

Riskutredning av Nordsjö Måleriservice i Malmö

samt brandförsök med färgprodukter

***Mattias Johansson
Gustaf Sandell***

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 5116, Lund 2002

**Riskutredning av
Nordsjö Måleriservice i Malmö**
samt brandförsök med färgprodukter

**Mattias Johansson
Gustaf Sandell**

Lund 2002

Riskutredning av Nordsjö Måleriservice i Malmö samt brandförsök med färgprodukter

Mattias Johansson
Gustaf Sandell

Report 5116
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--5116--SE

Number of pages: 84

Keywords
Risk assessment, fire experiment, flammable liquid, paint products.

Sökord
Riskutredning, brandförsök, brandfarlig vätska, färgprodukter.

Abstract
This report covers risk assessment of a paint wholesaler and retail store. Fire experiments with paint products are carried out and evaluated.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2002.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60

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

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60

Sammanfattning

Arbetet är utfört i två separata delar, en teoretisk och en praktisk. Den teoretiska delen består av en riskutredning av Nordsjö Måleriservice i Malmö och den praktiska av ett brandförsök med färgprodukter.

Riskutredning

Bakgrunden till riskutredningen är att Nordsjö Måleriservice har sökt nytt tillstånd angående hantering av brandfarlig vätska. För att även i fortsättningen få förvara så stora mängder brandfarlig vätska måste en särskild utredning utföras. Detta eftersom lagstiftning och föreskrifter beträffande denna hantering har ändrats sedan det förra tillståndet beviljades.

Riskutredningen utförs som en variant av förslaget till riskutredningsprocess enligt sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 2000:2) om hantering av brandfarliga vätskor. Först bestäms skyddsmål för objektet i samarbete med företaget. Därefter identifieras och värderas brand- och explosionsrisker för objektet. Utifrån dessa görs en bedömning om brandsäkerheten vid objektet i dagsläget uppfyller de uppsatta skyddsmålen.

För att uppfylla skyddsmålen undersöks lämpliga åtgärdsalternativ. Därefter ges förslag på åtgärder som skall genomföras för att uppfylla skyddsmålen och därmed minska brand- och explosionsrisken till en acceptabel nivå. De åtgärder som enligt denna utredning måste utföras för att få ett förnyat tillstånd är:

- Installation av utrymningslarm
- Installation av gasdetektion i det brandavskilda rummet
- Anpassning av lagerkonfiguration och hantering beträffande brandfarlig vätska
- Utbildning av personal med avseende på brandsäkerhet
- Omskyltning av gångväg till utrymningsväg

Ett förnyat tillstånd med samma mängd brandfarlig vätska som i dagsläget anses därför skäligt under förutsättning att åtgärdsförslagen genomförs.

Brandförsök

Bakgrunden till brandförsöket är att undersöka om plåtförpackningar är säkrare än plastförpackningar vid brand. Detta eftersom Akzo Nobel hanterar färgprodukter med brandfarlig vätska, klass 2b, i plåtförpackning. Brandförsöket utförs vid Malmö brandkårs övningsfält.

Brandförsöket dokumenteras med videokameror såväl inne i brandrummet som utanför. Termoelement monteras i brandrummet och i öppningen för att mäta temperaturen i brandgaserna. En uppskattning av effekten utförs, vilken används som hjälp vid framtagning av dimensionerande brand i riskutredningen.

Summary

The project is carried out in two parts, one theoretical and one practical. The theoretic part is a risk assessment of Nordsjö Måleriservice in Malmö, Sweden. The practical part is a fire experiment with paint products.

Risk assessment

The background to the risk assessment is that Nordsjö Måleriservice has applied for a renewed licence concerning the handling of flammable liquids. In order to be allowed to handle the same amount of flammable liquids as before a special investigation has to be carried out. This is because the laws and regulations concerning this kind of handling have changed since the last licence was granted.

The risk assessment is carried out as a variation of the suggested method according to the regulations (SÄIFS 2000:2). Safety goals concerning the security level for the object are established in cooperation with the company. Fire and explosion risks are identified and evaluated for the object. On the basis of the fire and explosion risks an estimation is performed to see if the fire safety today is acceptable concerning the safety goals.

In order to satisfy the safety goals appropriate measure alternatives are investigated. On the basis of this the most suitable measures are proposed in order to satisfy the safety goals and thereby lower the fire and explosion risks to an acceptable level. According to this assessment the measures that have to be carried out in order to get a renewed license are:

- Installation of an evacuation alarm
- Installation of a gas detector in the flammable liquid storage room
- Adjustment of the storage and handling concerning flammable liquids
- Fire safety education of the staff
- Rearrangement of the evacuation path to one of the emergency exits

A renewed license allowing the handling of the same amount of flammable liquids as before is considered reasonable under condition that the proposed safety measures are implemented.

Fire experiment

The background to the fire experiment is to investigate if metal containers are more safe than plastic ones during a fire. This is because Akzo Nobel handles flammable paint products (class 2b) in metal containers. The fire experiment is carried out at the Malmö fire department exercise facility.

The experiment is documented with video cameras both inside and outside the compartment. Thermocouples are placed in the compartment for temperature measurements. An estimation of the heat output is made, which is used when setting the design fire in the risk assessment.

Förord

Under arbetet med denna rapport har ett antal personer varit till stor hjälp och bidragit med information. Ett stort tack riktas till följande personer:

Vår uppdragsgivare **Christer Holmberg**, industribrandchef vid Akzo Nobel i Malmö

Vår handledare **Göran Holmstedt**, professor vid brandteknik, Lunds tekniska högskola

Sven-Ingvar Granemark, forskningsingenjör vid brandteknik, Lunds tekniska högskola

Jan Olsson, butikschef vid Nordsjö Måleriservice i Malmö

Mattias Johansson

Gustaf Sandell

Innehåll

1 Inledning	11
1.1 Bakgrund	11
1.1.1 Riskutredning	11
1.1.2 Brandförsök	11
1.2 Syfte	11
1.3 Metod för riskutredning	11
2 Lagstiftning	13
2.1 Brandfarlig vätska	13
2.1.1 Märkning av brandfarlig vätska	13
2.2 Tillstånd för hantering av brandfarlig vätska	14
2.3 Hantering av brandfarlig vätska	15
2.3.1 Övergripande hantering	15
2.3.2 Förvaring	15
2.3.3 Kompetens	16
2.3.4 Riskutredning	16
3 Skyddsmål	17
4 Objektsbeskrivning	19
4.1 Yrkesbutik	19
4.2 Konsumentbutik	19
4.3 Kontor	20
4.4 Angränsande verksamhet	20
4.5 Personal	20
4.6 Tillbudsstatistik	20
5 Identifikation och bedömning av riskkällor	23
5.1 Utspill av brandfarlig vätska klass 1 som antänds	23
5.1.1 Utspill i brandavskilt rum	23
5.1.2 Utspill i anslutning till pallställ med brandfarlig vätska	24
5.1.3 Utspill i anslutning till antändbart material	24
5.2 Tekniskt fel	24
5.3 Anlagd brand	24
5.4 Brand- och brandgasspridning från annan lokal	25
5.5 Självantändning	25
5.6 Explosion i det brandavsilda rummet	25
5.7 Möjligt skadeutfall beträffande egendom	25
5.8 Miljö	26
6 Bedömning av personsäkerhet vid brand	27
6.1 Dimensionerande brand	27
6.1.1 Scenario 1 – Brand i pallställ med brandfarlig vätska	28
6.1.2 Scenario 2 – Brand i tapetlager	28
6.1.3 Scenario 3 – Brand i vitvarubutiken	29
6.2 Resultat av brandgasspridningsberäkningar	29
6.3 Utrymning	29

6.3.1 Personantal	29
6.3.2 Utrymningsvägar och nödutgångar	30
6.4 Resultat av utrymningsberäkningar.....	30
6.5 Sammanställning av simuleringresultat.....	31
7 Värdering av risk	33
7.1 Människa	33
7.2 Egendom.....	33
7.3 Miljö	33
8 Möjliga brandskyddsåtgärder.....	35
8.1 Aktiva system	35
8.1.1 Släcksystem	35
8.1.2 Detektionssystem	35
8.1.3 Brandgasventilation.....	35
8.2 Passiva system.....	36
8.2.1 Brandcellsindelning.....	36
8.3 Organisation	36
8.3.1 Systematiskt brandskyddsarbete	36
8.3.2 Utbildning av personal	38
8.3.3 Lagring och förvaring.....	38
9 Förslag på åtgärder	39
9.1 Utrymnings- och brandlarm	39
9.2 Lagerkonfiguration och hantering.....	39
9.3 Utbildning.....	40
9.4 Systematiskt brandskyddsarbete	40
9.5 Utrymningsvägar.....	40
9.6 Angränsande verksamhet	40
10 Värdering av risk efter utförda åtgärdsförslag.....	41
10.1 Människa	41
10.2 Egendom och miljö	41
10.3 Slutsats	41
Referenser.....	43
Bilaga A: Brandförsök med brandfarlig vätska klass 2b i plåtburk	45
Bilaga B: Massavbrinning (cellulosaförtunning)	61
Bilaga C: Bestämning av förbränningsvärmets (cellulosaförtunning)	67
Bilaga D: Beräkningar för brandgasspridning	69
Bilaga E: Simulering av förflyttningstid.....	77
Bilaga F: Frekvenser och sannolikheter.....	81
Bilaga G: Jämförelse av brandskadekostnader.....	83

1 Inledning

Denna rapport är resultatet av kursen *problembaserad brandteknisk riskhantering (10 poäng)* vilken ingår i brandingenjörsprogrammet vid Lunds tekniska högskola. Arbetet är utfört i två separata delar, en teoretisk och en praktisk. Den teoretiska delen består av en riskutredning av Nordsjö Måleriservice i Malmö och den praktiska av ett brandförsök med färgprodukter. Arbetet är utfört på uppdrag av Christer Holmberg, industribrandchef vid Akzo Nobel i Malmö.

1.1 Bakgrund

1.1.1 Riskutredning

Vid hantering av brandfarlig vara måste tillstånd sökas hos kommunens byggnadsnämnd. För Nordsjö Måleriservice i Malmö medger tillståndet i dagsläget hantering av 500 l brandfarlig vätska klass 1 och 2a samt 20 000 l klass 2b och 3. Detta tillstånd gäller t.o.m. december 2002. Nytt tillstånd har därför sökts och är under behandling.

Lagstiftning och föreskrifter beträffande denna hantering har ändrats sedan det förra tillståndet beviljades. För att även i fortsättningen få förvara så stora mängder brandfarlig vätska måste en särskild utredning utföras.

I dagsläget får Måleriservice dagliga leveranser för att tillgodose efterfrågan. En sänkning av tillståndet skulle medföra att antalet leveranser måste ökas avsevärt.

1.1.2 Brandförsök

Inom Akzo Nobel hanteras färgprodukter med brandfarlig vätska, klass 2b, i plåtförpackning. För att undersöka om plåtförpackningar är säkrare än plastförpackningar beslutades att ett brandförsök skulle genomföras. Detta för att studera plåtförpackningars uppträdande under brandpåverkan.

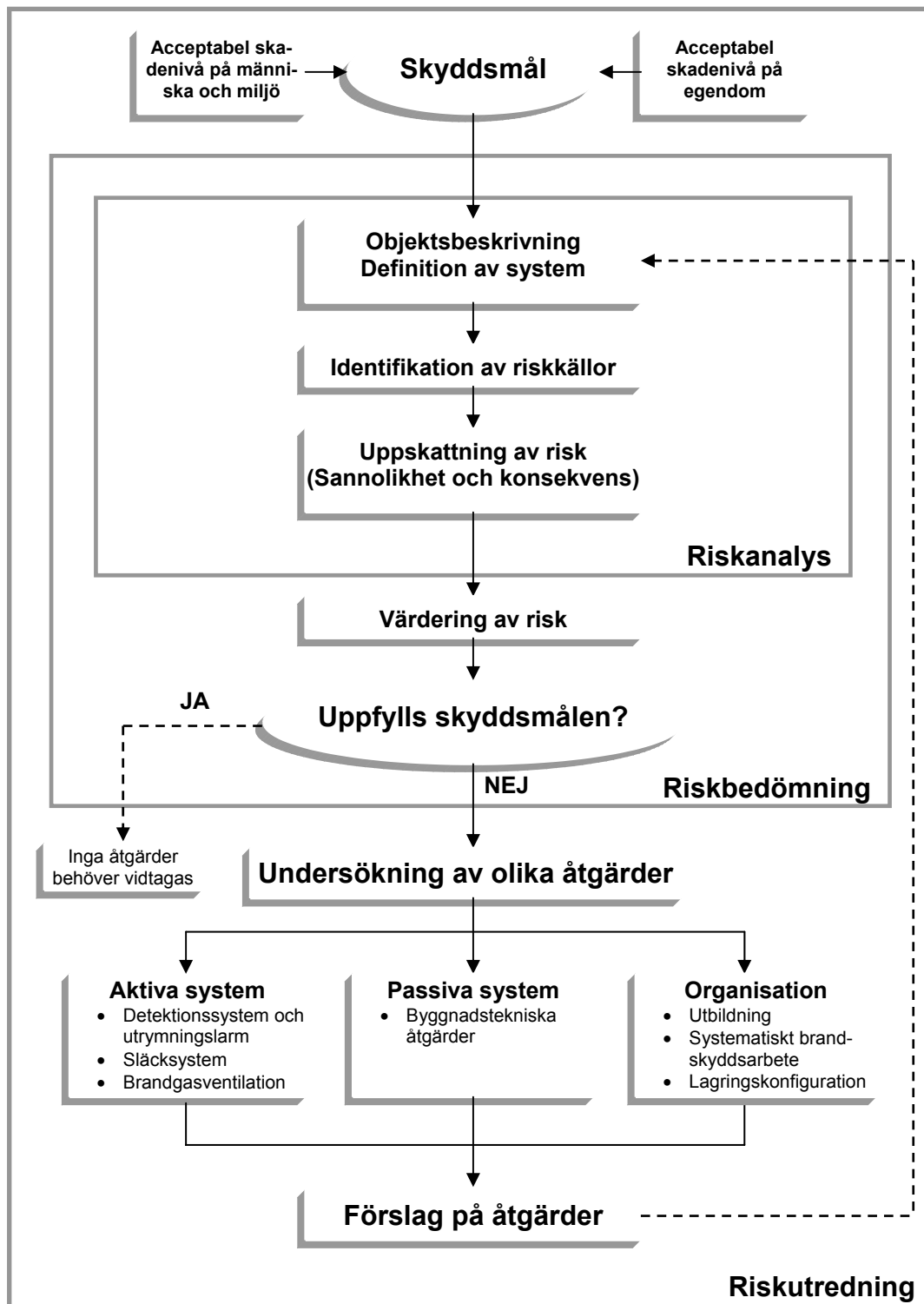
1.2 Syfte

Ett syfte med rapporten är att presentera resultatet av en riskutredning för hantering av brandfarlig vätska vid Nordsjö Måleriservice i Malmö.

Syftet med brandförsöket är att få en bild av hur plåtburkar med färg (brandfarlig vätska klass 2b) uppför sig vid brandpåverkan när de är lagrade på träpallar i pallställ av stål. Resultatet av brandförsöket redovisas i bilaga A.

1.3 Metod för riskutredning

Riskutredningen utförs enligt flödesschemat i figur 1.1. Metoden är en variant på förslaget till riskutredningsprocess enligt sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 2000:2) om hantering av brandfarliga vätskor.



Figur 1.1: Flödesschema över riskutredning.

2 Lagstiftning

Eftersom nytt tillstånd är sökt för objektet beträffande hantering av brandfarlig vätska samt att reglerna för hanteringen har ändrats sedan det senaste tillståndet utfärdades, finns det anledning att titta närmare på gällande lagstiftning. De nya bestämmelserna skall tillämpas i sin helhet för sådan hantering för vilket nytt eller förnyat tillstånd söks efter den 31 december 2002. Det är först och främst ”lagen (1988:868) om brandfarliga och explosiva varor (LBE)” samt ”förordningen (1988:1145) om brandfarliga och explosiva varor (FBE)” som styr hanteringen av brandfarlig vätska.

Sprängämnesinspektionen (numera del i Räddningsverket) har utfärdat föreskrifter (SÄIFS) som styr hanteringen lite mer detaljerat än vad som går att utläsa i lagen och förordningen. De föreskrifter som främst måste beaktas vid ett nytt tillstånd av brandfarlig vätska för objektet är:

- Tillstånd och hantering av brandfarliga gaser och vätskor (SÄIFS 1995:3)
- Hantering av brandfarliga vätskor (SÄIFS 2000:2)
- Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på försäljningsställen (SÄIFS 1996:2)

I detta kapitel behandlas den del av lagstiftning och föreskrifter som bedöms vara av störst betydelse för bedömningen av brandsäkerheten för objektet, vid utfärdandet av förnyat tillstånd för hantering av brandfarlig vätska.

2.1 Brandfarlig vätska

De vätskor som har en flampunkt på 100°C eller lägre samt de blandningar innehållande sådana vätskor, vilka anges av Räddningsverket, klassas som brandfarlig vätska. De brandfarliga vätskorna delas in i olika klasser beroende på flampunkt. Detta görs enligt följande:

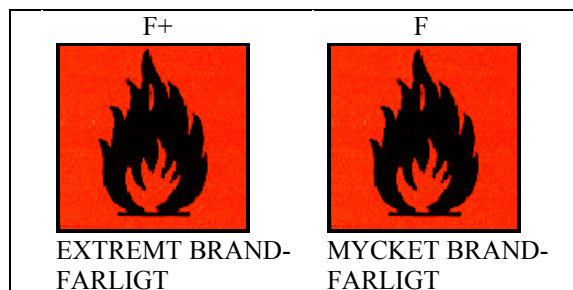
- Klass 1:** Flampunkt på 21°C och där under
- Klass 2a:** Flampunkt mellan 21 – 30°C
- Klass 2b:** Flampunkt mellan 30 – 55°C
- Klass 3:** Flampunkt mellan 55 – 100°C

2.1.1 Märkning av brandfarlig vätska

Alla förpackningar med brandfarlig vätska skall enligt SÄIFS (1995:5) märkas med:

- Varans namn eller benämning
- Riskfras
- Skyddsfras
- Namn, adress och telefonnummer till den som ansvarar för märkningen
- EG-nummer

Förpackningar med klass 1 vätska måste dessutom märkas med en farosymbol enligt figur 2.1. Är flampunkten under 0°C och kokpunkten under 35°C skall märkningen vara F+ ”extremt brandfarlig vätska” för övriga klass 1 vätskor skall märkningen vara F ”mycket brandfarlig vätska”. Brandfarlig vätska i klass 2a, 2b och 3 behöver inte märkas med farosymbol.



Figur 2.1: Farosymboler för brandfarlig vätska klass 1

2.2 Tillstånd för hantering av brandfarlig vätska

Tillstånd för yrkesmässig hantering prövas av byggnadsnämnden i kommunen. Innan en sådan nämnd meddelar ett tillstånd eller förhandsbesked skall nämnden (om inte omständigheterna i ärendet gör det onödigt) samråda med den kommunala räddningstjänsten, Räddningsverket samt andra kommunala och statliga myndigheter vars verksamheter berörs av ärendet. Det är den kommunala räddningstjänsten som utövar tillsyn av att lag samt de föreskrifter och villkor som meddelats med stöd av lagen för hantering av brandfarlig vätska efterföljs.

Vid hantering av brandfarlig vätska på försäljningsställe överstigande 100 l krävs tillstånd enligt SÄIFS (1996:2). Tillståndet är till för att myndigheterna skall kunna kontrollera att skyddet mot brand och explosion är tillräckligt. Tillståndet gäller bara under en viss tidsperiod. Ett huvudsyfte med omprövning vid ansökan om förnyat tillstånd är att anpassa tillstånden till de ändringar av regler eller praxis som kan ha skett sedan föregående beslut till följd av den fortsatta tekniska utvecklingen.

För att helt anpassa hanteringen av brandfarlig vätska från den gamla till den nya lagstiftningen kan det innebära stora krav på ombyggnader eller andra investeringar som inte alltid kan bedömas ge motsvarande vinster ur skyddssynpunkt. Det finns dock möjligheter att utföra s.k. tekniska byten. Skulle även tekniska byten medföra orimliga kostnader finns det möjlighet att söka dispens hos Räddningsverket som med stöd i 29 § FBE kan göra avkall på de krav som anses som alltför stränga i det enskilda fallet.

I de fall då det anses som nödvändigt med större ombyggnation kan handläggande myndighet utfärda en förlängning av tillståndet. Förlängningstiden bör då anpassas till den tid som anses som rimlig för att utföra ombyggnationen.

2.3 Hantering av brandfarlig vätska

2.3.1 Övergripande hantering

Enligt LBE (1988:868) 7 § skall den som hanterar brandfarliga varor vidta de åtgärder och de försiktighetsmått som behövs för att förhindra brand och för att förebygga och begränsa skador på liv, hälsa, miljö eller egendom genom brand.

I SÄIFS 2000:2 kan man utläsa att verksamhetsområde där brandfarlig vätska hanteras skall vara anpassat till hanteringen och planerat så att konsekvenserna av en olycka så långt möjligt begränsas. Från hanteringsplatsen skall leda ett tillräckligt antal lämpligt belägna utrymningsvägar.

Miljöpåverkan som en brand kan ge har tillkommit i lagen 1 jan. 1999. Då kunskapen om konsekvenserna för miljön vid en icke avsedd brand är otillräcklig finns ännu inga föreskrifter för hur detta ska regleras. Frågan är dock under utredning och kommer troligtvis att regleras i kommande föreskrifter.

2.3.2 Förvaring

Enligt FBE (1988:1145) 15 § får brandfarliga eller explosiva varor inte förvaras i större mängd än att förvaringen är betryggande från brand- och explosionssynpunkt. Olika slag av sådana varor får inte förvaras tillsammans eller med andra varor, om risken för skada genom brand eller explosion därigenom ökar.

Kraven på brandteknisk avskiljning och invallning styrs i kap. 6 SÄIFS (2002:2) där det även anges att brandfarlig vätska inte får förvaras tillsammans med brandfarlig gas eller lättantändligt gods. I kap. 7 står det att lösa behållare med vätskor klass 1 och 2a skall hållas gruppvis åtskilda från lösa behållare för vätskor klass 2b och 3.

I SÄIFS (1996:2) tilläggs att avståndet till antändbart material bör vara minst 6 m. Samt att avstånd från utrymningsväg till större mängd än 100 l brandfarlig vätska bör vara minst 12 m för att utrymningen ska kunna ske på ett säkert sätt. Med antändbart material menas enligt föreskrift sådant material som kan antändas med låga eller gnista, exempelvis papper (t.ex. massivt trä som anses svårantändligt avses inte).

De mängder brandfarlig vätska som får förvaras på försäljningsställen styrs av SÄIFS (1996:2). Om inte särskild utredning genomförs får de mängder som presenteras i tabell 2.1 förvaras.

Försäljningsarea	Vätska klass 1 och 2a samt klass 2b och 3 i plast/bräcklig förpackning	Vätska klass 2b och 3
200 – 1000 m ²	500	2000
1000 m ² –	500	4000

Tabell 2.1

I förvarings- och försäljningslokal där brandfarlig vätska hanteras avskilt från övrig verksamhet med en brandteknisk avskiljning på EI 90 får den totala mängden av brandfarlig vätska som förvaras uppgå till 10 000 liter. Utrymmet skall även vara ventilerat samt säkrat från att uttrinnande vätska kan sprida sig utanför utrymmet.

2.3.3 Kompetens

Enligt 8 § LBE (1988:868) skall den som bedriver yrkesmässig verksamhet, i vilken ingår hantering av brandfarliga eller explosiva varor ha den kompetens eller tillgång till kompetens som behövs med hänsyn till hanterings omfattning och varornas egenskaper.

Enligt 36 § FBE (1988:1145) skall den som har tillstånd till hantering av brandfarliga varor utse en eller flera föreståndare. Enligt 37 § skall föreståndaren vara lämplig för uppgiften samt ha goda kunskaper och erfarenheter av de varor som hanteras.

2.3.4 Riskutredning

Enligt 9 § LBE (1988:868) skall den som bedriver verksamhet, i vilken ingår yrkesmässig hantering av brandfarliga eller explosiva varor, se till att det finns tillfredsställande utredning om riskerna för brand och explosion i verksamheten och om de skador som därvid kan uppkomma.

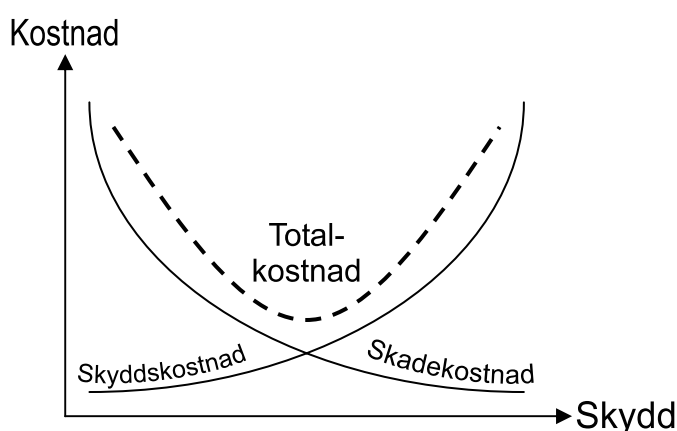
Begreppet ”tillfredsställande utredning om risker för brand och explosion” innebär att de som yrkesmässigt hanterar brandfarliga vätskor skall veta vilka risker hanteringen innebär. Detta medför att den som hanterar måste veta vilka egenskaper de brandfarliga vätskorna har och vilka risker dessa innebär. Riskutredningen kan även användas för en mer anpassad tillämpning av de nya föreskrifterna. Det finns därmed utrymme för s.k. tekniska byten om man kan visa att säkerhetsnivån upprätthålls.

Riskutredningens omfattning skall vara anpassad till den faktiska risknivån. För enkla fall kan bedömning på plats vara tillräcklig medan det för mer komplicerade fall kan behövas riskanalys med konsekvensutredning. Förslag till utformning och omfattning av riskutredning finns i allmänna råd till SÄIFS (2000:2).

3 Skyddsmål

Skyddsmålet anger de kriterier för skadenivån som anses acceptabel ur människo-, miljö- och egendomssynpunkt. Ett grundläggande kriterium för Akzo Nobel är att gällande lagstiftning skall följas. Det övergripande skyddsmålet är att förhindra uppkomst av brand samt begränsa skador på människa, miljö och egendom vid brand. Det primära är dock att en acceptabel skyddsnivå beträffande personsäkerhet uppnås.

