

Brandteknisk riskvärdering av Väsby Centrum

Jonas Karlsson
Melissa Millbourn
Björn Nilsson
Sara Willander

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 9285, Lund 2006



**Brandteknisk riskvärdering av
Väsby Centrum**

**Jonas Karlsson
Melissa Millbourn
Björn Nilsson
Sara Willander**

Lund 2006

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Väsby Centrum

Title

Fire Safety evaluation of Väsby Centrum

Av/by

Jonas Karlsson
Melissa Millbourn
Björn Nilsson
Sara Willander

Rapport 9285**Keywords**

Fire safety evaluation, evacuation, human safety, shopping mall, Simulex 11.1.3, CFAST 6.0.4, Detact T2 1.0, Väsby Centrum

Sökord

Brandteknisk riskvärdering, utrymning, personsäkerhet, köpcentrum, Simulex 11.1.3, CFAST, Detact T2 1.0, Väsby Centrum

Abstract

This report is an evaluation of the fire safety at Väsby Centrum. The report is based on representative fire scenarios, interviews and observations. The fire scenarios have been simulated using CFAST with supporting data from Detact T2. The results from these programs and hand calculations have been compared to evacuation simulations done in Simulex. These comparisons together with the interviews and observations has led to a series of conclusions regarding how well the current fire safety installations perform and how evacuation can be affected by the personnel's routines during a live hazard situation. These conclusions have resulted in a few recommendations on how to improve the overall fire safety of Väsby Centrum.



Följande rapport är framtagen i undervisningen. Det huvudsakliga syftet har varit träning i problemlösning och metodik. Rapportens slutsatser och beräkningsresultat har inte kvalitetsgranskats i den omfattning som krävs för kvalitetssäkring. Rapporten måste därför användas med stor försiktighet. Den som åberopar resultaten från rapporten i något sammanhang bär själv ansvaret.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2006.

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
Telefax: 046-222 46 12

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
Fax: +46 46 222 46 12

Förord

Denna rapport förutsätter att läsaren har grundläggande förkunskaper i ämnet. Dock finns i bilagorna de teoretiska bakgrunderna till rapportens resonemang samt förtydligande av använda formler och beräkningar.

Vi vill i första hand tacka våra handledare Johan Westerlund, RUB-studerande, Fredrik Ryber samt Per Jonsson på Brandkåren Attunda. Tack riktas också till Sven-Ingvar Granemark för assistans i brandlabbet, Håkan Frantzich för feedback runt resonemang angående sikt och utrymningstider, Lars Jensen och Jonas Lindhe för hjälp med tolkning och beräkning av ventilationsproblem. Vi vill också tacka alla föreläsare för inblicken i regelverk och teorier som varit grundläggande för utförandet av denna rapport.

Vi vill till sist, men inte minst, rikta ett speciellt tack till Lennart Åkerberg, Rodamco, som var mycket hjälpsam vid vårt besök på objektet och som med glatt humör stått ut med alla våra frågor.

Sammanfattning

Denna rapport är en brandteknisk riskvärdering av köpcentrumet Väsby Centrum i Upplands Väsby.

Fastigheten, i vilken Väsby Centrum är förlagd, ägs och förvaltas av Rodamco Europe. Fastigheten är idag byggd i ett plan och har 61 butiker och 5 restauranger. Alla verksamheter ligger i en och samma brandcell förutom Coop Extra och ICA Kvantum som ligger i egna brandceller. I fastigheten finns lastgårdar och utrymningsvägar som även dessa ligger i egna brandceller.

Syftet med rapporten har varit att utvärdera personsäkerheten och detta har genomförts med simuleringar i dataprogrammen CFAST, Detact T2 och Simulex. Simuleringarna är gjorda utefter tre olika scenarier. Två av dessa har antagits efter sammanställning och utvärdering av kriterier som påverkar brandförlopp och utrymning. Det tredje scenariot har antagits eftersom detta uppskattas vara det troligaste.

Scenarierna är:

- brand i klädesbutiken Joy
- brand vid scenen på Stora torget. Branden antas inträffa vid ett speciellt evenemang med mycket folk på torget
- brand i Centrumgrillen. Branden är inte ett av de ”värsta möjliga” men däremot det mest sannolika.

Vidare har även kunskaperna om det förebyggande brandskyddet undersökts genom intervjuer med personal på objektet. Slutledningen av dessa intervjuer är att kunskapsnivån varierar kraftigt mellan de olika verksamheternas personal.

Ett ytterligare ingångsvärde för utvärdering är observationer vid en ”skarp” utrymning som skedde i samband med att brandlarmet av misstag aktiverades av hantverkare.

Rapporten ger också förslag på förbättringar. Dessa förslag baseras på resultaten av simuleringarna, intervjuerna, besöket på objektet och ingenjörsmässiga bedömningar.

Åtgärder som *bör* genomföras är:

- installation av handbrandsläckare *bör* genomföras i alla lokaler med hög brandbelastning och risk för snabba brandförlopp.

Åtgärder som *skall* genomföras är:

- säkerställa rutiner för kontroll av utrymningslarms funktion och hörbarhet
- installera detektorer i samtliga utrymmen
- säkerställa rutiner för kontroll av det byggnadstekniska brandskyddet
- säkerställa rutiner för kontroll av framkomlighet i och till utrymningsvägar
- markera alla utrymningsvägar med lämpliga skyltar
- säkerställa rutiner för kontroll av utrymningsskyltars synbarhet och funktion
- översyn av alternativa utrymningsvägar från verksamheterna
- genomgång av det systematiska brandskyddsarbetet
- utbildning av personal.

Dessutom rekommenderas att genomföra:

- byte av sprinklerhuvuden till modellen quick response.

Innehållsförteckning

1. Inledning	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte	5
1.3 Metod	5
1.4 Avgränsningar	6
2. Brandlarmet 2006-09-14	7
3. Objektsbeskrivning	9
3.1 Byggnaden	9
3.2 Centrumets utveckling.....	10
3.3 Verksamhetsbeskrivning	10
3.4 Ventilationssystem	11
4. Lagkrav som är av betydelse för Väsby Centrum	13
4.1 Brandteknisk byggnadsklass.....	13
4.1.1 Byggnadsklass.....	13
4.1.2 Brandteknisk klass för avskiljning	13
4.1.3 Ytskikt och beklädnad i utrymningsväg.....	13
4.2 Utrymning	13
4.2.1 Utrymningsväg	13
4.2.2 Kritiska förhållanden vid utrymning	14
4.2.2.1 Sikt.....	14
4.2.2.2 Värmestrålning.....	15
4.2.2.3 Temperatur	15
4.2.2.4 Giftiga gaser	15
4.2.2.5 Brandgaslagrets höjd.....	15
4.3 Organisatoriskt brandskydd	15
4.3.1 Lagen om skydd mot olyckor	15
4.3.2 Systematiskt brandskyddsarbete SBA.....	15
4.3.3 Skriftlig redogörelse för brandskyddet	16
5. Befintligt brandskydd	17
5.1 Tekniska installationer.....	17
5.1.1 Sprinklersystem	17
5.1.2 Brandlarmsystemet	17
5.1.3 Utrymningslarm.....	18
5.1.4 Brandgasventilation	18
5.1.5 Släckutrustning	19
5.2 Brandcellsindelning	19
5.3 Utrymningsvägarna från Väsby Centrum.....	19
5.4 Brandskyddsrutiner	20
5.4.1 Sammanställning av verksamheternas redogörelse av brandskyddet.....	20
5.4.2 Kunskaper hos verksamheternas personal	23
5.4.3 Ansvar.....	23
5.4.4 Rutiner vid utrymning	24
5.5 Brandkåren Attunda	24
6. Val av brandscenarier	25
6.1 Resonemang kring val av brandscenarier	25
6.2 Val av lokaler.....	25
6.2.1 Val av brandscenario 1 – Lokal längs Östra gången.....	28
6.2.2 Val av brandscenario 2 – Lokal vid Stora torget.....	28
6.2.3 Val av brandscenario 3 – Den mest sannolika branden	29

6.3 Val av antal besökare.....	29
7. Utrymning.....	31
7.1 Varseblivningstid	31
7.2 Besluts- och reaktionstid	31
7.3 Total utrymningstid.....	32
8. Brandscenario 1 – brand i Joy	33
8.1 Lokalbeskrivning.....	33
8.2 Frågeställningar.....	34
8.3 Den representativa branden.....	34
8.4 Olika fall som kan uppstå vid en brand i Joy.....	35
8.5 Metod för beräkning av tid till kritiska förhållanden	37
8.6 Tid till kritiska förhållanden.....	37
8.7 Aktivering av brand- och utrymningslarm.....	38
8.8 Tid till utrymning	39
8.8.1 Utan tillfredställande utrymningslarm.....	39
8.8.2 Med tillfredställande utrymningslarm	39
8.8.3 Erhållna utrymningstider vid simulering	40
8.9 Utvärdering av brandscenario 1	40
9. Brandscenario 2 – brand på Stora torget.....	43
9.1 Lokalbeskrivning.....	43
9.2 Frågeställningar.....	44
9.3 Representativ brand.....	44
9.4 De olika fallen som kan uppstå vid brand på Stora torget	45
9.5 Metod för beräkning av tid till kritiska förhållanden	47
9.6 Tid till kritiska förhållanden.....	47
9.7 Aktivering av brand- och utrymningslarm.....	48
9.8 Tid till utrymning	49
9.8.1 Utan tillfredställande utrymningslarm.....	49
9.8.2 Med tillfredställande utrymningslarm	49
9.8.3 Erhållna utrymningstider vid simulering	49
9.9 Utvärdering av brandscenario 2	50
10. Brandscenario 3 – brand i Centrumgrillen.....	51
10.1 Lokalbeskrivning.....	51
10.2 Frågeställningar.....	52
10.3 Representativ brand.....	52
10.4 De olika fallen som kan uppstå vid brand i Centrumgrillen	54
10.5 Metod för beräkning av tid till kritiska förhållanden	55
10.6 Kritiska förhållanden.....	55
10.7 Aktivering av brand- och utrymningslarm.....	56
10.8 Tid till utrymning	56
10.9 Utvärdering av brandscenario 3.....	56
11. Känslighetsanalys	59
11.1 Allmänt	59
11.2 Brandgasernas beteende.....	59
11.3 Brandtillväxten.....	59
11.4 Brandgasventilation.....	60
11.4.1 Brandscenario 1 – brand i Joy	60
11.4.2 Brandscenario 2 - brand på Stora torget	61
11.4.3 Brandscenario 3 – brand i Centrumgrillen	61
11.5 Sprinkleraktivering.....	61
11.6 Siktförhållanden.....	62
11.6.1 Brandscenario 1 – brand i Joy	63

11.6.2	Brandscenario 2 – brand på Stora torget.....	63
11.6.3	Brandscenario 3 – brand i Centrumgrillen	64
11.7	Aktivering av utrymningslarm	64
11.7.1	Aktivering och hörbarhet av utrymningslarmet	64
11.7.2	Tid till aktivering av utrymningslarmet.....	65
11.8	Utrymningsvägar	65
11.9	Personalens rutiner	66
11.10	Robusthet över tiden	66
11.10.1	Val av scenarier	66
11.10.2	Antal besökare	67
11.11	Sammanfattning	67
12.	Utvärdering och slutsatser	69
12.1	Brandlarmet.....	69
12.2	Brandteknisk byggnadsklass.....	69
12.3	Utrymning	70
12.3.1	Utrymningsvägar	70
12.3.2	Tid till utrymning.....	71
12.4	Tekniskt brandskydd	71
12.5	Organisatoriskt brandskydd	71
12.6	Sammanfattande utvärdering.....	74
13.	Förslag på åtgärder	75
14.	Validering av åtgärder.....	77
15.	Källförteckning	81
Bilaga A	Nomenklatur	
Bilaga B	Frågeställning till butiker	
Bilaga C	Teori inomhusbranden	
Bilaga D	Beräkningar av brandtillväxten i Joy	
Bilaga E	Beräkningar av brandtillväxten på Stora torget	
Bilaga F	Beräkningar av brandtillväxten i Centrumgrillen	
Bilaga G	Sprinklerpåverkan	
Bilaga H	Sprinkleraktivering i Joy	
Bilaga I	Simuleringsprogram	
Bilaga J	Beskrivning av modellering för brand i Joy	
Bilaga K	Beskrivning av modellering för brand på Stora torget	
Bilaga L	Beskrivning av modellering för brand i Centrumgrillen	
Bilaga M	CFAST-resultat för brand i Joy	
Bilaga N	CFAST-resultat för brand på Stora torget	
Bilaga O	CFAST-resultat för brand i Centrumgrillen	
Bilaga P	Teori siktberäkningar	
Bilaga Q	Siktberäkningar för brand i Joy	
Bilaga R	Siktberäkningar för brand på Stora torget	
Bilaga S	Siktberäkningar för brand i Centrumgrillen	

Bilaga T	Tid till utrymning
Bilaga U	Känslighetsanalys Joy
Bilaga V	Känslighetsanalys Stora torget
Bilaga W	Känslighetsanalys Centrumgrillen
Bilaga X	Kontroll av nödutgångar
Bilaga Y	Brandgasspridning via ventilationssystem

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Kursen Brandteknisk riskvärdering ges av Lunds Tekniska Högskola och omfattar 10 poäng. I kursen ingår att göra en brandteknisk riskvärdering av ett utvalt objekt. Denna riskvärdering har utformats som ett projektarbete, vilket presenteras i form av en rapport samt vid ett muntligt seminarium.

1.2 Syfte

Syftet med kursen är att genomföra en värdering av risknivån hos ett utvalt objekt. Fokus ligger uteslutande på personsäkerhet. Om kriterierna för personsäkerhet ej uppnås ska förslag till förbättring som kan höja personsäkerheten anges. Den brandtekniska riskvärderingen, av det utvalda objektet, ska presenteras som en rapport där studenterna tränar sina färdigheter i att kritiskt granska det befintliga brandskyddet, tolka lagtexter, använda olika modeller för simulering av brand och utrymning samt att skriva rapport. Kursen skall också ge kunskaper i att beräkna brandgasspridning i ventilationssystem.

1.3 Metod

Under kursens första veckor ges undervisning i ventilation, utrymning, lagar och förordningar, ritningskunskap m.m. Dessa föreläsningar samt tidigare kunskap är en förutsättning för att en brandteknisk riskvärdering av objektet ska kunna genomföras.

Till gruppen skickas ritningar på det aktuella objektet som noggrant studeras.

Cirka två veckor in i kursen åker gruppen till det utvalda objektet. Under besöket kontrolleras det befintliga brandskyddet, som inkluderar nödutgångar, brandlarmsystem, sprinklersystem och övrig släckutrustning. Tanken med studiebesöket är också att gruppen ska bilda sig en uppfattning om objektet och dess eventuella risker. Studiebesöket genomförs tillsammans med en handledare från LTH samt en representant för objektet.

Vidare ska brandscenarier definieras. Dessa brandscenarier ska kunna representera alla möjliga typer av bränder som skulle kunna uppstå i det utvalda objektet. Det är därför viktigt att välja olika typer av bränder, vilka är lokaliserade i olika delar av objektet.

Scenarierna har utvärderats med hjälp av simuleringsprogrammet CFAST samt med handberäkningar. Med erhållna värden från dessa har tid till kritiska förhållanden uppskattats. För att vidare kunna värdera risknivån jämförs "tiden till kritiska förhållanden" med "tiden för utrymning". Tiden för utrymning erhålls genom simuleringar i programmet Simulex. Genom att analysera dessa tider kan slutsatser dras om det befintliga brandskyddet och förslag till förbättringar lämnas.

Eftersom aktuella ritningar över ventilationssystemet saknas har inget scenario med brandgasspridning skapats. För att ändå uppfylla kursens krav på att utföra beräkningar på brandgasspridning via ventilationssystem, finns en beräkning som behandlar detta utifrån hur ventilationssystemet såg ut 1987. Detta på grund av att ritningsmaterial från 1987 är de enda som erhållits. Då dessa beräkningar inte är relevanta för objektet idag, återfinns dessa endast i *bilaga Y*.

I denna rapport har lagts en ovanligt stor tonvikt på det befintliga organisatoriska brandskyddet. Detta har gjorts då det är av stor betydelse för en så pass komplex organisation som ett köpcentrum med många inblandade parter. Dessutom ger det befintliga organisatoriska brandskyddet en antydning om hur ett brandförlopp kan utvecklas samt hur väl utrymning av byggnaden kan genomföras. Rapportens slutsatser vilar således på två huvudpelare; bedömningar av det organisatoriska brandskyddet och beräkningar på

brandscenarier. Dessa har sammanvägts i utvärderingen och blir där en kvalitativ bedömning av den brandtekniska risknivån, men är i hög grad underbyggd av kvalitativa beräkningar.

Rapporten kräver vissa förkunskaper inom ämnet. Vid behov av teoretiska bakgrunder till resonemang och beräkningar som tillämpas i rapporten, rekommenderas läsaren att inleda med bilagorna C, G, I, P och T.

1.4 Avgränsningar

Den brandtekniska riskvärderingen av Väsby Centrum är begränsad till själva centrumet. Kommunhuset, ICA Kvantum samt Coop Extra kommer att uteslutas ur rapporten eftersom dessa utgör egna brandceller. En av kommunhusets utrymningsvägar utgörs dock av centrumets västra gång, men detta kommer ej behandlas i rapporten. Anledningen till detta är att kommunhuset har ett fördröjt utrymningslarm. Då brandlarmet går i centrumet spärras kommunhusets entré till Västra gången av. Detta sker för att förhindra människor från kommunhuset att gå in i centrumet. Larmöverföringen mellan centrumet och kommunhuset sker inte automatiskt, utan en av Informationens anställda stannar kvar och väntar in direktiv från brandkåren. Först därefter aktiveras eventuellt larmet i kommunhuset. Denna fördröjning kommer att innebära att eventuell utrymning från kommunhuset, via Västra gången, inte kommer att påverka utrymningen för personerna som uppehåller sig i centrumet och kommer därigenom inte att vara aktuell vid utrymningssimuleringarna. ICA Kvantum och Coop Extra har egna utrymningslarm och kommer därigenom inte heller påverka utrymningen av centrumet, trots att utrymning genom dessa lokaler kan ske genom samma brandtekniskt skilda utrymningsvägar som används av butikerna i Östra gången.

Hela köpcentrumet kommer endast att behandlas delvis i denna rapport. Östra gången samt Stora torget är de delar av centrumet som kommer att utgöra tyngdpunkten av rapporten. Övriga delar av centrumet kommer endast att beröras lätt, i form av att ingå i beskrivningar, utrymningssimuleringar samt i vissa sammanställningar. Anledningen till att denna begränsning har gjorts är att hela centrumet är väldigt stort och därigenom för omfattande att behandlas i en rapport av denna storlek. Östra gången har därför valts att representera alla centrumets gångar vid val av brandscenarier och dylikt. Detta beror på att Östra gången är den i särklass största av centrumets gångar.

Väsby Centrum genomgår för närvarande en omfattande till- och ombyggnad. Detta kommer bl.a. innefatta att många butiker kommer att flyttas och byggas om, att ventilationssystemet för närvarande är under ombyggnad och att en extra våning ska byggas över Stora torget. Detta innebär att centrumet kommer att genomgå en stor förändring under tiden som detta arbete görs. Därför har det bestämts att rapporten kommer att behandla köpcentrumet utifrån hur det såg ut vid besöket den 13–14 september 2006.

Endast de första 15 minuterna har behandlats för brandförloppen i denna rapport. Denna begränsning har gjorts då de delar av centrumet där kritiska förhållanden uppstår förväntas kunna utrymmas inom denna tidsram i kombination med att denna rapport endast syftar till att behandla personsäkerheten. Brandspridning kommer därigenom att försummas vid de olika brandförloppen.

För utrymningsvägar från centrumet görs avgränsning i rapporten genom förutsättningen att samtliga nödutgångar under centrumets öppettider är upplåsta. Rapporten bearbetar därför ej rutiner om att säkerställa dörrarnas upplåsning och inte heller om det finns någon vital funktion i centrumet som påverkas av nödutgångarnas nattlås.

2. Brandlarmet 2006-09-14

Onsdagen den 14 september 2006, i samband med objektsbesöket, skulle lastgården, belägen i den västra delen av Väsby Centrum, asfalteras. Hantverkarna hade inte reflekterat över att rökutvecklingen som uppstår vid asfaltering skulle kunna få några konsekvenser.

Under lunchtimmarna är folkantalet i centrumet något högre än på för- och eftermiddagarna eftersom många personer kommer dit för att äta lunch.

Klockan är 12.48¹ när larmet går till SOS Alarm – automatlarmet hade gått i Upplands Väsby Centrum. Larmet denna onsdag var det 22:a automatlarmet från centrumet på sex år². Brandkåren Attunda larmas.

Klockan är 12.55 då en styrka från Upplands Väsby brandstation anländer utanför den västra entrén och påbörjar insatsen.



Figur 2.1. Bild tagen utanför Östra entrén vid utrymningen den 14 september 2006.

Samtidigt som larmet går till SOS Alarm sker en automatisk aktivering av utrymningslarmet. Ett talat meddelande informerar om att brand har uppstått i byggnaden och att besökarna ska lämna centrumet genom närmaste utgång. Tyvärr når inte detta meddelande fram till samtliga som uppehåller sig i byggnaden. Utrymningslarmet hörs inte i stora delar av Östra gången och vad detta beror på är oklart. Det är även svårt för personer som befinner sig längre in i butikerna att höra larmet, oavsett vilken del av byggnaden butiken ligger i³.

¹ Insatsrapport Brandkåren Attunda, 2006.

² Ryber, Fredrik, 2006.

³ Intervjuer med anställda.

Besökarna börjar sakteligen ta sig mot utgångarna. Samtidigt har personal, iförda orangea brandvästar, placerat sig vid de olika entréerna för att underlätta utrymningen. Det tar dock 7–8 minuter innan alla vakter är på plats och under tiden fortsätter folk gå in i centrumet, trots att larmet hörs utanför entrén.

Eftersom riksdagsvalet närmar sig med stormsteg är det många partiföreträdare som uppehåller sig i centrumet för att propagera för sitt parti. En del av dessa ser nu sin stora chans att förmedla partiets åsikter genom att ställa sig i utrymningsvägarna och dela ut informationsblad, vilket delvis blockerar utgångarna.

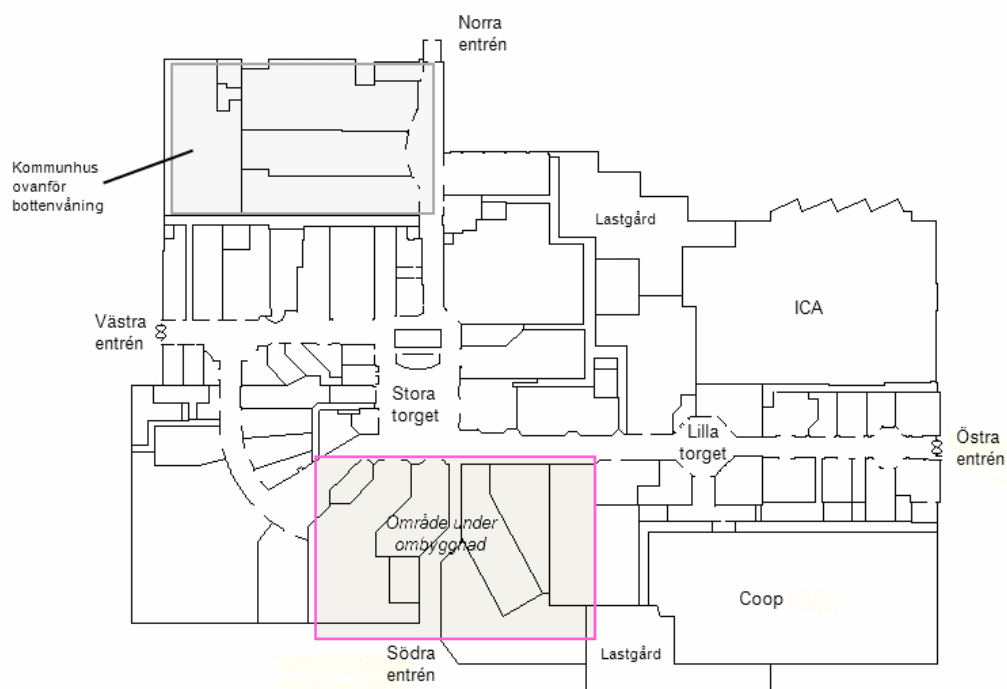
Klockan är 13.00, då den tillsynes sista personen lämnar centrumet. Det har nu gått tolv minuter sedan larmet aktiverades och det kan konstateras att det endast är ytterst få som utrymt genom någon annan utgång än huvudentréerna. Vid denna tidpunkt finns det dock både personal och hantverkare kvar i centrumet. Dessa antog att larmet inte var av någon större betydelse.

Klockan 13.10 avbryts insatsen och larmet återställs, efter att brandkåren konstaterar att det endast var rök från asfältläggningen som orsakat larmet.

3. Objektsbeskrivning

3.1 Byggnaden

Väsby Centrum ligger i Upplands Väsby kommun. Fastigheten ägs av Rodamco Europe. Centrumet är utfört i ett plan med en total yta av 40 884 m². Totalt finns 61 butiker, 5 restauranger samt kontor i byggnaden. Till centrumet finns det fyra huvudingångar, en i vardera väderstrecket. Den östra entrén är den största och genom denna tar sig cirka hälften av besökarna in och ut ur centrumet¹. Mitt i Väsby Centrum ligger Stora torget, en större öppen plats kantad av butiker och restauranger. Från Stora torget sträcker sig fem centrumgångar. Fyra av dessa, Östra gången, Västra gången, Norra gången och Södra gången leder rakt till varsin entré. Den femte centrumgången, Sydvästra gången, sträcker sig som en båge från Stora torget och sammanfaller senare med Västra gången. Belägen mitt i Östra gången ligger Lilla torget. Lilla torget upptas till stor del av en servering. I samma byggnad som centrumet finns även kommunhus, ICA Kvantum och Coop Extra. Dessa utgör dock egna brandceller.



Figur 3.1. Översiktsbild Väsby Centrum.

¹ Messo, Jousline, 2006.

3.2 Centrumets utveckling

Väsby Centrum öppnades 1972. Sedan dess har många om- och tillbyggnader av centrumet ägt rum.

I nuläget pågår en omfattande omstrukturering och utbyggnad av Väsby Centrum. Köpcentrumet som nu är byggt i ett våningsplan ska byggas ut till två plan och 60 butiker kommer då att bli 80. Ombyggnaden påbörjades under sommaren 2006 och kommer att ske i tre etapper:

Etapp 1 innebär en utbyggnad av den Västra entrén. Handelsbanken har öppnat i en ny lokal och en ny restaurang Farbror & Co har öppnat precis vid entrén. Senare under hösten kommer även Subway att öppna i Västra gången.

Etapp 2 innebär ombyggnaden av flera lokaler i Östra gången. Lokalen som tidigare tillhörde Handelsbanken kommer att byggas om till ett par småbutiker. I samband med detta kommer ventilationen i Östra gången att bytas ut. En ny stor KappAhl-butik kommer även, under hösten 2006, att öppna i denna centrumbgång. Vidare innebär etapp 2 även att färdigställa Södra gången och Sydvästra gången.

