inverkan takhöjden samt effektutvecklingen har på brandgasventilationen.
- Handberäkningar av *plugholing*-risken.
- Vindpåverkan.
- Utetemperaturens inverkan på brandgasventilationen.

7.1. Yamana & Tanaka

Nedan presenteras de förutsättningar och den indata som använts vid handberäkningarna med Yamana och Tanakas beräkningsprocedur. Hela proceduren kan ses i bilaga A.1.1.

Handberäkningarna har utförts för att utreda hur effektutvecklingen och takhöjden inverkar på brandgasventilationens förmåga att förbättra förhållandena i lokalen. Då Yamana & Tanakas metod ej är validerad för de stora lokaler som finns i IKEA:s varuhus har beräkningarna utförts på delvolymen av lagret.

De ingående värdena har baserats på de som presenteras i kapitel 4 ovan. Tabell 7.1 nedan redovisar den indata som använts vid beräkningarna, de värden som är markerade har varierats vid analyserna. Öppningsarean är densamma för till- och frånluftsöppningarna.

Tabell 7.1 beskriver de ingående värdena som använts vid beräkningarna med Yamana & Tanakas metod.

| \dot{Q}_{max} [MW] | Brandens area [m ²] | Takhöjd [m] | Längd [m] | Bredd [m] | Öppningsarea [m ²] |
|----------------------|---------------------------------|-------------|-----------|-----------|--------------------------------|
| 17 | 9 | 10 | 40 | 40 | 8 |

I analyserna kommer luckor och fläktar att jämföras. En lämplig flätkapacitet för grundfallet togs fram. Genom att sätta denna konstant då de olika parametrarna varierades kunde inverkan på luckor respektive fläktar utvärderas. Den beräknade flätkapaciteten var 32,6 m³/s.

Beräkningarna utvärderas efter följande analyskriterier;

- Brandgaslagrets höjd och temperatur
- Erforderlig flätkapacitet

7.1.1. Förändring i förutsättningarna vid analys

Då brandeffektens inverkan på brandgasventilationens kapacitet utvärderas kommer brandeffekten att varieras enligt tabell 7.2 vid de olika beräkningarna. Övriga parametrar var desamma som de i grundfallet.

Tabell 7.2 beskriver hur den branden definierats då effektutvecklingens inverkan utretts.

| \dot{Q}_{max} [MW] | HRRPUA [kW/m ²] | Brandens area [m ²] | Flamhöjd [m] |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------|
| 5 | 556 | 9 | 3,6 |
| 10 | 1111 | 9 | 5,9 |
| 17 Grund | 1889 | 9 | 8 |
| 25 | 2778 | 9 | 10 |

Tabell 7.2 följer samma argument presenterade för tabell 6.4 om hur brandeffekten har varierats.

Då takhöjdens inverkan undersöks har beräkningarna utförts med olika takhöjder. De takhöjder som använts är: 6m, 10m(grund), 14m samt 20m. Övriga parametrar var desamma som de i grundfallet.

7.1.2. Antaganden vid handberäkning

Nedan presenteras de antaganden som gjorts vid handberäkningarna med Yamana & Tanakas metodik.

- Heskestads plymmodell har använts då detta är en stark plymmodell som lämpar sig för de höga effektutvecklingar som används. (Karlsson & Quintiere, 2000)
- Ett konstant värmeövergångstal $h = 0,025 \text{ kW/m}^2\text{K}$ enligt EN 1991-1-2, Eurocode 1 har valts då goda resultat för isolerade rum har getts för detta värmeövergångstal. (Standardisation, 2002) (Karlsson & Kjellberg, 2016) En utförligare motivering till valet kan ses i bilaga A.1.2.
- Andelen konvektiv energi som branden avger har antagits till samma värde som simuleringarna i FDS och Argos, det vill säga $\chi = 0,65$.
- Vid beräkningar för luckor har ett C_d värde på 0,61 använts. (Eriksson & Nordberg, 2012)

För en utförligare beskrivning av metodiken och antaganden bakom beräkningsmodellen hänvisas läsaren till bilaga A.1.

7.2. Plugholing

De ekvationer som angetts tidigare i teorin användes för att beräkna vilka förutsättningar och vilken utformning som skulle krävas på brandgasventilationen för att *plugholing* ska uppstå. *Plugholing*-fenomenet kan även ses direkt i FDS. Handberäkningar har dock använts för att kunna undersöka både termisk och mekanisk brandgasventilation.

Som indata till beräkningarna har resultat från tre av simuleringarna från FDS använts. För att få enskilda värden har medelvärden tagits för intervallet då stationära förhållanden infunnit sig vis simuleringarna. För simuleringen i lagret har tidsintervallet 600-800s använts och för de två simuleringarna i möbelutställningen har 600-900s använts. Indatan presenteras i tabell 7.3.

Tabell 7.3 visar den indata som använts vid beräkningarna och som tagits från simuleringarna i FDS

| | Brandgaslagrets tjocklek [m] | Brandgaslagrets temperatur [°C] | Volymflödet [m ³ /s] | Frånluftsarea [m ²] |
|--------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Lager_grund | 4,2 | 50,3 | 145,8 | 80 |
| Möbel_grund | 2,5 | 49,9 | 54,2 | 42 |
| Möbel_2xFrån | 2,2 | 40,5 | 83,8 | 84 |

7.3. Vindpåverkan

Vindpåverkan har handberäknats utifrån beräkningsproceduren i boken byggkonstruktion (Isaksson, et al., 2010). Nedan redovisas uppställningen för beräkningarna som är genomförda för hela IKEA varuhusets geometri.

7.3.1. Beräkningsprocedur

Beräkningarna för vindpåverkan delas in i **6** steg.

1. Karaktäristiskt hastighetstryck $q_p(50)$ för Malmö tas fram.
2. Medelhastighetstrycket $q_p(m)$ beräknas.
3. Formfaktorn C_{pe} för IKEA Malmö tas fram.
4. Vindtrycket på byggnaden för $w_e(50)$ och $w_e(m)$ beräknas.
5. Brandgasernas termiska tryck ΔP_e beräknas.
6. Trycken i steg **4** och **5** jämförs.

I steg **4** beräknas både en mer vanligt förekommande vindhastighet samt en väldigt hög vindhastighet i Malmöområdet för att påvisa hur vindtrycket kan variera. Dock anses sannolikheten för att det börjar brinna samtidigt som den karaktäristiska 50 års vinden inträffar vara väldigt låga. 50 årsvinden kan istället tolkas som det vindtryck som mer sannolikt skulle kunna uppträda på andra geografiska platser eller de momentana toppvärden när vinden fluktuerar. För vindberäkningarna som genomförs kan årsfrekvensen av båda vindtrycken ses som konservativa när det ställs mot sannolikheten för att en brand samtidigt uppstår.

Beräkningarna som genomförs i steg **5** för brandgasernas termiska stigningskraft har värden från grundsimuleringarna i FDS av möbelutställningen och lagret. En mer ingående förklaring till hur beräkningarna genomförs finns i bilaga A.3.

7.3.2. Geografiska positionen och topografi

Nedan presenteras ingående värden för IKEA varuhuset i Malmös geografiska position och topografi för beräkningarna av det karaktäristiska hastighetstrycket i steg 1.

Tabell 7.4 redovisar de ingående värdena för beräkningen av det karaktäristiska hastighetstrycket i Malmö. (Isaksson, et al., 2010)

Tabell 7.4 innehåller värden framtagna ur tabeller från boken byggkonstruktion samt höjden från ritningarna för IKEA varuhuset i Malmö till beräkningarna av vindtrycket.

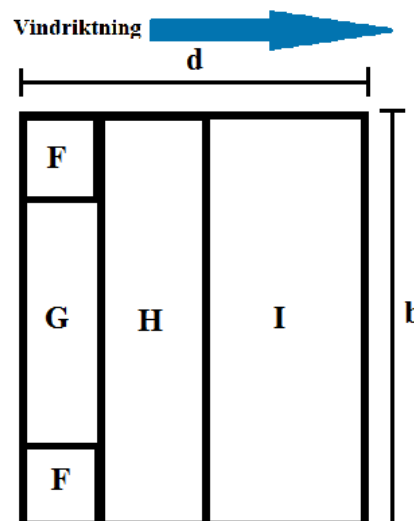
| | |
|---|---------------|
| Topografi | Terrängtyp II |
| Höjd på IKEA varuhuset [m] | 15 |
| Karaktäristiska vindhastigheten v_b för Malmö [m/s] | 26 |

7.3.3. Geometri

Beräkningarna för vindpåverkan genomförs för hela IKEA varuhuset men med en förenklad geometri för att handberäkningarna ska vara applicerbara, se tabell 7.5 samt figur 7.1. Dimensionerna är uppskattade från byggritningarna av IKEA varuhuset i Malmö.

Tabell 7.5 beskriver utformningen av IKEA varuhuset i Malmö vid vindberäkningarna.

| | |
|--------------------|-----|
| Geometri | [m] |
| Längd, d | 100 |
| Bredd, b | 220 |
| Höjd till taket, H | 15 |



Figur 7.1 beskriver hur ett platt tak delas upp i olika delar vid handberäkningar av vindtrycket på taket.

Geometrin för IKEA varuhuset är en stor förenkling av verkligheten men kan anses acceptabel då beräkningarna genomförs för att påvisa hur stora tryck vinden ger upphov till gentemot brandgasernas tryck.

7.4. Utetemperatur

I tabell 7.6 nedan presenteras ingångsvärdena som hålls konstanta till beräkningarna av utetemperaturens inverkan på den termiska brandgasventileringen i möbelutställningen och lagret. När beräkningarna genomförs används indata från FDS grundsimuleringar. För beräkningsprocedur se bilaga A.5.

Tabell 7.6 redovisar ingående värden för handberäkningarna av massflödet.

| | | | |
|--------------------|-----------|-------------------------|-----------------|
| | C_d [-] | A_e [m ²] | Takhöjd H [m] |
| Möbelutställningen | 0,61 | 42 | 5 |
| Lagret | 0,61 | 80 | 10 |

Värden från FDS simuleringarna som används för handberäkningarna av massflödet är brandgaslagrets höjd och temperatur som har satts till ett medelvärde för alla *layer devices* i lokalen för varje tidssteg.

Massflödet genom luckorna kommer sedan att tas fram från resultatet av grundsimuleringen i FDS för möbelutställningen och lagret vid utetemperaturerna -20, -10, 0, 10, 20, 30 och 40°C.

7.5.1 Antaganden vid handberäkningar

Nedan presenteras de antaganden som gjorts vid handberäkningarna för massflödet ur luckorna i möbelutställningen.

- Temperaturen och höjden på brandgaslagret förändras inte från grundsimuleringarna i FDS vid de olika utetemperaturerna trots de varierade massflödena.
- Vid beräkning av luckor har ett C_d värde på 0,61 använts. (Eriksson & Nordberg, 2012)
- Höjden på neutrallagret H_N förändrats inte vid de olika utetemperaturerna.

För en utförligare beskrivning av metodiken och antaganden bakom beräkningsmodellen hänvisas läsaren till bilaga A.4.

8. Resultat

Nedan presenteras resultatet från de analyser som genomförts. Då flera parametrar undersökts och flera analysmetoder använts har ett omfattande resultat fåtts. Resultatet har strukturerats efter den parameter som utretts i första hand, vilket innebär att resultatet från flera analysmetoder presenteras under vissa avsnitt.

Det resultat som presenteras kommenteras och diskuteras kort av författarna. En utförligare diskussion följer i nästkommande kapitel. Utifrån denna diskussion dras sedan ett antal slutsatser vilka presenteras i kapitel 10. Resultatet från de parametrar som analyserats presenteras i följande ordning:

- Tilluft
- Frånluft
- Takhöjden
- Brandeffekten
- Vindpåverkan
- Utetemperatur

Utöver resultatet från parameteranalyserna presenteras även resultatet från simuleringen i lagret i slutet av kapitlet.

8.1. Tilluft

Nedan presenteras det resultat som tagits fram då tilluftsparametern utretts. Tabell 8.1 redovisar en sammanställning av informationen från kapitel 3, kapitel 5 samt avsnitt 7.2.

Tabell 8.1 ger en överskådlig bild av analysen för parametern tilluft.

| Parameter | Analysmetod | Lokal | Analyskriterier | Vad anses vara en fördel |
|-----------|------------------------------|-----------------------------------|--|----------------------------------|
| Tilluft | FDS för termisk | Möbelutställningen och delvolymen | Volym och massflöde ur luckorna | Ökat volym och massflöde |
| | | | Brandgaslagrets höjd och temperatur | Högre höjd och lägre temperatur |
| | | | Sotmängd och sikt i lokalen | Mindre mängd sot och längre sikt |
| | Handberäkningar för mekanisk | Hela IKEA varuhuset | Tryckuppbyggnad i lokalen beroende på antal öppna dörrblad | En mindre tryckuppbyggnad |

Resultatet är uppdelat i tre delar enligt följande:

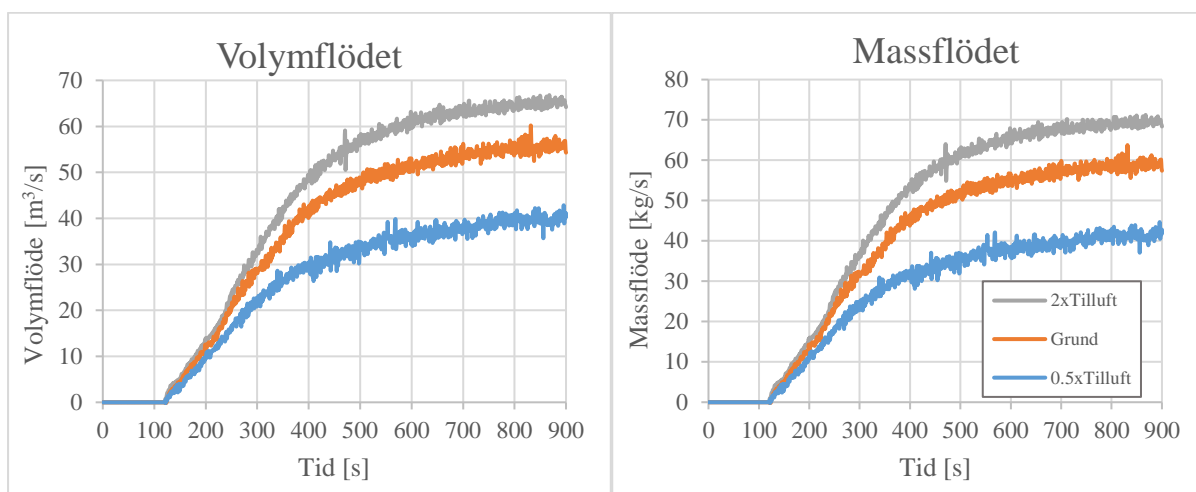
- Simuleringar i möbelutställningen
- Simuleringar i delvolym av lagret
- Undertrycksberäkningar för mekanisk brandgasventilation

8.1.1. Simuleringar i möbelutställningen

Nedan presenteras resultatet för tilluftsparametern då denna utreddes i möbelutställningen.

Volym- och massflödet

För att utreda hur den tillgängliga tilluftsarean påverkar ventilationsförmågan mättes volym- och massflödet genom samtliga luckor. Figur 8.1 nedan visar hur det totala volym- respektive massflödet varierar beroende på tillgänglig tilluft i de tre simuleringarna.



Figur 8.1 visar volym- och massflödet för tilluftssimuleringarna i möbelutställningen.

Ur figurerna det utläsas att flödet ut genom brandgasventilationen påverkas i stor grad av den tillgängliga tilluftsarean. Det syns även att en begränsning av tilluftsarean påverkar flödet i större grad än en motsvarande eller till och med större ökning.

Genom att beräkna kvoten för flödena gentemot grundsimuleringen kan ett procentuellt värde över brandgasventilationens effektivitet tas fram, se tabell 8.2. Kvoten beräknades för varje tidssteg och ett medelvärde togs sedan mellan 130 sekunder till 900 sekunder, 130 sekunder valdes då det var 10 sekunder efter brandgasventilationen aktiverats.

Tabell 8.2 visar kvoten mellan flödena gentemot grundsimulering för tilluftssimuleringarna i möbelutställningen.

| | 0.5xTilluft | 2xTilluft |
|-------------|-------------|-----------|
| Volymflödet | 0,73 | 1,17 |
| Massflödet | 0,72 | 1,18 |

Resultatet i tabellen ovan kan jämföras med det i tabell 8.3 nedan. Den teoretiska effektiviteten är beräknad med ekvation 2.6 utifrån den metod som beskrevs i avsnitt 2.4.2. De ingående värdena är tagna från respektive FDS-simulering.

Tabell 8.3 beskriver den teoretiska skillnad som tilluften borde ge enligt beräkningsmetoden i avsnitt 2.4.2.

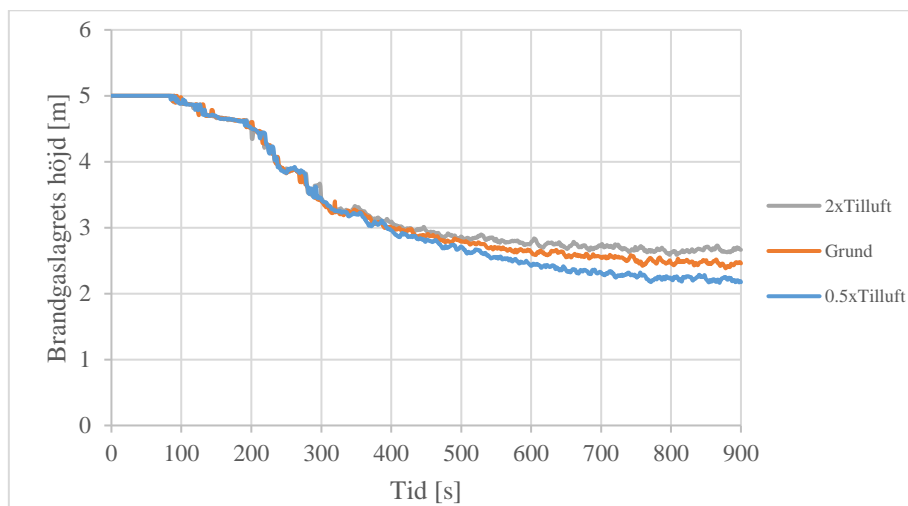
| | 0.5xTilluft | 2xTilluft |
|------------------------|-------------|-----------|
| Teoretisk effektivitet | 0,65 | 1,24 |

Utifrån tabellerna kan det konstateras att den enklare handberäkningsmetod som presenterades tidigare kan användas för att ge en grov uppskattning av den inverkan som den tillgängliga tilluften ger upphov till.

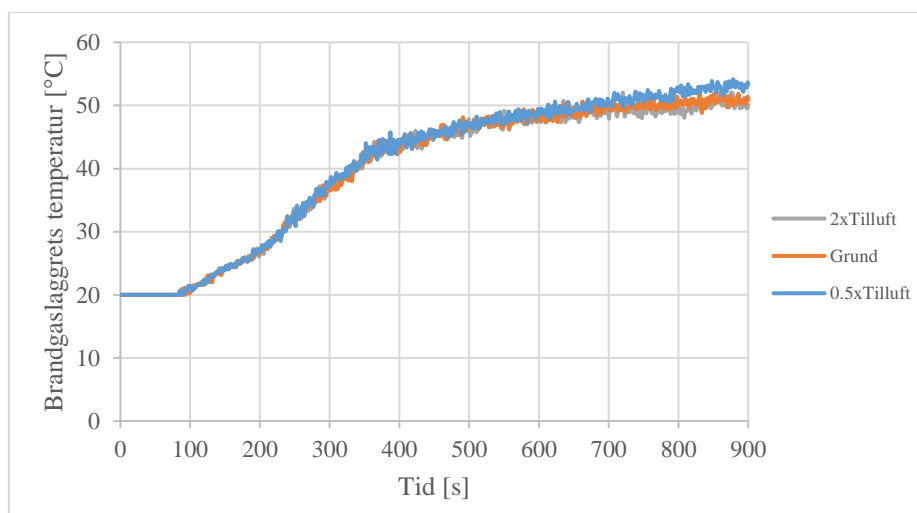
Brandgaslagrets höjd och temperatur

För att utvärdera hur brandgaslagret påverkades av tilluftsöppningarna mättes brandgaslagrets höjd. På grund av eventuella osäkerheter jämförs de uppmätta värdena mot temperaturträd för att uppskatta hur bra resultat de ger.

Mätningarna gjordes på flera platser i lokalen och ett medelvärde för brandgaslagrets höjd och temperatur beräknades sedan utifrån dessa. De kan ses i figur 8.2 och figur 8.3 nedan.

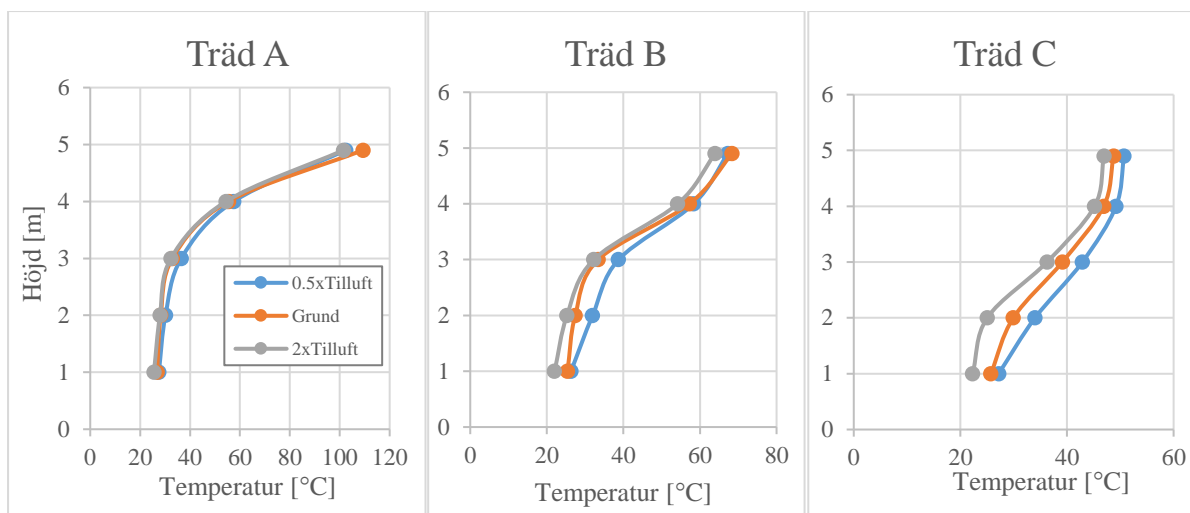


Figur 8.2 visar medelvärdet över brandgaslagrets höjd för tilluftssimuleringarna i möbelutställningen.



Figur 8.3 visar medelvärdet av brandgaslagrets temperatur för tilluftssimuleringarna i möbelutställningen.

Skillnaden i brandgaslagrets höjd och temperatur mellan de olika scenarierna blev liten i förhållande till skillnaden mellan flödena. För att utreda om det beror på hur brandgaslagrets höjd beräknats jämfördes de med temperaturträden i figur 8.4. I figurerna är temperaturen baserade på ett medelvärde över intervallet då stationära förhållande råder, det vill säga mellan 700 och 900 sekunder. Temperaturträden är placerade på olika avstånd från branden, se figur 5.4 för exakt placering.



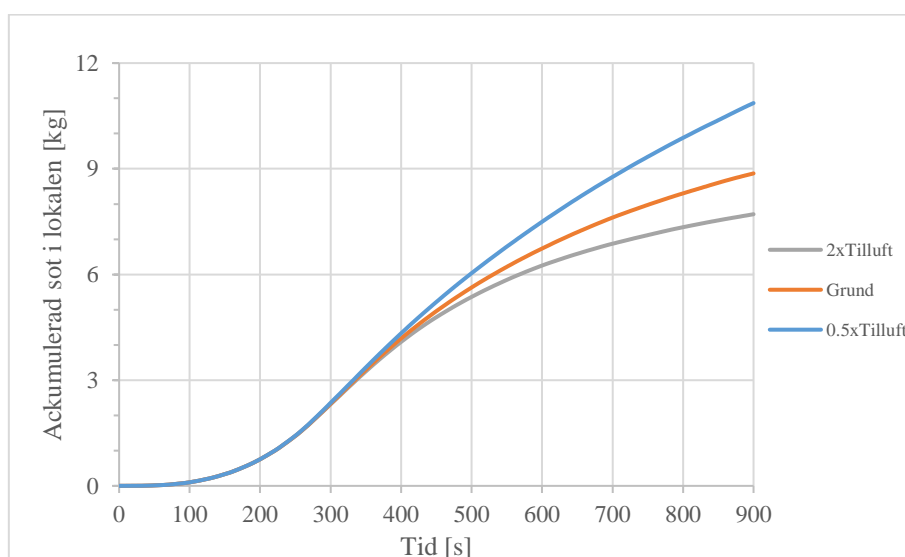
Figur 8.4 visar temperaturträden för tilluftssimuleringen i möbelutställningen, se figur 5.4 i bilaga C för exakt placering. Temperaturerna är medelvärden beräknade mellan 700 och 900 sekunder.

Temperaturskillnaden mellan simuleringarna är väldigt liten även i temperaturträden, vilket styrker resultatet i figur 8.3. Då temperaturträden ger upphov till så pass lika resultat i de olika simuleringarna kan slutsatsen dras att brandgaslagret ej påverkas i någon större utsträckning när tilluften varierar.

För träd A och B sker en tydlig temperaturökning mellan tre och fyra meter vilket antyder att brandgaslagret ligger mellan dessa höjder. För träd C sker temperaturökningen gradvis vilket gör det svårare att uppskatta brandgaslagrets höjd, men det är rimligt att anta att brandgaslagret är tjockare i denna del. Därmed anses resultatet i figur 8.2 visa en rimlig höjd på brandgaslagret.

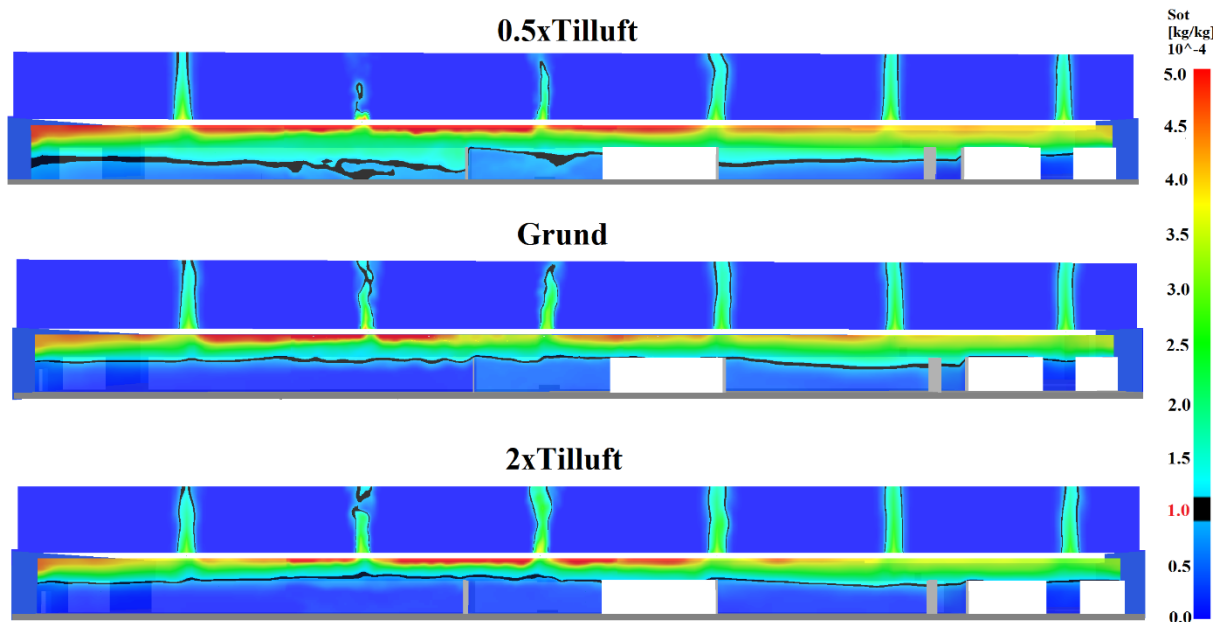
Sotmängden i lokalen

Utöver flödena mättes även den mängd sot som lämnade lokalen. Utifrån dessa mätvärden samt brandens sotproduktion beräknades den ackumulerade sotmängden i lokalen. Figur 8.5 visar denna för de tre undersökta scenarierna.



Figur 8.5 visar den ackumulerade sotmängden för tilluftssimuleringarna i möbelutställningen.

Likt volym- och massflödena påverkas den totala mängden sot av den tillgängliga tilluften. Vilket är rimligt då den ackumulerade sotmängden är starkt kopplad till hur stor flödet ut genom brandgasventilationen är. I figur 8.6 nedan presenteras *slicefiles* över mängden sot i lokalen. Figuren är tagen vid simuleringarnas slut, 900 sekunder.

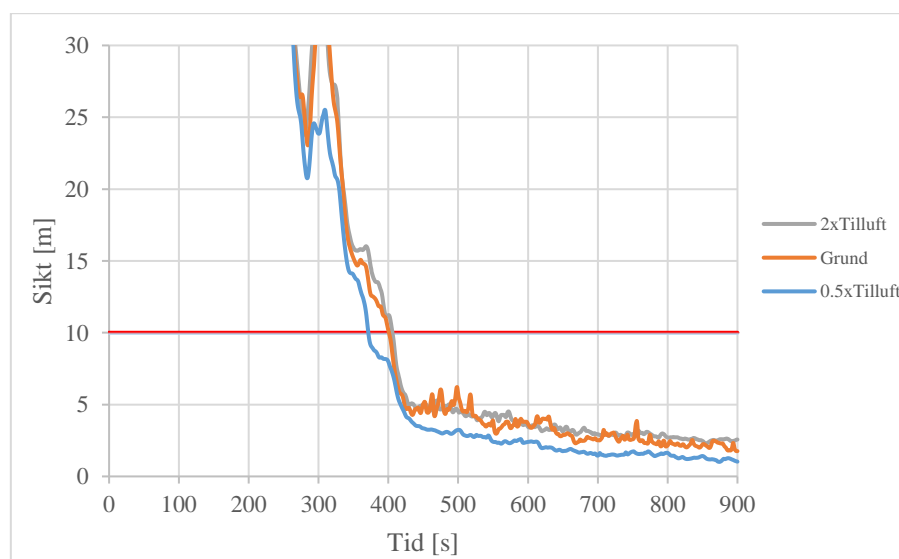


Figur 8.6 visar sothalten i möbelutställningen för tilluftssimuleringarna. Figuren är tagen vid simuleringarnas slut, 900 sekunder.

Ur figuren kan det urskiljas att mängden sot i brandgaslagret minskar markant från 0.5xTilluft till grundsimuleringen samt att en ytterligare ökning till 2xTilluft enbart ger en liten minskning.

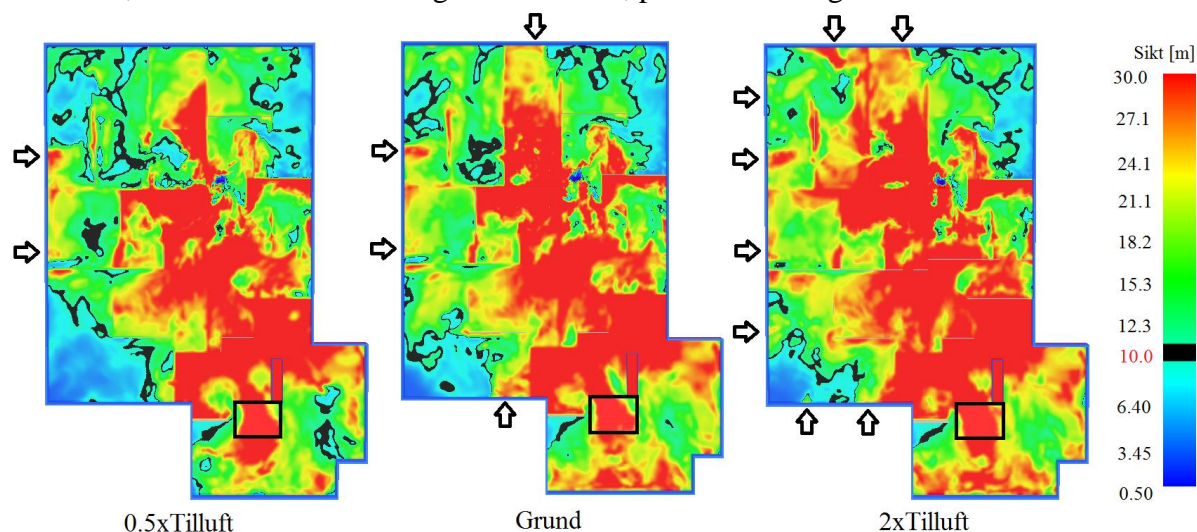
Siktförhållanden

För att utreda tid till kritiska förhållanden mättes även siktförhållandena på två meters höjd vid samtliga utgångar. Ett medelvärde beräknades utifrån dessa för att få en helhetsbild över siktförhållandena i lokalen, medelvärdena över sikten kan ses i figur 8.7.



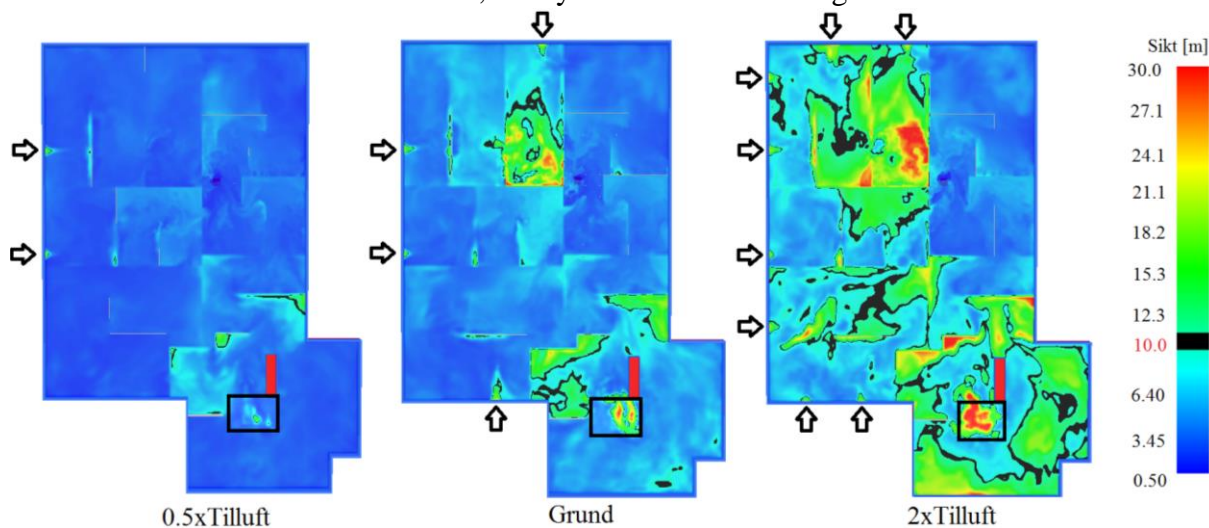
Figur 8.7 visar siktförhållandena för tilluftssimuleringarna i möbelutställningen, mätinstrumentens exakta placering kan ses i figur 5.4. Den kritiska sikten, 10 meter, är markerad i figuren.

Även här var resultaten snarlika för de tre simuleringarna. Detta är ett något motsägande resultat då det jämförs med resultatet för flödesmätningarna. För att undersöka detta närmre studerades *slicefiles* över sikten, *slicefilen* sitter på två meters höjd. Siktförhållandena vid 400 sekunder, då mätinstrumenten angav kritisk sikt, presenteras i figur 8.8 nedan.



Figur 8.8 visar siktförhållandena på två meters höjd i möbelutställningen efter 400 sekunder då tilluften varierar. Kritisk sikt, 10m, har markerats med svart. Även tilluftsöppningarna har markerats.

Utifrån *slicefilen* kan det utläsas att siktförhållandena är förhållandevis lika varandra med en tendens till ökad sikt då tilluften ökas. Överlag överstiger sikten 10 meter i lokalen men då mätinstrumenten som figur 8.7 bygger på är placerade vid utgångarna, det vill säga nära väggarna, ger de en konservativ uppskattning av sikten i hela lokalen. Figur 8.9 visar siktförhållandena efter 900 sekunder, här syns en markant ökning av sikten då tilluften ökas.



Figur 8.9 visar siktförhållandena i möbelutställningen efter 900 sekunder då tilluften varierats. Kritisk sikt, 10m, har markerats med svart. Även tilluftsöppningarna har markerats.

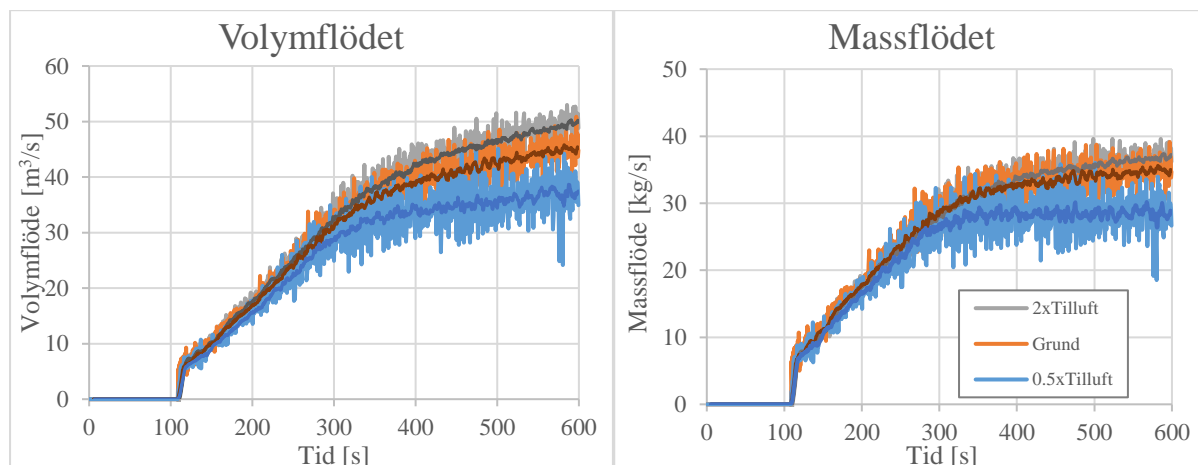
Figurerna ovan visar även upphov på ojämna siktförhållanden i lokalen. Sämst sikt uppkommer vid kanterna där röken trycks ner efter att den nått väggen. De ojämna förhållandena i lokalen beror delvis på den turbulens som uppkommer till följd av de tre meter höga innerväggar som avskiljer olika delar av lokalen, vilka kan ses i figurerna. Även placeringen av tilluftsöppningarna inverkar. Vilket syns tydligast för 2xTilluft där siktförhållandena är sämst i övre högra hörnet, där inga tilluftsöppningar finns.

8.1.2. Simuleringar i delvolym av lagret

Nedan presenteras resultatet från de simuleringar som utredde tilluftsparametern i en delvolym av lagret. Motsvarande resultat från grundsimuleringen av hela lagret kan ses i avsnitt 8.7.

Volym- och massflödet

Vid simuleringarna i delvolymen mättes enbart volymflödet. Massflödet beräknades istället från temperaturmätningar i samtliga luckor. Volym- och massflödet kan ses i figur 8.10.



Figur 8.10 visar volym- och massflödet för tilluftssimuleringarna i delvolymen. Trendlinjer har lagts till för att åskådliggöra resultatet.

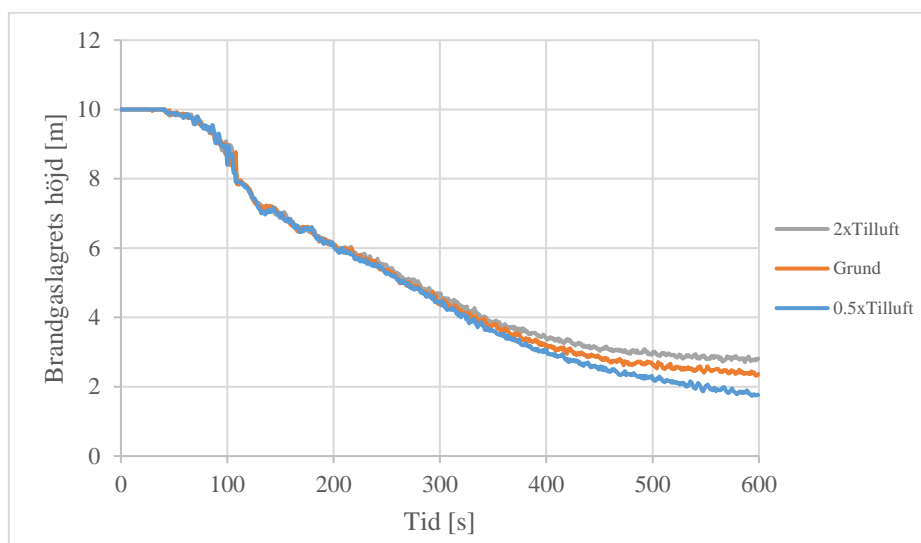
För simuleringarna i delvolymen blev skillnaderna i utflödena betydligt mindre än för de i möbeldelen. Likt i föregående avsnitt har kvoten över flödena beräknats, från och med 10 sekunder efter att brandgasventilationen aktiverats, för att uppskatta vilken inverkan mängden tilluft har. De beräknade kvoterna kan ses i tabell 8.4 nedan.

Tabell 8.4 visar kvoten mellan volymflödena för tilluftssimuleringarna i delvolymen.

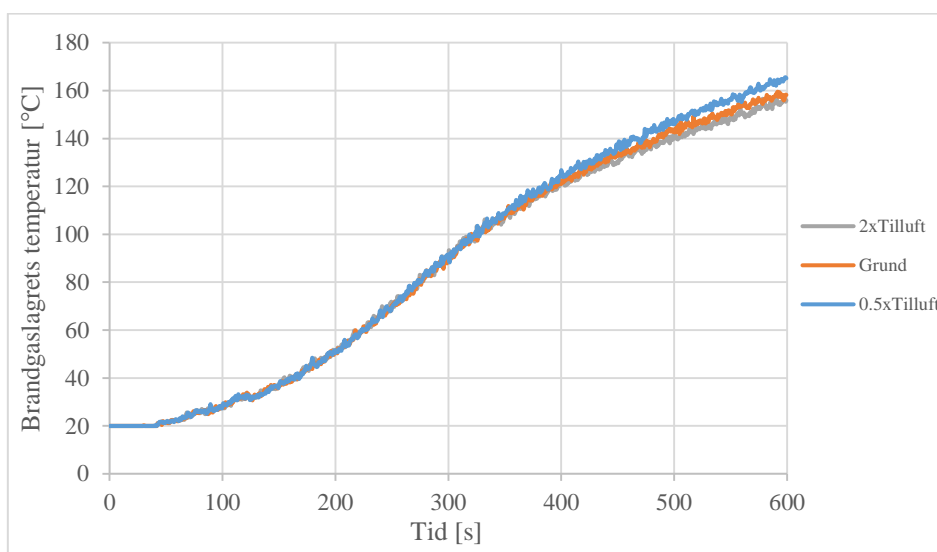
| | 0.5xTilluft | 2xTilluft |
|---------------------------------|-------------|-----------|
| Volymflödet [m ³ /s] | 0,89 | 1,07 |
| Massflödet [kg/s] | 0,89 | 1,02 |

Brandgaslagrets höjd och temperatur

I figur 8.11 och figur 8.12 nedan presenteras hur brandgaslagrets höjd och temperatur varierar beroende på mängden tilluft för simuleringarna i delvolymen. Resultatet utvärderas återigen med temperaturträd.

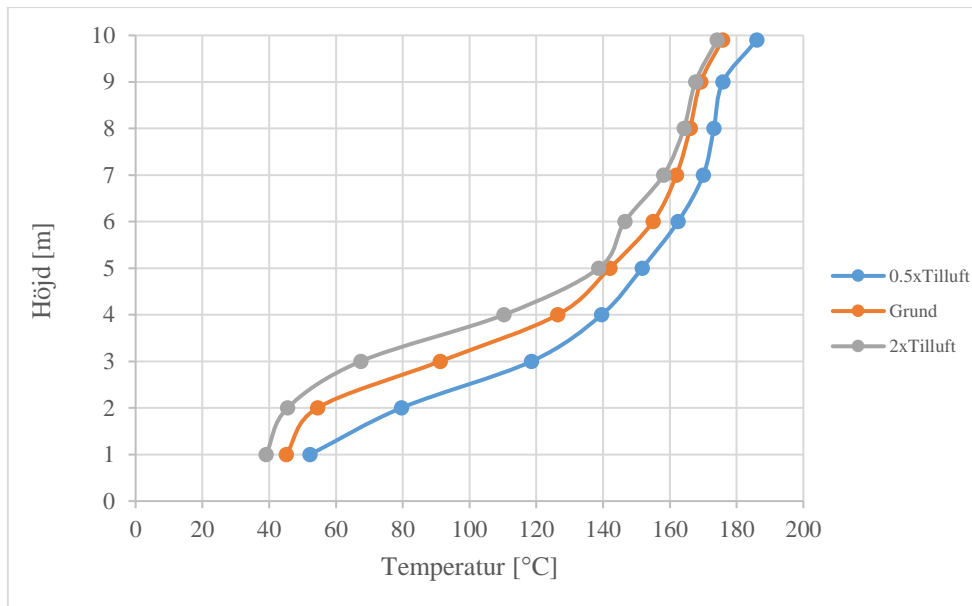


Figur 8.11 visar brandgaslagrets höjd för tilluftssimuleringarna i delvolymen.



Figur 8.12 visar brandgaslagrets temperatur för tilluftssimuleringarna i delvolymen.

Även här har temperaturträd använts för att avgöra huruvida resultatet ovan är tillförlitligt. Ur figurerna ovan syns att stationära förhållanden inte inträffat under den simulerade tiden, temperaturträdet nedan har dock beräknats från medelvärden mellan 500 och 600 sekunder.

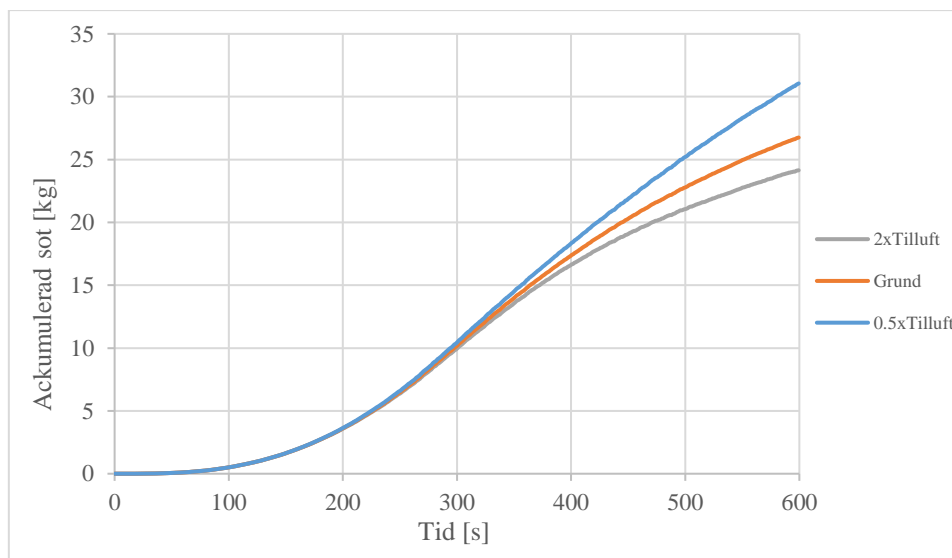


Figur 8.13 visar temperaturträden från tilluftssimuleringarna i delvolymen. Temperaturerna är beräknade medelvärden mellan 500 och 600 sekunder.

Från figur 8.13 kan det utläsas att tilluften har liten inverkan på både brandgaslagrets höjd samt temperatur, framförallt då tilluften ökas. Utifrån temperaturträdet kan även brandgaslagrets höjd uppskattas, vilken enligt figuren sker mellan två och tre meter för grundsimuleringen och för 2xTilluft samt mellan en och två meter för 0.5xTilluft. Det stämmer väl överens med mätningarna i figur 8.11.

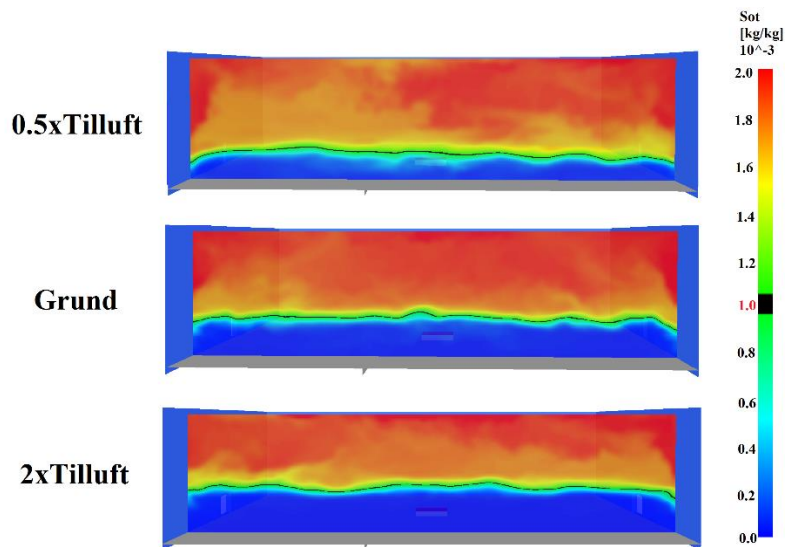
Sotmängden i lokalen

Den ackumulerade sotmängden, som beräknades utifrån brandens sotproduktion samt mätningar av massflödet sot som lämnade lokalen, presenteras i figur 8.14.



Figur 8.14 visar den ackumulerade mängden sot för tilluftssimuleringarna i delvolymen.

I figur 8.15 nedan presenteras *slicefiles* över mängden sot i lokalen. Figuren är tagen vid simuleringarnas slut, 600 sekunder.