Effekten av brandbegränsande åtgärder med avseende på egendomsskador skall ske i proportion till dess kostnad. Skadekostnaden måste sjunka för att en skyddsåtgärd skall vara ekonomiskt motiverad. Detta åskådliggörs i figur 3.1. I skadekostnaden för objektet ingår den ökade hanteringskostnad som ett tillstånd med mindre mängd brandfarlig vätska medför. Skadekostnaden inbegriper dock inte skador på människa och miljö.



Figur 3.1: Skydds- och skadekostnadskurvor för egendomsskador /ref. 1/.

Det ideala vid utformning av egendomsskyddet är att hamna i den punkt där kurvorna för skydds- och skadekostnader korsar varandra. Punkten är dock svårfunnen men det är bättre att ligga till höger då det innebär en högre skyddsnivå för verksamheten.

Målet för denna utredning är inte att hitta den lägsta punkten för totalkostnaden, då det i första hand är personsäkerheten som styr skyddskostnaden. Även miljöaspekter måste enligt lag beaktas vid utformningen av de brandbegränsande åtgärderna trots att det ännu inte finns några föreskrifter för detta.

4 Objektsbeskrivning

Nordsjö Måleriservice i Malmö är en av Akzo Nobel helägd butik. Verksamheten består av försäljning av måleriprodukter samt tapeter till konsument och yrkesmålare. Butiken är belägen i utkanten av centrala Malmö.

För objektet finns tillstånd att hantera 20 000 liter brandfarlig vätska klass 2b och 3 samt 500 l klass 1 och 2a. Butiken får dagliga leveranser av brandfarlig vätska.

Lokalen är uppdelad i en konsumentbutik (950 m²) och en yrkesbutik (770 m²) samt en kontorsdel (350 m²). Butiksdelarna skiljs åt med en skärmvägg som går upp till ca 2/3 av takhöjden. Skärmväggen består av spånskivor och träreglar. Lokalerna är inrymda i en enplansbyggnad.

Verksamhetens ventilationssystem är uppdelat på så vis att brandspridning till angränsande verksamhet ej kan ske därigenom.

4.1 Yrkesbutik

I yrkesbutiken sker försäljning till yrkesmålare. Färgprodukter är uppställda dels på trähyllor, dels i pallställ. Det finns både vattenbaserade produkter och produkter som klassas som brandfarlig vätska. Förutom färgprodukter saluförs tapeter samt diverse tillbehör. Tapeterna lagras i trähyllor i den inre delen av lokalen.

För förvaring av brandfarlig vätska klass 1 och 2a finns ett brandavskilt rum utfört i EI 60. Rummet är försett med ett detektionssystem som vid aktivering stänger porten. Detta består av två rökdetektorer, den ena placerad inne i rummet och den andra direkt utanför porten. Porten är uppställd under arbetstid. Övrig tid är den stängd. Rummet har separat till- och frånluftsventilation. Lysrörsarmaturer är i explosionssäker konstruktion och strömbrytare är placerade utanför rummet.

I det brandavskilda rummet förvaras merparten av klass 1 och 2a produkterna men även andra brandfarliga produkter och vattenbaserade produkter. En del klass 1-varor förekommer också ute i yrkesbutiken. Produkterna inne i det brandavskilda rummet förvaras i pallställ och trähyllor liksom i resten av yrkesbutiken. I butiken förvaras färgprodukter av klass 2b och 3 blandat med såväl vattenbaserade produkter som antändbart material, t.ex. rullar med golvpapp.

En miljöstation är upprättad i ena hörnan av lokalen där färgrester kan återlämnas för destruktion. Återlämning sker genom att färgrester hålls i 200 l plåtfat. Vattenbaserade produkter blandas ej med oljebaserade. Kunden håller själv i varorna men detta sker först efter att personalen låst upp utrymmet. Miljöstationen är inte brandtekniskt avskild, den utgörs av två väggar men saknar tak.

4.2 Konsumentbutik

I konsumentbutiken sker försäljning av färgprodukter, tapeter, golv och övriga tillbehör, främst till privatpersoner. I butiken förvaras uppskattningsvis mer än 50 l brand-

farlig vätska klass 1. Dessa produkter förvaras blandat med andra produkter i konventionella butikshyllor av plåt.

4.3 Kontor

I kontorsdelen finns förutom kontor även fikarum och konferensrum. Fönstren i kontorsdelen är gallerförsedda och låsta, vilket medför att de ej kan användas som utrymningsväg.

4.4 Angränsande verksamhet

Granne med Måleriservice ligger en vitvarubutik. Verksamheterna är avskilda med en vägg. Längs merparten av väggen finns en ca 0.7 m hög öppning i takhöjd. Måleriservice och vitvarubutiken är därmed inte brandtekniskt avskilda från varandra vilket medför att de i dagsläget utgör en enda brandcell.

I väster avskiljs lokalen mot angränsande verksamhet (Ahlzell) med en vägg utförd i EI 30.

4.5 Personal

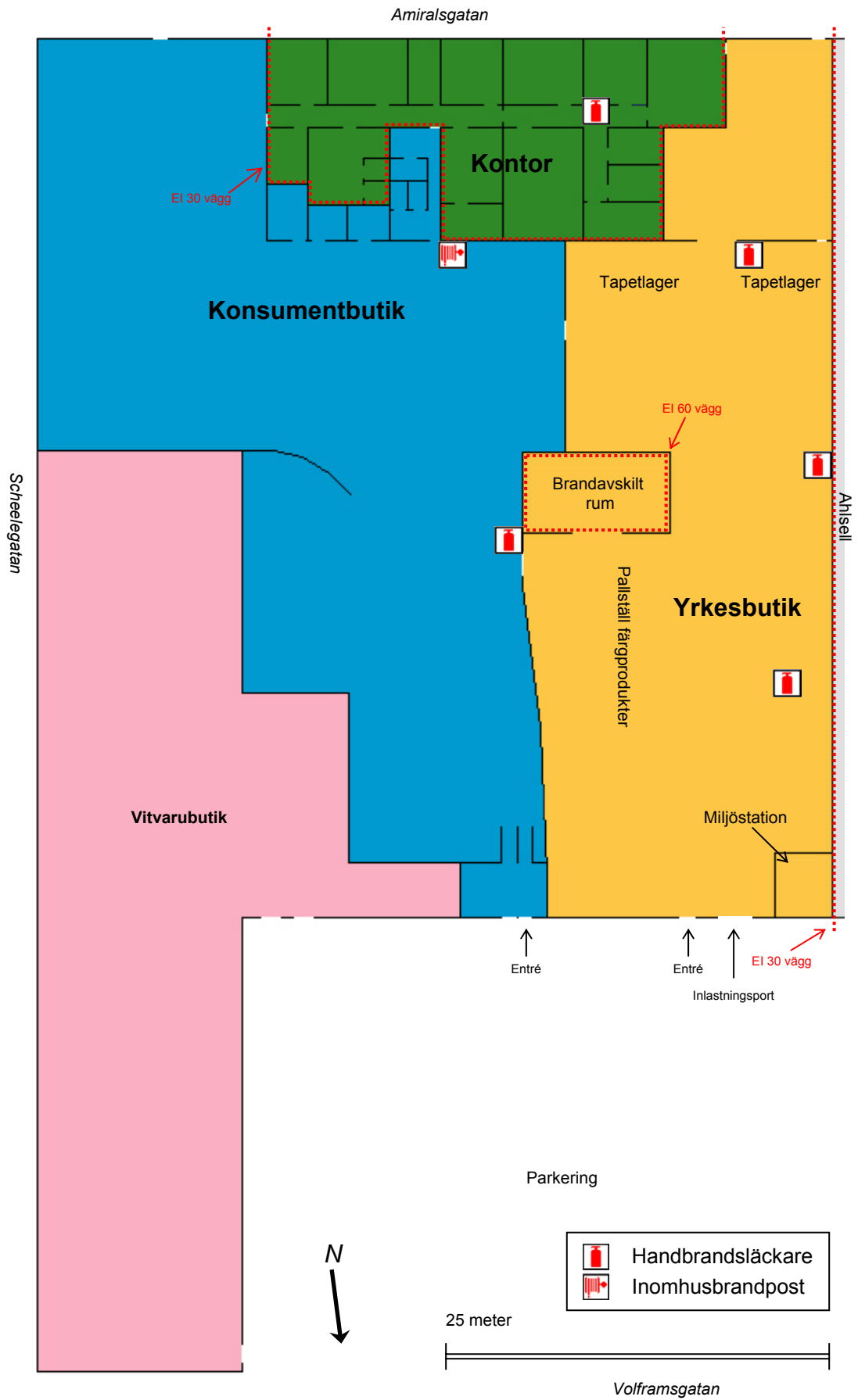
Personalen är fördelad över de olika objektsdelarna enligt tabell 4.1. Vid objektet finns ett antal handbrandsläckare samt en inomhusbrandpost utplacerade men personalen får ingen utbildning i handhavande av utrustningen. I dagsläget finns inga fungerande rutiner beträffande placering av brandfarlig vätska med avseende på klass.

Yrkesbutik	6
Konsumentbutik	9
Kontor	5
Totalt	20

Tabell 4.1: Fördelning av personal.

4.6 Tillbudsstatistik

Efter samtal med butikschef Jan Olsson framgick att ingen brand eller rökutveckling skett inne i lokalerna. Vid ett tillfälle under år 2001 skedde dock mindre rökutveckling utomhus. Detta efter att en nyårsmällare kastats ner i en lövhög som antändes i närheten av ett friskluftsintag varpå rök sögs in i lokalen.



Figur4.1: Situationsplan över Måleriservice i Malmö.

5 Identifikation och bedömning av riskkällor

Inledningsvis identifieras tänkbara riskkällor genom besök vid objektet samt diskussion med Christer Holmberg vid Akzo Nobel. Vidare görs studier av statistiskt material från Räddningsverket.

Vid analysen beaktas endast brand- och explosionsrisker. De brand- och explosionsriskkällor som identifierats är:

- Utspill av brandfarlig vätska klass 1
- Tekniskt fel
- Anlagd brand
- Brand- och brandgasspridning från annan lokal
- Självantändning
- Explosion i det brandavskilda rummet

5.1 Utspill av brandfarlig vätska klass 1 som antänds

Ett brandavskilt rum för förvaring av brandfarlig vätska klass 1 finns beläget mitt i lokalen (se figur 4.1). Ett utspill kan ske antingen i det brandavskilda rummet eller i en annan del av lokalen då man transporterar produkterna vid in- och utlastning. I konsumentbutiken förvaras lösa förpackningar med brandfarlig vätska klass 1. Ett utspill kan ske både då personal och kunder hanterar förpackningarna. Antändningsrisken vid ett utspill är dock väldigt liten.

Brandscenarierna skiljer sig åt beroende på spillens lokalisering och omfattning. Möjliga antändningskällor är gnistor från truck eller gnistor som uppstår p.g.a. potentialskillnader mellan anläggningsdelar. Brandförloppet blir inledningsvis mycket snabbt och om det inte begränsas är sannolikheten stor för brandspridning. Utspill av brandfarlig vätska antas främst kunna ske då personal befinner sig i butiken.

Tre scenarier med utspill av brandfarlig vätska klass 1 som antänds identifieras:

1. Utspill i brandavskilt rum
2. Utspill i anslutning till pallställ med brandfarlig vätska klass 2b och 3
3. Utspill i anslutning till antändbart material

5.1.1 Utspill i brandavskilt rum

Sannolikheten för ett utspill av brandfarlig vätska klass 1 i det brandavskilda rummet är störst vid in- och utlastning. Vid de tillfällen detta sker med truck ökar sannolikheten för antändning av spillet. Detta eftersom trucken utgör en potentiell antändningskälla.

Det brandavskilda rummet är utrustat med automatisk dörrstängning som aktiveras av rökdetektorer. Fungerar systemet sker ingen brandspridning från utrymmet innan räddningstjänsten beräknas vara på plats. Detta då konstruktionen är utförd i EI 60 samt att utrymmet är litet (ca 45 m²) och branden antas snabbt bli ventilationskontrollerad.

Skulle däremot dörren blockeras i öppet läge, exempelvis med trucken, kan brandspredning ske till resten av lokalen. Branden blir inte lika snabbt ventilationskontrollerad vilket leder till att effektutvecklingen blir avsevärt större.

Någon explosion eller BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) förväntas inte kunna inträffa då förpackningarna med brandfarlig vätska utsätts för brandpåverkan. Detta eftersom den typ av förpackning som förvaras i utrymmet antingen tryckavlastar eller smälter vid brandpåverkan.

5.1.2 Utspill i anslutning till pallställ med brandfarlig vätska klass 2b och 3

Vid in- och utlastning av brandfarlig vätska klass 1 passeras pallställ. I dessa pallställ förvaras bl.a. brandfarlig vätska klass 2b och 3. Ett utspill som antänds i anslutning till pallställen förväntas ge ett snabbt brandförlopp. Det finns även risk för att konstruktionen kollapsar vid brandpåverkan (jämför brandförsök bilaga A). Skulle detta inträffa blir konsekvenserna mycket stora eftersom effektutvecklingen ökar dramatiskt då den uppvärmda färgen i burkarna rinner ut och antänds.

5.1.3 Utspill i anslutning till antändbart material

Ett utspill som antänds i anslutning till antändbart material (exempelvis tapetrullar) förväntas också ge ett snabbt brandförlopp.

5.2 Tekniskt fel

Tekniskt fel är den vanligaste brandorsaken för denna typ av verksamhet /ref. 2/. Detta kan ske i form av elektriskt fel genom t.ex. glapp mellan två kontaktdelar vilket kan ge upphov till gnistbildning och värmeutveckling. Sker tekniskt fel med värmeutveckling eller gnistbildning i närheten av antändbart material kan det ge upphov till brand. Konsekvensen av en sådan brand är givetvis starkt beroende av var den börjar och hur den sprider sig.

Den största risken är inte att tekniskt fel leder till direkt antändning av brandfarlig vätska (klass 2b och 3 i plåtburk). Risken är större att tekniskt fel leder till brand i antändligt material som sedan sprider sig till brandfarlig vätska. Detta eftersom det i dagsläget förvaras antändbart material blandat med brandfarlig vätska klass 2b och 3 i pallställ.

5.3 Anlagd brand

En av de vanligaste brandorsakerna för alla typer av verksamheter är anlagd brand. Anlagd brand kan vara rena pyromandåd men även orsakas av människor som av någon anledning hyser agg mot företaget. Den anlagda branden startas ofta m.h.a. någon lättantändlig vätska. Då det finns stora mängder (>50 l) brandfarlig vätska klass 1 placerat i konsumentbutiken utgör detta en potentiell riskkälla med avseende på anlagd brand. Konsekvenserna är direkt jämförbara med scenarierna i avsnitt 5.1.

5.4 Brand- och brandgasspridning från annan lokal

En brand i den angränsande vitvarubutiken kan orsaka brand- och brandgasspridning till objektet då det saknas brandavgränsande sektionering mellan de olika verksamheternas lokaler. Brand- och brandgasspridning från Ahlsell förväntas inte ske lika snabbt eftersom verksamheterna är avskilda med en EI 30-vägg (se figur 4.1).

5.5 Självantändning

Mindre utspill av brandfarlig vätska som torkas upp med trasor kan orsaka självantändning vid felaktig hantering. Exempelvis genom att slänga trasorna i en öppen papperskorg. Antändning kan ske efter flera timmar vilket medför att en brand kan uppstå då butiken är obemannad.

Vid objektets miljöstation samlas olika produkter i öppna fat. Skulle en oxiderande eller reaktiv vara av misstag hållas i ett fat och blandas med brännbara färgprodukter kan värmeutveckling ske, vilket kan ge upphov till en brand.

5.6 Explosion i det brandavskilda rummet

För att en explosion i det brandavskilda rummet ska kunna ske krävs att en serie händelser inträffar samtidigt. Ett läckage av brandfarlig vätska klass 1 som kan bilda (med avseende på brännbarhetsområde och ångtryck) en brännbar blandning med luften. En sådan koncentration förväntas bara kunna uppstå då dörren till utrymmet är stängd (vilket den är nattetid) samtidigt som ventilationen är avstängd. För de flesta kolväten är nedre brännbarhetsgränsen 40 g/m³ luft. Det räcker med att 10 % av rumsvolymen uppnår en sådan blandning för att en explosion skall kunna uppstå /ref. 3/. För det brandavskilda rummet innebär detta att det räcker med 1 liter förångad klass 1-vätska för att uppnå en explosiv koncentration, förutsatt att ventilationen är avstängd.

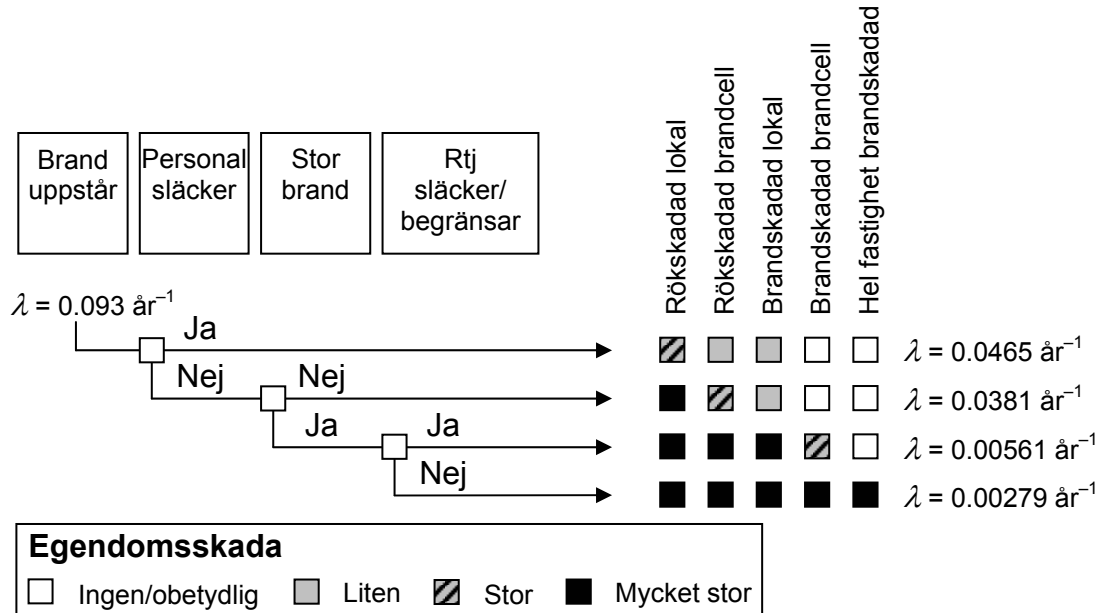
För att en explosion ska kunna inträffa måste det även finnas en tändkälla. Sannolikheten för en explosion är liten men inte obefintlig (jmf. Syntema-branden 2001 /ref. 4/).

5.7 Möjligt skadefall beträffande egendom

Flera faktorer påverkar konsekvensen av en brand. För att minska sannolikheten att en brand ska uppstå måste förebyggande åtgärder vidtas. Det är viktigt att branden bekämpas i ett tidigt skede för att få så små skador som möjligt. Kan personalen hantera en handbrandsläckare ökar sannolikheten för att branden släcks snabbt och därmed blir egendomsskadorna små. Storleken på branden styrs inte enbart av om personalen lyckas släcka den utan även på om branden kan sprida sig eller inte. Räddningstjänstens möjligheter att släcka eller begränsa branden beror bl.a. på hur snabbt de är på plats och om objektet är indelat i brandceller. Egendomsskadorna blir givetvis större om räddningstjänsten inte lyckas begränsa branden till en brandcell.

I figur 5.1 visas möjliga frekvenser och konsekvenser av en brand. Brandfrekvenserna gäller för en genomsnittlig handelslokal med kontors- och lagerutrymmen där

verksamhetens golvarea motsvarar objektets. Hänsyn tas inte till rådande brandskydd för enskilt objekt. Avsikten med figur 5.1 är att identifiera och visa vilka faktorer som påverkar konsekvensen och frekvensen av en brand. Dessa värden bygger på statistiskt material. Resonemanget kring sannolikheter och frekvenser redovisas i bilaga F.



Figur 5.1: Möjliga konsekvenser och frekvenser (λ) för brand beroende på olika händelseförlopp.

Med de antaganden som görs blir brandfrekvensen för objektet 0.093 ggr/år. Frekvensen (λ) för de olika skadeutfallen, givet brand, skattas enligt figur 5.1.

Sannolikheten för en brand i brandfarlig vätska klass 2b och 3 bedöms som mindre än sannolikheten för brand i annat antändbart material. Detta eftersom klass 2b och 3 produkterna förvaras i plåtförpackningar och därmed är svårantändliga. Konsekvensen av en brand i klass 2b och 3 produkter kan dock bli större, förutsatt att uppvärmd vätska vällts ut, än för en brand i annat antändbart material.

5.8 Miljö

Miljökonsekvenser vid brand är svåra att bedöma. De är starkt beroende av brandens storlek och av vad det är som brinner. Vid en brand i färgprodukter bildas giftiga brandgaser som sprids i luften och kan påverka omgivningen negativt. Ett allvarligare problem ur miljösynpunkt är förorenat släckvatten vilket kan sprida sig till grundvatten eller vattendrag. Även de färgrester som finns kvar efter en brand kan påverka miljön på ett negativt sätt.

6 Bedömning av personsäkerhet vid brand

Vid bedömning av personsäkerheten används beräkningar som utgår från dimensionerande brand. Detta enligt allmänna råd i sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 1996:2) om hantering av brandfarliga gaser och vätskor på försäljningsställen. Personsäkerheten bedöms genom att beräkna tiden till kritiska förhållanden, som erhålls m.h.a. brandgasspridningsberäkningar. Råd från Boverkets Byggregler angående kritiska förhållanden är /ref. 5/:

- **Siktbarhet:** Brandgasnivå lägst $1.6 + (0.1 \times H)$ meter, där H är rumshöjden. Vilket medför en brandgasnivå på ungefär 2 meter över golv för detta objekt.
- **Värmestrålning:** Kortvarig strålningsintensitet på max 10 kW/m^2 , en maximal strålningsenergi på 60 KJ/m^2 utöver energin från strålning på 1 kW/m^2 . *
- **Temperatur:** Högst 80°C lufttemperatur (under brandgasnivån).

** Rådet för maximal värmestrålning kan dock bytas mot en fast nivå på 2.5 kW/m^2 infallande strålning /ref. 6/ Denna nivå kan uthärdas under en längre tid (ca 10 min.).*

Tiden till kritiska förhållanden jämförs sedan med den tid det tar att utrymma lokalerna. För att bestämma utrymningstiden görs beräkningar av förflyttningstiden i datorprogrammet SIMULEX (11.1.3), vilket är framtaget av Integrated Environmental Solutions Ltd (IES) i Skottland. Därefter görs en bedömning av varseblivningstiden samt besluts- och reaktionstiden för att skatta den totala utrymningstiden.

Brandgasspridningsberäkningar utförs med datorprogrammet FAST (3.1.7) vilket är utvecklat av National Institute of Standards and Technology (NIST) i USA. Programmet använder sig av en s.k. tvåzonsmodell för beräkningarna, där den övre zonen består av varma brandgaser och den nedre av kallare luft. De förenklingar och antaganden som görs vid simuleringarna presenteras i bilaga D.

6.1 Dimensionerande brand

Vid bedömning av tiden till kritiska förhållanden vid brandgasspridningsberäkningar används en dimensionerande brand. För att få ett bra beslutsunderlag bör även en känslighetsanalys utföras, för att se hur de ingående parametrarna påverkar resultatet.

Vid framtagning av effektkurvor är det tillgången på bränsle och syre som avgör när effektutvecklingen ska avstanna. Brandtillväxthastigheten styrs främst av vilket material som brinner och hur det är lagrat.

Vid brandgasspridningsberäkningarna används olika scenarion, där olika parametrar varierar. De parametrar som ändras är brandtillväxthastighet, brandens placering och portöppningens status (öppen/stängd). Brandens effekt antas plana ut efter 10 minuter.

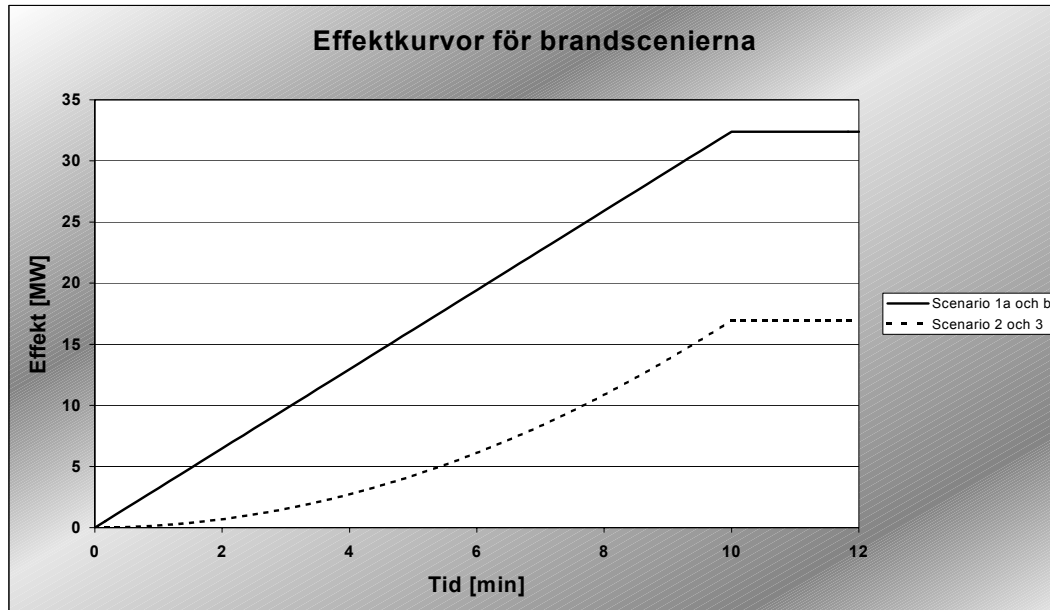


Diagram 6.1: Effektkurvor för de olika brandscenierna.

Valet av scenarier är tänkt att återspegla verkligheten genom att dels välja en stor brand med låg sannolikhet, dels välja något mindre brand men med högre sannolikhet. Tre representativa scenarier väljs ut enligt nedan:

Scenario 1: Brand i pallställ med brandfarlig vätska

Scenario 2: Brand i tapetlager

Scenario 3: Brand i vitvarubutiken

6.1.1 Scenario 1 – Brand i pallställ med brandfarlig vätska

Ett utspill av brandfarlig vätska (klass 1) antas ske i anslutning till pallställ med brandfarlig vätska i plåtburk (klass 2b), som sedan antänds. För att se hur stor betydelse inlastningsporten har på brandförloppet görs en känslighetsanalys, där porten är stängd (scenario 1a) respektive öppen (scenario 1b).