Etapp 3 inkluderar att övervåning byggs till på centrumet. Till detta plan ska man kunna ta sig via rulltrappa från Stora torget. På grund av detta kommer även Stora torget att byggas om och under denna process kommer flera matställen att tillkomma¹.

3.3 Verksamhetsbeskrivning

Väsby Centrum består i dagens läge utav 61 butiker, 5 restauranger samt kontor.



Figur 3.2. Väsby Centrums östra entré.

Väsby Centrum är ett, av få, köpcentrum som har fler antal besökande på veckodagarna än på helgdagarna. Centrumet har i genomsnitt 11 000 besökare en vanlig vardag. Fredagar är generellt den dag i veckan som centrumet är mest välbesökt. På vanliga fredagar brukar besöksantalet öka med nästan 20 % i jämförelse med

¹ www.vasbycentrum.se.

övriga veckodagar. På lönefredagar, vilken är den i särklass populäraste dagen att besöka centrumet, brukar Väsby Centrum ha runt 14 000 besökare. Detta kan jämföras med besöksantalet på en lönelördag, som endast brukar uppgå till runt 10 000¹.

Väsby Centrums har öppet:
Måndag–Fredag 10.00–19.00
Lördag 10.00–17.00
Söndag 11.00–17.00

3.4 Ventilationssystem

I och med ombyggnaden av Väsby Centrum byggs även centrumets ventilationssystem om. Detta kommer att innebära att många mindre fläktrum ersätts av färre, större fläktrum. Östra gången försörjdes tidigare av flera mindre fläktrum. När det nya ventilationssystemet är färdigt kommer istället hela Östra gången försörjas från ett och samma fläktrum beläget ovanför den nya Lindexbutiken. Tre stycken VAV-aggregat med luftåtervinning samt CO₂-reglering kommer att sköta ventilationen i denna gång.

¹ Jousline Messo, 2006.

4. Lagkrav som är av betydelse för Väsby Centrum

I detta kapitel behandlas krav från Boverkets byggregler (BBR) samt Lagen om skydd mot olyckor som är av betydelse för Väsby Centrum.

4.1 Brandteknisk byggnadsklass

4.1.1 Byggnadsklass

BBR ger följande definition:

”Med samlingslokal avses varje lokal eller grupp av lokaler inom en brandcell, där ett större antal personer med mindre god lokalkännedom kan uppehålla sig”.

Enligt BBR 5.21 skall byggnad i ett våningsplan och med samlingslokal i markplanet utföras i lägst klass Br2.

Vidare ger BBR följande allmänna råd:

”En samlingslokal förutsätts rymma fler än 150 personer och används t.ex. som hörsal, biograflokal, kyrka, restaurang, sporthall eller för teater, konserter, dans, studier, fritidsverksamhet eller som varuhus eller annan detaljhandelsanläggning”.

Väsby Centrum är idag utfört i ett våningsplan i marknivå, vilket är att klassa som samlingslokal. Enligt gällande regelverk skall Väsby Centrum därför vara utfört i minst brandteknisk klass Br2.

4.1.2 Brandteknisk klass för avskiljning

Enligt BBR tabell 5:6212 för brandcellsavskiljande byggnadsdel ställs kravet att denna skall uppfylla klass EI30.

4.1.3 Ytskikt och beklädnad i utrymningsväg

I byggnader i klass Br2 skall invändiga tak och väggytor i utrymningsvägar ha ytskikt i klass B-s1, d0. Detta innebär att materialet får vara brännbart (B), men endast avge en mycket begränsad mängd brandgaser (s1). Dessutom får brinnande droppar eller partiklar inte avges från materialet (d0). Ett material med dessa egenskaper tillhör den svenska ytskiktssklassen ”Klass 1”.

Materialet under ytskiktet skall vara i klass A2-s1, d0 (obrännbart material) eller i klass K210/B-s1, d0 (tändskyddande beklädnad)¹.

4.2 Utrymning

4.2.1 Utrymningsväg

För att en byggnad ska kunna utrymmas på ett tillfredställande sätt vid en eventuell brand, ska byggnaden vara utformad så att personerna, som uppehåller sig i den, lätt ska kunna ta sig till en utrymningsväg. Vidare ska utrymningsvägarna vara säkra och möjliga att använda. För att detta ska vara uppfyllt ställs vissa krav på dem.

¹ Boverkets byggregler, 2006.

Vid utrymning är grundkravet för samlingslokaler för fler än 1000 personer att det ska finnas minst fyra av varandra oberoende utrymningsvägar. Med oberoende menas att en av utrymningsvägarna ska kunna blockeras av brand utan att det hindrar de övriga utrymningsvägarna från att användas¹.

Om en utrymningsväg i en byggnad inte mynnar direkt ut i det fria, skall denna vara utförda som egen brandcell. En dörr mellan två utrymningsvägar ska vara utförd i minst klass E15-C för att hindra att en brand sätter båda utrymningsvägarna ur funktion¹.

Längs utrymningsvägarna får inte någon lös inredning förekomma. Detta skulle både hindra framkomligheten samt innebära en brandrisk. Arbetsmiljöverket ställer krav på att utrymningsvägarna, samt vägarna till dessa, ska hållas fria från hinder.

För vissa samlingslokaler, däribland butiker, varuhus och restauranger, kan avståndet 30 m tillämpas som maximalt gångavstånd till närmaste utrymningsväg om inte analytisk dimensionering kan visa att en längre sträcka är godtagbar. Förutsättningarna för denna sträcka är att berörda personer har mindre god lokalkännedom, eller att verksamheten medför risk för snabb brandspridning. I en lokal som skyddas med automatisk vattensprinkleranläggning kan det maximala gångavståndet till utrymningsväg ökas med en tredjedel. Detta kräver dock att sprinklersystemet är heltäckande, dimensionerad för aktuell verksamhet samt vara utförd enligt minst den kvalitetsnivå som beskrivs av SBF 120:5¹.

I lokaler där utrymningsvägarna inte kan förväntas vara kända, lokaler där personer kan förväntas ha dålig lokal kännedom, exempelvis samlingslokaler, ska vägledande markeringar, så kallade utrymningsskyltar, markera utrymningsvägarna. Skyltarna ska enligt AFS 1997:11 alltid vara belysta eller genomlysta. Genomlysta skyltar är lättare att se än belysta skyltar. Krav ställs därför på att samlingslokaler för fler än 150 personer alltid ska ha genomlysta skyltar som markerar utrymningsvägarna¹.

I utrymningsvägarna ska allmän belysning finnas. För samlingslokaler krävs dessutom att nödbelysning ska finnas i utrymningsvägarna. Nödbelysning ska också finnas inne i samlingslokalen. Kravet på nödbelysning innefattar även utrymningsskyltarna¹.

4.2.2 Kritiska förhållanden vid utrymning

De kritiska förhållandena beskriver den brandmiljö då utrymning inte längre kan ske under acceptabla förhållanden. Vid denna brandtekniska riskvärdering jämförs tiden det tar till kritiska förhållanden uppstår med den tid det tar att utrymma byggnaden. Om utrymningstiden överskrider den tid det tar att nå kritiska förhållanden måste åtgärder vidtas.

Vid dimensionering av utrymningssäkerheten bör kritiska förhållanden för följande parametrar beaktas:

- sikt
- värmestrålning
- temperatur
- giftiga gaser
- brandgaslagrets höjd

4.2.2.1 Sikt

Som gränsvärde för sikten vid brand brukar en siktsträcka på 10 m i okänd miljö eller minst 5 m i känd miljö tillämpas¹.

¹ Boverkets byggregler, 2006.

4.2.2.2 Värmestrålning

Som kritisk nivå för strålning tillämpas normalt antingen en maximal strålningsintensitet på 2,5 kW/m² eller en kortvarig strålningsintensitet på max 10 kW/m². Med kortvarig menas en exponeringstid av endast ett fåtal sekunder¹.

4.2.2.3 Temperatur

En lufttemperatur på högst 80°C är det gränsvärde som normalt anses vara acceptabelt för säker utrymning².

4.2.2.4 Giftiga gaser

De kritiska förhållandena vid utrymning ställer också krav på att personer inte utsätts för skadliga doser av giftiga gaser eller för låg syrehalt under utrymningen. Att betrakta halterna av CO, CO₂ och O₂ anses i många fall räcka¹.

4.2.2.5 Brandgaslagrets höjd

För att personer ska kunna orientera sig under hela utrymningen krävs att personerna inte störs utav brandgaslagret. Detta bör därför lägst ligga på en höjd av 1,6 + 0,1 · H meter över golvet, där H är rumshöjden. Utrymning kan dock tänkas fortgå även efter det att en kritisk nivå på brandgaslagrets höjd har uppnåtts, förutsatt att kriterierna för temperatur, sikt och toxicitet inte har det¹.

4.3 Organisatoriskt brandskydd

4.3.1 Lagen om skydd mot olyckor

Lagen om skydd mot olyckor trädde i kraft den 1 januari 2004 och ersatte då räddningstjänstlagen. Lagens mål är att skapa ett tillfredställande och likvärdigt skydd överallt och lagen betonar tydligare än tidigare den enskildes ansvar för brandskyddet. Beroende av verksamhet, ställer lagen krav på skriftlig redogörelse av brandskyddet för byggnader och anläggningar. Förutom kravet på skriftlig redogörelse av brandskyddet skall nyttjanderättshavare och ägare till byggnader eller anläggningar tillse att systematiskt brandskyddsarbete finns upprättad och efterlevs. Detta innebär alltså för en fastighet med butik, att både butiksinnehavaren och fastighetsägaren kan ansvara för brandskyddet.

4.3.2 Systematiskt brandskyddsarbete SBA

Syftet med systematiskt brandskyddsarbete är att förebygga riskerna för branduppkomst och för att minimera skadorna om brand ändå skulle uppstå. För att detta syfte skall kunna uppnås i praktiken räcker det inte med att systematiskt brandskyddsarbete finns upprättad, det krävs även ett kontinuerligt arbete och en kontinuerlig medvetenhet om brandskyddet och riskerna. Brandskyddsarbetet skall med andra ord bedrivas systematiskt och inte enbart vid enskilda tillfällen.

Alla byggnader och anläggningar skall ha ett skäligt brandskydd och ansvaret för detta ligger på nyttjanderättshavare och ägare, men syftet med systematiskt brandskyddsarbete är föga tillfyllest om endast en av parterna är insatta i arbetet. Samtliga personer som arbetar i en verksamhet skall vara medvetna om verksamhetens brandskyddsarbete och dess innebörd. Det bör därför finnas tydliga rutiner för att hålla brandskyddsarbetet levande och t.ex. rutiner för att nyanställda i så tidigt skede som möjligt får ta del av det. För flertalet av byggnaderna och anläggningarna skall det systematiska brandskyddsarbetet dokumenteras skriftligt. Om byggnaden omfattar flera verksamheter eller ägare, som vid ett köpcentrum, bör dokumentation finnas för varje respektive verksamhet samt för centrumet i sin helhet.

¹ Brandskyddshandboken, 2002.

² Boverkets Byggregler, 2006

Ett systematiskt brandskyddsarbete kan både vara tekniskt och organisatoriskt. Rutiner och beskrivningar av systematiskt brandskyddsarbete kan enligt bl.a. Räddningsverkets råd innehålla

- generell beskrivning av byggnaden
- beskrivning av verksamheten
- organisation och ansvarsfördelning
- tekniska brandskyddsåtgärder t.ex. släcksystem, brandceller och räddningsvägar
- egen insatsförmåga
- utbildnings- och övningsplan och dokumentation av genomförda sådana
- drift-, underhåll och kontrollplan för brandskyddsåtgärder
- kontroll, åtgärd och uppföljning av brandskyddet
- rutiner för hantverkare, besökare eller andra som inte stadigvarande befinner sig på objektet.

Det systematiska brandskyddsarbetet kan med fördel integreras i annan dokumentation, t.ex. miljö- eller kvalitetsledningssystem. Det systematiska brandskyddsarbetet bör dock även finnas sammanställt.

4.3.3 Skriftlig redogörelse för brandskyddet

Enligt 2 kap. 3§ lagen om skydd mot olyckor skall ägare av byggnader eller andra anläggningar som ställer särskilda krav på brandskydd, skriftligen redogöra brandskyddet. Denna redogörelse skall lämnas till kommunen. Den som nyttjar byggnaden eller anläggningen, skall ge ägaren de uppgifter som krävs för att denna skall kunna efterleva kravet på redogörelsen. Förtydligande över vilka byggnader och anläggningar som omfattas av kravet om skriftlig redogörelse redovisas i Statens räddningsverks författningssamling SRVFS 2003:10. Häri anges att samlingslokal omfattas av kravet om skriftlig redogörelse. I SRVFS 2004:4 har Räddningsverket dessutom förtydligat innebörden med begreppet samlingslokal genom en rad exempel, däribland ”affärer, varuhus och gallerior”.

Den skriftliga redogörelsen är ett förhållandevis sett enkelt dokument som normalt inte omfattar mer än några enstaka sidor. Redogörelsen skall innehålla de mest väsentliga tekniska och organisatoriska åtgärderna. Det är värt att kommentera att den skriftliga redogörelsen inte är detsamma som en dokumentation av brandskyddet som ingår i det systematiska brandskyddsarbetet. Ett systematiskt brandskyddsarbete och den ingående dokumentationen är mer omfattande och innehåller i stort sett alla uppgifter som krävs för att sammanställa en skriftlig redogörelse. Således är det en enkel uppgift att upprätta en skriftlig redogörelse om ett tillfredställande systematiskt brandskyddsarbete finns tillämpat och dokumenterat.

De mest påtagliga fördelarna med kravet på skriftlig redogörelse är

- den kan stimulera egenkontrollen vilket i sin tur leder till bättre brandskydd
- räddningstjänsten kan, med hjälp av redogörelsen, prioritera vilka objekt som har störst behov av tillsyn. Objekt som har farlig verksamhet eller objekt som inte har tillfredställande brandskydd kan då prioriteras samtidigt som lågriskobjekt med fungerande brandskydd inte behöver tillsyn i samma omfattning.

5. Befintligt brandskydd

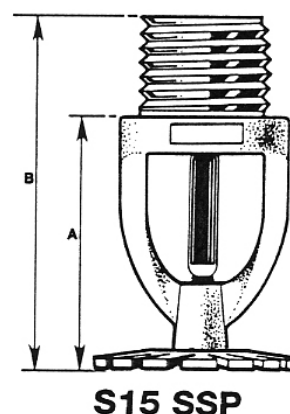
5.1 Tekniska installationer

5.1.1 Sprinklersystem

Med undantag av Stora torget är hela centrumet sprinklat. Vid besöket observerades att det fanns ett antal olika sprinklerhuvuden i objektet. Dessa varierade både gällande utformandet av sprinklerhuvuden samt variation av bulbets tjocklek. Enligt besiktning daterad 2002-01-10 fanns det vid denna tidpunkt cirka 5300 sprinklerhuvuden av modell SSP med RTI motsvarande standard response time med 5 mm tjock bulb. Mer ingående detaljer angående RTI-värdet har inte stått att finna i centrumets sprinklerdokumentation. För de beräkningar som krävt vetskap om sprinkleraktivering har det ISO-standardiserade RTI-värdet 135, för 5 mm tjocka bulber¹, använts i denna rapport.



Figur 5.1. Bild på sprinklercentralen.



Figur 5.2. Sprinkler. Bilden är tagen ur objektets sprinklerpärm

5.1.2 Brandlarmsystemet

Väsby Centrum har ett adresserbart brandlarmsystem, d.v.s. varje enskild detektor har en egen larmadress. Brandlarmsystemet har två brandförsvarstabläer, en placerad vid Östra entrén och en vid Västra entrén. I händelse av larm använder sig brandkåren av den tablå som ligger närmast aktiverad detektor. Detektion sker med rökdetektorer. Dessa är placerade i centrumgångarna, på Stora torget samt i vissa av verksamheterna. Det räcker med att en detektor aktiverar för att utrymningslarmet ska aktivera och att larmsignal går till SOS Alarm, som i sin tur larmar brandkåren.



Figur 5.3. Bild på brandlarmscentral.

¹ http://www.civil.canterbury.ac.nz/sfpe/technical_papers/TP3.shtml

Det automatiska brandlarmet täcker de allmänna utrymmena, vilka inkluderar centrumgångarna, Stora torget, Lilla torget samt lastgårdarna. Förutom de allmänna utrymmena inkluderar det automatiska brandlarmet även tekniska utrymmen; fläktrum, sprinklerrum etc. Brandlarmet kan även aktiveras manuellt med larmknappar som finns placerade i vissa butiker och bakomutrymmen. Larmlagring tillämpas inte.

5.1.3 Utrymningslarm

Utrymningslarmet aktiveras av aktiverat brandlarm, aktiverad sprinkleranläggning eller intryckt larmknapp. Utrymningslarmet avger ett talat meddelande som föregås av en tio sekunder lång varningssignal. Det talade meddelandet ges upprepade gånger på både svenska och engelska. På svenska lyder meddelandet ”Viktigt meddelande, viktigt meddelande. En brand har uppstått i byggnaden. Lämna omedelbart byggnaden genom närmaste utgång”.

5.1.4 Brandgasventilation

Långsidorna av Stora torget är försedda med fyra rökluckor vardera, belägna på en höjd av cirka sju m över golvet. Totalt finns här alltså åtta rökluckor som öppnas automatiskt vid aktiverat brandlarm eller också manuellt på manöverdon. I taket från Lilla torget till Östra entrén finns ytterliggare 16 rökluckor, vilka öppnas manuellt eller vid aktiverat brandlarm i centrumets östra del. Om larmet däremot aktiveras från annan del av centrumet öppnas däremot inte dessa rökluckor automatiskt.



Figur 5.4. Bild på röklucka ovanför Stora torget.



Figur 5.5. Rökluckorna i det högre partiet av Östra gången sitter parvis. Sammanlagt finns det sju par.



Figur 5.6. Bilden visar en del av den ena av de två rökluckorna som är belägna närmst Lilla torget. Själva rökluckan syns inte på bilden.

5.1.5 Släckutrustning

Det finns brandposter och handbrandsläckare i byggnaden placerade i centrumgångarna. Dessutom är många av verksamheterna försedda med handbrandsläckare samt i vissa fall brandfilt.



Figur 5.7. Bild på brandpost med placering mellan Kicks och Svensk Kassaservice.

5.2 Brandcellsindelning

Samtliga butiker, restauranger, centrumgångar, Stora torget och Lilla torget tillhör en och samma brandcell. De brandtekniskt klassade utrymningsvägarna utgör egna brandceller. Lastgårdarna utgör också egna brandceller.

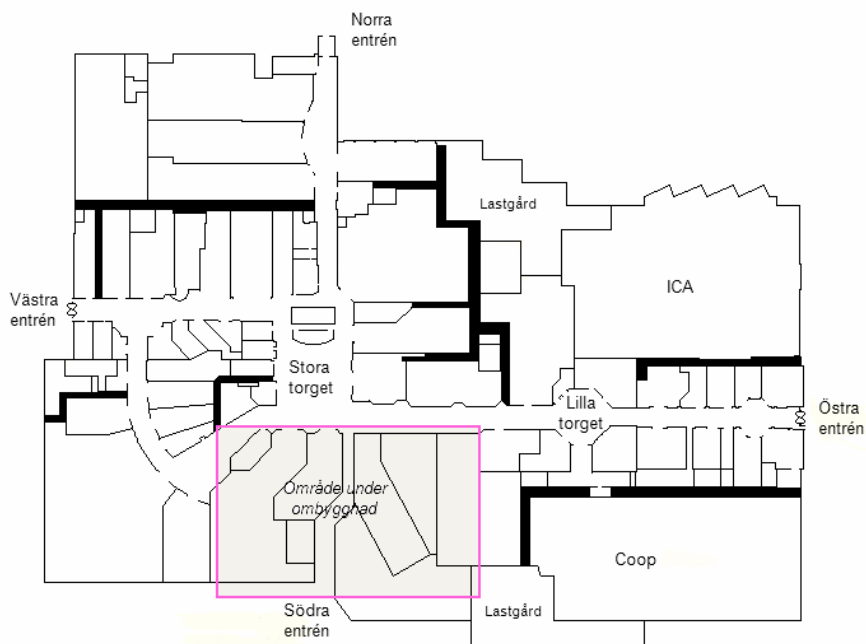
Enligt ritningar över objektet är en del av de brandcellsavskiljande väggarna utförda i klass EI30 medan andra är utförda i klass EI60.

5.3 Utrymningsvägarna från Väsby Centrum

I centrumet finns fyra huvudentréer. Från dessa entréer leder gångarna till Stora torget, vilket är placerat mitt i byggnaden. Dessa gångar är 5–7 m breda. Alla butiker och restauranger i centrumet vetter mot någon av dessa gångar eller mot Stora torget. Utöver gångarna finns det brandtekniskt skilda utrymningsvägar som är placerade bakom butikerna, se bild 5.9. Dessa utrymningsvägar är på de smalaste partierna 1,35 m breda, men generellt uppgår bredden till ca 1,5 m. Utrymningsvägarna är i de flesta fall fria från löst material. Problemet är att vägen mellan butiken och utrymningsvägen i vissa fall är blockerad.



Figur 5.8 Skylt i de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna, vilken anger att dessa är målade med brandskyddande färg.



Figur 5.9 Översiktsbild där de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna är markerade i svart.

5.4 Brandskyddsrutiner

5.4.1 Sammanställning av verksamheternas redogörelse av brandskyddet

Enligt *kapitel 4.3.3* ställer Statens räddningsverks författningssamling SRVFS 2003:10 krav på att ägare till byggnader eller anläggningar skriftligen skall redogöra för sitt brandskydd. Verksamhetsutövare skall bistå ägaren med nödvändig information.

Nedan följer en sammanställning av verksamheterna i Väsby Centrums skriftliga redogörelse av brandskyddet. Resultatet bygger på 39 verksamheters redogörelser. Dessa är utförda i januari 2005. Redogörelserna som är inkluderade i sammanställningen är alla utförda av verksamheter som fortfarande ligger i Väsby Centrum, oavsett om de bytt lokal efter denna tidpunkt. Verksamheterna förväntas upprätthålla samma nivå av brandskydd oavsett i vilken lokal i centrumet de är belägna. Verksamheter som efter denna tidpunkt lagt ner, bytt ägare eller namn har däremot valts att uteslutas från sammanställningen.

Tabell 5.1. Svarsfördelning på frågan om verksamheter innehar brandskyddsritningar.

Brandskyddsritningar	Ja %	Ja, delvis %	Nej %	Ej svarat %	Vet ej %
	33	16	36	10	5

Tabell 5.2. Svarsfördelning på frågor kring byggnadstekniskt brandskydd.

Fasta installationer	Ja %	Nej %	Ej svarat %
Brandgasventilation	0	97	3
Utrymningslarm	31	66	3
Automatiskt brandlarm	33	64	3
Inomhusbrandpost	5	92	3
Vägledande markering	15	82	3
Automatisk vattensprinkler	90	7	3
Nödbelysning	41	56	3
Annat släcksystem	7	90	3
Stigarledning	0	97	3
Brandfilter	5	92	3
Brandvarnare	20	77	3
Handbrandsläckare	66	31	3
Övrigt	5	92	3

Tabell 5.3. Svarsfördelning på frågor kring drift och underhåll av brandskyddet.

Drift och underhåll av brandskyddet	Ja %	Ja, delvis %	Nej %	Vet ej %	Ej svarat %	Inte relevant %
Finns överenskommen ansvarsfördelning mellan ägare och verksamhetsutövare för underhåll och kontroll av det byggnadstekniska brandskyddet och de fasta installationerna	21	15	5	39	5	15
Finns rutiner för regelbundet underhåll och kontroll av det byggnadstekniska brandskyddet och de fasta brandskyddsinstallationerna	31	13	13	38	5	
Om ja, dokumenteras underhållet och kontrollerna	26	2	8	31	33	
Har personalen kompetens för att sköta tilldelade uppgifter vad gäller skötsel och underhåll av brandskyddet	20	23	26	23	8	
Finns rutiner för att åtgärda brister som upptäcks vid egenkontrollen	31	10	21	28	10	
Finns dokumenterade rutiner för tillbudsrapportering och uppföljning av brandtillbud	23	15	23	26	13	

Tabell 5.4. Svartsfördelning på frågor kring organisatoriskt brandskydd.

Beredskap för brand	Ja %	Ja, delvis %	Nej %	Ej svarat %	
Finns planering om hur lokalerna ska utrymma i händelse av brand	74	23	3	0	
	Ja, varje år %	Ja, enstaka gång %	Nej %	Ej svarat %	Vet ej %
Är all personal informerad om hur utrymningen ska ske (även visstidsanställd, vikarier och så vidare)	56	39	5	0	0
Genomförs utrymningsövningar i den egna verksamheten	13	21	59	2	5
Genomförs samordnade utrymningsövningar med övriga verksamheter i byggnadsanläggningen	23	33	38	3	3
	Ja %	Ja, delvis %	Nej %	Ej svarat %	Vet ej %
Finns ansvarsfördelning mellan ägare och verksamhetsutövare i händelse av brand	26	23	18	23	10
Finns organisation för nödläge med avseende på brand	21	23	36	15	5
Om ja, är den dokumenterad	18	15	15	49	3
Vet alla i personalen vilka uppgifter de har i händelse av brand	46	39	15	0	0
Har personalen kompetens att utföra uppgifterna de har i händelse av brand	36	41	18	5	0
Om ja, hur upprätthålls och säkerställs kompetensen	Ja, varje år %	Ja, enstaka gång %	Nej %	Ej svarat %	Vet ej %
Genom teoretisk utbildning	18	49	5	26	2
Genom praktisk utbildning/övning	13	33	13	41	0
	Ja %	Ja, delvis %	Nej %	Ej svarat %	Vet ej %
Är verksamheten beroende av att samverka med annan närliggande verksamhet i händelse av brand	46	15	31	3	5
Om ja, är denna samverkan planerad	28	13	18	36	5

Tabellerna 5.1, 5.2, 5.3 och 5.4 visar tydligt att verksamhetsutövarna inte har erforderliga kunskaper för att fylla i redogörelserna på ett korrekt sätt. Som exempel har endast 90 % av verksamheterna svarat att de har sprinkler. Den enda verksamhet i Väsby Centrum som inte har sprinkler är Petit Fours servering, vilken dock inte är inkluderad i sammanställningen ovan.

Det kan också ur tabellerna påvisas att det kan finnas brister i verksamheterna brandskydd. Att t.ex. enbart 21 % uppger att det finns överenskommen ansvarsfördelning mellan ägare och verksamhetsutövare, kan bero på att de flesta svarande inte vet om det finns någon ansvarsfördelning. Men svaret kan också bero på att det verkligen inte finns någon uppjord ansvarsfördelning.

Tabell 5.3 visar att endast i få fall som någon form av utbildning eller övning genomförts. Detsamma gäller för dokumentation, kontroll och uppföljning på underhållet av brandskyddet.

Förutom resonemanget kring bristande kunskaper bör man även vara kritiskt till svaren i dessa redogörelser om hänsyn togs till att olika verksamhetsansvariga kan ha olika uppfattningar om samma sak. Exempelvis kan en viss butik anse att en utrymning orsakat av ett onödigt larm vara att se som en övning, medan en annan butik inte tycker så. Sammantaget ger redogörelserna ingen exakt status på nivån för brandskyddet men en antydning på hur väl det fungerar.