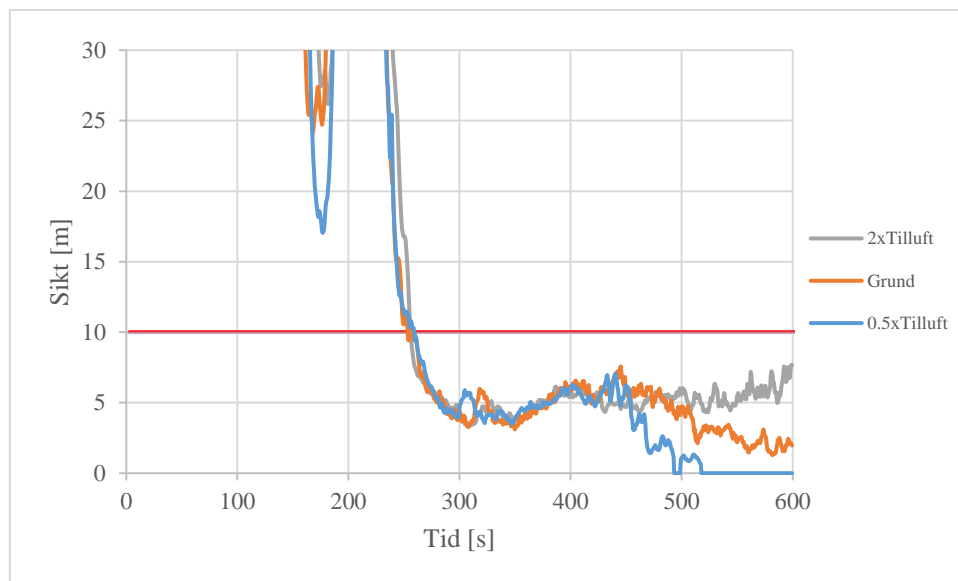


Figur 8.15 visar sothalten i delvolymen för tilluftssimuleringarna. Figuren är tagen vid simuleringarnas slut, 600 sekunder.

En svag tendens till att sothalten minskar då tilluften ökar kan anas, då sotlagret är något tjockare för simuleringen 0.5xTilluft.

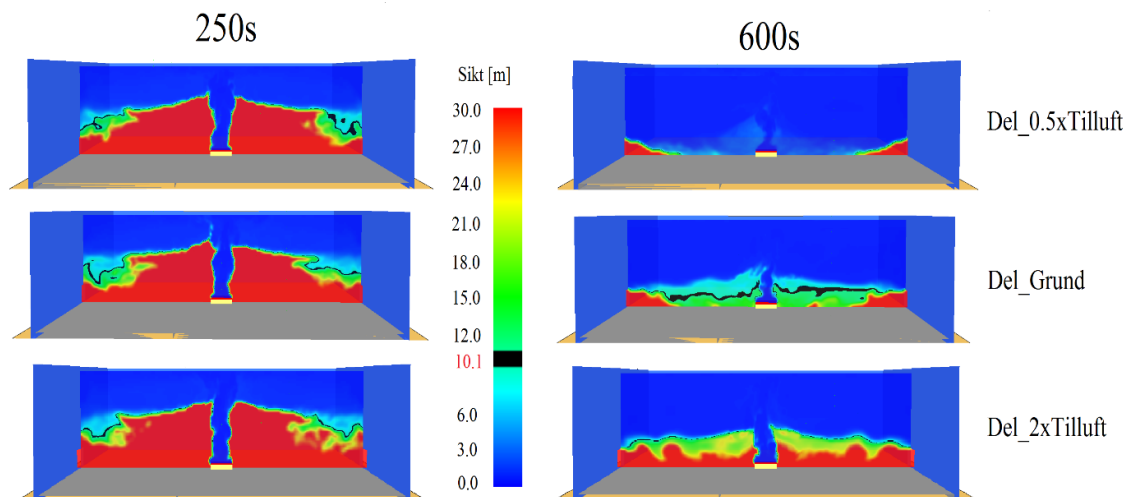
Siktförhållanden

Siktförhållandena, vilka mäts på två meters höjd över golvet, presenteras i figur 8.16 nedan.



Figur 8.16 visar siktförhållandena för tilluftssimuleringarna i delvolymen, mätinstrumentens exakta placering kan ses i figur 5.9. Gränsen för kritisk sikt, 10 meter, är markerad i figuren.

Ur figuren kan det utläsas att siktförhållandena är snarlika mellan de tre simuleringarna. I figur 8.17 nedan jämförs *slicefiles* för de tre simuleringarna vid 250 sekunder, då sikten blir kritiskt enligt figur 8.16, samt vid simuleringens slut vid 600 sekunder.



Figur 8.17 visar slicefiles över siktförhållandena för tilluftssimuleringarna i delvolymen tagna vid 250 respektive 600 sekunder.

Även slicefiles visar på att siktförhållandena är snarlika vid 250 sekunder. Vid 600 sekunder syns tendenser till förbättrad sikt då tilluften ökats.

8.2. Frånluftarea och flätkapacitet

Det resultat som tagits fram då frånluftsparmetern utretts presenteras nedan. Tabell 8.5 redovisar en sammanställning av informationen från kapitel 3, kapitel 5 samt avsnitt 7.3.

Tabell 8.5 ger en överskådlig bild av analysen för parametern frånluft

| Parameter | Analysmetod | Lokal | Analyskriterier | Vad anses vara en fördel |
|-----------|--|---|---|-------------------------------------|
| Frånluft | FDS För termisk | Möbelutställningen och delvolymen | Volym och massflöde ur luckorna | Ökat volym och massflöde |
| | | | Brandgaslagrets höjd och temperatur | Högre höjd och lägre temperatur |
| | | | Sotmängd och sikt i lokalen | Mindre mängd sot och längre sikt |
| | Handberäkningar för termisk och mekanisk | Möbelutställningen och lagret | Plugholing | Ej plugholing |

Resultatet är uppdelat i tre delar:

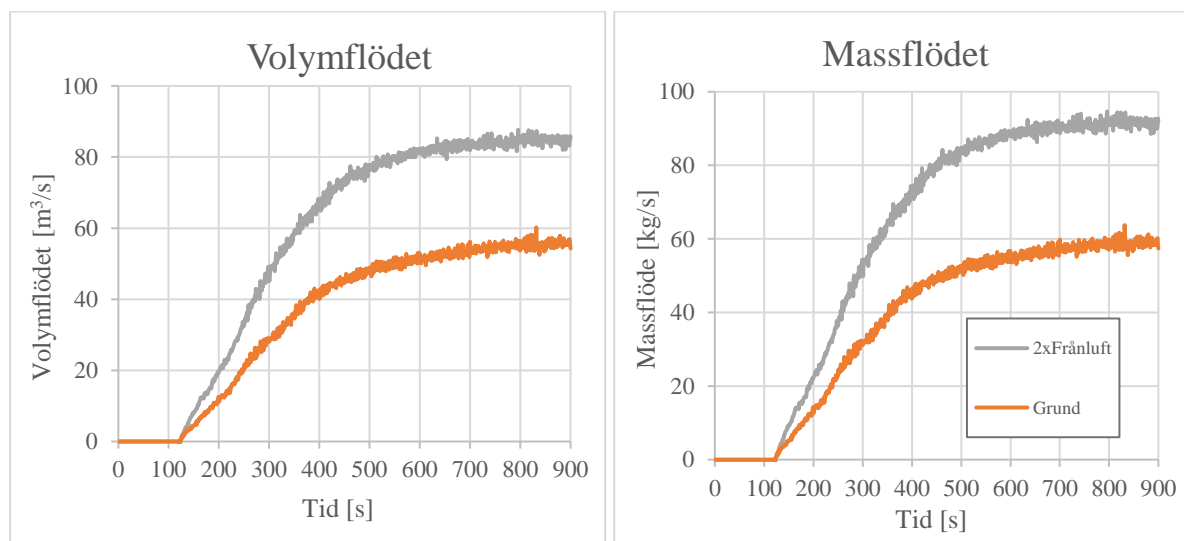
- Simuleringar i möbelutställningen
- Simuleringar i delvolym av lagret
- Handberäkningar för plugholing

8.2.1. Simuleringar i möbelutställningen

Nedan presenteras resultatet från frånluftsparmetern då denna utretts i möbelutställningen.

Volym- och massflödet

Likt för tilluftsparametern mättes volym- och massflödet genom brandgasventilationen. Resultatet presenteras i figur 8.18 nedan. Inget resultat presenteras för simuleringen 0xFrånluft då brandgasventilationen plockades bort för detta fall.



Figur 8.18 visar volym- och massflödet för frånluftssimuleringarna i möbelutställningen.

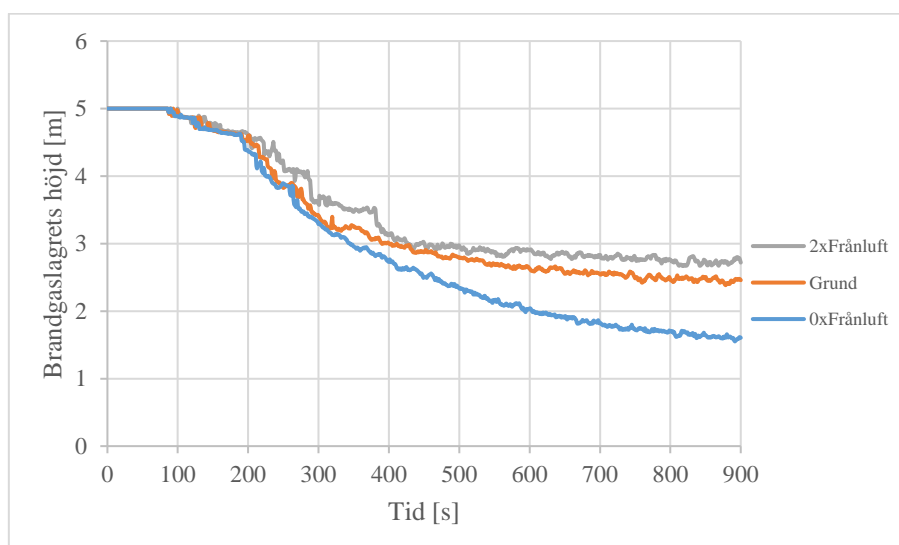
Även här har kvoterna för flödena mellan simuleringarna beräknats från och med 118 sekunder in i simuleringen, 10 sekunder efter att brandgasventilationen aktiverats, för att uppskatta vilken inverkan mängden tilluft har. De beräknade kvoterna kan ses i tabell 8.6.

Tabell 8.6 beskriver kvoterna för flödet för frånluftssimuleringarna i möbelutställningen.

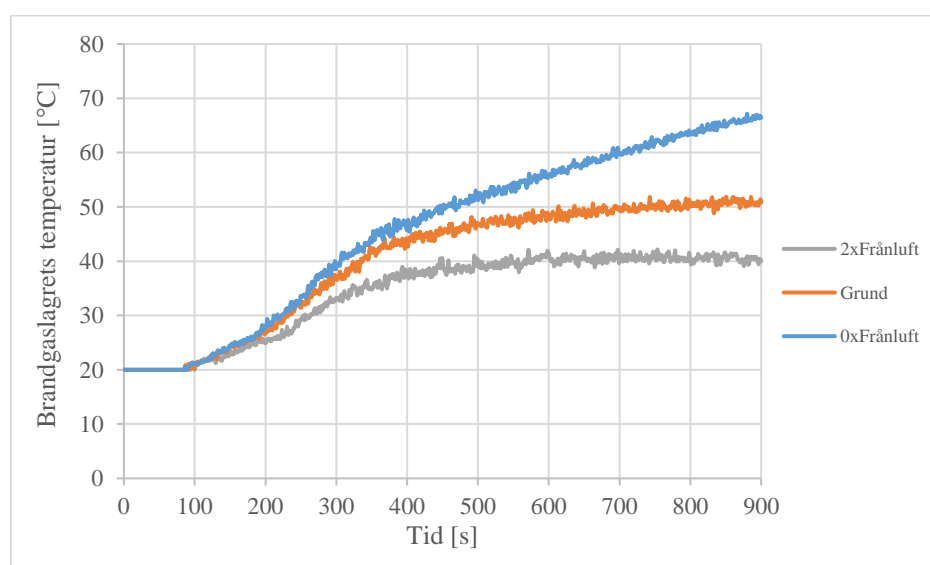
| | 2xFrånluft |
|---------------------------------|------------|
| Volymflödet [m ³ /s] | 1,60 |
| Massflödet [kg/s] | 1,61 |

Brandgaslagrets höjd och temperatur

I figur 8.19 och figur 8.20 presenteras medelvärdet för de mätningar av brandgaslagrets höjd och temperatur som gjordes vid simuleringarna.

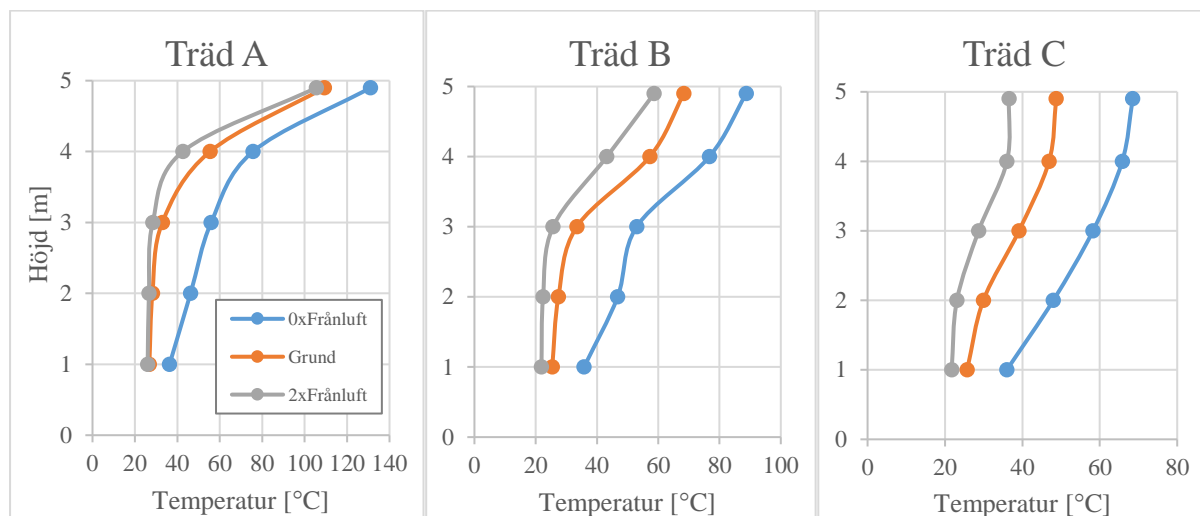


Figur 8.19 visar medelvärdet över brandgaslagrets höjd för frånluftssimuleringarna i möbelutställningen.



Figur 8.20 visar medelvärdet över brandgaslagrets temperatur för frånluftssimuleringarna i möbelutställningen.

De uppmätta värdena från figurerna ovan jämfördes mot temperaturträd för att fastställa att de ger tillförlitligt resultat. Temperaturträden kan ses i figur 8.21 nedan. Deras exakta placering och avstånd till branden kan ses i figur 5.4.



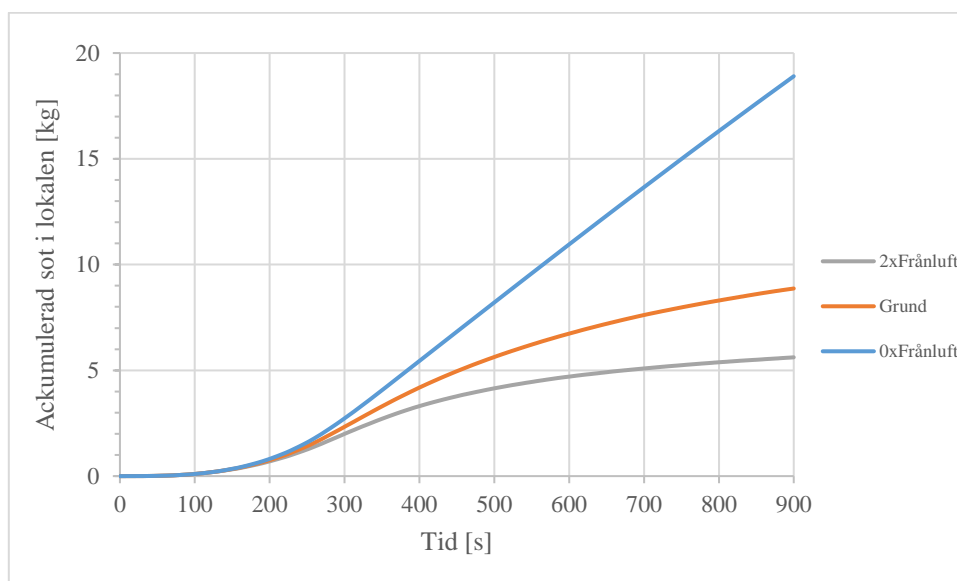
Figur 8.21 visar temperaturträden för frånluftssimuleringen i möbelutställningen, se figur 5.4 i bilaga C för exakt placering. Temperaturerna är medelvärden beräknade mellan 700 och 900 sekunder.

Temperaturgradienterna för grundsimuleringen och 2xFrånluft har mycket lika utseende vilket indikerar på att brandgaslagrets höjd har påverkats i liten utsträckning av ökningen av frånluftsarea. Vilket stämmer överens med resultatet i figur 8.19. Temperaturskillnaderna mellan simuleringarna stämmer även de väl överens mellan figur 8.20 och figur 8.21.

På grund av den jämna temperaturgradienten i rummet är det svårt att bedöma brandgaslagrets höjd. På grund av att det sker ett utflöde av brandgaser, genom de två meter höga dörrarna, i simuleringen 0xFrånluft kan slutsatsen dras att brandgaslagrets höjd understiger två meter i detta fall. För de två andra simuleringarna kan brandgaslagrets höjd uppskattas till cirka tre meter.

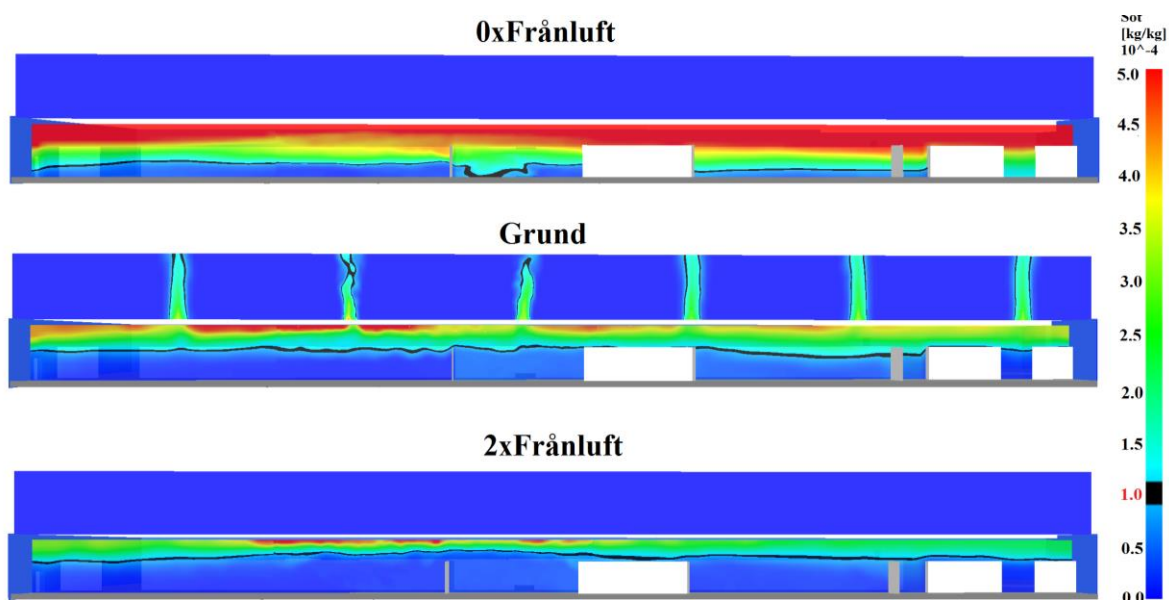
Sotmängd i lokalen

Genom att mäta det totala massflödet av sot som lämnade lokalen kunde den ackumulerade sotmängden beräknas, denna presenteras i figur 8.22 nedan. Sotmängden har för simuleringen 0xFrånluft beräknats utifrån mätningar i tilluftsöppningarna.



Figur 8.22 visar den ackumulerade sotmängden för frånluftssimuleringarna i möbelutställningen.

I figur 8.23 presenteras *slicefiles* över sothalten i lokalen för att illustrera hur denna förändras mellan simuleringarna. Figuren är tagen vid simuleringens slut, 900 sekunder.

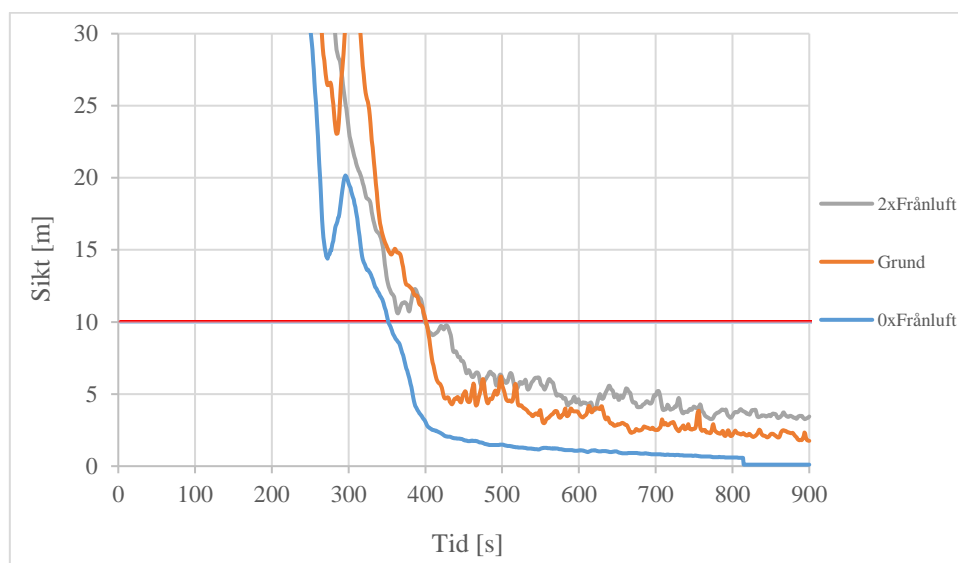


Figur 8.23 visar sothalten i möbelutställningen för frånluftssimuleringarna. Bilderna är tagna vid simuleringens slut, 900 sekunder.

Figuren ovan visar tydligt hur sothalten i lokalen minskar då automatisk brandgasventilation använts. Den visar även på en markant skillnad av sothalten mängden brandgasventilation ökas ytterligare.

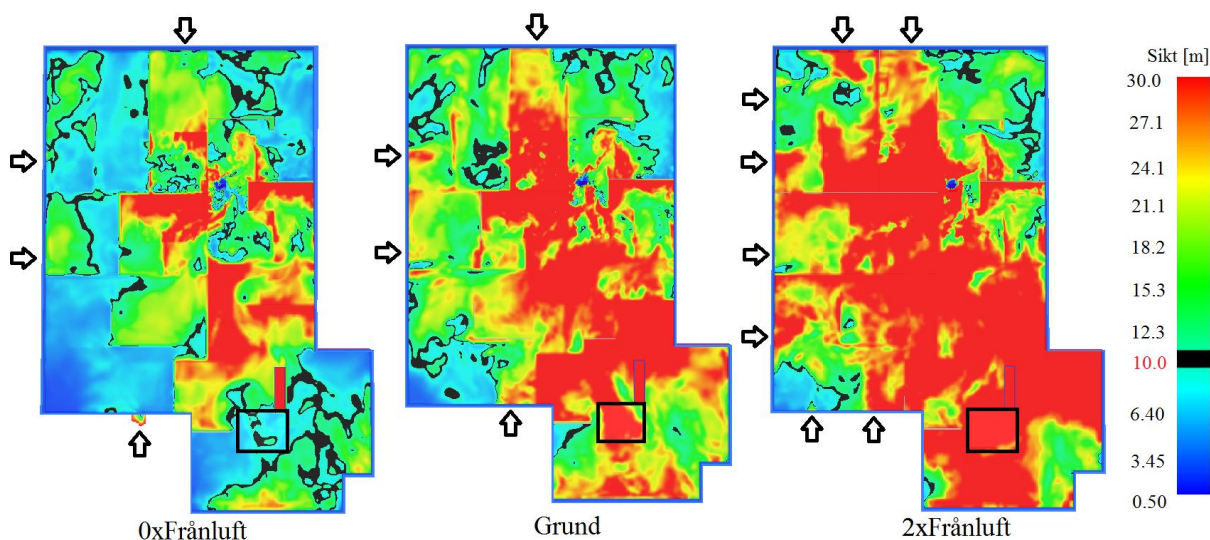
Siktförhållanden

Tiden till kritisk sikt mättes med linjerökdetektorer placerade på två meters höjd ovan utgångarna. Utifrån dessa beräknades sedan ett medelvärde för siktförhållande i lokalen vilket presenteras i figur 8.24 nedan.

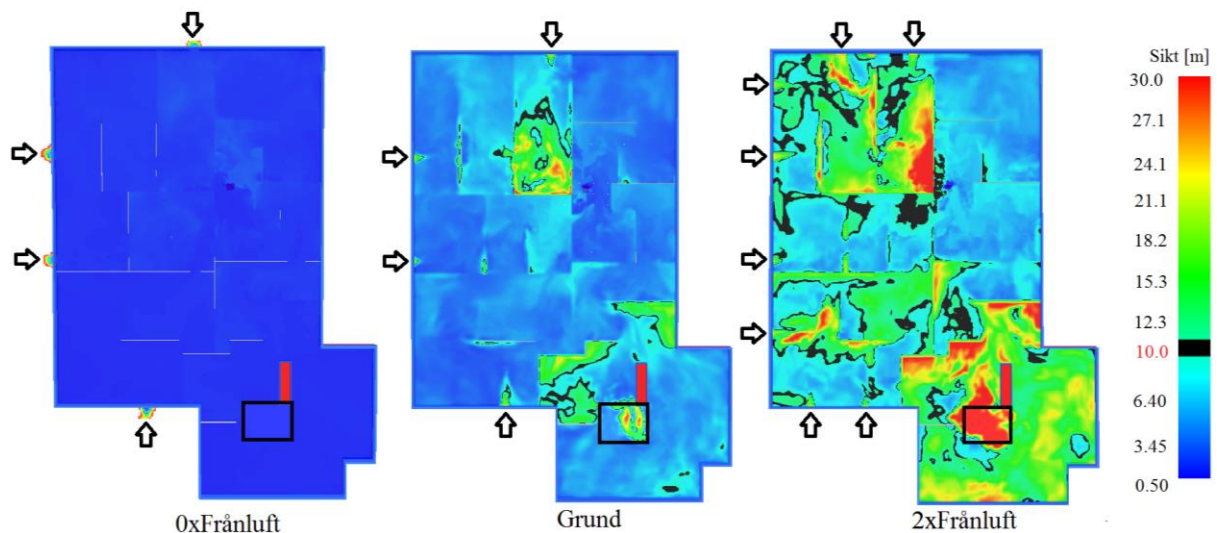


Figur 8.24 visar siktförhållandena för frånluftssimuleringarna i möbelutställningen. Den kritiska sikten är markerad i figuren.

Även här jämförs det uppmätta resultatet med slicefiles för att se hur siktförhållandena förändrats. Siktförhållandena då sikten blir kritisk enligt mätningarna, vid 400 sekunder, samt vid simuleringens slut, vid 900 sekunder, presenteras i figur 8.25 respektive figur 8.26.



Figur 8.25 visar siktförhållandena på två meters höjd i möbelutställningen efter 400 sekunder med varierad frånluftsarea. Kritisk sikt, 10m, har markerats med svart. Även tilluftsöppningarna har markerats.



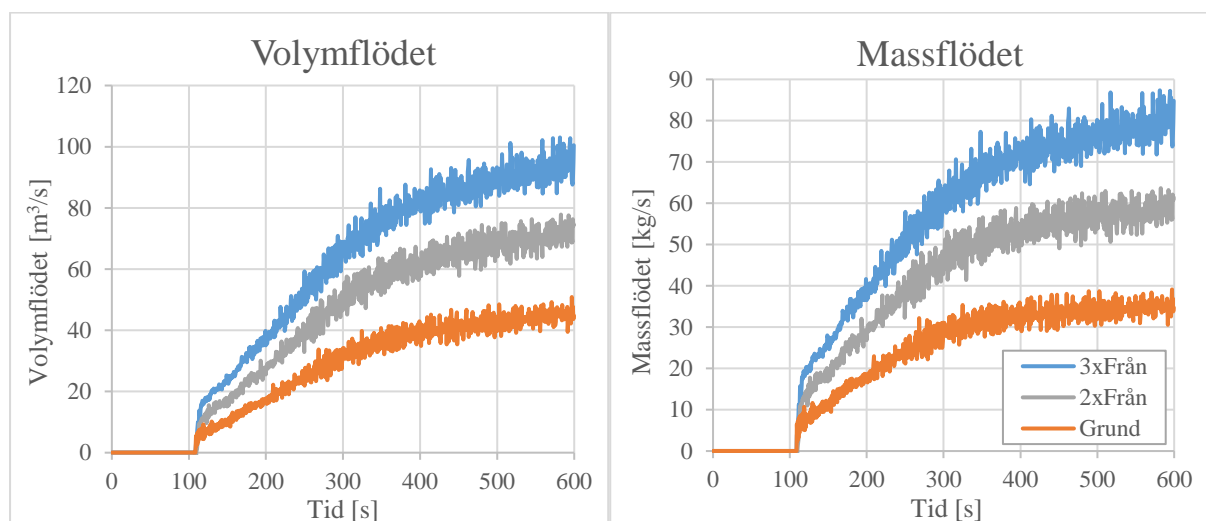
Figur 8.26 visar siktförhållandena på två meters höjd i möbelutställningen efter 900 sekunder med varierad frånluftsarea. Kritisk sikt, 10m, har markerats med svart. Även tilluftsöppningarna har markerats.

8.2.2. Simuleringar i delvolym av lagret

Nedan presenteras resultatet från de simuleringar som utredde frånluftsparametern i en delvolym av lagret. Motsvarande resultat för grundsimuleringen i lagret kan ses i avsnitt 8.7.

Volym- och massflödet

I figur 8.27 nedan presenteras det uppmätta volymflödet och det beräknade massflödet från frånluftssimuleringarna i delvolymen.



Figur 8.27 visar volym- och massflödet för frånluftssimuleringarna i delvolymen.

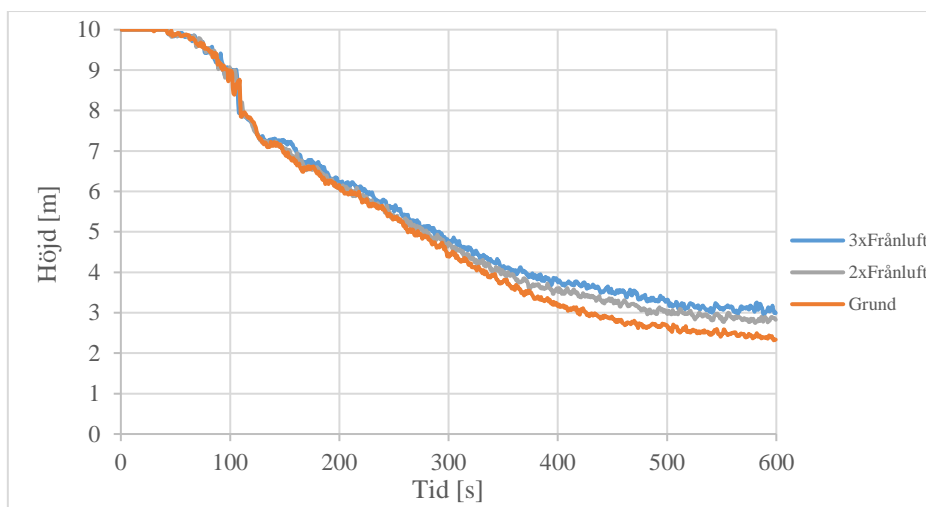
För att uppskatta inverkan från ökningen av frånluftsarean har kvoterna för flödena beräknats. Likt i föregående avsnitt har ett medelvärde beräknats från om med 10 sekunder efter att brandgasventilationen aktiverats. Resultatet presenteras i tabell 8.7 nedan.

Tabell 8.7 beskriver de beräknade kvoterna mellan flödena för frånluftssimuleringarna i delvolymen

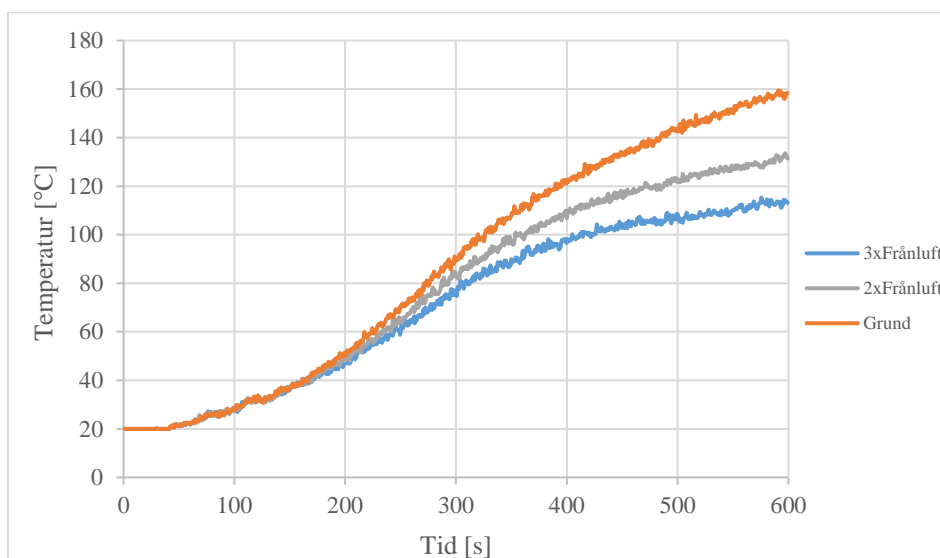
| | 2xFrånluft | 3xFrånluft |
|-------------|------------|------------|
| Volymflödet | 1,61 | 2,14 |
| Massflödet | 1,65 | 2,21 |

Brandgaslagrets höjd och temperatur

I figur 8.28 och figur 8.29 nedan presenteras hur brandgaslagrets höjd och temperatur varierar beroende på mängden tillgänglig frånluftsarea för simuleringarna i delvolymen.

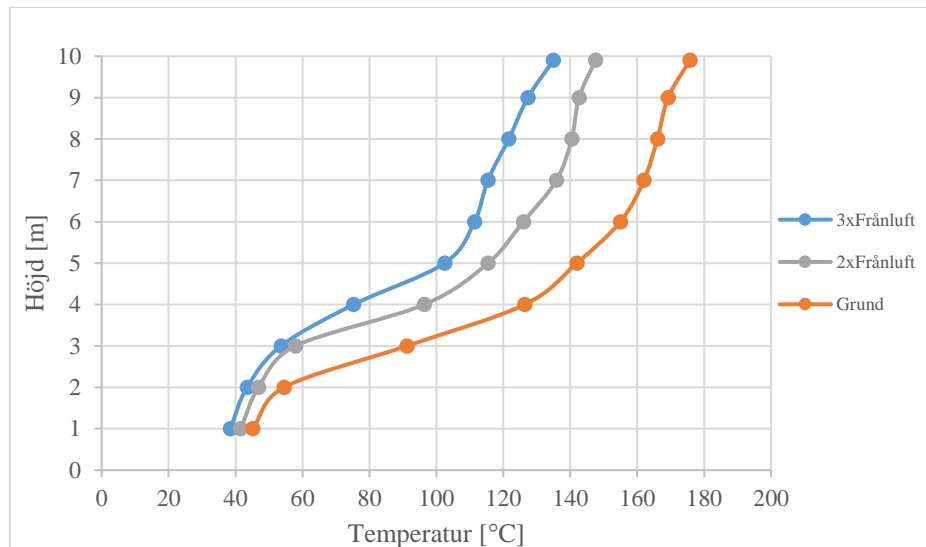


Figur 8.28 visar medelvärdet för brandgaslagrets höjd för frånluftssimuleringarna i delvolymen. Mätningarna är utförda med en s.k. Layer Device.



Figur 8.29 visar medelvärdet för brandgaslagrets temperatur för frånluftssimuleringarna i delvolymen. Mätningarna är utförda med en s.k. Layer Device.

Då frånluften varierar syns enligt mätningarna en markant skillnad i brandgaslagrets temperatur och en minimal skillnad i brandgaslagrets höjd. Även här har temperaturträdet använts för att utvärdera tillförlitligheten i mätningarna. Temperaturträdet i figur 8.30 har beräknats utifrån medelvärden tagna mellan 500 och 600 sekunder.



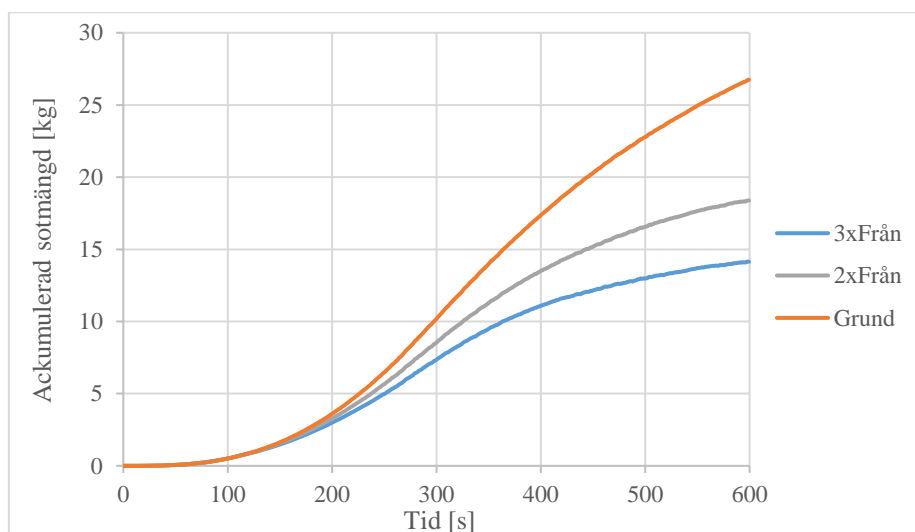
Figur 8.30 visar temperaturträden från frånluftssimuleringarna i delvolymen. Temperaturerna är beräknade medelvärden mellan 500 och 600 sekunder.

Återigen ger temperaturtrådet upphov till lika temperaturgradienter mellan de tre simuleringarna, vilket indikerar att brandgaslagrets höjd påverkats i liten utsträckning. Enligt figur 8.28 ligger brandgaslagret på 2,5 till 3 meters höjd under det beräknade tidsintervallet. Vilket stämmer väl överens med temperaturtrådet, där en tydlig temperaturökning sker i detta område.

Temperaturerna skiljer sig markant åt mellan simuleringarna även för temperaturträden, vilket stämmer väl överens med mätningarna i figur 8.29.

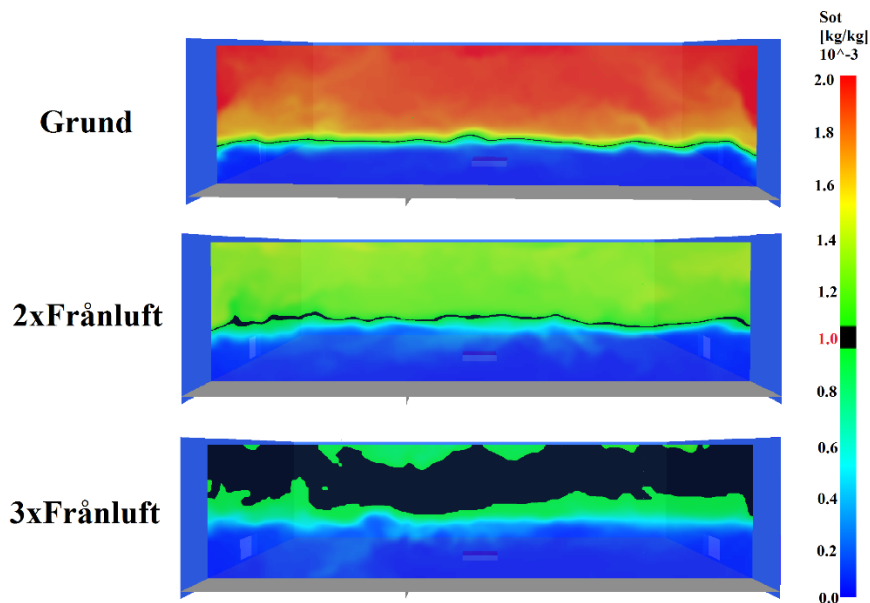
Sotmängd i lokalen

Utifrån brandens sotproduktion och mätningar över massflödet sot som lämnar lokalen har den ackumulerade sotmängden beräknats, se figur 8.31.



Figur 8.31 visar den ackumulerade sotmängden för frånluftssimuleringarna i delvolymen.

För att illustrera hur mängden sot i lokalen påverkas av den totala frånluftsarean presenteras *slicefiles* över sothalten i figur 8.32 nedan. Figuren är tagen vid simuleringarnas slut, 600 sekunder.

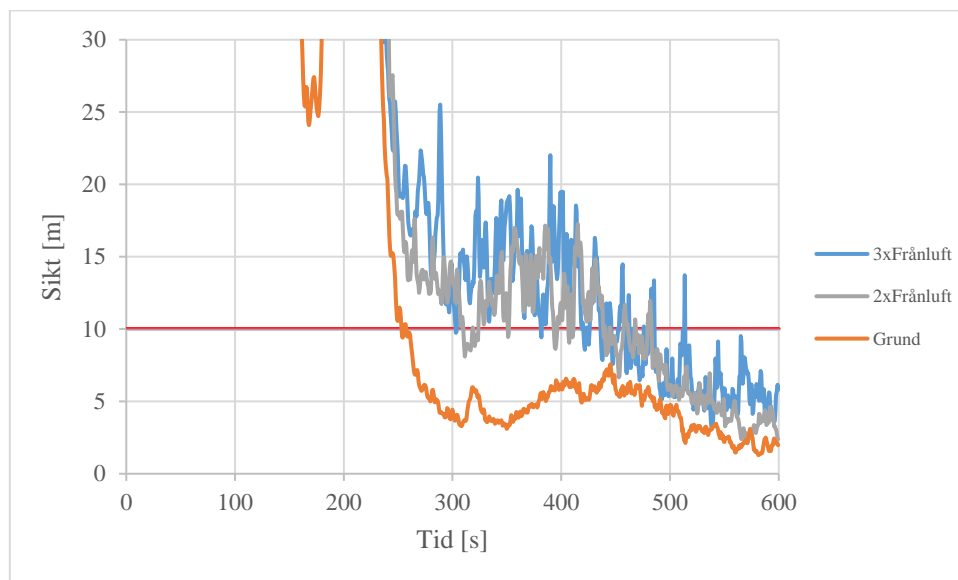


Figur 8.32 visar sothalten i delvolymen för frånluftssimuleringarna. Bilderna är tagna vid simuleringens slut, 600 sekunder.

Utifrån figuren går det att utläsa att mängden sot i delvolymen minskar drastiskt då frånluften ökas.

Siktförhållanden

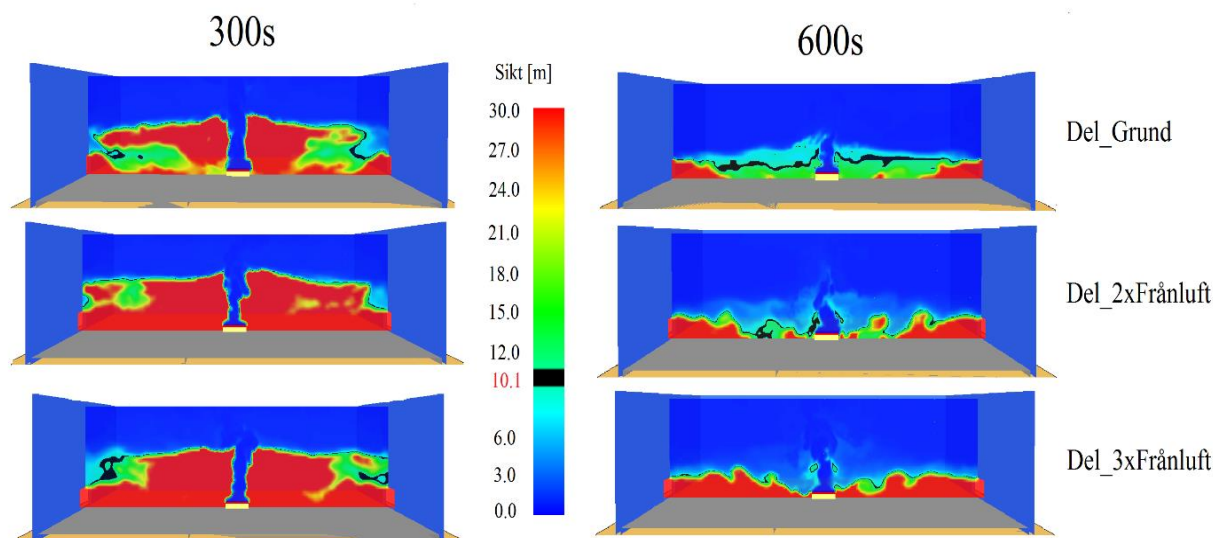
De uppmätta siktförhållandena presenteras i figur 8.33 nedan.



Figur 8.33 visar siktförhållandena för frånluftssimuleringarna i delvolymen.

I figuren kan det utläsas att mängden frånluft har en drastisk inverkan på siktbarheten i simuleringarna i delvolymen. Resultatet från 2xFrånluft och 3xFrånluft fluktuerar även mycket, vilket indikerar turbulenta förhållandena vilka momentant drar ner brandgaser som

sänker siktbarheten. Siktförhållandena utvärderas återigen med *slicefiles* från simuleringarna, tagna vid 300 sekunder samt vid simuleringens slut, vilka presenteras i figur 8.34 nedan.



Figur 8.34 visar siktförhållandena för frånluftssimuleringarna i delvolymen vid 300 respektive 600 sekunder.

8.2.3. Handberäkningar för plugholing

I tabell 8.8 nedan presenteras resultatet för de handberäkningar som utförts för att se vilken kapacitet och utformning som brandgasventilationen måste ha för att ge upphov till plugholing i de simulerade scenarierna. Hela beräkningsgången kan ses i bilaga A.2. γ avgörs av fläktens placering i förhållande till väggen, se figur 2.8.

Tabell 8.8 visar resultatet från handberäkningarna för plugholing.

| | Mekanisk brandgasventilation | | | | Termisk brandgasventilation | |
|--------------|---|----------------|----------------------|----------------|---|-----------------------------|
| | Maximalt volymflöde [m^3/s] | | Minsta antal fläktar | | Maximal area per lucka [m^2] | Minsta möjliga antal luckor |
| | $\gamma = 1$ | $\gamma = 0,5$ | $\gamma = 1$ | $\gamma = 0,5$ | | |
| Lager_grund | 48,7 | 24,3 | 3 | 6 | 35,4 | 3 |
| Möbel_grund | 12,9 | 6,4 | 5 | 9 | 12,3 | 4 |
| Möbel_2xFrån | 8,1 | 4,0 | 11 | 21 | 9,9 | 9 |

Resultatet i beräkningarna är framtaget utifrån de specifika scenarier som uppkom vid simuleringarna i FDS. Det förutsätter att förhållandena så som brandgaslagrets temperatur och tjocklek ej förändras för att resultatet ska vara tillämbart. Att förhållandena förblir desamma, till exempel då mekanisk brandgasventilation installeras, är osannolikt.

8.3. Takhöjden

Nedan presenteras resultatet för delvolymen där luckor och fläktar jämförs för en varierad takhöjd. Tabell 8.9 redovisar en sammanställning av informationen från kapitel 3, kapitel 6 samt avsnitt 7.1.

Tabell 8.9 ger en överskådlig bild av analysen för parametern takhöjd.

| Parameter | Analysmetod | Lokal | Analyskriterier | Vad anses vara en fördel |
|-----------|--|------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Takhöjd | Argos samt handberäkningar för både termisk och mekanisk brandgasventilation | Delvolymen | Brandgaslagrets höjd och temperatur | Högre höjd och lägre temperatur |
| | | | Brandgaslagrets optiska densitet | Lägre optisk densitet |
| | | | Erforderlig flätkapacitet | Mindre volymflöde |

Flätkapaciteten som används vid handberäkningarna samt Argosimuleringarna har tagits fram så att fläktar ger samma resultat som för luckor vid grunduppställningen, för Argos är detta vid 1 800 sekunders simulering. Flätkapacitet hålls sedan konstant när takhöjden ändras så att fläktar och luckor kan jämföras, se bilaga C.4.2.

Den erforderliga flätkapaciteten redovisar dock vilken flätkapacitet som hade behövts för att ge samma resultat som luckor vid den givna höjden. En sammanställning av den erforderliga flätkapaciteten för handberäkningar och Argos simuleringarna redovisas i tabell c.10 i bilaga C.5.1.

Färgkodningen i tabeller och figurer är samma mellan handberäkningar och Argos där takhöjderna 6, 10, 14 och 20 meter är med i båda beräkningarna.

8.3.1. Takhöjd handberäkningar

Nedan presenteras resultatet för handberäkningarna av parametern takhöjd i delvolymen. Beräkningarnas tillvägagångsätt redovisas i bilaga A.1.

I tabell 8.10 redovisas resultatet för handberäkningarna vid de olika takhöjderna. Flätkapaciteten i jämförelsen mellan luckor och fläktar hålls konstant på 32.6 m³/s för det totala volymflödet.

Tabell 8.10 redovisar resultatet av brandgaslagrets höjd och temperatur för luckor och fläktar samt den fläktkapacitet som erfordras för att ge samma resultat som luckorna vid den givna höjden.

| | H=6 [m] | | H=10 [m] Grund | | H=14 [m] | | H=20 [m] | |
|--|-------------|-------|-------------------|-------|-------------|-------|-----------|-------|
| | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt |
| Brandgaslagrets temperatur T_g [°C] | 256 | 248 | 206 | 206 | 175 | 177 | 144 | 148 |
| Differens i temperatur mellan luckor och fläktar | +8 | | 0 | | -2 | | -4 | |
| Brandgaslagrets höjd H_D [m] | 2,2 | 2,9 | 3,2 | 3,2 | 3,9 | 3,4 | 4,6 | 3,6 |
| Differens i höjd mellan luckor och fläktar | -0,7 | | 0 | | +0,5 | | +1 | |
| Erforderlig fläktkapacitet för takhöjden [m ³ /s] | 25,2 | - | 32,6 | - | 37,2 | - | 41,5 | - |

I tabell 8.10 framgår en tendens till att fläktar har ett högre brandgaslager vid låga takhöjder och luckor ger denna fördel när takhöjden ökar. Vad som också kan observeras i tabellen är att den erforderliga fläktkapaciteten för att ventilerar ut brandgaserna lika bra som luckorna måste öka för en högre takhöjd.