Brandens effektutveckling hämtas från den beräknade effekten vid brandförsöket på Malmö brandkårs övningsfält (se bilaga A). Den beräknade effekten från brandförsöket ökar i stort sett linjärt fram till övertändning vid 220 sekunder. I detta scenario antas brandens effekt öka linjärt i 10 minuter med samma lutning som i brandförsöket (ungefär 54 kW/s). Brandens effekt uppnår 32.4 MW efter 10 minuter (se diagram 6.1) om inte branden blir ventilationskontrollerad.

6.1.2 Scenario 2 – Brand i tapetlager

En brand antas uppstå i avdelningen där tapetrullar lagras i trähyllor. Brandens effektutveckling antas följa en α^2 kurva. Ett antagande görs att brandens tillväxthastighet blir ungefär densamma som för staplade lastpallar i trä. Då tillgången på bränsle i tapetavdelningen är stor antas effekten öka fram till 10 minuter.

Effektutvecklingen för träpallar följer en αt^2 kurva där $\alpha = 0.047 \text{ kW/s}^2$ /ref. 7/. Då en brand av denna typ får brinna i 10 minuter uppnås effekten 17 MW (se diagram 6.1).

6.1.3 Scenario 3 – Brand i vitvarubutiken

En brand av samma typ som i scenario 2 antas uppstå i den intilliggande vitvarubutiken. Detta scenario har valts för att se om det kan uppstå kritiska förhållanden i lokalen för färghandel när en brand startar i angränsande lokal.

6.2 Resultat av brandgasspridningsberäkningar

Resultaten från simuleringarna presenteras i sin helhet i bilaga D. I tabell 6.1 görs en sammanställning av tiderna till kritiska förhållanden för de olika scenarierna. Den kortare tiden i intervallet avser när det uppstår kritiska förhållanden i en liten del av lokalen, den längre tiden avser när det uppstår kritiska förhållanden i större delen av lokalen.

Scenario	Tid till kritiska förhållanden	Max effekt
1a	3.5 – 4.5 minuter	26 MW (ventilationskontrollerad)
1b	3.5 – 4.5 minuter	30 MW (ventilationskontrollerad)
2	6.5 – 7.5 minuter	17 MW
3	7 – 10 minuter	17 MW

Tabell 6.1: Sammanställning av brandsimuleringar för tid till kritiska förhållanden

Vid scenario 1 och 2 blir det inte kritiska förhållanden i den intilliggande vitvarubutiken under de första 10 minuterna.

6.3 Utrymning

Endast utrymning från konsument- och yrkesbutikerna analyseras. Utrymning från den intilliggande vitvarubutiken belyses ej eftersom det inte uppstår kritiska förhållanden där under de första 10 minuterna vid en brand i Måleriservice.

6.3.1 Personantal

Efter samtal med personalen från konsument- och yrkesbutiken bestämdes det maximala antal personer som normalt kan antas vistas i butikerna /ref. 8/. Se tabell 6.2 för fördelningen över lokalens olika delar.

Plats	Anställda	Kunder	Totalt
Yrkesbutik	6	20	26
Konsumentbutik	9	40	49
Kontor	5	0	5
Totalt	20	60	80

Tabell 6.2: Personfördelning i kontor, konsument- och yrkesbutik.

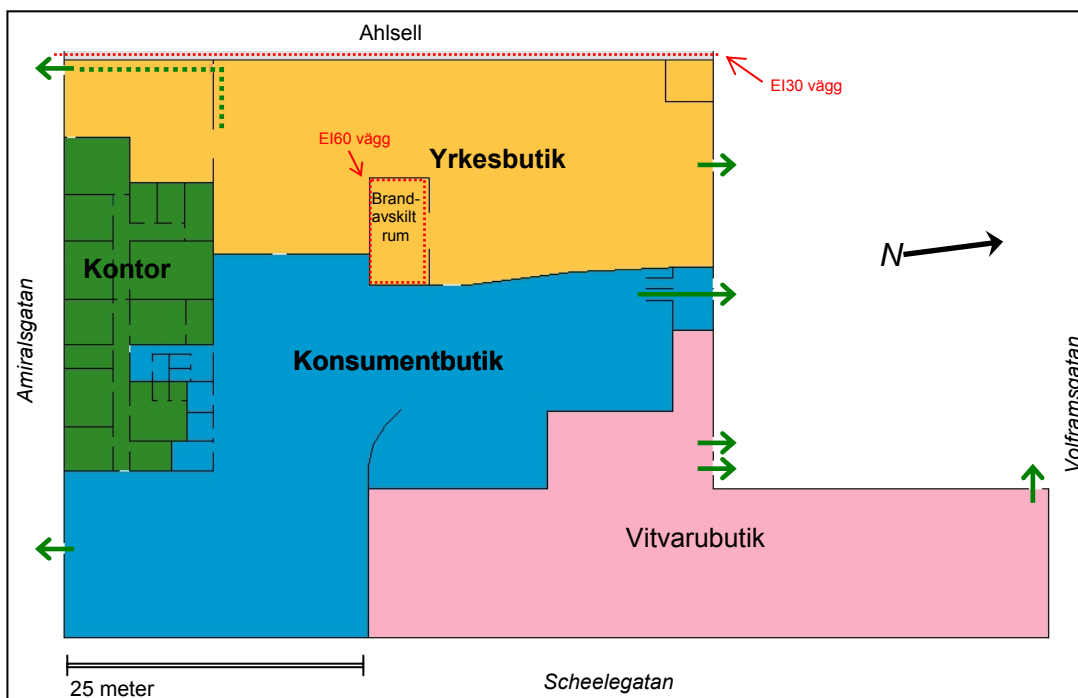
Kvällstid kan det vistas upp till ca 200 personer i konsumentbutiken vid en årlig temakväll.

6.3.2 Utrymningsvägar och nödutgångar

Nödutgångarna från de två verksamheterna är markerade med gröna pilar i figur 6.1. Konsumentbutiken har två nödutgångar varav den ena består av den ordinarie utgången. Den andra nödutgången är placerad i södra änden av butiken. Båda utgångarna är 0.9 m breda.

Yrkesbutiken har även de två nödutgångar. Den ena är huvudingången (0.95 m bred) och den andra en utgång från ett bakre lagerutrymme (0.8 m bred). Gångvägen till den bakre nödutgången är markerad med streckad grön linje i figur 6.1. Skyltarna leder in de utrymmande personerna i en smal korridor vid tapetlagret. Passagen är knappt 0.6 m bredd vid den smalaste delen (en gångväg till utrymningsväg bör vara minst 0.9 m bred). Därefter passeras en dörr in i det bakre lagerutrymmet. Gångvägen till utrymningsväg var vid besök till stor del blockerad.

Utrymning från kontorsdelen kan ske både genom yrkesbutiken såväl som konsumentbutiken.



Figur 6.1: Situationsplan över yrkes- och konsumentbutik samt kontor och vitvarubutik. Nödutgångar är markerade med gröna pilar.

6.4 Resultat av utrymningsberäkningar

Utrymningstiden kan delas upp i tre delar:

- Varseblivningstid
- Besluts- och reaktionstid
- Förflyttningstid

Den tid det tar från att branden startat till dess att personerna i lokalen blir uppmärksamma på detta kallas varseblivningstid. Ingen av verksamheterna vid objektet är utrustad med utrymningslarm, vilket bidrar till att varseblivningstiden samt besluts-

och reaktionstiden är svåra att bedöma. Förflyttningstiden är den tid det tar för personerna i lokalen att förflytta sig till det fria.

Resultatet från beräkningarna av förflyttningstiden presenteras i tabell 6.3. En mer detaljerad presentation görs i bilaga E.

Scenario	Tid [s]	
	80 personer	200 personer
Alla utgångar	35	120
Endast främre utgångar	65	180
Endast bakre utgångar	50	125

Tabell 6.3: Förflyttningstid med 80 och 200 personer i lokalerna.

6.5 Sammanställning av simuleringsresultat

Resultaten från brandsimuleringarna i FAST och beräkningarna av förflyttningstiden i SIMULEX jämförs i detta avsnitt.

Genom att jämföra tiden till kritiska förhållanden med utrymningstiden kan en uppskattning av utrymningssituationen göras. För att utrymningssituationen skall kunna anses godkänd måste följande förhållande uppfyllas:

$$t_{\text{utrymning}} < t_{\text{kritiska förhållanden}}$$

Utrymningstiden består av följande komponenter:

$$t_{\text{utrymning}} = t_{\text{varseblivning}} + t_{\text{beslut och reaktion}} + t_{\text{förflyttning}}$$

Varseblivningstiden är svår att uppskatta. Ett sätt att bedöma utrymningssituationen är att jämföra tiden till kritiska förhållanden med förflyttningstiden och därefter se om tiden som blir över är tillräcklig för varseblivning samt beslut och reaktion. Detta kan göras enligt följande samband:

$$\underbrace{t_{\text{tillgänglig}}}_{\text{tid tillgänglig för varseblivning samt beslut och reaktion}} = t_{\text{kritiska förhållanden}} - t_{\text{förflyttning}}$$

I tabell 6.4 sammanställs resultaten från simuleringarna i FAST och SIMULEX. Förflyttningstiderna är hämtade från simuleringen av utrymningen från konsument- och yrkesbutikerna dagtid. Inom parentes presenteras motsvarande tider för utrymning från konsumentbutiken kvällstid (200 personer). Resultaten bör ej betraktas som absoluta sanningar utan endast som en grov uppskattning av verkligheten.

Tiderna presenteras i intervall. För tiden till kritiska förhållanden gäller den kortare tiden för en liten del av lokalen (se bilaga D) medan den längre gäller för större delen av lokalen. Den kortare tiden beträffande förflyttning gäller då samtliga utgångar är tillgängliga för utrymning medan den längre avser fallet då endast de främre utgångarna är tillgängliga. Detta medför att den kortare tiden vid $t_{\text{tillgänglig}}$ blir en väldigt konservativ bedömning vilket dock ger en extra säkerhetsmarginal.

Brandscenario	t _{kritiska förhållanden} [s]	t _{förflyttning} [s]	t _{tillgänglig} [s]
1a: Utspill av brandfarlig vätska (klass 1) under pallställ med brandfarlig vätska (klass 2b) som antänds. Inlastningsport öppen .	210-270	35-65 (120-180)*	145-235 (30-150)*
1b: Utspill av brandfarlig vätska (klass 1) under pallställ med brandfarlig vätska (klass 2b) som antänds. Inlastningsport stängd .	210-270	35-65 (120-180)*	145-235 (30-150)*
2: Brand i tapetlager.	390-450	35-65 (120-180)*	325-415 (210-330)*
3: Brand i vitvarubutik.	420-600	35-65 (120-180)*	355-565 (240-480)*
<i>*Tiderna inom parentes gäller för utrymning från konsumentbutik kvällstid (200 personer).</i>			

Tabell 6.4: Jämförelse mellan tid till kritiska förhållanden och förflyttningstid.

Ur tabellen kan utläsas att den kortaste tiden som finns tillgänglig för varseblivning samt beslut och reaktion är vid brandscenario 1a och b. Den tillgängliga tiden är ca 2.5-4 minuter. Vid ideala utrymningsförhållanden då samtliga utgångar är tillgängliga är motsvarande tid ca 3-4 minuter. Detta gäller utrymning dagtid från yrkes- och konsumentbutikerna.

7 Värdering av risk

I detta kapitel värderas säkerhetsnivån för egendom, människa och miljö. Värderingen utförs med avseende på uppsatta skyddsmål (se kapitel 3) och belyser situationen i dagsläget.

7.1 Människa

Vid det värsta scenariot (scenario 1, utspill av brandfarlig vätska klass 1 som antänds) blir den kortaste tiden som är tillgänglig för varseblivning samt beslut- och reaktionstid ca 145 s. Denna tid är konservativ enligt resonemanget i avsnitt 6.5. Med tanke på lokalens utformning anses denna tid vara tillräcklig för de personer som befinner sig i yrkes- och konsumentbutiken. För det fåtal personer som vistas i kontorsdelen kan varseblivningstiden vara betydligt längre. Personsäkerheten vid brand för yrkes- och konsumentbutiken anses som acceptabel under förutsättning att små justeringar av utrymningsvägarna sker (skyltning m.m.). Däremot anses personsäkerheten vid brand för kontorsdelen ej som acceptabel p.g.a. den längre varseblivningstiden. Kontorspersonalen tvingas utrymma genom butikslokalerna, vilket medför att den totala utrymningstiden kan bli längre än tiden till kritiska förhållanden.

Personsäkerheten för den verksamhet som vid ett fåtal tillfällen (ca 1 gång/år) bedrivs kvällstid då uppemot 200 personer vistas i konsumentbutiken kan i dagsläget anses acceptabel. Detta eftersom sannolikheten för en brand motsvarande scenario 1 (se avsnitt 6.1.1) kvällstid anses extremt liten.

En explosion i det brandavskilda rummet kan medföra personskador. Sannolikheten för en explosion är väldigt låg men inte obefintlig. Därför bör möjliga åtgärder undersökas.

7.2 Egendom

Med hänsyn till de riskkällor som uppstår i samband med felaktig hantering av brandfarlig vätska enligt bestämmelser är egendomsskyddet vid brand otillräckligt. Därför undersöks kostnadseffektiva lösningar där den ökade skyddskostnaden står i proportion till den sänkta skadekostnaden.

7.3 Miljö

I dagsläget finns ingen reglering i SÄIFS av vilka kriterier som måste uppfyllas för att miljöpåverkan vid brand skall anses som acceptabel. En förbättring av egendomsskyddet påverkar även skyddsnivån positivt ur miljösynpunkt. Detta genom att sannolikheten för brand samt dess storlek minskar.

8 Möjliga brandskyddsåtgärder

Kapitlet behandlar de brandskyddshöjande åtgärder som kan vara aktuella för objektet. Åtgärderna delas upp i aktiva system, passiva system och organisation.

8.1 Aktiva system

Aktiva system kan delas in i detektionssystem, släcksystem samt brandgasventilation.

8.1.1 Släcksystem

För objektet krävs inget släcksystem för att trygga personsäkerheten. Installation av släcksystem medför dock ett ökat egendomsskydd. De släcksystem som skulle kunna vara aktuella för denna typ av objekt är vattensprinkler med skumtillsats eller lätt-skumanläggning (exempelvis HotFoam) i de delar där brandfarlig vätska förvaras samt vattensprinkler i övriga utrymmen. Dessa system är förhållandevis dyra att installera och underhålla. Enligt de överslagsberäkningar som gjorts bedöms inte den ökade skyddskostnaden stå i rätt proportion till den minskade skadekostnaden för objektet.

8.1.2 Detektionssystem

Ett detektionssystem kan kopplas till både ett automatiskt brandlarm och ett utrymningslarm. Brandlarmets huvuduppgift är att upptäcka en brand och därmed möjliggöra en tidig släckinsats. Utrymningslarmets uppgift är att uppmärksamma människor som finns i byggnaden för att brand uppstått och att de därmed skall påbörja utrymning. Utrymningslarmet kan aktiveras av det automatiska brandlarmet.

Brandlarm kan förses med larmöverföring till räddningstjänsten. Detta kan antingen göras direkt eller med fördröjning, s.k. larmlagring. Med larmlagring dagtid kan personalen upptäcka felaktiga larm och en onödig räddningstjänstutryckning kan undvikas. Larmöverföring är ofta den enda möjligheten att upptäcka en brand nattetid.

För detektion av brand vid det aktuella objektet anses joniserande eller optiska rök-detektorer som lämpliga.

Gasdetektorer används för att upptäcka brännbara gaser nära den undre brännbarhetsgränsen. En aktivering av en gasdetektor kan vara en indikation på att ventilationssystemet är undermåligt eller ur funktion. För att upptäcka en explosiv gasblandning i det brandavskilda rummet anses en gasdetektor kopplad till ett automatiskt brandlarm som lämpligast.

8.1.3 Brandgasventilation

Brandgasventilation kan bestå av antingen brandgasluckor i taket eller av frånluftsfläktar. En positiv effekt är att brandgaslagret höjs vilket medför bättre siktförhållan-

den i lokalen. En negativ effekt är att syretillförseln ökar vilket kan bidra till ett snabbare brandförlopp.

8.2 Passiva system

Passiva system innefattar de brandskyddsåtgärder som inte behöver aktiveras vid en brand utan finns där oavsett om det brinner eller ej. De passiva systemen är relativt billiga åtgärder vid nybyggnation. Vid ombyggnation kan de däremot bli förhållandevis kostsamma. Detta eftersom befintlig ventilation och elektriska installationer ofta behöver göras om. Den vanligaste formen av passiva system är brandavskiljande väggar som delar in byggnaden i brandceller och på så vis medverkar till att begränsa brandspridning.

8.2.1 Brandcellsindelning

Brandcellsindelning görs för att hindra brand och brandgasspridning från en del av byggnaden till en annan. Detta utförs för att höja personsäkerheten vid utrymning samt för att ge räddningstjänsten en bättre möjlighet att begränsa branden till en mindre del av byggnaden.

Enligt Boverkets byggregler /ref. 5/ (som dock bara gäller vid ny- och ombyggnation) skall byggnader delas in i brandceller. Verksamheter som inte har omedelbart samband med varandra skall skiljas åt genom brandcellsindelning. Detta skall göras i minst brandteknisk klass EI 30 (tät och isolerande i minst 30 minuter enligt ISO 834).

Enligt SÄIFS 2000:2 skall det utrymme där man förvarar brandfarliga vätskor vara brandtekniskt avskilt och i övrigt anpassat till förvaringen. Detta för att förhindra både brandspridning från och till förvaringsplatsen. Kravet på den brandtekniska avskiljningen styrs av byggnadstyp, verksamhet samt vilken mängd brandfarlig vätska som förvaras. Även riskutredning kan användas för dimensionering av brandteknisk avskiljning.

8.3 Organisation

Genom att höja medvetandenivån med avseende på brand för de personer som ingår i verksamheten, minskar sannolikheten och konsekvensen för brand. Detta kan göras genom införande av systematiskt brandskyddsarbete. En annan viktig åtgärd är att utbilda personalen i hantering av handbrandsläckare, då en tidig och väl utförd insats ofta är avgörande för brandens konsekvens. Även de rutiner som styr hanteringen och förvaringen av brandfarlig vätska påverkar skyddsnivån.

8.3.1 Systematiskt brandskyddsarbete

Räddningstjänstlagens (1986:1102) 41 § lyder:

Ägare eller innehavare av byggnader eller andra anläggningar skall i skälig omfattning hålla utrustning för släckning av brand och för livräddning vid brand eller annan olyckshändelse och i övrigt vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand.

För att uppfylla detta lagkrav bör ett systematiskt brandskyddsarbete utföras. Räddningsverket har därför gett ut allmänna råd /ref. 8/ beträffande detta.

Det är av stor vikt att objektsinnehavare har kunskap om sitt brandskydd och om vilka brandrisker som finns inom verksamheten. Det systematiska brandskyddsarbetet bör bedrivas kontinuerligt och under byggnadens/anläggningens hela användningstid /ref. 8/. På så vis kan kunskaper underhållas och brandrisken fortlöpande bedömas. Vidare kan eliminerande eller begränsande åtgärder med avseende på brandrisk identifieras. Arbetet bör omfatta såväl brandförebyggande som brandbegränsande åtgärder.

Det systematiska brandskyddsarbetet skall ge en helhetssyn över det samlade brandskyddet samt en bedömning vägd mot de brandrisker som finns.

För byggnader där brandskyddet projekterats genom analytisk dimensionering eller där det föreligger stor risk för brands uppkomst och spridning bör det enligt /ref. 8/ finnas en skriftlig dokumentation av brandskyddet.

8.3.1.1 Intern brandskyddskontroll

Systematiskt brandskyddsarbete kan organiseras på olika sätt. Svenska brandförsvarsföreningen har tagit fram en metod för detta kallat intern brandskyddskontroll (IBK). Följande delar ingår i IBK /ref. 9/:

1. **Brandskyddspolicy** fastställs av ledningen. I denna slås principer och säkerhetsnivå för brandskyddsarbetet fast.
2. En **brandskyddsorganisation** bildas. Brandskyddschef och kontrollanter utses och utbildas. Deras befogenheter fastställs. Detta kan med fördel göras i enlighet med 36-37 §§ FBE (1998:1145) vilka gäller för objektet.
3. **Utbildningsplaner** för personalen utarbetas. På så vis skapas medvetenhet om risker och det förebyggande brandskyddet.
4. **Brandskyddsregler** utformas i ett dokument. Detta utgör företagets egna regler beträffande brandskydd.
5. En **brandskyddsbeskrivning** upprättas i form av ritningar där det byggnadstekniska brandskyddet samt andra brandtekniska lösningar beskrivs.
6. **Drifts- och underhållsinstruktioner**: Brandtekniska anordningar som t.ex. brandgasspjäll och handbrandsläckare m.m. kräver fortlöpande underhåll och tillsyn. Vem som ansvarar för och vilken omfattning tillsyn och underhåll skall ha regleras samt hur ofta den skall utföras.
7. **Kontrollsystem**: Med drifts- och underhållsinstruktionerna samt brandskyddsbeskrivningen som underlag skall personalen själva genomföra kontroll av brandskyddet.

8. **Dokumentation:** En redovisning av de genomförda kontrollerna där det framgår hur väl brandskyddspolicyn uppfylls skall dokumenteras. Denna skall sedan kunna visas för brandsyneförrättare, försäkrings bolag samt företagets ledning.
9. **Uppföljning:** Kontrollerna sammanställs så att brandskyddschef och företagsledning kan utföra uppföljning och vidareutveckling.

Genom att utföra sitt systematiska brandskyddsarbete i enlighet med denna metod uppfylls de av Räddningsverket upprättade allmänna råd /ref. 8/. Vidare uppfylls också råden beträffande dokumentationens innehåll samt dess checklista över organisatoriska brandskyddsåtgärder.

8.3.2 Utbildning av personal

Vid denna typ av verksamhet är det viktigt med utbildning av personalen i hantering av handbrandsläckare och annan eventuell släckutrustning. Detta eftersom en tidig insats för att begränsa eller släcka branden kan minska konsekvensen avsevärt.

En förutsättning för att kraven som styr lagring och hantering av brandfarlig vätska (se avsnitt 8.3.3 nedan) uppfylls är att personalen utbildas så att varor av denna typ placeras på ett korrekt sätt.

8.3.3 Lagring och förvaring

Vid lagring av lättantändligt och framför allt brandfarligt material skall det göras på ett sätt så att brandspridning till intilliggande material försvåras. Detta finns delvis reglerat i föreskrifterna.

Enligt SÄIFS (2000:2) och (1996:2) skall brandfarlig vätska hanteras avskilt från antändbart material, där avståndet bör vara minst 6 m. Lösa behållare för vätskor klass 1 och 2a skall hållas gruppvis åtskilda från vätskor klass 2b och 3.

För förvaring av brandfarlig vätska (främst klass 1 och 2a) i butik finns särskilt utformade brandavskiljande skåp. En alternativ metod för konsumentbutiken är att flytta förvaringen av dessa produkter till det brandavskilda rummet. Hantering kan ske genom att tomma förpackningar exponeras för kunder i butiken. Personalen hämtar sedan den mängd som efterfrågas från det brandavskilda rummet.

9 Förslag på åtgärder

I detta kapitel ges förslag på brandsäkerhetshöjande åtgärder som bör utföras för att säkerhetsnivån med avseende på lagstiftning och skyddsmål skall anses acceptabel. I de fall begreppet *skall* används betyder det att åtgärden måste utföras och i de fall då begreppet *bör* används avses åtgärder som anses ge ett kostnadseffektivt egendoms-skydd.

9.1 Utrymnings- och brandlarm

För att säkerställa utrymning från kontorsdelen och därmed uppnå en tillfredsställande personsäkerhet för hela objektet *skall* ett utrymningslarm installeras, eftersom personerna som vistas i lokalen därmed uppmärksammas tidigt på att brand uppstått. Utrymningslarmet *bör* kopplas till ett automatiskt brandlarm, där rökdetektorer placeras så att branddetektionen blir heltäckande för hela verksamheten. Ett kombinerat brand- och utrymningslarm med ett heltäckande detektionssystem kostar i dagsläget inklusive installation ca 80 000 kr /ref. 10/. Installation av automatiskt brandlarm anses som en kostnadseffektiv lösning för att öka egendomsskyddet.

För att trygga personsäkerheten behöver det automatiska brandlarmet inte ha larmöverföring till räddningstjänsten. Huruvida det skall göras, för att erhålla ett bättre egendomsskydd, är upp till försäkringsbolag, objektsägare och räddningstjänst att avgöra. Larmöverföring till räddningstjänsten beräknas ge en kostnad av 15 000-20 000 kr per år /ref. 11/.

I det brandavskilda rummet *skall* en gasdetektor installeras och kopplas till det automatiska brandlarmet. Inklusive undercentral, installation och driftsättning blir priset ca 15 000-20 000 kr /ref. 10/

9.2 Lagerkonfiguration och hantering

Alla klass 1 och 2a produkter som hanteras i yrkesbutiken *skall* förvaras i det brandavskilda rummet. För att undvika onödig trafik i detta rum är det endast dessa produkter som får förvaras i utrymnet. Ingen hantering med truck *skall* förekomma i det brandavskilda rummet eftersom sannolikheten för utspill därmed ökar samt att trucken utgör en potentiell tändkälla. Varorna i det brandavskilda rummet *skall* därför förvaras på sådant vis att truckhantering ej krävs.

De klass 1 och 2a produkter som hanteras i konsumentbutiken *skall* förvaras på ett säkrare sätt ur brandsynpunkt. Detta kan ske genom förvaring i särskilt utformade brandavskiljande skåp eller att flytta förvaringen till det brandavskilda rummet.

Antändbart material *skall* förvaras minst 6 m från brandfarlig vätska.

I de pallställ där brandfarlig vätska förvaras *bör* hyllplanen förses med stålplåtar. De trähyllor där förvaring av brandfarlig vätska sker *bör* bytas ut mot stabila hyllor i stål.

Skärmväggen som delar av yrkes- och konsumentbutiken *bör* förstärkas och kläs med gipsplattor på båda sidor.

En allmän upprensning i lokalerna *bör* utföras beträffande föremål som inte används. Eftersom dessa kan utgöra hinder vid utrymning samt bidra till en ökad brandrisk och brandbelastning.

9.3 Utbildning

Personalen *skall* utbildas i handhavande av handbrandsläckare. De *skall* även få den utbildning som krävs för att kunna hantera brandfarlig vätska enligt avsnitt 9.2. Detta för att uppfylla kraven i SÄIFS.