5.4.2 Kunskaper hos verksamheternas personal

Vid besöket i Väsby Centrum tillfrågades butikspersonal om de visste vad de skulle göra vid en eventuell brand eller utrymning. Det generella svaret var att få ut kunderna och stänga butiken, vilket kan ses som ett självklart förfarande. I många fall hade den tillfrågade personalen ingen mer detaljerad kunskap om hur de skulle agera vid brand eller utrymning. Det kunde dock konstateras att kunskaperna inom området varierade mycket från verksamhet till verksamhet.

En föredömlig butik beskrev ett väl fungerande systematiskt brandskyddsarbete som uppfyller syftet med dess existens. Följande exempel gavs:

- rutiner för den arbetande personalen finns. Dessa är inte personrelaterad utan relaterade till den tjänst eller arbetsuppgift respektive personal har vid tillfället, exempelvis kassör
- personalen får regelbundna övningar
- eget internt förvarningssystem finns, genom vilken personalen kan förvarnas om en kommande utrymning
- tydliga instruktioner från ledningen finns, vilka är enhetliga för organisationen.

För en del av verksamheterna i Väsby Centrum är kunskaperna om verksamhetens rutiner för brandskydd vaga eller obefintliga. Här är det väl värt att poängtera att en av vägarna till att uppnå det systematiska brandskyddets mål är att all personal har en ständig medvetenhet om brandfaror. Troligtvis brister detta speciellt bland ny personal och personal med timanställning. Dock har samtal förts med personal som varit anställd en längre tid utan att få varken utbildning eller övning.

En uppfattning bland butikerna i Väsby Centrum är att brandskyddsarbete är viktigt, men överarbetat. Inte heller upplevs att det finns någon påtryckning att brandskyddsarbetet skall genomföras. Dock finns en oro för att bli bötfälld om tillsynsmyndighet vid kontroll upptäcker att man inte uppfyllt lagstadgade krav¹.

5.4.3 Ansvar

Lagen säger att både nyttjare och ägare ansvarar för att ett systematiskt brandskyddsarbete finns upprättat. Ansvarsfördelningen mellan dessa parter är i praktiken en uppgörelse dem emellan.

Bland verksamheterna på Väsby Centrum upplevs det som oklart vem som ansvarar för brandskyddet. Verksamheterna fick för ett tag sedan ett besök från en brandskyddskonsult som anlätts av Rodamco. Sedan dess är tron att något är på gång och att Rodamco tagit på sig ansvaret att upprätta ett systematiskt

¹ Andersson, Eva, 2006

brandskyddsarbete. En av kommentarerna var att verksamheterna väntar på att något konkret skall komma från Rodamco.

Verksamheterna saknar information eller instruktioner från Rodamco. Man har, enligt uppgift, flera gånger bett om uppdatering av den brandpärm som varje enskild verksamhet fick för cirka 10 år sedan, av den dåvarande fastighetsägaren. Samtidigt är Rodamco, i egenskap av fastighetsägare, rimligen den som verksamheterna bör kunna vända sig till vid frågor kring brandskyddet. Verksamheterna har inte själva tagit upp ämnet på sina verksamhetsmöten mer än vid ett enstaka tillfälle, då konsulten besökte objektet och gav information.

5.4.4 Rutiner vid utrymning

I händelse av utrymning finns upprättade rutiner att personal från verksamheterna som finns i anslutning till entréerna skall hindra folk från att ta sig in i centrumet. Bevakningspersonalen har givna instruktioner och dessa kan även begära in förstärkning från bevakningsföretaget. I princip kommer bevakningspersonalen vara de sista ut från centrumet vid en utrymning.

Då fastighetsansvarig befinner sig i objektet, kontrollerar denne vilken sektion som aktiverat. Denne utför också en första kontroll av det berörda området. Därefter möter fastighetsansvarig upp med brandkåren och är denna behjälplig.

5.5 Brandkåren Attunda

Brandkåren Attunda är ett förbund med Järfälla, Sollentuna, Upplands-Bro och Upplands Väsby kommuner som medlemmar. Inom förbundet finns det fyra stationer.

Från stationen i Upplands Väsby är det ca 3 km körväg till Väsby Centrum. Om brandstyrkan finns inne på stationen, tar det cirka 5 minuter innan styrkan är på plats i Väsby Centrum efter inkommet larm. Normalt är grundprincipen inom förbundet att man rycker ut med två enheter (släckenhet och tank-/höjdenhet) på automatiskt brandlarm, vilket gäller idag för Väsby Centrum. Styrkan har då bemanning 1 + 5. Om brand konstateras tillkallas förstärkning från andra stationer inom förbundet samt Räddningsregion Norr (Rädd-Sam-Norr) som är ett samarbete mellan räddningstjänsterna i tolv kommuner i Norra Stockholms län samt Knivsta kommun.

För att kunna genomföra en effektiv och säker insats krävs det att brandkåren har nödvändiga uppgifter om objektet. Därför tillämpas insatsplanering.

Insatsplaneringen är gjord i två steg. Det första steget är att Brandkåren Attunda skapar ett insatskort vilken innehåller all basinformation som t.ex. kartbild, satellitbild, angreppsväg och specifika risker. Det andra steget är en mer detaljerad information om Väsby Centrum. Det är fastighetsägaren som ansvarar för att denna upprättas. Innehållet är en fullständig insatsplan, byggnadsbeskrivning m.m. Denna information finns på objektet men även i ledningsenheterna (Vaktavande brandingenjör i Täby och Insatsledare i Upplands Väsby) samt i RC Norr (Räddningscentralen i Täby som ansvarar för normativ och strategisk ledning inom Rädd-Sam-Norrs geografiska område)¹.

¹ Ryber, Fredrik, 2006.

6. Val av brandscenarier

6.1 Resonemang kring val av brandscenarier

När en riskvärdering av ett objekt ska göras är det viktigt att bedöma vad en eventuell brand i objektet skulle resultera i. För ett objekt uppdelat i många olika lokaler blir det både tidskrävande och i många fall till och med onödigt att utvärdera brandförlopp i varje enskild lokal. Genom att på ett genomtänkt sätt välja ut brandscenarier som är representativa för hela byggnaden kan man genom beräkningar på ett fåtal brandscenarier avgöra byggnadens säkerhet vid brand.

Val av scenarier kan göras utifrån många olika aspekter. Två aspekter som kan vara relevanta att utgå från är det mest sannolika scenariot eller det absolut värsta tänkbara scenariot som skulle kunna inträffa.

En metod för att hitta representativa brandscenarier är att jämföra scenarier där branden kommer att uppföra sig på liknande sätt. Man kan tänka sig att en brand i lokaler med samma verksamhet kommer att tillväxa på liknande sätt och därmed kan dessa scenarier jämföras.

En annan metod är att utgå från lokalens placering i byggnaden. Brand i närbelägna lokaler kommer att påverka utrymningen av byggnaden på liknande sätt och kan genom detta jämföras. Kan utrymning ske på ett tillfredställande sätt, från lokaler belägna på den minst gynnsamma platsen, kommer utrymning från lokaler belägna på en mer gynnsam plats också kunna ske på ett tillfredställande sätt.

För att vidare kunna bestämma lämpliga scenarier måste någon form av rangordning göras. Lämpligt är att fokusera på de parametrar som har störst betydelse vid brand, så som brandbelastning, brandtillväxt, eventuellt sprinklersystem, detektionssystem och persontäthet.

6.2 Val av lokaler

Utifrån ovanstående resonemang har en lokalsammanställning gjorts, se *tabell 6.1*. Sammanställning behandlar endast lokalernas allmänna utrymmen. Konsekvensnivån för lokalerna har bedömts utifrån nedanstående parametrar. För att göra sammanställningen mer överskådligt har de olika parametrarna poängsatts, utifrån deras betydelse för konsekvensnivån. Detta har gjorts subjektivt av författarna. Det måste poängteras att en sammanställning av detta slag är mycket svår att göra korrekt, eftersom det kan vara svårt att avgöra vilken av parametrarna som väger tyngst. *Tabell 6.1* ska därför enbart ses som ett stöd vid val av lokal för olika brandscenarier. Samtliga parametrar förutom detektion och sprinklersystem, är bedömda efter lokalerna i förhållande till varandra.

- **Persontäthet**

Utrymning från en lokal kommer att påverkas av antalet personer som uppehåller sig i lokalen. Detta har bedömts som en av de viktigaste parametrarna vid värdering av konsekvensnivån. Bedömningen har gjorts utifrån personfördelningen i de olika verksamheterna under objektsbesöket samt en generell uppskattning av verksamheternas popularitet bland kunderna. Vid bedömningen har låg persontäthet tilldelats 2 poäng, medel 3 poäng, hög 4 poäng och mycket hög persontäthet har tilldelats 5 poäng.

- **Brandbelastning**

Brandbelastningen är bedömd efter uppskattad mängd brännbart material per ytenhet. Denna parameter har också värderats till en av de viktigaste parametrarna vid värdering av konsekvensnivån, eftersom brandbelastningen påverkar hur hög effektutveckling som kommer att erhållas. Vid bedömningen har låg brandbelastning tilldelats 2 poäng, medel 3 poäng, hög 4 poäng och mycket hög brandbelastning 5 poäng.

▪ **Brandtillväxt**

Brandtillväxten är bedömd efter hur snabbt branden kommer att tillväxa. Även brandtillväxten har värderats som en av de viktigaste parametrarna vid värdering av konsekvensnivån, eftersom effektutvecklingen i stor utsträckning påverkar tiden till kritiska förhållanden. Vid snabb effektutveckling kommer tiden till kritiska förhållanden att uppnås betydligt tidigare än vid en långsam effektutveckling. Vid bedömningen har långsam brandtillväxt tilldelats 2 poäng, medel 3 poäng och snabb brandtillväxt har tilldelats 4 poäng.

▪ **Utrymning**

Verksamheterna har bedömts efter hur utrymningsmöjligheterna från dessa är. Detta har gjorts utifrån att en person utan lokalkännedom ska kunna utrymma. Utrymningen har därför värderats enligt följande; om fullt duglig och markerad extra utrymningsväg finns, 0 poäng, om extra utrymningsväg finns men är omarkerad eller delvis blockerad, 1 poäng, samt om extra utrymningsväg saknas eller är blockerad, 2 poäng.

▪ **Sprinklersystem**

Lokalen har eller saknar sprinkler. I Väsby Centrum är det endast verksamheter belägna på Stora torget som saknar sprinklersystem. Dessa har dock en betydligt högre takhöjd än övriga verksamheter och Stora torget är dessutom försedd med rökluckor. Detta medför att avsaknaden av sprinkler endast kommer att ge 1 poäng vid värdering av konsekvensnivån.

▪ **Detektion**

Lokalen har eller saknar detektorer. Ju tidigare en detektor aktiverar desto tidigare aktiveras utrymningslarmet. Dessutom kommer räddningstjänsten att larmas tidigare. Om detektorer finns i verksamheten eller inte har bedömts ha samma inverkan på konsekvensnivån som en eventuell extra utrymningsväg. Detta har lett till att lokaler med detektorer har tilldelats 0 poäng. Lokaler som saknar detektorer har tilldelats 2 poäng. Däremot har Stora torget endast tilldelats 1 poäng. Detta beror på att detektorerna är placerade på en betydligt högre höjd på Stora torget än i övriga verksamheter, vilket förlänger tiden till detektion.

▪ **Total konsekvensnivå**

Samtliga faktorer har vägts samman.

Tabell 6.1. Sammanställning av verksamheternas konsekvensnivåer.

	Person- täthet	Brand- belastning	Brand- tillväxt	Utrymning	Sprinkler	Detektion	Total konsekvens nivå
Östra gången							
Djurfavoriten	Låg	Medel	Medel	0	Ja	2	10
Hälsokraft	Låg	Låg	Långsam	0	Ja	2	8
Almia	Låg	Hög	Snabb	2	Ja	2	14
Teknik Magasinet	Låg	Låg	Långsam	2	Ja	2	10
Svensk Kassaservice	Låg	Låg	Långsam	1	Ja	2	9
Kicks	Medel	Låg	Långsam	0	Ja	2	9
Intersport	Medel	Medel	Medel	0	Ja	0	9
Väsby Delikatesser	Låg	Medel	Snabb	2	Ja	2	13
Skomakaren	Låg	Låg	Långsam	2	Ja	2	10
Expert	Låg	Låg	Långsam	1	Ja	2	9
Synoptik	Låg	Låg	Långsam	0	Ja	2	8
Joy	Låg	Mkt hög	Snabb	0	Ja	2	13
Coop (förbutik)	Låg	Låg	Långsam	0	Ja	0	6
Gallerix	Låg	Medel	Medel	2	Ja	2	12
Twilfit	Låg	Hög	Medel	2	Ja	2	13
Din Sko	Medel	Låg	Långsam	0	Ja	0	7
Centrumgrillen	Medel	Låg	Långsam	0	Ja	2	9
Foody Goody	Låg	Medel	Långsam	2	Ja	2	11
Foody Goody (servering)	Medel	Låg	Långsam	0	Ja	0	7
Stora torget							
Bokia	Medel	Medel	Medel	0	Ja	2	11
Hemtex	Medel	Hög	Snabb	0	Ja	0	11
H&M	Hög	Hög	Snabb	0	Ja	2	14
Smycka	Låg	Låg	Långsam	2	Ja	2	10
Stjärnurnmakarna	Låg	Låg	Långsam	2	Ja	2	10
Harges	Låg	Medel	Medel	2	Ja	0	10
Glimmer	Låg	Låg	Långsam	2	Ja	0	8
Lindex	Hög	Hög	Medel	0	Ja	0	11
Family's	Medel	Medel	Långsam	1	Ja	2	11
Petit Four Konditori	Medel	Medel	Långsam	1	Ja	2	11
Petit Four Servering	Medel	Medel	Medel	0	Nej	1	11
Scenområdet	Mkt Hög	Hög	Snabb	0	Nej	1	15

Tabell 6.1 har indelats i två huvudgrupper; lokaler belägna längs Östra gången, samt lokaler belägna runt och på Stora torget. Tanken bakom att göra en sådan indelning är att utrymningen kommer att påverkas på olika sätt beroende av om brand uppstår någonstans runt Stora torget eller om brand uppstår någonstans längs Östra gången.

Enligt detta resonemang är det därför lämpligt att välja en lokal längs Östra gången samt en lokal vid Stora torget, gärna inom olika verksamhetsområden. Detta har gjorts utifrån sammanställning i tabell 6.1. Bland de

lokaler som uppnått den högsta konsekvensnivån i respektive huvudgrupp har lokaler till två olika brandscenarier valts.

6.2.1 Val av brandscenario 1 – Lokal längs Östra gången

I sammanställningen ovan har fyra butiker i denna huvudgrupp uppnått i stort sett samma konsekvensnivåpoäng, Almia, Väsby Delikatesser, Joy och Twilfit. Av dessa är tre av fyra klädbutiker. Det känns därför mycket representativt att välja en brand i klädbutik. Vidare har Joy, Twilfit och Almia jämförts sinsemellan. Först har de parametrar som bedömts vara de mest avgörande för konsekvensnivån jämförts. Dessa parametrar är brandbelastningen, brandtillväxten samt persontätheten. De tre butikerna har uppnått samma poäng för persontäthet och brandtillväxt. Brandbelastningen är dock högre för Joy än för de övriga två butikerna. Detta är på grund av att Joy har betydligt mer kläder i butiken än vad både Almia och Twilfit har, även då butikerna upptar i stort sett samma yta.

Vidare har övriga parametrar jämförts mellan butikerna. Den stora skillnaden är då att varken Twilfit eller Almia har en extra fungerande utrymningsväg, medan Joy har en. Detta har gett de två förstnämnda två poäng extra i jämförelse med Joy. Eftersom samtliga butiker i detta fall är ganska små och överblickbara är inte de två extra poäng för utrymningsvägarna så representativa i detta fall. Här kanske snarare ett poäng skulle motsvara fördelen med att ha en extra utrymningsväg. Almia har för övrigt en utrymningsväg bak i butiken som dock är låst, blockerad och omärkerad, men detta skulle lätt kunna åtgärdas. Joy har därför valts till lokal för detta brandscenario trots att Almia har uppnått den högsta konsekvensnivåpoängen.

Något ytterligare som stärker valet av Joy som lokal för ett brandscenario gentemot Almia, är utformningen av Östra gången utanför butikerna. Takhöjden på Östra gången är betydligt lägre utanför Joy än utanför Almia. Detta kommer vid eventuell brand i någon av lokalerna innebära att brandgaserna som strömmar ut från brandrummet kommer att lägga sig på olika höjd beroende på vilken lokal som utgör brandrummet. En lägre höjd på brandgaslagret påverkar tiden till kritiska förhållanden negativt. Utanför Joy är dessutom en servering belägen. Detta gör att folktätheten förväntas vara något högre där än utanför Almia, där personer endast passerar förbi.

6.2.2 Val av brandscenario 2 – Lokal vid Stora torget

I sammanställningen ovan finns under huvudgruppen Stora torget två verksamheter som utmärker sig med höga konsekvensnivåpoäng, H&M och scenområdet på Stora torget. Även i detta fall är en klädbutik representerad bland högkonsekvensverksamheterna. Även om H&M är en av två lokaler som uppnått den högsta konsekvensnivån, enligt sammanställningen, har butiken valts bort som lokal för brandscenariot. Anledningen är att H&M har ett väl fungerande brandskydd. Fem handbrandsläckare är utplacerade på strategiska platser i butiken, två ordentligt markerade nödutgångar är lämpligt placerade i butiken och dessutom är personalens rutiner vid brand bra¹.

Istället har scenområdet på Stora torget valts till plats för detta brandscenario. Det är inte vid alla tillfällen som denna plats uppnår den höga konsekvensnivåpoäng som sammanställningen visar, utan denna är baserad på att ett eventuellt evenemang äger rum här. Scenområdet är nämligen den plats i centrumet där evenemangen normalt äger rum och mycket folk kan då förväntas uppehålla sig just där. Allt möjligt brännbart material kan vid dessa tidpunkter finnas runt och på scenområdet. Evenemang ser ofta olika ut och ansvarig person för dessa förväntas variera. Det kan därför tänkas att eventuella risker inte är beaktade för alla evenemang och att rutinerna vid brand inte har gått igenom.

En eventuell brand på Stora torget skulle, genom dess placering, påverka utrymningen från centrumet betydligt mer än en brand i någon av butikerna runt torget. Detta har inte tagits någon hänsyn till i sammanställningen, där samtliga butiker och Stora torget har jämförts jämföringsmässigt. En brand på Stora

¹ Grundat på observationer vid besöket samt frågeställning till butiken.

torget skulle inte bara kunna blockera ett par av centrumgångarna, utan också hindra utrymning från butikerna belägna runt torget. Detta kan tänkas bli mycket problematiskt för småbutikerna längs torgets västra sida, vilka alla endast har en utrymningsväg och denna går ut till Stora torget. En brand i någon av butikerna skulle i första hand främst rökfylla och hindra utrymningen från den aktuella butiken. Att uppnå kritiska förhållanden på Stora torget och i övriga centrumet förväntas ta längre tid om brand uppstår i någon butik belägen runt torget än om brand uppstår på Stora torget.

Att välja scenområdet till plats för det andra brandscenariot har även fördelen att en annan verksamhet än klädbutik beaktas.

6.2.3 Val av brandscenario 3 – Den mest sannolika branden

För val av både brandscenario 1 och 2 har den värsta tänkbara branden legat till grund. Det finns dock ytterligare en intressant vinkling man kan utgå från vid val av brandscenarier och det är att uppskatta vilken brand som är den mest sannolika. Enligt statistik är den vanligaste anledningen till att en brand uppstår, i en allmän byggnad, att den är anlagd. Därefter är det väldigt vanligt med elfel. Det tredje vanligaste sättet är att en spis glöms med plattan igång¹. De två först nämnda antas vara lika vanliga i både butiker och restauranger, däremot är det betydligt vanligare att en varm platta glöms bort i en restaurang än i en butik. Dessutom förvarar en butik sällan brandfarliga varor, i alla fall inte den typ av butiker som brukar ligga i köpcentrum².

De troligaste anledningarna till att brand uppstår i en butik eller i en restaurang är, som tidigare nämnts, att någon form av elektriskt fel uppstår eller att branden är anlagd. Dessa händelser uppskattas dock inte vara särskilt vanliga. Restauranger däremot brukar visserligen inte förvara några stora mängder brandfarliga material, utom möjligtvis fritureolja och dylikt, men på restauranger arbetar man ofta med varma stekbord, ugnar, fritöser och liknande. Den tredje vanligaste brandorsaken är, som tidigare nämnts, just bortglömd spis eller bortglömt stekbord. För restauranger tillkommer alltså risken för att brand ska uppstå genom slarv eller felhantering av restaurangutrustningen. Den mest sannolika branden i Väsby Centrum har därför bedömts uppstå i någon av centrumets restauranger.

Vidare har restaurangerna i Östra gången och runt Stora torget jämförts. Totalt finns här fyra restauranger/serveringar, Centrumgrillen, Foody Goody, Petit Four och Family's. Både Foody Goody och Petit Four erbjuder främst enklare mat som sallader, smörgåsar, bakad potatis, fikabröd samt kaffe. Dessa två matställen är därför endast utrustade med kaffemaskiner, smörgåsgrill samt en liten ugn. Kvar finns då Centrumgrillen samt Family's att välja mellan till detta scenario. Dessa två uppskattas vara relativt likvärdiga. Brand i Centrumgrillens fritös har redan inträffat, dock för många år sedan. Detta ledde till brandspridning via ventilationssystemet till aktuellt fläktrum, vilket förstördes³. Detta har gjort att Centrumgrillen valts till lokal för detta scenario.

6.3 Val av antal besökare

Vid de tillfällen då det är som flest besökare i Väsby Centrum, uppskattas antalet besökare, som samtidigt uppehåller sig i centrumet, till 1 500–2 000 personer. Det tillhör inte vanligheten att besöksantalet uppgår till denna storlek, men det kan dock inträffa i samband med större evenemang⁴. Besöksantalet grundas på personräknare som sitter vid samtliga huvudentréer. Centrumets scen finns på Stora torget. När antalet besökare uppgår till denna höga siffra kan det därför antas att en stor del av besökarna befinner sig just där. Vid en riskuppskattning av centrumet är det förnuftigt att räkna med den maximala folktätheten. Är centrumet säkert när antalet besökare är som störst, måste det också vara säkert när antalet besökare är färre.

¹ Räddningstjänst i siffror, 2005.

² Verksamheternas redogörelse för brandskyddet, 2005.

³ Åkerberg, Lennart, 2006.

⁴ Messo, Jousline, 2006.

7. Utrymning

Den totala utrymningstiden för en person kan delas in i tre delar; varseblivnings-, besluts- och reaktionstid samt förflyttningstid. En mer ingående förklaring av dessa tider finns i *bilaga T*.

Vid brand i Väsby Centrum är utrymningstiden väldigt beroende av om utrymningslarmet aktiveras och hörs eller inte. Det är endast varseblivnings- samt besluts- och reaktionstiden som varierar med denna parameter. Besluts- och reaktionstiden är även beroende av hur utrymningslarmet är utformat, dvs. om utrymningslarmet är ett enkelt talat meddelande, informativt talat meddelande eller endast en ringsignal. Förflyttningstiden förväntas vara den samma oavsett om utrymningslarmet hörs eller inte. Däremot kan förflyttningstiden variera beroende av om köbildning uppstår vid utrymning eller inte.

7.1 Varseblivningstid

Personer som befinner sig i närheten av en brand och därmed förväntas se den, kommer att bli varse branden direkt. Detta innebär att för dessa personer är varseblivningstiden näst intill obefintlig.

Personer som däremot inte ser branden, kommer att ha en längre varseblivningstid. Denna beror av hur dessa personer blir varse faran. Det vanligaste är att personer reagerar på att utrymningslarmet aktiveras. I Väsby Centrum finns det tre händelser som kan aktivera brand- samt utrymningslarm; sprinklerna aktiveras, detektorerna aktiveras eller så aktiveras larmet manuellt. Varseblivningstiden för de som inte ser branden kommer alltså vara beroende av hur snabbt larmet aktiveras. Detta behandlas vidare under respektive scenario.

Om utrymningslarmet däremot inte aktiveras kommer personerna som befinner sig i Väsby Centrum att bli varse branden antingen då de ser brandsignaturer, då oroligheter uppstår i folkmängden eller då de blir meddelade om branden på annat sätt. Att på förhand uppskatta varseblivningstiden för dessa personer är mycket svårt.

7.2 Besluts- och reaktionstid

För personer i Väsby Centrum som själva ser branden, har besluts- och reaktionstiden uppskattats till 1 minut enligt *tabell 7.1*. Personer som däremot inte ser branden men som hör utrymningslarmet, vilket i Väsby Centrums fall är ett enkelt talat meddelande, har en besluts- och reaktionstid på 2 minuter enligt *tabell 7.1*. För de personer som varken ser branden eller hör utrymningslarmet, är besluts- och reaktionstiden 4 minuter enligt *tabell 7.1*.

Tabell 7.1 Besluts- och reaktionstider enligt Brandskyddshandboken.

Verksamhet	Personen ser brand	Besluts- och reaktionstid i minuter : sekunder
Offentlig miljö, skola, kontor, varuhus, butik	Ja	1.00
Varuhus, inget larm	Nej	4.00
Varuhus, ringklocka	Nej	3.30
Varuhus, enkelt talat meddelande	Nej	2.00
Varuhus, informativt talat meddelande	Nej	1.00

7.3 Total utrymningstid

För bestämning av den totala utrymningstiden har dataprogrammet Simulex använts. Varseblivnings- samt besluts och reaktionstid har varierat enligt resonemang i *kapitel 7.1* och *7.2*. Förflyttningstiden har däremot inte beräknats separat i denna rapport utan ingår endast i simuleringarna i Simulex.

8. Brandscenario 1 – brand i Joy

8.1 Lokalbeskrivning

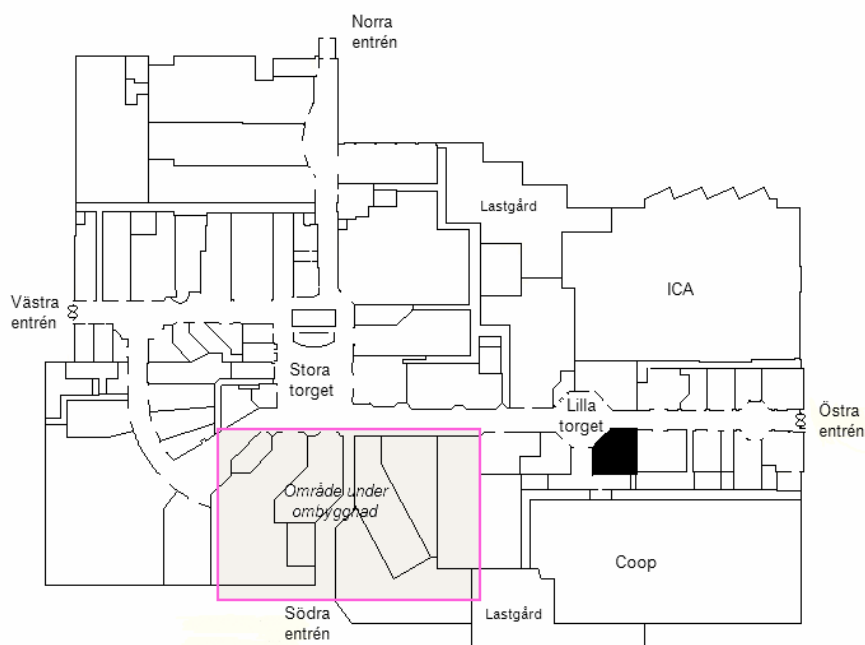
Joy är en mindre klädbutik med både dam- och herrmode. Joy har ett stort sortiment på en relativt liten yta vilket gör att kläderna i butiken måste hänga väldigt tätt. För kläderna finns klädställningar i stål samt både hyllor och bänkar gjorda i trä. Dessa är i många fall placerade på ett avstånd mindre än en halv meter från varandra. Butiken är även försedd med fyra provrum samt kassa.