8.3.2. Takhöjd Argos

Då takhöjden analyserades i Argos visade det sig att programmet inte var lämpligt att använda till att utreda parametern. Resultatet av analysen återfinns därför i bilaga C.5.2.

8.4. Brandeffekt

Nedan presenteras resultatet för delvolymen där luckor och fläktar jämförs för en varierad takhöjd. Tabell 8.11 redovisar en sammanställning av informationen från kapitel 3, kapitel 6 samt avsnitt 7.1.

Tabell 8.11 ger en överskådlig bild av analysen för parametern brandeffekt

| Parameter | Analysmetod | Lokal | Analyskriterier | Vad anses vara en fördel |
|-------------|--|------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Brandeffekt | Argos samt handberäkningar för både termisk och mekanisk brandgasventilation | Delvolymen | Brandgaslagrets höjd och temperatur | Högre höjd och lägre temperatur |
| | | | Brandgaslagrets optiska densitet | Lägre optisk densitet |
| | | | Erforderlig fläktkapacitet | Mindre volymflöde |

Fläktkapaciteten som används vid handberäkningarna samt Argosimuleringarna har tagits fram så att fläktar ger samma resultat som för luckor vid grunduppställningen, för Argos är detta vid 1 800 sekunders simulering. Fläktkapacitet hålls sedan konstant när brandeffekten ändras så att fläktar och luckor kan jämföras, se bilaga C.4.3.

Den erforderliga fläktkapaciteten redovisar dock vilken fläktkapacitet som hade behövts för att ge samma resultat som en lucka vid den givna brandeffekten. En sammanställning av den erforderliga fläktkapaciteten för handberäkningar och Argos simuleringarna redovisas i tabell c.10 i bilaga C.5.1.

Färgkodningen i tabeller och figurer är samma mellan handberäkningar och Argos där brandeffekten 5, 10, 17 och 25 MW är med i båda beräkningarna.

8.4.1. Brandeffekt handberäkningar

Nedan presenteras handberäkningar för en varierad brandeffekt för delvolymen. För beräkningsprocedur se bilaga A.1.

I tabell 8.12 redovisas resultatet för handberäkningarna vid de olika brandeffekterna. Fläktkapaciteten i jämförelsen mellan luckor och fläktar hålls konstant på 32,6 m³/s för det totala volymflödet.

Tabell 8.12 redovisar resultatet av brandgaslagrets höjd och temperatur för luckor och fläktar samt den fläktkapacitet som erfordras för att ge samma resultat som luckorna vid den givna brandeffekten.

| | $\dot{Q} = 5$ [MW] | | $\dot{Q} = 10$ [MW] | | $\dot{Q} = 17$ [MW] Grund | | $\dot{Q} = 25$ [MW] | |
|--|--------------------|-------|---------------------|-------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt |
| Brandgaslagrets temperatur T_g [°C] | 79 | 76 | 134 | 131 | 206 | 206 | 288 | 294 |
| Differens i temperatur mellan luckor och fläktar | 3 | | 3 | | 0 | | -6 | |
| Brandgaslagrets höjd H_D [m] | 3,5 | 6 | 3,5 | 4,6 | 3,2 | 3,2 | 2,7 | 2,3 |
| Differens i höjd mellan luckor och fläktar | -2,5 | | -1,1 | | 0 | | +0,4 | |
| Erforderlig fläktkapacitet för brandeffekten [m ³ /s] | 18,0 | - | 25,0 | - | 32,6 | - | 38,0 | - |

I tabell 8.12 framgår tendensen att fläktar får ett högre brandgaslager ifall branden inte växer sig större än vad fläktarna är dimensionerade för. Luckor verkar hålla en mer jämn höjd på brandgaslagret för de varierade brandeffekterna. Vad som också kan observeras i tabellen är att den erforderliga fläktkapaciteten för att ventilerar ut brandgaserna i samma utsträckning som luckorna måste öka för en högre brandeffekt.

8.4.2. Brandeffekt Argos

Nedan presenteras resultaten av en varierad brandeffekt från simuleringarna i Argos. Det som redovisas är brandgaslagrets temperatur, höjd och optiska densitet.

Tabell 8.13 sammanställer resultatet vid 1800 sekunders simuleringen där slutvärdena redovisas för luckor och fläktar vid de olika brandeffekterna.

Fläktkapaciteten för de fyra fläktarna i jämförelsen mellan luckor och fläktar hålls konstant på $10,2 \text{ m}^3/\text{s}$ per fläkt, totalt $40,8 \text{ m}^3/\text{s}$, i Argosimuleringarna.

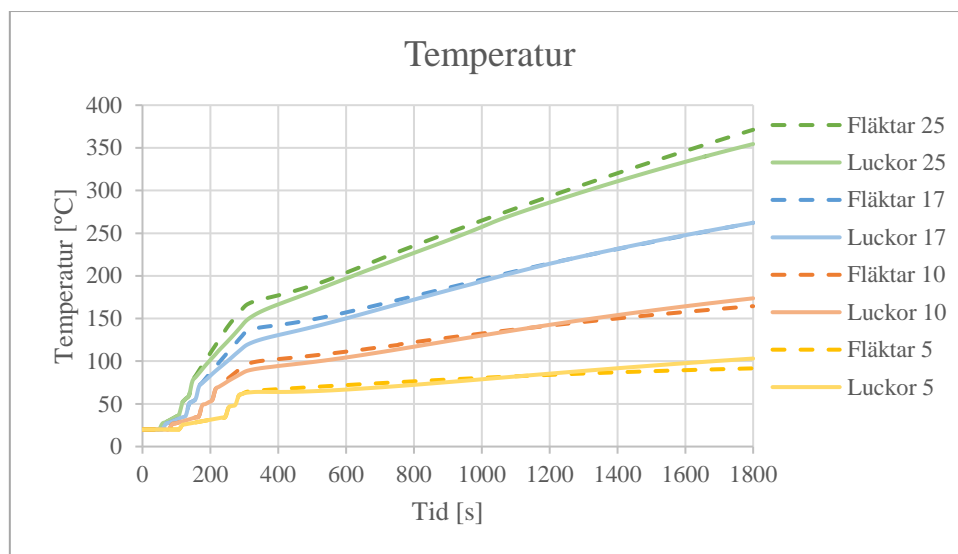
Tabell 8.13 sammanställer resultatet av brandgaslagrets temperatur, höjd samt optisk densitet vid 1800 sekunders simulering i Argos för luckor och fläktar vid en varierad brandeffekt. Fläktkapacitet som erfordras för att ge samma resultat som luckorna vid den givna brandeffekten presenteras också i tabellen.

| | $\dot{Q} = 5 \text{ [MW]}$ | | $\dot{Q} = 10 \text{ [MW]}$ | | $\dot{Q} = 17 \text{ [MW]}$ Grund | | $\dot{Q} = 25 \text{ [MW]}$ | |
|--|----------------------------|-------|-----------------------------|-------|--------------------------------------|-------|-----------------------------|-------|
| | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt |
| Brandgaslagrets temperatur $T_g \text{ [}^\circ\text{C]}$ | 103 | 92 | 174 | 164 | 262 | 262 | 354 | 371 |
| Differens i temperatur mellan luckor och fläktar | +11 | | +10 | | 0 | | -17 | |
| Brandgaslagrets höjd $H_D \text{ [m]}$ | 3,1 | 7,0 | 3,3 | 4,9 | 3,1 | 3,1 | 2,8 | 2 |
| Differens i höjd mellan luckor och fläktar | -3,9 | | -1,6 | | 0 | | +0,8 | |
| Brandgaslagret optiska densitet $[\text{dB/m}]$ | 6,23 | 3,35 | 9,1 | 6,6 | 11,62 | 11,1 | 13,7 | 16,1 |
| Erforderlig fläktkapacitet för brandeffekten $[\text{m}^3/\text{s}]$ | 22,0 | - | 30,8 | - | 40,8 | - | 50,4 | - |

I tabell 8.13 framgår tendensen att fläktar får ett högre brandgaslager än luckor ifall branden inte växer sig större än vad fläktarna är dimensionerade för. Luckor verkar dock hålla en mer jämn höjd på brandgaslagret för de varierade brandeffekterna. Vad som också kan observeras i tabellen är att den erforderliga fläktkapaciteten för att ventilerar ut brandgaserna lika bra som luckorna måste öka för en högre brandeffekt.

Temperatur

I figur 8.35 nedan illustreras temperaturen i brandgaslagret för de olika brandeffekterna med luckor eller fläktar.

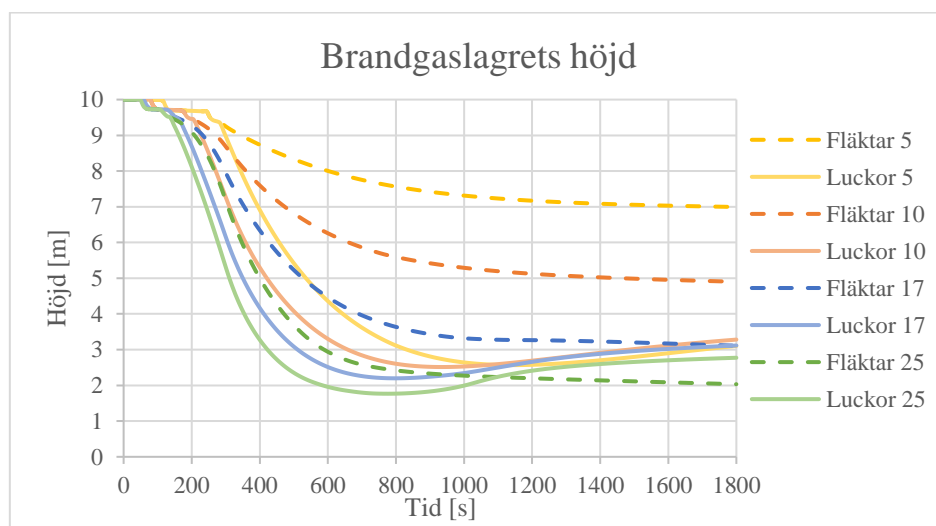


Figur 8.35 visar brandgaslagrets temperaturer för simuleringar i Argos för olika brandeffekter med luckor och fläktar.

I figur 8.35 framgår det att brandgaslagrets temperatur inte intar stationära förhållanden utan fortsätter stiga genom hela simuleringen. Figur 8.35 visar även att när brandeffekten ökar blir temperaturen varmare i brandgaslagret. Vid cirka 1200 sekunders simulering korsar även temperaturlinjerna varandra för luckor och fläktar förutom för 25 MW branden.

Brandgaslagrets höjd

I figur 8.36 nedan illustreras hur brandgaslagret sjunker i Argos-simuleringarna för de olika brandeffekterna med luckor eller fläktar.

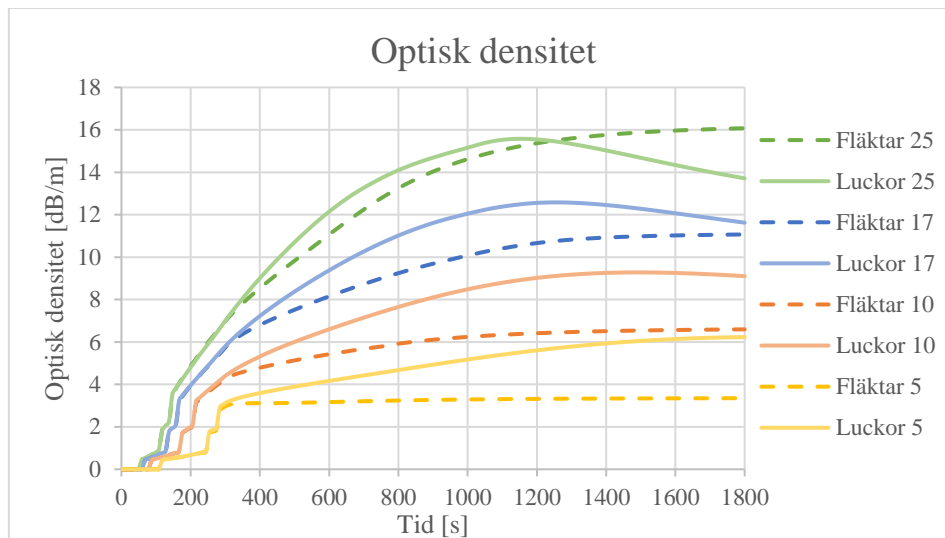


Figur 8.36 visar brandgaslagrets höjd för simuleringar i Argos för olika brandeffekter med luckor och fläktar.

I figur 8.36 framgår tendensen att brandgaslagrets höjd inte varierar i så stor utsträckning för luckorna medan höjden för fläktarna varierar beroende på brandeffekten. Fläktarna i figuren ger generellt en högre höjd på brandgaslagret även vid 25 MW branden där luckor ger en högre höjd i vid slutet av simuleringen.

Optisk densitet

I figur 8.37 nedan illustreras den optiska densiteten för de olika brandeffekterna med luckor eller fläktar.



Figur 8.37 visar brandgaslagrets optiska densitet för simuleringar i Argos för olika brandeffekter med luckor och fläktar.

I figur 8.37 kan en tendens till att fläktar har en mindre sotmängd i brandgaslager fram till brandeffekten överstiger vad fläktkapaciteten är dimensionerad för. Dock så ökar mängden sot i brandgaslaget för en ökad brandeffekt.

8.5. Vindpåverkan

Nedan följer resultatet av tryckberäkningar för vindpåverkan på IKEA:s varuhus samt det termiska trycket från brandgaserna. Det termiska trycket använder värden från grundsimuleringarna av möbelutställningen och lagret i FDS. Själva beräkningen återfinns i bilaga A.4.

Tabell 8.14 redovisar en sammanställning av informationen från kapitel 3 samt avsnitt 7.4.

Tabell 8.14 ger en överskådlig bild av analysen för parametern vindpåverkan

| Parameter | Analysmetod | Lokal | Analyskriterier | Vad anses vara en fördel |
|--------------|---|-------------------------------|-----------------|--------------------------|
| Vindpåverkan | Handberäkningar för termisk brandgasventilation | Hela varuhuset | Vindtrycket | Ej övertryck |
| | | Möbelutställningen och lagret | Termiskt tryck | Höga tryck |

8.5.1. Vindtryck

I tabell 8.15 nedan presenteras resultatet av vindberäkningarna på IKEA varuhuset i Malmö.

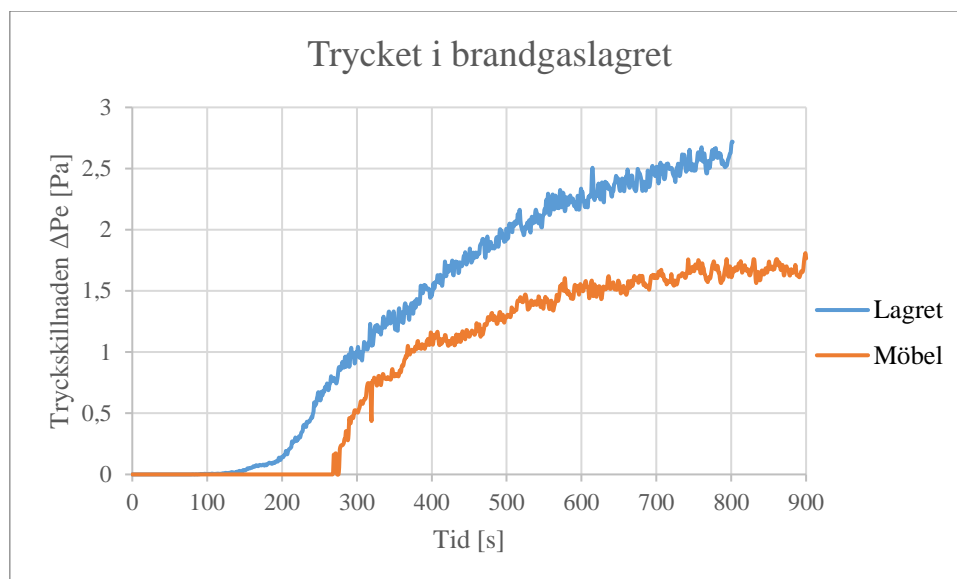
Tabell 8.15 redogör trycken som 50 årsvinden och en mer sannolik medelvindhastighet kan ge upphov till på varuhusets tak, läsidan samt lovartsida. Ett övertryck betecknas med ett (+) och ett undertryck betecknas med ett (-).

| Sektion av varuhuset | Vindtryck $w_e(m)$ [Pa] | Vindtryck $w_e(50)$ [Pa] |
|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| Taket sektion F | -1675 | -2550 |
| Taket sektion G | -1340 | -2040 |
| Taket sektion H | -804 | -1224 |
| Taket sektion I | +/- 134 | +/- 204 |
| Läsidan | -201 | -306 |
| Lovartsidan | +670 | +1020 |

I tabell 8.15 framgår det att vindtrycken över en byggnad kan bli stora och att sektion I på taket blir trycket som minst men att det också kan fluktuera mellan övertryck och undertryck. Enligt beräkningarna kommer det generellt råda ett undertryck över platta tak och läsidan som kan öka flödet ur luckorna medan lovartsidan ger ett övertryck.

8.5.2. Termiskt tryck

I figur 8.38 nedan presenteras det tryck som brandgasernas termiska stigningskraft ger upphov till vid grundsimuleringarna i FDS för möbelutställningen och lagret vid 800 respektive 900 sekunders simulering.



Figur 8.38 beskriver tryckskillnaden över en lucka placerad på taket, se figur 2.16, av möbelutställningen och lagret. Värdesiffrorna till beräkningarna är tagna från grundsimuleringarna i FDS samt figur a.4 i bilaga A.3.

I figur 8.38 framgår det att tryckökningen i brandgaslagret börjar stabilisera sig vid relativt låga tryck.

8.5.3. Jämförelse mellan vindtryck och termiskt tryck

I tabell 8.16 redovisas trycken som brandgaserna ger upphov till jämfört med vindtrycket på ett IKEA varuhus i sektion I där övertryck kan inträffa på taket.

Tabell 8.16 Jämför beräkningarna för vindtryck och termiskt tryck för 800-900 sekunders simulering i möbelutställningen och 700-800 sekunder för lagret. Vindtrycken som redovisas är för det karaktäristiska 50 års vinden, $w_e(50)$, och den mer sannolika medelvindtrycket, $w_e(m)$. Övertrycket symboliseras med ett (+) och undertrycket med (-).

| Vindtryck [Pa] | Vindtryck sektion I på taket [Pa] | Termiskt tryck i möbelutställning [Pa] | Termiskt tryck i lagret [Pa] |
|----------------|-----------------------------------|--|------------------------------|
| $w_e(m)$ | +/- 134 | -1,6 | -2,5 |
| $w_e(50)$ | +/- 204 | -1,6 | -2,5 |

I tabell 8.16 framgår det att vindtrycket är cirka 100 gånger större än vad trycket brandgaserna ger upphov till. $w_e(50)$ som representerar 50 årsvinden kan dock tolkas som de momentana toppvärdena vindfluktuationerna skulle kunna ge upphov till i Malmöområdet.

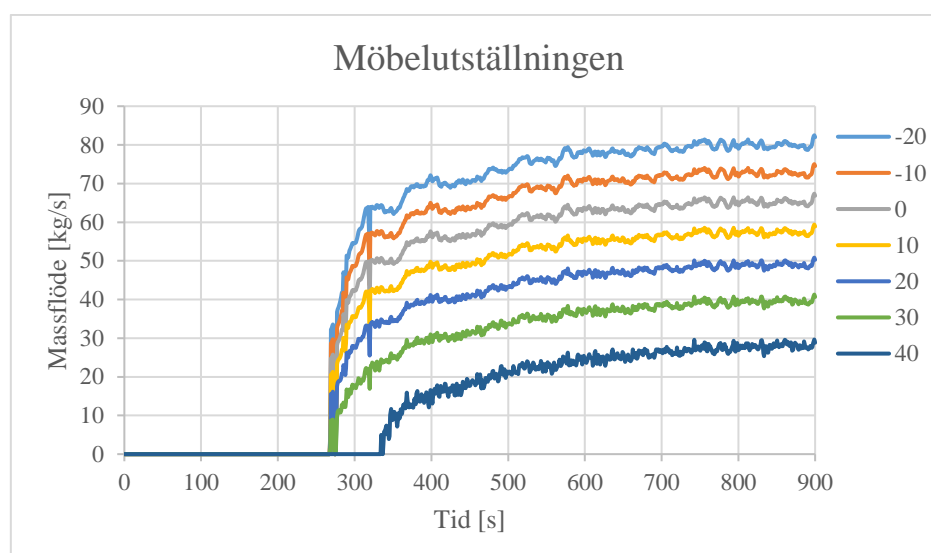
8.6. Utetemperatur

Nedan presenteras resultatet av handberäkningarna av massflödet genom luckorna i möbelutställningen och lagret beroende på utetemperatur. Ingångsvärdena för brandgaslagrets höjd och temperatur till handberäkningarna är tagna från grundsimuleringarna i FDS. Tabell 8.17 redovisar en sammanställning av informationen från kapitel 3 samt avsnitt 7.5.

Tabell 8.17 ger en överskådlig bild av analysen för parametern utetemperatur

| Parameter | Analysmetod | Lokal | Analyskriterier | Vad anses vara en fördel |
|---------------|---|-------------------------------|-----------------|--------------------------|
| Utetemperatur | Handberäkningar för termisk brandgasventilation | Möbelutställningen och lagret | Massflöde | Högt massflöde |

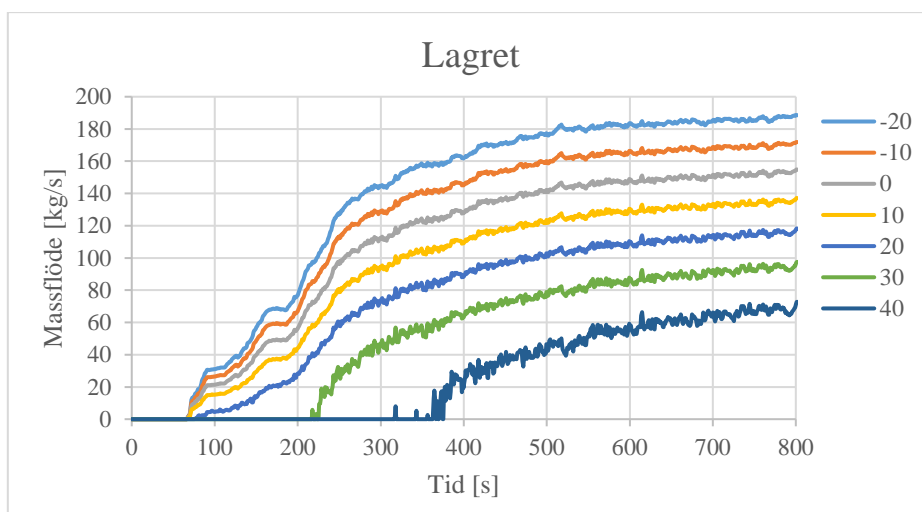
I figur 8.39 illustreras massflödet ur möbelutställningen för olika utetemperaturer.



Figur 8.39 illustrerar hur massflödet ur luckorna för grundsimuleringen i möbelutställningen hade förändrats beroende på utetemperaturen. I figuren redovisas massflödena för utetemperaturen -20, -10, 0, 10, 20, 30 och 40°C.

I figur 8.39 framgår det att massflödet ur luckorna minskar för en ökad utetemperatur. Brandgaslagret i möbelutställningen uppnådde en temperatur på cirka 50°C i FDS simuleringarna, se figur 8.3, där massflödet genom luckorna upphör ifall utetemperaturen hade varit 50°C då det inte längre finns någon temperaturskillnad som driver flödet.

Figur 8.40 illustrerar hur massflödet i lagret hade förändrats beroende på utetemperaturen.



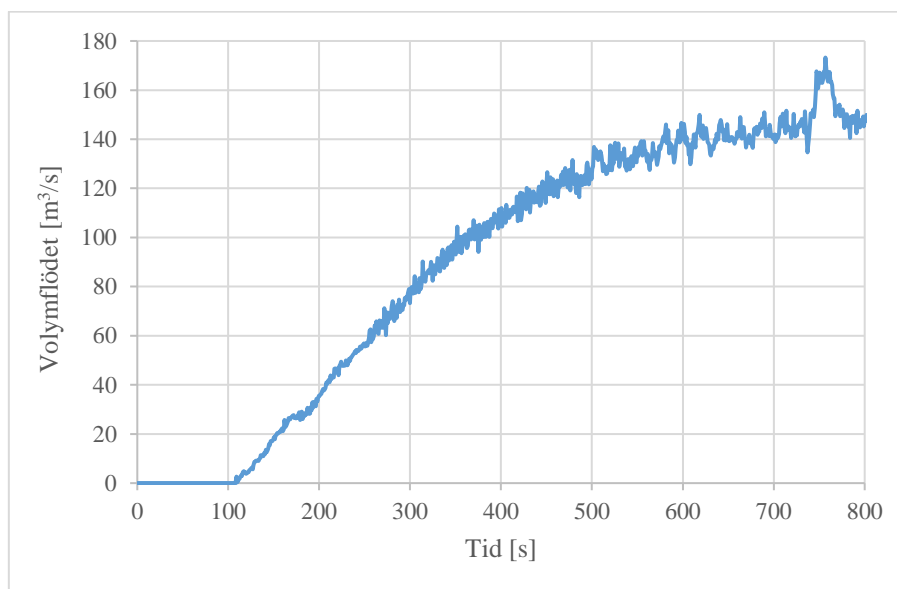
Figur 8.40 illustrerar hur massflödet ur luckorna för grundsimuleringen i lagret hade förändrats beroende på utetemperaturen. I figuren redovisas massflödena för utetemperaturen -20, -10, 0, 10, 20, 30 och 40°C.

Figur 8.40 som illustrerar brandförloppet i lagret visar samma tendens som för möbelutställningen om att massflödet minskar med en ökad utetemperatur. Brandgaslagret i lagret uppnådde en temperatur på cirka 50°C i FDS simuleringarna, se figur 8.44, där massflödet genom luckorna upphör ifall utetemperaturen hade varit 50°C då det inte längre finns någon temperaturskillnad som driver flödet.

8.7. Simuleringen i lagret med FDS

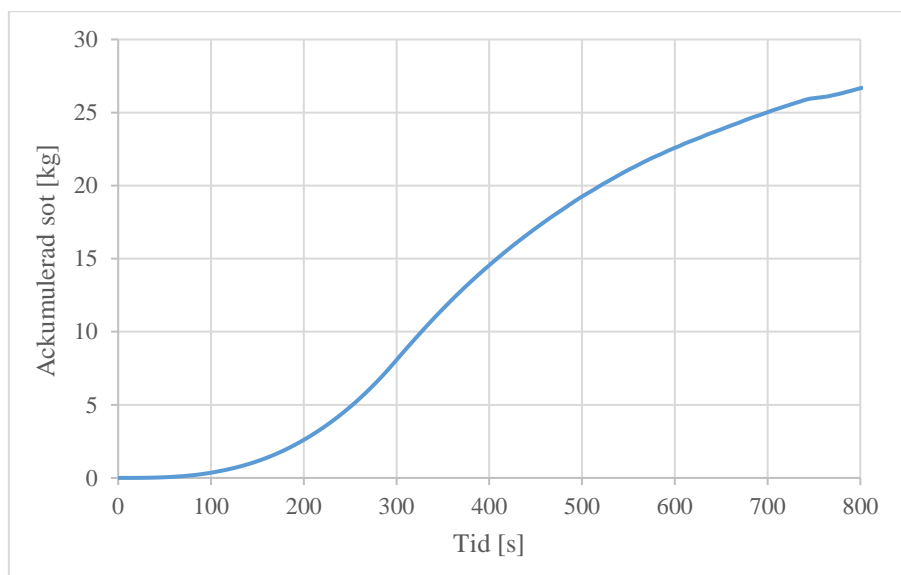
Nedan redogörs kort för det resultat som FDS-simuleringen i lagret gav upphov till. Resultatet från denna simulering har ej använts direkt vid analyserna. Istället har detta resultat legat till grund för bland annat de handberäkningar som utförts, varvid det presenteras här.

I figur 8.41 presenteras volymflödet genom brandgasventilationen. Vid denna simulering fanns ej möjlighet att varken mäta eller beräkna massflödet.



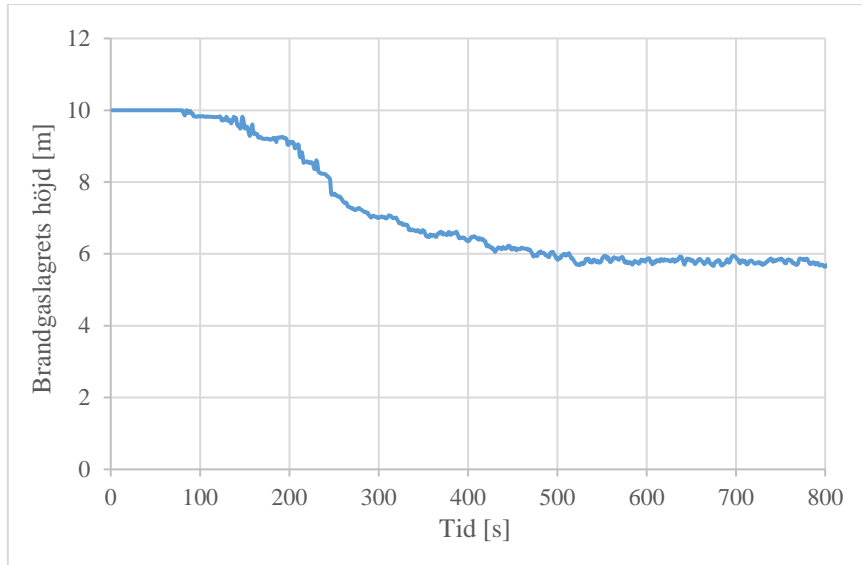
Figur 8.41 visar volymflödet för grundsimuleringen i lagret.

Den ackumulerade sotmängden, vilken beräknades utifrån sotmassflödet, presenteras i figur 8.42 nedan.

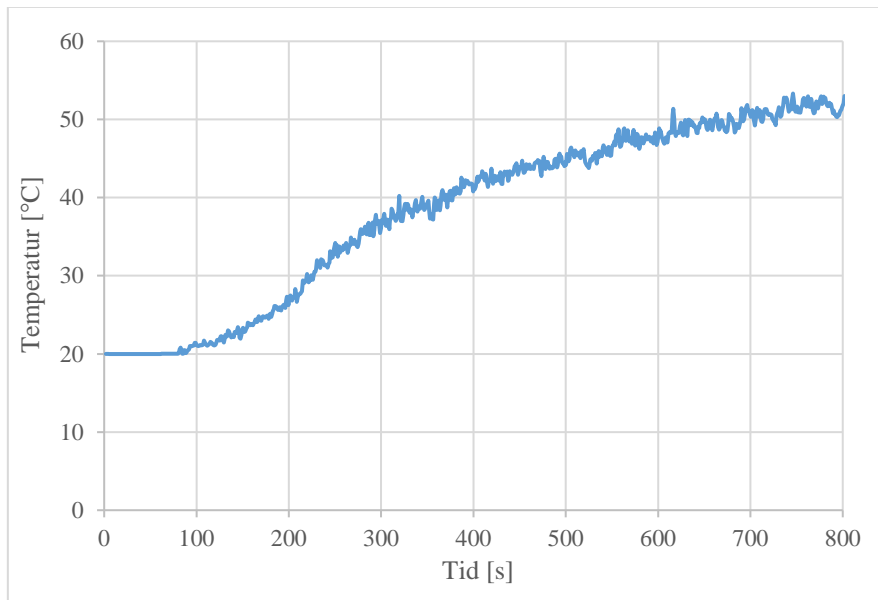


Figur 8.42 visat den ackumulerade sotmängden för grundsimuleringen i lagret.

Brandgaslagrets höjd och temperatur från simuleringen i lagret presenteras i figur 8.43 och figur 8.44.



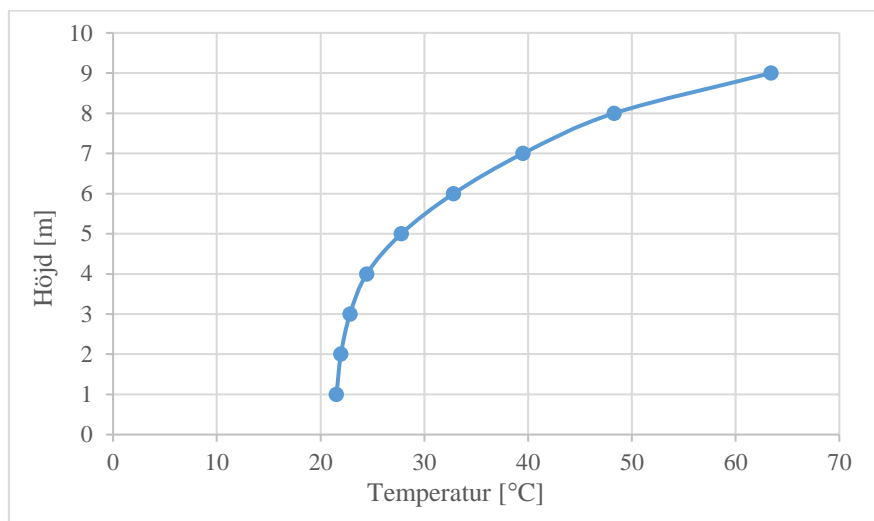
Figur 8.43 visar brandgaslagrets höjd för simuleringen i lagret.



Figur 8.44 visar brandgaslagrets temperatur för simuleringen i lagret.

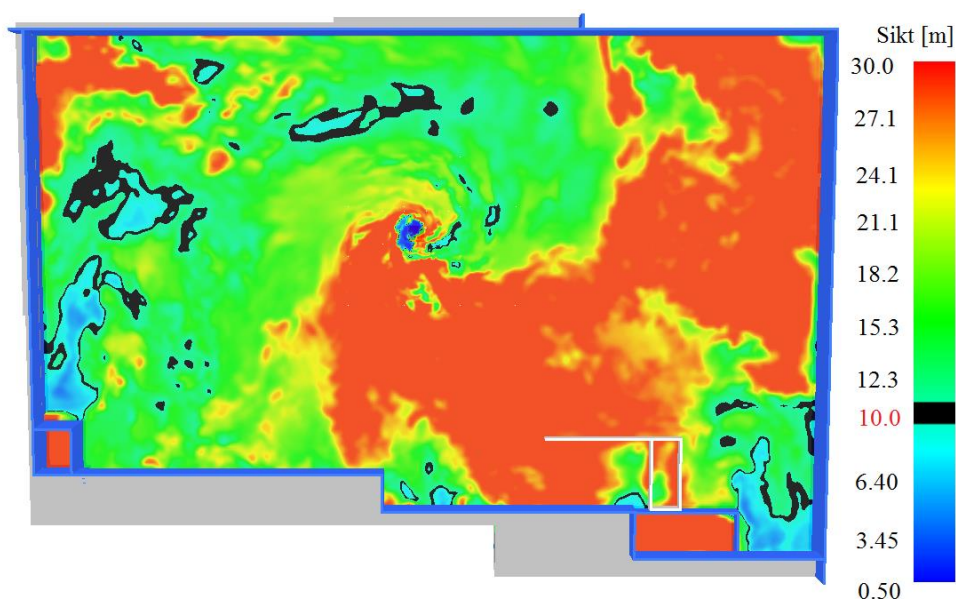
Utifrån figurerna kan det konstateras att lokalen ej blir rökfylld under den simulerade tiden då brandgaslaget enbart når sex meters höjd samt att stationära förhållanden råder vid simuleringens slut.

Figur 8.45 visar ett medelvärde för de fyra temperaturträd som fanns i lokalen. Dessa är i sin tur beräknade under intervallet där brandgaslagrets höjd är stationärt, det vill säga mellan 500 och 800 sekunder.



Figur 8.45 visar ett medelvärde för de fyra temperaturträd som användes vid lagersimuleringen. Se figur 5.9 för exakt placering.

Även siktförhållandena undersöktes genom linjerökdetektorer. Dessa visade dock aldrig på kritisk sikt. Istället presenteras en *slicefile* i figur 8.46, placerad på två meters höjd, över siktförhållandena vid simuleringens slut.



Figur 8.46 visar siktförhållandena i lagret vid simuleringens slut, efter 800 sekunder. Kritisk sikt, 10m, är markerat med svart.

I figuren syns det tydligt att siktförhållandena enbart lokalt understiger 10 meter, vilket är att förvänta då brandgaslagret enligt mätning enbart når cirka 6 meters höjd. Det syns även att den något ojämna fördelningen av tilluftsöppningar har gett upphov till ett intressant strömningsfenomen.

9. Diskussion

Nedan följer analys och diskussion av de undersökta parametrarna samt de bakomliggande antaganden som gjorts vid analyserna.

9.1. Parameteranalys

I diskussionen om parameteranalysen lyfts och diskuteras vad analysen har resulterat i samt varför dessa resultat har framkommit. De underliggande antagandena för respektive analysmetod diskuteras separat i avsnitt 9.2.

9.1.1. Tilluft

När tilluften utreddes i FDS kunde flera tendenser kring hur brandgasventilationen påverkas ses.

För möbelutställningen påverkades flödet genom brandgasventilationen i stor grad av den tillgängliga tilluften. Mätningarna visade även att en reduktion av tilluften gav betydligt större inverkan på flödet än när den ökades, trots att ökningen procentuellt var större. Det uppmätta resultatet stämde även väl överens med den beräknade teoretiska effektivitet som presenterades i tabell 8.3, vilket innebär att denna metod kan vara lämplig för att uppskatta hur förhållandet mellan till- och frånluft påverkar brandgasventilationen.

Trots den stora skillnaden i flödet kunde enbart en liten skillnad i brandgaslagrets temperatur och en mycket liten skillnad i brandgaslagrets höjd urskiljas. Detta resultat var förvånande då en större inverkan hade förväntats. Anledningen till varför dessa mätningar visar som de gjorde kan bero på valet av mätinstrument, vilket var anledningen till att det jämfördes med temperaturträd. Vi återkommer till *layer devices* i diskussionen av FDS.

En stor skillnad mellan mängden sot i lokalen kunde dock ses, vilket var att förvänta då det är starkt kopplat till massflödet ut. Detta visas extra tydligt i de *slicefiles* som illustrerade sothalten i lokalen, se figur 8.6. Dessa *slicefiles* gav även ett något motsägelsefullt resultat gentemot mätningen av brandgaslagrets höjd då de visade en indikation på att sotlagret var olika tjockt i de olika simuleringarna. Detta kan dock vara missvisande då brandgaslagret kan ligga på ungefär samma höjd men vara glesare på sot, utan att det syns i dessa *slicefiles*.

Utifrån dessa resultat kan slutsatsen dras att brandgaslagrets höjd samt temperatur ej påverkas i någon stor utsträckning och att det ökade flödet i första hand leder till att brandgaslagret tunnas ut genom att sotpartiklarna transporteras bort.

Det sista kriteriet som användes för att utvärdera brandgasventilationen var sikten i lokalen. Eftersom resultatet från linjemätningarna gav snarlika tider till kritiska förhållanden utvärderades sikten även med *slicefiles*. De visade att siktförhållandena var lika mellan de olika simuleringarna men att en tendens till bättre sikt vid ökad tilluft kunde urskiljas. Detta var extra tydlig vid simuleringens slut, se figur 8.9. Det är därmed troligt att den ökade tilluften skulle underlätta en eventuell räddningsinsats avsevärt.

Ur figuren gick det även att urskilja att placeringen av både tilluftsöppningarna och de låga innerväggarna inverkar på siktförhållandena. Vid tilluftsöppningarna kunde en tendens till ökad siktbarhet ses, trots att det i teorin skulle vara risk för att *smoke logging* inträffar vid dessa platser. Innerväggarna stoppar upp brandgaserna vilket förvärrar siktförhållandena lokalt.

Liknande tendenser kunde ses då tilluftsparametern utreddes i delvolymen. Skillnaden mellan simuleringarna i delvolymen var för dock betydligt mindre för samtliga kriterier än för motsvarande simulering i möbelutställningen. Anledningen till detta tros vara mängden brandgasventilation samt lokalens storlek i förhållande till brandens storlek. I delvolymen var även *smoke logging*-fenomenet mer utpräglat, se figur 8.17, vilket försvårade tolkningen av resultatet.

Resultatet från simuleringarna visar tydligt vikten av att säkerställa tilluften då brandgasventilation används. Resultatet visar även att den välanvända tumregeln, att förhållanden mellan till- och frånluften bör vara 1:1, är rimlig och bör användas då det är möjligt. Om möjligheten finns kan det även vara en god ide att öka tilluften ytterligare till ett 2:1 förhållande.

Att säkerställa stora mängder tilluft kan i vissa fall vara mycket svårt och kostsamt. I dessa fall bör en kostnad-nyttoanalys utföras för att undersöka om en ökad tilluft är det optimala sättet att säkerställa den brandgasventilering som önskas.

9.1.2. Frånluft

Då frånluftsparametern utreddes i FDS kunde liknande tendenser som de som lyftes för tilluften ses.

Flödet påverkades i stor utsträckning, vilket var att förvänta. För både möbelutställningen och delvolymen kunde en ökning av flödet på cirka 60% ses då frånluftsarean ökades till det dubbla, se tabell 8.6 och tabell 8.7. Utifrån det lilla urval vi har tagit fram går det inte att fastställa att så alltid är fallet, men det ger en indikation till vad som kan förväntas då frånluftsarean ökas. Då frånluftsöppningen ökades ytterligare i delvolymen kunde samma tendens ses att flödet ökade med ytterligare cirka 60% gentemot grundfallet.

En tydlig påverkan på brandgaslagrets temperatur kunde ses, för både möbelutställningen och delvolymen, till följd av den stora ökningen i flödet. Motsvarande skillnad kunde inte ses för brandgaslagrets höjd, figur 8.19 och figur 8.28, som återigen påverkades i liten utsträckning. Detta beror förmodligen på att temperaturgradienterna i rummet är snarlika trots temperaturskillnaden, vilket innebär att brandgaslagrets uppskattas till ungefär samma höjd av de *Layer Devices* som användes.

De stora flödena ledde även till att mycket stora skillnader för sotmängden i lokalen kunde konstateras, både för möbelutställningen, figur 8.23, och delvolymen, figur 8.32.

För sikten i möbelutställningen kunde liknande tendenser som för tilluften ses, om än kraftigare. Där mätinstrumenten visar på snarlika siktförhållanden och *slice files* visar på en tendens till bättre sikt vid mer frånluft. Denna tendens blev extra tydlig vid simuleringens slut, vilket återigen indikerar att en eventuell räddningsinsats skulle underlättas, se figur 8.26. För simuleringarna i delvolymen kunde ett liknande resultat ses, se figur 8.34. Här påverkades dock sikten av att *smoke logging* inträffade vid tilluftsöppningarna tack vare de höga flödena.

För att utreda hur förhållandena blivit utan brandgasventilation simulerades även det i möbelutställningen. Som förväntat blev förhållanden markant mycket sämre då brandgasventilationen plockades bort vilket visar fördelarna med att brandgasventilera byggnader, framförallt då de inhyser stora personantal.

Handberäkningar för *plugholing* visade på att det inte fanns risk för *plugholing* vid termisk brandgasventilation då det skulle kräva orimligt stora öppningar. För mekanisk brandgasventilation kan risk för *plugholing* dock konstateras i möbelutställningen. Framförallt om fläktarna monteras i vägg, likt de brandgasfläktar som finns monterade i saluhallen i dagsläget. Beräkningarna är, som det tidigare beskrevs i avsnitt 7.2, baserade på utdata från FDS-simuleringarna då dessa nått stationära förhållanden. Det är troligt att resultatet skulle påverkats om ett annat tidsintervall valts då risken för *plugholing* är störst i början av brandförloppet, innan brandgaslagret bildas.

Plugholing-beräkningarna bygger på de rådande förhållandena vid simuleringarna och förutsätter att brandgaslagrets temperatur och tjocklek inte förändras. Det är mycket osannolikt, framförallt om ett mekaniskt system installeras då det den drivande fläkten hade gett upphov till en annorlunda tryckgradient vilket hade påverkat förhållanden i lokalen. Resultatet bör därför enbart användas för att ge en uppfattning om när *plugholing* kan förväntas inträffa.

9.1.3. Takhöjd

Resultatet visar på tendensen att fläktar lämpar sig för lägre takhöjder och luckor för högre takhöjder. Detta då de fördelaktiga förhållandena med en lägre temperatur och högre höjd på brandgaslagret i tabell 8.10 förskjuts från fläktar till luckor då takhöjden ökas.

Resultaten visar även att den erforderliga fläktkapaciteten är beroende på takhöjden och att fläktkapaciteten måste öka då takhöjden ökar. Det påvisas också att brandgaslagrets höjd och därav också massflödet från plymen har en större inverkan på den erforderliga fläktkapaciteten än vad temperaturen i brandgaslagret har. Detta framgår i tabell 8.10 där den erforderliga fläktkapaciteten måste öka när takhöjden går från 6-20meter på grund av brandgaslagrets höjd ökar men att temperaturen sjunker. En lägre temperatur på brandgaslagret och därmed också en högre densitet på brandgaserna troddes i den ställda hypotesen ha en större inverkan än resultatet visat.

En anledning till att luckorna ger en fördel för en högre takhöjd kan förklaras med att när höjden i lokalen ökar inverkar det på tryckgradienten vid taket. Detta då neutrallagret följer brandgaslagrets höjd och tryckgradienten blir större när brandgaslagret sjunker vilket kan observeras i ekvation 2.2 i avsnitt 2.2. Beräkningarna förutsätter dock att alla brandgaser antas nå taket eller brandgaslagret. Då beräkningarna är genomförda för en brandeffekt på 17MW anses det som ett rimligt antagande.

Förklaringen till varför brandgaslagrets höjd, temperatur och den optiska densiteten skiljer mellan takhöjderna är på grund av stighöjden för plymen. När takhöjden ökar så behöver plymen från branden stiga högre vilket kommer få brandgaserna som når taket att bli kallare då mer kall luft blandats in. Den producerade sotmängden kommer också uppta en större volym som behöver hanteras av brandgasventilationen när stighöjden på plymen ökar.

När takhöjden går från 6 – 20 meter i analysen ändras lokalens volym men brandgaslagrets höjd från golvet varierade endast mellan 2,2 – 4,6 meter i resultatet av analysen. Det resulterar i att brandgaslagrets tjocklek varierar mellan 3,8 – 15,4 meter och att den frigjorda energin och sotmängden från branden distribueras över olika brandgaslagersvolymmer. Denna distributionsförändring är en bidragande faktor till varför brandgaslagrets temperatur och optiska densitet minskar för en ökad takhöjd. I och med den ändrade tjockleken på brandgaslagret kommer kontaktytan mot väggarna i lokalen också att bli större för en ökad

takhöjd vilket leder bort mer värme. Den ökade kontaktytan kommer alltså även den bidra till att temperaturen i brandgaslagret inte ökar i samma utsträckning.

Det kan här belysas att IKEA:s möbelutställning har en låg takhöjd på cirka 5 meter och lagret har en höjd på 10 meter samt volymerna är större än delvolymen. Dock anser författarna att tendenserna som framgår vid beräkningarna i delvolymen skulle vara liknande ifall beräkningarna hade utförts för hela lagret. Storleken på förändringen är dock svårt att uppskatta då det vid analyserna i FDS kunde ses liknande, men svagare, tendenser i delvolymen än för möbelutställningen.

Ifall IKEA ändrar utformningen på sina varuhus, till exempel högre lager, bör brandgasventilationen dimensioneras med luckor. Från Argosimuleringarna framgick dock i figur c.29 som illustrerar brandgaslagrets höjd i bilaga C.5.2 att fläktar gav ett högre brandgaslager längre än luckor för 6 och 10 meter i takhöjd. FDS skulle därför kunna vara lämpligt att undersöka denna parameter med för att ytterligare fastställa dess inverkan ur ett tidsberoende förlopp.

9.1.4. Brandeffekt

I resultatet åskådliggörs det att fläktar ger en markant fördel på brandgaslagrets höjd för brandeffekter som är mindre än vad fläktkapaciteten är dimensionerad för. När brandeffekten blir större än den dimensionerande branden kommer dock luckor att ge mer fördelaktiga förhållanden. En slutsats blir då att fläktar är i större grad än luckor beroende av vilken brandeffekt brandgasventilationen dimensioneras för. För en ökad brandeffekt framgår det att den erforderliga fläktkapaciteten måste öka för att ge samma resultat som för luckorna. När brandeffekten ökar kommer även massflödet från branden att öka. Enligt resultaten verkar massflödesökningen från branden ha en större inverkan på den erforderliga fläktkapaciteten än vad de skillnader som uppkommit för brandgaslagrets höjd och temperatur. Det överensstämmer med vad som kan observeras i figur 2.12 i teorin.

I tabell 8.12 och tabell 8.13 framgår det fläktar ger en varierad höjd på brandgaslagret mellan de olika brandeffekterna men att luckor endast rör sig mellan höjderna 3,5 - 2,7 meter för brandeffekterna 5 - 25MW. Detta kan bero på att luckorna är mer dynamiska vilket innebär att flödet ökar när temperaturen ökar men att fläktar är ett mer statiskt system som lämpar sig till att hantera samma eller mindre brandeffekter än vad fläktkapaciteten är dimensionerad för.

Då temperaturen i brandgaslagret fortsätter stiga och aldrig intar stationära förhållanden i figur 8.35 från Argosimuleringarna framgår det i figur 8.36 att brandgaslagrets höjd börjar stiga för luckorna en stund in i simuleringen. Detta har påverkat den erforderliga fläktkapaciteten då vilken del av brandförloppet fläktar ska likställas med luckor förändras med tiden, se tabell c.10 i bilaga C.5.1.

När brandeffekten ökar så stiger temperaturen och den optiska densiteten mellan simuleringarna vilket innebär att även ifall luckor har ungefär samma höjd på brandgaslagret för de varierade brandeffekterna så kommer lokalen och de utrymmande människorna påverkas på olika sätt beroende på brandeffekten.

Hur valet att variera brandeffekten kan ha påverkat resultatet lyfts i diskussionen om Argos i avsnitt 9.2.4.