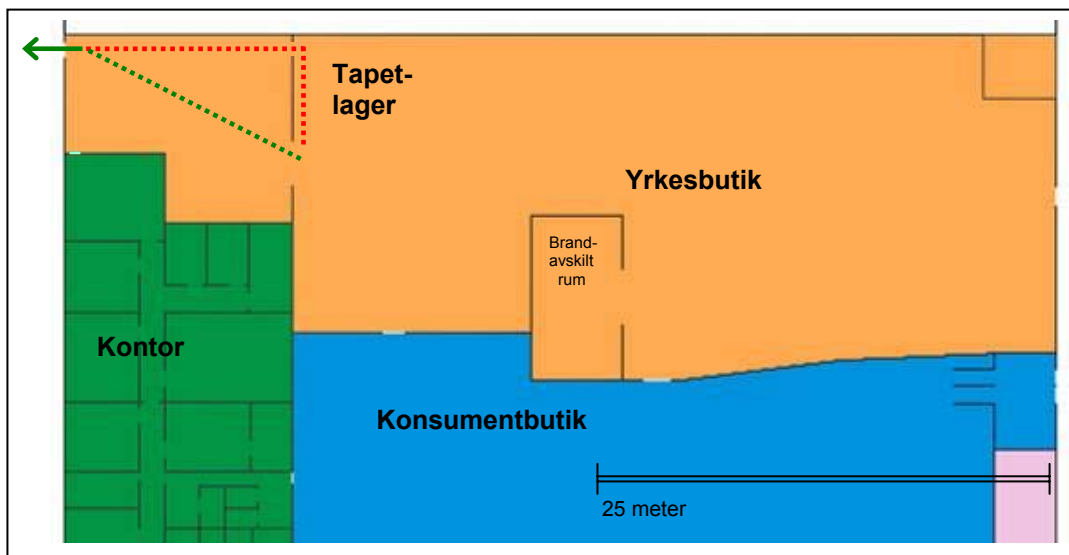
Föreståndare *skall* utses och utbildas enligt §§ 36-37 FBE (1988:1145).

9.4 Systematiskt brandskyddsarbete

Systematiskt brandskyddsarbete *bör* införas för att höja medvetande nivån beträffande brandsäkerhet bland personalen. Exempelvis enligt SBF metod (intern brandskyddskontroll).

9.5 Utrymningsvägar

Gångvägen från yrkesbutiken till en av de bakre utrymningsvägarna *skall* skyltas om på så vis att utrymnande personer leds till nödutgången enligt figur 9.1. Alla utrymningsvägar och gångvägar till utrymningsväg *skall* hållas fria för passage.



Figur 9.1: Ny utformning av bakre gångväg till utrymningsväg markerad med grönstreckad linje. Befintlig gångväg markerad med rödstreckad linje.

9.6 Angränsande verksamhet

Vitvarubutiken och Måleriservice *bör* brandtekniskt avskiljas. Detta för att minska egendomsskadorna vid brand.

10 Värdering av risk efter utförda åtgärdsförslag

Värdering av säkerhetsnivån för egendom, människa och miljö utförs med avseende på uppsatta skyddsmål (se kapitel 3) och belyser situationen efter utförda åtgärdsförslag.

10.1 Människa

De åtgärder som krävs för att personsäkerheten skall bli acceptabel är:

- Utrymningslarm
- Gasdetektor kopplad till larm
- Ändring av gångväg till utrymningsväg

Genom att installera utrymningslarm uppmärksammas personer tidigt vid brand vilket medför att utrymningstiden från kontorsdelen blir acceptabel. En explosion i det brandavskilda rummet kan medföra att människor kommer till skada. Installeras en gasdetektor kan denna typ av olycka undvikas, då gasdetektorn varnar långt innan en explosiv blandning uppstår. Genom att ändra gångvägen till utrymningsväg bakom tapetlagret blir det lättare för de utrymmande personerna att snabbt ta sig till nödutgången, då den nuvarande gångvägen anses onödigt krånglig.

Utrymningssimuleringarna visar på att en säker utrymning kan ske även då två av utrymningsvägarna är blockerade av t.ex. brand. Risker anses inte som större om det är en brand i brandfarlig vätska (klass 2b och 3) eller en brand i annat brännbart material (exempelvis tapeter) som blockerar utrymningsvägen. Med ovanstående resonemang kan utrymning vid detta objekt ske på ett säkert sätt, även om brandfarliga vätskor av klass 2b och 3 i plåtförpackning förvaras närmare än 12 m från utrymningsväg. Detta medför att ett visst avsteg från kravet i SÄIFS 1996:2 kan göras beträffande minsta avstånd mellan brandfarlig vätska och utrymningsväg.

10.2 Egendom och miljö

Samtliga åtgärdsförslag i kapitel 9, förutom utrymningslarm och ändring av gångväg, påverkar egendomsskyddet positivt. Den förväntade brandskadekostnaden per år kan med genomförda åtgärder sänkas till i storleksordningen 1/3 av den nuvarande. Resonemanget kring den årliga brandskadekostnaden förs i bilaga G. De brandskyddsåtgärder som höjer egendomsskyddet minskar samtidigt sannolikheten och konsekvensen för negativ miljöpåverkan vid brand.

10.3 Slutsats

Under förutsättning att de föreslagna åtgärder (som måste utföras enligt kapitel 9) genomförs bedöms risknivån beträffande brand och explosion som acceptabel vid hantering av den mängd brandfarlig vätska som det nuvarande tillståndet medger. Ett förnyat tillstånd med motsvarande mängd anses därför skäligt under förutsättning att åtgärdsförslagen genomförs.

Referenser

- /1/ Hamilton G (1996), *Risk Management 2000*, Studentlitteratur, Lund.
- /2/ Räddningsverket (2002), *Räddningstjänst i siffror -01*, Karlstad.
- /3/ Samtal med Göran Holmstedt 2002-12-13, professor vid brandteknik, Lunds tekniska högskola.
- /4/ Källberg K (2002-08-29), *Brand i yrkesbutik med industrifärg*, Räddningsverket. Diariernr 30/986/02.
- /5/ Boverket (2002). BFS 2002:19.
- /6/ Brandskyddshandboken (2002). Brandteknik, Lunds tekniska högskola. Rapport 3117.
- /7/ Karlsson B, Quintiere J (1999), *Enclosure Fire Dynamics*, CRC press.
- /8/ Samtal med personal vid Nordsjö Måleriservice i Malmö 2002-11-17.
- /9/ Räddningsverket (2001:2), *Systematiskt brandskyddsarbete allmänna råd och kommentarer*.
- /10/ Svenska brandförsvärsföreningens hemsida (2002). <http://www.svbf.se>.
- /11/ Telefonsamtal 2002-12-16 med Consilium Security Systems AB, 046-18 42 00.
- /12/ Telefonsamtal 2002-12-16 med Malmö brandkår, 040-34 10 00.
- /13/ Andersson B, Holmstedt G, Dagneryd A (2002), *Determination of the equivalence ratio during fire, comparison of techniques*, Seventh International Symposium of Fire Safety Science, Worcester, USA, June 17-21 2002.
- /14/ Klassen M, Gore J P (1994), *Structure and radiation properties of pool fires*, NIST-GCR-94-651.
- /15/ Drysdale D (1999), *An introduction to fire dynamics*, 2nd edition, Wiley.
- /16/ Johansson H (1999), *Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk dimensionering*, Brandteknik, Lunds tekniska högskola. Rapport 3105.

Bilaga A: Brandförsök med brandfarlig vätska klass 2b i plåtburk

A1 Inledning

Ett brandförsök genomförs på Malmö brandkårs övningsfält. Försöket utförs i ett provisoriskt uppbyggt rum med väggar och tak i tunn korrugerad plåt, med en golvsarea på ca 40 m² och takhöjd på 3.6 m. Rummet har en dörröppning på drygt 4 m². I rummet finns pallställningar av stål i vilka pallar med färg finns uppställda. Under och i direkt anslutning till en pall med färg har tre rektangulära plåtkärl med en sammanlagd area av 3.2 m² placerats. Kärlen fylls med totalt 60 liter av lösningsmedlet cellulosaförtunning, vilket skall utgöra initialbranden.

Scenariot är att det sker ett större utspill av lösningsmedel på golvet som antänds. Detta kommer att ge en brandpåverkan på pallarna med färg som är placerade i stäl-len. Mängden lösningsmedel som används har bestämts av Christer Holmberg, Industri- räddningschef Akzo Nobel. Vätskeytans area begränsas så att inte enbart initialbranden kan orsaka övertändning i lokalen. Med hjälp av tidigare försök (se bilaga B och C) har den maximala effekten för initialbranden kunnat bestämmas.

Försöket dokumenteras genom videofilmning både utifrån och inifrån rummet. Filmningen inne i rummet sker med Brandtekniks värmätåliga kamera (Hubert). För att i efterhand kunna uppskatta brandens effekt mäts temperaturen i ett av hörnen samt i dörröppningen på en rad olika höjder. Även hastigheten ut genom dörrens övre del mäts.

Syftet med försöket är att få en bild av hur plåtburkar med färg (klass 2b) uppför sig vid brandpåverkan, då de är lagrade på träpallar i pallställ av stål.

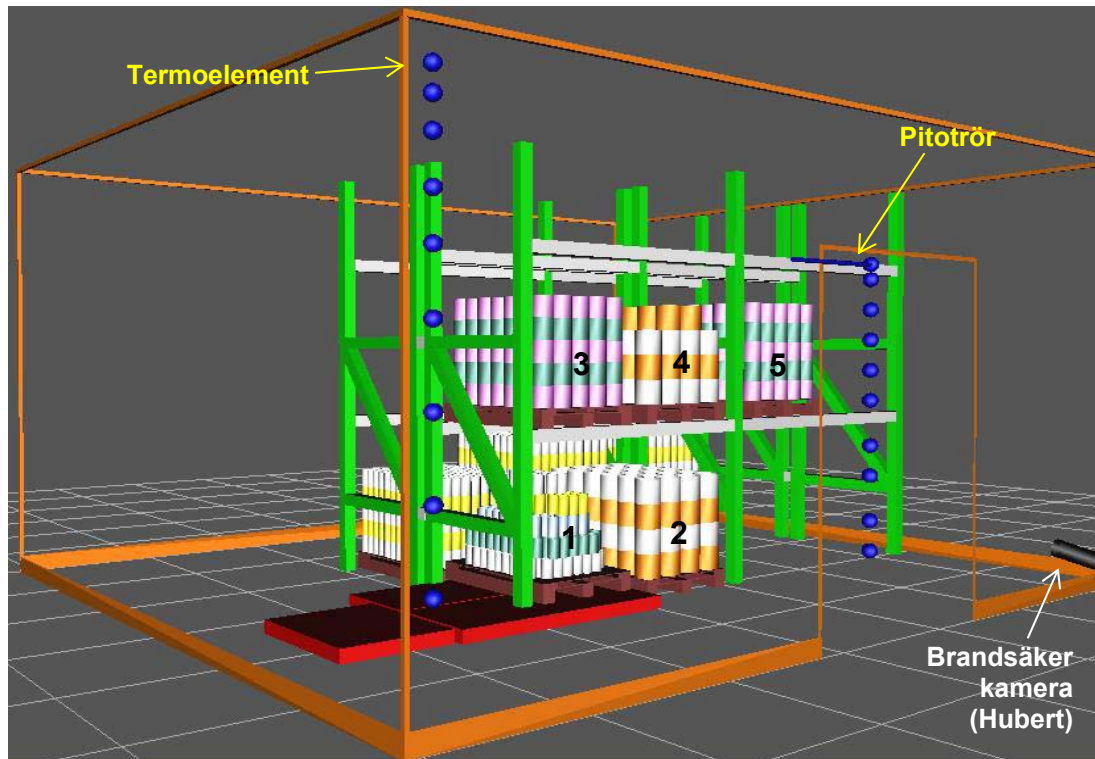
A2 Utrustning och materiel

Vid brandförsöket användes en mängd olika materiel och utrustning. Dessa anges i detta kapitel, uppdelade i tre undergrupper. De består av materiel som behövs för själva brandförsöket, utrustning för att mäta temperatur och tryck samt utrustning som används för att filma i brandrummet under brandförloppet. Anledningen till att kamerautrustningen beskrivs är att ett stort intresse visades för utrustningen vid försöket.

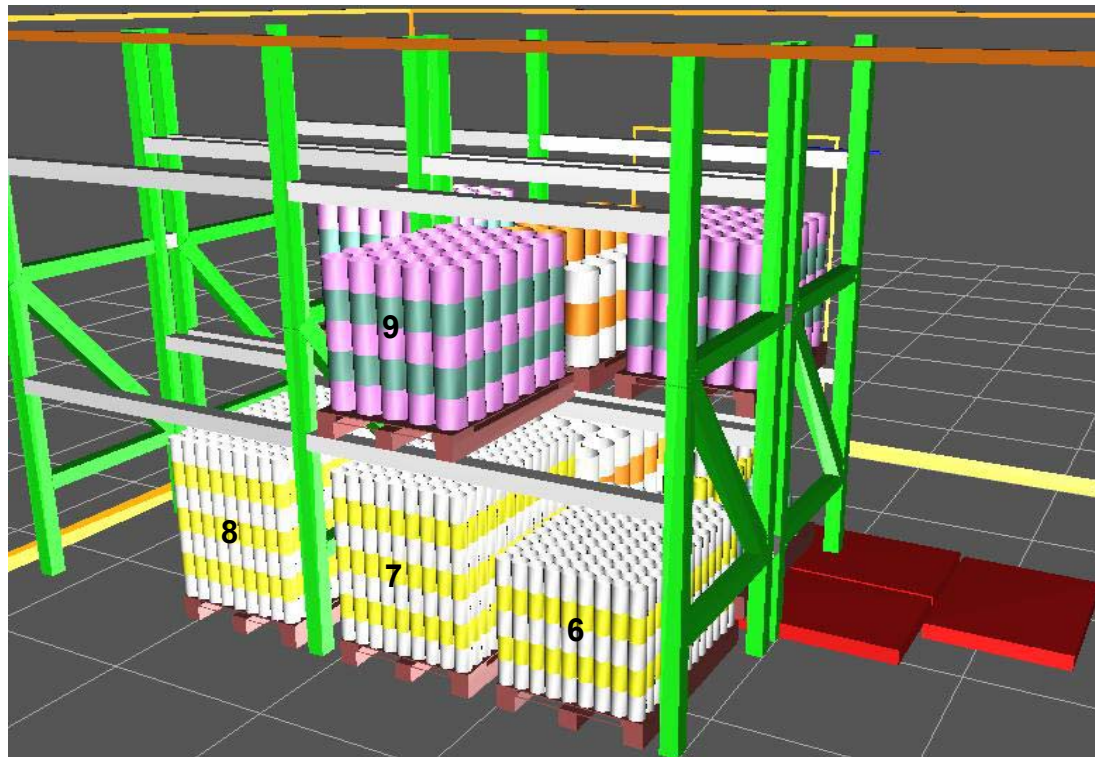
A2.1 Materiel för brandförsök

- Pallställ i stål med plats för 16 pallar (2 sektioner högt)
- Fyra pallar med 1 liters plåtburkar (färg klass 2b)
- Tre pallar med 2.5 liters plåtburkar (färg klass 2b)
- Två pallar med 5 liters plåtburkar (färg klass 2b)
- Tre bränslekärl med total area på 3.2 m²
- 60 liter cellulosaförtunning (typ 112)

Rummet som används vid försöket består av tunn korrigerad plåt i både väggar och tak. Måtten på rummet är $B=6.6$ m, $D=6$ m och $H=3.6$ m. Öppningen har måtten $B=1.60$ m och $H=2.63$ m. Pallställningen är av samma typ som används i bl.a. Akzo Nobels måleributiker.

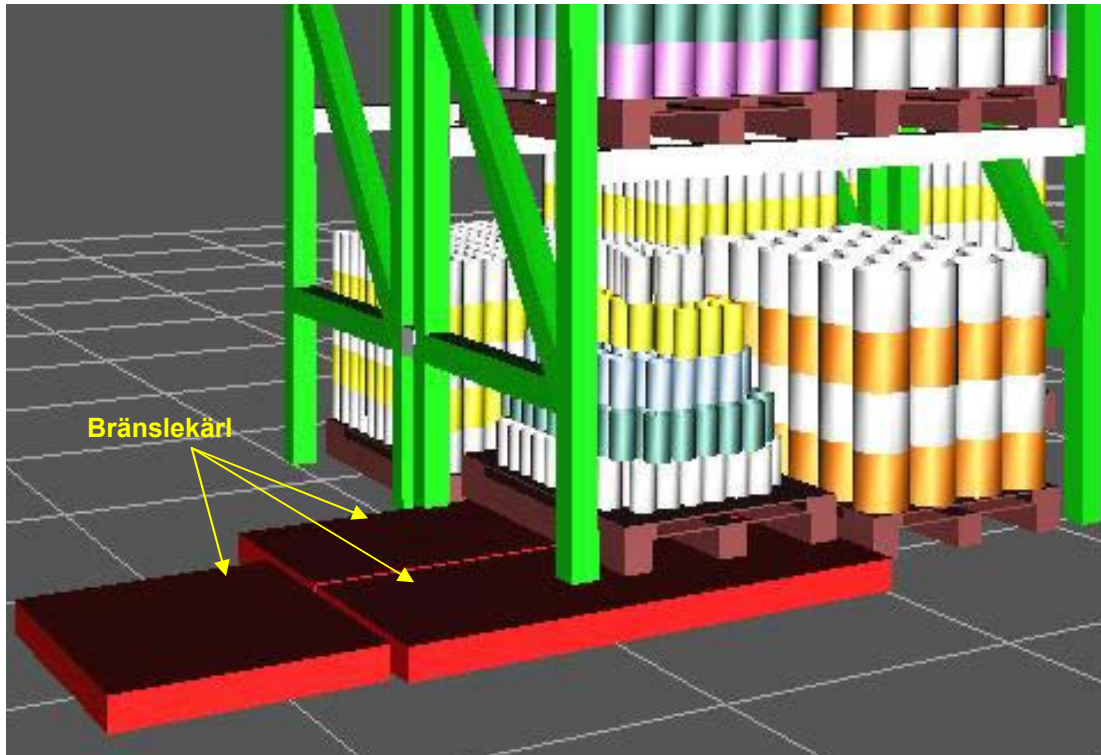


Figur A1: Placering av pallställning och pallar i brandrummet, betraktat snett framifrån.



Figur A2: Placering av pallställning och pallar i brandrummet, betraktat snett bakifrån.

Kärlen placeras så att två av dem delvis är belägna under en pall med 1 liters burkar (se figur A3). Detta främst för att simulera ett utspill som rinner in under pallstället. Den maximala effekten som initialbranden i kärnen kan utveckla är enligt tidigare försök (se bilaga B och C) ca 2.9 MW. Eftersom en pall med färg placeras direkt på eldningskärlen och därmed tar upp energi från flammorna kommer den beräknade maximala effekten för initialbranden ej att uppnås.



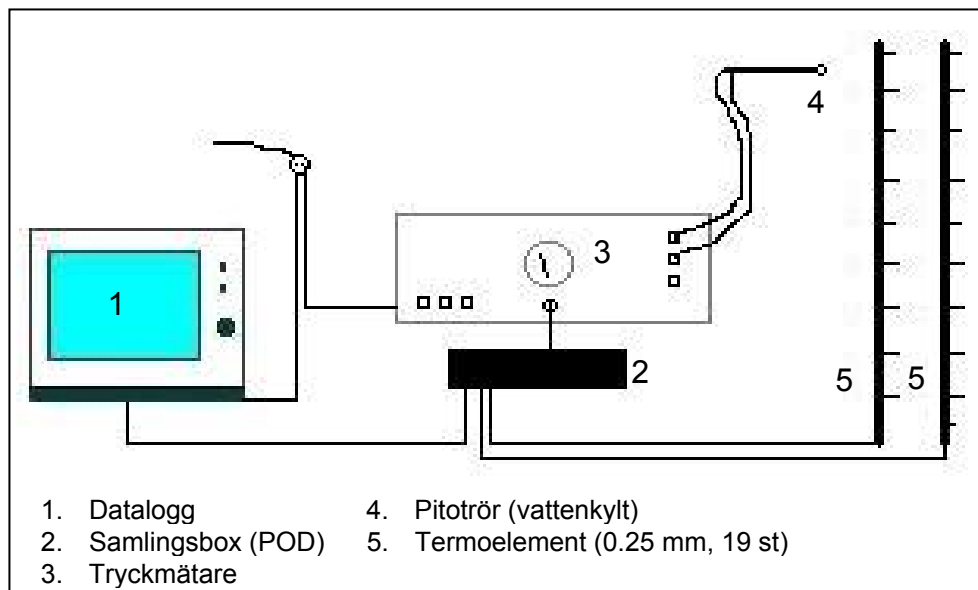
Figur A3: Bränslekärlens placering i brandrummet. En pall är placerad direkt på två av kärnen för att simulera ett utspill under pallen.

A2.2 Utrustning för temperatur- och tryckmätning

Inför brandförsöket tillverkas 19 termoelement. Detta görs genom att svetsa ihop trådarna i en termoelements-kabel. Kabelåtgången begränsas genom att elementen tillverkas på försöksplatsen.

Pitotröret ansluts med plastslangar till en tryckmätare. Slangarna skyddas mot värmepåverkan genom en enklare form av vattenkylning samt noggrann isolering med mineralull.

Termoelementen och tryckmätaren ansluts till dataloggen via en samlingsbox. I figur A3 visas en schematisk bild över uppställningen. För att minska åtgången kabel och slang placeras samlingsboxen och tryckmätaren nära brandrummet. Dessa isoleras omsorgsfullt med flera lager mineralull.



Figur A4: Uppkoppling av utrustning för temperatur och tryckmätning

Termoelementen placeras vid olika höjder i ett av hörnen samt i öppningen enligt tabell A1 (detta åskådliggörs också i figur A1).

Termoelement i hörn (höjd över golv) [m]	Termoelement i öppning (höjd över golv) [m]
3.53	2.56*
3.33	2.43
3.13	2.23
2.83	2.03
2.53	1.83
2.13	1.63
1.63	1.38
1.13	1.13
0.63	0.88
	0.63

*vid denna höjd placeras även pitotröret

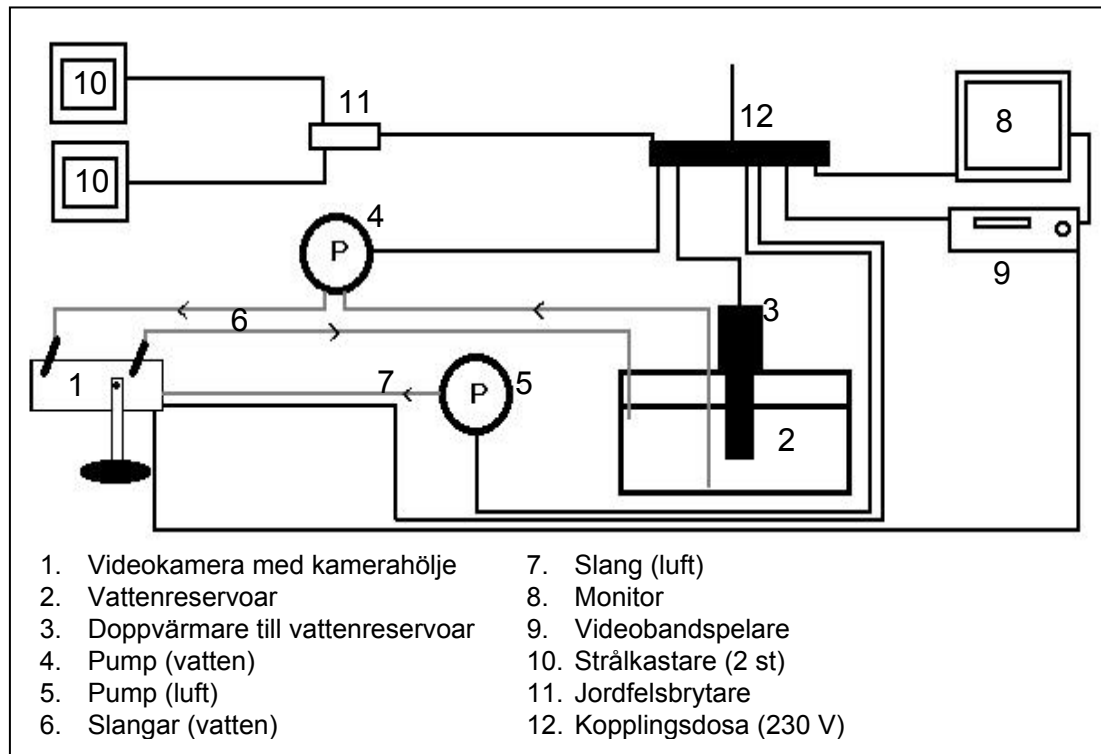
Tabell A1: Termoelementens och pitotrörets placering över golvet.

A2.3 Utrustning för videofilmning i brandrummet

För att dokumentera försöket inifrån brandrummet används Brandtekniks värmemetalliga videokamera. Kameran är försedd med vattenkylning för att skydda den mot värmebelastning. Kondens på linsen undviks genom att kylvattnet förvärms till ca 25°C med en doppvärmare. En luftpump kopplas till kamerahuset för att förse det med ett litet övertryck. Detta för att undvika inträngning av rök i kamerahuset.

Kamerans bländare är försedd med en radiostyrning och kan därmed justeras på avstånd. En videobandspelare och TV-monitor kopplas till kameran för att spela in bilden.

Förutom själva kamerahuset placeras två halogenstrålkastare i brandrummet. Detta för att få bättre färgåtergivning på filmen. Strålkastarna ansluts till en jordfelsbrytare som bryter strömmen då elkablarna smälter sönder p.g.a. värmebelastningen. Övrig utrustning placeras på betryggande avstånd från brandrummet.



Figur A5: Uppkoppling av utrustning som används för att filma inifrån brandrummet.

A3 Händelseförlopp och temperaturkurvor

A3.1 Brandförsökets händelseförlopp

Brandförsökets händelseförlopp beskrivs vid olika tidpunkter. Tiderna och händelserna har erhållits från filmupptagningarna.

10 s: Flamhöjden uppgår till ca 1.3 m, brandens diameter uppskattas till ca 1 m.



Figur A6: Flamhöjden uppgår till ca 1.5 m efter 12 s.

15 s: Flamhöjd ca 2 m, brandens diameter ca 1.3 m.

20 s: Flamhöjd ca 2.4 m, brandens diameter ca 1.5 m.

- 25 s:** Flamhöjd ca 2.8 m, brandens diameter ca 1.6 m.
- 27 s:** Ljudet från ett lock på en färgburk som hoppar av hörs för första gången. Det kommer från en av 1 liters burkarna direkt ovanför initialbranden (pall 1). Ljudet från lock som hoppar av fortsätter kontinuerligt under resten av brandförloppet.
- 50 s:** Det börjar brinna från de öppna 1 liters burkarna (pall 1) direkt ovanför initialbranden (se figur A7).