Figur 8.1. Inne i Joy.

Joy är belägen längs Östra gången med en utgång till Lilla torget. Dessutom finns en nödutgång belägen bak i butiken. Denna utgång leder först till ett personalrum och sedan vidare ut i en brandteknisk skiljd utrymningsväg. Nödutgången är markerad med en genomlyst skylt. Beroende av tidpunkt och dag arbetar 1–4 personer samtidigt i butiken.

I butiken finns inte tillgång till någon övrig släckutrustning, såsom handbrandsläckare eller brandfilt.



Figur 8.2. Översiktsbild som visar Joys placering i centrumet.

8.2 Frågeställningar

- Vad kan tänkas vara en representativ brand för detta scenario?
- Hur lång tid tar det innan sprinklerna aktiverar?
- Vilka olika fall skulle kunna tänkas uppstå i Joy samt i butikens omgivning vid eventuell brand?
- När kommer kritiska förhållanden att uppstå i de olika fallen?
- När kommer detektorerna att aktivera?
- När kommer brandlarm samt utrymningslarm att aktivera?
- Vad blir konsekvenserna vid utrymning för detta scenario?

8.3 Den representativa branden

Det brännbara materialet på Joy består främst av kläder. Dessa är mycket tätt packade i butiken, vilket gör att butiken har både en hög brandbelastning samt förväntas ha en snabb brandtillväxt. Som representativ brand har därför brand i kläder valts. För effektkurvan som framtagits för detta scenario, för beräkningsgång se *bilaga D*, har ingen hänsyn tagits till förbrinntiden. Detta medför att tillväxtfasen i effektkurvan kommer starta vid tiden noll, vilket inte är fallet i verkligheten. Anledningen till att denna förenkling har gjorts är att förbrinntiden är mycket svår att uppskatta. Denna förenkling medför att tiden till kritiska förhållanden i samtliga beräknade fall är konservativ.

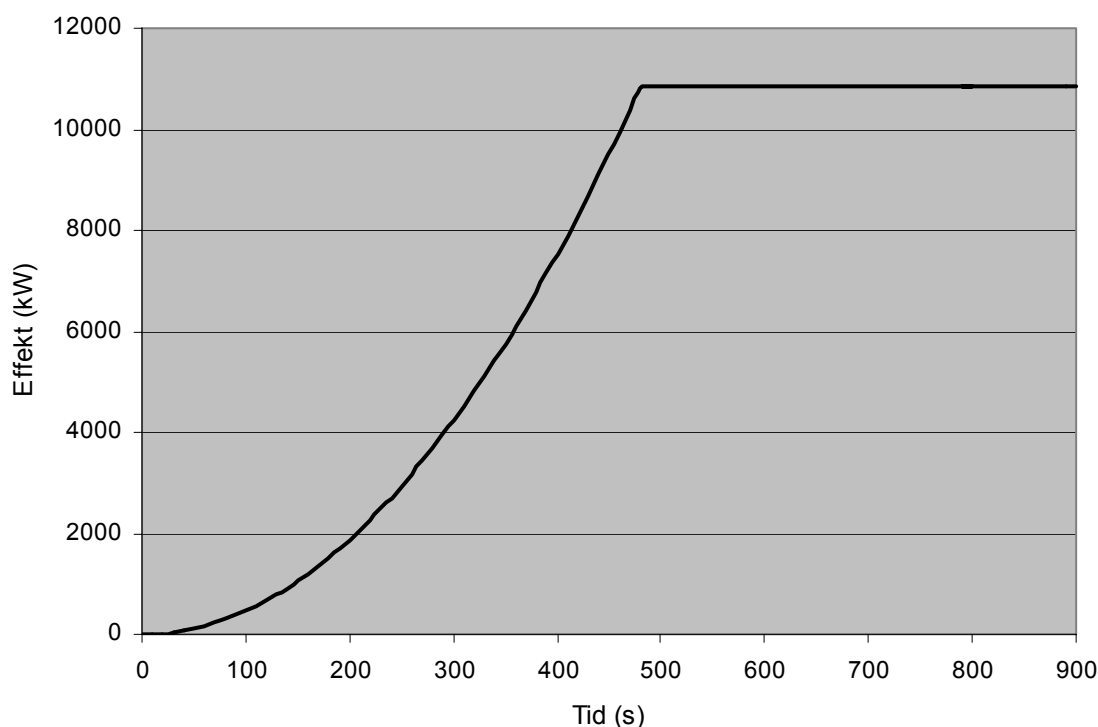


Diagram 8.1. Effektutveckling för Joybranden utan sprinkleraktivering.

Brandens effektutveckling är beroende av om sprinklerna på Joy aktiverar eller inte. Med hjälp av datorprogrammet Detact T2 har tiden till sprinkleraktivering, för en brand som följer ovanstående effektkurva, beräknats till 2,5 minuter.

Då brandens effektutveckling påverkas av sprinkleraktivering har en ny effektkurva tagits fram. Denna kurva bygger på att konstant effektutveckling erhålls då sprinklerna aktiverar.

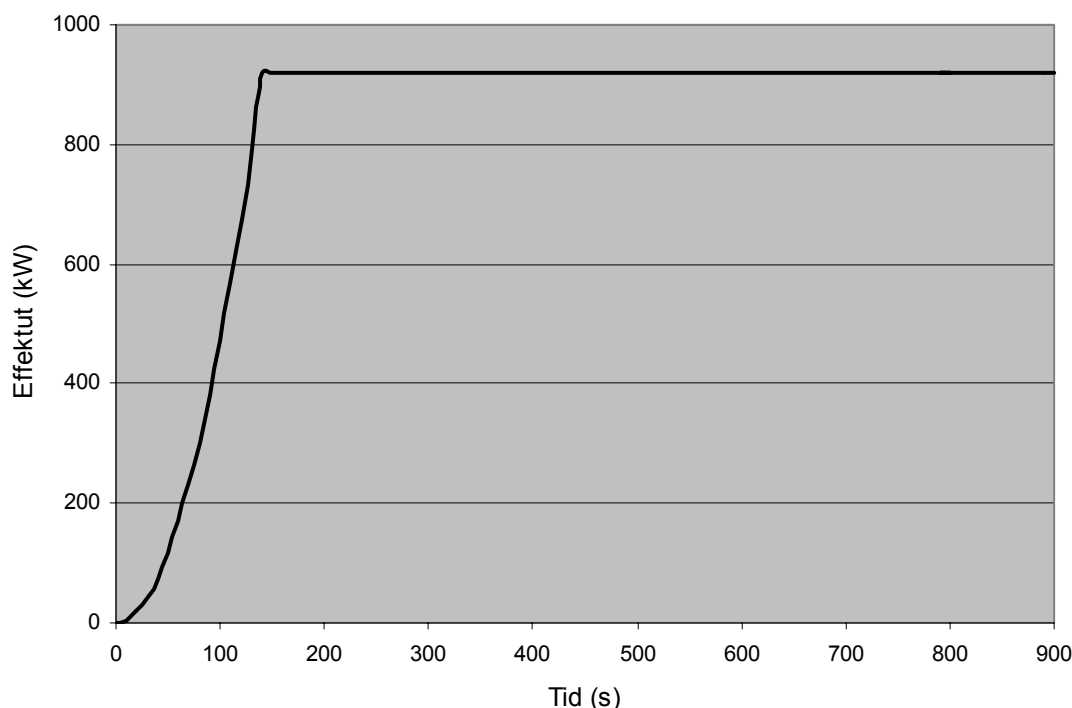


Diagram 8.2. Effektutvecklingskurva för Joy, då sprinklerna aktiverar.

En utförligare beskrivning av sprinklernas aktiveringstid för detta scenario redovisas i *bilaga H*.

8.4 Olika fall som kan uppstå vid en brand i Joy

Hur tidigt kritiska förhållanden uppstår vid en specifik brand är beroende av flera faktorer. Faktorer som har betydelse vid en brand i Joy är framförallt:

- brandgasspridningen
- brandgasernas beteende
- sprinkleraktiveringen
- brandgasventilationen.

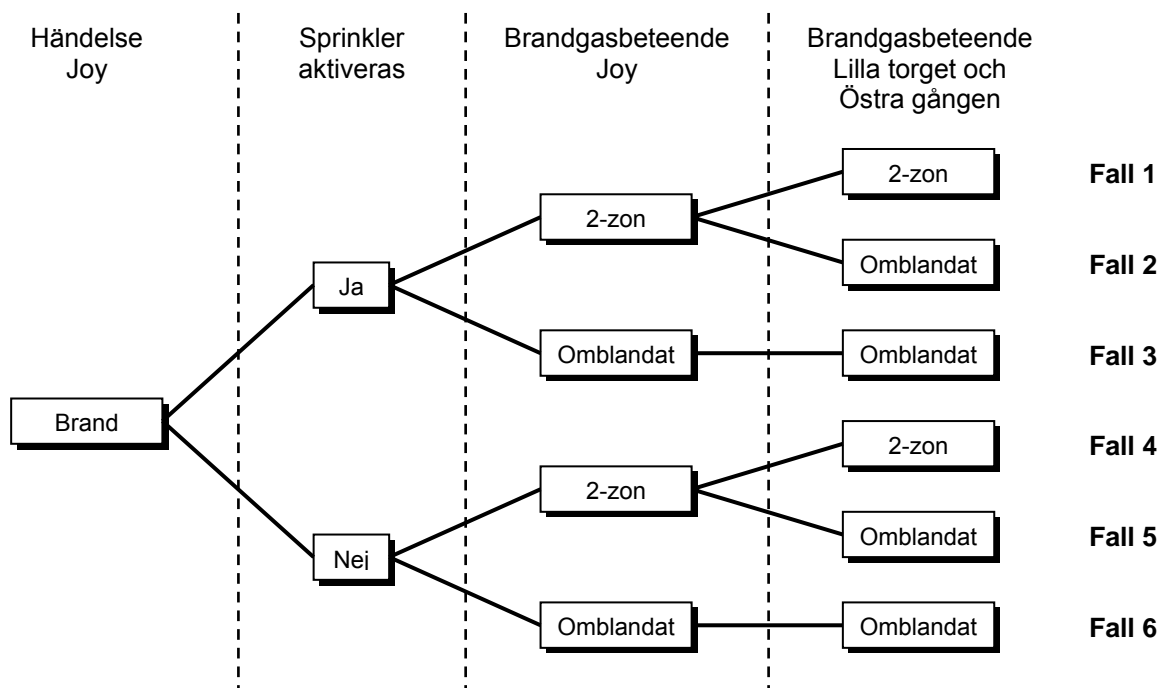
Brandgasspridningen kommer i första hand att ske från Joy till Lilla torget och därefter vidare från Lilla torget längs Östra gången. Hur brandgaserna fördelas i Joy samt på Lilla torget och i Östra gången kommer att påverka tiden till kritiska förhållanden. Brandgasernas beteende i utrymmena kan antingen beskrivas enligt tvåzon-modellen eller enligt det väl ombländade fallet.

Om sprinklerna aktiverar inne i Joy, kommer detta att påverka brandens effektutveckling och därigenom tiden tills kritiska förhållanden uppstår.

På Lilla torget finns två rökluckor i taket. Om rökluckorna är öppna under brandförloppet kommer brandgaser att ventileras ut genom dessa. Detta kommer att påverka brandgasspridningen och därigenom tiden till kritiska förhållanden uppnås. Brandgasventilationens inverkan i detta fall har visats ha marginell effekt enligt resultat från simuleringar i CFAST, se *bilaga M*. Dessa fall kommer därför inte att behandlas separat utan bara ingå i känslighetsanalysen för brand i Joy. Vid simuleringar av nedanstående fall kommer

rökluckorna på Lilla torget betraktas som stängda. Anledning att de valts att vara stängda istället för öppna under simuleringarna beror på att detta ger en mer konservativ tid till kritiska förhållanden.

I figur 8.3 presenteras de sex extremfall som rapporten behandlar, vilka kan tänkas uppstå i Joy samt på Lilla torget och i Östra gången.



Figur 8.3. Träd-diagram som beskriver antagna fall.

De sex fallen har inte samma sannolikhet för att inträffa. Beroende av källa varierar uppgifterna om hur ofta sprinkler aktiveras, mellan 95 % och 99 % av fallen. Praxis är dock att sprinkler aktiveras 95 % av fallen. Oavsett vilket värde som används kan det konstateras att fall 1–3 är betydligt mer sannolika än fall 4–6. Vidare kan diskuteras sannolikheten av brandgasernas skiktning.

I de fall då sprinklerna inte aktiveras, är det mycket osannolikt att det omblandade fallet råder i Joy. Detta beror av den höga effektutveckling som genereras av branden, vilket resulterar i höga temperaturer i brandgaserna. Fall 4 och 5 kan således bedömas betydligt mer sannolika än fall 6. Det är svårt att bedöma vilket fall som är mest sannolikt av fall 4 och 5. Detta för att det är mycket svårt att uppskatta hur mycket brandgaserna kyls då de transporteras från brandrummet.

I de fall då sprinklerna aktiveras är det mycket svårt att bedöma huruvida tvåzon-modellen eller det omblandade fallet är det mest sannolika. Anledningen till detta är att det på förhand är svårt att uppskatta hur mycket brandgaskylning samt turbulens en sprinkleraktivering skulle medföra.

Således är fall 1–3 de mest sannolika. En inbördes rangordning är svår att göra enligt ovanstående resonemang.

Då fall 6 bedömts vara mycket osannolikt har detta fall inte behandlats vidare i denna rapport.

8.5 Metod för beräkning av tid till kritiska förhållanden

Uppskattningar av den tid det tar innan kritiska förhållanden uppstår är beroende av vilket fall som råder. Beroende av brandgasernas beteende har två olika tillvägagångssätt använts för att uppskatta denna tid:

- simuleringar i CFAST inklusive analysering av utdata
- siktberäkningar.

I de fall då tvåzon-modellen tillämpas har CFAST använts för att kunna uppskatta tiden till kritiska förhållanden. Som resultat från CFAST fås parametrar som:

- brandgaslagrets höjd över golvet
- temperaturen i brandgaslagret
- temperaturen för det undre lagret
- strålningsintensiteten.

Dessa parametrar har analyserats för att kunna approximera en tid till kritiska förhållanden uppstår. En ingående beskrivning av modelleringen i CFAST för detta scenario redovisas i *bilaga J*.

Då CFAST bygger på att tvåzon-modellen råder har ett annat sätt för att uppskatta tiden till kritiska förhållanden för de väl omblandade fallen tillämpats. I dessa fall har istället siktberäkningar gjorts för att uppskatta denna tid.

8.6 Tid till kritiska förhållanden

Fall 1

När tvåzon-modellen tillämpas för både Joy samt på Lilla torget och i Östra gången har tiden till kritiska förhållanden approximerats genom att analysera resultat från CFAST, se *bilaga M*.

När sprinklerna aktiverar vid brand i Joy kommer kritiska förhållanden för utrymning aldrig att uppstå på Lilla torget. Däremot kommer kritiska förhållanden att uppstå i Joy. Detta kommer att ske efter knappt 2 minuter, till följd av att brandgaslagret sjunker under den kritiska nivån.

Fall 2

När tvåzon-modellen tillämpas för Joy, men det väl omblandade fallet tillämpas för Lilla torget samt Östra gången har CFAST resultat använts till att uppskatta tiden till kritiska förhållanden i Joy, se *bilaga M*, medan siktberäkningar legat till grund för uppskattningen av tid till kritiska förhållanden för Lilla torget samt Östra gången, se *bilaga Q*.

Kritiska förhållanden uppstår i Joy efter knappt 2 minuter. Det är vid denna tidpunkt brandgaslagret sjunker under den kritiska nivån. Tiden till kritiska förhållanden uppstår på Lilla torget samt i Östra gången uppskattas också till drygt 2 minuter, till följd av att sikten då understiger 10 m. Sprinklerna kommer inte att påverka tiden till kritiska förhållanden, eftersom de inte aktiverar förrän efter denna tid.

Fall 3

När det omblandade fallet tillämpas för Joy, Lilla torget och Östra gången, grundas uppskattningen av tiden tills kritiska förhållanden uppstår, på siktberäkningar, se *bilaga Q*.

Kritiska förhållanden uppstår i Joy, Lilla torget och i Östra gången vid samma tidpunkt. Detta då alla dessa volymer ses som en total volym där brandgaser antas fördelas jämnt från tiden då brandgaser börjar utvecklas. Ingen hänsyn tas till att kritiska förhållanden först borde uppstå i Joy, eftersom branden startar där. Kritiska förhållanden uppstår i detta fall efter drygt 2 minuter. Sprinklerna kommer inte att aktivera förrän

efter denna tidpunkt. Sannolikheten för brandgasernas skiktning i fall 3 bygger på att sprinklerna redan har aktiverat. Att det omblandade fallet råder både i Joy samt i Östra gången innan sprinklerna aktiverat, har bedömts mycket osannolikt. Detta gör att den beräknade tiden till kritiska förhållanden inte är representativ för detta fall.

Dock har siktberäkningarna visat att tillräckligt mycket brandgaser har bildats efter 2 minuter för att sikten i Joy och Östra gången ska vara otillräcklig om det omblandade fallet skulle ha rått. Detta innebär att då sprinklerna aktiverar, efter 2,5 minuter, finns tillräckligt med brandgaser i lokalen för att dålig sikt skulle kunna uppnås, om dessa omblandades. Det bedöms därför vara troligt att kritiska förhållanden uppstår i samband med sprinkleraktivering i detta fall.

Fall 4

När tvåzon-modellen tillämpas för Joy, Lilla torget och Östra gången har tiden till kritiska förhållanden uppskattas genom att analysera resultat från CFAST, se *bilaga M*.

Kritiska förhållanden kommer att uppstå på Joy efter knappt 2 minuter, till följd av att brandgaslagret höjd vid denna tidpunkt sjunker under den kritiska nivån. Detsamma gäller på Lilla torget, kritiska förhållanden uppnås först på grund av att brandgaslagret sjunker under den kritiska nivån.

Fall 5

När tvåzon-modellen tillämpas för Joy, men det väl omblandade fallet tillämpas för Lilla torget samt Östra gången har CFAST-resultat använts till att uppskatta tiden till kritiska förhållanden i Joy, se *bilaga M*, medan siktberäkningar legat till grund för uppskattningen av tid till kritiska förhållanden för Lilla torget samt Östra gången, se *bilaga Q*.

Kritiska förhållanden uppstår i Joy efter knappt 2 minuter. Det är vid denna tidpunkt brandgaslagret sjunker under den kritiska nivån. Kritiska förhållanden uppstår på Lilla torget samt i Östra gången efter drygt 2 minuter, då sikten understiger 10 m.

Det bör noteras att Fall 2 och Fall 5 ger samma resultat. Detta beror på att i Fall 2 aktiverar sprinklerna efter det att kritiska förhållanden uppstått och aktiveringen påverkar därmed inte resultatet.

Tabell 8.1. Beräknade tider till kritiska förhållanden vid brand i Joy.

Fall	Joy	Lilla torget (samt Östra gången i de omblandade fallen)
1	1,5 min	Uppstår ej
2	1,5 min	2,5 min
3	2,5 min	2,5 min
4	1,5 min	5,5 min
5	1,5 min	2,5 min

8.7 Aktivering av brand- och utrymningslarm

Om sprinkler eller detektorer aktiverar i Väsby Centrum aktiveras både brandlarm och utrymningslarm. Dessa larm kan också aktiveras manuellt.

Enligt resultat från Detact T2, kommer sprinklerna i Joy att aktivera först efter 2,5 minuter. Joy är inte försett med några detektorer. Närmaste detektor är placerad på Lilla torget. För att en detektor ska aktivera krävs därför en brandgasspridning till Lilla torget. Enligt CFAST-resultat kommer detta först att ske efter 1,5 minuter. Detektoraktiveringen kommer därigenom att ske strax efter detta. Att aktivera brand- och utrymningslarm manuellt förväntas ta längre tid än så. Detta till följd av att endast ett fåtal larmknappar finns utplacerade i centrumet, i kombination med att stor del av personalen inte förväntas vara medvetna om var

dessa är placerade. Detta innebär att brand- och utrymningslarm förväntas aktivera efter ungefär 1,5 minuter, till följd av detektoraktivering.

8.8 Tid till utrymning

Tiden det tar att utrymma Väsby Centrum vid brand i Joy är starkt beroende av om utrymningslarmet aktiveras och hörs eller inte. Beroende av detta, kommer varselblivnings- samt besluts- och reaktionstid bero av personernas placering i centrumet i förhållande till branden.

8.8.1 Utan tillfredställande utrymningslarm

Personer som befinner sig i Joy, på Lilla torget eller i butiker runt Lilla torget kommer inte att ha någon varselblivningstid, eftersom dessa förväntas se branden. Baserat på detta har besluts- och reaktionstiden satts till 1 minut för dessa personer, enligt *tabell 7.1*.

Varseblivningstiden, för personer som inte ser branden, är svår att uppskatta. Ju närmare branden en person befinner sig, desto kortare kommer varselblivningstiden att vara.

Personer som befinner sig någonstans längs Östra gången och i närliggande butiker, kommer att reagera på att människor rör sig i gången. Dessutom kommer de efter hand att upptäcka brandgasspridningen. Varseblivningstiden för dessa personer har därför uppskattats till 3 minuter. För dessa personer har besluts- och reaktionstiden uppskattats till 1 minut, baserat på att personerna förväntas se både brandgaser samt folk som utrymmer i samband med att de blir varse, enligt *tabell 7.1*.

Personer som befinner sig på Stora torget, har också uppskattats ha en varselblivningstid på 3 minuter. Denna tid baseras på tiden det tar för personer som utrymmer från Östra gången att passera Stora torget.

För övriga personer som uppehåller sig i centrumet, kommer varselblivningstiden att vara något längre, än för personer som befinner sig på Stora torget. Denna tid har uppskattats till 4 minuter.

Personer som befinner sig på Stora torget eller i övriga delar av centrumet förväntas inte se några brandsignaturer då de blir varse. Baserat på detta har besluts- och reaktionstiden för dessa personer satts till 4 minuter, enligt *tabell 7.1*.

8.8.2 Med tillfredställande utrymningslarm

Personer som befinner sig i Joy, på Lilla torget eller i butiker runt Lilla torget kommer precis som i det fall då utrymningslarmet inte aktiveras inte att ha någon varselblivningstid, eftersom dessa förväntas se branden. Baserat på detta har besluts- och reaktionstiden satts till 1 minut för dessa personer, enligt *tabell 7.1*.

Övriga personer som uppehåller sig i Väsby Centrum blir varse om branden senast då utrymningslarmet aktiveras. Detta kommer enligt resonemang i *kapitel 8.7* ske efter 1,5 minut. Detta innebär därför att dessa personer får en varselblivningstid på 1,5 minut. Personer som befinner sig i Östra gången förväntas se både brandgaser samt folk som utrymmer i samband med att utrymningslarmet aktiveras. Besluts- och reaktionstiden har därför satts till 1 min för dessa personer, enligt *tabell 7.1*.

Personer som befinner sig i övriga delar av centrumet förväntas inte se branden, men enligt *tabell 7.1* är besluts- och reaktionstiden endast 2 minuter då utrymningslarmet hörs.

8.8.3 Erhållna utrymningstider vid simulering

Tid för utrymning av Väsby Centrum, vid brand i Joy, har beräknats med hjälp av Simulex för två fall. I det första fallet aktiverar utrymningslarmet och det hörs i alla delar av centrumet. Det andra fallet bygger på att utrymningslarmet inte aktiverar eller att det aktiverar men inte hörs. Både tiden det tar att utrymma Östra gången och verksamheterna längs denna samt tiden det tar att utrymma hela centrumet har beräknats för dessa två fall. För ingående beskrivning av modellering i Simulex se *bilaga J*.

Tabell 8.2. Sammanställning av utrymningstider.

Förutsättningar	Östra gången	Hela centrumet
Med fungerande utrymningslarm	4 min	7,5 min
Utan fungerande utrymningslarm	6 min	11,5 min

8.9 Utvärdering av brandscenario 1

I *tabell 8.3* följer en jämförelse av tiden till kritiska förhållanden och utrymningstiden för detta scenario. Då tid till kritiska förhållanden, i vissa av fallen, endast är beräknad för Joy och Lilla Torget har värdet för Lilla torget använts för hela Östra gången. Det måste därför poängteras att tiden till kritiska förhållanden i dessa fall är väldigt konservativa. Värdena i *tabell 8.3* förutsätter att rökluckorna på Lilla torget fallerar.

Tabell 8.3. Sammanställning av tider till kritiska förhållanden och utrymningstider.

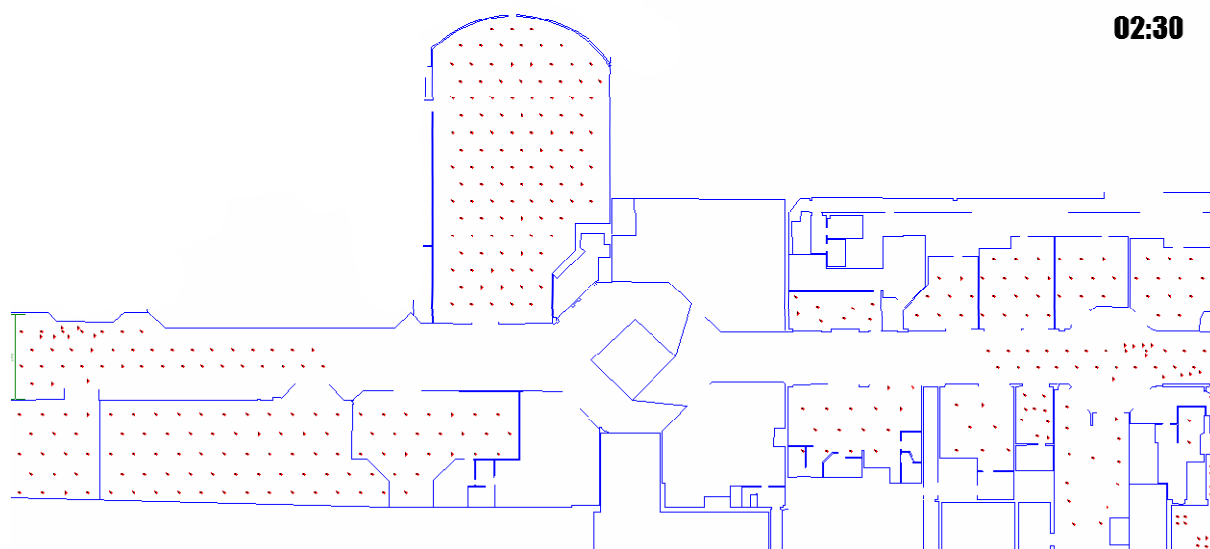
Plats	Tid till kritiska förhållanden i Lilla torget och i Östra gången (min)					Utrymningstid (min)	
	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	Fall 5	Med fungerande utrymningslarm	Utan fungerande utrymningslarm
Östra gången	Uppst ej	2,5	2,5	5,5	2,5	4	6

Då utrymning av Joy förväntas kunna ske innan kritiska förhållanden uppstår, är det av större intresse när det inte längre är möjligt att utrymma från eller via Lilla torget och Östra gången. I första hand ställer detta till med problem för personer som befinner sig i butikerna vars entréer leder ut i Östra gången. Dessa kan ha svårt att uppmärksamma vad som händer innan de berövas den naturliga vägen ut ur centrumet. Nödutgångar kan naturligtvis användas men då dessa i vissa fall är dåligt skyltade eller blockerade kan de inte anses tillförlitliga. Dessutom saknar vissa butiker utrymningsvägar helt. Detta ställer till problem då kritiska förhållanden kommer uppstå väldigt snabbt i Östra gången.