Från litteraturstudien och observationer av FDS simuleringarna ska det poängteras att en 2-zonsmodell och handberäkningar inte tar hänsyn till att brandgaslagret kan blandas om. Det skulle kunna innebära att röken lägga sig som en glesdimma när brandgaslagrets höjd sjunker till närheten av tilluftsöppningarna. Från resultatet i Argos och handberäkningarna kan det alltså inte urskiljas ifall lokalen hade fyllts av gles rök under den givna höjden på brandgaslagret. Dock kan det med paralleller från FDS simuleringarna antas att när röken närmar sig tilluftsöppningarna kommer det tydliga skiktet på brandgaslagret att brytas och gles rök kommer lägga sig vid golvnivå i lokalen, se figur 8.17.

Om analysen hade kunnat utföras på hela lokalen anser författarna att det är troligt att liknande tendenser skulle uppkomma. Storleken på dessa är dock svåra att uppskatta. Vid analyserna i FDS kunde liknande, men svagare, tendenser ses vid analyserna i delvolymen som för möbelutställningen. Det är därför troligt att tendenserna skulle vara starkare för en analys i hela lagret än för delvolymen.

Då resultaten visar på när luckor och fläktar ger fördel för olika brandeffekten kan en vidare studie kring hur det tidsberoende förloppet influerar på utrymningsförhållanden vara av intresse. Detta då fläktar i figur 8.36 för Argosimuleringarna med brandeffekt 25MW ger en fördel över luckorna i lite mer än hälften av simuleringstiden för att sedan när temperaturen ökar ge en fördel till luckorna. FDS och experiment anses dock av författarna ge en bättre uppfattning om tiden till kritiska förhållanden än en 2-zonsmodell.

9.1.5. Vindpåverkan

I tabell 8.16 där det termiska trycket från brandgaserna jämförs med vindtrycken framgår det att storleksordningen mellan trycken är cirka 100 gånger större för vinden. Vindtrycken är beräknade med konservativa värden vilket tydliggör att vind kommer ha en stor inverkan på den termiska brandgasventilationen där det generellt kan utläsas att IKEA:s platta tak kommer ge ett undertryck. Undertrycket kommer öka massflödet ut genom luckorna förutom i sektion I där det även kan bli övertryck. Det kan innebära att vinden kommer skapa en luftrörelse där den trycker ner brandgaserna i delen med övertryck och suger ut dem i delarna med undertryck. När vinden trycker ner brandgaserna kommer röken att blandas om och det kan orsaka att de nedre delarna av lokalen rökfylls.

Placeringen av luckorna är också av stor betydelse då brandgaserna inte kommer att ha den termiska stigkraften som behövs för att motverka vindtrycket utan är beroende av att dem inte utsätts för övertryck. Om luckor placeras på en vägg istället för taket så är det av yttersta vikt att brandgasventilationsdimensioneringen tar hänsyn till vilken ritning vinden vanligast kommer ifrån. Ifall det finns eller planeras närliggande byggnader som kan ge upphov till turbulenta förhållanden bör även dessa beaktas. Ifall dessa faktorer tas hänsyn till kan luckor placerade på läsidan ges en ökad kapacitet när det blåser men ge motverkande effekter ifall luckan istället placeras på lovartsidan. Utformningen och öppningsriktning på luckan är också lämpligt att ta hänsyn beroende på vindriktning och bör därför utformas och riktas så att det inte skapas övertryck på luckan, se figur 2.17.

Den mekaniska brandgasventilationen som suger ut brandgaser med fläktar kommer inte påverkas i samma utsträckning som luckorna vid de varierade vindförhållandena. Det kan därför anses vara en mer tillförlitlig lösning att använda fläktar ifall det kan förväntas komplexa och turbulenta förhållanden i området där byggnaden uppförs.

9.1.6. Utetemperatur

Resultaten visar tendenser till stora skillnader i massflödet beroende på utetemperaturen för den termiska brandgasventilationen. Förändringen i massflöde från en utetemperatur på -20°C till 40°C uppgick mot en faktor tre i resultatet där massflödet minskar för en varmare utetemperatur, se figur 8.39 samt figur 8.40. Det betyder att klimatet för den geografiska platsen har en stor inverkan på brandgasernas massflöde och hur brandgasventilationen ska designas.

Det har i beräkningarna inte tagits hänsyn till hur temperaturen hade förändrat utdatan från FDS till handberäkningarna vid olika utetemperaturer. Hade parametern utretts i FDS är det dock troligt att ett resultat med liknande storleksordning hade erhållits. Detta eftersom de FDS simuleringar som genomförts visar på att det endast blir en liten skillnad på brandgaslagrets temperatur och höjd då massflödet ändras.

Handberäkningarna genomfördes för en medeltemperatur av alla *layer devices* i lokalerna och för hela brandgaslagrets höjd, se diskussion 9.2.3 FDS generella antaganden nedan, vilket resulterade i att temperaturen i brandgaslagret vid luckorna var något lägre än vad temperaturträden i figur 8.4 och figur 8.45 visar. Detta resulterar i att massflödet ur luckorna vid samma utetemperatur som FDS grundsimuleringar, 20°C , skiljer sig cirka 10 kg/s . Det kan även observeras en senare tid till när massflödet börjar strömma ut ur luckorna mellan handberäkningarna i figur 8.39 och FDS simuleringarna i figur 8.1 för möbelutställningen. Dessa skillnader anses dock inte påverka tendenserna som utetemperaturen ger upphov till.

Fläktar är inte beroende av tryckgradienten som uppkommer av temperaturskillnaderna utan den skapar en egen tryckgradient mekaniskt. Det resulterar i att fläktarnas massflöde inte påverkas i samma utsträckning som luckorna vid olika utetemperaturer.

9.1.7. Snölast

Snö och is är något som måste tas hänsyn till vid användandet av luckor då snö kan förhindra luckor från att öppna.

Snöröjning och kontroller av systemen kan bli väldigt viktigt i länder med vinterklimat för att säkerställa att brandgasventilationen fungerar. Nödutgångar måste även hållas rena från snö så att människor kan ta sig ut vid utrymning samt att en öppen utrymningsdörr ökar tilluften.

9.1.8. Sprinkler

För att utreda hur sprinkler påverkar brandgasventilationen genomfördes en litteraturstudie av tidigare genomförda försök och metaanalyser. Dessa visade dock att det råder en oenighet i branschen om hur och i vilken omfattning interaktionen mellan sprinkler och brandgasventilation påverkar respektive metod.

Då inga tydliga slutsatser hittades i litteraturen har inga generella slutsatser kunnat dras i denna rapport. I de fall där både sprinkler och brandgasventilation förekommer bör istället för- och nackdelar med respektive metod utredas utifrån de givna förutsättningarna för att se om brandskyddet som helhet gagnas.

För att kunna dra generella slutsatser kring interaktionen mellan brandgasventilation och sprinklers behövs ny, opartisk och tillförlitlig forskning med fullskaleförsök genomföras.

9.2. Metoddiskussion

Nedan följer en övergripande diskussion av analysens olika delar.

9.2.1. Simulering av lagret i FDS

Den ursprungliga tanken var att genomföra analyserna för hela lagret. På grund av den långa simuleringstiden vid grundsimuleringen av lagret valdes som tidigare nämnt att använda en delvolym för att sedan dra paralleller till hur hela lagret skulle ha påverkats.

Då resultaten från de tre grundsimuleringarna jämförs ser vi att det i delvolymen bildas ett betydligt tjockare och varmare brandgaslager än de lagret och möbelutställningen. Detta tillsammans med den begränsade frånluftsarean som använts i delvolymen innebär att brandgasventilationen har en mindre inverkan på förhållandena i lokalen än vid möbelutställningen.

Resultatet, samt förutsättningarna, vid möbelutställningen och lagret är däremot mer lika. Det är därför troligt att samma tendenser som sågs vid både möbelutställningen och delvolymen även skulle ske i lagret, men att storleksordning skulle påminna om de i möbelutställningen.

Resultatet från delvolymen används därför främst för att styrka de tendenser som kunde ses vid simuleringarna i möbelutställningen. Simuleringarna delvolymen skulle kunna ses som representativ för lagret vid användning av brandjalusier eller dylikt.

Utifrån simuleringen av lagret kan det dock konstateras att förhållandena i lokalen, brandgaslagrets höjd och temperatur samt sikten, ej blir kritiska. Resultatet visar även på att stationära förhållanden uppkommer, vilket innebär att förhållandena inte skulle bli kritiska även om simuleringen fortsatt.

Det förutsätter dock att brandgasventilationen aktiveras automatiskt, vilket den inte gör i dagsläget. Om brandgasventilationen ej aktiverats skulle det vara troligt att sämre förhållanden uppkommit i lokalen, likt simuleringen i möbelutställningen när brandgasventilationen togs bort.

9.2.2. Underlag för analys

De brandförlopp som använts vid analyserna definierades utifrån IKEA:s designmanual (IKEA, 2011). Då vissa ingående värden saknades hämtades dessa från BBRAD (Boverket, 2013). För branden i möbelvaruhuset stämde de angivna värdena inte överens, se tabell 4.2. Därför valdes att justera tillväxthastigheten något, vilket gav upphov till ett häftigare brandförlopp. Detta har givetvis påverkat resultatet, men då samma effektutveckling använts vid samtliga simuleringar anses det inte påverka slutsatsen av analysen nämnvärt.

Brandförloppen enligt IKEA:s designmanual valdes då de ansågs representativa för varuhuset. Om brandförloppet definierats enligt en alternativ källa, till exempel från försöksdata eller dylikt, hade ett annorlunda brandförlopp uppkommit vilket hade påverkat resultatet markant.

Aktiveringstiden för brandgasventilationen beräknades med Detact-T2. Då detta ej är programmets primära användningsområde kan aktiveringstiden ha uppskattats fel. Det är dock svårt att avgöra om det skett men det kan konstateras att en tidigare aktivering hade lett till bättre förhållanden i lokalen. Eftersom samma aktiveringstider använts vid analyserna bör antagandet ej ha en stor effekt på resultatet.

9.2.3. FDS

Resultatet från FDS är till stor del avhängigt av användarens kunskap och de antaganden som användaren gör. Under analyserna har en rad olika förenklingar och antaganden gjorts som på ett eller annat sätt påverkar resultatet av analysen.

I bilaga B.2 har resultatet från de genomförda simuleringarna validerats för att säkerställa att de ger ett tillförlitligt resultat. Flera parametrar så som brandens utformning, effektutveckling och cellstorleken har undersökts för att kontrollera att de ligger inom angivna gränser.

Även en valideringsstudie av cellstorlekens inverkan på flödet genom brandgasventilationen genomfördes. Den visade att den använda cellstorleken var något grov och därför överskattade flödet något. Detta bör dock ej påverka resultatet nämnvärt vid jämförelse mellan olika simuleringar då samma cellstorlekar använts.

Generella antaganden

Vid samtliga simuleringar har geometrin anpassats till den meshkonvention som använts vid simuleringen. Denna anpassning innebär även att föremål som är mindre än cellstorleken ej tas med i simuleringen.

För att begränsa simuleringstiden har meshen vid samtliga simuleringar delats upp och beräknats parallellt. Detta ökar risken för att introducera felkällor men har varit nödvändigt för att begränsa simuleringstiden.

Ytterligare en åtgärd för att begränsa simuleringstiden var att simulera de olika delarna av byggnaden var för sig. På grund av detta behövdes en viss tilluftarea läggas till för att kompensera för tilluften från de övriga delarna av varuhuset som ej togs med i simuleringen. Den antogs så att den totala tillgängliga tilluftsarean var lika stor som frånluftsarean. Detta antagande kan ha stor inverkan på resultatet av simuleringarna, framförallt då tilluftsparametern undersöktes.

Brandens placering har antagits baserat på placeringen av brandgasventilationen och tilluftsöppningarna så att resultatet i minsta möjliga mån påverkas av dessa. Hade branden placerats intill en vägg eller ett hörn skulle andra förhållanden varit att förvänta.

Vid samtliga simuleringar har *Spread rate* funktionen använts. Det har resulterat i att effektutvecklingen vid samtliga simuleringar underskattats något strax innan maxeffekten uppnås. Då huvudsyftet med rapporten ej är att studera branden inverkan har inga försök till att korrigera effektutvecklingen utförts. Denna underskattning anses inte påverka resultatet nämnvärt.

Vid analyserna har hänsyn ej tagits till sprinklersystemet. Det finns undermodeller i FDS vilka kan simulera sprinklerpåverkan. Dessa valdes dock bort i samråd med handledare på grund av osäkerheter kring modellernas tillförlitlighet.

För att uppskatta brandgaslagrets höjd och temperatur valdes *layer devices*. Då *layer devices*, enligt sakkunnig på brandteknik, kan ge upphov till tvivelaktigt resultat valdes att även utvärdera dessa med hjälp av temperaturträd.

Utifrån dessa utvärderingar kunde vi konstatera att *layer devices* visade på tillförlitliga resultat men att de hade en tendens till att registrera höjden för det undre kallare delen av brandgaslaget

som bildas vid en verklig brand. Då denna tendens kunde ses vid samtliga simuleringar kan mätningarna användas vid jämförelse.

Möbelutställningen

De låga innerväggar som finns i möbelavdelningen har getts adiabatiska egenskaper då värmeöverföringen i dessa väggar ej anses påverka resultatet.

Vid simuleringarna i möbelutställningen har en av mesherna förlängts nedåt för att ta hänsyn till den tilluft som kommer från övriga varuhuset. I verkligheten finns det två öppningar ner till det undre planet, vilka har slagits samman vid simuleringen. Då de är belägna intill varandra bör resultatet dock ej påverkas i någon större utsträckning.

Lagret & delvolymen

Vid simuleringen i lagret har ingen hänsyn tagits till varken det lagrade godset, pallställagen eller ventilationskanalerna i taket. Dessa kommer att påverka luftströmningen i rummet. Vilken inverkan det får på resultatet är dock svårt att uppskatta.

Branden är i simuleringen placerad en meter över golvet med en horisontell flamspridning. Detta ger upphov till andra förhållanden än de som skulle uppkomma vid en brand i lagret då flamspridningen även hade skett vertikalt, vilket bland annat hade inneburit att flammorna alltid nått taket. Hänsyn till den vertikala flamspridningen tas genom att ange tillväxthastigheten till värdet *ultra fast*.

9.2.4. Argos

Analysen i Argos bygger på antaganden som ska efterlikna FDS uppbyggnad av lokalerna för att kunna utreda parametrarna och validera programmet.

När valet av parametrarna som skulle utvärderas med Argos-simuleringar genomfördes gjordes det tillsammans med en av utvecklarna. Detta för att bistå författarna om expertis om programmets begränsningar och möjlighet till att utföra parameteranalysen.

Validering

Valideringen av Argos i bilaga C.3 genomfördes mot FDS grundsimulering av möbelutställningen och delvolymen för att fastställa vilken geometri som var lämplig att använda till parameteranalysen. Jämförelsen mellan simuleringarna genomfördes i samråd med en av utvecklarna av Argos, där ett gemensamt beslut togs om att valideringen var tillfredsställande för delvolymen men ej för möbelutställningen. För att internt verifiera uppbyggnaden i Argos genomfördes även simuleringar med uppdelningen 1 respektive 9 boxar i delvolymen.

Valideringen av delvolymen genomfördes mot grundsimuleringen i FDS på 600 sekunder där simuleringstiden ökades till 1800 sekunder för Argos vidare analys. Det gjordes för att brandgaslagrets höjd skulle inta stationära förhållanden, tendenser för de olika parametrarna skulle framträda tydligare samt att analysera ifall ett längre brandförlopp ger fördel till fläktar eller luckor.

Material

Materialet i väggar och tak byggdes likt FDS upp med stål och isoleringen PIR med samma egenskaper definierade för materialet i programmen. Det framgår dock i simuleringarna i Argos att temperaturen i brandgaslagret försätter stiga genom hela simuleringen. En anledning till att

värmetransporten inte intar stationära förhållanden i materialet under simuleringstiden skulle kunna ses i tabell a.1 där det framgår att PIR har högt isolerande egenskaper. Den största delen av värmen som transporteras bort i simuleringarna är den som lämnar lokalen med de utströmmande brandgaserna.

Möbelutställningen

Möbelutställningens uppbyggnad i Argos skiljde från ritningarna då den komplexa utformningen på lokalen inte kunde efterliknas utan att transportera brandgaser genom fler än två boxar. Därför byggdes möbelutställningen i Argos med samma golvarea, takhöjd och volym men med en annan utformning. Konsekvensen av lokalens storlek ledde dock till att de tio boxarna som möbelutställningen byggdes upp med överskred den rekommenderade storleken för programmet. En förklaring till varför möbelutställningen inte kunde valideras mot FDS kan bero på att storleken överskreds och att Argos då inte kunde rökfylla lokalen. Den avvikande rökfyllnaden kan bero på att programmet inte längre räknar brandgaser till den varma zonen då temperaturdifferensen mellan brandgaserna och den kalla zonen kanske understeg 10°C.

Branden placerades även i mitten av lokalen för att inte överstiga avståndet brandgaserna var tvungna att transportera sig, vilket skiljer sig mot FDS. Dock anses inte detta inte påverkat resultatet nämnvärt då branden var placerad långt från väggarna i båda fallen.

Delvolymen

Delvolymens uppbyggnad och placering av branden i Argos kunde efterliknas FDS i större utsträckning då lokalen var en mindre delvolym av lagret som ej överskred den rekommenderade storleken på boxarna.

Takhöjd

När parametern takhöjd utvärderades framkom det att programmet gav avvikande resultat från vad som skulle kunna förväntas. Detta då hela lokalen rökfylldes för både luckor och fläktar för en hög takhöjd men ej för en lägre vilket även avvek från resultaten med handberäkningar. En möjlig anledning till att programmet ger dessa resultaten är att brandgaserna blir kallare vid en högre takhöjd då även stighöjden för plymen ökar. Då brandgaserna blir kallare minskar stigkraften och därav också flödet genom luckorna vilket rökfyller lokalen.

Slutvärdena i simuleringen i tabell c.11 visar att temperaturen för 20 meter i takhöjd är nästan lika med temperaturen för handberäkningarna i tabell 8.10 på cirka 150°C. Dock så framgår det i figur c.28 att temperaturen när brandgaslagret når marken i Argos och övergår till en 1-zonsmodell endast är 100°C. Argos design anses här vara en anledning till de lägre temperaturerna då programmet fortfarande transporterar in värme i de bortplockade mellanväggarna som utgör de nio boxarna i delvolymen, se bilaga C.1. De imaginära väggarna kommer bidra till en större kontaktyta för brandgaserna vilket kommer öka värmetransporten från brandgaslagret, speciellt vid en ökad takhöjd då även de imaginära har höjts.

Brandeffekt

När brandeffekten analyserades gavs tillförlitliga resultat som även bekräftades med handberäkningar. Valet att ändra brandeffekterna genom att behålla samma area på 9 m² och tid till maxeffekt men förändra HHRPUA och tillväxthastigheten skulle kunna jämföras med att olika material brinner.

Ifall samma HRRPUA hade hållits konstant på 1889 kW/m² för brandeffekterna 5-25 MW hade arean ändrats mellan 2,6-13 m² för bränderna. Den förändringen hade i större utsträckning påverkat mängden kall luft som blandas in och då även plymmassflödet samt temperaturen i brandgaslagret. Då brandeffekten var det som analyserades ansågs en ändring i area inte som en lämplig förändring och hölls konstant.

Den optiska densiteten följde en logisk ökning av mängden sot när brandeffekten ökade i figur 8.37. Dock uppvisade den optiska densiteten för 25 MW branden ett avvikande värde för luckorna framåt slutet av simuleringen där den optiska densiteten sjunker. En förklaring till varför detta sker har inte kunnat hittas samtidigt som brandgaslagrets temperatur och höjd inte ger några direkta avvikande värden för luckor vid 25 MW branden.

9.3. Vidare studier

En djupare analys av takhöjdens påverkan på brandgasventilationen med avseende på tid till kritiska förhållanden kan behöva genomföras. FDS tillsammans med experiment skulle kunna vara en lämplig metod för fortsatta arbeten att undersöka luckor och fläktar ur ett tidsberoende perspektiv.

Brandförloppet som använts vid analyserna i detta arbete är baserat på det som anges i IKEA:s designmanual. En del av de antaganden som gjorts i IKEA:s manual ansågs vara konservativa. En framtida studie skulle därför kunna genomföras för att analysera och fastställa de brandförlopp som är troliga i ett av IKEA:s varuhus. Det skulle då även vara intressant att fastställa tiden till aktivering av sprinkler och rökdetektorer.

Yttre påverkan som vind och utetemperatur kan vara en lämplig vidarestudie för hur brandgasventilationen ska dimensioneras och placeras. Detta eftersom den analys som genomfördes i denna rapport var mycket enkel samtidigt som den visade att parametrarna påverkar brandgasventilationen i stor utsträckning. Vid fortsatta studier kan simuleringar samt experiment undersöka hur luckornas och byggnadens utformning för ett varierat antal geografiska förhållanden påverkar den termiska brandgasventilationen.

I detta arbete har den tillgängliga tilluften inverkan på termisk brandgasventilation utretts. Det skulle även vara intressant att undersöka vad som sker då tilluften varierar vid mekanisk brandgasventilation. Specifikt vilka förhållanden som uppkommer om mekanisk brandgasventilation används utan säkerställd tilluft.

Ytterligare studier bör genomföras för att fastställa samverkan mellan sprinkler och brandgasventilationen. Dessa studier bör genomföras i fullskala och av en icke partisk aktör för att säkerställa att resultatet blir användbart.

10. Slutsatser

I detta kapitel presenteras de slutsatser som kunnat dras utifrån de frågeställningar som presenterades i avsnitt 1.4.

Hur påverkas metodvalet mellan termisk och mekanisk brandgasventilation av:

- *Takhöjden i lokalen*
Analysen visar att mekanisk brandgasventilation lämpar sig för lägre takhöjder och termisk för högre. Med en ökad takhöjd krävdes även en högre flätkapacitet för att ventilerade ut brandgaserna medan den termiska brandgasventilationen anpassade sig dynamiskt efter de förhållanden som uppkom i lokalen.
- *Brandens effektutveckling*
Mekanisk brandgasventilation har en begränsad kapacitet som avgörs av den dimensionerande branden. Fläktar kommer därför att vara fördelaktiga om brandeffekten ej överstiger den dimensionerande effektutvecklingen. Om brandeffekten överstiger den dimensionerande effektutvecklingen kommer luckor, som är självreglerande, att prestera bättre.

Effektutvecklingen är direkt avgörande för vilken flätkapacitet som krävs i lokalen där en ökad brandeffekt kräver en större flätkapacitet.
- *Vindpåverkan*
Analysen visar att vind kan ge upphov till stora tryck som kan motverka den termiska brandgasventilationens funktion. I områden med höga vindhastigheter bör därför stor vikt läggas på att förebygga effekten av vindpåverkan. Ett lämpligt sätt att göra detta på är att använda mekanisk brandgasventilation då denna metod ej påverkas av vind i samma utsträckning.
- *Temperaturen utomhus*
Analysen visar att temperaturen utomhus till stor grad kan begränsa kapaciteten hos termisk brandgasventilation. I extremt varma klimat kan därför mekanisk brandgasventilation vara att föredra.

Utifrån litteraturstudien och analyserna kan det konstateras att mekanisk brandgasventilation ger ett robust och tillförlitligt system för att ventilerade brandgaser. Termisk brandgasventilation ger istället ett känsligare men dynamiskt system som är självreglerande gentemot den uppkomna branden. Vilken metod som bör användas avgörs av de förhållanden som kan förväntas i samband med brand.

Hur påverkas förhållandena i lokalen av den tillgängliga tilluften?

Analyserna visar att den tillgängliga tilluften spelar en avgörande roll för den termiska brandgasventilationens kapacitet. Ett 1:1 förhållande mellan till- och frånluften bör därför eftersträvas då brandgasventilation används. Om de är möjligt kan tilluftsarea även ökas för att förbättra brandgasventilationens kapacitet ytterligare.

Hur förändras förhållandena i lokalen när mängden brandgasventilation ändras?

Analyserna visar att drastiskt försämrade förhållanden uppkommer i lokalen då brandgasventilationen plockades bort. När mängden brandgasventilation ökades, gentemot grundfallet, förbättrades förhållande i lokalen avsevärt. Vid en ökning från 0,5% till 1% av den totala golvarean uppvisades bl.a. en ökning av flödet ut ur lokalen på cirka 60%.

Analyserna visade även på att *plugholing*-risken måste tas i beaktande vid mekanisk brandgasventilation.

Referenser

- af Geijerstam, K., 2008. *Optimering av Brandgasventilation i stora industrier*, Malmö: Bengt Dahlgren.
- Arvidson, M. & Ingason, H., 2001. *Samtidig användning av sprinkler och brandgasventilation*, Borås: Sveriges Provnings- och forskningsinstitut.
- Back, A. o.a., 2013. *CFD-beräkningar med FDS*, Stockholm: Föreningen för brandteknisk ingenjörsvetenskap, BIV.
- Bing, 2006. *Thermal insulation materials made of rigid polyurethane foam (PUR/PIR)*, Bryssel: Federation of European Rigid Polyurethane Foam Associations.
- Boverket, 1997. *Boverkets handbok om snö- och vindlast, utgåva 2*. Karlskrona: Boverket, byggavdelningen.
- Boverket, 2013. *BBRAD 3*, Karlskrona: Boverket.
- Boverket, 2014. *Boverkets byggregler, BBR 21, BFS 2014:3*, Karlskrona: Boverket.
- Brandskyddsföreningen, 2016. *Sprinklersystem - Regler och Standard 2016*, Stockholm: Förlaget Brandskyddsföreningen.
- Brandteknik, 2005. *Brandskyddshandboken*, Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- Brandteknik, 2014. *Brandskyddshandboken*, Lund: Lunds Universitet.
- Bullen, M. L., 1977. *The Effect of a Sprinkler on the Stability of a Smoke Layer beneath a Ceiling*, : Fire Research Station.
- Carlsson, J. & Möller, j., 2010. *CFD-baserad dimensionering av brandgasventilation*, Stockholm: ÅF-infrastruktur AB.
- Chow, W. & Li, J., 2003. *Notes on sizing of horizontal ceiling vents with traditional flow model*, Hong Kong, Kina: Department of building services engineering, The hong kong polytechnic university.
- Cooper, L. Y. & Beyler, C. L., 1999. *Interaction of sprinklers with smoke and heat vents*, Baltimore: Hughes Associates, Inc..
- Deibjerg, T., Husted, B. P., Bygbjerg, H. & Westerman, D., 2003. *Argos User's guide*, Jernholmen: Danish institute of fire and security technology.
- Deutsches Institut für Normung, 2003. *EN-12101-2*, Berlin: CEN, European Committee for Standardization.
- Drysdale, D., 2011. *An introduction to fire dynamics*. Chichester: John Wiley & sons, Ltd.
- Eriksson, D. & Nordberg, C., 2012. *Kompendium i grundläggande strömningslära*, Lund: Lunds tekniska högskola.
- Firetech, 2009. *Risikanalyt - Takkonstruktion och utrymning*, Malmö: Firetech.
- FireTech, 2016. *Brandskyddsdocumentation*, Malmö: Firetech.
- Frantzych, H., 1990. *Överglasade gårdar rökventilation*, Lund: Institutionen för brandteknik, LTH, Lunds universitet.

- Gordonova, P., 2004. *Smoke and Fire Gases Venting in Lagre Industrial Spaces and Stores*, Lund: Lund University.
- Hinkley, P. L., 1988. *Comparison of an established method of calculation of smoke filling of large scale spaces with recent experiments*, Havant, Hampshire: Fire science & technology.
- Husted, B. P. & David, W., 2009. *Argos Theory manual*, Jernholmen: Danish institute of fire and security technology.
- Husted, B. & Westerman, D., 2005. *1D heat transfer module Argos, Theory manual*, Jernholmen: Danish Institute of fire and security technology.
- Hägglund, B., Nireus, K. & Werling, P., 1996. *Effects of inlets on natural fire vents*, Stockholm: Försvarets forskningsanstalt.
- IKEA, 2011. *IKEA engineering and construction manual*, : IKEA Services AB.
- Ingasson, H. & Persson, B., 1995. *Effects of wind on natural fire vents*, Borås: Svergies provning och forskningsinstitut .
- Isaksson, T., Mårtensson, A. & Thelandersson, S., 2010. *Byggkonstruktion*. Lund: Studentlitteratur AB, Lund.
- JCSS, 2000. *JCSS Probabilistic model code*, Lyngby: Joint committee on structural safety.
- Jensen, L., 2016. *Osäker utrymning vid brand*, Lund: Lunds Universitet.
- Karlsson, B. & Quintiere, J. G., 2000. *Enclosure Fire Dynamics*. Boca Raton: CRC press LLC.
- Karlsson, O. & Kjellberg, P., 2016. *Applisering av befintliga handberäkningar på tidsberoende brandförlopp*, Lund: Brandteknik, LTH, Lunds universitet.
- Klote, J. H., 2012. Basics of Atrium Smoke Control. *ASHRAE Journal*, Juni, pp. 36-46.
- Körner, S., 2000. *Tabeller och formler för statistiska beräkningar*. 2:15 red. Lund: Studentlitteratur AB, Lund.
- Li, J. & Chow, W., 2012. *Wind effect on smoke exhaust by natural vent*, Hong kong: Research centre for fire engineering, The Hong Kong polytechnic university.
- Magnusson, S. E., 1983. *Rökspridning i byggnader: kunskapsöversikt och forskningsbehov*, Lund: Lund Institute of Technology.
- McGrattan, K. o.a., 2015. *Fire Dynamics Simulator User Guide*, Washington DC: National Institute of Standards and Technology .
- Meteorological Dubai, 2014. *Dubai Airports*. [Online]
Available at: <https://services.dubaiairports.ae/dubaimet/met/climate.aspx>
[Använd 12 12 2016].
- Milke, J., 2016. Smoke Control by Mechanical Exhaust or Natural Venting. i: M. J. Hurley, red. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 5e red. Greenbelt, MD: Springer, pp. 1824-1861.
- NFPA, 2015. *NFPA 204: Smoke and Heat Venting*, Quincy: National Fire Protection Association.
- NFPA, 2015. *NFPA 92: Standard on Smoke Control*, Quincy: National Fire Protection Association.

- NFPA, 2016. *NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems*, Quincy: National Fire Protection Association.
- Nystedt, F. & Frantzich, H., 2011. *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar*, Lund: Lunds Universitet.
- Paulsen Husted, B., 2016. [Intervju] 2016.
- Peakcock, R. D., Davis, S. & Lee, B. T., 1988. *An Experimental Data Set for the Accuracy Assessment of Room Fire Models*, Gaithersburg: National Bureau of Standards .
- Persson, S.-A. & Abu-Hajar, H., 2016. *Platsbesök* [Intervju] (11 Oktober 2016).
- Rasmusson, K., Rydberg, L., Selmani, D. & Troell, S., 2016. *Brandteknisk riskvärdering av China Teatern*, Lund: Lunds Universitet.
- Recticel, 2016. *Powerdeck - Technical data sheet*, Damstraat: Recticel.
- RES & EPRI, 2007a. *Verification and Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plant Applications, Volume 1: Main Report*, Rockville, Palo Alto: U.S. Nuclear Regulatory Commission, Electric Power Research Institute.
- RES & EPRI, 2007b. *Verification and Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plant Applications, Volume 7: Fire Dynamics Simulator (FDS)*, Rockville, Palo Alto: U.S. Nuclear Regulatory Commission, Electric Power Research Institute.
- Runefors, M., 2015. *Kompendium i Aktiva System - Sprinkler*, Lund: Lunds Universitet.
- SBF, 1982. *Brandventilation för Industri- och Lagerbyggnader*, Stockholm: Svenska Brandförsvarsförbundet.
- Scherfig, S. & Baden, N., 1992. *Argos validation rapport*, Jernholmen: Danish Institute of Fire Technology.
- Standardisation, E. C. f., 2002. *EN 1991-1-2, Eurocode 1, Actions on structures - part 1-2: General actions- Actions on structures exposed to fire*, Bryssel: European Committee for Standardisation.
- Svensson, S., 2006. *Brandgasventilation*. Karlstad: Räddningsverket.
- Thomas, P. H., Hinkley, P. L., Theobald, C. R. & Simms, D. L., 1963. *Investigation into the flow of hot gases in roof venting*, London: Her Majesty's Stationery Office.
- U.S. Department of Energy, 2012. *Buildings energy data book*, Washington DC: U.S. Department of Energy.

Bilaga A – Handberäkningar

Nedan presenteras de handberäkningar och handberäkningsmetoder som använts i rapporten.

A.1. Yamana & Tanaka

Yamana & Tanaka utvecklade en enkel handberäkningsmetod för att bestämma den erforderliga ventilationskapaciteten utifrån en förbestämd kritisk höjd. Metoden bygger på stationära förhållanden. Det innebär att brandgaslagrets höjd antas vara stationärt samt att massflödet in i lokalen är detsamma som massflödet in i brandgaslagret och massflödet ut ur lokalen. (Karlsson & Quintiere, 2000)

Yamana & Tanaka genomförde fullskaleexperiment i ett utrymme på 24×30×26 och fick goda resultat mot sina handberäkningar. Det har även genomförts en jämförelse mellan andra experiment och Yamana & Tanakas beräkningsmetoder för termisk och mekanisk brandgasventilation med goda resultat. (Hinkley, 1988)

Beräkningarna som genomförs i bilaga A.1. om brandgaslagrets höjd och temperatur är endast genomförda delvolymen för parametrarna takhöjd och brandeffekten.

A.1.1 Beräkningsprocedur

Nedan presenteras ekvationerna samt beräkningsproceduren för handberäkningar av brandgaslagrets höjd samt temperatur. Beräkningsgången innefattar följande sju steg:

- 1. Ett värde för brandgaslagrets höjd (H_D) antas.**
- 2. Massflödet vid brandgaslagrets höjd (H_D) beräknas med valfri plymmodell. Nedan har Heskestads plymmodeller använts, ekvation A.1 då flammhöjden är högre än brandgaslagret och ekvation A.2 då flammhöjden är lägre.**

$$\dot{m}_p = 0.0056 * \dot{Q} \chi \frac{H_D}{L} \quad \text{Ekvation A.1}$$

Där:

| | |
|-------------|------------------------------------|
| \dot{m}_p | Plymmassflöde [kg/s] |
| \dot{Q} | Effektutveckling [kW] |
| χ | Andel konvektiv energi [-] |
| H_D | Brandgaslagrets höjd över golv [m] |
| L | Flammhöjden [m] |

$$\dot{m}_p = 0.071 * (\dot{Q} \chi)^{1/3} * (H_D - z_0)^{5/3} + 0.00192 * \dot{Q} \chi \quad \text{Ekvation A.2}$$

Där:

| | |
|-------|------------------------|
| z_0 | Virtuell starthöjd [m] |
|-------|------------------------|

- 3. Tryckskillnaden över tilluftsöppningar beräknas med ekvation A.3.**

$$\Delta P_i = \frac{\dot{m}_p^2}{2\rho_a(C_d A_i)^2} \quad \text{Ekvation A.3}$$

Där:

| | |
|--------------|--|
| ΔP_i | Tryckskillnad över den undre öppningen [Pa] |
| ρ_a | Omgivningsluftens densitet [kg/m ³] |
| C_d | Flödeskoefficienten [-] |
| A_i | Öppningsarea för det inströmmande flödet [m ²] |

4. Temperaturen i brandgaslagret beräknas enligt ekvation A.4.

$$T_g = T_a + \frac{\dot{Q}}{c_p \dot{m}_p + h A_w} \quad \text{Ekvation A.4}$$

Där:

| | |
|-------|--|
| T_g | Temperaturen i brandgaslagret [K] |
| T_a | Temperaturen i omgivningsluften [K] |
| c_p | Specifik värmekapacitet [kJ/kgK] |
| h | Värmeövergångstalet, se ekvation A.8 och A.9 nedan [kW/m ² K] |
| A_w | Tak- och väggarea som är i kontakt med brandgaslagret [m ²] |

5. Brandgaslagrets densitet beräknas sedan med ekvation A.5.

$$\rho_g = \frac{353}{T_g} \quad \text{Ekvation A.5}$$

Där:

| | |
|----------|---|
| ρ_g | Brandgaslagrets densitet [kg/m ³] |
|----------|---|

6.a. Massflödet genom den övre öppningen beräknas med ekvation A.6 för luckor.

$$\dot{m}_e = C_d A_e \sqrt{2 * \rho_g \left(-\Delta P_i + (\rho_a - \rho_g) g (H - H_D) \right)} \quad \text{Ekvation A.6}$$

Där:

| | |
|-------------|--|
| \dot{m}_e | Massflöde genom den övre öppningen [kg/s] |
| A_e | Öppningsarea för det utströmmande flödet [m ²] |
| g | Tyngdaccelerationen [m/s ²] |
| H | Takhöjd [m] |

6.b. För beräkningar av fläktkapaciteten sätts från början $\dot{m}_e = \dot{m}_p$, sedan används ekvation A.7 för att ta fram det erforderliga volymflödet.

$$\dot{V}_e = \frac{\dot{m}_p}{\rho_g} \quad \text{Ekvation A.7}$$

Där:

| | |
|-------------|--|
| \dot{V}_e | Volymflöde genom det utströmmande flödet [m ³ /s] |
|-------------|--|

Vid fläktberäkningarna genomförs inte beräkningssteg 3 då ekvation A.7 endast behöver plymmassflödet och brandgaslagrets densitet för att erhålla det erforderliga volymflödet.

7. **Det sista steget är att kontrollera att $\dot{m}_e = \dot{m}_p$. Skiljer sig dessa åt krävs ytterligare iterationer, om de stämmer överens så har den erforderliga kapaciteten på brandgasventilationen tagits fram.**

I steg 4 beräknas brandgaslagrets temperatur. Vid denna beräkning tas det hänsyn till värmeförlusten till omgivningen genom väggar och tak med värmeövergångstalet h samt värmen i brandgaserna som åker ut ur lokalen. För att beräkna h för byggnadsmaterialet används ekvation A.8 eller ekvation A.9 nedan beroende på ifall tiden för brandförloppet överstiger den termiska penetrationstiden, t_p , i ekvation A.10.

$$h = \frac{\sqrt{\frac{k\rho c_p}{t}}}{1000} \quad \text{då } t < t_p \quad \text{Ekvation A.8}$$

$$h = \frac{k/\rho}{1000} \quad \text{då } t \geq t_p \quad \text{Ekvation A.9}$$

Där:

| | |
|--------|---|
| h | Värmeövergångstalet [kW/m ² K] |
| k | Termisk konduktivitet [W/m*K] |
| ρ | Densitet [kg/m ³] |
| c_p | Specifik värmekapacitet [J/kgK] |
| t | Tid [s] |

Faktorn t_p används för att beräkna om värmeledningen kan ses som stationär eller transient och beräknas enligt ekvation A.10 nedan.

$$t_p = \frac{\delta^2}{4\alpha_d} \quad \text{Ekvation A.10}$$

Där:

| | |
|------------|--|
| t_p | Termisk penetrationstid [s] |
| δ | Tjocklek på material [m] |
| α_d | Termisk diffusivitet [m ² /s] |

A.1.2. Värmeövergångstalet h

Nedan presenteras beräkningar av värmeövergångstalet h för materialet PIR i tabell 4.5 och tjockleken på materialet är 0,12m samt $h = 0.025$ enligt EN 1991-1-2, Eurocode 1.

$$t_p = \frac{0,12^2}{4 \cdot 4,3 \cdot 10^{-7}} = 8372 \text{ [s]} \approx 139 \text{ [min]}$$

För att värmeöverföringen ska gå från transient till stationär värmeöverföring ska branden brinna i 139 minuter.

$$h = \frac{\sqrt{\frac{0.022 \cdot 35 \cdot 1450}{1800}}}{1000} = 0.000788 \quad \text{då } t < t_p$$

$$h = \frac{0.022/35}{1000} \approx 6.3 \cdot 10^{-7} \quad \text{då } t \geq t_p$$

Även ifall det hade tagit 139 minuter för att $t \geq t_p$ genomförs beräkningar för både den konstanta, transienta och stationära värmeöverföringen. Detta för att påvisa hur handberäkningarna överskattar brandgaslagrets temperatur för isolerade rum och motivera det konstanta värdet $h = 0.025$.

Tabell A.1 redovisar hur olika värden för värmeövergångstalet påverkar brandgaslagrets temperatur och höjd. Det konstanta värdet är hämtat från EN 1991-1-2, Eurocode 1 de andra två är från beräkningarna ovan.

| h [kW/m ² K] | Konstant $h = 0.025$ | $h = 6.3 \cdot 10^{-7}$ $t \geq t_p$ | $h = 0.000788$ $t < t_p$ |
|---|----------------------|---|-----------------------------|
| Brandgaslagrets temperatur T_g [°C] | 206 | 668 | 619 |
| Brandgaslagrets höjd H_D [m] | 3.15 | 3.45 | 3.45 |
| Erforderlig flätkapacitet [m ³ /s] | 32.6 | 70 | 66.5 |

I tabell a.1 framgår det att temperaturerna överskattas jämfört med simuleringarna i Argos och FDS när h beräknas med isoleringsmaterialet PIR för väggar och tak. Tendensen om överskattningen stämmer överens med tidigare studier som genomförts för handberäkningar av temperaturen i isolerade rum. (Karlsson & Kjellberg, 2016)

A.1.3 Beräkningar i delvolymen

Nedan presenteras handberäkningarna samt tillvägagångssätt till hur värdena i tabell a.2 och tabell a.3 togs fram. Vid beräkningarna användes beräkningsproceduren som beskrevs i avsnitt A.1.1.

Beräkningarna genomfördes i Excel för den iterativa processen med ändring av brandgaslagrets höjd tills massflödet i steg **2** likställdes med steg **6a**. En felmarginal på 0,3 kg/s i differens mellan massflödena tilläts.

Vid jämförelsen mellan luckor och fläktar har flätkapaciteten hållits konstant på 32,6 m³/s vid förändringar för parameteranalysen. Den konstanta kapaciteten är framtagen för grunduppställningen i delvolymen vid steg **6b**. Det innebär att fläktar ger samma resultat på analyskriterierna som luckorna vid grunduppställningen.

Den erforderliga flätkapaciteten är även den framtagen vid steg **6b** men beskriver vilket volymflöde som erfordras på fläktarna för att ge samma resultat som luckorna när parametern har förändrats.

Generellt skulle flätkapaciteten kunna tolkas som volymflödet genom luckorna vid respektive uppställning då fläktar och luckor ger samma resultat på analyskriterierna.

Tabell A.2 och tabell a.3 nedan är kopior av tabell 8.10 och tabell 8.12 i resultatet för handberäkningarna men har lyfts ner för att underlätta för läsaren. Tabell A.2 nedan redovisar resultatet vid en varierad takhöjd.

Tabell A.2 redovisar resultatet av brandgaslagrets höjd och temperatur för luckor och fläktar samt den flätkapacitet som erfordras för att ge samma resultat som luckorna vid den givna höjden.

| | H=6 [m] | | H=10 [m] Grund | | H=14 [m] | | H=20 [m] | |
|---|-------------|-------|-------------------|-------|-------------|-------|-----------|-------|
| | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt |
| Brandgaslagrets temperatur T_g [°C] | 256 | 248 | 206 | 206 | 175 | 177 | 144 | 148 |
| Differens i temperatur mellan luckor och fläktar | +8 | | 0 | | -2 | | -4 | |
| Brandgaslagrets höjd H_D [m] | 2,2 | 2,9 | 3,2 | 3,2 | 3,9 | 3,4 | 4,6 | 3,6 |
| Differens i höjd mellan luckor och fläktar | -0,7 | | 0 | | +0,5 | | +1 | |
| Erforderlig flätkapacitet för takhöjden [m ³ /s] | 25,2 | - | 32,6 | - | 37,2 | - | 41,5 | - |

Tabell A.3 nedan redovisar resultatet vid en varierad brandeffekt.

Tabell A.3 redovisar resultatet av brandgaslagrets höjd och temperatur för luckor och fläktar samt den flätkapacitet som behövs för att ge samma resultat som luckorna vid den givna brandeffekten.

| | $\dot{Q} = 5$ [MW] | | $\dot{Q} = 10$ [MW] | | $\dot{Q} = 17$ [MW] Grund | | $\dot{Q} = 25$ [MW] | |
|---|--------------------|-------|---------------------|-------|------------------------------|-------|---------------------|-------|
| | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt |
| Brandgaslagrets temperatur T_g [°C] | 79 | 76 | 134 | 131 | 206 | 206 | 288 | 294 |
| Differens i temperatur mellan luckor och fläktar | 3 | | 3 | | 0 | | -6 | |
| Brandgaslagrets höjd H_D [m] | 3,5 | 6 | 3,5 | 4,6 | 3,2 | 3,2 | 2,7 | 2,3 |
| Differens i höjd mellan luckor och fläktar | -2,5 | | -1,1 | | 0 | | +0,4 | |
| Erforderlig flätkapacitet för brandeffekten [m ³ /s] | 18 | - | 25 | - | 32,6 | - | 38 | - |

Något som ska noteras i tabell a.3 är att fläktar för 5MW brandeffekt är den enda gången brandgaslagrets höjd lägger sig över flamhöjden och Heskestads plymekvation för plymmassflödet över flamhöjden tillämpas, se bilaga C.1. Ifall ekvationen för plymmassflödet

under flamhöjden hade tillämpats som för övriga värden i tabellen hade brandgaslagrets temperatur blivit 78°C och höjden 6,6 meter över golvet.

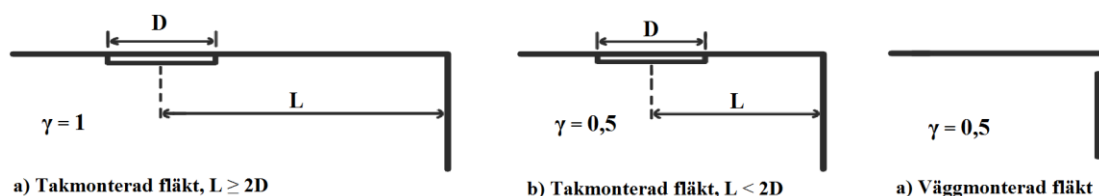
A.2. Plugholing

Då en specifik ventilator ges för hög kapacitet finns risk för att plugholing uppstår. För att utreda vid vilka förhållanden detta kan ske i IKEA:s varuhus har handberäkningar tillsammans med data från de simuleringar som genomförts i FDS använts. För mekanisk brandgasventilation har ekvation A.15 använts och för termisk användes ekvation A.16.

$$\dot{V}_{max} = 4,16 \times \gamma \times d^{\frac{5}{2}} \times \left(\frac{T_g - T_a}{T_a}\right)^{1/2} \quad \text{Ekvation A.15}$$

Där:

- \dot{V}_{max} Maximala volymflödet utan risk för plugholing [m³/s]
- d Brandgaslagrets tjocklek [m]
- T_g Temperaturen i brandgaslagret [K]
- T_a Temperaturen i omgivningsluften [K]
- γ Dimensionslös konstant som avgörs av fläkten placering, se figur a.1 nedan. [-]



Figur A.1 visar hur γ varierar beroende på hur flödet begränsas av närbelägna väggar.

$$A_v < 2 \times d^2 \quad \text{Ekvation A.16}$$

Där:

- A_v Individuella frånluftsöppningens storlek [m²]
- d Brandgaslagrets tjocklek [m]

Vid beräkningarna har värdena i tabell a.4 använts. Dessa värden är tagna från simuleringarna i FDS och är beräknade medelvärden för det intervall då stationära förhållanden infunnit sig. För simuleringen i lagret har tidsintervallet 600-800s använts och för de två simuleringarna i möbelutställningen har 600-900s använts.

Tabell A.4 visar den indata som använts vid beräkningarna och som tagits från simuleringarna i FDS.

| | Brandgaslagrets tjocklek [m] | Brandgaslagrets temperatur [°C] | Volymflödet [m ³ /s] | Frånluftsarea [m ²] |
|--------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Lager_grund | 4,2 | 50,3 | 145,8 | 80 |
| Möbel_grund | 2,5 | 49,9 | 54,2 | 42 |
| Möbel_2xFrån | 2,2 | 40,5 | 83,8 | 84 |

Utifrån de ovanstående ekvationerna och värdena har det maximala volymflödet per fläkt och den maximala arean per lucka beräknats. Minsta antalet luckor respektive fläktar har sedan beräknats med det uppmätta flödet respektive den befintliga frånluftsarean. Resultatet presenteras i tabell a.5 nedan.

Tabell A.5 visar resultatet från plugholing-beräkningarna.

| | Mekanisk brandgasventilation | | | | Termisk brandgasventilation | |
|--------------|---|----------------|----------------------|----------------|--------------------------------|---------------------|
| | Maximalt volymflöde [m ³ /s] | | Minsta antal fläktar | | Maximal area [m ²] | Minsta antal luckor |
| | $\gamma = 1$ | $\gamma = 0,5$ | $\gamma = 1$ | $\gamma = 0,5$ | | |
| Lager_grund | 48,7 | 24,3 | 3 | 6 | 35,4 | 3 |
| Möbel_grund | 12,9 | 6,4 | 5 | 9 | 12,3 | 4 |
| Möbel_2xFrån | 8,1 | 4,0 | 11 | 21 | 9,9 | 9 |

Resultatet i beräkningarna är framtaget utifrån de specifika scenarier som uppkom vid simuleringarna i FDS. Det förutsätter därmed att förhållandena så som brandgaslagrets temperatur och tjocklek ej förändras för att vara tillämpbara. Något som är osannolikt om systemet skulle bytas ut mot ett mekaniskt.

A.3. Vindpåverkan

Nedan presenteras handberäkningar för vindpåverkan av IKEA varuhuset i Malmö.

Beräkningarna delas in i 6 steg.

1. Karaktäristiskt hastighetstryck $q_p(50)$ för Malmö tas fram.
2. Medelhastighetstrycket $q_p(m)$ beräknas.
3. Formfaktorn C_{pe} för IKEA Malmö tas fram.
4. Vindtrycket på byggnaden för $w_e(50)$ och $w_e(m)$ beräknas.
5. Brandgasernas termiska tryck ΔP_e beräknas.
6. Trycken i steg 4 och 5 jämförs.