Figur A7: 50 s.

- 1 min:** Platen runt pallen på det övre hyllplanet rakt ovanför initialbranden börjar brinna (pall 3).
- 1 min 5 s:** Flammorna når takhöjd (3.6 m) och initialbrandens yta uppgår till kärlets totala area (3.2 m²).
- 1 min 10 s:** Träpallen på det övre hyllplanet rakt över initialbranden (pall 3) antänds. Se figur A8.



Figur A8: 1 min 10 s.

- 1 min 15 s:** Det börjar brinna ur de öppna 2.5 liters burkarna på det övre hyllplanet (pall 3).

- 1 min 30 s:** Hela pallen med 2.5 liters burkar på det övre hyllplanet brinner intensivt (pall 3).
- 1 min 35 s:** Träpallen bredvid på det övre hyllplanet antänds (pall 4).
- 2 min 20 s:** Lock på pall med 5 liters burkar på det övre hyllplanet hoppar av (pall 4).
- 3 min:** En viss tendens till förbränning av brandgaser utanför brandrummet uppfattas (se figur A9). Detta tyder på att branden i en del av rummet börjar bli ventilationskontrollerad.



FigurA9: ca 3 min.

- 4 min 25 s:** Lock på pall med 5 liters burkar på det nedre hyllplanet hoppar av (pall 2).
- 4 min 40 s:** Delar av pallställningen kollapsar vilket medför att burkarna på pall 3 och 4 (övre planet) ramlar ner. Innehållet i flertalet av dessa burkar spills ut och antänds vilket medför en enorm stegring av effektutvecklingen (se figur A10 och diagram A1).

Ståltråden som termoelementen i dörröppningen är fästa vid brinner av. Detta innebär att temperaturmätningarna i dörröppningen ej är giltiga efter denna tidpunkt (se diagram A2).



Figur A10: Direkt före och direkt efter kollaps av pallställning.

- 6 min 45 s:** Industribrandkåren kylvär plåtväggarna (utifrån) med vatten från strålrör. Kylningen pågår under ca 25 s.
- 7 min 25 s:** Ytterligare ett ras inträffar, pall 5 på det övre hyllplanet rasar ner.
- 8 min 5 s:** Industribrandkåren påbörjar insats med skum och vatten.



Figur A11

Efter avslutad släckinsats: Efter att branden släckts kunde det konstateras att den främre tvärgående balken i pallstället deformerats av värmebelastningen och därmed orsakat det första raset (se figur A12).



Figur A12

Pallar 6-9 (se figur A2) är förhållandevis intakta, locken har hoppat av men inga burkar har vält.



Figur A13

A3.2 Temperaturkurvor

De uppmätta temperaturkurvorna presenteras i diagram på nästföljande två sidor. Diagram A1 visar temperaturen i ett av brandrummets hörn och diagram A2 visar temperaturen i dörröppningen. Termoelementens exakta placering åskådliggörs i figur A1 (avsnitt A2.1).

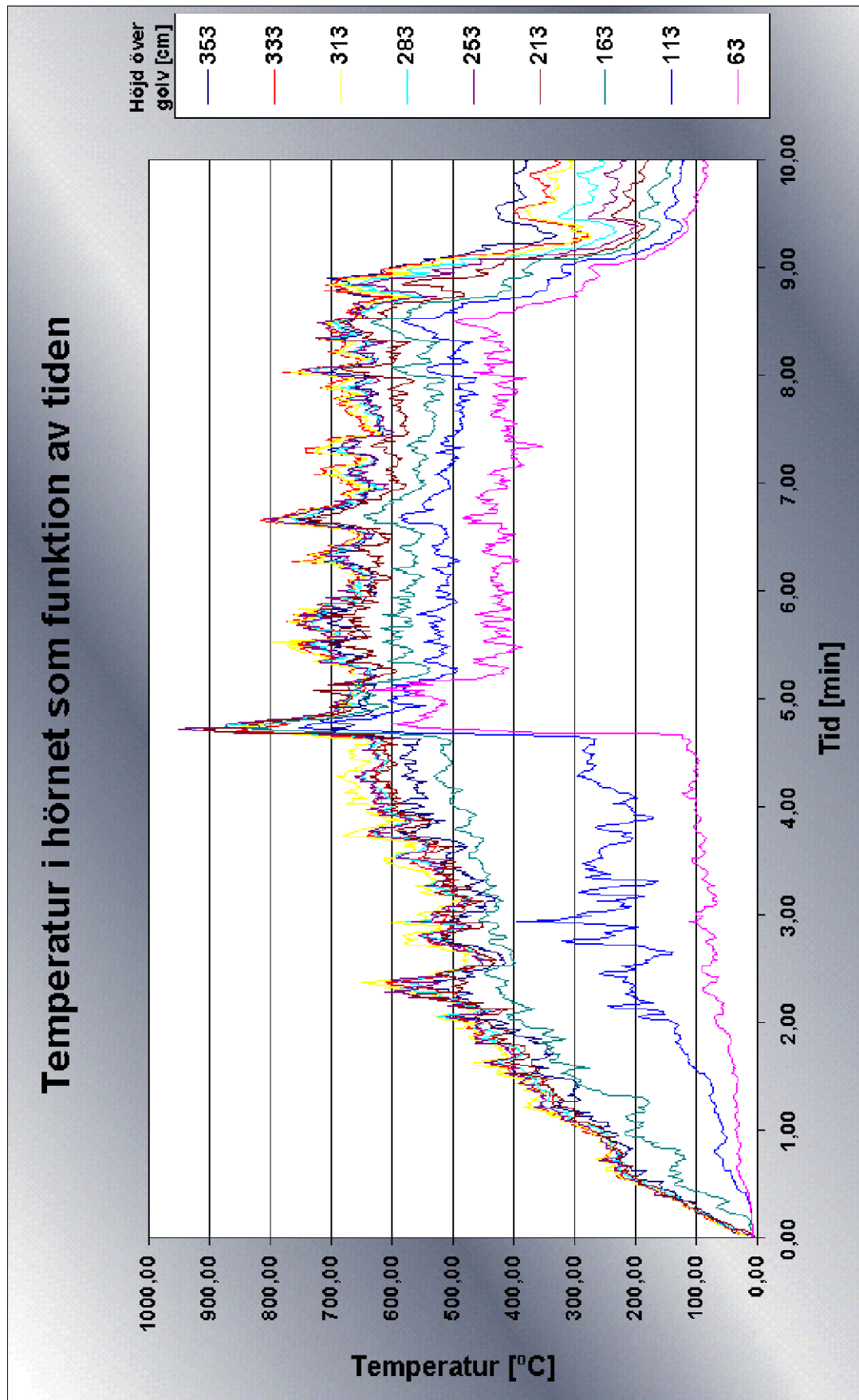


Diagram A1: Temperatur i hörnet.

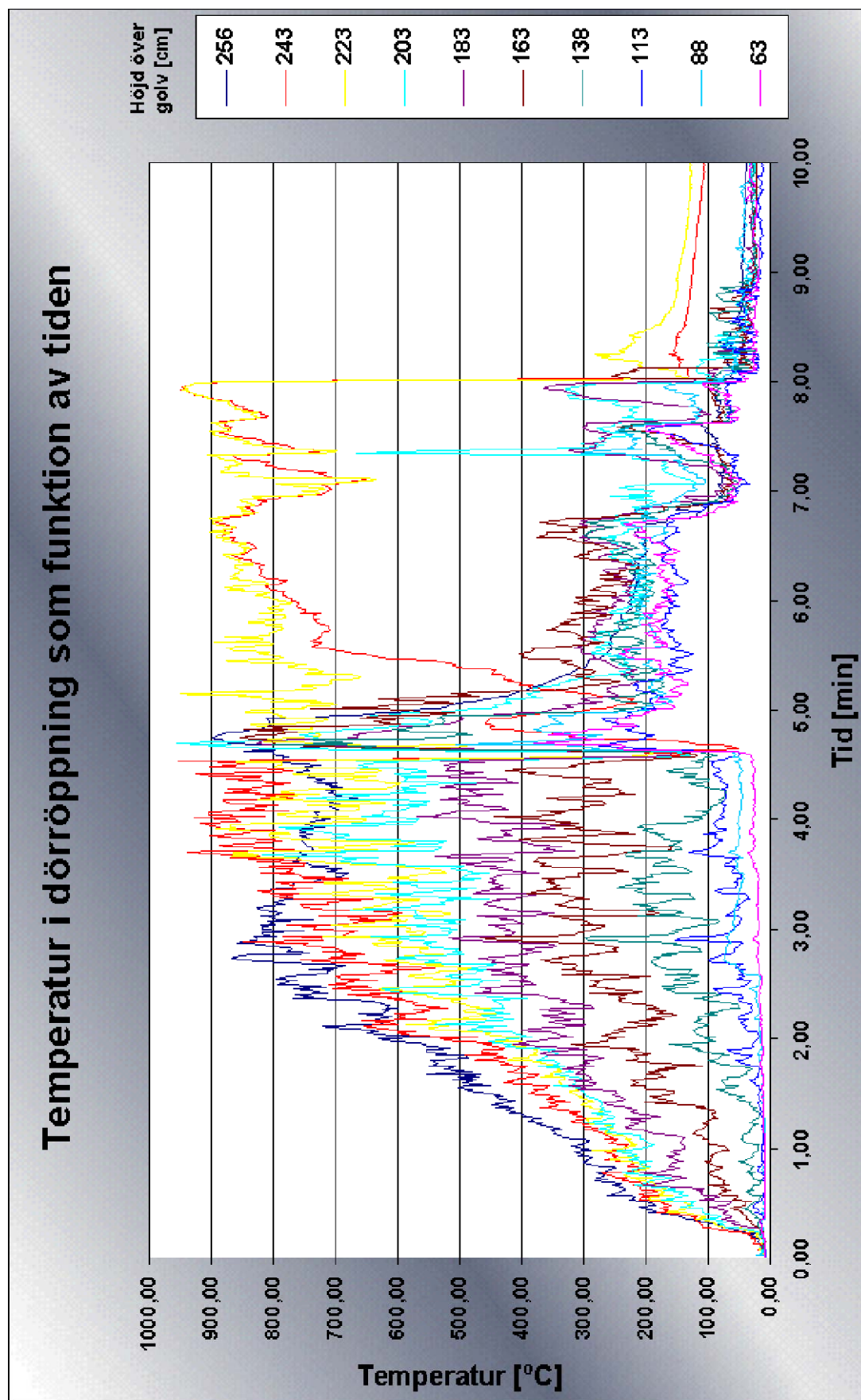


Diagram A2: Temperatur i dörröppningen.

A4 Beräkningar

För att beräkna effekten används observationerna och temperaturmätningarna från försöket (se avsnitt A3). Effekten beräknas med olika metoder fram till den tidpunkt då övertändning sker. Övertändning antas inträffa då medeltemperaturen i brandgaslagret uppgår till 600°C. Uppskattningarna av medeltemperaturen i brandgaslagret bygger på de uppmätta värdena i hörnet av brandrummet.

Effektberäkningar kan vara av intresse vid eventuella framtida försök då de kan användas som jämförelsemått mellan olika försök.

A4.1 Effekt beräknad med flamhöjd och diameter

Under brandförloppets tidiga skede kan observationer av flamhöjd och brandens diameter göras. Med dessa parametrar kan sedan effekten beräknas m.h.a. Heskestads plymekvation (Ekv. A1). /ref. 7/

$$\dot{Q} = \left(\frac{L + 1.02D}{0.235} \right)^{5/2} \quad [\text{kW}] \quad [\text{Ekv. A1}]$$

$$L = \text{Flamhöjd} \quad [\text{m}]$$

$$D = \text{Pöldiameter} \quad [\text{m}]$$

Flamhöjd och pöldiameter hämtas från avsnitt A3. Beräkningarna visas nedan.

$$10 \text{ s} \quad \dot{Q} = \left(\frac{1.3 + 1.02 \cdot 1}{0.235} \right)^{5/2} = 306 \quad [\text{kW}]$$

$$15 \text{ s} \quad \dot{Q} = \left(\frac{2.0 + 1.02 \cdot 1.3}{0.235} \right)^{5/2} = 754 \quad [\text{kW}]$$

$$20 \text{ s} \quad \dot{Q} = \left(\frac{2.4 + 1.02 \cdot 1.5}{0.235} \right)^{5/2} = 1144 \quad [\text{kW}]$$

$$25 \text{ s} \quad \dot{Q} = \left(\frac{2.8 + 1.02 \cdot 1.6}{0.235} \right)^{5/2} = 1545 \quad [\text{kW}]$$

$$65 \text{ s} \quad \dot{Q} = \left(\frac{3.6 + 1.02 \cdot 2.0}{0.235} \right)^{5/2} = 2822 \quad [\text{kW}]$$

Efter 65 s är branden inte längre begränsad till initialbranden i kärnen. Av denna anledning måste beräkningen av effekten göras med andra metoder.

A4.2 Effekt beräknad med uppmätt temperatur

Effekten i brandrummet kan beräknas m.h.a. temperaturskillnaden mellan brandgaslagret och omgivningstemperaturen. För detta ändamål används en formel framtagen av McCaffrey m. fl. (Ekv. A2). /ref. 7/

$$\dot{Q} = \sqrt{\left(\frac{(T_g - T_a)}{6.85}\right)^3 \cdot (A_0 \cdot \sqrt{H_0} \cdot h_k \cdot A_T)} \quad [\text{Ekv. A2}]$$

\dot{Q} = Effekt	[kW]	h_k = Värmeledningskoefficient	[W/m ² K]
A_0 = Öppningens area	[m ²]	T_a = Omgivningstemperatur	[°C]
H_0 = Öppningens höjd	[m]	T_g = Brandgastemperatur	[°C]
A_T = Omslutningsarea	[m ²]		

Eftersom värmeledningskoefficienten (h_k) för brandrummets omslutande konstruktion är okänd måste den beräknas. Då värdet för h_k är konstant kan det beräknas vid en tidpunkt då effektutvecklingen redan är uppskattad. Värmeledningskoefficienten för brandrummet blir enligt beräkningar 0.185 W/m²K.

Effektutvecklingen kan därefter beräknas fram till den tidpunkt då övertändning i rummet sker. Eftersom formeln inte är giltig efter det att övertändning skett sker inga beräkningar efter denna tidpunkt. Brandgastemperaturen är ett medelvärde av de uppmätta värdena i brandgaslagret. Dessa är hämtade från diagram A1.

$$25 \text{ s: } \dot{Q} = \sqrt{\left(\frac{(160 - 6)}{6.85}\right)^3 \cdot (4.2 \cdot \sqrt{2.63} \cdot 0.185 \cdot 166)} = 1541 \quad [\text{kW}]$$

$$65 \text{ s: } \dot{Q} = \sqrt{\left(\frac{(250 - 6)}{6.85}\right)^3 \cdot (4.2 \cdot \sqrt{2.63} \cdot 0.185 \cdot 166)} = 3075 \quad [\text{kW}]$$

$$90 \text{ s: } \dot{Q} = \sqrt{\left(\frac{(350 - 6)}{6.85}\right)^3 \cdot (4.2 \cdot \sqrt{2.63} \cdot 0.185 \cdot 166)} = 5147 \quad [\text{kW}]$$

$$120 \text{ s: } \dot{Q} = \sqrt{\left(\frac{(440 - 6)}{6.85}\right)^3 \cdot (4.2 \cdot \sqrt{2.63} \cdot 0.185 \cdot 166)} = 7293 \quad [\text{kW}]$$

$$150 \text{ s: } \dot{Q} = \sqrt{\left(\frac{(460 - 6)}{6.85}\right)^3 \cdot (4.2 \cdot \sqrt{2.63} \cdot 0.185 \cdot 166)} = 7803 \quad [\text{kW}]$$

$$\underbrace{220 \text{ s}}_{\text{Övertändning}} : \dot{Q} = \sqrt{\left(\frac{(600 - 6)}{6.85}\right)^3 \cdot (4.2 \cdot \sqrt{2.63} \cdot 0.185 \cdot 166)} = 11679 \quad [\text{kW}]$$

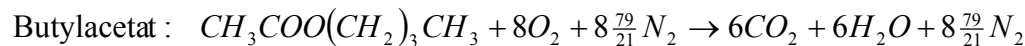
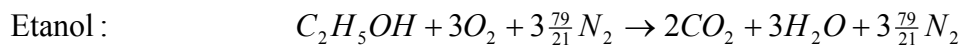
A4.3 Effekt beräknad med GER-metod

En alternativ metod att beräkna effekten vid övertändning är att använda GER-metoden (Global Equivalence Ratio) /ref. 13/. Denna metod bygger på förhållandet mellan rådande bränsle/luft-blandning och stökiometrisk bränsle/luft-blandning, samt hur mycket energi som kan transporteras ut genom öppningen. Ekvation A3 är hämtad ur /ref. 13/. Vid övertändning kan förhållandet mellan rådande och stökiometrisk blandning (ϕ) antas vara 1.0.

$$\dot{m}_{fuel} = \frac{\frac{2}{3} \cdot h^{3/2} \cdot w \cdot C_d \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \rho_0 \cdot \left(1 - \frac{T_a}{T_g}\right)^{1/2} \cdot r \cdot \phi}{\left(1 + \left(\frac{T_g}{T_a}\right)^{1/3}\right)^{3/2}} \quad [\text{Ekv. A3}]$$

\dot{m}_{fuel} = Massavbrinning	[kg/s]	ρ_0 = Densitet på omgivningsluften	[kg/m ³]
h = Öppningens höjd	[m]	T_a = Omgivningstemperatur	[K]
w = Öppningens bredd	[m]	T_g = Brandgastemperatur	[K]
C_d = Flödeskoefficient	[-]	g = Tyngdacceleration	[m/s ²]
r = Stökiometrisk bränsle/ luft - blandning	[-]	ϕ = Bränsle/luft - blandning gentemot stökiometri	[-]

För att få fram värdet för stökiometrisk bränsle/luft-blandning (r) utförs stökiometrisk beräkning för etanol och butylacetat enligt nedan. Ett medelvärde för dessa används sedan för att bestämma r .



$$\left. \begin{array}{l} \text{Etanol : } \frac{2 \cdot 12 + 5 + 16 + 1}{3 \cdot 32 + 3 \cdot \frac{79}{21} \cdot 28} = \frac{46}{412} = 0.112 \\ \text{Butylacetat : } \frac{12 + 3 + 12 + 2 \cdot 16 + 3 \cdot 14 + 12 + 3}{8 \cdot 32 + 8 \cdot \frac{79}{21} \cdot 28} = \frac{116}{1099} = 0.106 \end{array} \right\} \approx 0.11 = r$$

Beräkningar enligt ekvation A3 utförs för att bestämma den totala massavbrinningen i brandrummet vid övertändning (600°C).

$$\dot{m}_{fuel} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 2.63^{3/2} \cdot 1.60 \cdot 0.68 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81} \cdot 1.2 \cdot \left(1 - \frac{279}{873}\right)^{1/2} \cdot 0.11 \cdot 1.0}{\left(1 + \left(\frac{873}{279}\right)^{1/3}\right)^{3/2}} = 0.386 \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}}\right]$$

För att beräkna effekten måste förbränningsvärmets (ΔH_c) för materialet som brinner vara känt. Då det är olika material som brinner görs förenklingen att det bara är cellulosaftörtunning som brinner. Värdet på ΔH_c hämtas ur bilaga C.

Effekten beräknas enligt ekvation A4.

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= \dot{m}_{fuel} \cdot \Delta H_{c, fuel} \\ \dot{Q} &= 0.386 \cdot 22300 = 8608 \quad [\text{kW}] \end{aligned} \quad [\text{Ekv. A4}]$$

A5 Resultat och diskussion

Värdena för de framräknade effekterna är inga exakta värden utan bör betraktas som en grov uppskattning med en viss felmarginal. Resultaten från de olika beräkningarna av effekten sammanställs i diagram A3. Effekten beräknas endast fram till den tidpunkt då övertändning antas ske. Som kriterium för övertändning har en medeltemperatur på 600°C i brandgaslagret använts. Detta sker efter ca 3.5 minuter.

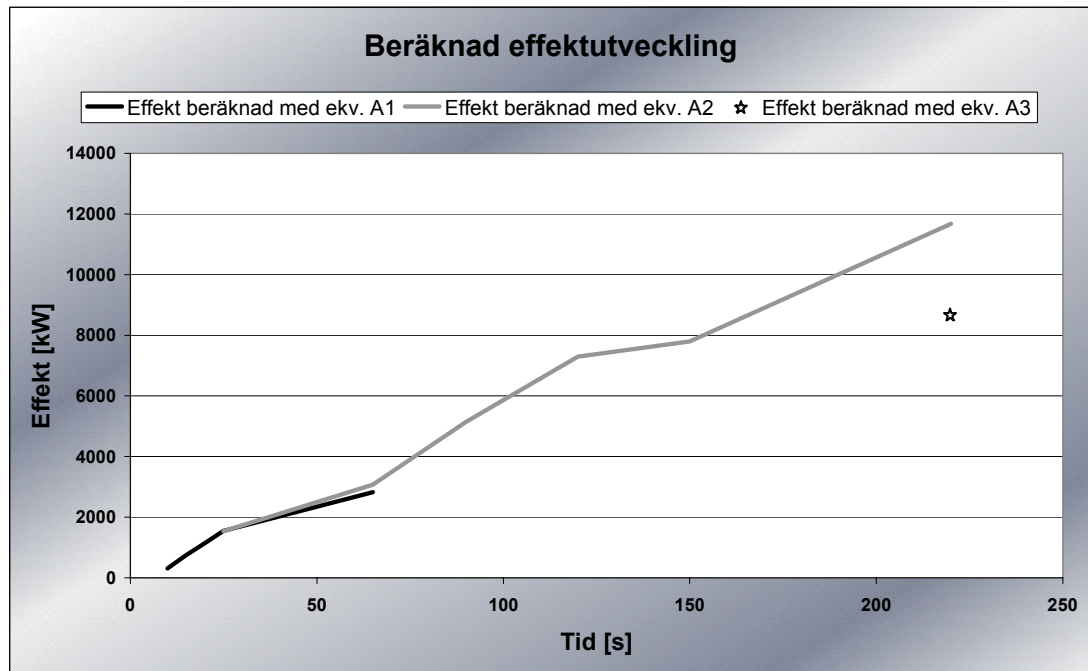


Diagram A3: Diagrammet visar den beräknade effektutvecklingen vid olika tidpunkter fram till övertändning (600°C i brandgaserna).

Genom att studera filmen över brandförloppet kan intressanta iakttagelser göras. Ur dessa kan en del slutsatser dras, vilka diskuteras nedan.

Efter en viss tids brandpåverkan flyger locken på burkarna av p.g.a. tryckökning. Då locket flyger av burken börjar det brinna från vätskeytan. Det är bara locken på burkarna från det översta lagret på varje pall som flyger av. Locken på de övriga burkarna hålls på plats av tyngden från ovanpåliggande burkar. Tryckutjämning sker dock genom att locken glipar lite under brandpåverkan. Den gas som då strömmar ut förbränns men bidrar inte lika mycket till effekten som en öppen burk.

Storleken på initialbranden motsvarar inte ett realistiskt utspill. Detta främst p.g.a. att 60 l förtunning skulle bilda en mycket större pöl än de 3.2 m² som användes vid försöket. Detta skulle medföra en betydligt större effektutveckling men i gengäld under mycket kortare tid. Tiden till det att pallstället kollapsar gäller endast under de förhållanden som råder under brandförsöket. Det är inte säkert att pallstället hade kollapsat vid en brand från ett verkligt utspill. Detta eftersom pallstället utsätts för brandpåverkan från initialbranden under kortare tid.

Branden från de öppna färgburkarna bedöms inte ge större tillskott till den totala effekten än om det lagrats exempelvis träpallar eller annat brännbart material i pallstället. Det stora tillskottet till effekten kommer när delar av pallstället kollapsar och den uppvärmda färgen spills ut över golvet.

En brand från öppna plåtburkar innehållande klass 2b-vätska bedöms inte jämförelsevis ge större effektutveckling än en brand från annat brännbart material som inte klassas som brandfarlig vätska. Ett utspill av uppvärmd klass 2b-vätska ger däremot en enorm effektutveckling jämfört med en brand från öppna plåtburkar. Detta beror på att vätskeytans area blir avsevärt större. Det är därför av stor vikt att risken för ett utspill av brandfarlig vätska, som följd av att pallställ kollapsar vid brand, beaktas vid hantering av denna typ av produkter.

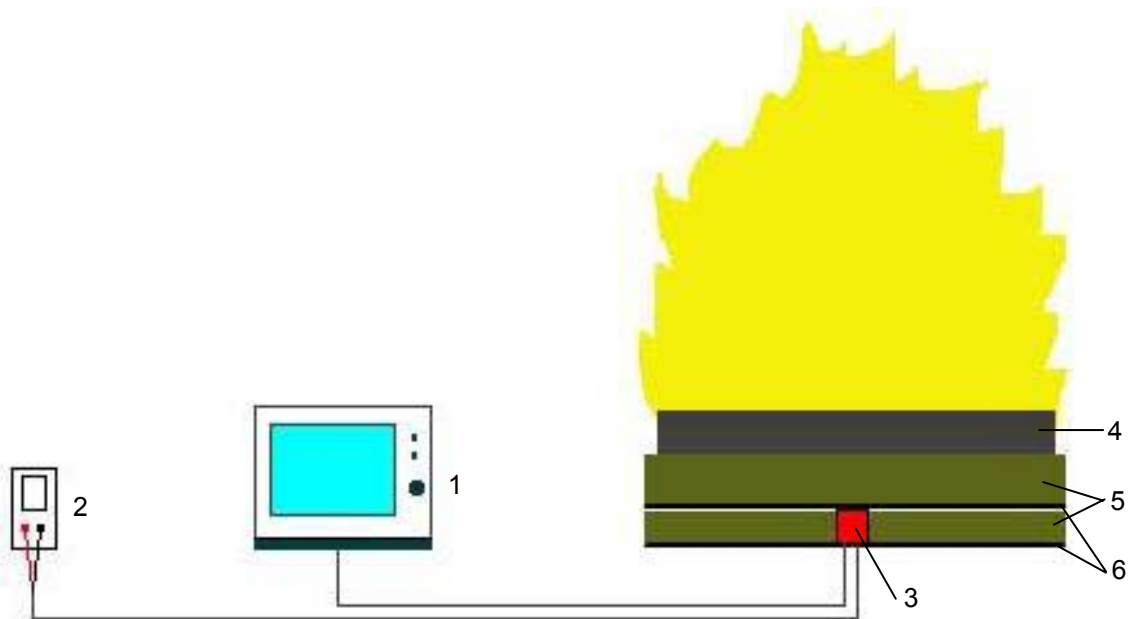
Bilaga B: Massavbrinning (cellulosaförtunning)

B1 Bakgrund och syfte

Ett brandförsök med färgprodukter skall genomföras, där cellulosaförtunning (typ 112) antänds och utgör en initialbrand. Initialbranden skall i sin tur ge en brandpåverkan på ett antal pallar lastade med färg i plåtburk (klass 2b). Innan brandförsöket genomförs utförs ett försök i mindre skala. Syftet med det mindre försöket är att ta reda på massavbrinningen och dess beroende av vätskeytans area för cellulosaförtunning. Detta görs för att kunna uppskatta vilken effektutveckling per m² som cellulosaförtunning ger vid brand. Ett annat syfte är att se hur plåtburkar med färg (klass 2b) uppför sig vid brandpåverkan.