Sekundärt försvåras utrymningen av centrumets mer centrala delar då Östra gången blockeras, vilket resulterar i att belastningen ökar på de andra centrungångarna. Detta innebär dock inga större risker för personsäkerheten för dem som befinner sig i dessa delar.

Då fall 1–3 uppskattats vara de troligaste fallen, indikerar detta brandscenario att risken finns att kritiska förhållanden uppstår innan utrymning är avslutad. Dock måste poängteras att både fall 2 och 3 bygger på siktberäkningar. Beräkningar på sikten ger mycket konservativa värden på tiden till kritiska förhållanden och genererar även resultat med stor osäkerhet. Dessutom inkluderas inte förbrinntiden i dessa beräkningar.

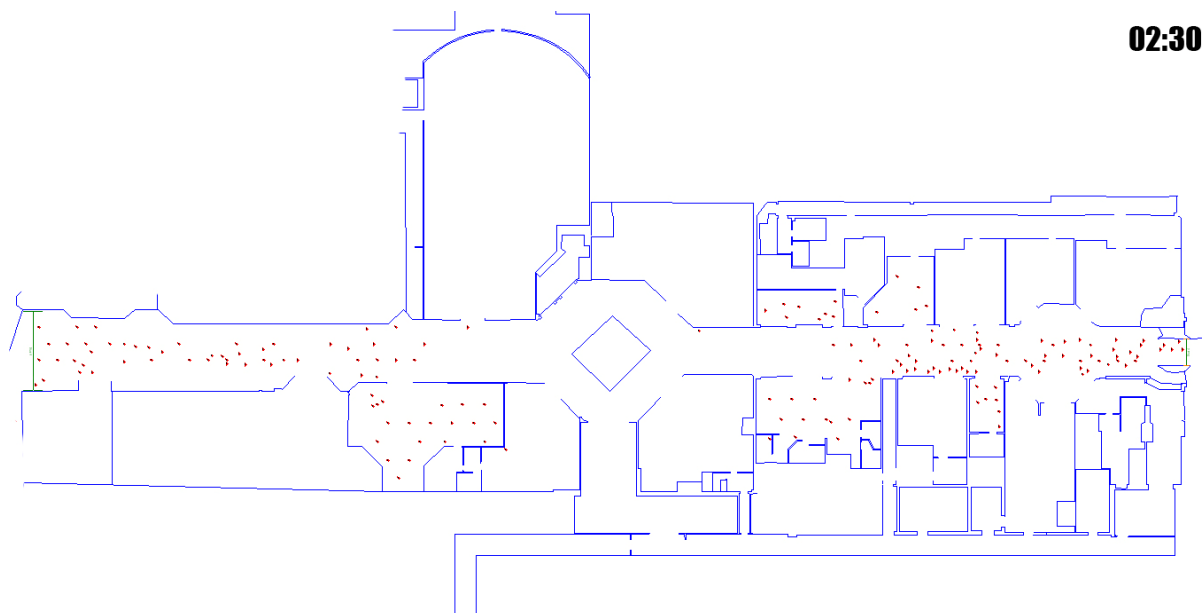
I fall 1 kommer aldrig kritiska förhållanden att uppstå. Däremot kommer detta att inträffa i fall 2 och 3. I båda fallen kommer detta att ske efter 2,5 minuter. I *figur 8.4* kan ses hur utrymningssituationen är vid tiden 2,5 minuter. Förutsättningarna är att de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna inte används och att brandskyddet ser ut som det gör idag. Med detta menas att detektorer saknas i många verksamheter, däribland Joy.



Figur 8.4. Simulexbilden visar utrymningssituationen efter 2,5 minuter enligt brandskyddets utformning idag. Inga brandtekniskt skilda utrymningsvägar används.

Slutsatsen kan dras att om inga nödutgångar bak i butikerna används, kommer inte utrymningen att kunna ske tillfredställande för personer som befinner sig inne i butikerna längs Östra gången.

För att vidare kunna utvärdera detta scenario tillåts personer som befinner sig i butiker som har befintliga nödutgångar att använda dem.



Figur 8.5. Simulexbilden visar utrymningssituationen efter 2,5 minuter enligt brandskyddets utformning idag. Befintliga nödutgångar används.

I figur 8.5 ses utrymningssituationen efter 2,5 minuter då de befintliga nödutgångarna används. I övrigt är brandskyddet utformat som det är idag. Figuren visar att personer som befinner sig i butiker som inte har någon nödutgång bak, inte har hunnit utrymma vid tiden 2,5 minuter då kritiska förhållanden uppstår. Detta innebär att även om tiden tills kritiska förhållanden är konservativ kan personernas säkerhet inte garanteras.

Problemet är de personerna som befinner sig i butiker som inte har nödutgång bak och inte ser branden. Dessa kommer inte att höra larmet förrän efter drygt 1,5 minuter. Vidare har de en besluts- och reaktionstid som måste inkluderas. Detta innebär, teoretiskt, att dessa personer inte skulle börja utrymma förrän kritiska förhållanden uppstår i Östra gången efter 2,5 minuter.

Lösningen på detta problem kan vara att förkorta dessa personers varseblivningstid. Detta skulle kunna göras genom att placera detektorer i varje verksamhet. Om en brand detekteras tidigare kommer alltså varseblivningstiden för personer som inte ser branden att förkortas avsevärt. Därmed finns möjligheten, för personer som befinner sig i butiker där branden inte ses och som dessutom saknar nödutgångar bak, att hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår. Detta kommer att utredas vidare i *kapitel 14*.

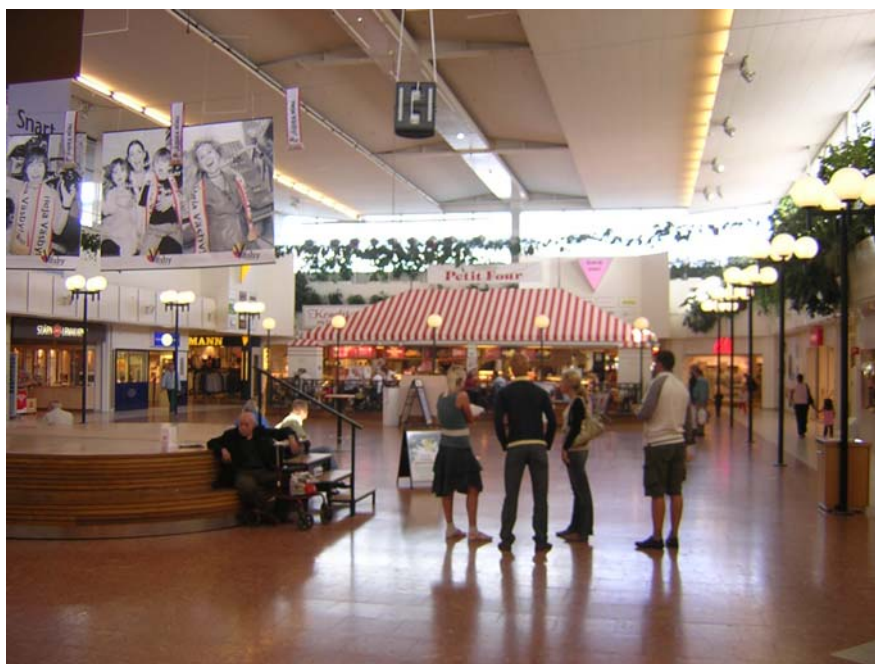
9. Brandscenario 2 – brand på Stora torget

9.1 Lokalbeskrivning

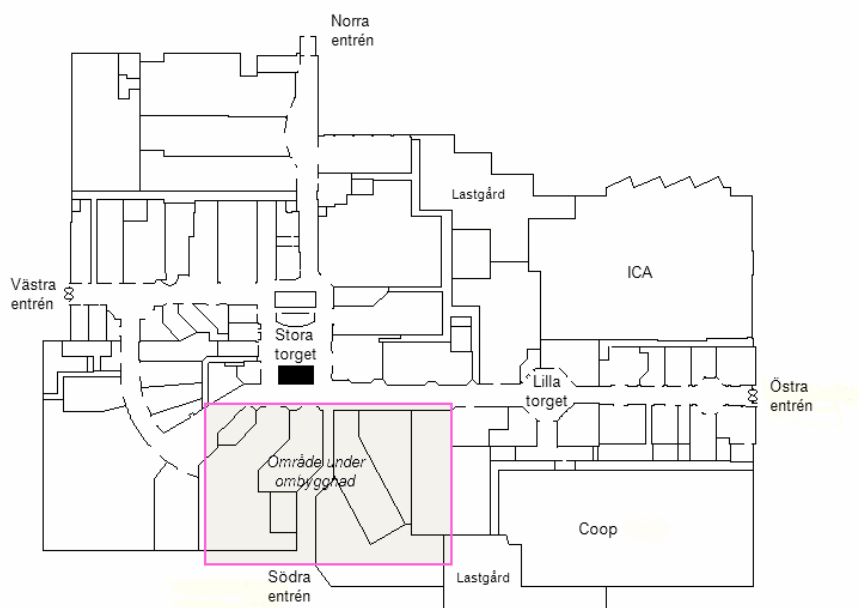
Stora torget är ett stort och nästan rektangulärt rum med måtten $40 \times 22 \times 9,5$ m ($l \times b \times h$). Det är beläget mitt i Väsby Centrum. Från Stora torget går det fem gångar, varav två går samman nära en av huvudentréerna. Dessa gångar är de primära vägarna ut från centrumet men det går också att utrymma via de butiker som har nödutgångar.

På Stora torget finns det en scen och en servering. Under normala förutsättningar är dessa de enda objekten som på något sätt kan försvåra utrymning, vid eventuell brand. Det arrangeras däremot en del evenemang på Stora torget, vilket kan bidra med både ytterligare brännbara material och objekt, som kan försvåra utrymning. I anslutning till Stora torget ligger det åtta butiker, ett bageri och en restaurang.

Stora torget är den enda kundbesökta delen av Väsby Centrum som inte är sprinklat. Däremot är Stora torget försett med åtta rökluckor. Dessa är placerade vertikalt på den östra och västra väggen, totalt fyra på varje vägg. Rökluckorna öppnas automatiskt, direkt då ett brandlarm utlöser. Stora torget är också försett med ett antal detektorer i taket.



Figur 9.1. Överblick över Stora Torget, med scenen till vänster i bild.



Figur 9.2. Översiktbild som visar scenens placering i centrumet.

9.2 Frågeställningar

- Vad kan tänkas vara en representativ brand för detta scenario?
- Vilka olika fall skulle kunna tänkas uppstå på Stora torget samt i delar av byggnaden som ligger i anknypning till torget, vid eventuell brand?
- När kommer kritiska förhållanden att uppstå i de olika fallen?
- När kommer detektorerna att aktivera?
- När kommer brandlarm samt utrymningslarm att aktivera?
- Vad blir konsekvenserna vid utrymning för detta scenario?

9.3 Representativ brand

Att Stora torget valts till plats för brandscenario 2, grundas på att evenemang äger rum på torget när branden inträffar. Ett evenemang på torget innebär att det skulle kunna finnas alla tänkbara brännbara material där. Vid evenemang är det inte ovanligt att någon form av tält finns placerat på Stora torget av olika anledningar. En brand i ett tält har därför valts att representera brand på Stora torget i detta scenario.

För effektkurvan som framtagits för detta scenario, för beräkningsgång se *bilaga E*, har ingen hänsyn tagits till förbrinntiden. Detta medför att tillväxtfasen i effektkurvan kommer starta vid tiden noll, vilket inte är fallet i verkligheten. Anledningen till att denna förenkling har gjorts är att förbrinntiden är mycket svår att uppskatta. Denna förenkling medför att tiden till kritiska förhållanden i samtliga beräknade fall är konservativ.

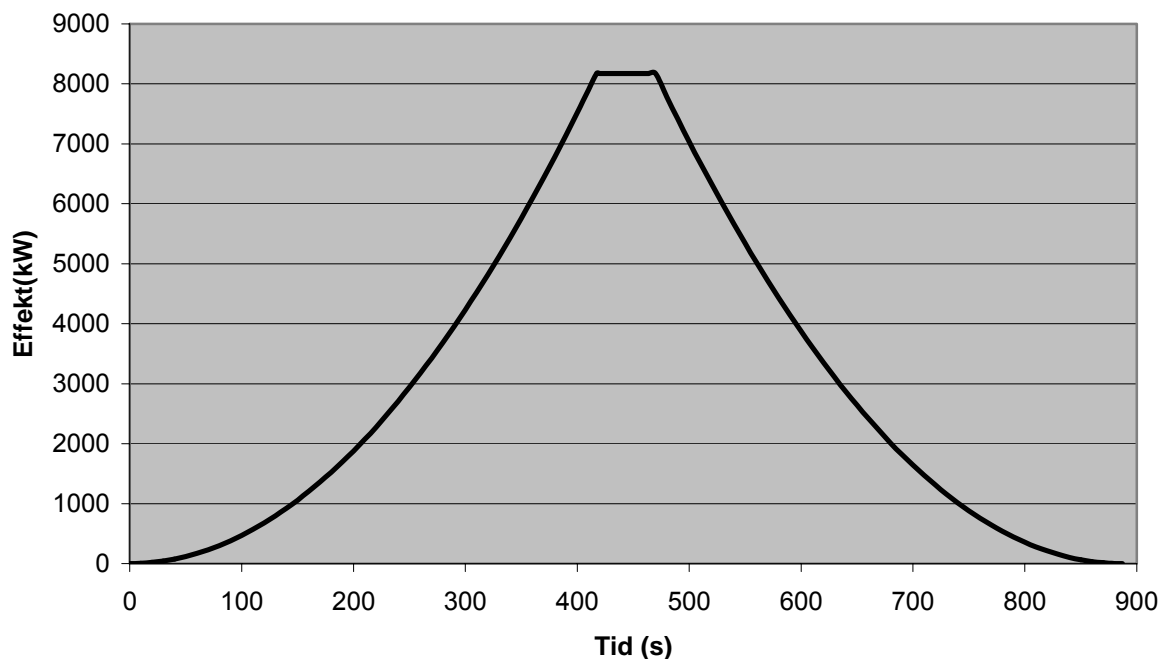


Diagram 9.3. Effektutvecklingskurva för brand på Stora torget.

Eftersom Stora torget inte är försett med sprinkler har ingen effektkurva med sprinkleraktivering framtagits för detta scenario.

9.4 De olika fallen som kan uppstå vid brand på Stora torget

Hur tidigt kritiska förhållanden uppstår vid en specifik brand är beroende av flera faktorer. Faktorer som har betydelse vid en brand på Stora torget är framförallt:

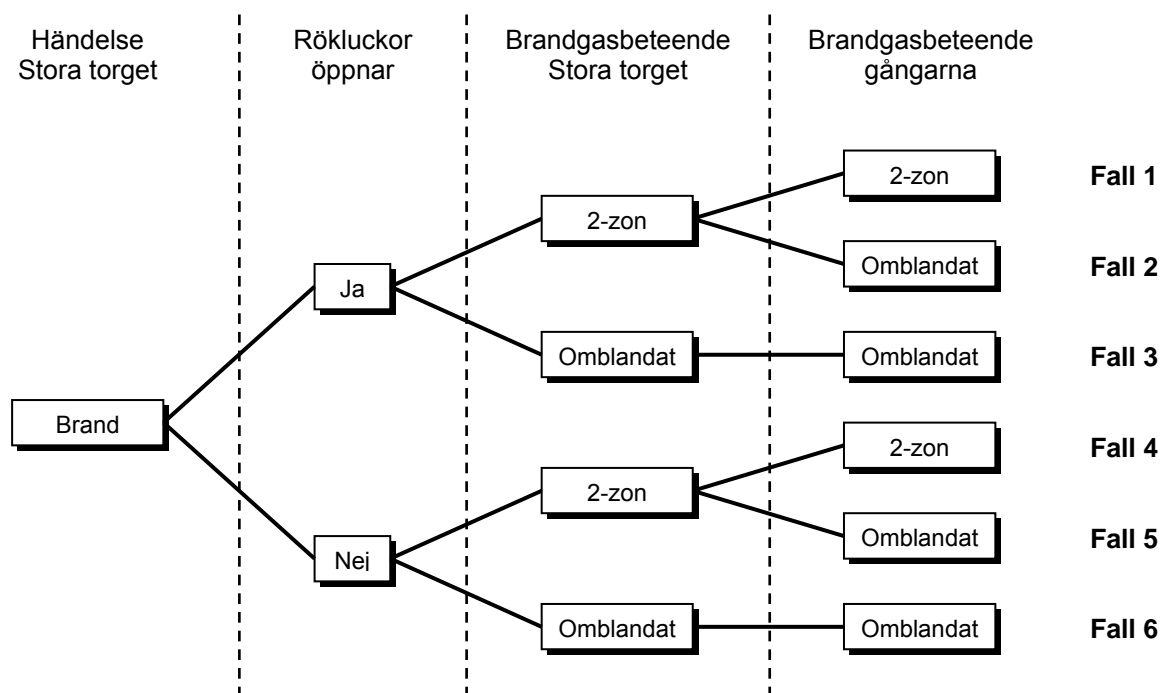
- brandgasspridningen
- brandgasernas beteende
- brandgasventilationen.

Brandgasspridningen kommer i första hand ske från Stora torget till de fem centrungångarna samt butikerna belägna runt torget. Brandgasspridningen till de butikerna som är belägna runt Stora torget kommer försummas i simuleringar och beräkningar. Anledningen till detta är att simuleringsprogrammen har begränsningar samt att det försvårar beräkningarna av sikten avsevärt.

Hur brandgaserna fördelas på Stora torget samt i centrungångarna kommer att påverka tiden till kritiska förhållanden. Brandgasernas beteende i utrymna kan antingen beskrivas enligt tvåzon-modellen eller enligt det väl ombländade fallet.

Rökluckorna på Stora torget ska, som tidigare nämnts, öppna automatiskt då brandlarmet aktiverar. Om dessa rökluckor öppnar eller ej kommer att påverka tiden till kritiska förhållanden.

I figur 9.3 presenteras de sex extremfall som rapporten behandlar, vilka kan tänkas uppstå på Stora torget samt i centrungångarna.



Figur 9.3. Träddiagram för tänkta fall vid brand på Stora torget.

De sex fallen har inte samma sannolikhet för att inträffa. För den typ av rökluckor som objektet är försett med uppskattas sannolikheten att dessa öppnar vara 80–90 %¹, varför fall 1–3 initialt bedömts vara betydligt mer sannolika än fall 4–6. Vidare kan sannolikheten av brandgasernas skiktning diskuteras.

Eftersom branden genererar en hög effektutveckling, vilket resulterar i höga temperaturer i brandgaserna, uppskattas tvåzon-modellen vara den mest sannolika på Stora torget. Sannolikheten uppskattas vara mycket liten för det omblandade fallet. Detta resonemang gäller oavsett om rökluckorna öppnar eller inte.

Vidare är det mycket svårt att på förhand bedöma hur brandgaserna kommer att bete sig i centrungångarna. Detta för att det är mycket svårt att uppskatta hur mycket brandgaserna kyls då de transporteras från brandrummet.

Således uppskattas fall 1 och 2 vara de mest sannolika för detta scenario. Vidare bedöms fall 4 och 5 vara ungefär lika sannolika, medan sannolikheten för fall 3 och 6 är uppskattas vara mycket liten. Trots detta resonemang har även fall 3 och 6 studerats vidare.

¹ Frantzich, Håkan, 2006

9.5 Metod för beräkning av tid till kritiska förhållanden

Uppskattningar av den tid det tar innan kritiska förhållanden uppstår är beroende av vilket fall som råder. Beroende av brandgasernas beteende har två olika tillvägagångssätt använts för att uppskatta denna tid:

- simuleringar i CFAST inklusive analysering av utdata
- siktberäkningar.

I de fall då tvåzon-modellen tillämpas har CFAST använts för att kunna uppskatta tiden till kritiska förhållanden. Som resultat från CFAST fås parametrar som:

- brandgaslagrets höjd över golvet
- temperaturen i brandgaslagret
- temperaturen för det undre lagret
- strålningsintensiteten.

Dessa parametrar har analyserats för att kunna uppskatta en tid till kritiska förhållanden. Ingående beskrivning av modellering i CFAST redovisas i *bilaga K*.

Då CFAST bygger på att tvåzon-modellen råder har ett annat sätt för att uppskatta tiden till kritiska förhållanden för de väl omblandade fallen tillämpats. I dessa fall har istället siktberäkningar gjorts för att uppskatta denna tid.

9.6 Tid till kritiska förhållanden

Fall 1

När tvåzon-modellen tillämpas för Stora torget och centrumgångarna har tiden till kritiska förhållanden approximeras genom att analysera resultat från CFAST, se *bilaga N*.

När rökluckorna öppnar på Stora torget kommer kritiska förhållanden för utrymning aldrig att uppstå, vare sig på Stora torget eller i centrumgångarna. Brandgaserna kommer aldrig ens att nå en så låg höjd att de kan spridas till centrumgångarna.

Fall 2

När rökluckorna öppnar på Stora torget samtidigt som tvåzon-modellen tillämpas där kommer inte brandgaserna att spridas till centrumgångarna. CFAST-resultat har i detta fall dock använts för att approximeras tiden till kritiska förhållanden på Stora torget, se *bilaga N*.

Kritiska förhållanden kommer aldrig att uppstå vare sig på Stora torget eller i centrumgångarna i detta fall.

Fall 3

När det omblandade fallet tillämpas för både Stora torget och centrumgångarna grundas approximeringarna av tiden tills kritiska förhållanden uppstår på siktberäkningar, se *bilaga R*.

Tiden till kritiska förhållanden uppstår på Stora torget när rökluckorna öppnar har approximerats till 2,5 minuter. Motsvarande tid för centrumgångarna är 3 minuter.

Fall 4

När tvåzon-modellen tillämpas för Stora torget och centrumgångarna har tiden till kritiska förhållanden approximeras genom att analysera resultat från CFAST, se *bilaga N*.

När rökluckorna inte öppnar vid brand på Stora torget kommer kritiska förhållanden uppstå på torget efter knappt 6 minuter. Brandgaslagret kommer vid denna tidpunkt att nå under den kritiska nivån, samtidigt som dess temperatur är 90°C. Tid till kritiska förhållanden i centrumgångarna kommer även att uppstå till följd av att brandgaserna når sin kritiska nivå. Detta sker efter 7,5 minuter och brandgaserna har då en temperatur på mellan 100°C och 120°C beroende av centrumgång.

Fall 5

När tvåzon-modellen tillämpas för Stora torget, men det väl omblandade fallet tillämpas i centrumgångarna har CFAST resultat använts till att approximera tiden till kritiska förhållanden på Stora torget, se *bilaga N*, medan siktberäkningar legat till grund för uppskattningen av tid till kritiska förhållanden i centrumgångarna, se *bilaga R*.

Kritiska förhållanden kommer att uppstå på Stora torget efter knappt 6 minuter när rökluckorna inte öppnar. Det är vid denna tidpunkt som den första parametern för kritisk utrymning uppfylls, brandgaser med en temperatur på 90°C når under den kritiska nivån. Tiden till kritiska förhållanden uppstår i centrumgångarna är drygt 5 minuter.

Fall 6

När det omblandade fallet tillämpas för både Stora torget och centrumgångarna grundas approximationerna av tiden tills kritiska förhållanden uppstår på siktberäkningar, se *bilaga R*.

Tiden till kritiska förhållanden uppstår på Stora torget när rökluckorna inte öppnas har approximerats till ungefär 2,5 minuter och motsvarande tid för centrumgångarna är knappt 3 minuter.

Tabell 9.1. Beräknade tider till kritiska förhållanden.

Fall	Stora torget	Centrumgångarna
1	Uppstår ej	Uppstår ej
2	Uppstår ej	Uppstår ej
3	2,5 min	3 min
4	6 min	7,5 min
5	6 min	5 min
6	2,5 min	3 min

Det är dock viktigt att klargöra att de tider som är presenterade för centrumgångarna i tabellen ovan är tiderna det tar att uppnå kritiska förhållanden i de delar av centrumgångarna som är belägna närmast Stora torget. Tiden det tar tills kritiska förhållanden uppstår vid huvudentréerna kommer därigenom att bli något längre.

9.7 Aktivering av brand- och utrymningslarm

Om sprinkler eller detektorer aktiveras i Väsby Centrum aktiveras både brandlarm och utrymningslarm. Dessa larm kan också aktiveras manuellt.

Stora torget är inte försett med sprinkler. Detta gör att varma brandgaser först måste spridas till centrumgångarna för att några sprinkler ska kunna aktivera. I resultatet ovan visas att detta inte ens kommer att inträffa i de flesta fall. Stora torget är däremot försett med rökdetektorer. För att dessa ska aktivera krävs endast att brandgaserna transporteras upp till taket. Detta gör att detektorerna i många fall kan förväntas aktivera inom 1 minut. Att aktivera brand- och utrymningslarm manuellt förväntas ta längre tid än så, vilket innebär att larmen i detta fall kommer att aktiveras av detektorerna på Stora torget efter cirka 1 minut.

9.8 Tid till utrymning

Tiden det tar att utrymma Väsby Centrum vid brand på Stora torget är starkt beroende av om utrymningslarmet aktiveras och hörs eller inte. Beroende av detta, kommer varselblivnings - samt besluts- och reaktionstid bero av personernas placering i centrumet i förhållande till branden.

9.8.1 Utan tillfredställande utrymningslarm

Personer som befinner sig på Stora torget och i de mindre butikerna runt torget kommer i princip inte ha någon varselblivningstid, eftersom dessa personer förväntas se branden. Baserat på detta har besluts- och reaktionstiden för dessa personer satts till 1 minut, enligt *tabell 7.1*.

Personer som befinner sig i övriga delar av centrumet kommer i detta fall att bli varse när folk börjar strömma från Stora torget och ut i centrumgångarna. Den varselblivningstid som använts för dessa personer har uppskattats till den tid det tar för personer på Stora torget att bli varse, reagera samt börja utrymma. Denna tid har bestämts, med hjälp av utrymningssimuleringar, till 2,5 minuter. Baserat på att dessa personer inte förväntas se några brandsignaturer i samband med att de blir varse, har besluts- och reaktionstiden för dessa satts till 4 minuter, enligt *tabell 7.1*.

9.8.2 Med tillfredställande utrymningslarm

Personer som befinner sig på Stora torget och i de mindre butikerna runt torget förväntas se branden och kommer, precis som i fallet då utrymningslarmet inte aktiveras, i princip inte ha någon varselblivningstid. Baserat på detta har besluts- och reaktionstiden för dessa personer satts till 1 minut, enligt *tabell 7.1*.