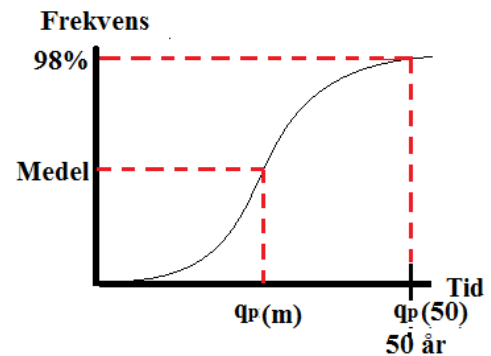
1. Karaktäristiska hastighetstrycket $q_p(50)$

Vid beräkningar av de tryck som vindar kan orsaka på en byggnad så används tabeller från boken byggkonstruktion för att ta fram värden som är specifika för det geografiska området. För att beräkna vindtrycket på en byggnad behövs det karaktäristiska hastighetstrycket $q_p(50)$ som beskriver vilka vindtryck som 2% per år kan uppträda i det geografiska området och sannolikt inträffar en gång var 50e år. Det ska här belysas att beräkningarna i vanliga fall används till konstruktionslaster och att trycket $q_p(50)$ kan ses som det momentana toppvärdet i trycket som uppkommer på grund av vindens turbulens. Vid beräkningarna är topografin, byggnadshöjden samt den karaktäristiska vindhastigheten v_b de påverkande faktorerna. När de tre faktorerna har tagits fram ur tabeller kan även det karaktäristiska hastighetstrycket $q_p(50)$

tas fram genom ytterligare en tabell. Värdena som redovisas i tabell a.6 nedan är framtagna ur boken Byggkonstruktion. (Isaksson, et al., 2010)

Tabell A.6 innehåller värden framtagna ur tabeller från boken byggkonstruktion samt höjden från ritningarna för IKEA varuhuset i Malmö.

| | |
|---|---------------|
| Topografi | Terrängtyp II |
| Höjd på IKEA varuhuset [m] | 15 |
| Karaktäristiska vindhastigheten v_b för Malmö [m/s] | 26 |
| Karaktäristiska hastighetstrycket $q_p(50)$ [kPa] | 1,02 |



Figur A.2 redovisar en ackumulerad normalfördelning som synliggör hur 2% av vindarna ligger över och 98% ligger under det karaktäristiska hastighetstrycket $q_p(50)$. $q_p(m)$ är det mer troliga hastighetstrycket.

2. Medelhastighetstrycket $q_p(m)$

I den använda litteraturen kan endast den karaktäristiska 50 års hastighetsuttrycket tas fram ur tabellerna men det kan anses högst osannolikt att det börjar brinna samtidigt som en vind som endast uppträder var 50e år inträffar.

Därför beräknades det mer frekventa medelhastighetstryck $q_p(m)$ fram från det karaktäristiska hastighetstrycket $q_p(50)$ genom att göra antagandet att vindarna är normalfördelade. Med ekvation A.17 nedan har $q_p(50)$ som representerar hastighetstrycket som överskrids 2% per år gjorts om till $q_p(m)$ som representerar medelhastighetstrycket för den årsmaximala vindhastigheten vid en normalfördelad kurva se figur a.2 vilket då inträffar en gång per år.

$$q_p(m) = \frac{q_p(50)}{[(1+V_k \cdot \theta^{-1}(0,98)]} \quad \text{Ekvation A.17}$$

Där:

$q_p(m)$ Medelhastighetstryck [kPa]

$q_p(50)$ Karaktäristiskt hastighetstryck [kPa]

V_k Variationskoefficienten [-]

$\theta^{-1}(0,98)$ Inversen av den standardiserade normalfördelningen [-]

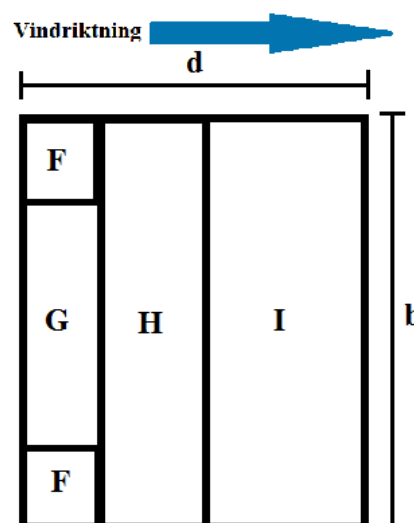
Insättning av värden i ekvation A.17 ger:

$$q_p(m) = \frac{1,02}{[(1+0,25 \cdot 2,054)]} = 0,67$$

Värdet för variationskoefficienten, $V_k = 0,25$, är medelvärdet av variationskoefficienten 0,2 - 0,3 från Probabilistic model code. (JCSS, 2000) Med antagandet att vindvärdena är normalfördelade kan 50 årsvinden ändras om med inversen, 2,054, till en årligt återkommande vind vilket ger ett mer sannolikt hastighetstryck men som fortfarande är konservativt. (Körner, 2000)

3. Formfaktorn C_{pe}

För att applicera de framtagna hastighetstrycken från steg 1 och 2 över en byggnad används formfaktorn C_{pe} som visar hur ett hastighetstryck lägger sig över en byggnads väggar och tak. Vid framtagandet av värden för formfaktorn C_{pe} så används tabeller från boken byggkonstruktion där byggnadens bredd b , längd d och höjd h påverkar vilken tabell värdena tas från. Beroende på ifall formfaktorn C_{pe} är för väggar eller tak så skiljer sig värdena åt då det för lovartsidan kommer bli ett övertryck (+) och för läsidan ett undertryck (-). Taket delas dock in i flera sektioner med olika C_{pe} vilket åskådliggörs i figur a.3 som visar hur ett platt tak delas in i handberäkningarna.



Figur A.3 illustrerar hur ett platt tak delas upp i olika delar vid handberäkningar av trycket på taket.

För handberäkningarna har IKEA varuhuset i Malmö förenklats till en fyrkantig box där $d=100$, $b=220$ och höjden $h=15$ meter^{III}.

För IKEA varuhuset i Malmö har följande värdena på C_{pe} hämtats från boken byggkonstruktion där värdena är konservativa. (Isaksson, et al., 2010)

Tabell A.7 beskriver formfaktorerna för sektion I på taket samt väggarnas läsida och lovartsida för $1m^2$.

| Sektion | C_{pe} | $h/d \leq 0,25$ |
|-----------------|----------|-----------------|
| Taket sektion F | -2,5 | - |
| Taket sektion G | -2,0 | - |
| Taket sektion H | -1,2 | - |
| Taket sektion I | +/- 0,2 | - |
| Läsida | -0,3 | $15/100=0,15$ |
| Lovartsida | +1 | $15/100=0,15$ |

För vägg b eller d övergår kvoten aldrig $\frac{h}{b} \leq 0,25$ och därför hade samma formfaktor C_{pe} erhållits även ifall vinden hade blåst från ett annat håll.

4. Vindtrycket $w_e(50)$ samt $w_e(m)$

Beräkningarna för trycket orsakat av 50 års vinden samt medelvindtrycket beräknas med ekvation A.18 med insättning av värdena från steg 1, 2 och 3.

$$w_e = q_p * C_{pe} \quad \text{Ekvation A.18}$$

Där

w_e Vindtryck [kPa]

q_p Karaktäristiskt eller medelhastighetstryck [kPa]

C_{pe} Formfaktor beroende av vindriktning och byggnadens form [-]

^{III} Geometrin för IKEA är en stor förenkling av verkligheten men kan anses acceptabel då beräkningarna genomförs för att påvisa hur stora tryck vinden ger upphov till gentemot brandgasernas tryck.

Insättning av värdena för q_p samt C_{pe} i ekvation A.18 ger vindtrycket som redovisas i tabell a.8.

Tabell A.8 sammanställer värdena för hastighetstryck och formfaktorn för IKEA varuhuset i Malmö där vindtrycket beräknas enligt ekvation A.18.

| Hastighetstrycket $q_p(m)$ samt $q_p(50)$ [kPa] | Sektion på byggnaden | Formfaktorn C_{pe} [-] | Vindtryck $w_e(m)$ samt $w_e(50)$ [kPa] |
|---|----------------------|--------------------------|---|
| 0,67 | Taket sektion F | -2,5 | -1,675 |
| 0,67 | Taket sektion G | -2,0 | -1,34 |
| 0,67 | Taket sektion H | -1,2 | -0,804 |
| 0,67 | Taket sektion I | +/- 0,2 | +/- 0,134 |
| 0,67 | Läsidan | -0,3 | -0,201 |
| 0,67 | Lovartsidan | +1 | +0,67 |
| 1,02 | Taket sektion F | -2,5 | -2,55 |
| 1,02 | Taket sektion G | -2,0 | -2,04 |
| 1,02 | Taket sektion H | -1,2 | -1,224 |
| 1,02 | Taket sektion I | +/- 0,2 | +/- 0,204 |
| 1,02 | Läsidan | -0,3 | -0,306 |
| 1,02 | Lovartsidan | +1 | +1,02 |

5. Termiska trycket ΔP_e

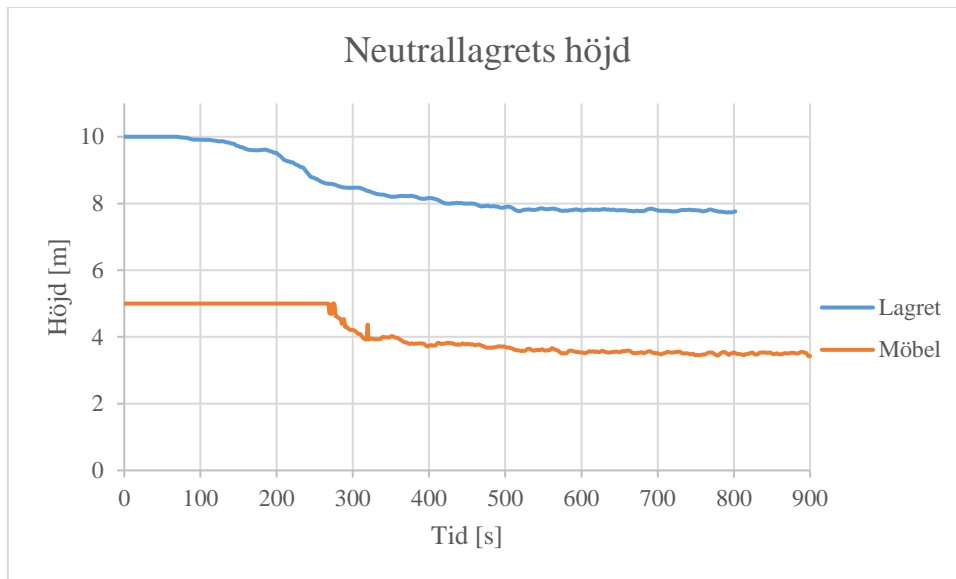
Vid handberäkningarna av det termiska trycket som brandgaserna ger upphov till har värden från grundsimuleringarna i FDS av möbelutställningen samt lagret använts för brandgaslagrets höjd och temperatur.

För att beräkna det termiska trycket erfordras neutrallagrets höjd. Med ekvation A.19 som plottas kontinuerligt mot värden från FDS simuleringarna kan ett tidsberoende neutrallager erhållas i figur a.4.

$$H_N = \frac{A_e^2 \rho_a H_D + A_i^2 \rho_g H}{\rho_a + \rho_g} \quad \text{Ekvation A.19}$$

Där

| | |
|----------|--|
| H_N | Neutrallagrets höjd över golvet [m] |
| A_e | Öppningsarea för det utströmmande flödet [m ²] |
| A_i | Tilluftsarean [m ²] |
| ρ_a | Omgivningsluftens densitet [kg/m ³] |
| ρ_g | Brandgaslagrets densitet [kg/m ³] |
| H_D | Brandgaslagrets höjd över golvet [m] |
| H | Takhöjd [m] |



Figur A.4 beskriver höjden på neutrallagret för möbelutställningen och lagret. Värdesiffrorna till beräkningarna är tagna från simuleringarna i FDS. Takhöjden i möbelutställningen är 5 meter och lagret 10 meter. Simuleringstiden i lagret är 800 sekunder och möbelutställningen 900 sekunder.

I figur a.4 framgår det att neutrallagrets höjd stabiliserar sig cirka 1 meter från taket för möbelutställningen och cirka 2 meter från taket för lagret vilket har inverkan på brandgasventilationen, se figur 2.5 samt ekvation A.20.

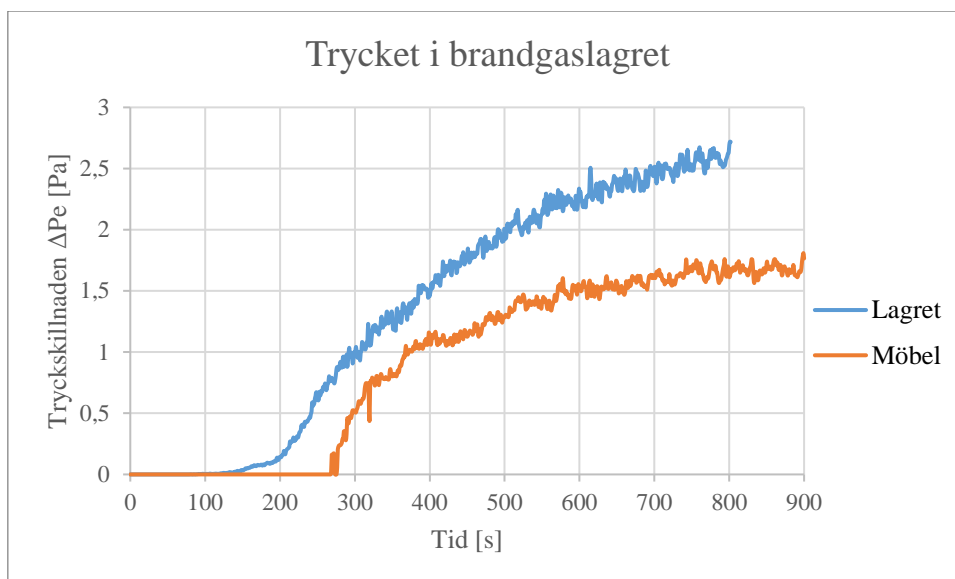
När neutrallagrets höjd nu är känt kan tryckskillnaden över en lucka i taket beräknas, vilket avgör brandgasernas termiska stigningskraft.

Ekvation A.20 används till beräkningarna av brandgaslagrets tryckskillnad över en lucka. Temperaturen är tagna från grundsimuleringarna av möbelutställningen och lagret i FDS som ger en tidsberoende tryckskillnad över en lucka i lokalen enligt figur a.5.

$$\Delta P_e = 353 \left(\frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_g} \right) g (H - H_N) \quad \text{Ekvation A.20}$$

Där:

| | |
|--------------|--|
| ΔP_e | Tryckskillnad över den övre öppningen [Pa] |
| T_g | Temperatur i brandgaslagret [K] |
| T_a | Omgivningstemperaturen [K] |
| g | Tyngdaccelerationen [m/s^2] |
| H | Takhöjd [m] |
| H_N | Neutrallagrets höjd över golvet [m] |



Figur A.5 beskriver tryckskillnaden över en lucka i zon I på taket av möbelutställningen och lagret. Värdesiffrorna till beräkningarna är tagna från simuleringarna i FDS samt figur a.4. Simuleringstiden i möbelutställningen är 900 sekunder och lagret 800 sekunder.

6. Jämförelse mellan vindtrycket och det termiska trycket

Vid en jämförelse mellan tryckskillnaden för vindpåverkan och den termiska stigkraften så framgår det i tabell a.9 att trycket från vinden är mycket större än trycket från brandgaserna.

Tabell A.9 Jämför beräkningarna för vindtryck och termiskt tryck för 900 sekunders simulering i möbelutställningen och 800 sekunder för lagret. Övertrycket symboliseras med ett (+) och undertrycket med (-).

| Vindtryck [Pa] | Vindtryck i sektion I taket [Pa] | Termiskt tryck i möbelutställning [Pa] | Termiskt tryck i lagret ΔP_e [Pa] |
|----------------|-------------------------------------|---|--|
| $w_e(m)$ | +/-134 | -1,6 | -2,5 |
| $w_e(50)$ | +/-204 | -1,6 | -2,5 |

A.4. Utetemperatur

Nedan presenteras handberäkningarna för massflödet genom luckorna i möbelutställningen och lagrets för grundsimuleringarna beroende på utetemperatur.

1. Beräkning av neutrallagrets höjd

Se beräkningar för neutrallagrets höjd i figur a.4 bilaga A.4. för möbelutställningen samt lagret. Samma värden har använts.

2. Beräkning av massflödet ur luckorna i lokalen

Ekvation A.21 används till beräkningarna av massflödet ur luckorna i taket.

$$\dot{m}_e = C_d A_e \frac{353}{T_g} \sqrt{\frac{2 * \frac{353}{T_g} \left((H - H_N) \left(\frac{353}{T_a} - \frac{353}{T_g} \right) g \right)}{\frac{353}{T_a}}} \quad \text{Ekvation A.21}$$

Där:

| | |
|-------------|--|
| \dot{m}_e | Massflöde genom den övre öppningen [kg/s] |
| A_e | Öppningsarea för det utströmmande flödet [m ²] |
| C_d | Flödeskoefficienten [-] |
| T_g | Temperatur i brandgaslagret [K] |
| T_a | Omgivningstemperaturen [K] |
| H | Takhöjd [m] |
| H_N | Neutrallagrets höjd över golvet [m] |
| g | Tyngdaccelerationen [m/s ²] |

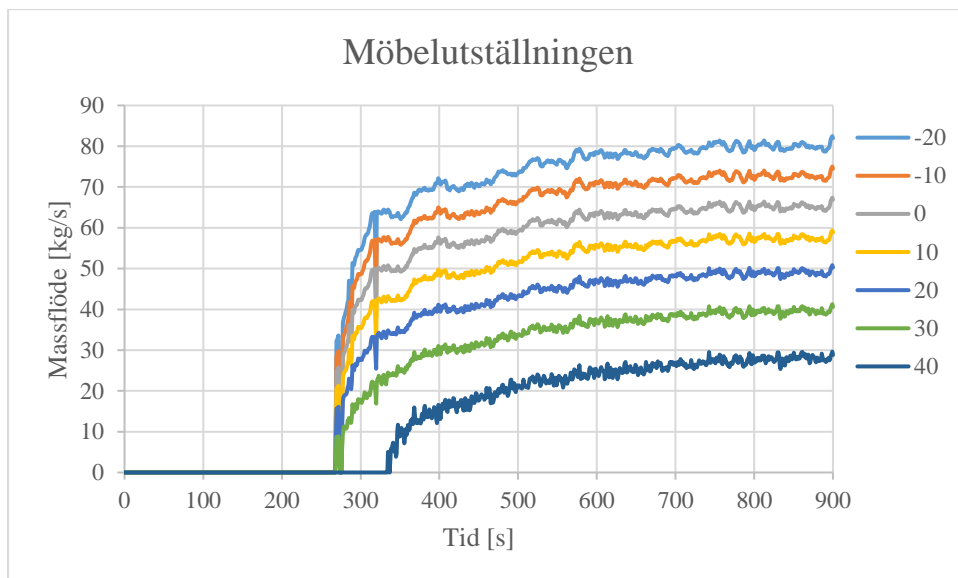
3. Värdena plottas mot FDS grundsimuleringar

I tabell a.10 redovisas ingångsvärdena som hålls konstanta när massflödet i figur c.7 och figur c.8 plottas mot värdena i FDS grundsimuleringar för möbelutställningen samt lagret.

Tabell A.10 redovisar ingående värden för beräkningarna av massflödet.

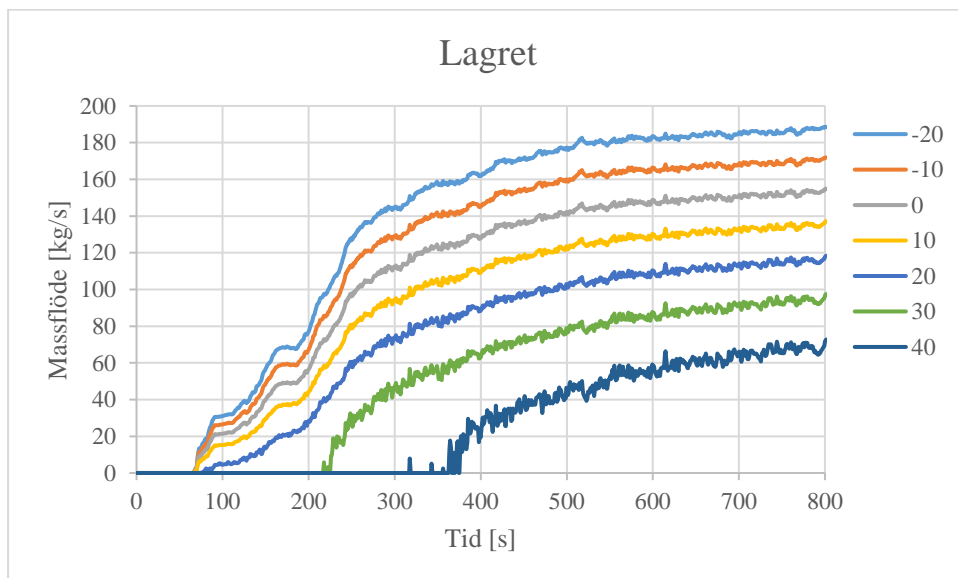
| | C_d [-] | A_e [m ²] | Tak höjd H [m] |
|--------------------|-----------|-------------------------|------------------|
| Möbelutställningen | 0,61 | 42 | 5 |
| Lagret | 0,61 | 80 | 10 |

I figur c.7 illustreras massflödet ur möbelutställningen för olika utetemperaturer.



Figur A.6 illustrerar hur massflödet i luckorna för grundsimuleringen i möbelutställningen hade förändrats beroende på utetemperaturen. I figuren redovisas massflödena för utetemperaturen -20, -10, 0, 10, 20, 30 och 40°C.

I figur c.8 illustreras massflödet ur lagret för olika utetemperaturer.



Figur A.7 illustrerar hur massflödet i luckorna för grundsimuleringen i lagret hade förändrats beroende på utetemperaturen. I figuren redovisas massflödena för utetemperaturen -20, -10, 0, 10, 20, 30 och 40°C.

Bilaga B – Teori och validering av FDS

Nedan beskrivs de FDS-simuleringar som genomförts i arbetet samt den bakomliggande teorin kortfattat. Innehållet i detta avsnitt är delvis hämtat från ett tidigare arbete som skrivits av en av författarna. (Rasmusson, et al., 2016)

Indatafilerna som använts vid simuleringarna kan ses i bilaga E sist i rapporten.

B.1. Teori

Akronymen FDS står för *Fire Dynamics Simulator* och som namnet antyder så är det ett datorprogram som simulerar brandförlopp. Det är framtaget av NIST, *National Institute of Standards and Technology*, i USA.

Programmet är en typ av CFD-modell, *Computational Fluid Dynamics*, som använder sig av LES-tekniken, *Large Eddy Simulation*, vilket simulerar de turbulenta virvelströmmar som bildas vid en brand. Med hjälp av LES-tekniken löser programmet en förenklad form av Navier-Stokes ekvationer. Dessa ekvationer beskriver, med hjälp av rörelsemängdens bevarande, hur termiska flöden uppför sig. På grund av detta lämpar sig modellen för att simulera långsamma termiskt drivna flöden, med fokus på värme- och rökgasspridning. (McGrattan, et al., 2015)

Simuleringen sker i en kontrollvolym som definieras av användaren med hjälp av kartesiska koordinater i x-, y- och z- led. Med detta koordinatsystem delas kontrollvolymen upp i individuella kubiska celler. Samtliga celler utgör tillsammans ett beräkningsnät, kallas vanligtvis mesh eller grid. I meshen definieras sedan geometrin som ska simuleras. Även geometrin definieras med kartesiska koordinater vilket ger den ett kantigt utseende då den byggs upp av rätblock. (McGrattan, et al., 2015)

Under simuleringen beräknas Navier-Stokes ekvationer individuellt för varje cell. Detta tillvägagångssätt kallas *finite volume* metoden. Simuleringens noggrannhet beror på cellernas storlek. Önskas ett exaktare resultat används därför fler celler för att bygga upp meshen. Nackdelen med metoden är att den är mycket beräkningskrävande. Om cellstorleken minskas till hälften, ökar simuleringstiden med en faktor 16. Simuleringstiden måste därför vägas mot den önskade precisionen vid en simulering. (McGrattan, et al., 2015)

För att sänka beräkningstiden kan kontrollvolymen delas in i flera mesher som sedan kan beräknas parallellt med en teknik som kallas MPI, *Message Passing Interface*. Även andra faktorer kan sänka simuleringstiden, så som att antalet celler ska vara faktoriserbart med $2^i 3^j 5^k$ i y- samt z-led. (McGrattan, et al., 2015)

Då en simulering delas in i flera mesher kan detta leda till osäkerheter i resultatet. Osäkerheterna introduceras i gränsen mellan två mesher då information ska föras över mellan mesherna. Mätningar som sker nära meshövergången måste därför tillämpas med försiktighet.

Versionen som använts vid simuleringarna är *FDS 6.5.2*.

B.1.1. Pyrosim och Smokeview

För att underlätta uppbyggandet av geometrierna har programmet Pyrosim använts. Det är ett grafiskt verktyg för att enkelt rita upp geometrin som sedan används i FDS. Versionen som använts är *PyroSim 2016.2.0922 64-bit*.

Smokeview är ett program som används för att visualisera och utvärdera simuleringar gjorda i FDS. Även Smokeview är utvecklat av NIST. Versionen som använts är *Smokeview 6.3.5*.

B.2. Validering och verifiering

För att avgöra en simulering tillförlitlighet måste resultatet valideras. För att åstadkomma detta verifieras ett flertal parametrar mot FDS giltighetsområde.

B.2.1. Cellstorlek

Som tidigare nämnt är den cellstorlek som används vid simuleringarna avgörande för hur exakt resultatet blir. Det finns flera metoder för att kontrollera om cellstorleken är tillräckligt fin. Normalt undersöks om nodkonvergens uppnåtts, vilket innebär att ingen skillnad kan ses i resultaten om cellstorleken förfinas. Denna metod är dock mycket resurskrävande och cellstorleken har därför kontrollerats genom att beräkna den karakteristiska diametern enligt ekvation B.1 nedan. (McGrattan, et al., 2015)

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_a T_a c_p \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}} \quad \text{Ekvation B.1}$$

Där:

| | |
|-----------|---|
| D^* | Karakteristisk diameter [-] |
| \dot{Q} | Effektutveckling [kW] |
| ρ_a | Omgivningsluftens densitet [kg/m ³] |
| T_a | Omgivningstemperaturen [K] |
| c_p | Specifik värmekapacitet [J/kgK] |
| g | Tyngdaccelerationen [m/s ²] |

Den karakteristiska diametern delas sedan med cellstorleken och resultatet bör ligga inom intervallet 4 till 16, se ekvation B.2. (McGrattan, et al., 2015)

$$4 < \frac{D^*}{\delta x} < 16 \quad \text{Ekvation B.2}$$

I höga byggnader kommer upplösningen av plymen att vara avgörande för resultatet. Att plymen modelleras med tillräcklig upplösning är därför av stor vikt. Genom att beräkna kvoten enligt ekvation B.3 kan upplösningen över plymen uppskattas. Då kvoten är mindre än 0,5, det vill säga när branden är liten i förhållande till takhöjden, bör cellstorleken justeras så att $\frac{D^*}{\delta x} \geq 15$. (Nystedt & Frantzich, 2011)

$$\frac{D^*}{H} < 0,5 \quad \text{Ekvation B.3}$$

Där:

| | |
|-----|-------------|
| H | Takhöjd [m] |
|-----|-------------|

Ovanstående beräkningar har utförts för samtliga av de tre använda meshindelningarna, resultatet presenteras i tabell b.1 nedan.

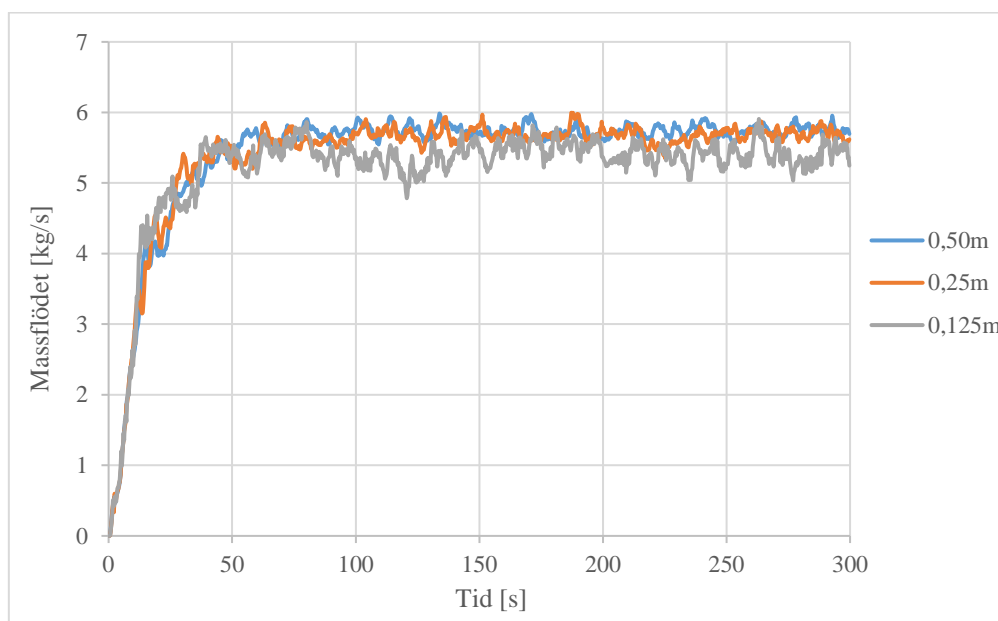
Tabell B.1 visar resultatet för de valideringsberäkningar som genomförts för cellstorlekarna som använts vid simuleringarna.

| Simulering | \dot{Q} [kW] | δx [m] | H [m] | $\frac{D^*}{\delta x}$ [m ⁻¹] | $\frac{D^*}{H}$ [m ⁻¹] |
|-------------|----------------|----------------|-------|---|------------------------------------|
| Möbel_grund | 5 000 | 0,125 | 5 | 14,65 | 0,37 |
| Lager_grund | 17 000 | 0,125 | 10 | 23,91 | 0,30 |
| Del_grund | 17 000 | 0,125 | 10 | 23,91 | 0,30 |

Utifrån tabellen kan det utläsas att den karakteristiska diametern var liten i förhållande till takhöjden för samtliga simuleringar, vilket innebär att $\frac{D^*}{\delta x}$ bör vara över 15. Det innebär att cellstorleken var något grov för simuleringarna i möbelutställningen. Det låg dock tillräckligt nära gränsen för att författarna ska känna sig trygga med resultatet utan vidare analys. Även för lagret och delvolymen är cellstorleken tillräckligt fin för att kunna accepteras utan vidare analys.

Vid beräkningarna har den maximala effektutvecklingen använts. Det innebär att i brandförloppets tidiga skede kommer effektutvecklingen att ligga utanför de tidigare angivna gränserna och därmed ej ge tillförlitliga resultat.

I de ovanstående beräkningarna har cellstorlekens inverkan enbart utretts för den finaste meshen där branden är belägen. Cellstorleken påverkar även flödet genom luckorna. För att utreda detta har tre simuleringar genomförts med en enklare testgeometri där cellstorleken varierats mellan 12,5cm, 25cm och 50cm över luckan. Resultatet kan ses i figur b.1.



Figur B.1 visar massflödet genom en lucka beroende på cellstorleken. Simuleringarna är gjorda i ett enklare testcase.

Utifrån figuren syns det att flödet påverkas något av cellstorleken, det går därför ej att förutsätta nodkonvergens. På grund av de stora volymerna var det dock inte praktiskt genomförbart att simulera med finare cellstorlekar. Det är viktigt att beakta att flödet därför blir något överskattat då cellstorleken är grov.

B.2.2. Brandens dimensioner

I FDS måste branden ges rätt dimensioner i förhållande till dess effektutveckling. Om branden ges för stor area kommer flammen att brytas upp i mindre separata flammor och om arean är för liten fås istället en jetflamma. Vilket innebär att bränsleströmmens rörelsemängd styr snarare än den termiska stignakraften.

För att avgöra om dimensionen är rimlig beräknas den dimensionslösa effektutvecklingen enligt ekvation B.4 nedan. För naturliga rumsbränder bör \dot{Q}^* ligga mellan 0,3 och 2,5. (Back, et al., 2013)

$$\dot{Q}^* = \frac{\dot{Q}}{\rho_a c_p T_a \sqrt{g D D^2}} \quad \text{Ekvation B.4}$$

Där:

| | |
|-------------|---|
| \dot{Q}^* | Dimensionslösa effektutvecklingen [-] |
| \dot{Q} | Effektutveckling [kW] |
| ρ_a | Omgivningsluftens densitet [kg/m ³] |
| c_p | Specifik värmekapacitet [J/kgK] |
| T_a | Omgivningstemperaturen [K] |
| g | Tyngdaccelerationen [m/s ²] |
| D | Ekvivalent bränslediameter [m] |

I tabell b.2 sammanfattas beräkningarna för de bränder som använts vid simuleringarna.

Tabell B.2 visar resultatet för beräkningarna av den dimensionslösa effektutvecklingen.

| Simulering | \dot{Q} [kW] | D [m] | \dot{Q}^* [-] |
|-------------|----------------|-------|-----------------|
| Möbel_grund | 5 000 | 2,125 | 0,69 |
| Lager_grund | 17 000 | 3,0 | 0,99 |
| Del_grund | 17 000 | 3,0 | 0,99 |

Utifrån resultatet kan det konstateras att brandens dimensioner ligger inom de angivna gränserna och kan därför anses ge tillförlitliga resultat vid simuleringarna.

B.2.3. Effektutveckling

Effektutvecklingen spelar en avgörande roll för resultatet. Att den stämmer är därför mycket viktigt och måste kontrolleras. För att se hur väl den simulerade effektutvecklingen stämmer överens med den teoretiska hänvisas läsaren till figur 5.1 och figur 5.6 i denna bilaga.

B.2.4. Ventilationskontroll

Ytterligare en parameter som bör undersökas är om branden är ventilationskontrollerad eller ej. Detta eftersom FDS använder en förenklad förbränningsmodell som ej kan hantera ventilationskontrollerade bränder tillförlitligt.

För att undersöka huruvida bränderna är ventilationskontrollerade har brändernas uppmätta effektutveckling jämförts med den teoretiska, vilken angavs i indatafilen. I figur 5.1 och figur 5.6 kan det utläsas att effektutvecklingen ej påverkats, vilket indikerar att branden ej är ventilationskontrollerad. (Back, et al., 2013)

Brandförloppet har även studerats i *Smokeview* för att se om så kallade *Ghost flames*, flammor som brinner på slumpmässiga platser i lokalen, uppkommer. Inga sådana flammor syntes vilket även det indikerar att bränderna ej var ventilationskontrollerade.

B.3. Begränsningar i FDS

Som tidigare nämnt är cellstorleken avgörande för hur bra resultatet från en simulering blir. Den önskade upplösningen kan dock inte alltid uppnås då en halvering av cellstorleken resulterar i att simuleringstiden ökar med en faktor 16. Den tillgängliga datorkraften är därför en klar begränsning vid denna typ av arbete. (McGrattan, et al., 2015)

För att begränsa simuleringstiden kan beräkningsnätet delas in i flera mesher som sedan beräknas parallellt. Detta kan dock leda till felkällor då informationen ska överföras från en mesh till en annan vid meshgränsen. Detta problem ökar om mesherna även ges olika cellstorlekar. (McGrattan, et al., 2015)

Förbränningen sker genom en undermodell. Denna bygger på en enstegsreaktion där användaren definierar alla ingående parametrar på förhand. Detta är en mycket enkel modell som ej lämpar sig för material som är uppbyggda av flera olika ämnen. Modellen har även problem vid underventilerade förhållanden och är därför inte tillförlitlig då detta sker. (McGrattan, et al., 2015)

Simuleringar i FDS är uppbyggt med kartesiska koordinater. Detta begränsar användaren möjlighet att rita upp geometrin och medför oftast att antaganden måste göras för att få geometrierna att stämma överens med verkligheten.

För att avgöra vilka parametrar som är tillförlitliga har flera valideringsstudier gjorts. I tabell b.3 presenteras en sammanställning av flera olika valideringsstudier gjord av USA:s kärnkraftsmyndighet NUREG. (RES & EPRI, 2007a)

Tabell B.3 visar en sammanställning av flera olika valideringsstudier av FDS. (RES & EPRI, 2007a)

| Parameter | Parameters tillförlitlighet | |
|---|-----------------------------|----|
| Hot gas layer temperature ("upper layer temperature") | Room of Origin | OK |
| | Adjacent Room | OK |
| Hot gas layer height ("layer interface height") | OK | |
| Ceiling jet temperature ("target/gas temperature") | OK | |
| Plume temperature | Försiktighet | |
| Flame height | Försiktighet | |
| Oxygen concentration | OK | |
| Smoke concentration | Försiktighet* | |
| Room pressure | OK | |
| Target temperature | Försiktighet | |
| Radiant heat flux | Försiktighet | |
| Total heat flux | Försiktighet | |
| Wall temperature | Försiktighet | |

För mer information kring FDS begränsningar och olika parametrars tillförlitlighet hänvisas läsaren till FDS användarmanual. (McGrattan, et al., 2015)

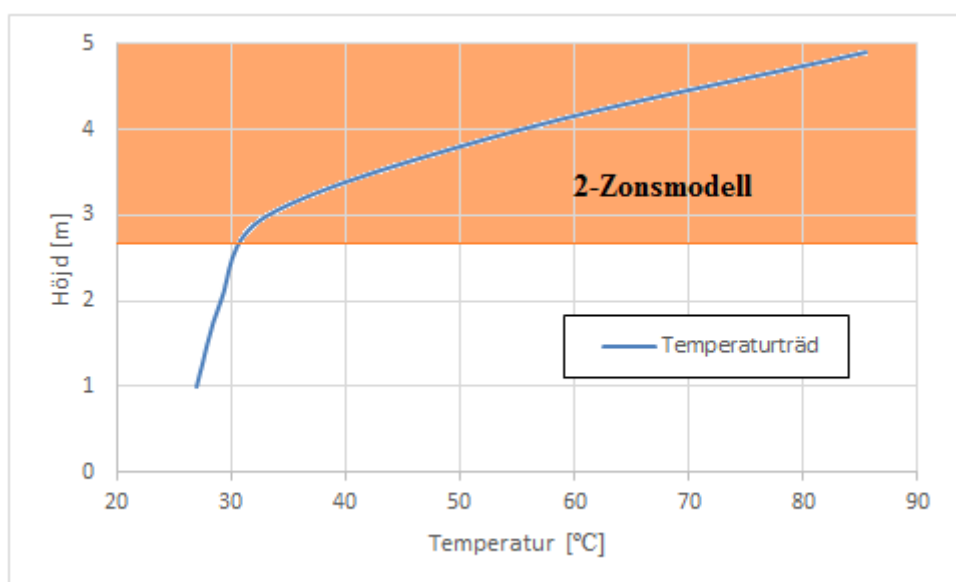
Bilaga C – Argos

I Argos bilagan presenteras

- Teori
- Uppbyggnad av möbelutställningen
- Validering mot FDS samt olika uppställningar i Argos
- Framtagandet av flätkapaciteten för grunduppställningen
- Framtagandet av den erforderliga flätkapaciteten vid den givna parametern
- Resultat som inte ska redovisas i rapporten.

C.1. Teori

Argos är en 2-zonsmodell som delar in den simulerade lokalen i en övre varm zon, brandgaslagret, och en undre kall zon. Att dela in ett brandrum i två zoner är en förenkling av verkligheten. Vad som dock kan observeras i figur c.1 sker ändå ett liknande fenomen men där skiktningen mellan varmt och kallt inte är lika skarp. Temperaturträdet visar hur temperaturen förändras från golv till tak där brandgaslagret ligger på cirka 3 meters höjd. Brandgaslagret har alltså inte en jämn temperatur i verkligheten utan det blir varmare vid taket men 2-zonsmodell har en jämn medeltemperatur i hela den varma zonen som utgör brandgaslagret.



Figur C.1. Temperaturträdet visar temperaturen från golvet till taket medan det orangea området visar hur en 2-zonsmodell delar upp den varma och den kalla zonen.

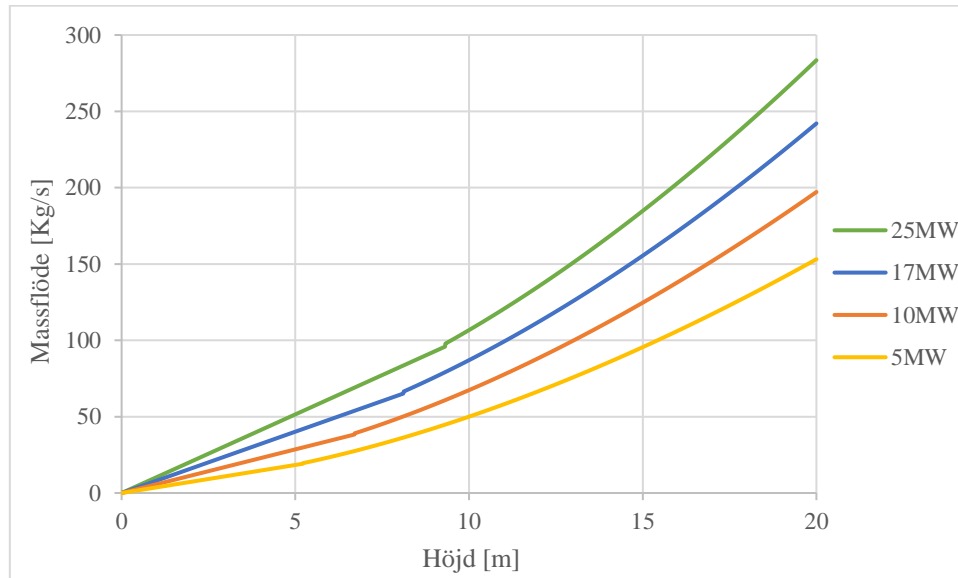
Beräkningarna som sker i Argos kan liknas med att genomföra handberäkningar, för till exempel brandgaslagrets höjd och temperatur, för varje enskilt tidssteg. Argos sätter in de beräknade värdena i en graf så att användaren kan se ett tidsberoende brandförlopp. (Husted & David, 2009)

För rökfyllnaden i ett rum använder Argos två plymmodeller framtagna av Heskestad^{IV} som antar att all rök som bildas åker upp till taket och bildar ett brandgaslager. Ifall ett brandgaslager redan bildats kommer röken stiga upp till brandgaslagret där den bidrar med ett massflöde.

^{IV} Argos har MacCaffreys och Heskestads plymmodell men vad som beskrivs här är endast Heskestads två plymmodeller framtagna för massflödet över och under flambhöjden.

(Husted & David, 2009) Plymmodellerna tar fram massflödet av brandgaser från branden över och under flammans höjd där stighöjd och brandeffekt har stor påverkan.

I figur c.2 framgår skillnaden i plymassflödet för de två plymodellerna för brandeffekter mellan 5MW och 25MW. (Karlsson & Quintiere, 2000)



Figur C.2 beskriver hur plymassflödet ökar beroende på brandeffekten och plymens stighöjd. Plymflödet är beräknat med Heskestads plymmodeller i Argos med en HRRPUA på 1889 kW/m².

I figur c.2 framgår det att plymassflödet under flamhöjden har en linjär ökning medan ovanför flammen sker en exponentiell ökning.

För massbevarandet av simuleringen använder Argos ekvation C.1 för att beräkna flödet in och ut ur lokalen.

$$\frac{dM}{dt} = \sum_{netto} \rho_a \frac{T_a}{T_j} v_j \quad \text{Ekvation C.1}$$

Där

| | |
|----------|--|
| M | Massa i brandgaslagret [Kg] |
| t | Tid [s] |
| ρ_a | Densitet för omgivningsluften [Kg/m ³] |
| T_j | Temperatur i gasen, kan var både in- och utflöde [K] |
| T_a | Temperatur i omgivningen [K] |
| v_j | Volymflöde in i brandgaslagret [m ³ /s] |

Antaganden som är gjorda för massbevarandet i Argos är (Husted & David, 2009)

- All varm eller kall gas som åker in i den varma zonen blandas med den varma zonen.
- Varma gaser som flödar in i den kalla zonen, plymen till brandgaslagret, stiger mot den varma zonen (eller taket) och samtidigt blandas kalla gaser in.

- Massflödet till brandgaslagret och genom öppningarna bestäms som om det hade kommit från en virtuell värmekälla^V.

För att skilja på den varma och den kalla zonen gör Argos antagandet att de varma brandgaserna måste ha en 10°C högre temperatur än den kalla zonen. Ifall brandgaserna transporteras långa sträckor i lokalen kan värmeöverföring till taket och utblandningen med kalluft orsaka att brandgaserna inte längre räknas till den varma zonen. (Husted & David, 2009)

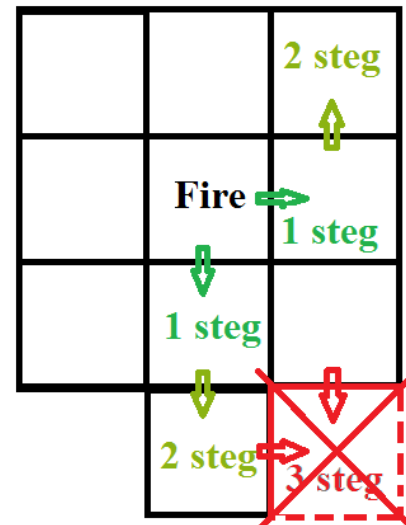
Värmeöverföringen mellan brandgaserna och lokalens tak samt väggar är därför av yttersta vikt för bildandet av ett brandgaslager samt brandgaslagrets temperatur (Husted & David, 2009). Argos använder sig av en 1 dimensionell värmetransport^{VI} för överföringen av energi från lokalen där det är möjligt att bygga upp egna material och sätta in i flera skikt. (Husted & Westerman, 2005)

Vid utformningen av en byggnad i Argos kan tio boxar definieras och bilda olika rum eller kopplas samman för att bilda en stor lokal. I varje enskild box utförs sedan beräkningar för till exempel brandgaslagrets höjd, temperatur och optiska densitet. (Deibjerg, et al., 2003) Argos har visat goda resultat i simuleringar med en golvarea på 780 m² i varje box. Där det dock är rekommenderat att inte överstiga två steg från boxen som innehåller branden, se figur c.3, då det kan ge försämrade resultat gentemot verkligheten. (Paulsen Husted, 2016)

Programmet är designat på ett sätt att de imaginära väggarna som har öppnats upp mellan de tio boxarna för att utforma en stor lokal fortfarande tas hänsyn till i värmetransportsberäkningen. Vilket innebär att värme kommer transporters in i väggar som inte existerar. (Paulsen Husted, 2016)

Något som framgår i figur c.3 är att stegen visar hur informationen skickas mellan boxarna och därav också hur brandgaserna transporteras i simuleringarna, röken rör sig alltså inte diagonalt mellan boxarna i Argos. (Paulsen Husted, 2016)

Även om Argos innehåller många förenklingar har programmet ändå validerats mot storskaliga experiment (Scherfig & Baden, 1992) samt andra simuleringprogram med goda resultat. (Husted & Westerman, 2005)



Figur C.3 förklarar vad 1,2 respektive 3 steg från brandboxen innebär. 3 steg är inte rekommenderat i Argos

^V En virtuell värmekälla är en brand som har korrelerats så att den passar beräkningarna. Detta för att ekvationen ska anpassas beroende på arean och effektutvecklingen på branden.

^{VI} FDS använder också en 1-dimensionell värmetransport. (McGrattan, et al., 2015)

C.2. Uppbyggnad av möbelutställningen i Argos

Nedan presenteras grundfallet av möbelutställningen i Argos med indata och antaganden.

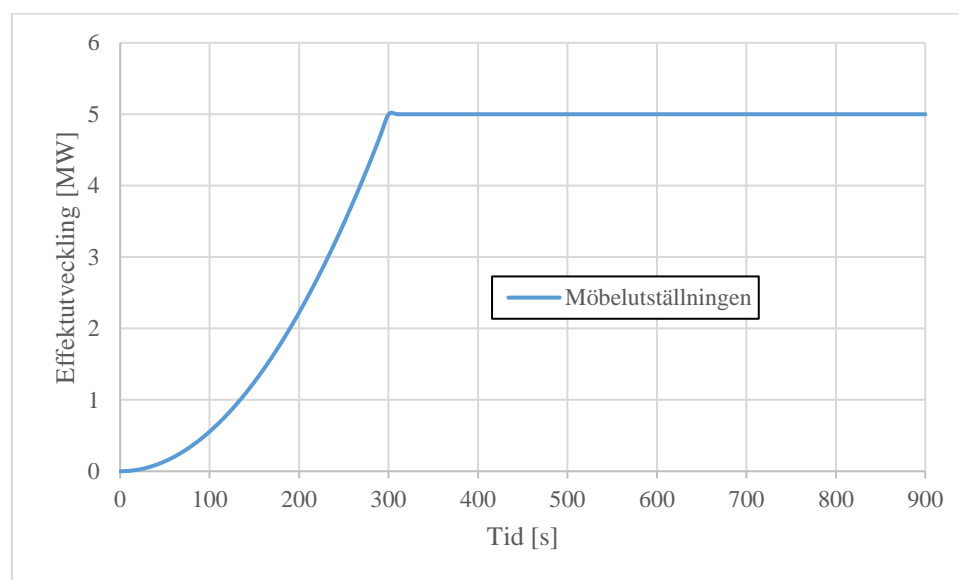
C.2.1. Effektutveckling

I tabell c.1 nedan presenteras brandeffekten, med ingående värden, som använts vid grundsimuleringen av möbelutställningen i Argos. Branden är baserad på den information som beskrivits tidigare i tabell 4.2.

Tabell C.1 beskriver de ingående värdena för branden i möbelutställningen.

| \dot{Q}_{max} [MW] | HRRPUA [kW/m ²] | Area [m ²] | Flamhöjd [m] | α -värde [kW/s ²] | Tid till \dot{Q}_{max} [s] | Optisk densitet [dB/m] |
|----------------------|-----------------------------|------------------------|--------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| 5 Grund | 1107 | 9 | 4,6 | 0,0556 | 300 | 100 |

Figur C.4 illustrerar ingångsvärdena från tabell c.1 plottade under brandförloppet vid simuleringarna i delvolymen.