B2 Utrustning och materiel

1. Datalogg
2. Spänningsaggregat
3. Lastcell
4. 4 st. cirkulära eldningskärn av stål (D=30 cm, D=50 cm, D=80 cm samt D=119 cm)
5. Isolering (Rockwool)
6. Stålpåtar (till lastcell)
7. Digital videokamera
8. 25 l Cellulosaförtunning typ 112 (53 % butylacetat, 27 % etanol, 15 % etanol / isopropylalkohol, 5 % övriga alkoholer)
9. 2 st. 2.5 liters plåtburkar med färgprodukter (klass 2b)
10. Trefot av stål



Figur B1: Uppställning av utrustning vid mätning av massavbrinning

B3 Utförande

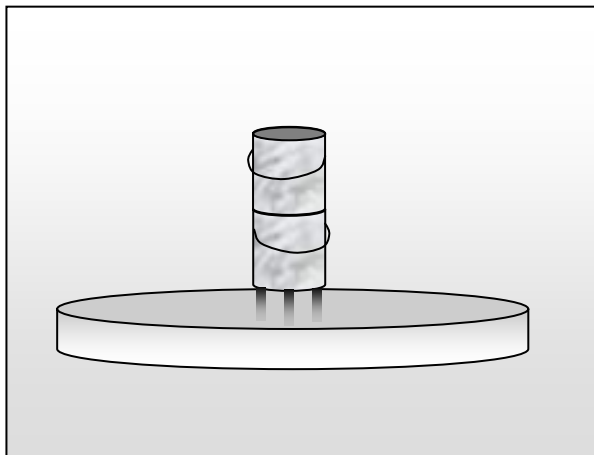
Försöket utfördes dels med hänsyn till massavbrinning för cellulosaförtunning som funktion av vätskeytans diameter och dels med hänsyn till hur plåtburkar med färg (klass 2b) uppför sig vid brandpåverkan.

B3.1 Massavbrinning

Vid mätning av massavbrinning anordnas utrustningen enligt figur B1. Lastcellen isoleras noggrant för att inte ta skada av värmen. Cellulosaförtunningen tappas över i eldningskärlet till ett vätskedjup av ca 3 cm. Då eldningskärlet blir skeva vid upphettning är det viktigt att vätskans djup är tillräcklig för att vätskeytan ska bibehålla sin area efter det att kärlet blivit skevt. Efter upptappning av vätska antänds vätskeytan med en gaslåga, samtidigt som dataloggen startas och börjar registrera vikten i kärlet. Registrering sker en gång per sekund. När vätskeytans area minskat på grund av att kärlet blivit skevt avbryts försöket. Försöket utförs fyra gånger, en gång för varje diameter på eldningskärlet.

B3.2 Beteende av plåtburkar med färg vid brandpåverkan

För att se hur plåtburkar med färg av klass 2b uppför sig vid brandpåverkan placerades två burkar ovanpå varandra. Dessa sattes på en trefot som var placerad i eldningskärlet med diametern 80 cm (se figur B2). Cellulosaförtunning tappades upp i kärlet och antändes därefter. Försöket avbröts då förtunningen brunnit ut (ca 6 min).



FigurB2: 2 st färgburkar (3.75 l) uppställda på trefot i ett eldningskärlet med diametern 80 cm.

B4 Beräkningar

Massavbrinningen som funktion av diametern ($D = 30\text{--}119\text{ cm}$) beräknas för att därefter kunna skatta massavbrinningen för en större diameter.

B4.1 Bearbetning av uppmätta värden

De av dataloggen registrerade värdena överförs till Excell för vidare bearbetning. Värdena plottas i ett diagram som anger massan som funktion av tiden. Ett tidsintervall där kurvan har en någorlunda jämn lutning väljs ut. Eftersom lastcellen är myck-

et känslig och datalogen registrerar värden varje sekund erhålls en väldigt ojämn kurva. För att erhålla en medelmassavbrinning inom utvalt tidsintervall infogas en trendlinje. Ur trendlinjens ekvation kan man utläsa massavbrinningen. I diagram B1-B4 kan man utläsa massavbrinningen från ekvationen som gram per minut.

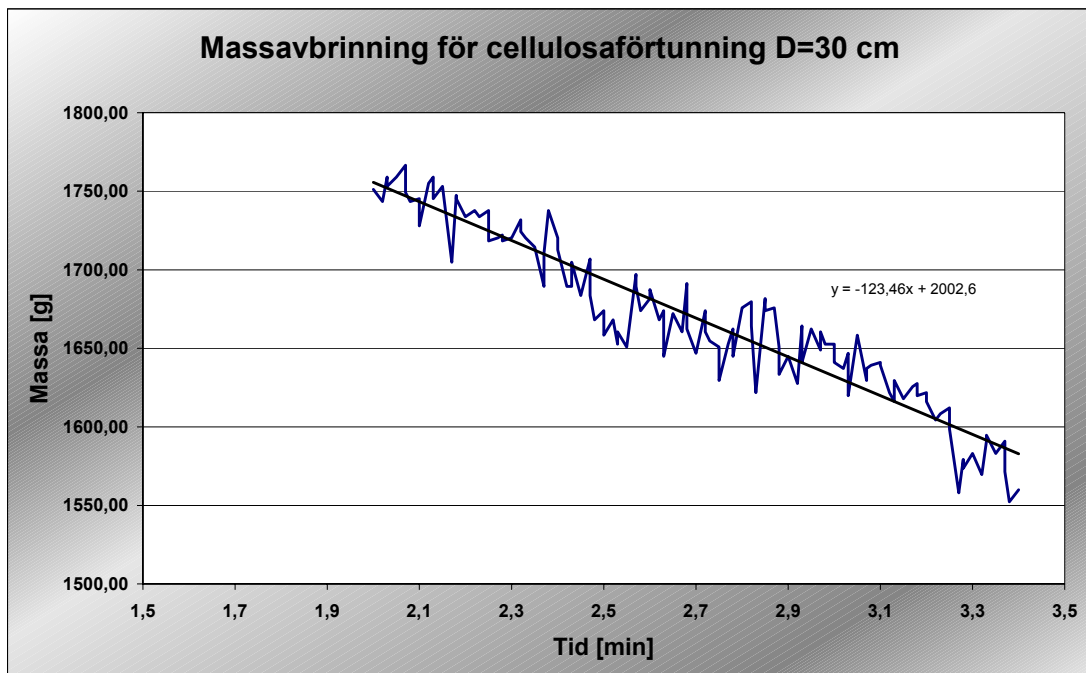


Diagram B1: Den uppmätta massavbrinningen blir 123.5 gram per minut vid kärldiameter på 30 cm.

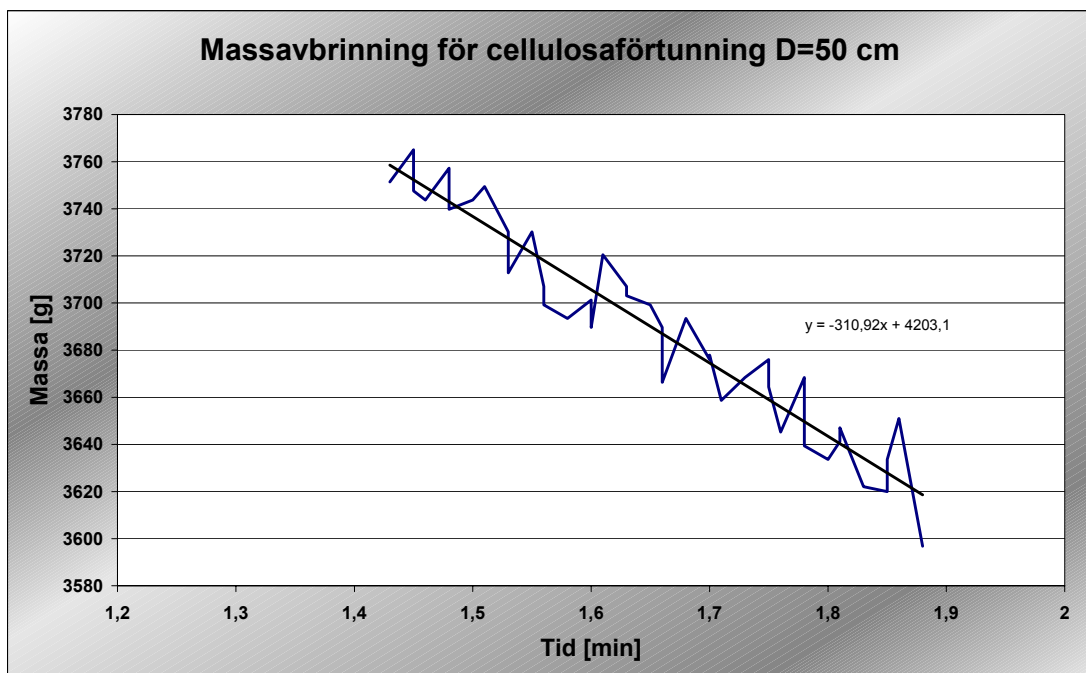


Diagram B2: Den uppmätta massavbrinningen blir 310.9 gram per minut vid kärldiameter på 50 cm.

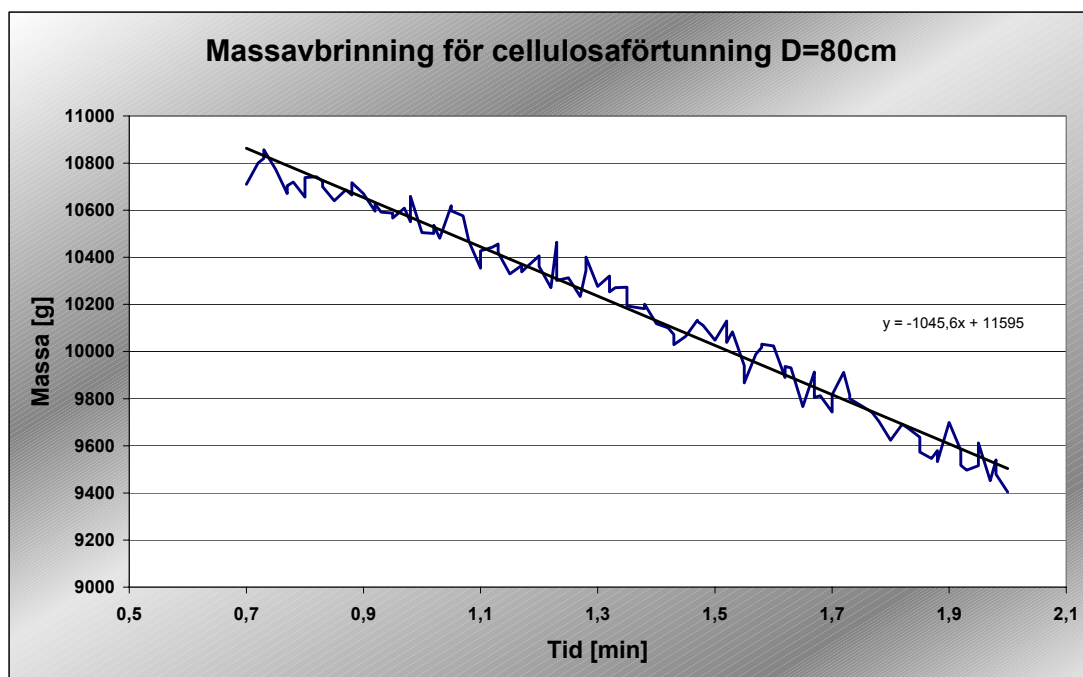


Diagram B3: Den uppmätta massavbrinningen blir 1045.6 gram per minut vid kärldiameter på 80 cm.

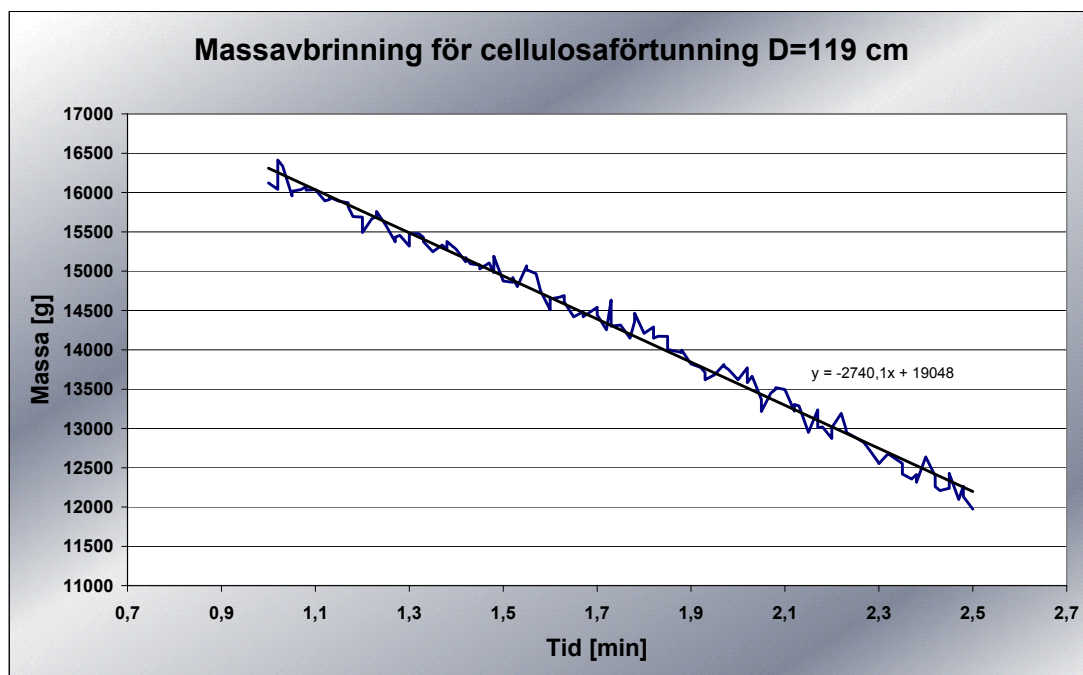


Diagram B4: Den uppmätta massavbrinningen blir 2740.1 gram per minut vid kärldiameter på 119 cm.

Diameter på kärl [cm]	Massavbrinning [kg/s]	Massavbrinning per m ² [kg/sm ²]
30	0.00206	0.0291
50	0.00518	0.0264
80	0.01743	0.0347
119	0.04567	0.0411

Tabell B1: Sammanställning av uppmätt massavbrinning för cellulosaförtunning samt dess beroende av vätskeytans diameter.

B4.2 Skattning av massavbrinning för cellulosaförtunning vid stor diameter

Massavbrinningen är väldigt varierande för olika brännbara vätskor. I diagram B5 visas värdena för massavbrinningen som erhöles vid försöket. Som jämförelse finns även massavbrinningen för några andra vätskor, samt den maximala massavbrinningen för både aceton och etanol. Gemensamt för de brännbara vätskorna är dock att massavbrinningen per m^2 blir konstant då vätskepörens yta blir stor. Diametern då massavbrinningen per m^2 blir konstant varierar för de olika vätskorna, men ligger i storleksordningen 1-4 m.

Då den cellulosaförtunning som används i försöket till största del består av butylacetat och etanol bör rimligtvis den maximala massavbrinningen för cellulosaförtunning ligga någonstans mellan dessa vätskornas värden. Eftersom inga värden på den maximala massavbrinningen för butylacetat fanns tillgängliga valdes aceton för jämförelse. I diagram B5 kan man se att cellulosaförtunningens massavbrinning uppför sig mer som aceton än som etanol. Då förbränningsvärmets för butylacetat är högre än för aceton blir troligtvis den maximala massavbrinningen för butylacetat högre än för aceton.

Med hänsyn till ovanstående resonemang och med hänsyn till utseendet på kurvan i diagram B5, görs en skattning av den maximala massavbrinningen för cellulosaförtunning. Värdet sätts till $0.045 \text{ kg/m}^2\text{s}$ med motiveringen att kurvan troligtvis kommer att plana ut ytterligare vid större diametrar.

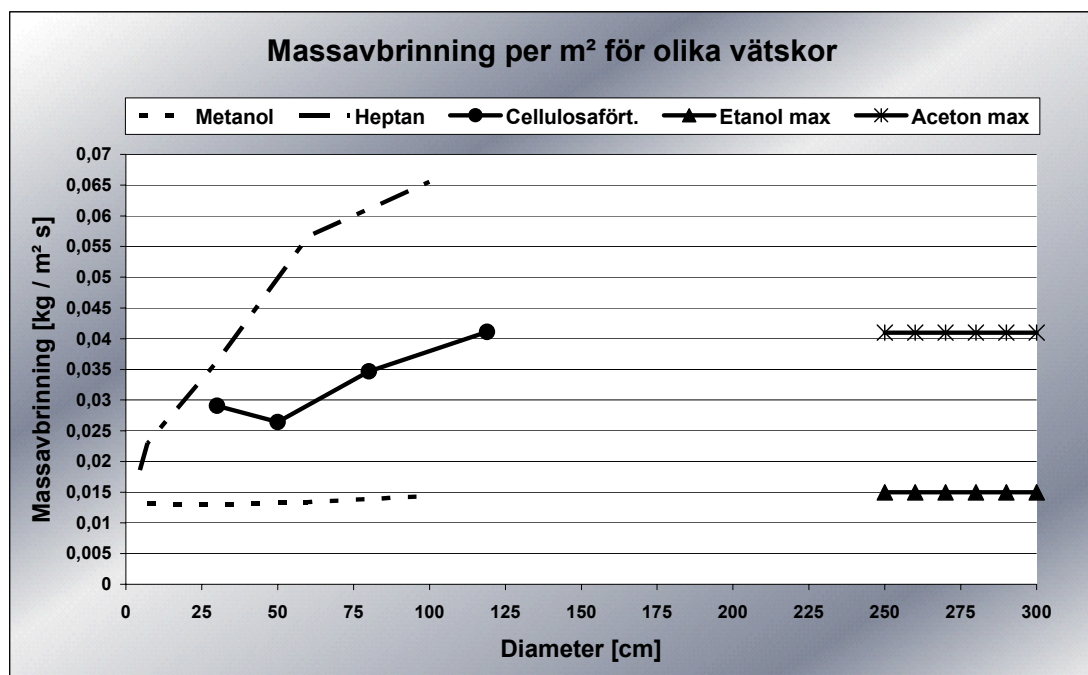


Diagram B5: Massavbrinning som funktion av vätskeytans diameter för några brännbara vätskor. Kurvorna för metanol och heptan är hämtade från /ref. 14/ och värdena för $etanol_{max}$ och $aceton_{max}$ är hämtade ur /ref. 15/

B5 Resultat och diskussion

B5.1 Massavbrinning

Massavbrinningen vid stor area på vätskeytan ($D > 2\text{m}$) för cellulosaförtunningen som användes vid försöket skattas enligt tidigare resonemang till $0.045 \text{ kg/m}^2\text{s}$. Detta är endast ett ungefärligt värde, vill man ha ett mer exakt värde behöver fler försök utföras med större diameter på kärnen. Kombinerar man massavbrinningen med den energi per massenhet som frigörs vid förbränning så kan brandens effekt per m^2 vätskeyta beräknas. Energin som frigörs per massenhet undersöks i RHR-huven vid Brandtekniks laboratorium. Detta beskrivs närmare i bilaga C.

B5.2 Brandpåverkan av plåtburk med färg (klass 2b)

Efter ca 1.5 minuters brandpåverkan hoppar locket på den översta burken av. Då locket är borta brinner färgen i burken som en liten poolbrand. Den undre burken betar sig lite annorlunda. Då trycket i burken ökar (p.g.a. upphettning) så glipar locket lite i kanten och utjämnar därmed trycket. Locket flyger inte av utan hålls på plats av den övre burkens tyngd. Ingen brand uppstår i den undre burken. Då initialbranden slocknar (efter ca 6 min) har ingen av burkarna vält, men det brinner fortfarande ur den övre burken. Med denna information av hur plåtburkarna betar sig vid brandpåverkan kan man få en liten föraning om vad som kan hända vid det större brandförsöket.



Figur B3: Efter ca 1.5 minut flyger locket av på den översta burken.

Bilaga C: Bestämning av förbränningsvärmets för cellulosaförtunning

C1 Syfte

Syftet med att bestämma energiutvecklingen per massenhet (förbränningsvärme) för cellulosaförtunning är att använda det uppmätta värdet i kombination med massavbrinningen som skattats tidigare (se bilaga B). Dessa värden ger tillsammans den maximala effektutvecklingen för den pölbrand som används som initialbrand vid brandförsöket på Barbara (se bilaga A).

C2 Utrustning och utförande

Ett bränslekärl med diametern 40 cm placeras på lastcell som är kopplad till en datalogg (se figur B1, bilaga B). Utrustningen placerades under RHR-huven på Brandtekniks laboratorium. RHR-apparaturen mäter brandgasernas syrgaskoncentration, vilket direkt kan översättas till brandens kemiska effektutveckling.

Bränslekärl fylldes med cellulosaförtunning, vilken antändes. Därefter börjar RHR-apparaturen registrera syrgaskoncentrationen i brandgaserna, samtidigt som vågutrustningen registrerar massavbrinningen.

C3 Beräkningar och resultat

Efter ca 300 s börjar effektutvecklingen bli konstant. De uppmätta värdena mellan 300 och 480 sekunder plottas i ett diagram (se diagram C1). Eftersom effekten aldrig är helt konstant räknas det fram ett medelvärde för angiven tid. Medelvärdet beräknas i Excel och blir 60.1 kW. Då detta värde multipliceras med 180 (480-300), erhålles energiutvecklingen 10818 kJ under denna tidsperiod.

Den totala massavbrinningen under tiden 300-480 sekunder är 539 g. För att erhålla energiutvecklingen per gram så görs beräkningen $10818 \text{ kJ}/539 \text{ g} = 20.1 \text{ kJ/g}$. Denna energi är den kemiska energin. Förbränningseffektiviteten för alkoholer ligger runt 90 %. Detta medför att det totala förbränningsvärmets (ΔH_c) blir ca $20.1/0.9 = 22.3 \text{ kJ/g}$.

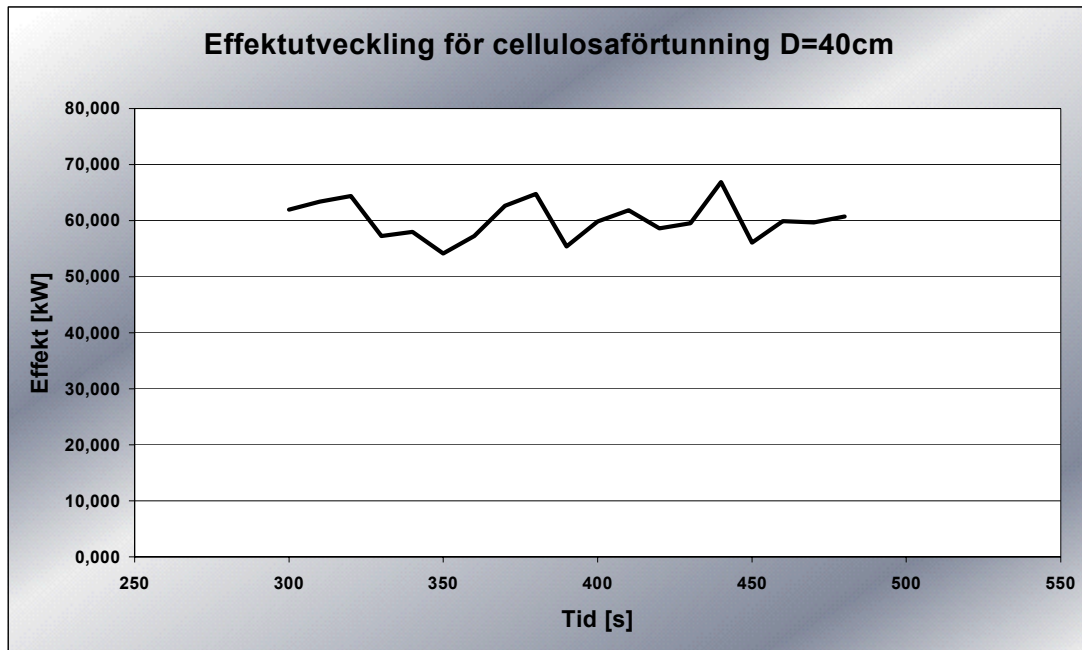
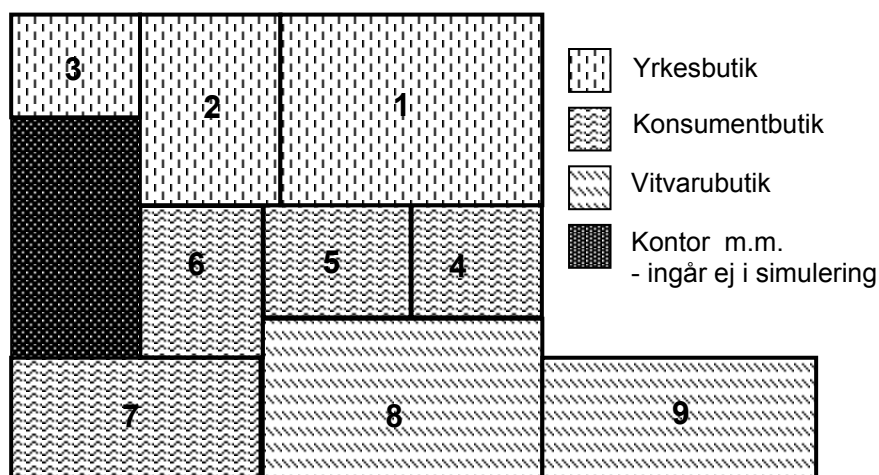


Diagram C1: Den kemiska effekten för cellulosaförtunning med bränslediametern 40 cm, under tidsperioden 300-480 s efter antändning.