Enligt resonemang i *kapitel 9.7* förväntas utrymningslarmet aktivera efter 1 minut. Därmed kommer personer som befinner sig i andra delar av centrumet än på Stora torget eller i närbelägna butiker att bli varse om branden senast då utrymningslarmet aktiveras. Varselblivningstiden för dessa har därigenom satts till 1 minut. Baserat på att dessa personer förväntas höra utrymningslarmet men inte ser branden har besluts- och reaktionstiden satts till 2 minuter, enligt *tabell 7.1*.

9.8.3 Erhållna utrymningstider vid simulering

Tid för utrymning av Väsby Centrum, vid brand på Stora torget, har med hjälp av Simulex bestämts för både fall då utrymningslarmet aktiveras och hörs i alla delar av centrumet samt när utrymningslarmet inte aktiveras eller då det aktiveras men inte hörs. För ingående beskrivning av modellering i Simulex se *bilaga K*.

För vissa av fallen kommer kritiska förhållanden uppnås både på Stora torget och något senare även i centrumgångarna. En brand på Stora torget kommer därigenom i vissa fall att påverka samtliga delar av Väsby Centrum. Tider för både utrymning av Stora torget, utrymning av verksamheterna som är beroende av passage över torget samt utrymning av hela centrumet redovisas därför nedan, för de båda fallen.

Tabell 9.2. Sammanställning av utrymningstider vid brand på Stora torget.

Förutsättningar	Stora torget	Passage av Stora torget	Hela centrumet
Med fungerande larm	2,5 min	3,5 min	8,5 min
Utan fungerande larm	2,5 min	5 min	11 min

9.9 Utvärdering av brandscenario 2

I tabell 9.3 följer en jämförelse av tiden till kritiska förhållanden och utrymningstiderna för detta brandscenario.

Tabell 9.3. Sammanställning av tid till kritiska förhållanden och utrymningstider.

Plats	Tid till kritiska förhållanden (min)						Utrymningstid (min)	
	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	Fall 5	Fall 6	Med fungerande utrymningslarm	Utan fungerande utrymningslarm
Stora torget	Uppst ej	Uppst ej	(2,5)	6	6	(2,5)	3,5	5
Centrumgångarna	Uppst ej	Uppst ej	(2,5)	7,5	5	(2,5)	8,5	11

Då fall 3 och fall 6 bedömts vara mycket osannolika, samt bygger på mycket konservativa antaganden och beräkningar, har dessa ansetts vara olämpliga att använda vid dimensionering av personsäkerheten. För att ändå få en uppfattning om vad dessa osannolika extremfall skulle få för konsekvens är dessa presenterade i tabell 9.3.

Det har visats vara avgörande för personsäkerheten om rökluckorna på torget öppnar eller inte. Då rökluckorna öppnar kommer kritiska förhållanden aldrig att uppstå vare sig på Stora torget eller i centrumgångarna, enligt de dimensionerande fallen. Om rökluckorna däremot inte öppnar kommer kritiska förhållanden att uppstå i centrumgångarna innan utrymning av centrumet förväntas vara avslutad.

Vid besöket på objektet observerades att vissa av rökluckorna på torget var delvis täckta av gardiner. Detta borde åtgärdas då rökluckornas funktion visats vara av stor vikt. Förutsatt att rökluckorna på Stora torget fungerar tillfredställande kan detta scenario anses säkert ur personsäkerhet.

10. Brandscenario 3 – brand i Centrumgrillen

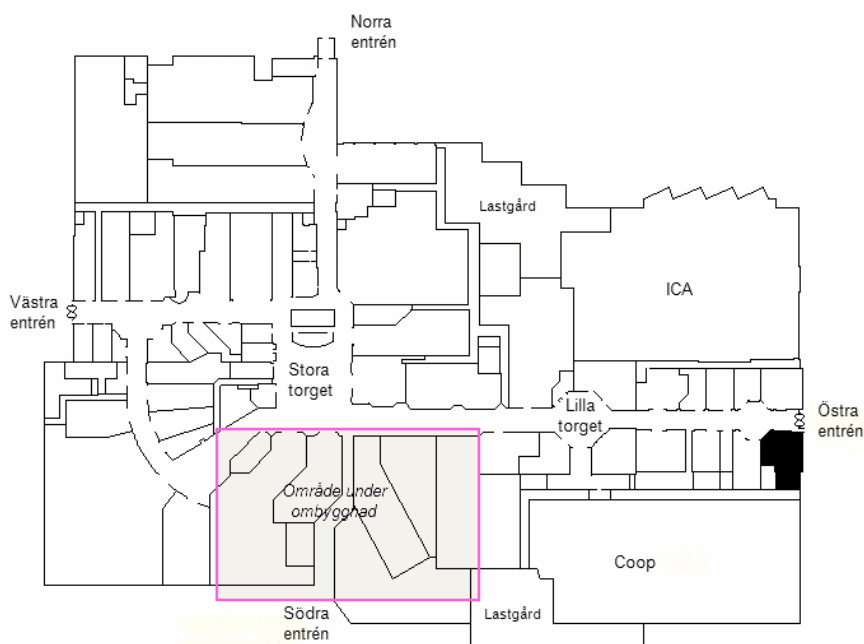
10.1 Lokalbeskrivning

Centrumgrillen är en snabbmatsrestaurang som serverar pizza, hamburgare, sallader och dylikt. Restaurangen består av servering med bord och stolar och en köksdel. Köket är utrustat med bl.a. stekbord, fritös och pizzaugn. Under grillens öppettider är här restaurangen två till fyra arbetande åt gången.

Centrumgrillen är belägen vid entrén i Östra gången och har tre utgångar, en till Östra gången, en direkt ut i det fria och en till en brandtekniskt klassad utrymningsväg. Framkomligheten är god för utrymning via både utgången direkt ut i det fria samt för utgången till Östra gången. Den tredje utrymningsvägen är dock halvt blockerad av bord och av stolar. Alla utgångar saknar markering. Centrumgrillen har en area av 167 m². Den är utrustad med både sprinkler och handbrandsläckare.



Figur 10.1. Inne i Centrumgrillen.



Figur 10.2. Översiktsskissen visar Centrumgrillens placering i centrumet.

10.2 Frågeställningar

- Vad kan tänkas vara en representativ brand för detta scenario?
- Vilka olika fall skulle kunna tänkas uppstå i Centrumgrillen samt i Östra gången vid eventuell brand?
- När kommer kritiska förhållanden att uppstå för de olika fallen?
- När kommer detektorerna att aktivera?
- När kommer brandlarm samt utrymningslarm att aktivera?
- Vad blir konsekvenserna vid utrymning för detta scenario?

10.3 Representativ brand

Centrumgrillen har valts till lokal för detta scenario då denna lokal uppskattas vara den troligaste lokalen att brand uppstår i, om eventuell brand uppstår i Väsby Centrum. Den representativa branden för detta scenario är därför en brand som anses vara den mest troliga. Som representativ brand för detta scenario har därför brand i Centrumgrillens fritös valts. På en hylla över fritösen finns pizzakartonger staplade. Brand i dessa kommer att inkluderas i effektkurvan för branden i Centrumgrillen. Effektkurvan för Centrumgrillen har tagits fram experimentellt, vilket finns utförligt beskrivet i *bilaga F*.

Som tydligt kan ses i *diagram 10.1* kommer effektutvecklingen aldrig att överstiga 140 kW, vilket kan tyckas vara en väldigt låg effektutveckling för att beskriva en dimensionerande brand. Det är otillräckligt att, med en sådan brand, utvärdera personsäkerheten i detta scenario. För att branden i Centrumgrillen ska kunna ses som dimensionerande för detta scenario, hade det varit lämpligare om något annat, med högre effektutveckling och högre tillväxthastighet, hade brunnit istället. Det skulle till exempel kunna uppstå en brand i serveringens bord och stolar. Detta hade medfört en betydligt högre effektutveckling och därmed hade kritiska förhållanden uppstått mycket tidigare i Centrumgrillen och i Östra gången. Tanken med detta scenario är dock inte att titta på den brand som skulle generera störst effektutveckling, utan att titta på den mest troliga branden som kan komma att uppstå här. Genom att simulera en brand som antas vara den mest troliga kan förhoppningsvis slutsatsen dras att en sådan brand inte kommer att medföra några större konsekvenser för personerna som befinner sig i byggnaden. Med detta som grund har därför ändå en brand i Centrumgrillens fritös valts som representativ brand för detta scenario.

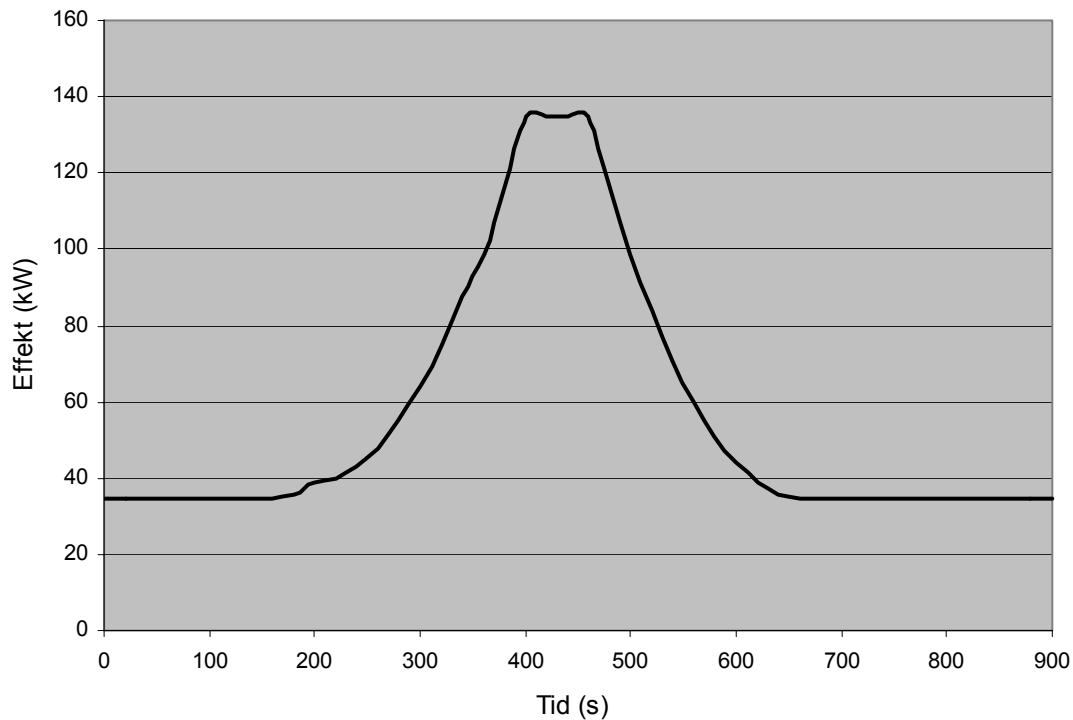


Diagram 10.1. Effekttutveckling vid brand i fritösen och pizzakartonger.

För att beräkna tiden till sprinkleraktivering gjordes först ett försök med Detact T2. På grund av den låga effekttutvecklingen vid denna brand kunde programmet inte beräkna någon tid till sprinkleraktivering. Istället analyserades simuleringsresultat från CFAST. Dessa visar på att temperaturerna i brandgaslagret endast kommer att överstiga sprinklernas aktiveringstemperatur under ett fåtal sekunder. Därför antas sprinklerna aldrig aktivera och ingen effektkurva för brand med sprinkleraktivering har därför framtagits.

10.4 De olika fallen som kan uppstå vid brand i Centrumgrillen

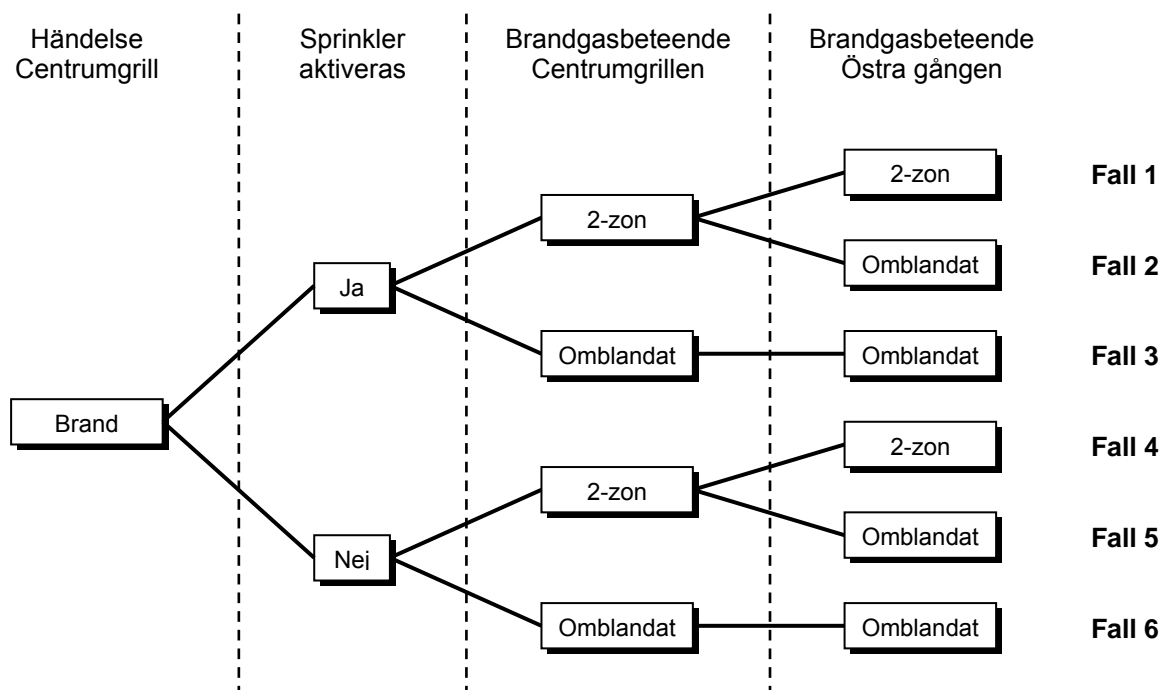
Hur tidigt kritiska förhållanden uppstår vid en specifik brand är beroende av flera faktorer. Faktorer som har betydelse vid en brand i Centrumgrillen är framförallt:

- brandgasspridningen
- brandgasernas beteende
- brandgasventilationen.

Brandgasspridning kommer i första hand att ske från Centrumgrillen till Östra gången. Hur brandgaserna fördelas i Centrumgrillen samt i Östra gången kommer att påverka tiden till kritiska förhållanden. Brandgasernas fördelning i utrymmena kan antingen beskrivas enligt tvåzon-modellen eller enligt det väl omblandade fallet.

Östra gången är försedd med 14 rökluckor i taket mellan Östra entrén och Lilla torget. Om rökluckorna är öppna kommer brandgaser att ventileras ut genom dessa. Detta påverkar brandgasspridningen och därigenom tiden till kritiska förhållanden uppstår. Brandgasventilationens inverkan har visats ha marginell effekt enligt resultat från simuleringar i CFAST, vid detta scenario, se *bilaga O*. Dessa fall kommer därför inte att behandlas separat utan bara ingå i känslighetsanalysen för brand i Centrumgrillen.

I *figur 10.3* presenteras de sex extremfall som rapporten behandlar, vilka kan tänkas uppstå i Centrumgrillen samt i Östra gången.



Figur 10.3. Träddiagram som beskriver antagna fall.

De sex fallen har inte samma sannolikhet för att inträffa. Sprinklerna förväntas aldrig aktivera i detta brandscenario, enligt resonemang i *kapitel 10.3*. Detta innebär att hela grenen för sprinkleraktivering, alltså fall 1–3, inte kommer att behandlas vidare.

Vidare kan diskuteras sannolikheten av brandgasernas skiktning. Det uppskattas vara ungefär lika sannolikt att tvåzon-modellen som det omblandade fallet råder i Centrumgrillen, med anledning av brandens låga effektutveckling. Enligt samma resonemang anses det omblandade fallet vara det mest troliga i Östra gången, eftersom brandgaserna även kyls under transporten från branden. Enligt detta resonemang borde fall 6 vara det mest sannolika.

10.5 Metod för beräkning av tid till kritiska förhållanden

Uppskattningar av den tid det tar innan kritiska förhållanden uppstår är beroende av vilket fall som råder. Beroende av brandgasernas beteende har två olika tillvägagångssätt använts för att uppskatta denna tid:

- simuleringar i CFAST inklusive analysering av utdata
- siktberäkningar.

I de fall då tvåzon-modellen råder har CFAST använts för att kunna uppskatta tiden till kritiska förhållanden. Som resultat från CFAST fås parametrar som:

- brandgaslagrets höjd över golvet
- temperaturen i brandgaslagret
- temperaturen för det undre lagret
- strålningsintensiteten.

Dessa parametrar har analyserats för att kunna approximera en tid till kritiska förhållanden uppstår. En mer ingående beskrivning av modellering i CFAST för detta scenario finns redovisat i *bilaga L*.

Då CFAST bygger på att tvåzon-modellen råder har handberäkningar på sikt tillämpats för att uppskatta tiden det tar tills kritiska förhållanden uppstår, för de väl omblandade fallen.

10.6 Kritiska förhållanden

Fall 4

När tvåzon-modellen råder både i Centrumgrillen samt i Östra gången har tiden till kritiska förhållanden approximerats genom att analysera resultat från CFAST, se *bilaga O*.

Kritiska förhållanden kommer att uppstå i Centrumgrillen först efter drygt 8 minuter. Brandgaserna når då en kritisk nivå. Trots att inte brandgaserna vid denna tidpunkt uppnår en kritisk temperatur kan inte andra parametrar som berör kritiska förhållanden antas vara ouppfyllda för brandgaserna. Kritiska förhållanden kommer aldrig att uppstå i Östra gången i detta fall.

Fall 5

När tvåzon-modellen råder i Centrumgrillen, men det väl omblandade fallet råder i centrumgångarna har CFAST-resultat använts till att uppskatta tiden till kritiska förhållanden i Centrumgrillen, se *bilaga O*, medan siktberäkningar legat till grund för uppskattningen av tid till kritiska förhållanden för Östra gången, se *bilaga S*.

Kritiska förhållanden kommer att uppstå i Centrumgrillen först efter drygt 8 minuter. Brandgaserna når då en kritisk nivå. Trots att inte brandgaserna vid denna tidpunkt uppnår en kritisk temperatur kan inte andra parametrar som berör kritiska förhållanden antas vara ouppfyllda för brandgaserna. Kritiska förhållanden i Östra gången kommer att uppstå efter ungefär 5,5 minuter.

Fall 6

När det omblandade fallet råder både i Centrumgrillen samt i Östra gången grundas approximationen av tiden tills kritiska förhållanden uppstår på siktberäkningar, se *bilaga S*.

Tiden till kritiska förhållanden uppstår i Centrumgrillen när sprinklerna inte aktiverar har uppskattats till 6 minuter. Denna tid gäller även för Östra gången, då de två delarna ses som en och samma volym.

Tabell 10.1. Beräknade tider till kritiska förhållanden vid brand i Centrumgrillen.

Fall	Centrumgrillen	Östra gången
4	8 min	Uppstår ej
5	8 min	5,5 min
6	6 min	6 min

Tiderna som presenterade i tabellen ovan kan tyckas vara lite förvirrande då kritiska förhållanden i fall 5 uppstår i Östra gången först. Detta följer av att en tvåzon-modell har förutsatts i Centrumgrillen medan det helt omblandade fallet förutsatts i Östra gången. Generellt uppstår kritiska förhållanden tidigare vid det omblandade fallet, vilket detta resultat visar. Det ska dock poängteras att siktberäkningar ger ett mycket konservativt värde på tiden till kritiska förhållanden.

10.7 Aktivering av brand- och utrymningslarm

Om sprinkler eller detektorer aktiverar i Väsby Centrum aktiveras både brandlarm och utrymningslarm. Dessa larm kan också aktiveras manuellt.

Vid den representativa branden i Centrumgrillen förväntas sprinklerna aldrig aktivera. Centrumgrillen är inte heller försedd med detektorer. Närmaste detektor är placerad i Östra gången. Det krävs därför att brandgaserna sprids till Östra gången för att brand- och utrymningslarm ska kunna aktivera till följd av detektoraktivering. Enligt CFAST-resultaten för Centrumgrillen kommer brandgaser att börjar strömma ut i Östra gången efter knappt 1 minut. Detta innebär att en detektor i Östra gången strax därefter skulle kunna aktivera förutsatt att detektorn är placerad i närheten av Centrumgrillen. Om ingen människa aktiverar larmet manuellt antas aktivering av brand- och utrymningslarm ske strax efter 1 minut.

10.8 Tid till utrymning

Kritiska förhållanden kommer tidigast att uppstå i Centrumgrillen först efter 6 minuter. Eftersom Centrumgrillen är placerad precis vid den Östra entrén, har lokalen två extra utrymningsvägar, en som går direkt ut till det fria samt en brandtekniskt skild utrymningsväg längst in i lokalen. Med detta i åtanke förutsätts personer som befinner sig i Centrumgrillen hinna utrymma långt innan kritiska förhållanden uppstår.

Eftersom utrymningslarmet förväntas aktivera efter drygt 1 minut, kommer personer som befinner sig i Östra gången, väldigt snabbt att bli varse om att brand har uppstått. Dessa personer förväntas hinna utrymma innan kritiska förhållanden uppstår i Östra gången förutsatt att kritiska förhållanden kommer att uppstå i Östra gången över huvud taget. Tidigast skulle kritiska förhållanden uppstå i Östra gången efter 5,5 minuter.

10.9 Utvärdering av brandscenario 3

Vid en brand med en relativt låg effektutveckling, kommer utrymningen ur Centrumgrillen inte vara något problem med avseende på personsäkerheten.

I Centrumgrillen finns handbrandsläckare i både kök och servering. Vid en brand antas personal, i ett initialt skede, lätt kunna hantera situationen, förutsatt att någon kan hantera den brandtekniska utrustningen. Om inte

personalen skulle agera i ett första skede kommer branden i fritösen spridas till en stapel med pizzakartonger. Enligt effektkurvan kommer den maximala effekten som erhålls, vid en brand i frityrolja och pizzakartonger, inte bli särskilt hög. Detta medför att kritiska förhållanden, i detta scenario, kommer att uppstå först efter 5,5–8,5 minuter, beroende av fall. Personer i brandrummet förväntas kunna utrymma långt innan kritiska förhållanden uppstår. Detta till följd av att Centrumgrillen inte har alltför hög persontäthet samt att grillen har tre utrymningsvägar.

En brand i Centrumgrillen skulle kunna innebära att den Östra utgången blockeras efter 5,5 minuter, förutsatt att brandgaserna omblandas helt. Även om detta scenario har bedömts relativt sannolikt, måste poängteras att siktberäkningar, som tiden till kritiska förhållanden bygger på i detta fall, ger mycket konservativa värden. Enligt resultaten från CFAST kommer aldrig kritiska förhållanden att uppstå i Östra gången då tvåzonmodellen förutsätts. I de fall då kritiska förhållanden uppstår förväntas personer i centrumet kunna utrymma genom de andra utgångarna. Detta scenario har därigenom bedömts säkert ur personsäkerhet.

En brandspridning inom lokalen, vilket skulle medföra en ökad effektutveckling, anses inte trolig i detta scenario. Anledningen är att brandbelastningen i lokalen är låg. Dock bör det poängteras att eftersom fritösen är placerad direkt under en fläktkåpa skulle en eventuell brand i denna kunna leda till en brandspridning via ventilationssystemet. Detta kommer dock inte behandlas ytterligare i denna rapport då ventilationssystemet i Väsby Centrum för närvarande är under ombyggnad.

11. Känslighetsanalys

11.1 Allmänt

En känslighetsanalys består i att analysera vilka av de ingående variablerna som påverkar slutresultatet mest vid de olika scenarierna.

Vid utrymning av centrumet, i händelse av brand, finns det många faktorer som kommer att påverka hur pass fort denna kan genomföras. Dessa faktorer har studerats och analyserats var för sig för att kunna påvisa vilken av dessa som har störst inverkan på tiden det tar tills utrymningen är avslutad/måste vara avslutad. Variablerna som studerats kan delas in i två huvudgrupper. I den ena gruppen ingår variabler som påverkar tiden till kritiska förhållanden och i den andra gruppen ingår variabler som påverkar utrymningstiden. Nedan presenteras de variabler som kommer behandlas i denna rapportens känslighetsanalys, indelade i respektive huvudgrupp.

Variabler som påverkar tiden till kritiska förhållanden:

- brandgasernas beteende
- brandtillväxt
- brandgasventilation
- sprinkleraktivering
- siktförhållanden.

Variabler som påverkar utrymningstiden:

- utrymningslarm
- utrymningsvägar
- personalens rutiner.

11.2 Brandgasernas beteende

Vid uppskattning av när kritiska förhållanden uppstår för respektive brandscenario, har bedömningar gjorts både utifrån fall då tvåzon- samt enzon-modellen, även kallad omblandade fallet, kan tillämpas. Det har visats ha mycket stor betydelse vilken modell som används då tiden till kritiska förhållanden bedöms. Generellt har visats att enzon-modellen ger betydligt kortare tider till kritiska förhållanden än tvåzon-modellen, se *kapitel 8.6, 9.6, 10.6*.

Både enzon- och tvåzon-modellen utgör dock extremfall. Ingen av dessa modeller kommer uteslutande att inträffa i verkligheten, men modellerna kan ändå tillämpas för att ge en god uppskattning av tiden till kritiska förhållanden. Framförallt enzon-modellen ger mycket konservativa resultat av tiden till kritiska förhållanden. Vid analys av variablerna som följer i denna känslighetsanalys kommer resultaten att bygga på att tvåzon-modellen kan tillämpas. Undantag är dock analysen av siktförhållanden.

11.3 Brandtillväxten

Hur snabbt branden utvecklas har naturligtvis stor inverkan på tiden till kritiska förhållanden. Hur branden utvecklas beror främst på materialet som brinner samt bränslepaketens placering i förhållande till varandra. För lokalerna som representerar de olika brandscenierna, behandlade i rapporten, kan brandtillväxten tänkas variera.

För brandscenario 1 – brand i Joy kommer brandtillväxten alltid att vara den samma, då kläder förväntas vara det som brinner i detta scenario. Skulle däremot Joy byta lokal och en annan verksamhet flytta in i denna lokal skulle brandtillväxten kunna ändras.

Under brandscenario 3 – brand i Centrumgrillen, behandlas en brand i fritösen. Denna representativa brand har valts ty den uppskattats vara den mest sannolika. Det skulle mycket väl kunna uppstå en brand i något annat i lokalen, men denna brand skulle troligtvis inte utvecklas på samma sätt som i fritösen. Detta med anledning av lokalen endast innehåller en liten mängd brännbart material, varför ingen eller långsam spridning förväntas.

För att få ett grepp om hur stor inverkan brandtillväxten har på tiden till kritiska förhållanden har simuleringar med olika tillväxthastigheter utförts för brandscenario 2. Stora torget kan förväntas ha olika inredning beroende på vilken tillställning som äger rum. Detta innebär att material samt kvantitet av material kommer att ändras och därigenom även brandtillväxten. Anledningen till att detta brandscenario valts för att analysera brandtillväxten, är att tillväxthastigheten naturligt kan variera otroligt mycket på Stora torget, beroende av evenemang.