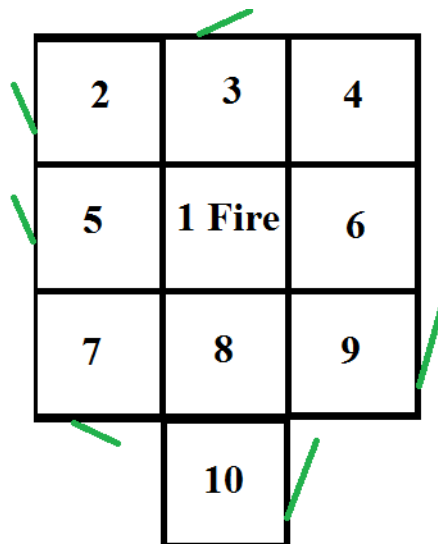


Figur C.4 illustrerar brandeffekten i möbelutställningen.

C.2.2. Geometri

För simuleringarna i Argos har geometrin förenklats till att volymen, golvarean och takhöjden i lokalen är den samma som i verkligheten men utformningen skiljer sig, se figur c.5. Detta för att få så jämn utspridd golvarea på boxarna så möjligt samt för att maximalt få 2 steg mellan brandboxen och boxen längst bort, se figur c.3 i bilaga C.1.

Uppbyggnaden av möbelutställningen är uppdelad i tio boxar som har kopplats samman så att de bildar en stor lokal.



Figur C.5 beskriver möbelutställningens uppbyggnad i Argos. De gröna strecken representerar placeringen av tilluftsöppningarna

Möbelutställningen har en golvarea på 8360m² men för att komma närmare programmets godkända dimensioner för vad som kan simuleras i en lokal har delvolymen delats upp tio lika stora boxar som kopplats samman så de bildar en stor lokal, se tabell c.2.

Tabell C.2 Beskriver area, höjd och en sidas längd för en av de tio boxarna för möbelutställningen.

| | |
|------------------------|------|
| Area [m ²] | 836 |
| Höjd [m] | 5 |
| En sidas längd [m] | 28,9 |

I tabell c.2 framgår det dock att möbelutställningen har större boxar än vad programmet är validerat för då golvarean skulle förbli den samma som för verkligheten.

I tabell c.3 nedan framgår till- och frånlufts öppningarnas placering samt dess utformning i möbelutställningen.

Tabell C.3 Beskriver till- och frånlufts öppningarna för simuleringarna i möbelutställningen i Argos

| | Box 1 Fire | Box 2 | Box 3 | Box 4 | Box 5 | Box 6 | Box 7 | Box 8 | Box 9 | Box 10 | Total [m ²] |
|-----------------------------------|---------------|-----------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-----------|-------------------------|
| Tilluftsöppningar höjd*bredd [m] | - | 2* 2,5 | 2* 2,5 | - | 2* 2,5 | - | 2* 2,5 | - | 2* 5,5 | 2* 5,5 | 42 |
| Frånluft luckor [m ²] | - | 4,67 | 4,67 | 4,67 | 4,67 | 4,67 | 4,67 | 4,67 | 4,67 | 4,67 | 42 |

I tabell c.3 framgår det att brandboxen inte innehåller någon brandgasventilation. Anledningen till detta är att brandboxen får en för hög temperatur vilket då hade inneburit att brandgasventileringen med luckor hade haft en högre kapacitet och ventilerat ut ”förmycket” brandgaser i brandboxen.

C.2.3. Förenklningar och antaganden av möbelutställningen

Nedan sammanfattas de förenklningar och antaganden som gjorts vid simuleringarna i Argos.

Geometrins uppbyggnad av möbelutställningen i Argos har försökt efterlikna den verkliga uppbyggnaden av IKEA varuhuset i Malmö men där förenklningar har varit nödvändiga.

- För simuleringar i Argos har geometrin förenklats till att volymen, golvarean och takhöjden i lokalen är den samma som i verkligheten men utformningen skiljer sig. Detta för att få så jämn utspridd golvarea på boxarna som möjligt.
- Boxarna har placerats så att det endast är två steg mellan brandboxen och boxen längst bort, se figur c.3.
- Uppbyggnaden av möbelutställningen utgörs av tio boxar som har kopplats samman så att de tillsammans bildar lokalen som används i simuleringarna.
- I möbelutställningen har ett C_d värde på 0,4 antagits för luckorna enligt standardvärdet i Argos.

För en utförligare beskrivning av programmets begränsningar hänvisas läsaren till bilaga C.1.

- För delvolymens antaganden se avsnitt 5.4.3.

C.3. Validering och verifiering

Valideringen av 2-zonsmodellen Argos har gjorts genom en jämförelse med FDS grundsimuleringar för en delvolym av lagret samt möbelutställningen. Detta för att förtydliga vilka skillnader som kan ses mellan programmen och vad som kan skilja ifall simuleringarna i Argos hade genomförts i FDS.

Valideringen har endast jämförts mot simuleringarna med luckor då inga simuleringar med fläktar har genomförts i FDS.

I valideringen har temperaturen och brandgaslagrets höjd jämförts då det är dessa som har en stor inverkan på brandgasventileringen. För att resultaten ska bli jämförbara så har boxarna i Argos jämförts med mätinstrument i FDS beroende på avstånd från branden. Där A är närmast branden, B är ett steg bort från branden och C är två steg bort från branden.

En jämförelse för delvolymen med en uppbyggnad av en respektive nio boxar har även genomförts för att verifiera uppbyggnaden i Argos.

I jämförelserna av delvolymen och möbelutställningen nedan presenteras en sammanställning för Argos validering i början för att sedan presentera jämförelsen mellan programmen.

C.3.1. Sammanställning av validering

Nedan presenteras en sammanställning av valideringens resultat.

Tabell C.4 redovisar en sammanställning av resultaten från valideringen av Argos gentemot FDS simuleringarna för delvolymen och möbelutställningen. Punktvärdena är tagna i slutet av simuleringen.

Tabell C.4 sammanställer resultatet vid slutet av simuleringarna i FDS och Argos.

| Simulering | Temperatur [°C] | Brandgaslagrets höjd [m] |
|--------------------------|---------------------|--------------------------|
| FDS delvolym | A=165, B=155, C=158 | 2 |
| Argos delvolym 1 box | A=180 | 3,5 |
| Argos delvolym 9 boxar | A=170, B=140, C=130 | 2 |
| FDS möbelutställningen | A=60, B=47, C=40 | 2,4 |
| Argos möbelutställningen | A=142, B=62, C=37 | 4,5 |

Slutsats delvolymen

I samråd med en av utvecklarna av Argos har delvolymen uppnått tillräckligt goda resultat i valideringen och kan användas till analys av parametrarna takhöjd och brandeffekt. (Paulsen Husted, 2016) För parameteranalys kommer medelvärdet av avstånd A, B och C användas utav två anledningar.

1. Valideringen mot FDS har gett goda resultat mot medelvärdet vilket illustreras i figur c.7 och figur c.10.
2. Verifieringen med nio boxar liknar FDS simuleringen mer än med en box, se figur c.19, figur c.20, figur c.7 samt figur c.10.

Slutsats möbelutställningen

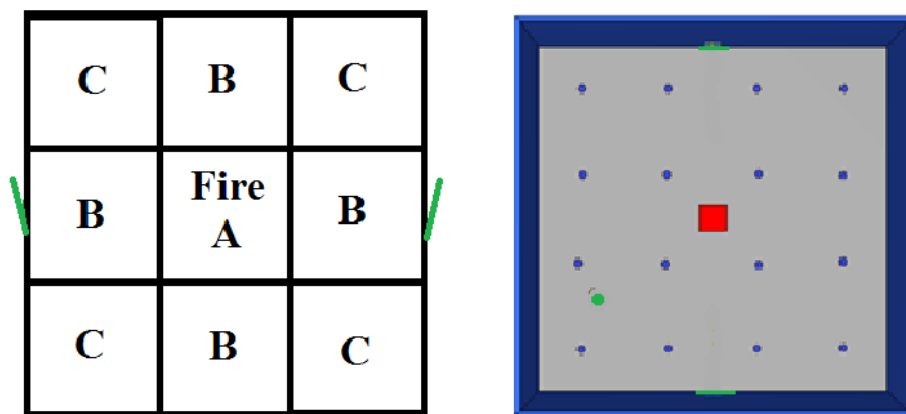
I samråd med en av utvecklarna av Argos har ett beslut tagits om att resultaten för möbelutställningen inte valideras och kan därför inte användas till vidare analys av parametrarna. (Paulsen Husted, 2016)

C.3.2. Delvolymen

Nedan presenteras jämförelsen mellan simuleringarna i FDS och Argos för delvolymen av lagret. Programmen har jämförts för 600 sekunders simulering då detta var tiden som simulerades i FDS för delvolymen.

Geometri

Nedanför presenteras geometrierna som använts till simuleringarna där både Argos och FDS har en golvarea på 1 600 m² och en öppningsarea för till- och frånluft på 8m² med luckor. I figurerna framgår placeringen av mätpunkterna A, B och C där jämförelsen genomförs.



Figur C.6 beskriver uppbyggnaden av delvolymen i Argos och FDS. Där A, B och C representerar avståndet från brandboxen. De blå markeringarna i FDS delvolym symboliserar placeringen av layer devices och den gröna markeringen placeringen av temperaturträdet.

Temperatur

Nedan presenteras temperaturen för jämförelsen mellan Argos och FDS.

Medeltemperaturen samt temperaturen beroende på avstånd jämförs mellan Argos och FDS simuleringarna för att ta fram vilket redovisnings sätt som är lämpligast att presentera resultaten för vidare simuleringar i.

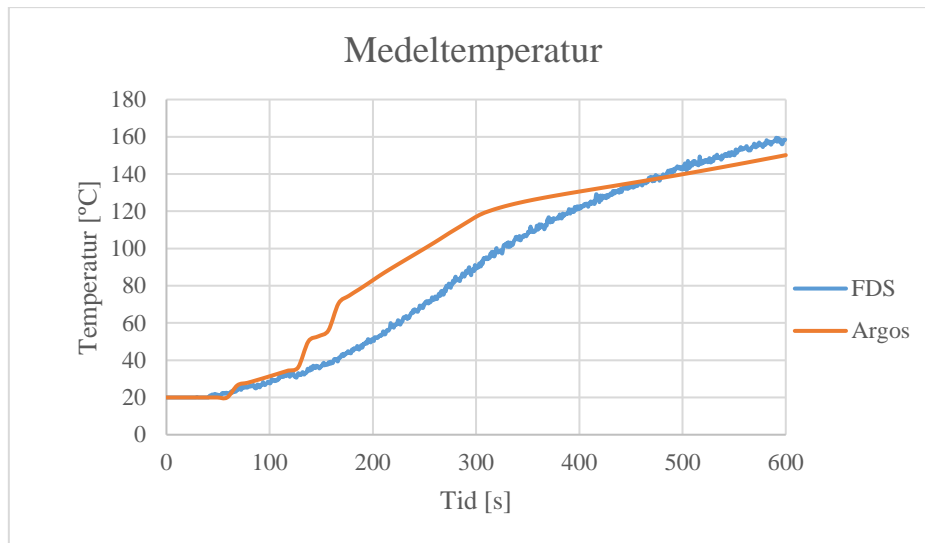
I tabell c.5 redovisas sluttemperaturerna för FDS och Argos vid 600 sekunders simulering medan figurerna nedan illustrerar förloppet över tiden.

Tabell C.5 beskriver hur temperaturen förändras i FDS och Argos beroende på avståndet från branden. Tabellen visar temperaturen vid 600 sekunders simulering.

| | Avstånd | | | |
|-------|------------|--------|--------|--------|
| | Medel [°C] | A [°C] | B [°C] | C [°C] |
| FDS | 159 | 165 | 155 | 158 |
| Argos | 150 | 177 | 143 | 130 |

I tabell c.5 framgår det att Argos har ett varmare brandgaslager närmast branden som sedan faller för varje steg bort medan FDS håller en jämnare temperatur för de olika avstånden. Då FDS håller en jämn temperatur kommer endast medeltemperaturen för samtliga layer devices plottas i figurerna nedan under jämförelsen i delvolymen.

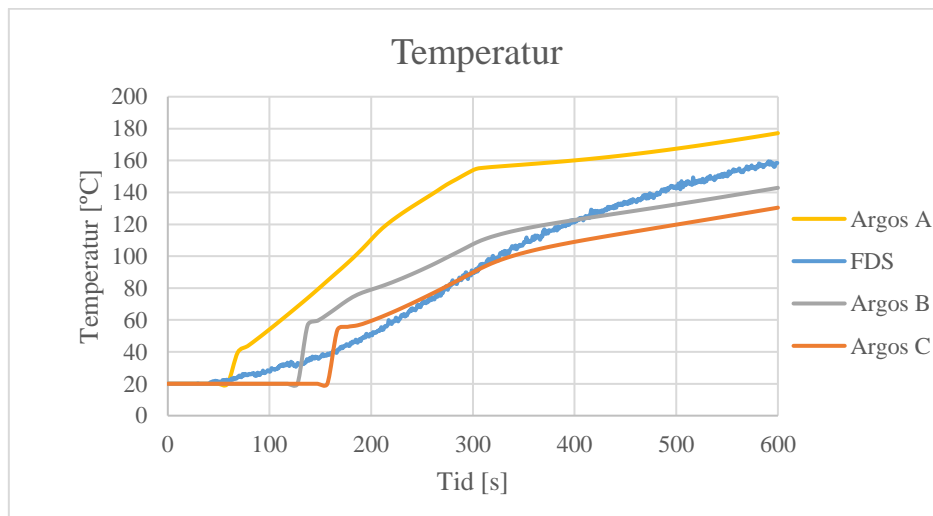
I figur c.7 illustrerar medeltemperaturen för samtliga avstånd i Argos och FDS-simuleringarna.



Figur C.7 redovisar medeltemperaturen för simuleringar i Argos och FDS för delvolymen.

Medeltemperaturen i figur c.7 överensstämmer bra mellan simuleringarna i FDS och Argos.

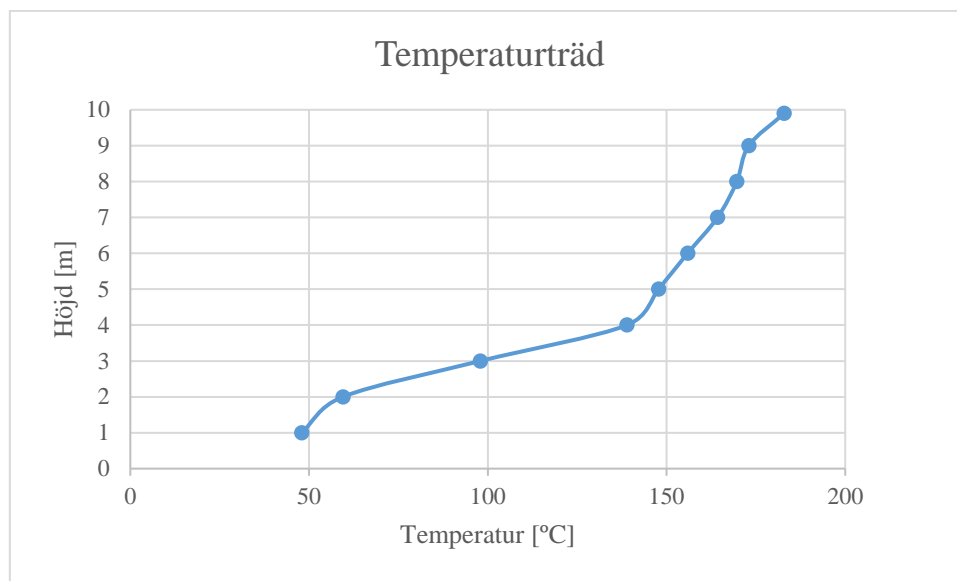
I figur c.8 illustreras en jämförelse mellan FDS medelvärde och de olika avstånden A, B och C i Argos-simuleringarna.



Figur C.8 beskriver hur temperaturen skiljer sig mellan en medeltemperatur i FDS och temperaturen för Argos beroende på avståndet A, B och C.

I figur c.8 framgår det att temperaturen i Argos ligger över FDS medeltemperatur på avstånd A men under på avståndet B och C.

Figur C.9 illustrerar hur brandgaslagrets temperatur ökar från golvet till taket för FDS simuleringen i delvolymen.

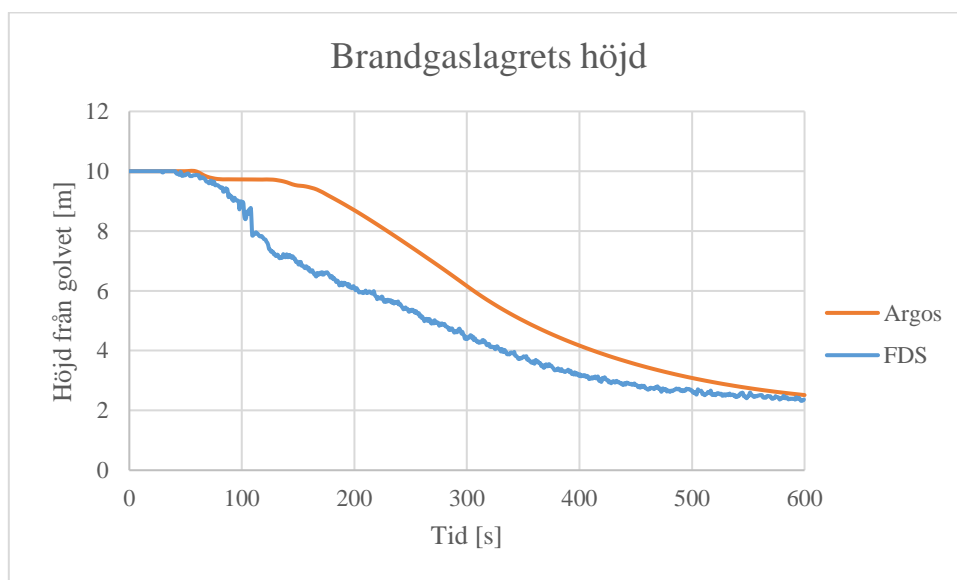


Figur C.9 beskriver hur temperaturen ökar från golvet till taket i FDS simuleringen av delvolymen med ett temperaturträd mellan 550-600 sekunders simulering.

Temperaturträdet som beskrivs i figur c.9 framgår det att temperaturen ökar från golvet till taket och att värdet närmast taket har en temperatur på 183°C trots att trädet har ett avstånd som motsvarar mätningarna på avstånd B, se figur c.6.

Brandgaslagrets höjd

I figur c.10 nedan redovisas brandgaslagrets höjd i en jämförelse mellan FDS och Argos som ett medelvärde då skillnad för brandgaslagrets höjd för avstånden A, B och C endast var några centimeter.



Figur C.10 beskriver brandgaslagrets höjd från simuleringarna i FDS och Argos.

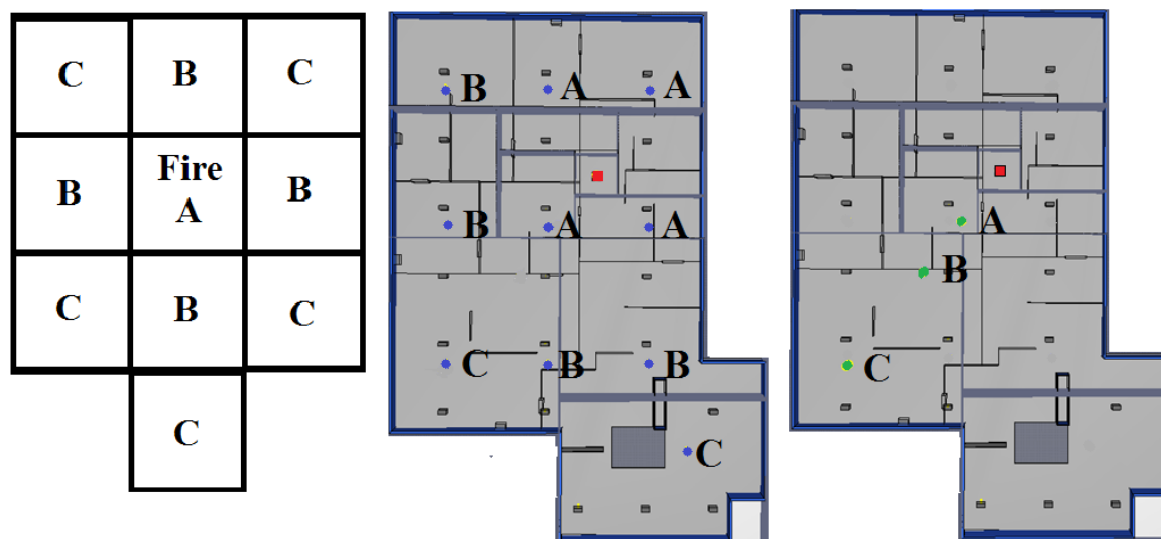
För delvolymen sjunker brandgaslagrets höjd för FDS och Argos väldigt likt vilket är en god indikation för en vidare analys.

C.3.3. Möbelutställningen

Nedan presenteras jämförelsen mellan simuleringarna i FDS och Argos för Möbelutställningen. Programmen har jämförts för 900 sekunders simulering då detta var tiden som simulerades i FDS för delvolymen.

Geometri

I figur c.11 nedan presenteras Möbelutställningens uppbyggnad i Argos och FDS där skillnader mellan programmen tydliggörs. I figurerna framgår placeringen av mätpunkterna A, B och C där jämförelsen har gjorts.



Figur C.11 beskriver uppbyggnaden av Möbelutställningen i Argos och FDS. Där A, B och C representerar avståndet från brandboxen. De blå markeringarna i FDS uppbyggnad symboliserar placeringen av layer devices och de gröna placeringen av temperaturträden.

Temperatur

Nedan presenteras figurer som påvisar temperaturskillnaderna i brandgaslagret mellan Argos och FDS för Möbelutställningen.

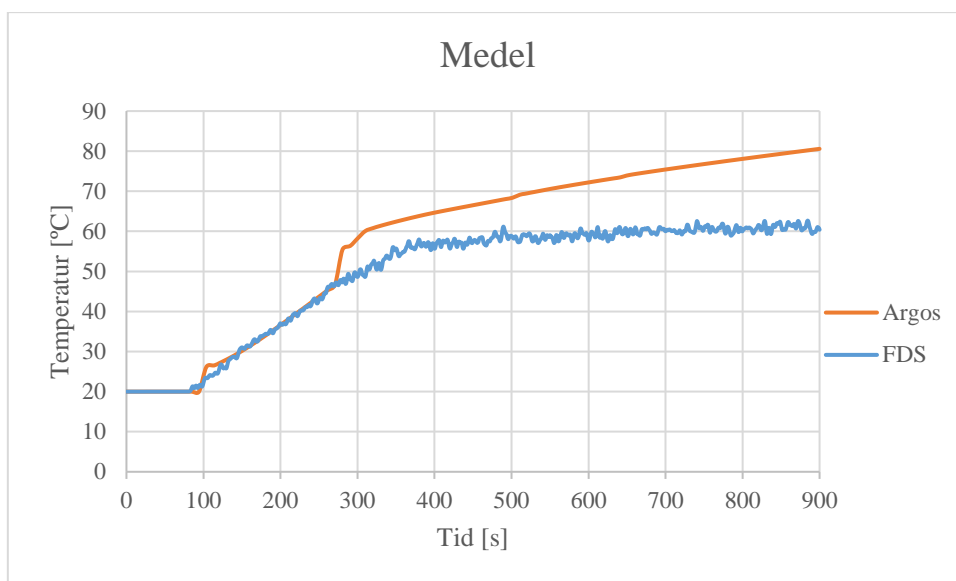
I tabell c.6 redovisas slutvärdena vid 900 sekunders simulering i Möbelutställningen på avstånden A, B och C medan figurerna nedan plottar förloppet över tiden.

Tabell C.6 beskriver hur temperaturen förändras i FDS och Argos beroende på avståndet från branden.

| Simuleringsprogram | Avstånd | | | |
|--------------------|------------|--------|--------|--------|
| | Medel [°C] | A [°C] | B [°C] | C [°C] |
| FDS | 60 | 60 | 47 | 40 |
| Argos | 80 | 142 | 62 | 37 |

I tabell c.6 som beskriver sluttemperaturerna för simuleringarna framgår det att Argos har ett varmare brandgaslager närmast branden som sedan faller för varje steg bort medan FDS håller en jämnare temperatur för de olika avstånden.

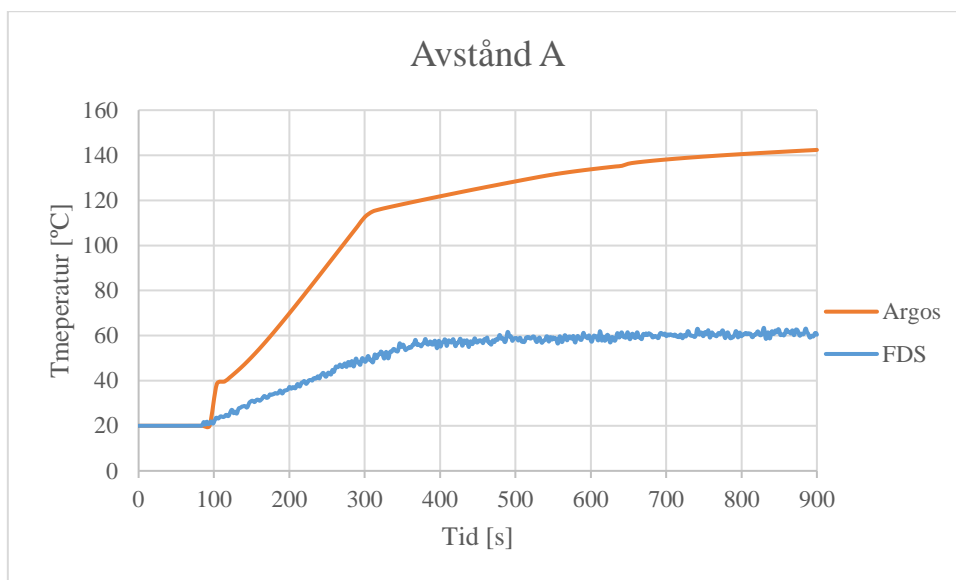
Figur C.12 illustrerar medelvärdet av temperaturen FDS och Argos för avstånden A, B och C.



Figur C.12 beskriver medeltemperaturen för avstånden A, B och C för Argos och FDS.

Medeltemperaturen mellan FDS och Argos följer varandra relativt bra fram till lite innan 300 sekunder där Argos temperatur fortsätter att öka medan FDS planar ut. Differensen mellan dem ökar från 2°C vid 280 sekunder till 20°C vid 900 sekunders simulering.

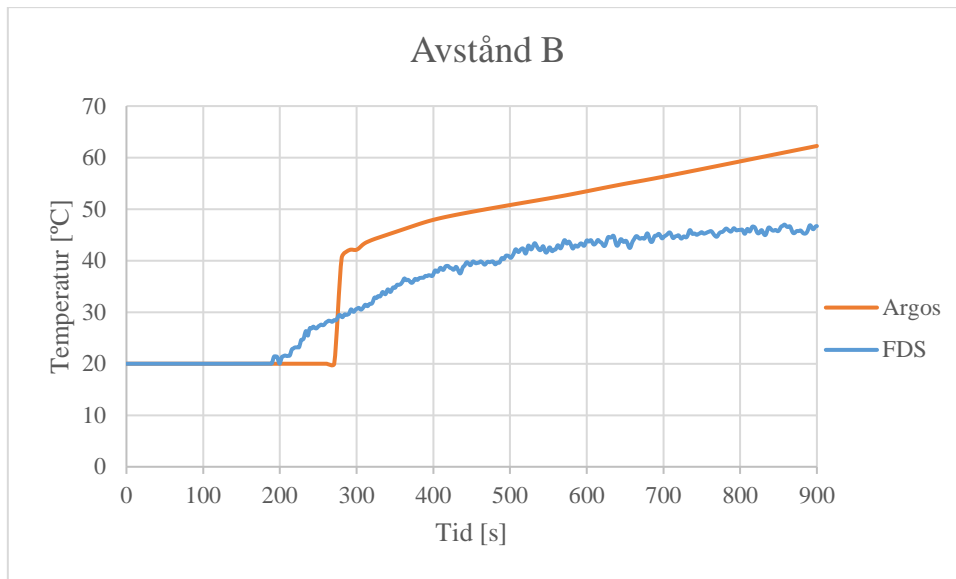
Figur C.13 illustrerar temperaturskillnaderna mellan FDS och Argos för avstånd A från branden.



Figur C.13 beskriver temperaturskillnaden för avstånd A mellan Argos och FDS.

På avstånd A från branden framgår det att temperaturerna mellan simuleringarna har en stor differens som slutar på 80°C vid 900 sekunders simulering. Då temperaturskillnaderna är stora så har ingen brandgasventilation placerats i brandboxen.

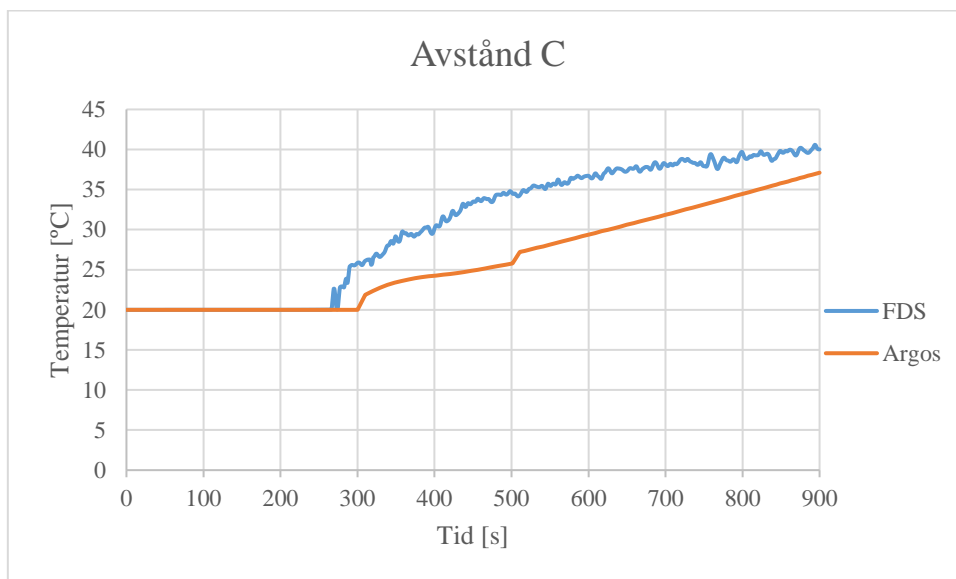
I figur c.14 illustreras temperaturerna för avstånd B.



Figur C.14 beskriver temperaturskillnaden för avstånd B mellan Argos och FDS.

Avstånd B har endast en differens på 15°C i temperatur och därför har det ansetts rimligt att luckor placerats i boxarna med avstånd B.

Figur C.15 illustrerar temperaturskillnaderna mellan FDS och Argos för avstånd C från branden.

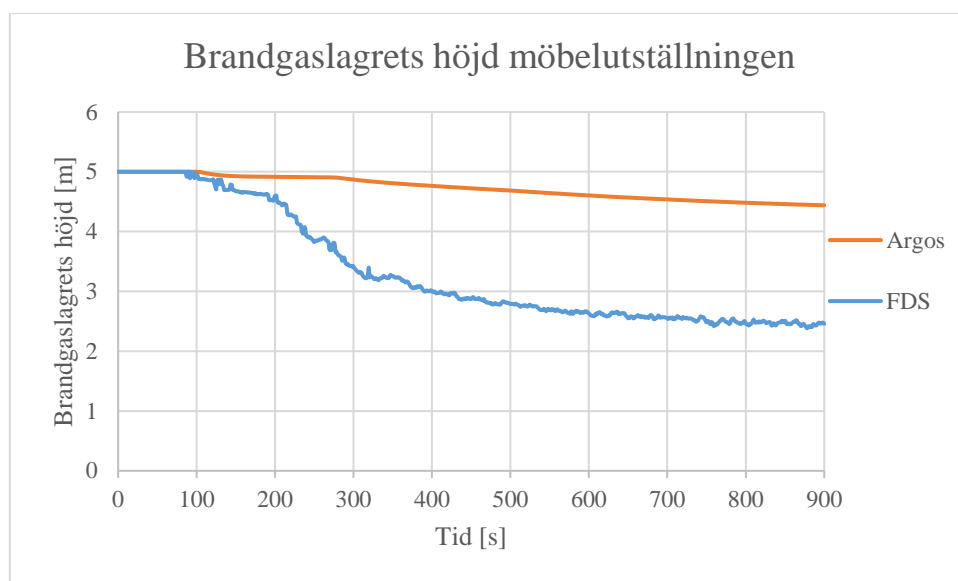


Figur C.15 beskriver temperaturskillnaden för avstånd C mellan Argos och FDS

För avstånd C har FDS en 3°C högre temperatur än Argos och därför har det ansetts rimligt att luckor placerats i boxarna med avstånd C.

Brandgaslagrets höjd

I figur c.16 illustreras rökfyllnaden i möbelutställningen som ett medelvärde av avstånd A, B och C då skillnaderna som uppträdde mellan avstånden var små för respektive simulering.



Figur C.16 redogör brandgaslagrets höjd för möbelutställningen i simuleringar med Argos och FDS.

Något som framgår av figur c.16 är att Argos inte rökfyller lokalen likt FDS med de givna ingångsvärdena. Försök har gjorts för att undersöka vad som krävdes för att få en liknande rökfyllnad som FDS vilket var ett $C_d=0,1$ och det anses inte vara ett rimligt värde att använda.

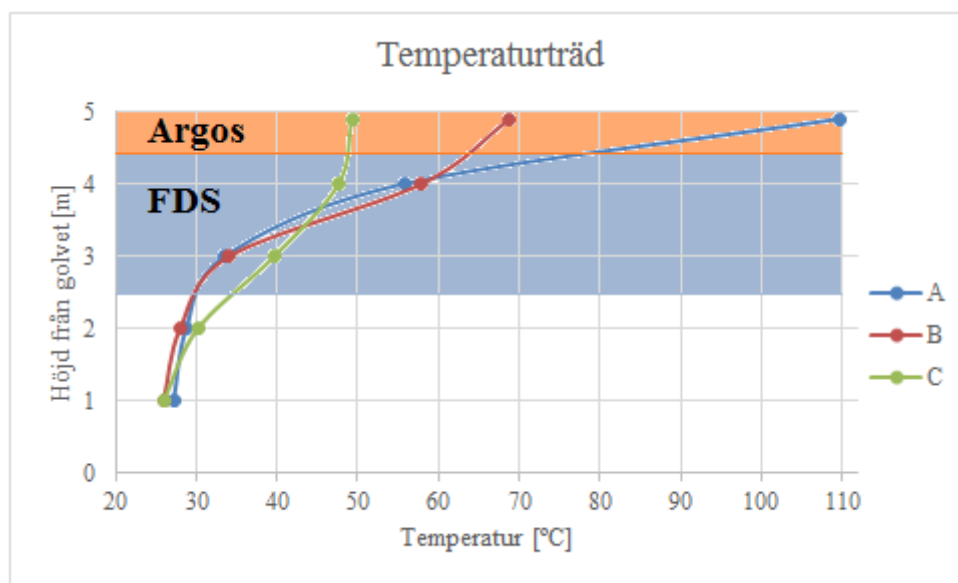
Förklaring till skillnaden i brandgaslagrets temperatur

Något som framgår i figurerna för temperatur och brandgaslagrets höjd är att de skiljer sig mellan FDS och Argos simuleringarna.

I FDS simuleringarna av möbelutställningen har *layer devices* för brandgaslagrets temperatur och höjd samt temperaturträd med ett visst avstånd från branden använts vilket framgår i figur c.11. En *layer device* mäter brandgaslagrets temperatur och höjd för att sedan korrelera dem mot varandra så att en 2-zonsmodell bildas. Dock när brandgaslagret blir tjockare kommer den undre delen av brandgaslagret vara svalare än det som är nära taket, se figur c.17. Det gör att medelvärdet för brandgaslagrets temperatur blir lägre än ifall det hade varit ett tunnare brandgaslager. Detta kan vara en förklaring till varför Argos överskattar temperaturen i brandgaslagret i möbelutställningen då Argos har ett tunnare brandgaslager än FDS.

Temperaturträden i FDS stärker påståendet att skillnaderna i brandgaslagrets temperatur mellan simuleringssprogrammen beror på brandgaslagrets höjd.

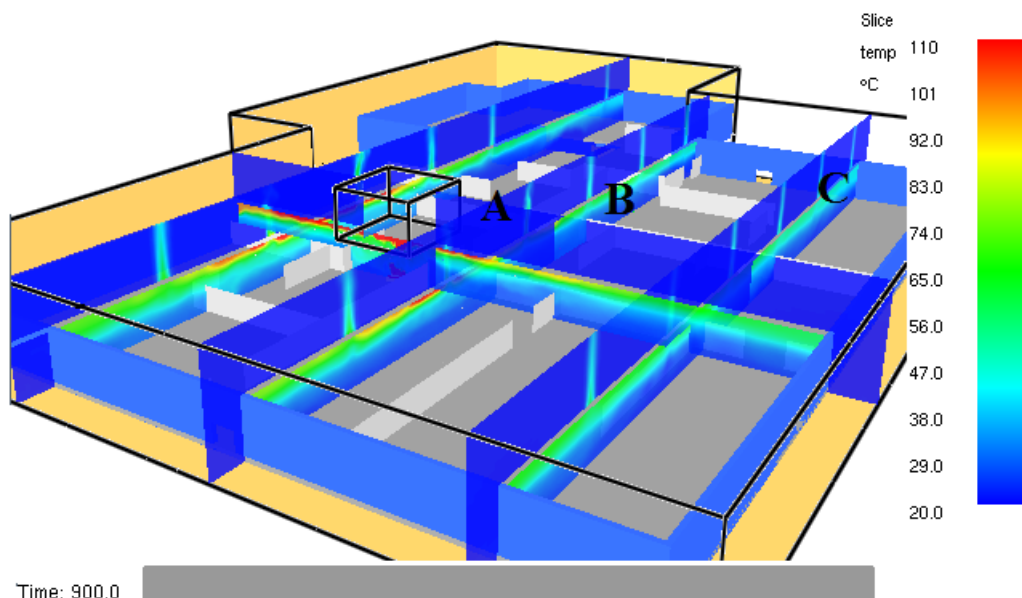
Figur C.17 illustrerar hur temperaturen ökar från golvet till taket med temperaturträden på de olika avstånden samt vilka höjder på brandgaslagret respektive simulering gav upphov till.



Figur C.17 beskriver temperaturen från golvet till taket i FDS simuleringen för möbelutställningen vid 800-900 sekunders simulering. Det orangea fältet visar brandgaslagrets höjd i Argos och det blå fältet för FDS från figur c.16.

Medelvärdet för de 3 övre punkterna som Argos brandgaslager skulle täcka in i figur c.17 ligger på 77°C medan medelvärdet av de 9 punkterna som FDS brandgaslager innefattar ligger på 55°C. Skulle detta jämföras med medeltemperaturen i tabell c.6 så uppnås ungefär samma differens mellan simuleringarna.

En momentan bild hur temperaturen fördelar sig från golv till tak i möbelutställningen från FDS illustreras i figur c.18.



Figur C.18 visar slicefiles för temperaturen i möbelutställningen efter 900 sekunders simulering i FDS. A, B och C representerar placeringen av temperaturträden från den givna vinkeln.

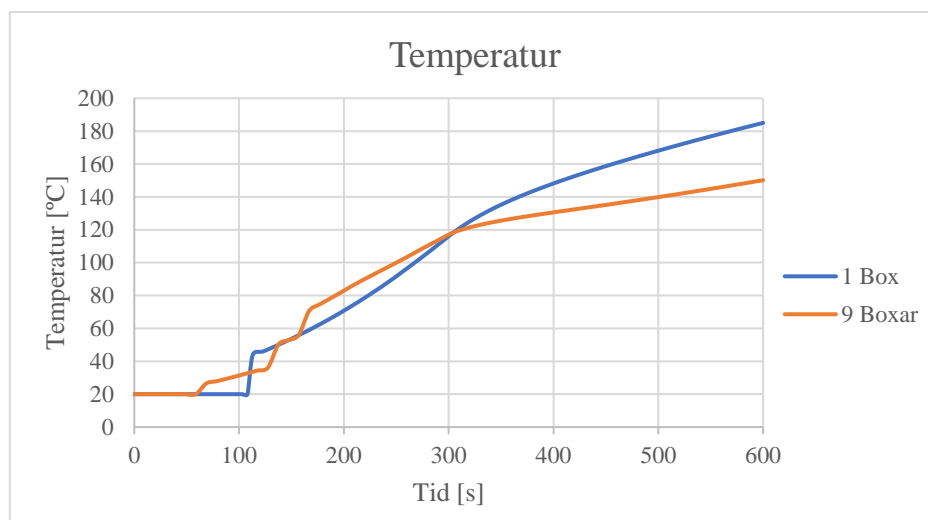
Det framgår i figur c.18 att temperaturen är varmast vid taket och blir gradvis kallare längre ner i brandgaslagret.

C.3.4. En box mot nio boxar i Argos för delvolymen

Nedan presenteras en jämförelse mellan två Argos-simuleringar där en respektive nio boxar har använts i delvolymen. Simuleringarna med nio boxar presenteras nedan som ett medelvärde.

Temperatur

I figur c.19 nedan illustreras temperaturen i delvolymen för de olika uppdelningarna.

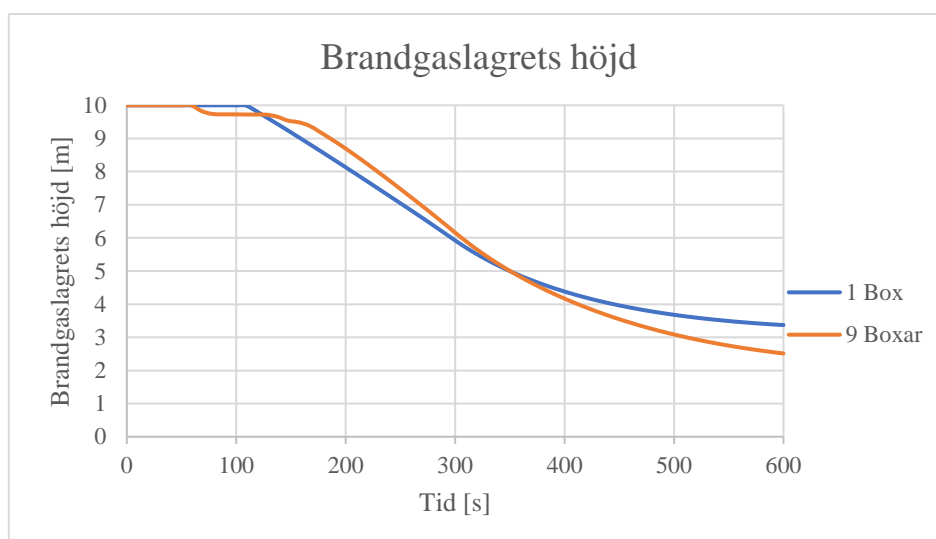


Figur C.19 Beskriver hur temperaturen för en box respektive nio boxar skiljer sig vid simuleringarna med Argos.

I figur c.19 framgår det att temperaturerna följer varandra i hälften av simuleringstiden men där differensen sedan ökar till 35°C vid slutet av simuleringarna. Då temperaturerna mellan simuleringarna skiljde sig valdes uppdelningen med 9 boxar för den vidare analysen då den uppdelningen ligger närmare temperaturerna i FDS som delvolymen validerats mot, se figur c.7.

Brandgaslagrets höjd

I figur c.20 nedan illustreras brandgaslagrets höjd i delvolymen för de olika uppdelningarna.



Figur C.20 Beskriver hur brandgaslagrets höjd för 1 box respektive 9 boxar skiljer sig vid simuleringarna med Argos.

I figur c.20 framgår det att Argos-simuleringarna med en box ger ett högre brandgaslager i slutet av simuleringen vilket är naturligt då det är en högre temperatur i delvolymen ifall en box användes, se figur c.19.

Med de givna resultaten mellan de olika uppdelningarna kan uppbyggnaden av delvolymen verifieras och användas till den vidare analysen.

C.4. Flätkapacitet i delvolymen

Nedan följer en jämförelse mellan Argos-simuleringar med fläktar och luckor för delvolymen. Flätkapaciteten har beräknats fram från simuleringar med luckor för att efterlikna analyskriterierna i brandgaslagrets höjd, temperatur och optiska densitet. I jämförelsen framgår det att fläktar och luckor skiljer under brandförloppet men intar samma värde för temperatur och brandgaslagrets höjd vid slutet av simuleringarna.

I delvolymen har fyra luckor eller fläktar använts vid simuleringarna. Placering av till- och frånluft återges i avsnitt 6.1.2.

C.4.1. Flätkapacitet beroende på tid

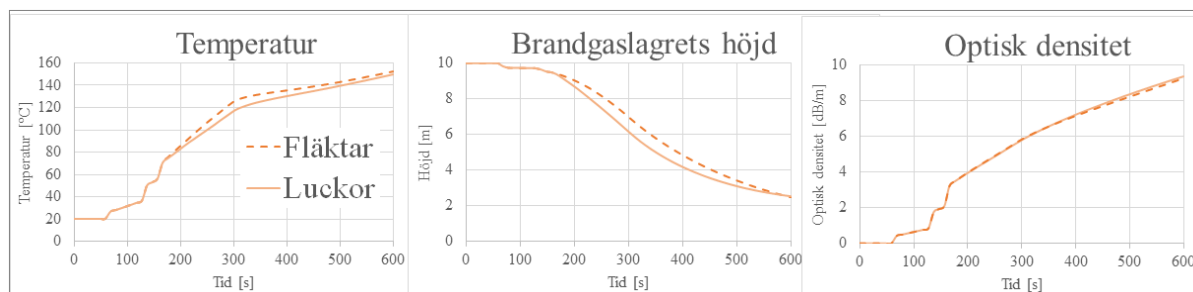
Nedan presenteras den erforderliga flätkapaciteten som behövs för att efterlikna luckorna i grunduppställningen för 600 och 1800 sekunder simulerat brandförlopp. Flätkapaciteten för 1800 sekunders simulering har använts för den vidare analysen när parametrarna takhöjd och brandeffekt jämförs mellan luckor och fläktar i resultatet.

Tabell C.7 redovisar resultatet av den erforderliga flätkapaciteten för 600 respektive 1800 sekunders simulering.

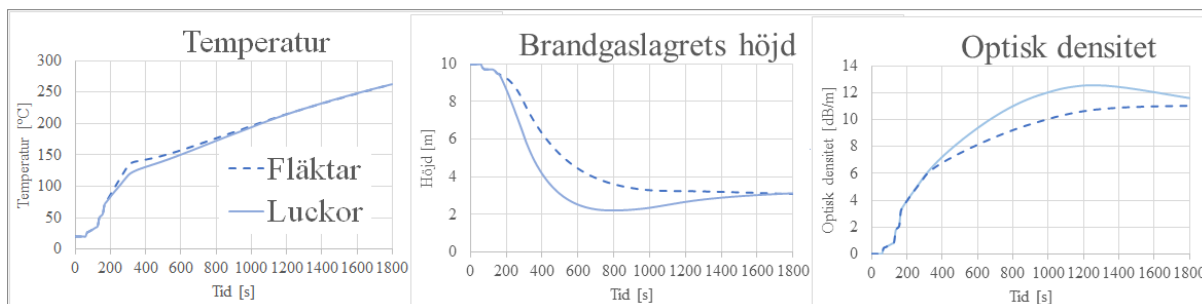
Tabell C.7 redogör resultatet av den erforderliga flätkapaciteten som behövs beroende på tid.

| Simuleringstid [s] | 600 | 1800 |
|---|------|------|
| Erforderlig flätkapacitet per fläkt [m^3/s] | 6,4 | 10,2 |
| Total erforderlig flätkapacitet [m^3/s] | 25,6 | 40,8 |

Flätkapaciteten varierar beroende på hur långt brandförlopp som ska simuleras när fläktar ska likställas med luckorna. Figur C.21 och figur c.22 redovisar hur brandgaslagrets temperatur, höjd och optiska densitet skiljer sig under delar av brandförloppet men likställts vid slutet av simuleringen.



Figur C.21 illustrerar skillnaden mellan luckor och fläktar under 600 sekunder simulering för en flätkapacitet på $25.6\text{m}^3/\text{s}$.



Figur C.22 illustrerar skillnaden mellan luckor och fläktar under 1800 sekunder simulering för en fläktkapacitet på $40,8\text{m}^3/\text{s}$.

I figur c.21 och figur c.22 framgår det att fläktar och luckor för simuleringar i Argos skiljer sig under förloppet men intar samma värden för analyskriterierna vid slutet. Differensen mellan brandgaslagrets temperatur, höjd och optiska densitet för luckor och fläktar skiljer sig mellan de olika simuleringstiderna. Där det framgår att en längre simulering ger större differenser fram till slutvärdet.

En anledning till att fläktkapaciteten behöver ökas för att likställas med luckorna är att temperaturen aldrig intar stationära förhållanden i Argos-simuleringarna. Detta leder till att luckorna blir effektivare i och med att temperaturen ökar. Fläktarna måste samtidigt kompensera för den minskade densiteten i brandgaslagret då de endast tar ut ett fast volymflöde.

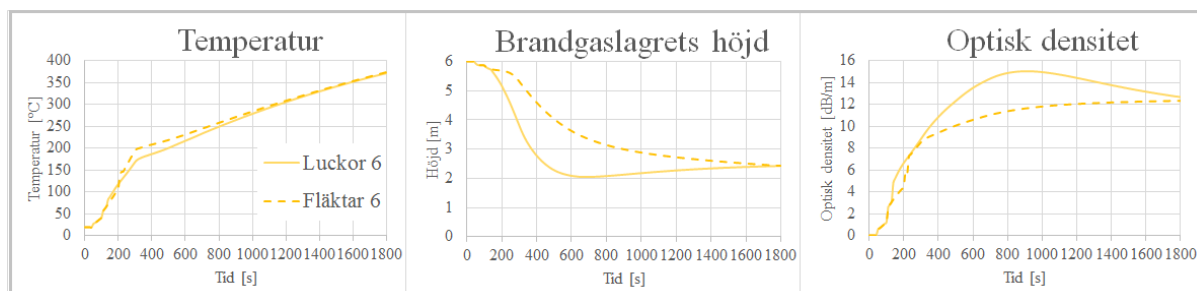
C.4.2. Fläktkapacitet beroende på takhöjd

Nedan presenteras framtagandet av den erforderliga fläktkapaciteten för de varierade takhöjderna samt hur luckor och fläktar skiljer sig under brandförloppet. Fläktkapaciteten för grunduppställningen presenterades i figur c.22 ovan vid analys av tidens inverkan. I tabell c.8 redovisas resultatet av den erforderliga fläktkapaciteten för 6 respektive 14 meters takhöjd.