Bilaga D: Beräkningar för brandgasspridning

D1 Förenklingar och antaganden vid modellering

För brandgasspridningsberäkningar används datorprogrammet FAST (3.1.7). Datorprogrammet använder sig av en s.k. tvåzonsmodell för att räkna ut temperaturen, höjden på brandgaserna m.m. Eftersom FAST endast kan behandla fyrkantiga rum med räta vinklar måste lokalernas geometri förenklas. Detta görs genom att dela upp geometrin i fiktiva rum (se figur D1). Det är viktigt att både golvarean och volymen för de fiktiva rummen stämmer överens med det verkliga fallet. Då taket har varierande höjd beräknas en medelhöjd för varje fiktivt rum.



Figur D1: Uppdelning av geometrin i fiktiva rum.

Rum	Längd (↑)	Bredd (→)	Höjd
1	19.5 *	24.5	4.5
2	19.5	13	4.5
3	10.5	10	3
4	11.5	13.5	4.5
5	11.5	15	4.5
6	15.5	12.5	4.5
7	12.5	25.5	3.7
8	16.5	28.5	3.7
9	12.5	28	3.7

*inlastningsport med öppningen 3x3 m

Tabell D1: Mått på fiktiva rum.

Höjden på öppningarna mellan de fiktiva rummen görs 10 cm lägre än den lägsta takhöjden av de båda rummen. Denna lilla nedsänkning mellan varje fiktivt rum görs för att få ett mer verklighetstroget brandgasspridningsförlopp.

Eftersom byggnaden inte är hermetiskt tillsluten måste läckageytor läggas in i beräkningarna. Detta görs genom en förenkling som består av en 3 mm glipa vid takhöjd och en 3 mm glipa vid golvnivå längs med alla ytterväggar.

Omgivningstemperaturen sätts till 20°C. Materialet i väggarna och taket antas vara lättbetong, medan golvet antas vara av betong. Alla dörrar samt inlastningsporten är stängda vid simuleringarna, utom vid scenario 1b då inlastningsporten antas vara öppen.

D2 Kritiska förhållanden

För att se när kritiska förhållanden uppstår presenteras diagram med brandgaslagrets temperatur, höjden på brandgaslagret och värmestrålningen från brandgaslagret. Tiden till kritiska förhållanden skall jämföras med utrymningstiderna. Råd från Boverkets Byggregler angående kritiska förhållanden är /ref. 5/:

- **Siktbarhet:** Brandgasnivå lägst $1.6 + (0.1 \times H)$ meter, där H är rumshöjden. Vilket medför en brandgasnivå på ungefär 2 meter över golv för detta objekt.
- **Värmestrålning:** Kortvarig strålningsintensitet på max 10 kW/m^2 , en maximal strålningsenergi på 60 KJ/m^2 utöver energin från strålning på 1 kW/m^2 . *
- **Temperatur:** Högst 80°C lufttemperatur (under brandgasnivån).

* Rådet för maximal värmestrålning kan dock bytas mot en fast nivå på 2.5 kW/m^2 infallande strålning /ref. 6/ Denna nivå kan uthärdas under en längre tid (ca 10 min.).

D3 Brandscenarier

Brandscenarierna som undersöks är:

- **Scenario 1:** Utspill av brandfarlig vätska (klass 1) under pallställ med brandfarlig vätska (klass 2b) som sedan antänds. I scenario 1a är inlastningsporten stängd och i scenario 1b är porten öppen. Effekten är linjärt stigande med en maximeffekt på 32 MW som uppnås efter 10 min.
- **Scenario 2:** Brand i tapetlagret. Effekten följer en αt^2 kurva där $\alpha=0.047$ (fast) och når maxeffekten 17 MW efter 10 min.
- **Scenario 3:** Brand i lokalen för försäljning av hushållsmaskiner. Effekten är den samma som för scenario 2.

Det är tiden till kritiska förhållanden i konsument- och yrkesbutikerna som först och främst beaktas i denna rapport.

D3.1 Scenario 1a – Brand i brandfarlig vätska, port stängd

Kritiska förhållanden uppstår vid ca 3.5 – 4.5 minuter (beroende på vilken del av lokalen som betraktas), p.g.a. att brandgaslagret sjunker ner under två meter, vilket påverkar siktbarheten. Kritiska förhållanden med avseende på värmestrålning sker först efter ca 7 minuter om man bortser från själva ”brandrummet”. Branden blir ventilationskontrollerad efter 8 minuter då effekten uppnår 26 MW, för att sedan sjunka.

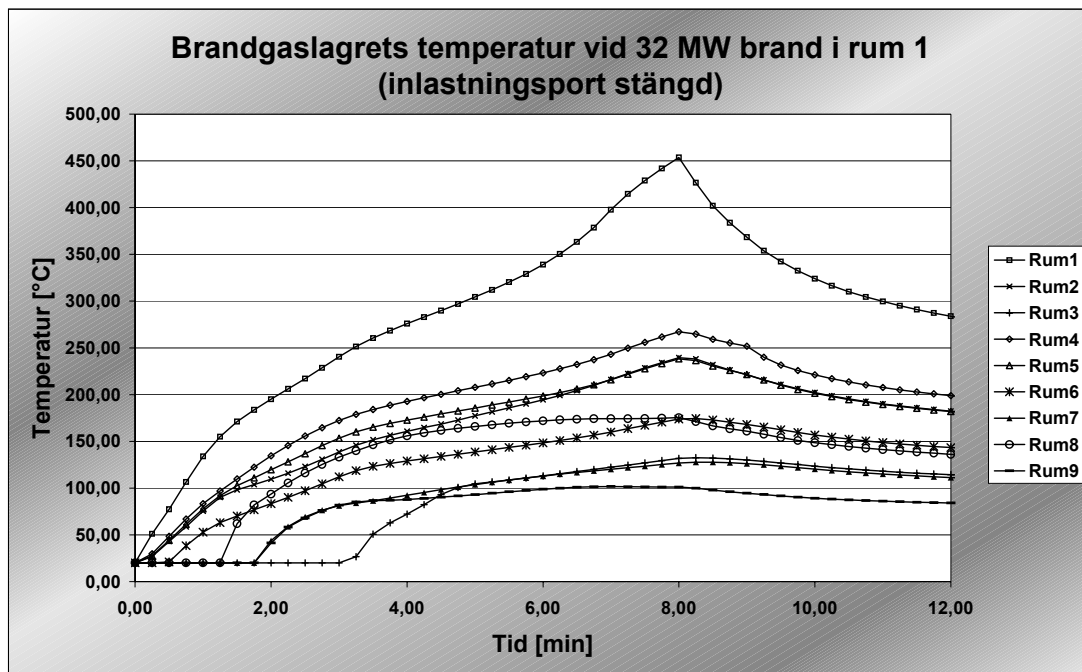


Diagram D1: Brandgaslagrets temperatur för de olika delarna av lokalen vid en 32 MW brand i färglagret (rum1).

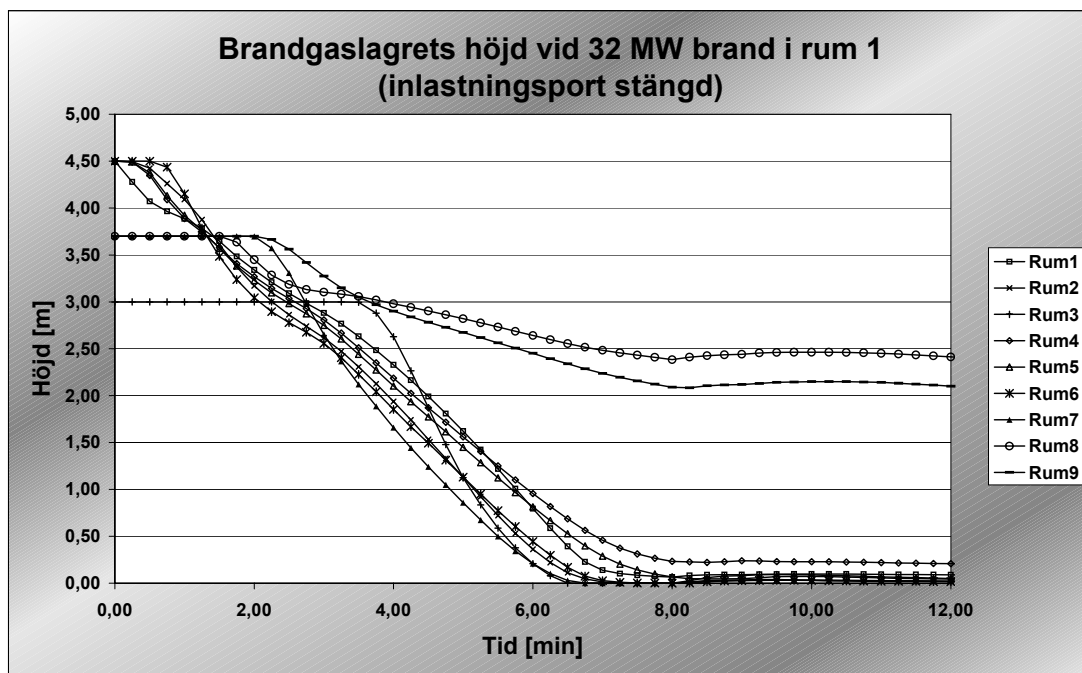


Diagram D2: Brandgaslagrets höjd över golvet för de olika delarna av lokalen vid en 32 MW brand i färglagret (rum1).

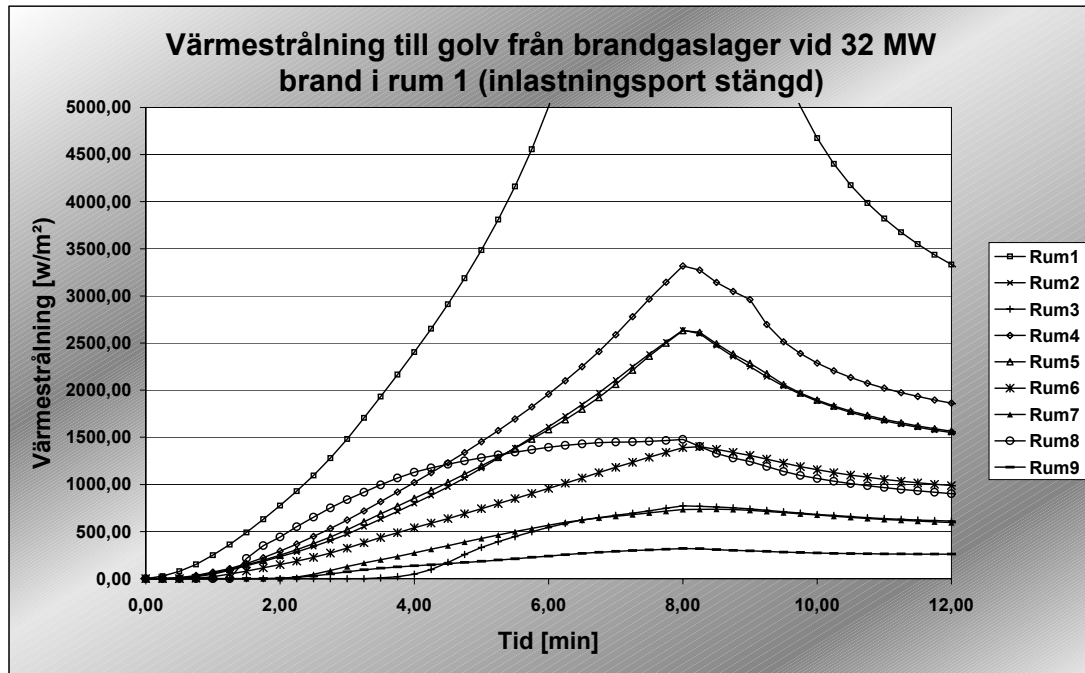


Diagram D3: Värmestrålningen från brandgaslagret till golvet för de olika delarna av lokalen vid 32 MW brand i färglagret (rum1).

D3.2 Scenario 1b – Brand i brandfarlig vätska, port öppen

Ungefär samma tider som vid scenario 1a, då kritiska förhållanden inträffar vid ca 3.5 – 4.5 minuter. Branden blir ventilationskontrollerad strax innan 10 minuter och har då nått effekten 30 MW.

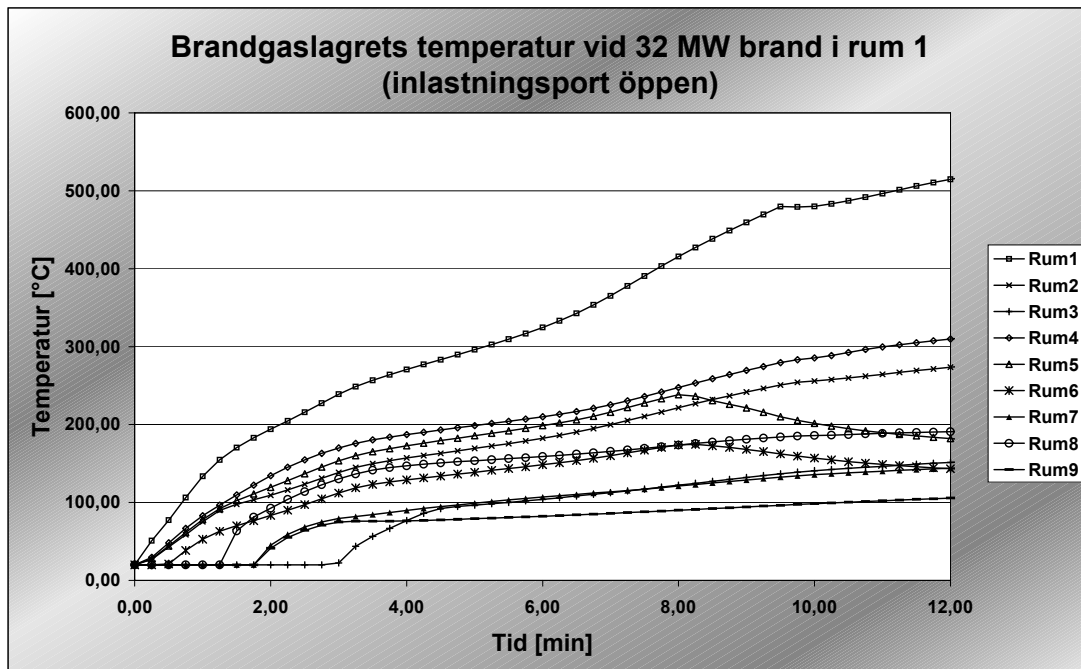


Diagram D4: Brandgaslagrets temperatur för de olika delarna av lokalen vid en 32 MW brand i färglagret (rum1), då inlastningsporten står öppen.

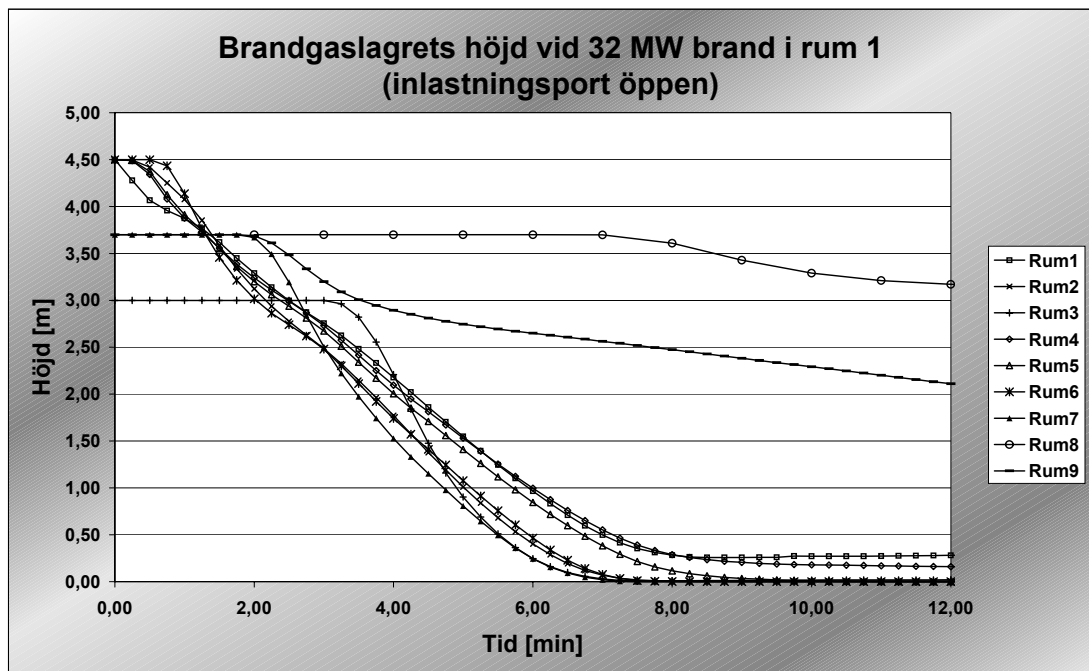


Diagram D5: Brandgaslagrets höjd över golvet för de olika delarna av lokalen vid en 32 MW brand i färglagret (rum1), då inlastningsporten står öppen.

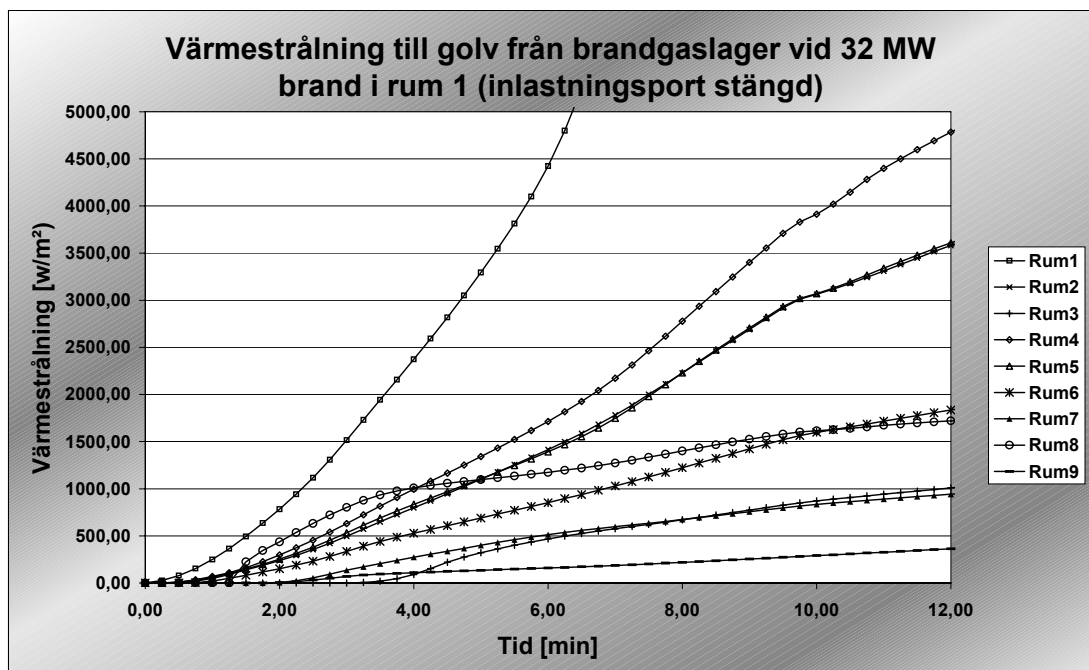


Diagram D6: Värmestrålningen från brandgaslagret till golvet för de olika delarna av lokalen vid 32 MW brand i färglagret (rum1), då inlastningsporten står öppen.

D3.3 Scenario 2 – Brand i tapetlager

Kritiska förhållanden uppstår vid ca 6.5 – 7.5 minuter (beroende på vilken del av lokalen som betraktas), p.g.a. att brandgaslagret sjunker ner under två meter. Kritiska förhållande med avseende på värmestrålning sker inte under de första 10 minuterna

om man bortser från själva ”brandrummet”. Branden blir inte ventilationskontrollerad.

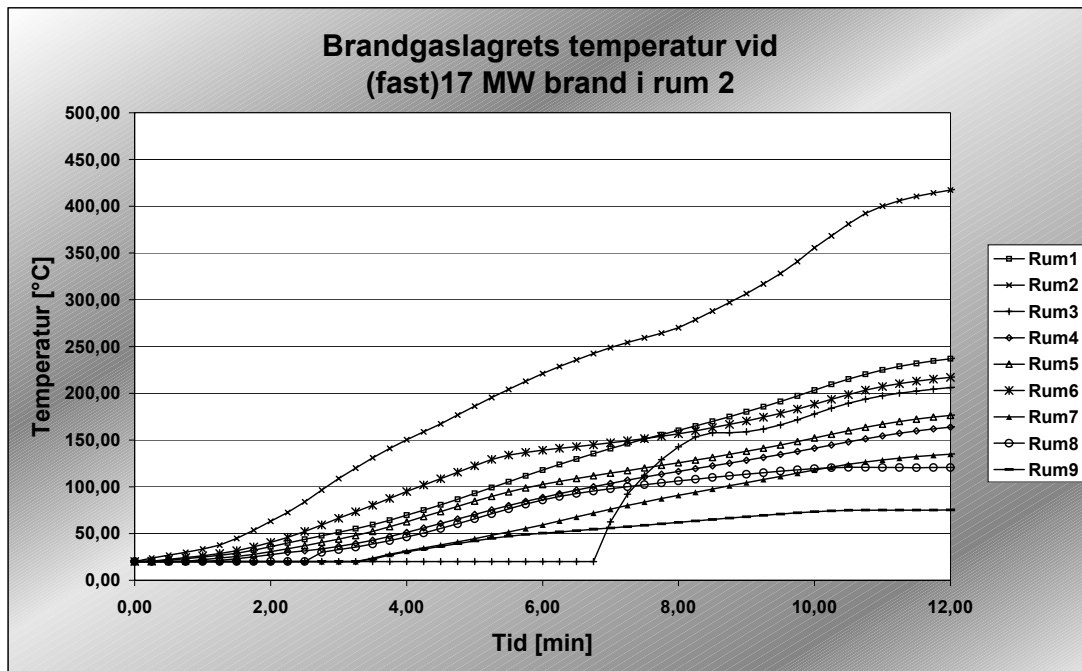


Diagram D7: Brandgaslagrets temperatur för de olika delarna av lokalen vid en (fast) 17 MW brand i tapetlager (rum2).

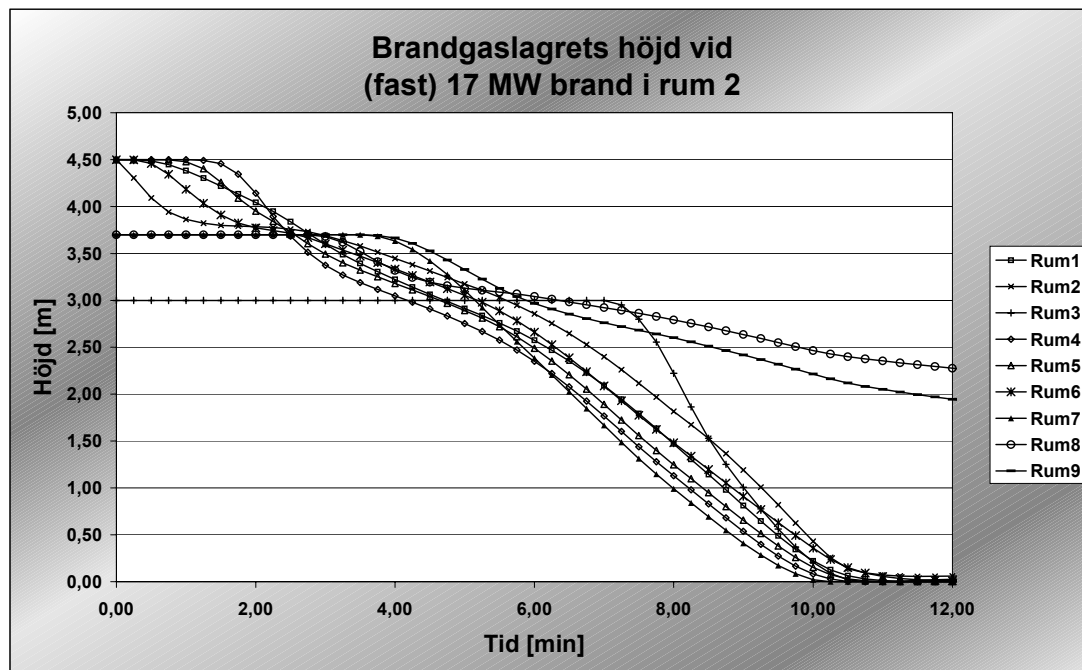


Diagram D8: Brandgaslagrets höjd för de olika delarna av lokalen vid en (fast) 17 MW brand i tapetlager (rum2).

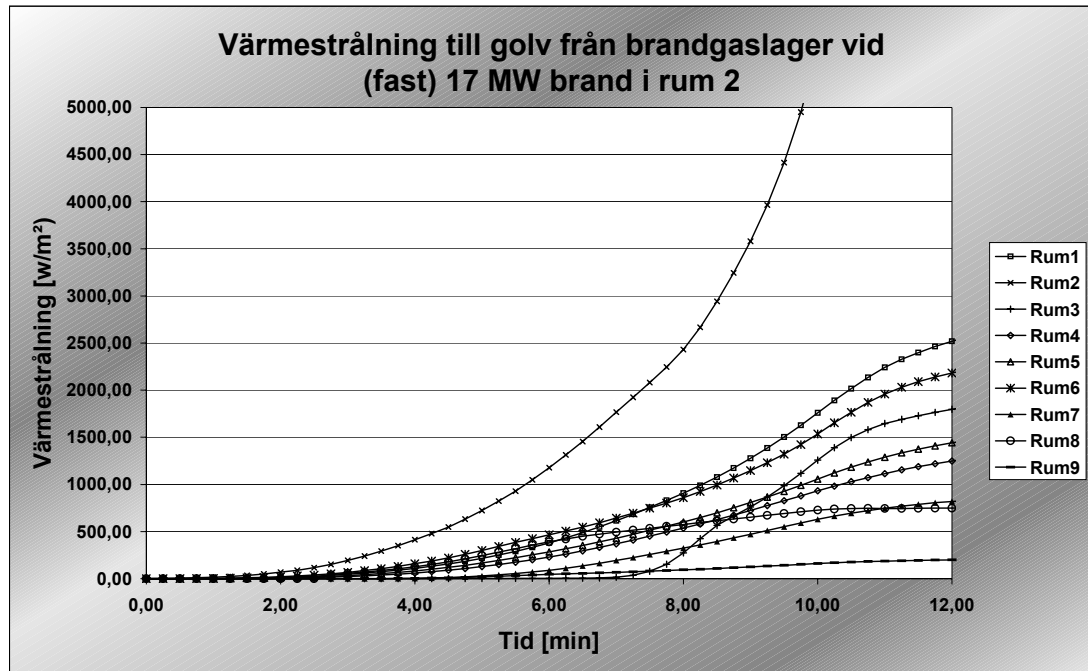


Diagram D9: Värmestrålningen från brandgaslagret till golvet för de olika delarna av lokalen vid (fast) 17 MW brand i tapetlager (rum2).