Vid simuleringen påvisades skillnaden som skulle uppstå om branden på torget tillväxer enligt en *medium*-kurva istället för en *fast*-kurva. Resultaten, enligt *bilaga V*, visade som väntat att tiderna påverkas i stor utsträckning av denna variabel.

Tabell 11.1. Tider till kritiska förhållanden, till följd av brandgaslagrets höjd beroende av val av tillväxtkonstant.

Brandtillväxt	Tid (min)
<i>fast</i> (originalfallet)	6
<i>medium</i>	9,5

11.4 Brandgasventilation

Det som kan skilja mellan olika brandscenarier i Väsby Centrum i form av brandgasventilation är om aktuella rökluckor är öppna eller stängda. Denna variabel har analyserats för samtliga brandscenarier.

11.4.1 Brandscenario 1 – brand i Joy

För brandscenario 1 har simuleringar gjorts i CFAST, både då rökluckorna på Lilla torget är stängda samt då de är öppna. Simuleringarna har gjorts både för fall då sprinklerna på Joy aktiverar samt då de inte gör det. Resultaten från dessa simuleringar visar att höjden till brandgaslagret endast kommer öka med 0,2–0,3 m om rökluckorna är öppna jämfört med om de är stängda, oavsett om sprinklerna aktiverar eller inte, se *bilaga U*.

Då sprinkler inte aktiverar inne i Joy och rökluckorna på Lilla torget inte öppnas, kommer kritiska förhållanden att uppstå efter 5,5 minuter på torget, förutsatt att tvåzon-modellen råder. Ur resultatet nedan kan konstateras att kritiska förhållanden inte kommer att uppstå då rökluckorna på Lilla torget öppnas, även om sprinklerna inte skulle aktivera. Det bör dock poängteras att marginalen är relativt liten.

Tabell 11.2. Tid till kritiska förhållanden uppstår på Lilla torget då rökluckor är öppna respektive stängda beräknade i CFAST.

Rökluckorna stängda på Lilla torget		Rökluckorna öppna på Lilla torget	
<i>med</i> sprinkleraktivering	<i>utan</i> sprinkleraktivering	<i>med</i> sprinkleraktivering	<i>utan</i> sprinkleraktivering
Uppstår ej	5,5 min	Uppstår ej	Uppstår ej

11.4.2 Brandscenario 2 - brand på Stora torget

Simuleringar i CFAST har gjorts för brand på Stora torget både då rökluckorna på torget öppnar samt då de inte gör det. Resultaten visar att denna variabel är helt avgörande för säkerheten på Stora torget, förutsatt att tvåzon-modellen kan tillämpas. Om rökluckorna öppnar kommer kritiska förhållanden aldrig uppstå, varken på Stora torget eller i centrumgångarna. Om rökluckorna däremot inte öppnar, uppnås kritiska förhållanden både på torget och i centrumgångarna. Detta kommer att innebära att kritiska förhållanden uppstår innan utrymning av centrumet förväntas vara avslutad.

Tabell 11.3. Tid till kritiska förhållanden uppstår på Stor torget samt i centrumgångarna då rökluckor är öppna respektive stängda beräknade i CFAST.

Rökluckorna öppna på Stora torget		Rökluckorna stängda på Stora torget	
Stora torget	Centrumgångarna	Stora torget	Centrumgångarna
Uppstår ej	Uppstår ej	6 min	7,5 min

11.4.3 Brandscenario 3 – brand i Centrumgrillen

Simuleringar har gjorts i CFAST, för brand i Centrumgrillen, med både öppna och stängda rökluckor i Östra gången. Resultaten från denna simulering visar att höjden till brandgaslagret, knappt påverkas av denna variabel, se *bilaga W*.

Dock måste poängteras att variabeln förmodligen skulle ha större betydelse vid en större effektutveckling än den som erhålls i detta scenario.

11.5 Sprinkleraktivering

Brandscenario 1 - brand i Joy, är det enda scenario där en sprinkleraktivering är möjlig, detta eftersom Stora torget saknar sprinkler och en brand i Centrumgrillen aldrig kommer att ge en tillräckligt hög temperatur i brandrummet för att sprinklerna ska aktivera.

I *bilaga M* redovisas tiden till kritiska förhållanden då sprinklerna inte aktiverar samt när de aktiverar. Det kan tydligt skådas att sprinklerna inte kommer att påverka tiden till kritiska förhållanden inne i Joy eftersom de först aktiverar efter kritiska förhållanden uppstått. Däremot kommer sprinkleraktivering att påverka tiden till kritiska förhållanden ute på Lilla torget. Då ingen sprinkleraktivering sker, kommer kritiska förhållanden att uppstå redan efter 5,5 minuter på Lilla torget, förutsatt att rökluckorna inte öppnar. Då sprinklerna aktiverar kommer däremot kritiska förhållanden aldrig att uppstå på Lilla torget, förutsatt att tvåzon-modellen råder där.

Då sprinkleraktivering inte påverkar tiden tills kritiska förhållanden uppstår inne i Joy har sprinkler med ett lägre RTI-värde testats för att avgöra om dessa skulle påverka tiden till kritiska förhållanden.

Nedan har en jämförelse gjorts mellan nuvarande modell, standard response och en quick response modell.

Tabell 11.4. Aktiveringstid för nuvarande sprinklerhuvuden.

Detact - ingående parametrar	Värde	Enhet
Takhöjd	3,05	[m]
Omgivningstemperatur	20	[°C]
RTI	135	[m ^{1/2} s ^{1/2}]
Aktiveringstemperatur	74	[°C]
α-värde	47	[W/s ²]
Avstånd mellan sprinklers	2	[m]
Beräknad aktiveringstid	140	[s]

Tabell 11.5. Aktiveringstid för sprinklerhuvuden av quick respons-modell.

Detact - ingående parametrar	Värde	Enhet
Takhöjd	3,05	[m]
Omgivningstemperatur	20	[°C]
RTI	35	[m ^{1/2} s ^{1/2}]
Aktiveringstemperatur	68	[°C]
α-värde	47	[W/s ²]
Avstånd mellan sprinklers	2	[m]
Beräknad aktiveringstid	100	[s]

Tabell 11.4 och 11.5, visar att tiden till sprinkleraktivering kortas med nästan en tredjedel då quick response används istället för standard response-sprinkler. Detta skulle för brandscenario 1 innebära att den maximala effektutvecklingen reduceras till hälften, förutsatt att sprinklerna endast kommer att kontrollera branden i båda fallen. Se effektkurvan som representerar effektutvecklingen vid aktivering av standard response-sprinkler i *kapitel 8.3*.

För att påvisa skillnaden mellan tiden till kritiska förhållanden när quick response-sprinkler används istället för standard response-sprinkler har ytterligare en simulering gjorts i CFAST. Denna simulering bygger på att quick response-sprinkler aktiverar och därigenom sänker den maximala effektutvecklingen till hälften. Resultaten från denna simulering visar att tiden till kritiska förhållanden knappt skiljer sig något från resultaten som erhålls från simulering med standard response-sprinkler, varken för Joy eller Lilla torget, se *bilaga U*.

Vid denna jämförelse mellan quick response- och standard response-sprinkler har, som tidigare nämnts, antagits att sprinkleraktivering i båda fallen enbart kommer att kontrollera branden. Det måste därför poängteras att chansen att en brand släcks till följd av sprinkleraktivering ökar ju tidigare sprinklerna aktiverar.

11.6 Siktförhållanden

Hur snabbt kritiska förhållanden uppstår till följd av att kriteriet för sikt underskrids, när enzon-modellen råder, är bl.a. beroende av hur stor volym som används när siktberäkningar utförs. Tiden är också beroende av rökpotentialen. Rökpotentialen är materialberoende, vilket innebär att tiden till kritiska förhållanden uppstår till följd av dålig sikt är beroende av vilket material som brinner. Denna parameter kommer dock inte att behandlas mer utförligt i denna rapport.

Siktberäkningar är utförda för samtliga brandscenarier som behandlats i rapporten. Nedan följer en utvärdering av hur tiden till kritiska förhållanden påverkas av volymen som används vid siktberäkningarna, för respektive scenario.

11.6.1 Brandscenario 1 – brand i Joy

Enligt resultaten av de fyra olika fall där brandgaserna på Lilla torget och i Östra gången förväntas omblandas helt, uppstår kritiska förhållanden väldigt tidigt. Detta beror till största del på att volymen där brandgaserna sprids är begränsad. Resultaten som redovisas i *kapitel 8.6*, bygger på att brandgaserna endast kommer att spridas från Joy till Lilla torget och Östra gången.

I det verkliga fallet kommer brandgaserna förmodligen att spridas vidare från Östra gången till Stora torget. Eftersom Stora torget upptar en mycket större volym än både Lilla torget och Östra gången tillsammans, kommer en brandgasspridning till Stora torget påverka tiden till kritiska förhållanden avsevärt. Det är dock svårt att uppskatta hur lång tid det tar för brandgaserna att transporteras till Stora torget, men transporttiden av brandgaserna försummas dock vid beräkningar av sikten.

Genom att vid beräkningarna låta brandgaserna fortsätta spridas till Stora torget kommer kritiska förhållanden uppstå först 1 minut senare, beroende av fall, på Lilla torget och i Östra gången, än om brandgaserna enbart uppehåller sig i Joy, på Lilla torget och i Östra gången. För beräkningar se *bilaga Q*.

Tabell 11.6. Sammanställning av tid till kritiska förhållanden orsakade av otillräcklig sikt.

Mindre volym - Lilla torget och Östra gången	
Ingen sprinkleraktivering	Sprinkleraktivering
Tvåzon-modell tillämpas för Joy och omblandat fall för Lilla torget och Östra gången	Tvåzon-modell tillämpas för Joy och omblandat fall för Lilla torget och Östra gången
2,5 min	2,5 min
Större volym - Lilla torget, Östra gången och Stora torget	
Ingen sprinkleraktivering	Sprinkleraktivering
Tvåzon-modell tillämpas för Joy och omblandat fall för Lilla torget, Östra gången och Stora torget	Tvåzon-modell tillämpas för Joy och omblandat fall för Lilla torget, Östra gången och Stora torget
3,5 min	3,5 min

Oavsett vilken volym som används vid siktberäkningarna kan dock konstateras att tiderna till kritiska förhållanden uppstår är korta i förhållande till utrymningstiderna.

11.6.2 Brandscenario 2 – brand på Stora torget

Tid till kritiska förhållanden på Stora torget, i de fall då enzon-modellen råder på torget, presenteras i *kapitel 9.6*. Dessa tider bygger på att alla brandgaserna som produceras vid branden stannar inom Stora torgets volym. Siktberäkningar har också utförts för när brandgaserna sprider sig från Stora torget till centrumgångarna, se *bilaga R*. Den totala volym som brandgaserna sprids till, från Stora torget, har vid denna beräkning uppskattats till 2 250 m³. Då Stora torget utgör en mycket stor volym, i förhållande till centrumgångarna, kommer spridningen av brandgaser från torget påverka tiden till kritiska förhållanden mycket lite.

Om rökluckorna på torget öppnar under brandförloppet eller inte, har uppskattats knappt påverka tiden till kritiska förhållanden alls, för fall där enzon-modellen tillämpas. För utförligare beskrivning om orsaken till detta, se *bilaga R*.

Tabell 11.7 Tid till kritiska förhållanden på Stora torget vid bräckningar med och utan brandgasspridning från brandrummet.

Mindre volym	Större volym
Brandgaserna som produceras stannar på Stora torget	Brandgaserna som produceras fördelas i Stora torget och centrumgångarna
2,5 min	2,5 min

11.6.3 Brandscenario 3 – brand i Centrumgrillen

I detta brandscenario har det jämförts huruvida siktförhållandena påverkas om brandgaserna tillåts spridas till Östra gången eller inte. I båda fallen förutsätts en enzon-modell. I första fallet ses Centrumgrillen som den totala volymen medan det i andra fallet är Centrumgrillen och Östra gången som utgör den totala volymen.

Om rökluckorna i Östra gången öppnar eller inte, under brandförloppet, kommer knappt tiden till kritiska förhållanden att påverkas. Detta beror på att brandgaserna inte har någon termisk stigningskraft då enzon-modellen råder och därmed kommer brandgaserna inte strömma ut genom rökluckorna.

Nedan redovisas tid till kritiska förhållanden i Centrumgrillen, till följd av otillräcklig sikt, då brandgaserna tillåts spridas samt inte tillåts spridas till Östra gången. För att se beräkningsgång samt ingående diskussion för de olika fallen, se *bilaga S*.

Tabell 11.8. Tid till kritiska förhållanden i Centrumgrillen vid beräkningar med och utan brandgasspridning från brandrummet.

Mindre volym	Större volym
Brandgaserna som produceras stannar i Centrumgrillen	Brandgaserna som produceras fördelas i Centrumgrillen och Östra gången
4 min	6 min

11.7 Aktivering av utrymningslarm

11.7.1 Aktivering och hörbarhet av utrymningslarmet

Som tidigare nämnts i rapporten påverkas varseblivningstiden för personer som uppehåller sig i byggnaden, avsevärt beroende av om utrymningslarmet aktiverar eller inte vid brand. Då utrymningslarmet aktiverar och hörs i byggnaden kommer samtliga personer i byggnaden att bli varse om att brand uppstått senast vid den tidpunkt som larmet aktiverar. Personer som ser branden kommer dock att bli varse tidigare. Om utrymningslarmet inte aktiverar eller aktiverar men inte hörs kan varseblivningstiden vara mycket lång.

Detta innebär att den totala utrymningstiden kommer att förlängas med den extra tid det tar för personerna som uppehåller sig i centrumet att bli varse om branden samt den längre besluts- och reaktionstid som ett uteblivet utrymningslarm skulle innebära, se *tabell 7.1*. Nedan redovisas hur utrymningslarmet påverkar utrymningstiden för brandscenario 1 och 2. Ingen specifik simulering har gjorts för utrymning vid brandscenario 3, då kritiska förhållanden i detta brandscenario uppstår mycket sent och därigenom påverkas inte utrymningen i samma utsträckning som för de andra scenarierna.

Tabell 11.9. Utrymningstider vid brand i Joy med och utan utrymningslarm.

Förutsättningar	Östra gången	Hela centrumet
Med fungerande larm	4 min	7,5 min
Utan fungerande larm	6 min	11,5 min

Tabell 11.10. Utrymningstider vid brand på Stora torget med och utan utrymningslarm.

Förutsättningar	Stora Torget	Passage av Stora torget	Hela centrumet
Med fungerande larm	2,5 min	3,5 min	8,5 min
Utan fungerande larm	2,5 min	5 min	11 min

11.7.2 Tid till aktivering av utrymningslarmet

Utrymningslarmet aktiverar antingen genom att sprinkler aktiverar, detektor aktiverar eller att larmet aktiveras manuellt. Tiden till aktivering av utrymningslarmet behandlas för alla tre brandscenarier i *kapitel 8.7, 9.7* respektive *10.7*. Det har konstaterats att aktivering av detektor är den orsak som förväntas aktivera utrymningslarmet i alla tre scenarierna. Detta trots att varken Joy eller Centrumgrillen är försedda med detektorer. Genom att placera detektorer inne i Joy samt inne i Centrumgrillen skulle en detektoraktivering ske betydligt tidigare än som det är utformat i dagsläget, då brandgaserna först måste spridas till Östra gången för detektion. Vidare innebär en tidigare detektion en tidigare aktivering av utrymningslarmet. Detta leder i sin tur till en förkortad varseblivningstid vilket leder till en snabbare utrymning.

För Joy-fallet uppskattas utrymningslarmet kunna aktivera cirka 1 minut tidigare om denna åtgärd genomförs. För Centrumgrillen uppskattas tiden till aktivering av utrymningslarmet kunna förkortas med 0,5 minut. Detta innebär att detektorerna i dessa lokaler förväntas aktivera inom 0,5 minut, vilket kan tyckas rimligt då takhöjden inte är speciellt hög i dessa verksamheter.

11.8 Utrymningsvägar

Vid simuleringar i Simulex har samtliga individer använt sig av huvudentréerna för att utrymma Väsby Centrum. Denna förenkling har gjorts då väldigt få människor faktiskt utrymde genom de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna då automatlarmet aktiverade i centrumet den 14 september 2006, se *kapitel 2*. Vid simuleringarna kan det tydligt ses att stockningar bildas där många individer samtidigt ska förflytta sig in i en och samma centrumgång, för att kunna utrymma. Detta är ett känt fenomen som uppstår när många människor samtidigt vill förflyttas in i ett smalare parti, runt ett hörn, eller liknande. Detta kommer i slutändan att förlänga utrymningstiden från centrumet, då folk kommer att behöva vänta på att passera vissa partier.

Genom att avlasta centrumgångarna som utrymningsvägar skulle den totala tiden för utrymning kunna förkortas. Detta på grund av att folk då slipper köa för att passera vissa partier. Denna avlastning skulle kunna göras genom att fler personer lämnar centrumet genom de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna.

För att påvisa hur stor skillnad för utrymningstiden det skulle göra om de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna används i större utsträckning, har ytterligare en simulering utförts i Simulex. Denna simulering genomfördes med samma förutsättningar som simuleringen för brandscenario 1, se *kapitel 8.8*, men där en tredjedel av individerna i centrumet istället utrymde genom de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna.

Tabell 11.11. Sammanställning av utrymningstider för brandscenario 1.

Förutsättningar	Östra gången	Hela centrumet
Med fungerande larm men utan nödutgångar	4 min	7,5 min
Med fungerande larm och med nödutgångar	3,5 min	7 min
Utan fungerande larm och utan nödutgångar	6 min	10 min
Utan fungerande larm men med nödutgångar	5,5 min	9 min

Tabell 11.11 visar att den totala utrymningstiden knappt påverkas av om de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna används i större utsträckning. Dock måste poängteras att det i många fall krävs att de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna används för att personsäkerheten ska kunna garanteras vid brand. Detta behandlas vidare i *kapitel 14*.

11.9 Personalens rutiner

Personalens rutiner kommer att påverka flera faktorer som har betydelse vid utrymning.

Folk använder vid ett nödläge främst utrymningsvägar de känner till. I detta fall innebär det att folk generellt använder huvudentréerna istället för de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna för att lämna centrumet. Skulle personalen däremot föreslå folk att använda de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna istället skulle många förmodligen att göra det.

Personalen påverkar även hur snabbt kunderna lämnar butiken. Trots att larmet går fortsätter vissa butiker att expediera kunder¹. Detta bör inte förekomma, då det påverkar kundernas tid till utrymning negativt. Genom rutiner för underhåll och kontroll av brandskyddsutrustningen, minskar risken för att brandtekniska installationer såsom brandgasventilation, sprinkleraktivering samt utrymningslarm fallerar. All personal ska dessutom utrymma byggnaden vid samtliga larm. En utrymning anses inte avslutad förrän samtliga personer som uppehållit sig i byggnaden lämnat denna.

11.10 Robusthet över tiden

Robustheten över tiden behandlar hur hållbara resonemangen i denna rapport kan tänkas vara i ett längre tidsperspektiv.

11.10.1 Val av scenarier

Som Väsby Centrum ser ut idag bedöms scenarierna som valts vara dimensionerande för Östra gången och Stora torget. Dock måste poängteras att dessa scenarier endast är dimensionerande för de avgränsningar som gjorts och inte för hela centrumet. Då inga beräkningar och simuleringar har gjorts i övriga delar finns det ingen möjlighet att uttala sig om vad som kan inträffa om en brand uppstår utanför avgränsningarna.

Vidare måste poängteras att dessa scenarier endast är dimensionerande för hur centrumet ser ut idag. Om en möbelaffär till exempel skulle flytta in i någon lokal längs Östra gången är det möjligt att en brand i denna butik skulle vara den dimensionerande branden istället.

Sammanfattningsvis kan konstateras att brandscenarier som valts är dimensionerande, inom avgränsningarna, för hur Väsby Centrum ser ut idag. De är dock inte robusta över tiden.

¹ Observation vid brandlarmet 2006-09-14

11.10.2 Antal besökare

Utrymningsscenarierna i denna rapport bygger på att utrymningen sker med den persontäthet som uppskattas vara den högsta i dagens läge, nämligen 2 000 personer. BBR rekommenderar dock att ett köpcentrum dimensioneras efter en persontäthet på 0,5 personer per m². Detta skulle innebära ett personantal på drygt 3 300. Då detta i dagens läge känns ovidkommande för centrumet har inga simuleringar utförts med denna persontäthet. Detta innebär dock att dimensioneringen enligt rapporten inte är robust över tiden.

11.11 Sammanfattning

För utrymningstiden är det tydligt att utrymningslarmet är den mest avgörande variabeln för samtliga brandscenarier. Ett fungerande utrymningslarm förkortar tiden till utrymning med drygt 1,5 minut. Om dessutom detektorer installeras i samtliga verksamheter kan tiden till utrymning i vissa fall även förkortas ytterligare. Att de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna används förkortar endast utrymningstiden med 0,5–1 minut. Dock måste poängteras att i vissa fall är användning av dessa utrymningsvägar nödvändig för en säker utrymning.

När det gäller tiden till kritiska förhållanden är vikten av de olika variablerna inte lika tydlig. De olika brandscenarierna kommer därför att sammanställas separat.

Brandscenario 1 – brand i Joy

Vid brandscenario 1 är det i första hand tiden till kritiska förhållanden på Lilla torget som är väsentlig att behandla. Detta beror på att personer som befinner sig inne i Joy förväntas kunna lämna lokalen mycket tidigt då lokalen är mycket överskådlig.

Den variabel som påverkar tiden till kritiska förhållanden på Lilla torget allra mest är hur brandgaserna skiktas i utrymmena. Kritiska förhållanden kommer att uppstå mycket snabbt, redan efter 2,5 minuter, då enzon-modellen råder i de mest troliga fallen. Kritiska förhållanden kommer, i många fall, aldrig att uppstå då tvåzon-modellen kan tillämpas. Detta innebär att då enzon-modellen kan tillämpas kommer kritiska förhållanden uppstå långt innan Östra gången är utrymd.

Vidare har konstaterats att, då tvåzon-modellen kan tillämpas, kommer kritiska förhållanden på torget endast uppstå om både sprinkleraktivering samt öppning av rökluckor fallerar. Kritiska förhållanden kommer i så fall att inträffa efter drygt 5 minuter. Detta kommer att ställa till problem om inte heller utrymningslarmet fungerar. Det kan dock anses vara mycket osannolikt att alla dessa tre fallerar samtidigt.

Brandscenario 2 – brand på Stora torget

Den variabel som påverkar tiden till kritiska förhållanden vid brand på Stora torget allra mest är hur brandgaserna skiktas på Stora torget och i centrungångarna. Kritiska förhållanden kommer att uppstå mycket snabbt, redan efter knappt 3 minuter både på torget och i gångarna, då enzon-modellen råder. Detta innebär att kritiska förhållanden kommer att uppstå långt innan utrymningen är avslutad. Det är dock inte särskilt troligt att enzon-modellen kommer att råda.

När tvåzon-modellen råder påverkas tiden till kritiska förhållanden framförallt av om rökluckorna på torget öppnar eller inte. Då de öppnar kommer kritiska förhållanden aldrig att uppnås, medan om öppningen uteblir, kommer kritiska förhållanden att uppstå efter 6 minuter på torget samt efter drygt 7 minuter i centrungångarna. Detta kommer i praktiken innebära att torget kan utrymmas långt innan kritiska förhållanden uppstår där. Däremot kommer tiden tills kritiska förhållanden uppstår, i centrungångarna, att underskrida tiden för utrymning av hela centrumet, oavsett om utrymningslarmet fungerar eller inte. Detta leder till att en stor del av personerna som uppehåller sig i centrumet måste utrymma genom de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna.

Brandscenario 3 – brand i Centrumgrillen

I scenario 3 uppstår inga kritiska förhållanden inom den tidsperiod som anses rimlig för att utrymma. Detta beror på att branden är för liten för att orsaka fara i lokaler som är stora och sammanhängande.

12. Utvärdering och slutsatser

12.1 Brandlarmet

Under besöket i Väsby Centrum den 14 september 2006 aktiverade brand- och utrymningslarm. Då ett urval av verksamheterna i centrumet vid denna tidpunkt redan tillfrågats om sina rutiner vid eventuell utrymning av byggnaden, var det mycket intressant att se hur detta sedan fungerade i verkligheten. Av de tillfrågade verksamheterna hade de flesta i förväg bedömt att en eventuell utrymning av centrumet endast skulle ta fem minuter eller mindre. Vid detta tillfälle tog det dock drygt elva minuter.

Under utrymningen observerades en del brister. Utrymningslarmet hördes endast i vissa delar av centrumet. Då personal tillfrågades i efterhand om utrymningslarmet var det ett stort antal av dessa som inte hört larmet. Av de som hörde larmet tyckte många att det hördes dåligt. Det kunde konstateras att personer som uppehöll sig nära centrumgångarna, då larmet aktiverade, hörde detta i betydligt fler fall än personer som befann sig längre in i någon butik. Anledningen till att inte larmet hördes är oklar. Dock gjordes antaganden av personal på Rodamco att någon kabel till larmet förmodligen hade råkat kapas i samband med ombyggnaden av centrumet.

Även då utrymningslarmet vid detta tillfälle inte fungerade som det skulle måste påpekas att själva utrymningslarmet i sig är mycket bra. Det talade meddelandet är enkelt och informativt.

Att ha brandvakter vid samtliga huvudentréer visade sig vara en bra lösning. Dock tog det upp till sju minuter innan vakter fanns på plats utanför samtliga entréer. Innan denna tidpunkt fortsatte en del personer in i centrumet trots att utrymningslarmet kunde höras tydligt utanför byggnaden.

Det observerades att ytterst få personer lämnade centrumet genom de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna. Då persontätheten vid tillfället var låg samtidigt som ingen påtaglig risk kunde observeras av utrymmande personer är det svårt att dra några slutsatser utifrån detta.

Det bör poängteras att samtliga personer inte lämnade centrumet under utrymningen. Det är inte helt ovanligt att t.ex. hantverkare som arbetar inne i centrumet, när utrymningslarmet går, inte vill utrymma, då en utrymning kan påverka ett pågående arbete¹.

12.2 Brandteknisk byggnadsklass

Enligt ritningar över objektet är en del av de brandcellsavskiljande väggarna utförda i klass EI30 medan andra är utförda i klass EI60. Då kravet på brandcellsavskiljande byggnadsdelar för en Br2-byggnad endast är EI30, se *kapitel 4.1*, kan konstateras att Väsby Centrum uppfyller kravet.

Det observerades även under besöket att de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna var målade med brandskyddad färg. Huruvida denna uppfyller kraven som ställs på ytskikt av en utrymningsväg i en Br2-byggnad har inte utretts vidare i denna rapport.