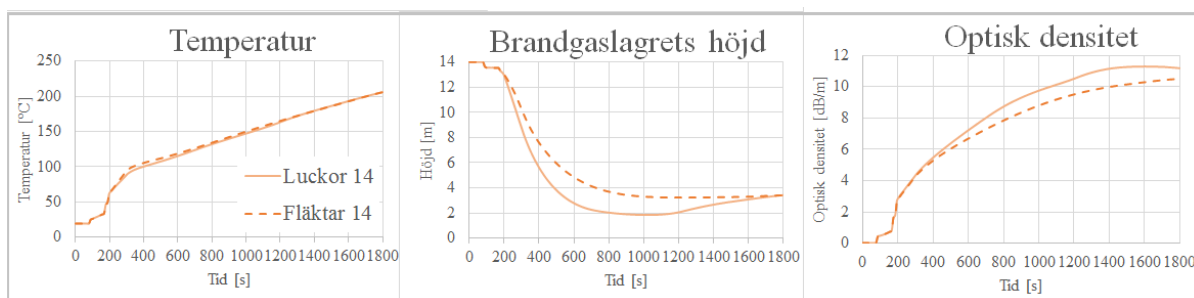
Tabell C.8 redogör för den erforderliga fläktkapaciteten vid 6 respektive 14 meter i takhöjd.

| Takhöjd [m] | 6 | 14 |
|--|------|------|
| Erforderlig fläktkapacitet per fläkt [m^3/s] | 8,9 | 10,9 |
| Total erforderlig fläktkapacitet [m^3/s] | 35,6 | 43,6 |

I tabell c.8 framgår det att den erforderliga fläktkapaciteten måste öka när takhöjden blir högre i lokalen. Figur C.23 och figur c.24 illustrerar skillnader under brandförloppet vid likställandet av luckor och fläktar vid slutet av simuleringen.



Figur C.23 illustrerar hur luckor och fläktar skiljer sig under brandförloppet för takhöjden 6m.



Figur C.24 illustrerar hur luckor och fläktar skiljer sig under brandförloppet för takhöjden 14m

I figur c.23 och figur c.24 framgår det att temperaturskillnaden mellan luckor och fläktar under brandförloppet inte skiljer sig nämnvärt åt men för brandgaslagrets höjd och optiska densitet framträder en större differens.

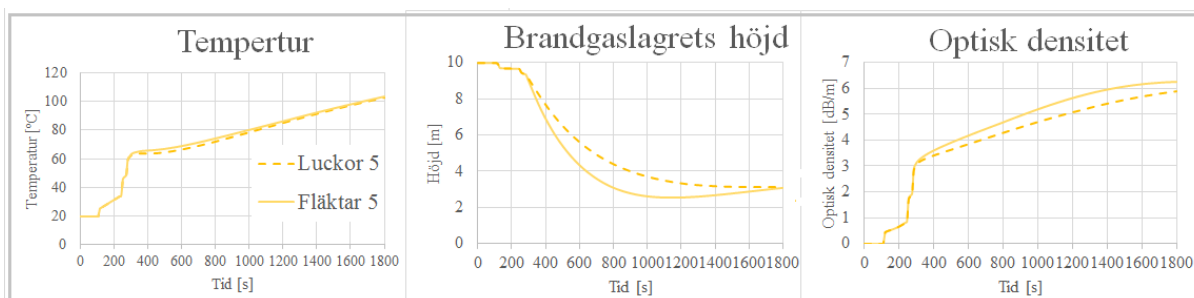
C.4.3. Fläktkapacitet beroende på brandeffekt

Nedan presenteras framtagandet av den erforderliga fläktkapaciteten för de olika brandeffekterna samt hur luckor och fläktar skiljer sig under brandförloppet. Fläktkapaciteten för grunduppställningen presenterades i figur c.22 ovan vid analys av tidens inverkan. Tabell C.9 redovisar resultatet av den erforderliga fläktkapaciteten för en varierad brandeffekt.

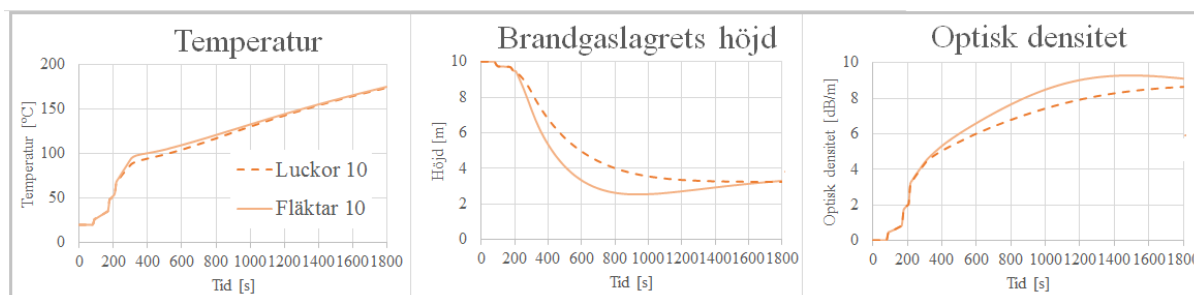
Tabell C.9 redogör dem erforderliga fläktkapaciteten vid 5,10 samt 25MW brandeffekt.

| Brandeffekt [MW] | 5 | 10 | 25 |
|--|-----|------|------|
| Erforderlig fläktkapacitet per fläkt [m ³ /s] | 5,5 | 7,7 | 12,6 |
| Total erforderlig fläktkapacitet [m ³ /s] | 22 | 30,8 | 50,4 |

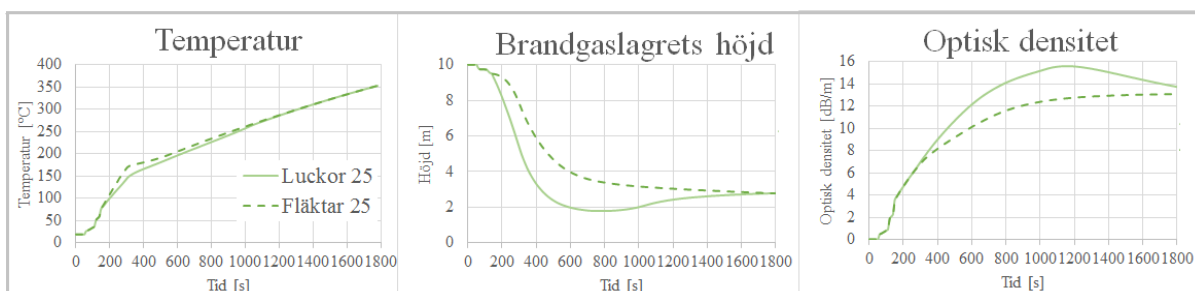
I tabell c.9 framgår det att den erforderliga fläktkapaciteten måste öka vid en ökad brandeffekt. I figur c.25, figur c.26 och figur c.27 illustreras skillnader under brandförloppet vid likställandet av luckor och fläktar vid slutet av simuleringen.



Figur C.25 illustrerar hur luckor och fläktar skiljer sig under brandförloppet för brandeffekten 5MW.



Figur C.26 illustrerar hur luckor och fläktar skiljer sig under brandförloppet för brandeffekten 10MW.



Figur C.27 illustrerar hur luckor och fläktar skiljer sig under brandförloppet för brandeffekten 25MW.

I figur c.25, figur c.26 och figur c.27 framgår det att temperaturskillnaden mellan luckor och fläktar under brandförloppet inte skiljer sig nämnvärt åt men för brandgaslagrets höjd och optiska densitet framträder en större differens.

C.5. Resultat Argos

Nedan presenteras resultatet av den erforderliga flätkapaciteten vid beräkningarna samt analysen av en varierad takhöjd i Argos.

C.5.1. Flätkapacitet

I tabell c.10 nedan presenteras en sammanställning av resultatet för hur flätkapaciteten ändras beroende på olika parametrar från bilaga A.1.2 och bilaga C.4.

Tabell C.10 sammanställer de erforderliga flätkapaciteterna från Argosimuleringarna och handberäkningarna från resultatet i delvolymen.

| Parameter | Simuleringstid [s] | | Takhöjd [m] | | | | Brandeffekt [MW] | | | |
|---|--------------------|------|-------------|------|------|------|------------------|------|------|------|
| | 600 | 1800 | 6 | 10 | 14 | 20 | 5 | 10 | 17 | 25 |
| Argos Erforderlig flätkapacitet [m ³ /s] | 25,6 | 40,8 | 35,6 | 40,8 | 43,6 | - | 22 | 30,8 | 40,8 | 50,4 |
| Handberäkningar Erforderlig flätkapacitet [m ³ /s] | - | - | 25,6 | 32,6 | 37,6 | 41,5 | 18 | 25 | 32,6 | 38 |

Framtagandet av den erforderliga flätkapaciteten har genomförts så att fläktarna ger samma resultat för analyskriterierna brandgaslagrets höjd och temperatur som luckorna vid den givna kapaciteten. Flätkapaciteten skulle kunna tolkas som volymflödet genom luckorna vid parameteranalysen.

Handberäkningarna visar hur stationära förhållanden råder medan Argos har en konstant stigande temperatur som också ändrar förutsättningarna vid brandgasventileringen.

C.5.2. Takhöjd

Nedan presenteras resultaten av en varierad takhöjd från simuleringarna i Argos. Det som redovisas är brandgaslagrets temperatur, höjd och optiska densitet. För läshänvisningar till resultatet se avsnitt 8.3.

Tabell C.11 sammanställer resultatet vid 1800 sekunders simuleringen där slutvärdena redovisas för luckor och fläktar vid de olika takhöjden.

Fläktkapaciteten för de fyra fläktarna i jämförelsen mellan luckor och fläktar hålls konstant på 10,2 m³/s per fläkt, totalt 40,8 m³/s, i Argosimuleringarna.

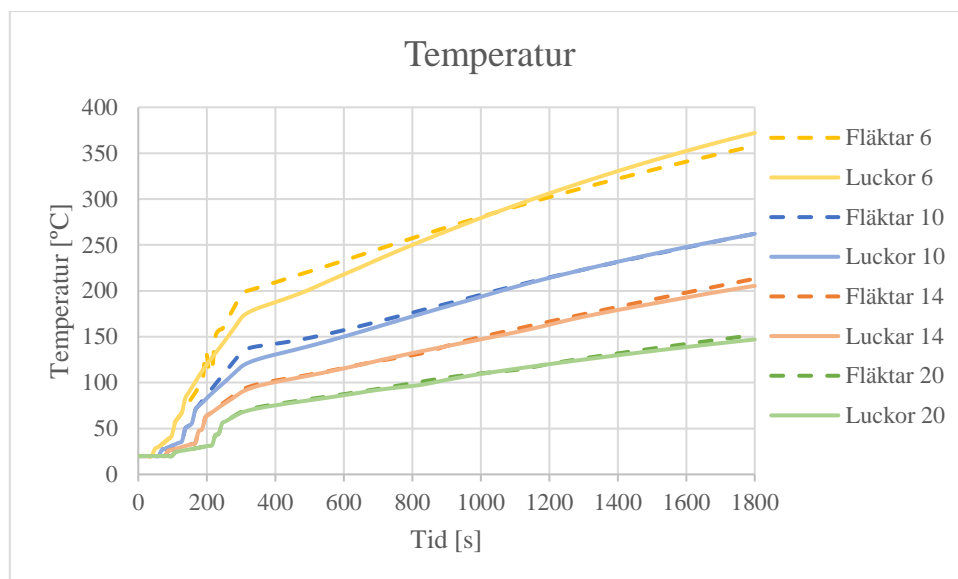
Tabell C.11 sammanställer resultatet av brandgaslagrets temperatur, höjd samt optiskdensitet vid 1800 sekunders simulering i Argos för luckor och fläktar vid en varierad takhöjd. Fläktkapacitet som erfordras för att ge samma resultat som luckorna vid den givna höjden presenteras också i tabellen.

| | H=6 [m] | | H=10 [m] | | H=14 [m] | | H=20 [m] | |
|--|-------------|-------|----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt | Lucka | Fläkt |
| Brandgaslagrets temperatur T _g [°C] | 372 | 358 | 262 | 262 | 205 | 213 | 147 | 152 |
| Differens i temperatur mellan luckor och fläktar | +14 | | 0 | | -8 | | -5 | |
| Brandgaslagrets höjd H _D [m] | 2,4 | 2,9 | 3,1 | 3,1 | 3,4 | 0 | 0 | 0 |
| Differens i höjd mellan luckor och fläktar | -0,5 | | 0 | | - | | - | |
| Brandgaslagret optiska densitet [dB/m] | 12,63 | 10,79 | 11,62 | 11,0 | 11,18 | 15,2 | 9,3 | 9,89 |
| Erforderlig fläktkapacitet för takhöjden [m ³ /s] | 35,6 | - | 40,8 | - | 43,6 | - | - | - |

I tabell c.11 syns en påbörjan till tendens att fläktar ger ett högre brandgaslager vid lägre takhöjden och luckor när höjden ökar. Vad som också kan observeras i tabellen är att den erforderliga fläktkapaciteten för att ventilerar ut brandgaserna lika bra som luckorna måste öka för en högre takhöjd.

Temperatur

I figur c.28 nedan illustreras temperaturen i brandgaslagret för de olika takhöjderna med luckor eller fläktar.

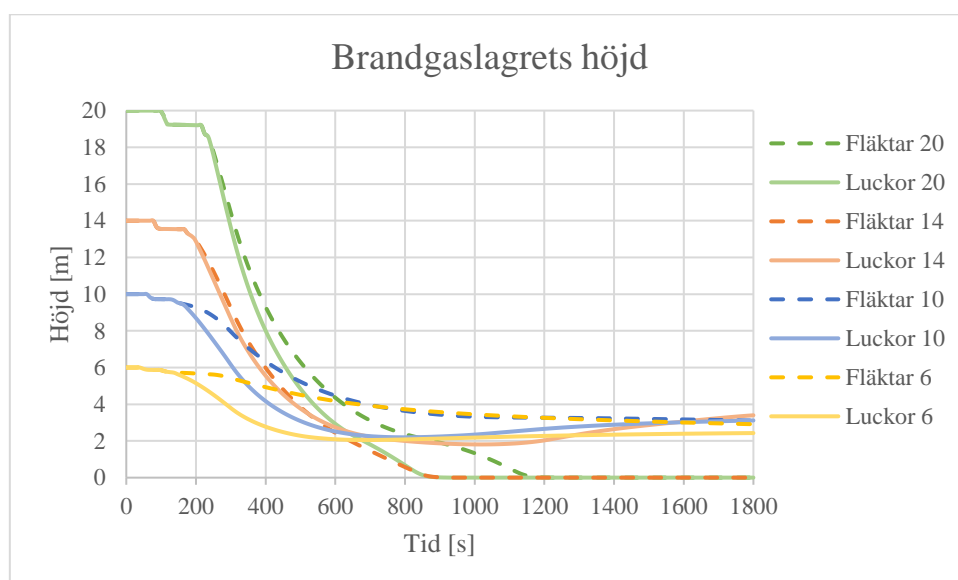


Figur C.28 visar brandgaslagrets temperaturer för simuleringar i Argos för olika takhöjd med luckor och fläktar.

I figur c.28 framgår det att brandgaslagrets temperatur aldrig intar stationära förhållanden utan kontinuerligt fortsätter stiga genom hela simuleringen. Brandgaslagret blir även kallare när takhöjden ökar.

Brandgaslagrets höjd

I figur c.29 nedan illustreras hur brandgaslagret höjd sjunker i Argosimuleringarna för de olika takhöjderna för luckor eller fläktar.



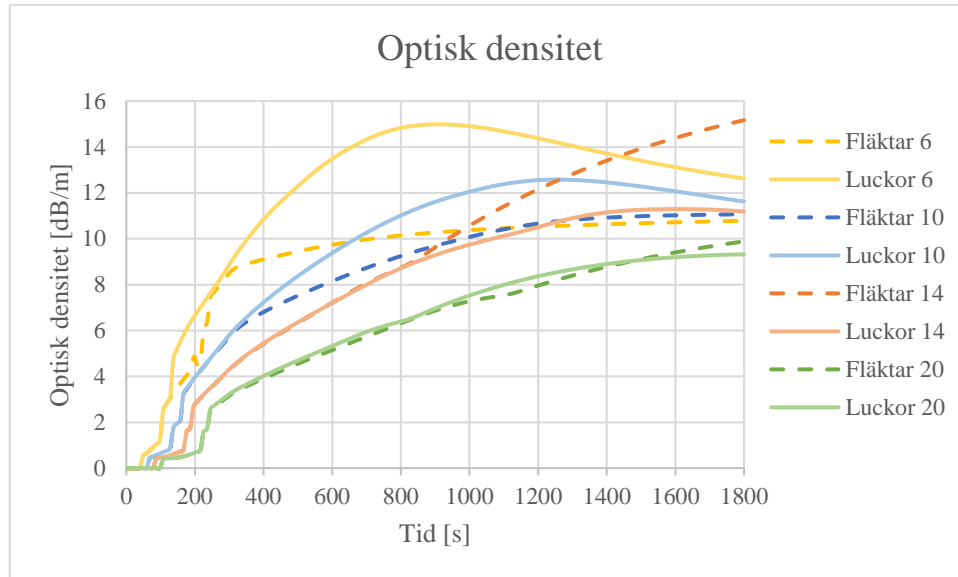
Figur C.29 visar brandgaslagrets höjd för simuleringar i Argos för olika takhöjd med luckor och fläktar.

I figur c.29 framgår det att brandgaslagrets höjd och hastighet den sjunker med skiljer sig mellan simuleringarna.

För takhöjden 14 meter skiljer sig simuleringarna mest då luckorna stabiliserar brandgaslagrets höjd på 3,4 meter och för fläktarna så rökfylls hela delvolymen.

Optisk densitet

I figur c.30 nedan illustreras den optiska densiteten för de olika takhöjderna med luckor eller fläktar.

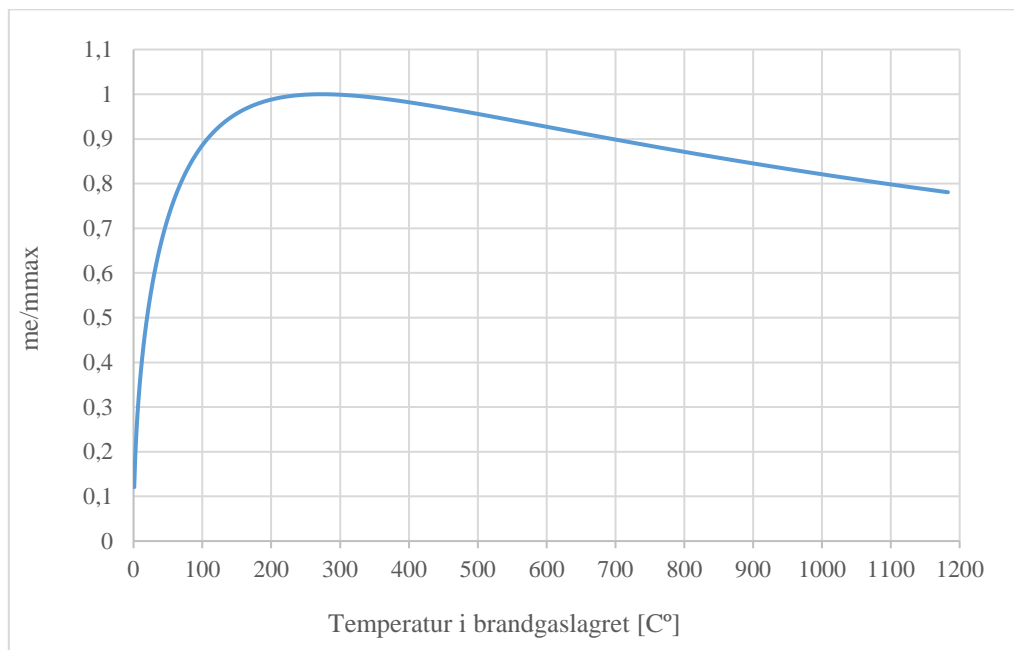


Figur C.30 visar den optiska densiteten i brandgaslagret för simuleringar i Argos för olika takhöjd med luckor och fläktar.

I figur c.30 åskådliggörs inte tendenserna för den optiska densiteten lika tydligt som för temperatur och höjd. I figur c.29 framgår det att hela lokalen rökfylls vid simuleringarna för fläktar 14 och 20 meter samt för luckor 20 meter i takhöjd. Trots detta ligger värdena för den optiska densiteten i figur c.30 högst för fläktar 14 och lägst för takhöjden 20 meter.

Bilaga D – Temperaturens inverkan på det optimala massflödet

När brandgaslagrets höjd har stabiliserats kommer inte alltid massflödet ut att bli större även ifall temperaturen ökar. Följande härledning från W.K Chow är framtagen för att förklara figur d.1 och att det matematiskt maximala massflödet genom en lucka sker vid 273°C. (Chow & Li, 2003)



Figur D.1 beskriver hur kvoten av massflödet och det maximala massflödet ur en lucka förhåller sig till brandgaslagrets temperatur.

Ekvation D.1 ger massflödet \dot{m}_e ut ur en lucka i taket.

$$\dot{m}_e = C_d \rho_a A_e \sqrt{\frac{2g(H-H_D)\left(\frac{T_g}{T_a}-1\right)}{\frac{T_g}{T_a}\left(\frac{T_g}{T_a} + \frac{C_d^2 A_e^2}{C_{di}^2 A_i^2}\right)}} \quad \text{Ekvation D.1}$$

Där

| | |
|-------------|--|
| \dot{m}_e | Massflöde ur den övre öppningen [kg/s] |
| C_d | Flödeskoefficienten [-] |
| C_{di} | Flödeskoefficienten för tilluften [-] |
| ρ_a | Omgivningsluftens densitet [kg/m ³] |
| A_e | Öppningsarea för det utströmmande flödet [m ²] |
| A_i | Öppningsarea för det inströmmande flödet [m ²] |
| g | Tyngdaccelerationen [m/s ²] |
| H | Takhöjd [m] |
| H_D | Brandgaslagrets höjd över golvet [m] |
| T_g | Temperatur i brandgaslagret [K] |
| T_a | Omgivningstemperaturen [K] |

En derivering av ekvation D.1, massflödet \dot{m}_e , med avseende på $\frac{T_g}{T_a}$ genomförs och följande uttryck, ekvation D.2 framkommer.

$$\frac{d\dot{m}_e}{d\left(\frac{T_g}{T_a}\right)} = \frac{C_d \rho_a A_e}{2} * \frac{[2g(H-H_D)]^{\frac{3}{2}} * \left[\frac{C_d^2 A_e^2}{C_{di}^2 A_i^2} + 1 - \left(\frac{T_g}{T_a}\right)^2\right]}{\left[\frac{T_g}{T_a} \left(\frac{T_g}{T_a} + \frac{C_d^2 A_e^2}{C_{di}^2 A_i^2}\right)\right]^{\frac{3}{2}} * \left(\frac{T_g}{T_a} - 1\right)^{\frac{1}{2}}}$$

Ekvation D.2

Ifall $\frac{d\dot{m}_e}{d\left(\frac{T_g}{T_a}\right)} = 0$ kan punkten för det maximala massflödet av brandgaser studeras.

Efter förenklingar av det deriverade uttrycket där $\frac{d\dot{m}_e}{d\left(\frac{T_g}{T_a}\right)} = 0$ ansätts, för att få maxvärdet, kan ekvation D.3 tas fram.

$$\frac{T_g}{T_a} = 1 + \sqrt{\frac{C_d^2 A_e^2}{C_{di}^2 A_i^2} + 1}$$

Ekvation D.3

Ifall antagandet görs att arean för tilluften är mycket större än arena för frånluften, $A_i \gg A_e$, ges följande förhållanden från ekvation D.4

$$T_g \approx 2T_a$$

Ekvation D.4

Ifall antagande att $A_i \gg A_e$ även görs för ekvation D.1 ges följande uttryck för massflödet genom luckorna.

$$\dot{m}_e \approx C_d \rho_a A_e \sqrt{2g(H - H_D) \left(\frac{T_g}{T_a} - 1\right)} * \left(\frac{T_g}{T_a}\right)^{-1}$$

Ekvation D.5

Med en insättning av ekvation D.4 i ekvation D.5 ges följande uttryck som nu beskriver maximala massflödet $\dot{m}_e = \dot{m}_{max}$

$$\dot{m}_{max} \approx C_d \rho_a A_e \sqrt{2g(H - H_D)(1)} * (2)^{-1}$$

Ekvation D.6

Där

\dot{m}_{max} Maximala massflödet ur den övre öppningen [kg/s]

Då ett uttryck för det maximala massflödet \dot{m}_{max} har härletts från vår derivering av \dot{m}_e kan en jämförelse mellan olika temperaturers påverkan på massflödet göras genom att nu dela massflödet på det maximala massflödet, $\frac{\dot{m}_e}{\dot{m}_{max}}$.

Observera att både \dot{m}_e och \dot{m}_{max} innehåller uttrycket $C_d \rho_a A_e \sqrt{2g(H - H_D)}$ vilket ger oss

$$\frac{\dot{m}_e}{\dot{m}_{max}} = \frac{\sqrt{\left(\frac{T_g}{T_a} - 1\right) * \left(\frac{T_g}{T_a}\right)^{-1}}}{0,5}$$

Ekvation D.7

Ifall en ökande brandgastemperatur T_g sätts in i ekvation D.7 kan figur d.1 ovan plottas.

Bilaga E – Indatafiler till FDS

Nedan presenteras de indatafiler som använts vid simuleringarna i FDS. För att begränsa antalet sidor presenteras hela indatafilen för grundfallen och de delar som ändrats vid de övriga simuleringarna. För att förtydliga vad som ändrats har styckena färgkodats:

- **Röd färg** – Innebär att koden plockats bort vid de andra simuleringarna.
- **Grön färg** – Har ändrats då frånluftsparametern utretts för respektive geometri.
- **Blå färg** – Har ändrats både då till- och frånluftsparametern ändrats för respektive geometri.
- **Orange färg** – Har enbart ändrats vid simuleringen Möbel_2xFrånluft.

E.1. Möbelutställningen

```
&HEAD CHID='Möbel_medbgv'/  
&TIME T_END=900/  
&DUMP DT_RESTART=200/  
-----
```

MESH

```
-----  
&MESH ID='0,125', IJK=80,80,48, XB=43.0,53.0,81.5,91.5,4.5,10.5/  
&MESH ID='0,25-1', IJK=122,40,48, XB=43.0,73.5,71.5,81.5,4.5,16.5/  
&MESH ID='0,25-2', IJK=82,80,48, XB=53.0,73.5,81.5,101.5,4.5,16.5/  
&MESH ID='0,25-3', IJK=112,40,48, XB=25.0,53.0,91.5,101.5,4.5,16.5/  
&MESH ID='0,25-4', IJK=72,80,48, XB=25.0,43.0,71.5,91.5,4.5,16.5/  
&MESH ID='0,5-1', IJK=157,54,24, XB=-5.0,73.5,101.5,128.5,4.5,16.5/  
&MESH ID='0,5-2', IJK=60,60,24, XB=-5.0,25.0,71.5,101.5,4.5,16.5/  
&MESH ID='0,5-3', IJK=89,100,24, XB=-5.0,39.5,21.5,71.5,4.5,16.5/  
&MESH ID='0,5-4', IJK=98,75,24, XB=39.5,88.5,34.0,71.5,4.5,16.5/  
&MESH ID='0,5-5', IJK=98,72,32, XB=39.5,88.5,-2.0,34.0,0.5,16.5/  
-----
```

REAC

```
-----  
&REAC ID='BBRAD-20',  
  FUEL='REAC_FUEL',  
  C=4.56,  
  H=6.56,  
  O=2.34,  
  N=0.4,  
  CO_YIELD=0.1,  
  SOOT_YIELD=0.1,  
  HEAT_OF_COMBUSTION=2.0E4/  
-----
```

PROP

```
-----  
&PROP ID='Heskestad Ionization', QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION', LENGTH=1.8/  
&PROP ID='Sprinkler',  
  QUANTITY='LINK TEMPERATURE',  
  ACTIVATION_TEMPERATURE=68.0,  
  RTI=50.0/  
-----
```

DEVC

```
-----  
&DEVC ID='Temp_brand', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=43.0,53.0,81.5,91.5,5.0,8.0/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,30.0,31.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,46.0,47.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,62.0,63.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.04', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,78.0,79.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.05', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,94.0,95.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.06', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,110.0,111.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=35.0,37.0,30.0,31.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=35.0,37.0,46.0,47.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=35.0,37.0,62.0,63.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.04', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=35.0,37.0,78.0,79.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.05', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=35.0,37.0,94.0,95.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.06', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=35.0,37.0,110.0,111.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,46.0,47.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,62.0,63.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.04', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,78.0,79.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.05', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,94.0,95.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.06', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,110.0,111.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Restaurang_01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=43.0,45.0,7.0,8.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Restaurang_02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,7.0,8.0,10.5,10.5/  
&DEVC ID='Soot_Restaurang_03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=75.0,77.0,7.0,8.0,10.5,10.5/  
-----
```

&DEVC ID='Soot_Restaurang_04', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=75.0,77.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_tilluft_1.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=22.0,28.5,25.0,25.0,5.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_1.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=22.0,28.5,25.0,26.0,8.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_2.01', QUANTITY='MASS FLUX X', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=-1.0,-1.0,63.0,69.5,5.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_2.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=-1.0,0.0,63.0,69.5,8.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_3.01', QUANTITY='MASS FLUX X', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=-1.0,-1.0,92.0,98.5,5.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_3.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=-1.0,0.0,92.0,98.5,8.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_4.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=35.0,41.5,124.5,124.5,5.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_4.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=35.0,41.5,124.0,124.5,8.0,8.0

&DEVC ID='Flow_Möbel_1.01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.0,13.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_1.02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.0,13.0,46.0,47.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_1.03', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.0,13.0,62.0,63.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_1.04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.0,13.0,78.0,79.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_1.05', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.0,13.0,94.0,95.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_1.06', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.0,13.0,110.0,111.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_2.01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=35.0,37.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_2.02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=35.0,37.0,46.0,47.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_2.03', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=35.0,37.0,62.0,63.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_2.04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=35.0,37.0,78.0,79.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_2.05', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=35.0,37.0,94.0,95.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_2.06', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=35.0,37.0,110.0,111.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_3.02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=59.0,61.0,46.0,47.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_3.03', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=59.0,61.0,62.0,63.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_3.04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=59.0,61.0,78.0,79.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_3.05', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=59.0,61.0,94.0,95.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Möbel_3.06', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=59.0,61.0,110.0,111.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Restaurang_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=43.0,45.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Restaurang_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=59.0,61.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Restaurang_03', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=75.0,77.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Restaurang_04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=75.0,77.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_tilluft_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=24.0,26.5,26.0,26.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=0.0,0.0,65.0,67.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_03', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=0.0,0.0,94.0,96.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=37.0,39.5,124.0,124.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_05', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=52.0,65.0,16.0,26.0,5.0,5.0

&DEVC ID='Mass_Möbel_1.01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=11.0,13.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_1.02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=11.0,13.0,46.0,47.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_1.03', QUANTITY='MASS FLOW', XB=11.0,13.0,62.0,63.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_1.04', QUANTITY='MASS FLOW', XB=11.0,13.0,78.0,79.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_1.05', QUANTITY='MASS FLOW', XB=11.0,13.0,94.0,95.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_1.06', QUANTITY='MASS FLOW', XB=11.0,13.0,110.0,111.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_2.01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=35.0,37.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_2.02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=35.0,37.0,46.0,47.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_2.03', QUANTITY='MASS FLOW', XB=35.0,37.0,62.0,63.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_2.04', QUANTITY='MASS FLOW', XB=35.0,37.0,78.0,79.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_2.05', QUANTITY='MASS FLOW', XB=35.0,37.0,94.0,95.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_2.06', QUANTITY='MASS FLOW', XB=35.0,37.0,110.0,111.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_3.02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,46.0,47.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_3.03', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,62.0,63.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_3.04', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,78.0,79.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_3.05', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,94.0,95.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_3.06', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,110.0,111.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Restaurang_01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=43.0,45.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Restaurang_02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Restaurang_03', QUANTITY='MASS FLOW', XB=75.0,77.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Restaurang_04', QUANTITY='MASS FLOW', XB=75.0,77.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_tilluft_01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=24.0,26.5,26.0,26.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=0.0,0.0,65.0,67.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_03', QUANTITY='MASS FLOW', XB=0.0,0.0,94.0,96.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_04', QUANTITY='MASS FLOW', XB=37.0,39.5,124.0,124.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_05', QUANTITY='MASS FLOW', XB=52.0,65.0,16.0,26.0,5.0,5.0

&DEVC ID='SD1.01', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=31.45,68.85,9.8/
&DEVC ID='SD1.02', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=31.45,78.85,9.8/
&DEVC ID='SD1.03', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=31.45,88.85,9.8/
&DEVC ID='SD1.04', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=31.45,98.85,9.8/
&DEVC ID='SD2.01', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=40.45,68.85,9.8/
&DEVC ID='SD2.02', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=40.45,78.85,9.8/
&DEVC ID='SD2.03', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=40.45,88.85,9.8/
&DEVC ID='SD2.04', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=40.45,98.85,9.8/
&DEVC ID='SD3.01', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=49.45,68.85,9.8/
&DEVC ID='SD3.02', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=49.45,78.85,9.8/
&DEVC ID='SD3.03', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=49.45,88.85,9.8/
&DEVC ID='SD3.04', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=49.45,98.85,9.8/
&DEVC ID='SD4.01', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=58.45,68.85,9.8/
&DEVC ID='SD4.02', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=58.45,78.85,9.8/
&DEVC ID='SD4.03', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=58.45,88.85,9.8/
&DEVC ID='SD4.04', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=58.45,98.85,9.8


```

&DEVC ID='Temp1.02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=48.0,86.5,7.0/
&DEVC ID='Temp1.03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=48.0,86.5,8.0/
&DEVC ID='Temp1.04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=48.0,86.5,9.0/
&DEVC ID='Temp1.05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=48.0,86.5,9.8/
&DEVC ID='Temp2.01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=39.0,74.4,6.0/
&DEVC ID='Temp2.02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=39.0,74.4,7.0/
&DEVC ID='Temp2.03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=39.0,74.4,8.0/
&DEVC ID='Temp2.04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=39.0,74.4,9.0/
&DEVC ID='Temp2.05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=39.0,74.4,9.8/
&DEVC ID='Temp3.01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,62.3,6.0/
&DEVC ID='Temp3.02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,62.3,7.0/
&DEVC ID='Temp3.03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,62.3,8.0/
&DEVC ID='Temp3.04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,62.3,9.0/
&DEVC ID='Temp3.05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=30.0,62.3,9.8/
&DEVC ID='Temp4.01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.0,40.1,6.0/
&DEVC ID='Temp4.02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.0,40.1,7.0/
&DEVC ID='Temp4.03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.0,40.1,8.0/
&DEVC ID='Temp4.04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.0,40.1,9.0/
&DEVC ID='Temp4.05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.0,40.1,9.9/

&DEVC ID='Hastighet1.01', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,30.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet1.02', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,46.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet1.03', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,62.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet1.04', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,78.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet1.05', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,94.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet1.06', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,110.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.01', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,30.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.02', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,46.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.03', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,62.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.04', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,78.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.05', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,94.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.06', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,110.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet3.02', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,46.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet3.03', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,62.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet3.04', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,78.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet3.05', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,94.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet3.06', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,110.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet_Restaurang_01', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=44.0,7.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet_Restaurang_02', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,7.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet_Restaurang_03', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=76.0,7.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet_Restaurang_04', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=76.0,30.5,10.25/

&DEVC ID='Hastighet_Till_01', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=25.25,26.0,6.0, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_02', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=0.0,66.25,6.0, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_03', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=0.0,95.25,6.0, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_04', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=38.25,124.0,6.0, ORIENTATION=0.0,1.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_05', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=58.5,21.0,5.0/

&DEVC ID='BEAM_01', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=25.25,25.25,26.0,36.0,7.0,7.0/
&DEVC ID='BEAM_02', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.0,10.0,66.25,66.25,7.0,7.0/
&DEVC ID='BEAM_03', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=0.0,10.0,95.25,95.25,7.0,7.0/
&DEVC ID='BEAM_04', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=38.25,38.25,124.0,114.0,7.0,7.0/
&DEVC ID='BEAM_05', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=65.0,65.0,40.1,50.1,7.0,7.0/
&DEVC ID='BEAM_06', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=58.0,48.0,27.0,27.0,7.0,7.0/
&DEVC ID='MARTINS_STRÅLE', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=38.25,38.25,124.0,114.0,9.75,9.75/

&DEVC ID='TIMER->OUT', QUANTITY='TIME', XYZ=43.0,81.5,4.5, SETPOINT=120.6/
-----
MATL
-----
&MATL ID='STEEL',
  FYI='Drysedale, Intro to Fire Dynamics - ATF NIST Multi-Floor Validation',
  SPECIFIC_HEAT=0.46,
  CONDUCTIVITY=45.8,
  DENSITY=7850.0,
  EMISSIVITY=0.95/
&MATL ID='PIR',
  FYI='Polyisocyanurate 120mm',
  SPECIFIC_HEAT=1.45,
  CONDUCTIVITY=0.022,
  DENSITY=35.0/
&MATL ID='CONCRETE',
  FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
  SPECIFIC_HEAT=1.04,
  CONDUCTIVITY=1.8,
  DENSITY=2280.0/
&MATL ID='AIR',
  FYI='Drysedale, introduction to fire dynamics',
  SPECIFIC_HEAT=1.04,
  CONDUCTIVITY=0.026,

```

DENSITY=1.1/

SURF

&SURF ID='Tak',
 COLOR='WHITE',
 MATL_ID='STEEL','AIR','PIR','STEEL',
 THICKNESS=0.002,0.100,0.120,0.002/
&SURF ID='ADIABATIC',
 COLOR='GRAY 80',
 ADIABATIC=.TRUE./
&SURF ID='Wall - Sandwich',
 RGB=51.0,102.0,255.0,
 MATL_ID='STEEL','PIR','STEEL',
 BACKING='EXPOSED',
 THICKNESS=0.002,0.120,0.002/
&SURF ID='Golv',
 COLOR='GRAY 60',
 MATL_ID='CONCRETE',
 THICKNESS=0.500/
&SURF ID='Brand -2,4MW',
 COLOR='RED',
 HRRPUA=1107.27/

OBST

&OBST ID='Innervägg', XB=55.0,73.0,55.0,55.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=62.0,62.0,66.0,80.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=57.0,57.0,88.0,96.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=28.0,28.0,85.0,124.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=13.0,13.0,85.0,106.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=20.0,20.0,63.0,85.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=32.0,32.0,63.0,73.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=18.0,34.0,44.0,44.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=18.0,18.0,47.0,54.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=44.0,73.0,66.0,66.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=0.0,44.0,85.0,85.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=44.0,44.0,40.0,124.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Brand', XB=47.0,49.125,85.5,87.625,5.0,5.5, SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Innervägg', XB=40.0,50.0,21.0,21.0744,5.0,10.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=55.0,55.0,80.0,81.5,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=55.0,73.0,88.0,88.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=55.0,55.0,81.5,88.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=62.0,62.0,101.0,101.5,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=44.0,62.0,105.0,105.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=62.0,62.0,101.5,105.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=0.0,39.5,63.0,63.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=39.5,44.0,63.0,63.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=35.0,39.5,40.0,40.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=35.0,35.0,26.0,40.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=39.5,48.0,40.0,40.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=48.0,57.0,44.0,44.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=48.0,48.0,40.0,44.0,5.0,8.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=73.0,73.5,71.5,81.5,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=73.0,73.5,81.5,101.5,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=-0.5,0.0,101.5,124.0,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=-0.5,73.5,124.0,124.5,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=73.0,73.5,101.5,124.0,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=-0.5,0.0,71.5,101.5,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=-0.5,0.0,26.0,71.5,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=-0.5,39.5,25.5,26.0,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=39.5,39.5,21.5,25.5,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=73.0,73.5,42.5,71.5,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=73.0,88.5,42.0,42.5,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=88.0,88.5,34.0,42.0,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=39.5,40.0,0.0,26.0,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=39.5,80.5,-0.5,0.0,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=80.0,80.5,0.0,9.5,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=80.0,88.5,9.5,10.0,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=88.0,88.5,10.0,34.0,4.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Golv', XB=43.0,53.0,81.5,91.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
&OBST ID='Golv', XB=43.0,73.5,71.5,81.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
&OBST ID='Golv', XB=53.0,73.5,81.5,101.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
&OBST ID='Golv', XB=25.0,53.0,91.5,101.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
&OBST ID='Golv', XB=25.0,43.0,71.5,91.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
&OBST ID='Golv', XB=-0.5,73.5,101.5,124.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
&OBST ID='Golv', XB=-0.5,25.0,71.5,101.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
&OBST ID='Golv', XB=-0.5,39.5,25.5,71.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
&OBST ID='Golv', XB=39.5,39.5,21.5,25.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
&OBST ID='Golv', XB=39.5,73.5,42.5,71.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning

&OBST ID='Golv', XB=39.5,88.5,34.0,42.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
 &OBST ID='Golv', XB=39.5,80.5,-0.5,9.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
 &OBST ID='Golv', XB=39.5,88.5,9.5,34.0,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/ 0.4m enligt ritning
 &OBST ID='Tak', XB=43.0,53.0,81.5,91.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=43.0,73.5,71.5,81.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=53.0,73.5,81.5,101.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=25.0,53.0,91.5,101.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=25.0,43.0,71.5,91.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=0.0,73.5,101.5,124.0,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=47.0,73.5,124.0,128.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=0.0,25.0,71.5,101.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=0.0,39.5,26.0,71.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=39.5,73.5,42.5,71.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=39.5,88.5,34.0,42.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=39.5,88.5,26.0,34.0,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=40.0,80.0,0.0,10.0,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=40.0,88.5,10.0,26.0,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Tak', XB=84.5,88.5,9.5,10.0,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Hisschakt', XB=62.0,65.0,38.0,38.0,5.0,9.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
 &OBST ID='Hisschakt', XB=62.0,62.0,34.0,38.0,5.0,9.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
 &OBST ID='Hisschakt', XB=65.0,65.0,34.0,38.0,5.0,9.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
 &OBST ID='Hisschakt', XB=62.0,65.0,26.0,26.0,5.0,9.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
 &OBST ID='Hisschakt', XB=62.0,62.0,26.0,34.0,5.0,9.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
 &OBST ID='Hisschakt', XB=65.0,65.0,26.0,34.0,5.0,9.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
 &OBST ID='Plan1', XB=46.5,47.0,11.0,31.0,0.5,4.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
 &OBST ID='Plan1', XB=46.5,70.5,10.5,11.0,0.5,4.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
 &OBST ID='Plan1', XB=46.5,70.5,31.0,31.5,0.5,4.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
 &OBST ID='Plan1', XB=70.0,70.5,11.0,31.0,0.5,4.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
 &OBST ID='Obstruction', XB=39.5,60.0,-0.5,0.0,4.5,5.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Obstruction', XB=39.5,88.5,-2.0,-0.5,4.5,5.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
 &OBST ID='Obstruction', XB=80.5,88.5,-0.5,9.5,4.5,5.0, SURF_ID='ADIABATIC'/

HOLE

&HOLE ID='Öppning', XB=34.5,35.5,30.0,33.0,5.0,9.0/
 &HOLE ID='öppning', XB=64.0,69.0,65.75,66.25,5.0,9.0/
 &HOLE ID='Öppning', XB=43.75,44.25,116.0,120.0,5.0,9.0/
 &HOLE ID='Öppning', XB=27.75,28.25,91.0,95.0,5.0,9.0/
 &HOLE ID='öppning', XB=4.0,8.0,84.75,85.25,5.0,9.0/
 &HOLE ID='Öppning', XB=19.75,20.25,67.0,71.0,5.0,9.0/
 &HOLE ID='Öppning', XB=37.0,40.0,62.55,63.05,5.0,9.0/
 &HOLE ID='Öppning', XB=43.75,44.25,77.0,79.0,5.0,9.0/
 &HOLE ID='Trappuggång', XB=52.0,65.0,16.0,25.9,4.0,5.2/
 &HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,94.0,96.5,5.0,7.0/
 &HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=37.0,39.5,123.0,125.0,5.0,7.0/
 &HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,65.0,67.5,5.0,7.0/
 &HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=24.0,26.5,25.0,27.0,5.0,7.0/
 &HOLE ID='KorrTilluft', XB=55.5,61.0,7.33495,12.0,0.5,2.5/
 &HOLE ID='KorrTilluft', XB=68.0,72.0,18.0,23.5,0.5,2.5/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=43.0,45.0,7.0,8.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,30.0,31.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,7.0,8.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=75.0,77.0,7.0,8.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=75.0,77.0,30.0,31.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,46.0,47.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,78.0,79.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,62.0,63.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,110.0,111.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,94.0,95.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,30.0,31.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,46.0,47.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,78.0,79.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,62.0,63.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,110.0,111.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,94.0,95.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,46.0,47.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,78.0,79.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,62.0,63.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,110.0,111.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
 &HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,94.0,95.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/

VENT

&VENT ID='Mesh Vent: 0,125 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=43.0,53.0,81.5,91.5,10.5,10.5/
 &VENT ID='Mesh Vent: 0,25-1 [YMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=43.0,53.0,81.5,81.5,10.5,16.5/
 &VENT ID='Mesh Vent: 0,25-1 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=43.0,73.5,71.5,81.5,16.5,16.5/
 &VENT ID='Mesh Vent: 0,25-2 [XMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=53.0,53.0,81.5,91.5,10.5,16.5/
 &VENT ID='Mesh Vent: 0,25-2 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=53.0,73.5,81.5,101.5,16.5,16.5/
 &VENT ID='Mesh Vent: 0,25-3 [YMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=43.0,53.0,91.5,91.5,10.5,16.5/
 &VENT ID='Mesh Vent: 0,25-3 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=25.0,53.0,91.5,101.5,16.5,16.5/

```

&VENT ID='Mesh Vent: 0.25-4 [XMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=43.0,43.0,81.5,91.5,10.5,16.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.25-4 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=25.0,43.0,71.5,91.5,16.5,16.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-1 [XMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=-5.0,-5.0,101.5,128.5,4.5,16.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-1 [YMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=-5.0,73.5,128.5,128.5,4.5,16.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-1 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=-5.0,73.5,101.5,128.5,16.5,16.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-2 [XMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=-5.0,-5.0,71.5,101.5,4.5,16.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-2 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=-5.0,25.0,71.5,101.5,16.5,16.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-3 [XMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=-5.0,-5.0,21.5,71.5,4.5,16.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-3 [YMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=-5.0,39.5,21.5,21.5,4.5,16.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-3 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=-5.0,39.5,21.5,71.5,16.5,16.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-4 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=39.5,88.5,34.0,71.5,16.5,16.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-5 [XMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=88.5,88.5,-2.0,34.0,0.5,4.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-5 [YMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=39.5,88.5,-2.0,-2.0,0.5,4.5/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-5 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=39.5,88.5,-2.0,34.0,16.5,16.5/
&VENT ID='Brand', SURF_ID='Brand -2.4MW', XB=47.0,49.125,85.5,87.625,5.5,5.5, RGB=255.0,0.0,19.0, SPREAD_RATE=0.003996,
XYZ=48.0625,86.5625,5.5/

```

SLICE

```

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=12.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=36.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=60.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=12.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=36.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=60.0/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=12.0/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=36.0/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=60.0/
&SLCF QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='SOOT', PBX=12.0/
&SLCF QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='SOOT', PBX=36.0/
&SLCF QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='SOOT', PBX=60.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=86.5/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBY=86.5/
&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=12.0/
&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=36.0/
&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=60.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=7.0/

```

&TAIL

E.1.1. Möbel_0.5xTilluft

```

&DEVC ID='Soot_tilluft_2.01', QUANTITY='MASS FLUX X', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=-1.0,-1.0,63.0,69.5,5.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_2.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=-1.0,0.0,63.0,69.5,8.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_4.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=35.0,41.5,124.5,124.5,5.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_4.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=35.0,41.5,124.0,124.5,8.0,8.0/

```

```

&DEVC ID='Flow_tilluft_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=0.0,0.0,65.0,67.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=37.0,39.5,124.0,124.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_05', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=52.0,65.0,16.0,26.0,5.0,5.0/

```

```

&DEVC ID='Mass_tilluft_02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=0.0,0.0,65.0,67.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_04', QUANTITY='MASS FLOW', XB=37.0,39.5,124.0,124.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_05', QUANTITY='MASS FLOW', XB=52.0,65.0,16.0,26.0,5.0,5.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_02', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=0.0,66.25,6.0, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_04', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=38.25,124.0,6.0, ORIENTATION=0.0,1.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_05', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=58.5,21.0,5.0/

```

```

&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,94.0,96.5,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,65.0,67.5,5.0,7.0/
&HOLE ID='KorrTilluft', XB=55.5,61.0,7.33495,12.0,0.5,2.5/

```

E.1.2. Möbel_2xTilluft

```

&DEVC ID='Soot_tilluft_1.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=20.0,30.0,25.0,25.0,5.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_1.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=20.0,30.0,25.0,26.0,8.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_2.01', QUANTITY='MASS FLUX X', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=-1.0,-1.0,61.0,70.0,5.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_2.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=-1.0,0.0,61.0,70.0,8.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_3.01', QUANTITY='MASS FLUX X', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=-1.0,-1.0,90.0,100.0,5.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_3.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=-1.0,0.0,90.0,100.0,8.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_4.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=33.0,43.5,124.5,124.5,5.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_4.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS ='AREA INTEGRAL', XB=33.0,43.5,124.0,124.5,8.0,8.0/

```

```

&DEVC ID='Flow_tilluft_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=24.0,26.5,26.0,26.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=9.0,11.5,26.0,26.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_03', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=0.0,0.0,45.0,47.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=0.0,0.0,65.0,67.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_05', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=0.0,0.0,94.0,96.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_06', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=0.0,0.0,114.0,116.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_07', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=17.0,19.5,124.0,124.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Flow_tilluft_08', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=37.0,39.5,124.0,124.0,5.0,7.0/

```

&DEVC ID='Flow_tilluft_09', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=52.0,65.0,16.0,26.0,5.0,5.0/

&DEVC ID='Mass_tilluft_01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=24.0,26.5,26.0,26.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=9.0,11.5,26.0,26.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_03', QUANTITY='MASS FLOW', XB=0.0,0.0,45.0,47.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_04', QUANTITY='MASS FLOW', XB=0.0,0.0,65.0,67.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_05', QUANTITY='MASS FLOW', XB=0.0,0.0,94.0,96.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_06', QUANTITY='MASS FLOW', XB=0.0,0.0,114.0,116.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_07', QUANTITY='MASS FLOW', XB=17.0,19.5,124.0,124.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_08', QUANTITY='MASS FLOW', XB=37.0,39.5,124.0,124.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_09', QUANTITY='MASS FLOW', XB=52.0,65.0,16.0,26.0,5.0,5.0/

&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,94.0,96.5,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=37.0,39.5,123.0,125.0,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,65.0,67.5,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=24.0,26.5,25.0,27.0,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=17.0,19.5,123.0,125.0,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,114.0,116.5,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,45.0,47.5,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=9.0,11.5,25.0,27.0,5.0,7.0/
&HOLE ID='Trappuppgång', XB=52.0,65.0,16.0,25.9,4.0,5.2/
&HOLE ID='KorrTilluft', XB=55.5,61.0,7.2,40.0,0.5,2.5/
&HOLE ID='KorrTilluft', XB=45.0,72.0,18.0,23.5,0.5,2.5/

E.1.3. Möbel_0xFrånluft

Vid denna simulering har de delar markerat med rött och grönt plockats bort i övrigt har samma indata-fil använts.