D3.4 Scenario 3 – Brand i vitvarubutik

Kritiska förhållanden uppstår i en liten del av lokalen efter ca 7 minuter, p.g.a. att brandgaslagret sjunker ner under två meter. Största delen av lokalen klarar sig dock ytterligare några minuter innan brandgaslagret når kritiska förhållanden. Kritiska förhållanden med avseende på värmestrålning sker inte under de första 10 minuterna om man bortser från själva ”brandrummet”. Branden blir inte ventilationskontrollerad.

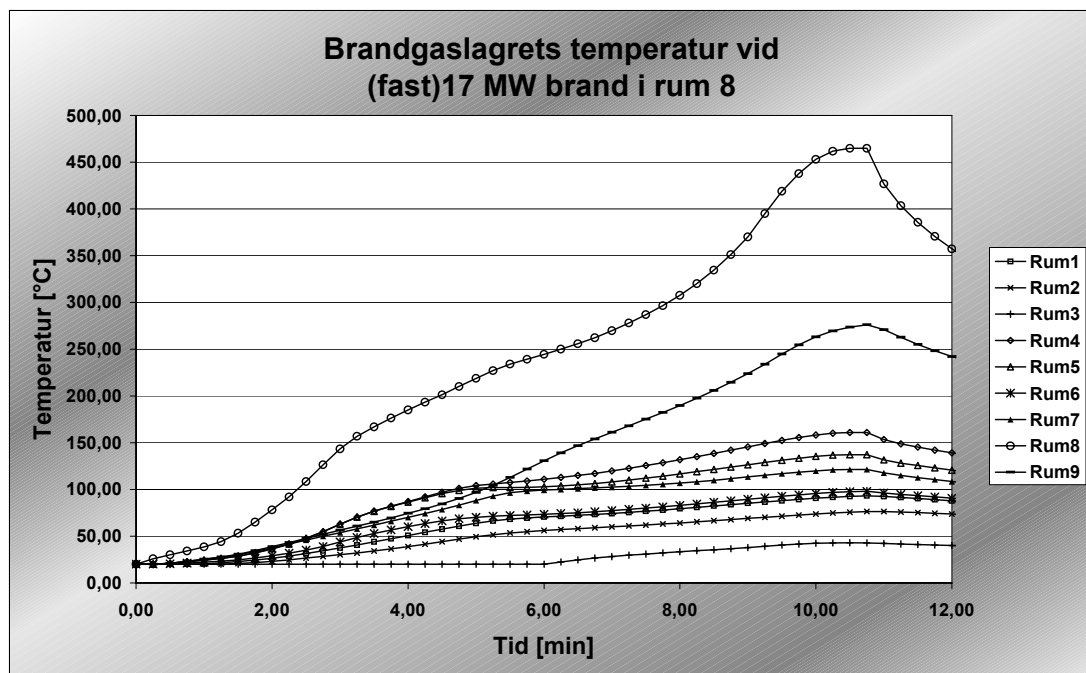


Diagram D10: Brandgaslagrets temperatur för de olika delarna av lokalen vid en (fast) 17 MW brand i vitvarubutiken (rum8).

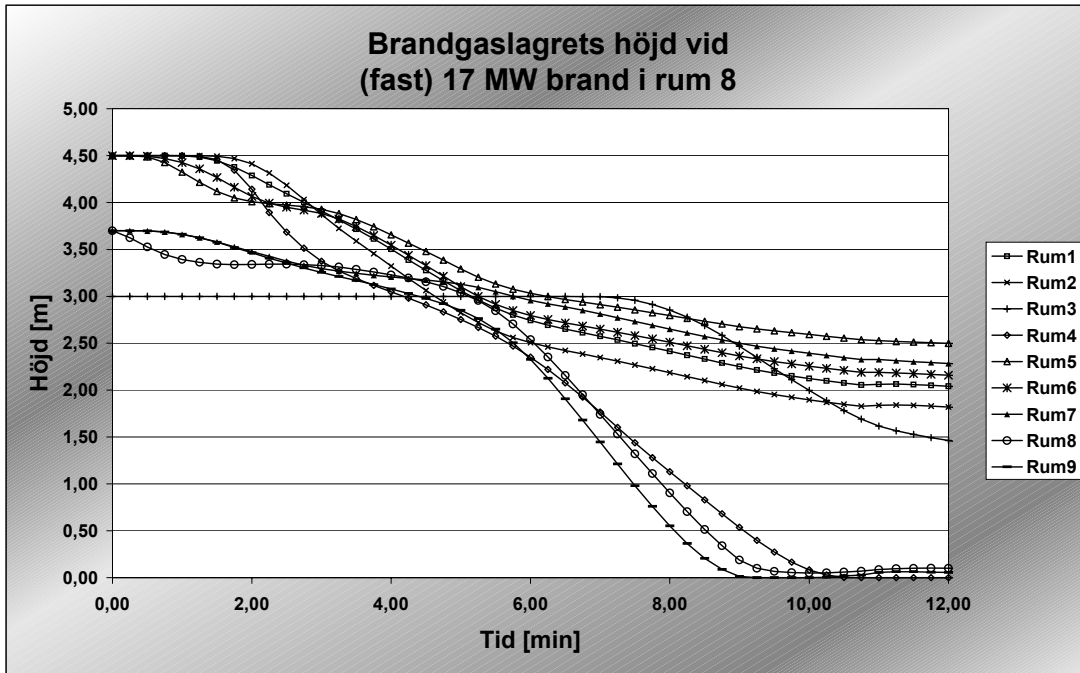


Diagram D11: Brandgaslagrets höjd över golvet för de olika delarna av lokalen vid en (fast) 17 MW brand i vitvarubutiken (rum8).

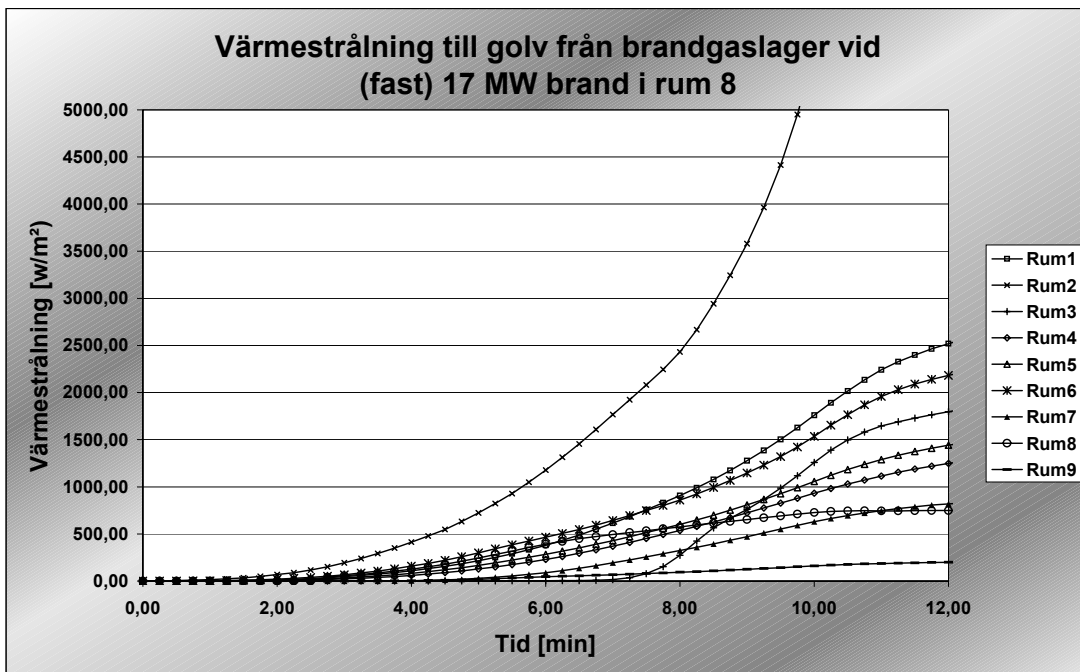


Diagram D12: Värmestrålningen från brandgaslagret till golvet för de olika delarna av lokalen vid (fast) 17 MW brand i vitvarubutiken (rum8).

Bilaga E: Simulering av förflyttningstid

E1 Utrymning

Endast utrymning från konsument- och yrkesbutikerna analyseras. Utrymning från den intilliggande vitvarubutiken belyses ej eftersom det inte ens vid det värsta brandscenariot uppstår kritiska förhållanden där under de första 10 minuterna.

E2 Utrymningstid

Utrymningstiden kan delas upp i följande tre steg /ref. 6/:

1. Varseblivningstid
2. Besluts- och reaktionstid
3. Förflyttningstid

Den sammanlagda utrymningstiden får inte överstiga den tid det tar för kritiska förhållanden att uppstå.

E2.1 Varseblivningstid

Den tid det tar från att branden startat till dess att personerna i lokalen blir uppmärksamma på detta kallas varseblivningstid. Ofta används den tid det tar för en sprinkler eller detektor att utlösa brandlarmet som varseblivningstid. /ref. 6/

Ingen av verksamheterna vid objektet är utrustad med utrymningslarm. Endast det brandavskilda rummet är utrustat med detektor som vid aktivering stänger dörren. Detta är enbart kopplat till en i anslutning till rummet placerad ringklocka. Eftersom objektet saknar utrymningslarm är varseblivningstiden svår att uppskatta.

E2.2 Besluts- och reaktionstid

Besluts- och reaktionstiden är svår att bedöma. Denna tid kan sättas till ca 4 min för den här typen av lokaler som saknar larm. Ser personerna branden kan tiden sättas till 1 min /ref. 6/. Branden kan dock ej förväntas vara synlig från alla delar av lokalen.

E2.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden är den tid det tar för personerna i lokalen att förflytta sig till det fria.

E2.4 Kritiska förhållanden

Med kritiska förhållanden menas att något av följande kriterium uppfylls /ref. 5/:

- Lufttemperatur över 80°C
- Kortvarig strålningsintensitet på max 10 kW/m²

- Maximal strålningsenergi på 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2
- Brandgaslagrets höjd lägre än: $1.6 + 0.1 \times \text{takhöjden}$ (2.05 m för objektet)

Rådet för maximal värmestrålning kan dock bytas mot en fast nivå på 2.5 kW/m^2 infallande strålning /ref. 6/. Denna nivå kan uthärdas under en längre tid (ca 10 minuter).

Sjunker brandgaslagret under den kritiska nivån påverkas förutom siktbarheten även människokroppen så att besluts- och reaktionstiden förlängs /ref. 6/.

Strålning mellan 6 och 10 kW/m^2 orsakar olidlig smärta eller skador på oskyddad hud efter några sekunders exponeringstid /ref. 6/. En hög lufttemperatur påverkar även människans omdöme vilket försvårar utrymningen.

E3 Personantal

Efter samtal med personalen från konsument- och yrkesbutikerna bestämdes det maximala antal personer som normalt kan antas vistas i butikerna /ref. 8/. Se tabell E1 för fördelningen över lokalens olika delar.

Plats	Anställda	Kunder	Totalt
Yrkesbutik	6	20	26
Konsumentbutik	9	40	49
Kontor	5	0	5
Totalt	20	60	80

Tabell E1: Personfördelning i kontor, konsument- och yrkesbutik.

Kvällstid kan det vistas upp till ca 200 personer i konsumentbutikerna vid en årlig temakväll.

E3.1 Beräkning av förflyttningstiden

Förflyttningstiden beräknas m.h.a. datorprogrammet SIMULEX. Simuleringarna delas upp i två delar:

1. Utrymning från konsument- och yrkesbutik, 80 personer (dagtid)
2. Utrymning från konsumentbutik, 200 personer (kvällstid 1 gång/år)

Simuleringarna i SIMULEX ger en uppskattning av förflyttningstiden vid utrymning men modellen tar inte hänsyn till hur lång tid det tar innan personerna bestämmer sig för att börja gå mot en utgång.

E3.2 Utrymning från konsument- och yrkesbutik

Tre scenarier används för att beräkna förflyttningstiden. I det första scenariot antas alla nödutgångar vara tillgängliga för utrymning samt att personerna förflyttar sig mot den utgång som ligger närmast. I det andra och tredje scenariot antas personerna utrymma genom enbart de främre respektive de bakre nödutgångarna. Antalet perso-

ner i lokalen är 80 st. Förflyttningstiden för de olika scenarierna redovisas i tabell E2-3 nedan.

Scenario	Tid [s]
Alla utgångar	35
Endast främre utgångar	65
Endast bakre utgångar	50

Tabell E2: Förflyttningstid för de 80 personerna vid de olika scenarierna.

Tid [s]	Alla utgångar	Endast främre utgångar	Endast bakre utgångar
0	80	80	80
5	79	78	79
10	67	73	75
15	54	66	68
20	36	58	58
25	20	50	46
30	5	40	34
35	Alla ute	34	23
40		26	9
45		20	3
50		15	Alla ute
55		10	
60		3	
65		Alla ute	

Tabell E3: Antal personer kvar i lokalen i intervall om 5 s från det alla personer börjat gå.

Förflyttningstiden blir längre då endast de främre utgångarna är tillgängliga för utrymning. Detta beror på slussen som måste passeras vid utgången från konsumentbutiken.

E3.3 Utrymning från konsumentbutik (kvällstid)

Även här används tre scenarier för att beräkna förflyttningstiden. I det första scenariot antas alla nödutgångar vara tillgängliga för utrymning samt att personerna förflyttar sig mot den utgång som ligger närmast. I det andra och tredje scenariot antas personerna utrymma genom enbart den främre respektive de bakre nödutgångarna. Antalet personer i lokalen är satt till 200 st. Förflyttningstiden för de olika scenarierna redovisas i tabell E4-5 nedan.

Scenario	Tid [s]
Alla utgångar	120
Endast främre utgång	180
Endast bakre utgångar	125

Tabell E4: Förflyttningstid för de 200 personerna vid de olika scenarierna.

Tid [s]	Alla utgångar	Endast främre utgång	Endast bakre utgångar
0	200	200	200
5	198	198	197
10	189	195	189
15	174	190	180
20	160	184	171
25	147	178	162
30	130	172	153
35	114	166	146
40	99	160	137
45	85	155	128
50	77	148	120
55	72	141	111
60	67	136	103
65	61	131	94
70	56	124	86
75	50	118	78
80	44	112	69
85	39	106	61
90	33	101	52
95	28	96	43
100	22	90	35
105	16	84	27
110	11	79	19
115	5	73	10
120	Alla ute	68	2
125		62	Alla ute
130		56	
135		52	
140		46	
145		40	
150		34	
155		29	
160		23	
165		18	
170		11	
175		6	
180		Alla ute	

Tabell E5: Antal personer kvar i lokalen i intervall om 5 s från det alla personer börjat gå.

Bilaga F: Frekvenser och sannolikheter

F1 Brandfrekvens för objektet

Vid framtagning av frekvenser för brand vid objektet används Ruthsteins modell /ref. 16/ som bygger på statistik från England under 1970-talet. Frekvensen som skattas med modellen är beroende av vilken verksamhet som bedrivs samt hur stor golvarean är. Sambandet mellan verksamhet och golvarean är inte linjärt utan följer nedanstående uttryck:

$$\lambda = a A_F^b$$

där

λ = Brandfrekvensen [år^{-1}]

A_F = Arean av den byggnad som sannolikheten för brand skall beräknas [m^2]

a = Konstant beroende på verksamheten i lokalen

b = Konstant beroende på verksamheten i lokalen

Objektet är en kombination av olika verksamheter. Frekvensen beräknas för varje enskild del och summeras sedan enligt tabell F1.

Verksamhet	a	b	A_F [m^2]	λ [år^{-1}]
Lager	0.000670	0.50	770	0.0186
Butik	0.000066	1.00	950	0.0627
Kontor	0.000059	0.90	350	0.0115
				Σ 0.093

Tabell F1: Brandfrekvenser för objektet.

F2 Sannolikhet för att personalen släcker

Sannolikheten för att personalen släcker en brand finns framtaget i /ref. 16/. Sannolikheten är beroende av vilken typ av verksamhet som bedrivs. Eftersom personalen vid objektet består av butikspersonal (15 st) och kontorspersonal (5 st) används ett genomsnittsvärde på sannolikheten (se sambandet nedan).

$$P_{total} = \frac{n_{butik}}{n_{total}} \cdot P_{butik} + \frac{n_{kontor}}{n_{total}} \cdot P_{kontor}$$

$$P_{total} = \frac{15}{20} \cdot 0.486 + \frac{5}{20} \cdot 0.558 = 0.50$$

Med dessa antaganden blir sannolikheten för att personalen släcker en brand 50%.

F3 Sannolikhet för stor brand

Sannolikheten för att en brand utvecklas till en stor brand skattas m.h.a. undersökning av statistiskt material från Räddningsverket /ref. 2/. Värdena gäller för byggnadskategorin allmän byggnad i vilken handelslokaler ingår.

Omfattning	Antal
Endast rökutveckling	631
Brand i startföremålet	456
Brand i ett rum	156
Brand i flera rum	57
Brand i flera brandceller	18
	Σ 1318

Tabell F2: Brandens omfattning då räddningstjänsten anländer /ref. 2/.

Som definition av en stor brand används de bränder som sprider sig från startföremålet. Givet är också att personalen ej släckt branden eller att den självslocknat.

$$P_{stor\ brand} = \frac{156 + 57 + 18}{1318} = 0.18$$

Sannolikheten för en stor brand blir med dessa antaganden 18%.

F4 Sannolikhet för att räddningstjänsten begränsar

Sannolikheten för att räddningstjänsten släcker eller begränsar branden så att den inte sprider sig till angränsande brandcell tas fram m.h.a. statistiskt material från /ref. 16/. Resonemanget bygger på hur stor branden var då räddningstjänsten anländer och om den sprider sig till annan brandcell innan den släckts. Värdena gäller för handelslokaler.

$$P_{Rtj\ begr.} = \frac{\text{antal stora bränder som inte sprider sig till annan brandcell}}{\text{antal stora bränder då Rtj anländer}} = \frac{16}{24} = 0.67$$

Med detta resonemang blir sannolikheten för att räddningstjänsten begränsar branden till startbrandcell 67%.

F5 Sammanställning av frekvens och sannolikhet

I tabell F3 sammanställs frekvenser och sannolikheter för möjliga händelseförlopp vid brand.

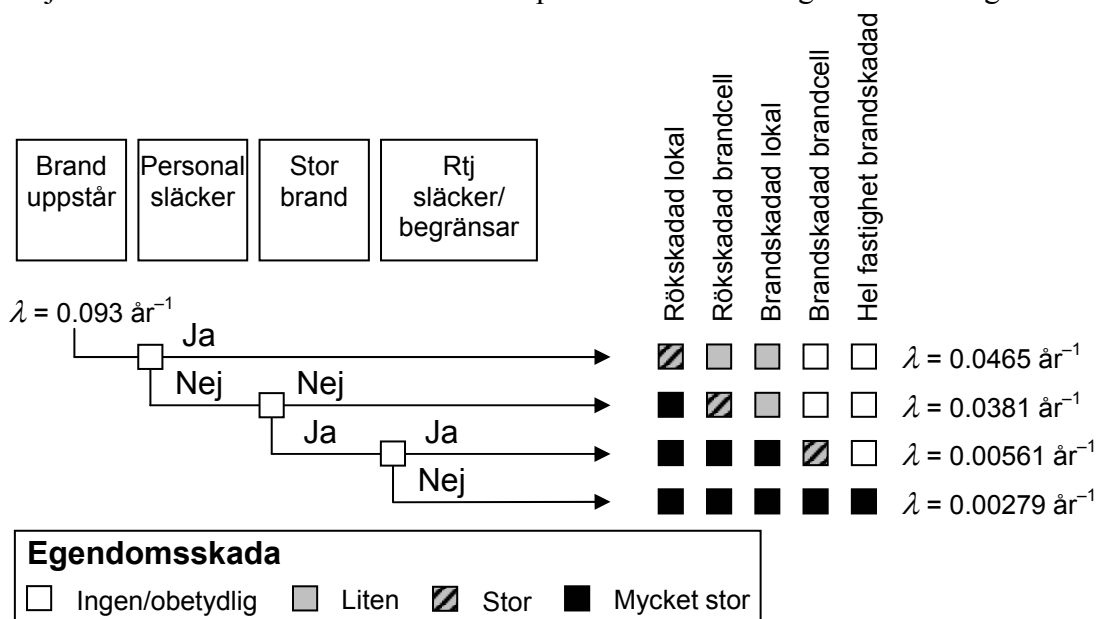
	Frekvens [år ⁻¹]	Sannolikhet [-]	Sammanlagd frekvens [år ⁻¹]
Brand uppstår	0.093	-	0.093
Personal släcker	-	0.50	0.0465
Stor brand	-	0.18	0.00837
Rtj begränsar/släcker	-	0.67	0.00561

Tabell F3: Sammanställning av frekvens och sannolikhet vid brand.

Bilaga G: Jämförelse av brandskadekostnader före och efter åtgärder

G1 Uppskattning av skadekostnader före åtgärder

Sannolikheter och frekvenser skattas enligt bilaga F. Skadekostnaden för de olika utfallen är endast grova uppskattningar och skall därför ej ses som faktiska för objektet. Anledningen till att en siffra anges för respektive skadeutfall är för att kunna göra en jämförelse av brandskadekostnaderna per år före och efter genomförda åtgärder.



Figur G1: Möjliga konsekvenser och frekvenser (λ) för brand beroende på olika händelseförlopp. Förväntat genomsnittligt utfall för handelslokal med kontors- och lagerutrymmen där verksamhetens golvarea motsvarar det analyserade objektet.

Genomsnittlig skadeomfattning	Skadekostnad [kkkr]	Frekvens [år ⁻¹]	Årlig skadekostnad [kkkr/år]
Främst röskador	200	0.0465	9.3
Brandskador i mindre del av brandcell	1 000	0.0381	38.1
Brandskador i stor del av brandcell	5 000	0.00561	28.1
Hel fastighet brandskadad	40 000	0.00279	111.6
			Σ 187.1

Tabell G1: Uppskattning av årlig brandskadekostnad före åtgärder.

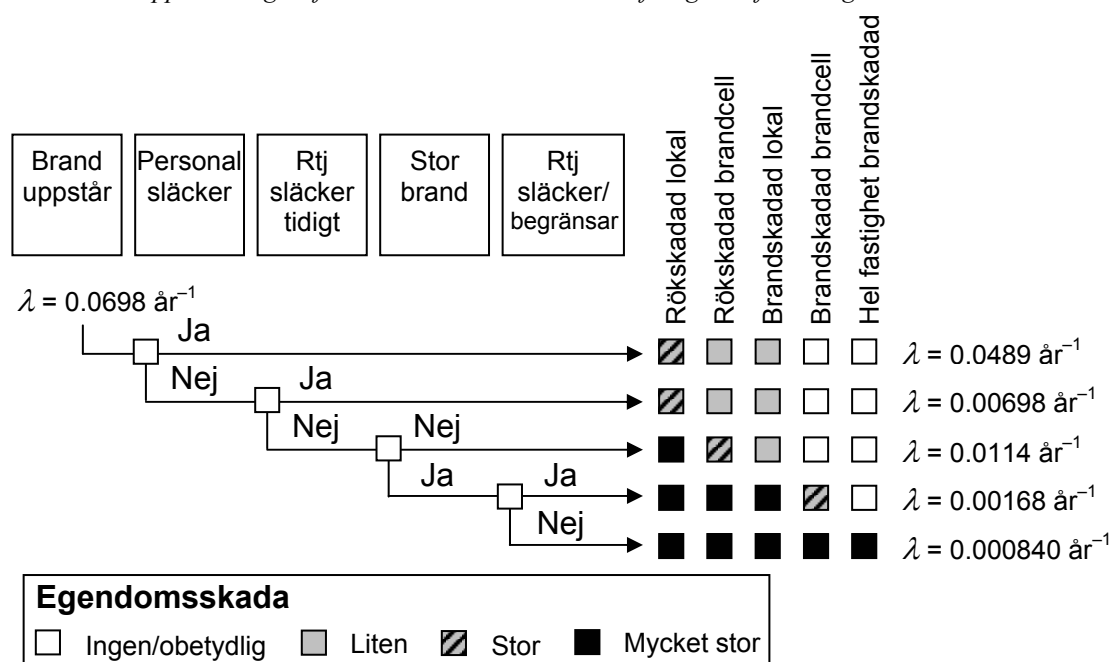
G2 Uppskattning av skadekostnader efter åtgärder

Genom att införa de i kapitel 9 föreslagna brandskyddsåtgärderna förväntas brandfrekvensen bli lägre. Genom införande av systematiskt brandskyddsarbete och ändrade rutiner beträffande lagring och hantering av brandfarlig vätska görs här ett antagande att sannolikheten för uppkomst av brand minskar med 25 %. Utbildning av personalen i handbrandsläckning samt införande av automatiskt brandlarm medför att

sannolikheten för att personalen släcker en brand ökar. Sannolikheten antas öka från 50 % till 70 %. Införs larmöverföring till räddningstjänsten kan även bränder nattetid upptäckas. Detta antas medföra att 1/3 av bränderna släcks i ett tidigt skede. Övriga sannolikheter antas inte ändras.

	Frekvens [år ⁻¹]	Sannolikhet [-]	Sammanlagd frekvens [år ⁻¹]
Brand uppstår	0.0698	-	0.0698
Personal släcker	-	0.70	0.0489
Rtj släcker tidigt	-	0.33	0.00698
Stor brand	-	0.18	0.00251
Rtj begränsar/släcker	-	0.67	0.00168

Tabell G2: Uppskattning av frekvenser och sannolikheter efter genomförda åtgärder.



Figur G2: Möjliga konsekvenser och frekvenser (λ) för brand beroende på olika händelseförlopp, efter införda åtgärder.

Genomsnittlig skadeomfattning	Skadekostnad [kkr]	Frekvens [år ⁻¹]	Årlig skadekostnad [kkr/år]
Främst röskador	200	0.0559	11.2
Brandskador i mindre del av brandcell	1 000	0.0114	11.4
Brandskador i stor del av brandcell	5 000	0.00168	8.4
Hel fastighet brandskadad	40 000	0.000840	33.6
			Σ 64.6

Tabell G3: Uppskattning av årlig brandskadekostnad efter åtgärder.

G2 Jämförelse av resultat

Med bakgrund av resonemanget ovan blir den förväntade brandskadekostnaden (per år) 1/3 av den ursprungliga efter genomförda åtgärder (inklusive larmöverföring till räddningstjänsten).