E.1.4. Möbel_2xFrånluft

&DEVC ID='Soot_Möbel_1.01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,41.0,42.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,52.0,53.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.04', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,63.0,64.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.05', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,74.0,75.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.06', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,85.0,86.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.07', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,96.0,97.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.08', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,107.0,108.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_1.09', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.0,13.0,118.0,119.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=27.0,29.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=27.0,29.0,41.0,42.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=27.0,29.0,52.0,53.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.04', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=27.0,29.0,63.0,64.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.05', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=27.0,29.0,74.0,75.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.06', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=27.0,29.0,85.0,86.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.07', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=27.0,29.0,96.0,97.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.08', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=27.0,29.0,107.0,108.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_2.09', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=27.0,29.0,118.0,119.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=43.0,45.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=43.0,45.0,41.0,42.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=43.0,45.0,52.0,53.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.04', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=43.0,45.0,63.0,64.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.05', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=45.0,47.0,74.0,75.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.07', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=43.0,45.0,96.0,97.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.08', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=43.0,45.0,107.0,108.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_3.09', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=43.0,45.0,118.0,119.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_4.01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_4.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,41.0,42.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_4.03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,52.0,53.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_4.04', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,63.0,64.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_4.05', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,74.0,75.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_4.06', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,85.0,86.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_4.07', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,96.0,97.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_4.08', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,107.0,108.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Möbel_4.09', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,118.0,119.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Rest_1.01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=43.0,45.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Rest_1.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=43.0,45.0,19.0,20.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Rest_2.01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Rest_2.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=59.0,61.0,19.0,20.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Rest_3.01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=75.0,77.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Rest_3.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=75.0,77.0,19.0,20.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Rest_3.03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=75.0,77.0,30.0,31.0,10.5,10.5/

&DEVC ID='Soot_tilluft_1.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=20.0,30.0,25.0,25.0,5.0,8.0/
&DEVC ID='Soot_tilluft_1.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=20.0,30.0,25.0,26.0,8.0,8.0/

&DEVC ID='Mass_Möbel_3.03', QUANTITY='MASS FLOW', XB=43.0,45.0,52.0,53.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_3.04', QUANTITY='MASS FLOW', XB=43.0,45.0,63.0,64.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_3.05', QUANTITY='MASS FLOW', XB=45.0,47.0,74.0,75.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_3.07', QUANTITY='MASS FLOW', XB=43.0,45.0,96.0,97.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_3.08', QUANTITY='MASS FLOW', XB=43.0,45.0,107.0,108.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_3.09', QUANTITY='MASS FLOW', XB=43.0,45.0,118.0,119.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_4.01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,30.0,31.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_4.02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,41.0,42.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_4.03', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,52.0,53.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_4.04', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,63.0,64.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_4.05', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,74.0,75.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_4.06', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,85.0,86.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_4.07', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,96.0,97.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_4.08', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,107.0,108.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Möbel_4.09', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,118.0,119.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Rest_1.01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=43.0,45.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Rest_1.02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=43.0,45.0,19.0,20.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Rest_2.01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Rest_2.02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=59.0,61.0,19.0,20.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Rest_3.01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=75.0,77.0,7.0,8.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Rest_3.02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=75.0,77.0,19.0,20.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_Rest_3.03', QUANTITY='MASS FLOW', XB=75.0,77.0,30.0,31.0,10.5,10.5/

&DEVC ID='Mass_tilluft_01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=24.0,26.5,26.0,26.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=9.0,11.5,26.0,26.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_03', QUANTITY='MASS FLOW', XB=0.0,0.0,45.0,47.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_04', QUANTITY='MASS FLOW', XB=0.0,0.0,65.0,67.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_05', QUANTITY='MASS FLOW', XB=0.0,0.0,94.0,96.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_06', QUANTITY='MASS FLOW', XB=0.0,0.0,114.0,116.5,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_07', QUANTITY='MASS FLOW', XB=17.0,19.5,124.0,124.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_08', QUANTITY='MASS FLOW', XB=37.0,39.5,124.0,124.0,5.0,7.0/
&DEVC ID='Mass_tilluft_09', QUANTITY='MASS FLOW', XB=52.0,65.0,16.0,26.0,5.0,5.0/

&DEVC ID='Hastighet1.01', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,30.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet1.02', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,46.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet1.03', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,62.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet1.04', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,78.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet1.05', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,94.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet1.06', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=12.0,110.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.01', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,30.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.02', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,46.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.03', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,62.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.04', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,78.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.05', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,94.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet2.06', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=36.0,110.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet3.02', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,46.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet3.03', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,62.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet3.04', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,78.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet3.05', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,94.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet3.06', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,110.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet_Restaurang_01', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=44.0,7.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet_Restaurang_02', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=60.0,7.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet_Restaurang_03', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=76.0,7.5,10.25/
&DEVC ID='Hastighet_Restaurang_04', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=76.0,30.5,10.25/

&DEVC ID='Hastighet_Till_01', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=25.25,26.0,6.0, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_02', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=0.0,66.25,6.0, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_03', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=0.0,95.25,6.0, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_04', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=38.25,124.0,6.0, ORIENTATION=0.0,1.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_05', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=58.5,21.0,5.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_06', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=18.25,124.0,6.0, ORIENTATION=0.0,1.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_07', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=0.0,115.25,6.0, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_08', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=0.0,46.25,6.0, ORIENTATION=-1.0,0.0,0.0/
&DEVC ID='Hastighet_Till_09', QUANTITY='VELOCITY', XYZ=10.25,26.0,6.0, ORIENTATION=0.0,-1.0,0.0/

&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,94.0,96.5,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=37.0,39.5,123.0,125.0,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,65.0,67.5,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=24.0,26.5,25.0,27.0,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=17.0,19.5,123.0,125.0,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,114.0,116.5,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=-1.0,1.0,45.0,47.5,5.0,7.0/
&HOLE ID='Utrymningsdörr', XB=9.0,11.5,25.0,27.0,5.0,7.0/
&HOLE ID='KorrTilluft', XB=55.5,61.0,7.2,40.0,0.5,2.5/
&HOLE ID='KorrTilluft', XB=45.0,72.0,18.0,23.5,0.5,2.5/

&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=43.0,45.0,7.0,8.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,30.0,31.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,7.0,8.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=75.0,77.0,7.0,8.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/

```

&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=75.0,77.0,30.0,31.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,46.0,47.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,78.0,79.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,62.0,63.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,110.0,111.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=11.0,13.0,94.0,95.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,30.0,31.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,46.0,47.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,78.0,79.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,62.0,63.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,110.0,111.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=35.0,37.0,94.0,95.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,46.0,47.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,78.0,79.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,62.0,63.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,110.0,111.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='Bgv möbel/restaurang', XB=59.0,61.0,94.0,95.0,9.0,11.0, COLOR='BLACK', DEVC_ID='TIMER->OUT'/

```

```

&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=7.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=12.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=36.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=60.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=12.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=36.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=60.0/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=12.0/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=28.0/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=44.0/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=60.0/
&SLCF QUANTITY='MPUV_Z', SPEC_ID='SOOT', PBX=12.0/
&SLCF QUANTITY='MPUV_Z', SPEC_ID='SOOT', PBX=36.0/
&SLCF QUANTITY='MPUV_Z', SPEC_ID='SOOT', PBX=60.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=86.5/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBZ=86.5/
&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=12.0/
&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=28.0/
&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=44.0/
&SLCF QUANTITY='PRESSURE', PBX=60.0/

```

E.2. Lager

```

&HEAD CHID='Lager_medbgv'/
&TIME T_END=900.0/
&DUMP DT_RESTART=200/

```

MESH

```

&MESH ID='0,125-1', IJK=80,80,100, XB=138.5,148.5,81.5,91.5,-0.5,12.0/
&MESH ID='0,25-1', IJK=40,80,50, XB=128.5,138.5,71.5,91.5,-0.5,12.0/
&MESH ID='0,25-2', IJK=80,40,50, XB=138.5,158.5,71.5,81.5,-0.5,12.0/
&MESH ID='0,25-3', IJK=40,80,50, XB=148.5,158.5,81.5,101.5,-0.5,12.0/
&MESH ID='0,25-4', IJK=80,40,50, XB=128.5,148.5,91.5,101.5,-0.5,12.0/
&MESH ID='0,5-1', IJK=176,80,25, XB=70.5,158.5,31.5,71.5,-0.5,12.0/
&MESH ID='0,5-2', IJK=127,160,25, XB=158.5,222.0,21.5,101.5,-0.5,12.0/
&MESH ID='0,5-3', IJK=187,50,25, XB=128.5,222.0,101.5,126.5,-0.5,12.0/
&MESH ID='0,5-4', IJK=117,108,25, XB=70.0,128.5,71.5,125.5,-0.5,12.0/

```

REAC

```

&REAC ID='BBRAD-20',
  FUEL='REAC_FUEL',
  C=4.56,
  H=6.56,
  O=2.34,
  N=0.4,
  CO_YIELD=0.1,
  SOOT_YIELD=0.1,
  HEAT_OF_COMBUSTION=2.0E4/

```

PROP

```

&PROP ID='Heskestad Ionization',
  QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
  LENGTH=1.8/

```

```

&PROP ID='Sprinkler',
  QUANTITY='LINK TEMPERATURE',
  ACTIVATION_TEMPERATURE=68.0,
  RTI=50.0/

```


&DEVC ID='Flow_lager_7.03', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=202.0,204.0,78.0,79.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_lager_7.04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=202.0,204.0,94.0,95.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_lager_7.05', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=202.0,204.0,110.0,111.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_lager_extra1', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=83.0,85.0,46.0,47.0,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_lager_extra2', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=106.0,108.0,46.0,47.0,10.5,10.5/

&DEVC ID='Flödesmätare_tilluft_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=73.0,73.0,51.0,52.5,0.0,3.0/
&DEVC ID='Flödesmätare_tilluft_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=73.0,73.0,112.0,118.0,0.0,3.0/
&DEVC ID='Flödesmätare_tilluft_03', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=79.5,82.0,123.8,123.8,0.0,2.0/
&DEVC ID='Flödesmätare_tilluft_04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=177.5,180.0,123.8,123.8,0.0,2.0/
&DEVC ID='Flödesmätare_tilluft_05', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=220.0,220.0,55.5,58.0,0.0,2.0/
&DEVC ID='Flödesmätare_tilluft_06', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=220.0,220.0,95.5,98.0,0.0,2.0/
&DEVC ID='Flödesmätare_tilluft_07', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=205.0,220.0,26.0,26.0,0.0,4.5/
&DEVC ID='Flödesmätare_tilluft_08-1', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=81.0,128.5,34.0,34.0,0.0,4.5/
&DEVC ID='Flödesmätare_tilluft_08-2', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=128.5,153.0,34.0,34.0,0.0,4.5/

&DEVC ID='LAYER1.01->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=87.0,87.0,55.0,55.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER1.01->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=87.0,87.0,55.0,55.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER2.01->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=87.0,87.0,85.0,85.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER2.01->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=87.0,87.0,85.0,85.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER3.01->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=87.0,87.0,115.0,115.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER3.01->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=87.0,87.0,115.0,115.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER1.02->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=124.5,124.5,55.0,55.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER2.02->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=124.5,124.5,85.0,85.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER2.02->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=124.5,124.5,85.0,85.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER3.02->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=124.5,124.5,115.0,115.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER3.02->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=124.5,124.5,115.0,115.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER1.03->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=162.5,162.5,55.0,55.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER1.03->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=162.5,162.5,55.0,55.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER2.03->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=162.5,162.5,85.0,85.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER2.03->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=162.5,162.5,85.0,85.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER3.03->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=162.5,162.5,115.0,115.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER3.03->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=162.5,162.5,115.0,115.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER1.04->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=200.0,200.0,55.0,55.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER1.04->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=200.0,200.0,55.0,55.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER2.04->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=200.0,200.0,85.0,85.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER2.04->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=200.0,200.0,85.0,85.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER3.04->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=200.0,200.0,115.0,115.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='LAYER3.04->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=200.0,200.0,115.0,115.0,0.0,10.0/

&DEVC ID='Temp1.01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=143.5,86.5,2.0/
&DEVC ID='Temp1.02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=143.5,86.5,3.0/
&DEVC ID='Temp1.03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=143.5,86.5,4.0/
&DEVC ID='Temp1.04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=143.5,86.5,5.0/
&DEVC ID='Temp1.05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=143.5,86.5,6.0/
&DEVC ID='Temp1.06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=143.5,86.5,7.0/
&DEVC ID='Temp1.07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=143.5,86.5,8.0/
&DEVC ID='Temp1.08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=143.5,86.5,9.0/
&DEVC ID='Temp2.01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,65.0,1.0/
&DEVC ID='Temp2.02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,65.0,2.0/
&DEVC ID='Temp2.03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,65.0,3.0/
&DEVC ID='Temp2.04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,65.0,4.0/
&DEVC ID='Temp2.05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,65.0,5.0/
&DEVC ID='Temp2.06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,65.0,6.0/
&DEVC ID='Temp2.07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,65.0,7.0/
&DEVC ID='Temp2.08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,65.0,8.0/
&DEVC ID='Temp2.09', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,65.0,9.0/
&DEVC ID='Temp3.1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,105.0,1.0/
&DEVC ID='Temp3.01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,105.0,2.0/
&DEVC ID='Temp3.02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,105.0,3.0/
&DEVC ID='Temp3.03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,105.0,4.0/
&DEVC ID='Temp3.04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,105.0,5.0/
&DEVC ID='Temp3.05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,105.0,6.0/
&DEVC ID='Temp3.06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,105.0,7.0/
&DEVC ID='Temp3.07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,105.0,8.0/
&DEVC ID='Temp3.08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=105.0,105.0,9.0/
&DEVC ID='Temp4.01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,65.0,1.0/
&DEVC ID='Temp4.02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,65.0,2.0/
&DEVC ID='Temp4.03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,65.0,3.0/
&DEVC ID='Temp4.04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,65.0,4.0/
&DEVC ID='Temp4.05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,65.0,5.0/
&DEVC ID='Temp4.06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,65.0,6.0/
&DEVC ID='Temp4.07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,65.0,7.0/
&DEVC ID='Temp4.08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,65.0,8.0/
&DEVC ID='Temp4.09', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,65.0,9.0/
&DEVC ID='Temp5.1', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,105.0,1.0/
&DEVC ID='Temp5.01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,105.0,2.0/
&DEVC ID='Temp5.02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,105.0,3.0/
&DEVC ID='Temp5.03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,105.0,4.0/

&DEVC ID='Temp5.04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,105.0,5.0/
&DEVC ID='Temp5.05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,105.0,6.0/
&DEVC ID='Temp5.06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,105.0,7.0/
&DEVC ID='Temp5.07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,105.0,8.0/
&DEVC ID='Temp5.08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=180.0,105.0,9.0/

&DEVC ID='SD1.01', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=131.2,73.8,9.8/
&DEVC ID='SD1.02', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=131.2,82.8,9.8/
&DEVC ID='SD1.03', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=131.2,91.8,9.8/
&DEVC ID='SD1.04', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=131.2,100.8,9.8/
&DEVC ID='SD2.01', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=141.4,73.8,9.8/
&DEVC ID='SD2.02', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=141.4,82.8,9.8/
&DEVC ID='SD2.03', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=141.4,91.8,9.8/
&DEVC ID='SD2.04', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=141.4,100.8,9.8/
&DEVC ID='SD3.01', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=151.65,73.8,9.8/
&DEVC ID='SD3.02', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=151.65,82.8,9.8/
&DEVC ID='SD3.03', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=151.65,91.8,9.8/
&DEVC ID='SD3.04', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=151.65,100.8,9.8/
&DEVC ID='SD4.01', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=161.85,73.8,9.8/
&DEVC ID='SD4.02', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=161.85,82.8,9.8/
&DEVC ID='SD4.03', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=161.85,91.8,9.8/
&DEVC ID='SD4.04', PROP_ID='Heskestad Ionization', XYZ=161.85,100.8,9.8/

&DEVC ID='BEAM01', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=73.0,83.0,52.0,52.0,2.0,2.0/
&DEVC ID='BEAM02', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=73.0,83.0,115.0,115.0,2.0,2.0/
&DEVC ID='BEAM03', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=80.75,80.75,113.8,123.8,2.0,2.0/
&DEVC ID='BEAM04', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=178.75,178.75,113.8,123.8,2.0,2.0/
&DEVC ID='BEAM05', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=210.0,220.0,96.75,96.75,2.0,2.0/
&DEVC ID='BEAM06', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=210.0,220.0,56.75,56.75,2.0,2.0/
&DEVC ID='BEAM07', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=140.0,140.0,34.0,44.0,2.0,2.0/

&DEVC ID='Sprinkler1.01', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=137.5,82.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler1.02', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=137.5,85.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler1.03', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=137.5,88.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler1.04', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=137.5,91.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler2.01', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=141.5,82.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler2.02', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=141.5,85.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler2.03', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=141.5,88.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler2.04', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=141.5,91.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler3.01', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=145.5,82.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler3.02', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=145.5,85.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler3.03', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=145.5,88.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler3.04', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=145.5,91.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler4.01', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=149.5,82.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler4.02', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=149.5,85.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler4.03', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=149.5,88.0,9.5/
&DEVC ID='Sprinkler4.04', PROP_ID='Sprinkler', XYZ=149.5,91.0,9.5/

&DEVC ID='Tryck1', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=143.5,86.5,9.9/
&DEVC ID='Tryck2', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=155.0,78.5,9.9/
&DEVC ID='Tryck3', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=179.0,62.5,9.9/
&DEVC ID='Tryck4', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=203.0,46.5,9.9/

MATL

&MATL ID='STEEL',
FYI='Drysedale, Intro to Fire Dynamics - ATF NIST Multi-Floor Validation',
SPECIFIC_HEAT=0.46,
CONDUCTIVITY=45.8,
DENSITY=7850.0,
EMISSIVITY=0.95/
&MATL ID='CONCRETE',
FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
SPECIFIC_HEAT=1.04,
CONDUCTIVITY=1.8,
DENSITY=2280.0/
&MATL ID='AIR',
FYI='Drysedale, introduction to fire dynamics',
SPECIFIC_HEAT=1.04,
CONDUCTIVITY=0.026,
DENSITY=1.1/
&MATL ID='PIR',
FYI='Polyisocyanurate 120mm',
SPECIFIC_HEAT=1.45,
CONDUCTIVITY=0.022,
DENSITY=35.0/

SURF

&SURF ID='Tak',

```

COLOR='WHITE',
MATL_ID='STEEL','AIR','PIR','STEEL',
THICKNESS=0.002,0.100,0.120,0.002/
&SURF ID='Golv',
COLOR='GRAY 60',
MATL_ID='CONCRETE',
THICKNESS=0.500/
&SURF ID='Wall - Sandwich',
RGB=51.0,102.0,255.0,
MATL_ID='STEEL','PIR','STEEL',
BACKING='EXPOSED',
THICKNESS=0.002,0.120,0.002/
&SURF ID='Brand -17MW',
COLOR='RED',
HRRPUA=1888.89/
&SURF ID='ADIABATIC',
COLOR='GRAY 80',
ADIABATIC=.TRUE./

```

OBST

```

&OBST ID='Innervägg', XB=72.5,73.0,42.0,124.0,5.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Innervägg', XB=70.0,73.0,123.5,124.0,0.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Innervägg', XB=168.0,188.0,47.5,48.0,0.0,4.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg1', XB=72.5,73.0,42.0,124.0,0.0,5.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Innervägg2', XB=73.0,174.0,123.5,124.0,0.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Tak', XB=138.5,148.5,81.5,91.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Tak'/
&OBST ID='Tak', XB=128.5,138.5,71.5,91.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Tak'/
&OBST ID='Tak', XB=138.5,158.5,71.5,81.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Tak'/
&OBST ID='Tak', XB=148.5,158.5,81.5,101.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Tak'/
&OBST ID='Tak', XB=128.5,148.5,91.5,101.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Tak'/
&OBST ID='Tak', XB=70.5,158.5,31.5,71.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Tak'/
&OBST ID='Tak', XB=158.5,220.0,21.5,101.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Tak'/
&OBST ID='Tak', XB=128.5,174.0,124.0,126.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Tak'/
&OBST ID='Tak', XB=128.5,220.0,101.5,124.0,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Tak'/
&OBST ID='Tak', XB=70.0,128.5,71.5,125.5,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Tak'/
&OBST ID='Golv', XB=70.5,73.0,42.0,71.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=70.5,137.0,35.0,42.0,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=70.5,158.5,31.5,35.0,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=158.5,184.0,26.0,35.0,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=158.5,220.0,21.5,26.0,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=128.5,174.0,124.0,126.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=70.0,73.0,71.5,124.0,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=70.0,128.5,124.0,125.5,4.5,5.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=138.5,148.5,81.5,91.5,-0.5,0.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=128.5,138.5,71.5,91.5,-0.5,0.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=138.5,158.5,71.5,81.5,-0.5,0.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=148.5,158.5,81.5,101.5,-0.5,0.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=128.5,148.5,91.5,101.5,-0.5,0.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=70.5,158.5,31.5,71.5,-0.5,0.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=158.5,220.0,21.5,101.5,-0.5,0.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=128.5,174.0,124.0,126.5,-0.5,0.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=128.5,220.0,101.5,124.0,-0.5,0.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Golv', XB=70.0,128.5,71.5,125.5,-0.5,0.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Innervägg', XB=70.5,81.0,41.5,42.0,0.0,5.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Innervägg', XB=80.5,81.0,31.5,41.5,0.0,5.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Innervägg3', XB=73.0,137.5,42.0,42.5,5.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Innervägg3', XB=137.0,137.5,35.5,42.0,5.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Innervägg3', XB=137.0,158.5,35.0,35.5,5.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Innervägg3', XB=158.5,184.5,35.0,35.5,5.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Innervägg3', XB=184.0,184.5,26.5,35.0,5.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Innervägg3', XB=184.0,220.0,26.0,26.5,5.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=219.5,220.0,21.5,101.5,0.0,5.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=173.5,174.0,124.0,126.5,0.0,5.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=173.5,220.0,123.5,124.0,0.0,5.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=219.5,220.0,101.5,123.5,0.0,5.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Yttervägg', XB=219.5,220.0,21.5,101.5,5.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/ våning2
&OBST ID='Yttervägg', XB=173.5,174.0,124.0,126.5,5.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/ våning2
&OBST ID='Yttervägg', XB=173.5,220.0,123.5,124.0,5.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/ våning2
&OBST ID='Yttervägg', XB=219.5,220.0,101.5,123.5,5.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/ våning2
&OBST ID='Brand', XB=142.0,145.0,85.0,88.0,0.0,1.0, REMOVABLE=.FALSE., SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Trappuppgång', XB=73.0,80.0,50.5,51.0,0.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Trappuppgång', XB=79.5,80.0,42.0,50.5,0.0,10.0, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Innervägg', XB=153.0,153.5,31.5,33.5,0.0,4.5, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=153.0,158.5,33.5,34.0,0.0,4.5, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=158.5,165.0,26.0,26.5,0.0,4.5, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=158.5,205.0,33.5,34.0,0.0,4.5, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=164.5,165.0,26.5,29.0,0.0,4.5, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=164.5,184.5,29.0,29.5,0.0,4.5, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=184.0,184.5,24.5,29.0,0.0,4.5, SURF_ID='ADIABATIC'/

```

&OBST ID='Innervägg', XB=184.0,205.0,24.0,24.5,0.0,4.5, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=204.5,205.0,24.5,33.5,0.0,4.5, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=188.0,188.5,34.5,47.5,0.0,4.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=188.0,194.0,34.0,34.5,0.0,4.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=188.0,194.0,47.5,48.0,0.0,4.0, SURF_ID='ADIABATIC'/
&OBST ID='Innervägg', XB=193.5,194.0,34.5,47.5,0.0,4.0, SURF_ID='ADIABATIC'/

HOLE

&HOLE ID='Uttrymningsdörr', XB=219.0,221.0,23.0,25.5,0.0,2.0/
&HOLE ID='Dörr', XB=79.5,82.0,122.8,124.8,0.0,2.0/
&HOLE ID='Dörr', XB=72.0,74.0,51.0,52.5,0.0,3.0/
&HOLE ID='Dörr', XB=72.0,74.0,112.0,118.0,0.0,3.0/
&HOLE ID='Uttrymningsdörr', XB=219.0,221.0,55.5,58.0,0.0,2.0/
&HOLE ID='Uttrymningsdörr', XB=219.0,221.0,95.5,98.0,0.0,2.0/
&HOLE ID='Uttrymningsdörr', XB=177.5,180.0,122.8,124.8,0.0,2.0/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=91.0,93.0,46.0,47.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=75.0,77.0,62.0,63.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=75.0,77.0,78.0,79.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=75.0,77.0,94.0,95.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=75.0,77.0,110.0,111.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=75.0,77.0,117.0,118.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=91.0,93.0,94.0,95.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=91.0,93.0,110.0,111.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=91.0,93.0,117.0,118.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=91.0,93.0,78.0,79.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=91.0,93.0,62.0,63.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=83.0,85.0,46.0,47.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=106.0,108.0,46.0,47.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=115.0,117.0,46.0,47.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=115.0,117.0,62.0,63.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=115.0,117.0,78.0,79.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=115.0,117.0,110.0,111.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=115.0,117.0,94.0,95.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=115.0,117.0,117.0,118.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=154.0,156.0,46.0,47.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=154.0,156.0,62.0,63.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=154.0,156.0,78.0,79.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=154.0,156.0,110.0,111.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=154.0,156.0,94.0,95.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=178.0,180.0,46.0,47.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=178.0,180.0,62.0,63.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=178.0,180.0,78.0,79.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=178.0,180.0,110.0,111.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=178.0,180.0,94.0,95.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=202.0,204.0,94.0,95.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=202.0,204.0,110.0,111.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=202.0,204.0,78.0,79.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=202.0,204.0,62.0,63.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=202.0,204.0,46.0,47.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=130.0,132.0,94.0,95.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=130.0,132.0,110.0,111.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=130.0,132.0,78.0,79.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=130.0,132.0,62.0,63.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=130.0,132.0,46.0,47.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv lager', COLOR='RED', XB=130.0,132.0,117.0,118.0,9.0,11.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/

VENT

&VENT ID='Tilluft', SURF_ID='OPEN', XB=141.0,146.0,31.5,31.5,0.0,4.5/ ekvivalent 22.5m2
&VENT ID='Mesh Vent: 0.125-1 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=138.5,148.5,81.5,91.5,12.0,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.25-1 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=128.5,138.5,71.5,91.5,12.0,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.25-2 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=138.5,158.5,71.5,81.5,12.0,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.25-3 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=148.5,158.5,81.5,101.5,12.0,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.25-4 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=128.5,148.5,91.5,101.5,12.0,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-1 [XMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=70.5,70.5,31.5,71.5,-0.5,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-1 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=70.5,158.5,31.5,71.5,12.0,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-2 [XMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=222.0,222.0,21.5,101.5,-0.5,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-2 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=158.5,222.0,21.5,101.5,12.0,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-3 [XMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=222.0,222.0,101.5,126.5,-0.5,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-3 [YMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=128.5,222.0,126.5,126.5,-0.5,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-3 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=128.5,222.0,101.5,126.5,12.0,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-4 [XMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=70.0,70.0,71.5,125.5,-0.5,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-4 [YMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=70.0,128.5,125.5,125.5,-0.5,12.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0.5-4 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=70.0,128.5,71.5,125.5,12.0,12.0/
&VENT ID='TilluftExtra', SURF_ID='INERT', XB=100.0,104.0,31.5,31.5,0.0,2.5/

&VENT ID='Brand', SURF_ID='Brand -17MW', XB=142.0,145.0,85.0,88.0,1.0,1.0, SPREAD_RATE=0.0056585, XYZ=143.5,86.5,1.0/

SLICE


```

-----
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=143.5/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=86.5/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=143.5/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBY=86.5/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=62.5/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=110.5/
&TAIL/

```

E.3. Delvolym

```

&HEAD CHID='45_grund'/
&TIME T_END=0/

```

```

&DUMP DT_RESTART=100/

```

MESH

```

-----
&MESH ID='0,125-1', IJK=80,80,88, XB=20.0,30.0,20.0,30.0,-0.5,10.5/
&MESH ID='0,25-1', IJK=70,110,70, XB=2.5,20.0,2.5,30.0,-0.5,17.0/
&MESH ID='0,25-2', IJK=110,70,70, XB=20.0,47.5,2.5,20.0,-0.5,17.0/
&MESH ID='0,25-3', IJK=70,110,70, XB=30.0,47.5,20.0,47.5,-0.5,17.0/
&MESH ID='0,25-4', IJK=110,70,70, XB=2.5,30.0,30.0,47.5,-0.5,17.0/

```

REAC

```

-----
&REAC ID='BBRAD-20',
  FUEL='REAC_FUEL',
  C=4.56,
  H=6.56,
  O=2.34,
  N=0.4,
  CO_YIELD=0.1,
  SOOT_YIELD=0.1,
  HEAT_OF_COMBUSTION=2.0E4/

```

DEVICE

```

-----
&DEVC ID='Temp_brand1', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=22.5,27.5,22.5,27.5,0.0,3.0/
&DEVC ID='Temp_brand2', QUANTITY='TEMPERATURE', STATISTICS='MAX', XB=22.5,27.5,22.5,27.5,3.0,6.0/

```

```

&DEVC ID='Beam01', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=25.0,25.0,5.0,15.0,2.0,2.0/
&DEVC ID='Beam02', QUANTITY='PATH OBSCURATION', XB=25.0,25.0,35.0,45.0,2.0,2.0/

```

```

&DEVC ID='Soot_bgv_01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=11.5,13.5,16.5,17.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=11.5,13.5,32.5,33.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=35.5,37.5,16.5,17.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_04', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=35.5,37.5,32.5,33.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_Door_1.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=23.0,27.0,4.25,4.25,0.0,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_1.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=23.0,27.0,4.25,4.5,5.0,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_2.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=23.0,27.0,45.25,45.25,0.0,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_2.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=23.0,27.0,45.0,45.25,5.0,5.0/

```

```

&DEVC ID='Flow_bgv_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.5,13.5,16.5,17.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.5,13.5,32.5,33.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_03', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=35.5,37.5,16.5,17.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=35.5,37.5,32.5,33.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_Door_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=24.0,26.0,5.0,5.0,0.0,2.0/
&DEVC ID='Flow_Door_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=24.0,26.0,45.0,45.0,0.0,2.0/

```

```

&DEVC ID='Temp1.01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,17.0,1.0/
&DEVC ID='Temp1.02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,17.0,2.0/
&DEVC ID='Temp1.03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,17.0,3.0/
&DEVC ID='Temp1.04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,17.0,4.0/
&DEVC ID='Temp1.05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,17.0,5.0/
&DEVC ID='Temp1.06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,17.0,6.0/
&DEVC ID='Temp1.07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,17.0,7.0/
&DEVC ID='Temp1.08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,17.0,8.0/
&DEVC ID='Temp1.09', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,17.0,9.0/
&DEVC ID='Temp1.10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,17.0,10.0/
&DEVC ID='Temp_bgv_2', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,33.0,10.0/
&DEVC ID='Temp_bgv_3', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=36.5,17.0,10.0/
&DEVC ID='Temp_bgv_4', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=36.5,33.0,10.0/

```

```

&DEVC ID='Tryck1', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=12.5,17.0,10.0/
&DEVC ID='Tryck2', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=12.5,33.0,10.0/
&DEVC ID='Tryck3', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=36.5,17.0,10.0/

```

&DEVC ID='Tryck4', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=36.5,33.0,10.0/

&DEVC ID='Layer_1.01->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=10.0,10.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_1.02->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=10.0,10.0,20.0,20.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_1.03->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=10.0,10.0,30.0,30.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_1.04->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=10.0,10.0,40.0,40.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.01->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=20.0,20.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.02->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=19.6,19.6,19.8,19.8,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.03->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=19.8,19.8,30.2,30.2,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.04->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=20.0,20.0,40.0,40.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.01->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=30.0,30.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.02->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=30.2,30.2,19.8,19.8,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.03->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=30.2,30.2,30.2,30.2,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.04->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=30.0,30.0,40.0,40.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.01->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=40.0,40.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.02->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=40.0,40.0,20.0,20.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.03->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=40.0,40.0,30.0,30.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.04->HEIGHT', QUANTITY='LAYER HEIGHT', XB=40.0,40.0,40.0,40.0,0.0,10.0/

&DEVC ID='Layer_1.01->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=10.0,10.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_1.02->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=10.0,10.0,20.0,20.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_1.03->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=10.0,10.0,30.0,30.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_1.04->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=10.0,10.0,40.0,40.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.01->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=20.0,20.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.02->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=19.6,19.6,19.8,19.8,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.03->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=19.8,19.8,30.2,30.2,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.04->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=20.0,20.0,40.0,40.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.01->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=30.0,30.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.02->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=30.2,30.2,19.8,19.8,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.03->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=30.2,30.2,30.2,30.2,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.04->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=30.0,30.0,40.0,40.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.01->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=40.0,40.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.02->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=40.0,40.0,20.0,20.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.03->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=40.0,40.0,30.0,30.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.04->UTEMP', QUANTITY='UPPER TEMPERATURE', XB=40.0,40.0,40.0,40.0,0.0,10.0/

&DEVC ID='Layer_1.01->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=10.0,10.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_1.02->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=10.0,10.0,20.0,20.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_1.03->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=10.0,10.0,30.0,30.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_1.04->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=10.0,10.0,40.0,40.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.01->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=20.0,20.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.02->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=19.6,19.6,19.8,19.8,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.03->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=19.8,19.8,30.2,30.2,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_2.04->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=20.0,20.0,40.0,40.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.01->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=30.0,30.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.02->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=30.2,30.2,19.8,19.8,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.03->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=30.2,30.2,30.2,30.2,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_3.04->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=30.0,30.0,40.0,40.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.01->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=40.0,40.0,10.0,10.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.02->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=40.0,40.0,20.0,20.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.03->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=40.0,40.0,30.0,30.0,0.0,10.0/
&DEVC ID='Layer_4.04->LTEMP', QUANTITY='LOWER TEMPERATURE', XB=40.0,40.0,40.0,40.0,0.0,10.0/

&DEVC ID='TIMER->OUT', QUANTITY='TIME', XYZ=20.0,20.0,-0.5, SETPOINT=108.6/

MATL

&MATL ID='STEEL',

FYI='Drysedale, Intro to Fire Dynamics - ATF NIST Multi-Floor Validation',
SPECIFIC_HEAT=0.46,
CONDUCTIVITY=45.8,
DENSITY=7850.0,
EMISSIVITY=0.95/

&MATL ID='CONCRETE',

FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
SPECIFIC_HEAT=1.04,
CONDUCTIVITY=1.8,
DENSITY=2280.0/

&MATL ID='AIR',

FYI='Drysedale, introduction to fire dynamics',
SPECIFIC_HEAT=1.04,
CONDUCTIVITY=0.026,
DENSITY=1.1/

&MATL ID='PIR',

FYI='Polyisocyanurate 120mm',
SPECIFIC_HEAT=1.45,
CONDUCTIVITY=0.022,
DENSITY=35.0/

SURF

&SURF ID='Brand -17MW',
COLOR='RED',
HRRPUA=1888.89/
&SURF ID='Golv',
COLOR='GRAY 60',
MATL_ID='CONCRETE',
THICKNESS=0.500/
&SURF ID='Tak',
COLOR='WHITE',
MATL_ID='STEEL','AIR','PIR','STEEL',
THICKNESS=0.002,0.100,0.120,0.002/
&SURF ID='Wall - Sandwich',
RGB=51.0,102.0,255.0,
MATL_ID='STEEL','PIR','STEEL',
BACKING='EXPOSED',
THICKNESS=0.002,0.120,0.002/

OBST&HOLE

&OBST ID='Fire', XB=23.5,26.5,23.5,26.5,0.0,0.5, REMOVABLE=.FALSE., SURF_ID='INERT'/
&OBST ID='Floor', XB=5.0,45.0,5.0,45.0,-0.5,0.0, SURF_ID='Golv'/
&OBST ID='Roof', XB=5.0,45.0,5.0,45.0,10.0,10.5, COLOR='INVISIBLE', SURF_ID='Tak'/
&OBST ID='Wall', XB=4.5,0.5,0.5,0.5,0.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Wall', XB=4.5,20.0,4.5,5.0,-0.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Wall', XB=20.0,45.5,4.5,5.0,-0.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Wall', XB=45.0,45.5,5.0,20.0,-0.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Wall', XB=30.0,45.5,45.0,45.5,-0.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Wall', XB=45.0,45.5,20.0,45.0,-0.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Wall', XB=4.5,5.0,30.0,45.0,-0.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/
&OBST ID='Wall', XB=4.5,30.0,45.0,45.5,-0.5,10.5, SURF_ID='Wall - Sandwich'/

&HOLE ID='Door', XB=24.0,26.0,4.4,5.1,0.0,2.0/
&HOLE ID='Door', XB=24.0,26.0,44.9,45.6,0.0,2.0/
&HOLE ID='bgv01', XB=11.5,13.5,16.5,17.5,9.0,11.0, COLOR='RED', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv02', XB=11.5,13.5,32.5,33.5,9.0,11.0, COLOR='RED', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv03', XB=35.5,37.5,16.5,17.5,9.0,11.0, COLOR='RED', DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv04', XB=35.5,37.5,32.5,33.5,9.0,11.0, COLOR='RED', DEVC_ID='TIMER->OUT'/

VENT

&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-1 [XMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=20.0,20.0,20.0,30.0,10.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-1 [XMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=2.5,2.5,2.5,30.0,-0.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-1 [YMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=2.5,20.0,2.5,2.5,-0.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-1 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=2.5,20.0,2.5,30.0,17.0,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-2 [XMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=47.5,47.5,2.5,20.0,-0.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-2 [YMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=20.0,30.0,20.0,20.0,10.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-2 [YMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=20.0,47.5,2.5,2.5,-0.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-2 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=20.0,47.5,2.5,20.0,17.0,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-3 [XMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=47.5,47.5,20.0,47.5,-0.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-3 [XMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=30.0,30.0,20.0,30.0,10.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-3 [YMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=30.0,47.5,47.5,-0.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-3 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=30.0,47.5,20.0,47.5,17.0,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-4 [XMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=2.5,2.5,30.0,47.5,-0.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-4 [YMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=2.5,30.0,47.5,47.5,-0.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-4 [YMIN]', SURF_ID='OPEN', XB=20.0,30.0,30.0,30.0,10.5,17.0/
&VENT ID='Mesh Vent: 0,25-4 [ZMAX]', SURF_ID='OPEN', XB=2.5,30.0,30.0,47.5,17.0,17.0/

&VENT ID='Fire', SURF_ID='Brand -17MW', XB=23.5,26.5,23.5,26.5,0.5,0.5, SPREAD_RATE=0.0056585, XYZ=25.0,25.0,0.5/

SLCF

&SPEC ID='SOOT'/

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=25.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBY=25.0/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=25.0/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBY=25.0/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=12.5/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=12.5/
&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=36.5/
&SLCF QUANTITY='VELOCITY', VECTOR=.TRUE., PBX=36.5/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=25.0/
&SLCF QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='SOOT', PBX=12.5/

&SLCF QUANTITY='MASS FRACTION', SPEC_ID='SOOT', PBX=36.5/

&TAIL/

E.3.1. Del_0.5xTilluft

&DEVC ID='Soot_Door_1.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=23.0,27.0,4.25,4.25,0.0,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_1.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=23.0,27.0,4.25,4.5,5.0,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_2.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=23.0,27.0,45.25,45.25,0.0,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_2.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=23.0,27.0,45.0,45.25,5.0,5.0/

&DEVC ID='Flow_Door_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=24.5,25.5,5.0,5.0,0.0,2.0/
&DEVC ID='Flow_Door_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=24.5,25.5,45.0,45.0,0.0,2.0/

&HOLE ID='Door', XB=24.5,25.5,4.4,5.1,0.0,2.0/
&HOLE ID='Door', XB=24.5,25.5,44.9,45.6,0.0,2.0/

E.3.2. Del_2xTilluft

&DEVC ID='Soot_Door_1.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=22.0,28.0,4.25,4.25,0.0,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_1.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=22.0,28.0,4.25,4.5,5.0,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_2.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=22.0,28.0,45.25,45.25,0.0,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_2.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=22.0,28.0,45.0,45.25,5.0,5.0/

&DEVC ID='Flow_Door_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=23.0,27.0,5.0,5.0,0.0,2.5/
&DEVC ID='Flow_Door_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=23.0,27.0,45.0,45.0,0.0,2.5/

&HOLE ID='Door', XB=23.0,27.0,4.4,5.1,0.0,2.0/
&HOLE ID='Door', XB=23.0,27.0,44.9,45.6,0.0,2.0/

E.3.3. Del_2xFrånluft

&DEVC ID='Soot_bgv_01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.5,13.5,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.5,13.5,24.5,25.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.5,13.5,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_04', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=24.0,26.0,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_05', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=24.0,26.0,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_06', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=36.5,38.5,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_07', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=36.5,38.5,24.5,25.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_08', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=36.5,38.5,36.5,37.5,10.5,10.5/

&DEVC ID='Soot_Door_1.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=22.0,28.0,4.25,4.25,0.5,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_1.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=22.0,28.0,4.25,4.5,5.0,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_2.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=22.0,28.0,45.25,45.25,0.5,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_2.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=22.0,28.0,45.0,45.25,5.0,5.0/

&DEVC ID='Flow_bgv_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.5,13.5,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.5,13.5,24.5,25.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_03', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.5,13.5,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=24.0,26.0,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_05', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=24.0,26.0,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_06', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=36.5,38.5,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_07', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=36.5,38.5,24.5,25.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_08', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=36.5,38.5,36.5,37.5,10.5,10.5/

&DEVC ID='Flow_Door_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=23.0,27.0,5.0,5.0,0.5,2.5/
&DEVC ID='Flow_Door_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=23.0,27.0,45.0,45.0,0.5,2.5/

&DEVC ID='Temp1.10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,13.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,25.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,37.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=25.0,13.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=25.0,37.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=37.5,13.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=37.5,25.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=37.5,37.0,9.9/

&DEVC ID='Tryck_01', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=12.5,13.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_02', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=12.5,25.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_03', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=12.5,37.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_04', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=25.0,13.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_05', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=25.0,37.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_06', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=37.5,13.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_07', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=37.5,25.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_08', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=37.5,37.0,9.9/

&HOLE ID='Door', XB=23.0,27.0,4.4,5.1,0.0,2.0/
&HOLE ID='Door', XB=23.0,27.0,44.9,45.6,0.0,2.0/

&HOLE ID='bgv01', XB=11.5,13.5,12.5,13.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT/
&HOLE ID='bgv02', XB=11.5,13.5,24.5,25.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT/
&HOLE ID='bgv03', XB=11.5,13.5,36.5,37.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT/
&HOLE ID='bgv04', XB=24.0,26.0,12.5,13.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT/
&HOLE ID='bgv05', XB=24.0,26.0,36.5,37.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT/
&HOLE ID='bgv07', XB=36.5,38.5,24.5,25.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT/
&HOLE ID='bgv06', XB=36.5,38.5,12.5,13.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT/
&HOLE ID='bgv08', XB=36.5,38.5,36.5,37.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT/'

E.3.4. Del_3xFrånluft

&DEVC ID='Soot_bgv_01', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.5,13.5,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.5,13.5,18.5,19.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_03', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.5,13.5,24.5,25.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_04', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=11.5,13.5,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_05', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=17.75,19.75,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_06', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=24.0,26.0,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_07', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=36.5,38.5,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_08', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=36.5,38.5,30.5,31.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_09', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=36.5,38.5,24.5,25.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_10', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=36.5,38.5,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_11', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=30.25,32.25,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Soot_bgv_12', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL', XB=24.0,26.0,12.5,13.5,10.5,10.5/'

&DEVC ID='Soot_Door_1.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=20.0,30.0,4.25,4.25,0.5,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_1.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=20.0,30.0,4.25,4.25,0.5,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_2.01', QUANTITY='MASS FLUX Y', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=20.0,30.0,45.25,45.25,0.5,5.0/
&DEVC ID='Soot_Door_2.02', QUANTITY='MASS FLUX Z', SPEC_ID='SOOT', STATISTICS='AREA INTEGRAL',XB=20.0,30.0,45.0,45.25,0.5,5.0/'

&DEVC ID='Flow_bgv_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.5,13.5,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.5,13.5,18.5,19.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_03', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.5,13.5,24.5,25.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_04', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=11.5,13.5,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_05', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=17.75,19.75,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_06', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=24.0,26.0,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_07', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=36.5,38.5,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_08', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=36.5,38.5,30.5,31.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_09', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=36.5,38.5,24.5,25.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_10', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=36.5,38.5,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_11', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=30.25,32.25,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Flow_bgv_12', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=24.0,26.0,12.5,13.5,10.5,10.5/'

&DEVC ID='Flow_Door_01', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=22.0,28.0,5.0,5.0,0.5,2.5/
&DEVC ID='Flow_Door_02', QUANTITY='VOLUME FLOW', XB=22.0,28.0,45.0,45.0,0.5,2.5/'

&DEVC ID='Mass_bgv_01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=11.5,13.5,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_bgv_02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=11.5,13.5,18.5,19.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_bgv_03', QUANTITY='MASS FLOW', XB=11.5,13.5,24.5,25.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_bgv_04', QUANTITY='MASS FLOW', XB=11.5,13.5,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_bgv_05', QUANTITY='MASS FLOW', XB=17.75,19.75,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_bgv_06', QUANTITY='MASS FLOW', XB=24.0,26.0,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_bgv_07', QUANTITY='MASS FLOW', XB=36.5,38.5,36.5,37.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_bgv_08', QUANTITY='MASS FLOW', XB=36.5,38.5,30.5,31.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_bgv_09', QUANTITY='MASS FLOW', XB=36.5,38.5,24.5,25.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_bgv_10', QUANTITY='MASS FLOW', XB=36.5,38.5,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_bgv_11', QUANTITY='MASS FLOW', XB=30.25,32.25,12.5,13.5,10.5,10.5/
&DEVC ID='Mass_bgv_12', QUANTITY='MASS FLOW', XB=24.0,26.0,12.5,13.5,10.5,10.5/'

&DEVC ID='Mass_Door_01', QUANTITY='MASS FLOW', XB=22.0,28.0,5.0,5.0,0.5,2.5/
&DEVC ID='Mass_Door_02', QUANTITY='MASS FLOW', XB=22.0,28.0,45.0,45.0,0.5,2.5/'

&DEVC ID='Temp1.01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,13.0,1.0/
&DEVC ID='Temp1.02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,13.0,2.0/
&DEVC ID='Temp1.03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,13.0,3.0/
&DEVC ID='Temp1.04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,13.0,4.0/
&DEVC ID='Temp1.05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,13.0,5.0/
&DEVC ID='Temp1.06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,13.0,6.0/
&DEVC ID='Temp1.07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,13.0,7.0/
&DEVC ID='Temp1.08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,13.0,8.0/
&DEVC ID='Temp1.09', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,13.0,9.0/
&DEVC ID='Temp1.10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,13.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,19.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,25.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=12.5,37.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=18.75,37.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_06', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=25.0,37.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_07', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=37.5,37.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_08', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=37.5,31.0,9.9/'

&DEVC ID='Temp_bgv_09', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=37.5,25.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_10', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=37.5,13.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_11', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=31.25,13.0,9.9/
&DEVC ID='Temp_bgv_12', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=25.0,13.0,9.9/

&DEVC ID='Tryck_01', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=12.5,13.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_02', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=12.5,19.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_03', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=12.5,25.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_04', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=12.5,37.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_05', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=18.75,37.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_06', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=25.0,37.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_07', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=37.5,37.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_08', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=37.5,31.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_09', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=37.5,25.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_10', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=37.5,13.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_11', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=31.25,13.0,9.9/
&DEVC ID='Tryck_12', QUANTITY='PRESSURE', XYZ=25.0,13.0,9.9/

&HOLE ID='Door', XB=22.0,28.0,44.9,45.6,0.0,2.0/
&HOLE ID='Door', XB=22.0,28.0,4.4,5.1,0.0,2.0/

&HOLE ID='bgv01', XB=11.5,13.5,12.5,13.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv02', XB=11.5,13.5,18.5,19.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv03', XB=11.5,13.5,24.5,25.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv04', XB=11.5,13.5,36.5,37.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv05', XB=17.75,19.75,36.5,37.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv06', XB=24.0,26.0,36.5,37.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv07', XB=36.5,38.5,36.5,37.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv08', XB=36.5,38.5,30.5,31.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv09', XB=36.5,38.5,24.5,25.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv10', XB=36.5,38.5,12.5,13.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv11', XB=30.25,32.25,12.5,13.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/
&HOLE ID='bgv12', XB=24.0,26.0,12.5,13.5,9.0,11.0, RGB=223.0,4.0,0.0, DEVC_ID='TIMER->OUT'/