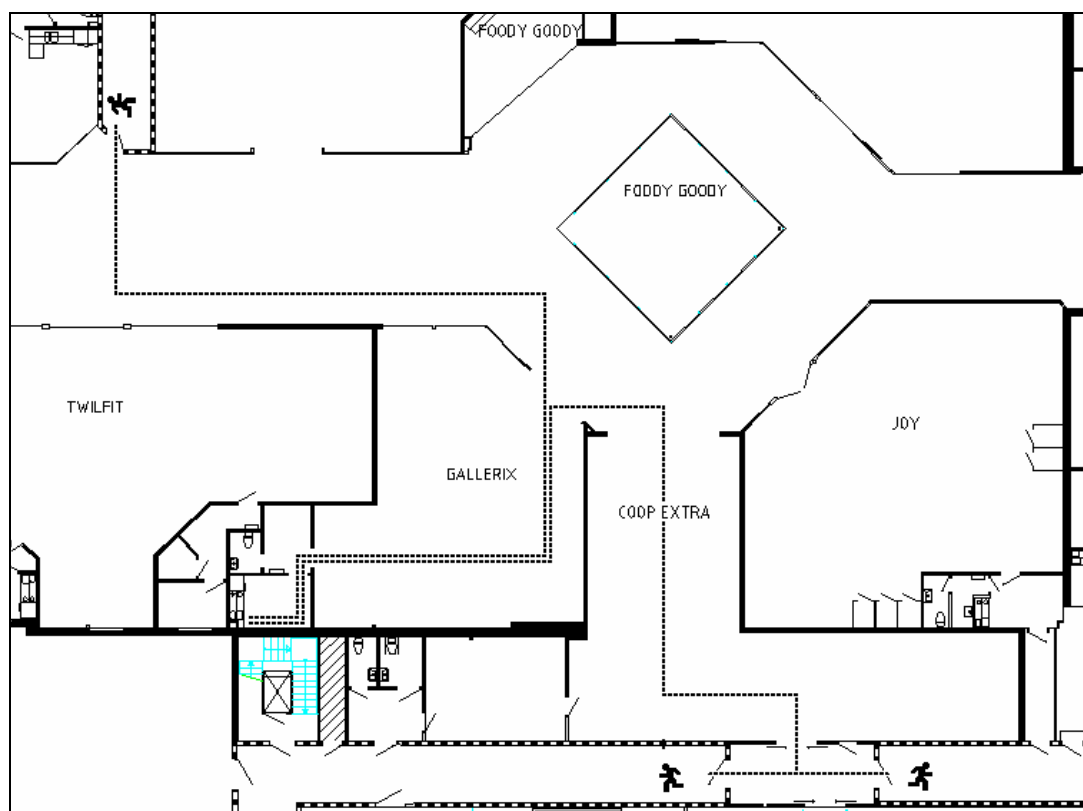
¹ Åkerberg Lennart, 2006.

12.3 Utrymning

12.3.1 Utrymningsvägar

Grundkravet för Väsby Centrum är att det ska finnas minst fyra av varandra oberoende utrymningsvägar, eftersom centrumet är en samlingslokal för mer än 1000 personer. Utrymningsvägar finns det gott om – de fyra huvudentréerna, som leder ut i det fria, samt de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna. Vidare ställs dock krav på att gångavståndet till närmaste utrymningsväg inte får överstiga 40 m vid förenklad dimensionering, i Väsby Centrum. Detta krav uppfylls däremot inte överallt i centrumet.

Ett exempel på detta är gångavståndet från butiken Gallerix, som är belägen i den Östra gången, till närmaste utrymningsväg. Från butikens sämst belägna punkt får alltså gångavståndet till närmaste utrymningsväg inte överstiga 40 m. Eftersom Gallerix saknar utrymningsväg bak i butiken måste avståndet från butikens sämst belägna punkt ut till centrungången dubblas. Detta avstånd har beräknats till 43 m (efter dubbling). Väl ute ur butiken finns det två olika utrymningsvägar som ligger på ungefär samma avstånd från Gallerix. Den ena är belägen väster om Intersport och för att nå den andra utrymningsvägen måste man passera genom Coop Extras förbutik. Sträckan mellan ingången till Gallerix och till utrymningsvägen, belägen väster om Intersport, är cirka 29 m. Samma avstånd har uppmätts mellan ingången till Gallerix och den andra utrymningsvägen, belägen bakom förbutiken till Coop Extra. Detta innebär att det totala gångavståndet från Gallerix sämst belägna punkt till någon av de brandtekniskt klassade utrymningsvägarna är 72 m. Kraven vid förenklad dimensionering uppfylls alltså inte.



Figur 12.1. Gångvägar till utrymningsvägar från den sämst belägna platsen i Gallerix.

Krav ställs även på att Väsby Centrums nödutgångar ska vara markerade med genomlysta skyltar. Vid besöket konstaterades att långt ifrån alla utrymningsvägar var markerade över huvud taget. För en detaljerad beskrivning av de olika verksamheterna i Östra gångens utrymningsvägar se *bilaga W*.

Att Väsby Centrum ska vara försett med nödbelysning ställs det också krav på. Detta krav innefattar även att skyltar som markerar utrymningsvägarna ska vara försedda med nödbelysning. Även då centrumet är försett med nödbelysning uppfylls inte detta krav till fullo då den vägledande markeringen är otillräcklig.

För mer ingående genomgång av krav som ställs på utrymningsvägarna i Väsby Centrum, se *kapitel 4.2.1*.

Vid besöket noterades det att en del dörrar som leder till utrymningsvägar var blockerade. Detta kan få stora konsekvenser då dessa i vissa fall kan vara den enda säkra vägen ut.

12.3.2 Tid till utrymning

Det har visat sig att den variabel som påverkar utrymningstiden mest är om det finns ett fungerande utrymningslarm. Är detta satt ur funktion ökar riskerna vid utrymning markant. Det är alltså av största vikt att det genomförs regelbundna kontroller av utrymningslarmets funktion samt att det hörs i alla relevanta utrymmen. Detta är extra viktigt under de perioder då ombyggnad pågår i centrumet, då just ombyggnadsarbete bedömdes vara orsaken till att utrymningslarmet fallerade vid utrymningen 2006-09-14. Kan inte utrymningslarmets funktion säkras kan inte heller personsäkerheten garanteras.

Tiden till utrymning är dock beroende av fler variabler. Användning av de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna från butikerna skulle reducera utrymningstiden något vilket ökar säkerheten.

12.4 Tekniskt brandskydd

Väsby centrum har ett tätt sprinklersystem och relativt många rökluckor för brandgasventilation. Simuleringar har visat att dessa förlänger tiden till kritiska förhållanden. Dessa delar av det tekniska brandskyddet kan alltså så ses som goda. Dock kan det vara en idé att överväga byte till sprinklerhuvuden av modell quick response. Detta då dessa ökar chansen att branden släcks helt i ett tidigt skede och reducerar risken för materiella skador.

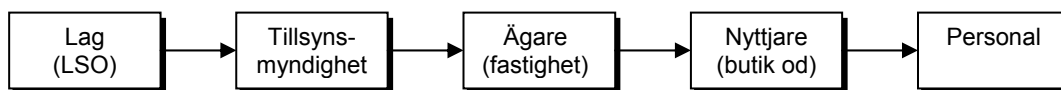
Vid besöket observerades att vissa rökluckor var delvis blockerade av gardiner och dylikt. Då rökluckornas funktion är mycket viktig måste detta ses över.

Det som brister i det tekniska brandskyddet är avsaknaden av hjälpmedel för initial brandsläckning. Lokaler med hög brandbelastning saknar redskap, såsom handbrandsläckare eller brandfilt, för en första insats vid brand. Detta leder till en onödig risk för snabbt tilltagande bränder vilket i sig kan få stora konsekvenser för både personsäkerheten och resultera i stor förlust av egendom.

12.5 Organisatoriskt brandskydd

Vid brandlarmet som beskrevs i *kapitel 2* i denna rapport, sågs något som kan vara ett bra exempel på en bra funktion inom brandskyddsarbetet. Detta exempel var när personal från butiker nära entréerna tog på sig orangea västar och hindrade folk från att ta sig in i centrumet under utrymningen.

Om ett tillfredställande brandskydd finns inom en organisation, skulle vem som helst ur organisationens personal kunna svara på frågor som t.ex. gäller agerande vid brand eller utrymning. Vid vårt besök på Väsby Centrum ställdes denna typ av frågor till personalen, vilka redovisas i *bilaga B*. Att många egentligen inte visste hur de skulle agera eller inte heller hade fått någon information om brandskyddet kan ses som ett symptom på briser i det systematiska brandskyddsarbetet. Här är det viktigt att inte hänga ut en enskild person eller enskild butik men istället utreda varför dessa inte har den nödvändiga vetskapen.



Figur 12.2. Förenklad beskrivning av möjligt informationsflöde från Lagen om skydd mot olyckor till butiksanställd.

Figur 12.2 beskriver förenklad informationsväg för regelverket kring det organisatoriska brandskyddet. Tillsynsmyndighet, dvs. brandkåren, bör kunna vända sig till en och samma part, i detta fall fastighetsägaren, vid tillsyn. Fastighetsägaren skall då i sin tur ha överenskommelse gjord med respektive verksamhet hur ansvarsfördelningen mellan de båda skall vara. Nyttjaren, alltså verksamhet som butik, kontor eller restaurang, skall se till att dess personal har erforderlig kunskap om det brandskydd som finns. På Väsby Centrum är det i första hand Rodamco som Brandkåren Attunda utför själva tillsynen hos. Skulle det brista i en viss butik kan dock två protokoll utfärdas; ett till Rodamco och ett till verksamheten.

De som har de bäst etablerade brandskyddsrutinerna av de intervjuade butikerna, har detta i flesta fall tack vare färdiga rutiner inom sin egen organisation. Oftast är detta butiker inom större kedjor. I dessa fall skulle vidare diskussioner kunna föras angående om det kan uppstå någon ”kompabilitetskonflikt” mellan ägarens systematiska brandskyddsarbete och verksamhetens egen organisations brandskyddspolicy. I ett sådant fall bör dock en genomtänkt kompromiss tillämpas som medför att krav inom respektive organisation inte underskrids. T.ex. om den ena organisationen förordar tre brandsläckare och den andra fyra, skall den sistnämnda rekommendationen användas.

I vissa fall ger butikerna och restaurangerna intrycket att de själva tycker att de inte behöver införa ett systematiskt brandskyddsarbete. Anledningen till detta är inte att det skulle kännas onödigt, utan för att de tror och förväntar sig att fastighetsägaren är den som ensam ansvarar för detta. Ett kritiskt antagande mot butikerna och restaurangerna är att dessa ser systematiskt brandskyddsarbete som en extra belastning och att de inte behöver genomföra detta om ingen sätter press på dem. Detta kan t.ex. bero på att man inte finner någon vinning i det. Att investera i larmbågar, kameror eller bevakning ger för en butik en effekt i form av ett lägre svinn. Ett systematiskt brandskyddsarbete har inte denna ”morot”. Ingen butik förväntar sig att fastighetsägaren skall bekosta larmbågar. Men liksom larmbågar uppfyller ett systematiskt brandskydd, till stor del, en preventiv funktion.

Uppfattningen som verksamheterna har om vem som skall ansvara för brandskyddet, delas inte av Rodamco som säger sig endast ansvara för byggnaden och den egna verksamheten. Varje verksamhet ansvarar i sin tur för det egna brandskyddet.

Vem ska då ansvara för brandskyddet i en butik? Vem som skall ansvara för en enskild detalj är egentligen betydelselöst, så länge det finns någon som ansvarar för det. Det är ytterst viktiga att det finns beskrivet vem som ansvarar för vad, annars är risken stor för att denna detalj glöms bort eller antas vara någon annans ansvar. Det skall alltså vara tydligt och tveklöst vad fastighetsägare respektive butik ansvarar för. Gemensamt ansvar för enstaka detaljer bör undvikas.

Flera ansvarsområden bör gå hand i hand. Fastighetsägaren kan upprätta ramar för hur verksamheterna skall agera vid en speciell händelse. Verksamheterna ansvarar sedan för att detaljrutinerna, t.ex. vem som gör vad bland personalen vid denna händelse samt tillse att all personal kan dessa rutiner och efterlever dem.

Ovanstående diskussion är baserad mycket kring intervjuerna med personal från verksamheterna, med varierande befattningar. Slutsatserna av dessa är samstämmiga med svaren på de skriftliga redogörelserna ifyllda av verksamheterna inom Väsby Centrum. På frågan ”Finns överenskommen ansvarsfördelning mellan ägare och verksamhetsutövare för underhåll och kontroll av det byggnadstekniska brandskyddet och de fasta installationerna?” har enbart en femtedel av verksamheterna svarat att det finns en sådan.

15 % har svarat att det inte är relevant eftersom ägare och nyttjare är densamma. Detta svar borde inte kunna

anges av någon annan än Rodamco, eftersom Rodamco är de enda inom centrumet som både är ägare och nyttjare. Redogörelserna är ifyllda av personer med ansvar för verksamheten, med andra ord de som bäst borde känna till sin egen verksamhets åtagande. Ändå har nästan 40 % svarat att de inte vet om det finns en överenskommen ansvarsfördelning mellan dem och fastighetsägaren.

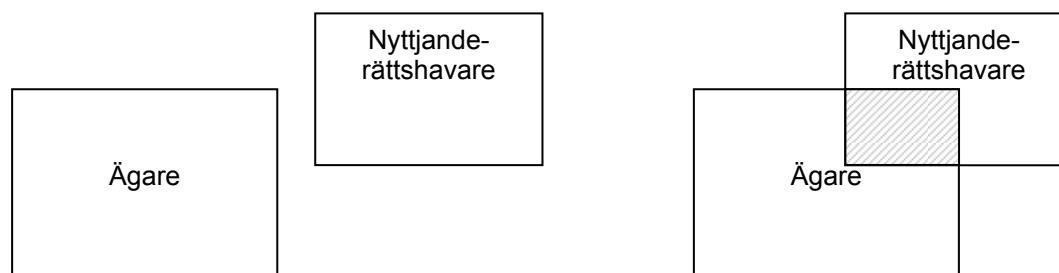
Oavsett hur bra en policy för brandskydd är, blir den betydelselös om inte alla butiker känner till den och vet vad de har för ansvar i frågan. Vidare räcker det inte med att butiken får information och ansvar tilldelade, de skall även kunna redogöra att de arbetar efter den.

De enskilda verksamheterna skall utföra de kontinuerliga kontrollerna som t.ex. att dagligen tillse att utrymningsvägar funktionella och fria från hinder. Fastighetsägaren skall utföra schemalagda kontroller med jämna intervall, där de enskilda verksamheternas ansvarsområden och åtagande kontrolleras och följs upp.

Diskussionen hittills har i huvudsak fokuserats på ansvarsförhållandet mellan fastighetsägare och verksamhet. Dock gäller även att brandskyddsarbetet skall gälla för fastighetsägarens egen personal och verksamheter, t.ex. administrativ personal (kontor) och vaktmästare (vaktmästeri).

Även extern personal såsom ordningsvakter, hantverkare och evenemangspersonal skall informeras om och involveras i det systematiska brandskyddsarbetet. För de som enbart tillfälligtvis befinner sig på objektet bör denna information vara enkel och finnas på en blankett som gästen får med sig. Vid det utlösta brandlarmet i september fanns det hantverkare kvar på objektet efter utrymningen, eftersom de antog att larmet inte var av någon större betydelse.

Sammanfattat har Rodamco ett eget systematiskt brandskyddsarbete men detta tycks inte involvera nyttjanderättshavarna i större grad. Detta kan bero på bristande information från Rodamco, bristande engagemang hos verksamheterna och/eller osäkerheter om lagen. Vissa verksamheter har egna brandskyddsarbeten. Dessa är dock inte knutna till Rodamcos brandskyddsarbete. Till viss del har nyttjanderättshavarna fått krav på sig från Rodamco, gällande exempelvis att verksamheterna ska uppfylla kravet för vägledande markeringar samt att alla verksamheter ska vara utrustade med initial släckutrustning. Dessa krav är det dock få av verksamheterna i Väsby Centrum som uppfyller idag.



Figur 12.3. Figuren till vänster är en illustration på hur brandskyddsarbetet verkar fungera idag på Väsby Centrum. Den högra figuren illustrerar hur brandskyddsarbetet borde vara. Det grå fältet är ansvarsområden som ska kontrolleras kontinuerligt av nyttjanderättshavaren och schemalagt av ägaren.

12.6 Sammanfattande utvärdering

Väsby Centrum har goda förutsättningar för att kunna ha ett tillfredställande brandskydd. Centrumet är näst intill helsprinklat, försett med brandgasventilation i form av rökluckor i flera delar av byggnaden samt försett med ett heltäckande brandlarm, vilket inkluderar ett tydligt och informativt talat utrymningslarm. Dock är det glest med detektorer i byggnaden, då många verksamheter helt saknar detektorer. Väsby Centrum är dessutom välförsett med utrymningsvägar, både i form av huvudentréer och brandtekniskt skilda utrymningsvägar.

Utvärdering av de tre brandscenarierna i denna rapport visar dock att personsäkerheten inte kan garanteras för samtliga bränder, enligt hur brandskyddet ser ut idag. Anledningen till detta är delvis att många av centrumets befintliga nödutgångar inte kan användas till följd av blockering, bristfällig markering samt avsaknaden av rutiner hos stor del av personalen. Avsaknaden av tillfredställande antal detektorer leder till att aktivering av utrymningslarmet fördröjs, vilket resulterar i en förlängd utrymningstid för personer som befinner sig i centrumet. Vid utrymningslarmet 2006-09-14 upptäcktes även brist i form av ett icke tillfredställande utrymningslarm. Detta visar att även fastighetsägarens kontroll av de brandtekniska installationerna är bristfällig. Detta skulle kunna orsaka stora konsekvenser även i andra fall, exempelvis om rökluckor på Stora torget fallerar vid brand.

Till grund för dagens bristande brandskydd tros avsaknaden av ett tillfredställande organisatoriskt brandskydd vara en betydande faktor. Ytterst få av nyttjanderättshavarna i centrumet är medvetna om vem som bär ansvaret för brandskyddsfrågor som berör den egna verksamheten.

I samband med att Väsby Centrum nu genomgår en stor förändring och därmed ett ansiktslyft, ges ett ypperligt tillfälle att se över och förbättra dagens brandskydd, innefattande både det byggnadstekniska samt det organisatoriska.

13. Förslag på åtgärder

Med underlag av observationer och analyser av simuleringar och handberäkningar föreslås ett antal åtgärder för att förbättra och underhålla säkerheten vid brand i Väsby Centrum.

Dessa åtgärder *bör* genomföras:

- installation av handbrandsläckare *bör* genomföras i alla lokaler med hög brandbelastning och risk för snabba brandförlopp.

Dessa åtgärder *skall* genomföras:

- säkerställa rutiner för kontroll av utrymningslarms funktion och hörbarhet
- installera detektorer i samtliga utrymmen
- säkerställa rutiner för kontroll av det byggnadstekniska brandskyddet
- säkerställa rutiner för kontroll av framkomlighet i och till utrymningsvägar
- markera alla utrymningsvägar med lämpliga skyltar
- säkerställa rutiner för kontroll av utrymningsskyltars synbarhet och funktion
- översyn av alternativa utrymningsvägar från verksamheterna
- genomgång av det systematiska brandskyddsarbetet
- utbildning av personalen.

Dessutom rekommenderas att genomföra:

- byte av sprinklerhuvuden till modellen quick response.

Installation av handbrandsläckare

Då lokalerna i flesta fall innehåller stora mängder brännbart material så bör dessa förses med handbrandsläckare i de fall då de saknas. Ett tidigt ingripande mot brand kan spara liv och egendom.

Säkerställa rutiner för kontroll av utrymningslarmets funktion och hörbarhet

Utrymningslarmets funktion *skall* säkras genom regelbundna kontroller. Hörbarheten måste verifieras i hela centrumet.

Installera detektorer i samtliga utrymmen

Ett flertal butiker och utrymmen har inga branddetektorer installerade varför detektion av brand i dessa utrymmen skulle bli onödigt fördröjda.

Säkerställa rutiner för kontroll av det byggnadstekniska brandskyddet

Framförallt är det viktigt att de brandtekniska installationerna kontrolleras regelbundet, deras funktion kan annars inte säkerställas.

Säkerställa rutiner för kontroll av framkomlighet i och till utrymningsvägar

Öppningar till utrymningsvägar får inte blockeras eller låsas. Utrymningsvägarna får inte heller innehålla lösa föremål då detta kan förhindra utrymning. Framkomligheten *skall* kontrolleras kontinuerligt.

Markera alla utrymningsvägar med lämpliga skyltar

Alla utrymningsvägar *skall* vara lämpligt skyltade.

Säkerställa rutiner för kontroll av utrymningsskyltars funktion och synbarhet

Utrymningsskyltar får inte täckas. För genomlysta skyltar *skall* driften kontrolleras kontinuerligt. Detta inkluderar även nödbelysningen.

Översyn av alternativa utrymningsvägar från verksamheterna

Kraven på utrymningsvägar från verksamheterna uppfylls inte alltid enligt de regler som ställs vid förenklad dimensionering. Som exempel kan utrymningsväg från Gallerix nämnas.

Genomgång av det systematiska brandskyddsarbetet

Införa ett övergripande systematiskt brandskyddsarbete som inkluderar hela centrumet. Här skall ansvarsfördelningarna mellan Rodamco och de enskilda verksamheterna vara tydligt angivna. Rodamco skall, för att tillfredställande brandsäkerhet på Väsby Centrum skall kunna uppnås, ställa krav på att verksamheterna att dessa uppfyller sin del av ansvaret i brandskyddsarbetet. Rodamco skall även regelbundet se till att dessa krav efterlevs genom schemalagda kontroller.

Utbildning av personalen

Personalen skall genomgå godtycklig utbildning och övning i brandskyddet. Utbildning skall bland annat omfatta praktiska moment som släckning med handbrandsläckare och utrymningsövning men även erforderliga kunskaper i förebyggande arbete.

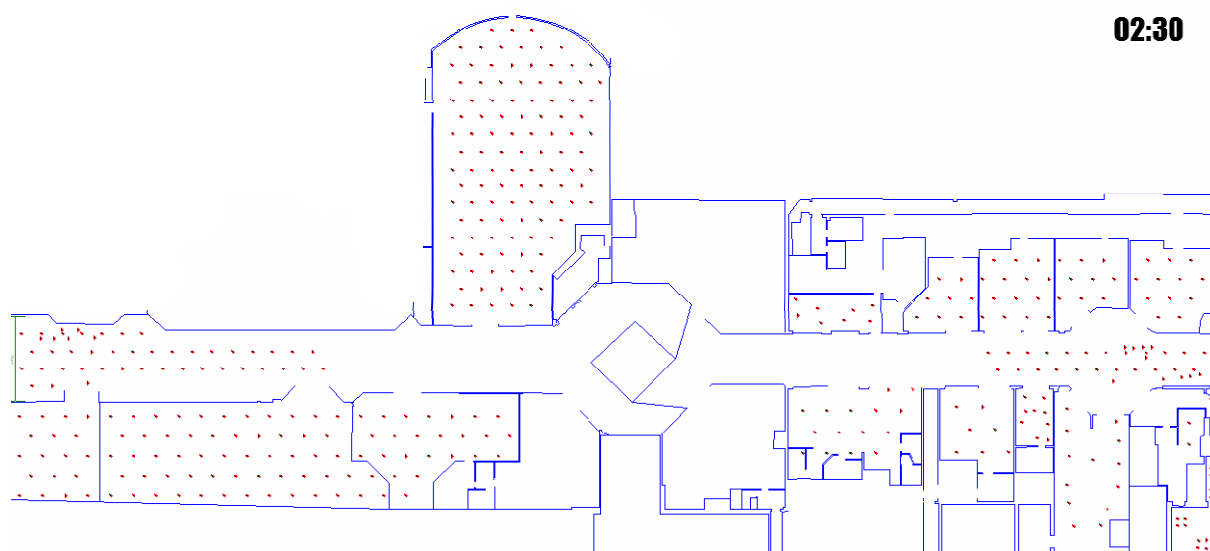
Byte till sprinklerhuvuden av modell quick response

Tidigare aktivering av sprinklerhuvudet kan kontrollera branden i ett tidigare skede. Dessutom leder en tidig sprinkleraktivering till en större möjlighet att branden släcks helt. En tidig aktivering resulterar i en mindre produktion av varma brandgaser vilket minskar risken att fler sprinklerhuvuden aktiveras. Detta kan i sin tur begränsa mängden vatten- och rökskador.

14. Validering av åtgärder

Som Väsby Centrums brandskydd är utformat i dagsläget kan inte personsäkerheten garanteras för samtliga bränder. Detta har påvisats främst genom utvärdering av brandscenario 1.

För brand i Joy kan i värsta fall kritiska förhållanden uppstå i Östra gången redan efter 2,5 minuter. Denna tid bygger dock på mycket konservativa siktberäkningar samt att ingen hänsyn har tagits till förbrinntiden.



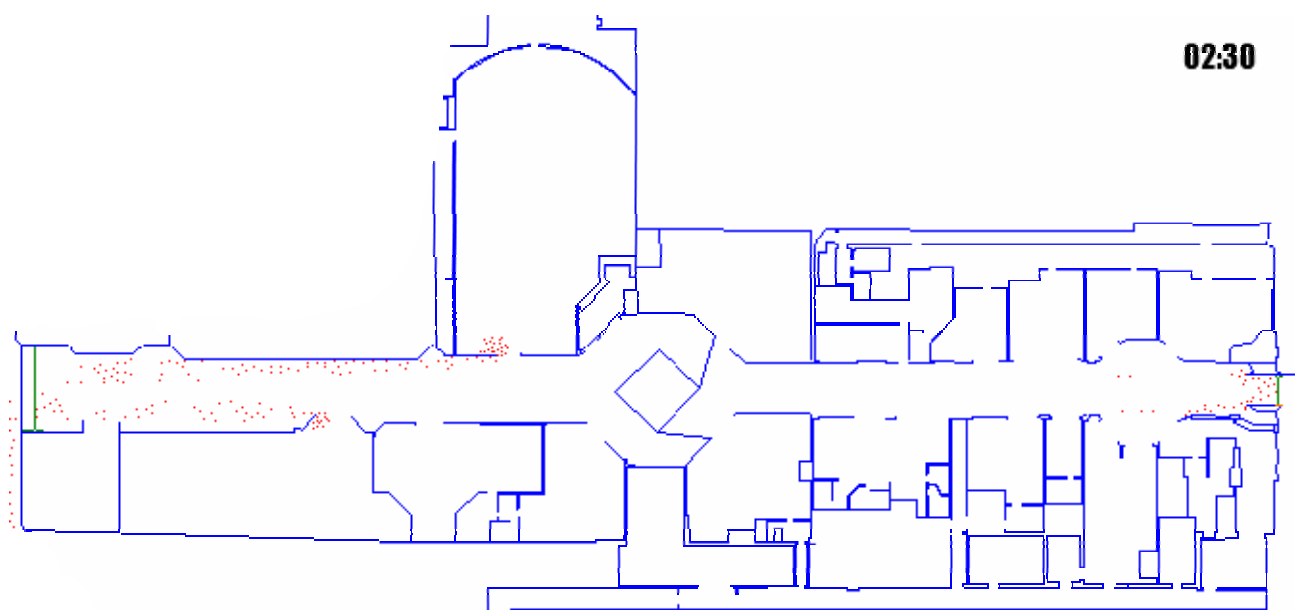
Figur 14.1. Utrymningsförhållanden efter 2,5 minuter enligt dagens brandskydd.

Figur 14.1 visar hur utrymningssituationen ser ut då kritiska förhållanden uppstår i Östra gången. Detta utrymningsscenario bygger på dagens brandskydd, vilket förutsätter att nödutgångarna inte används samt att utrymningslarmet aktiveras först då en detektor i Östra gången aktiveras. Detta scenario är giltigt både för de fall då utrymningslarmet aktiveras och hörs och då det inte gör det. Anledningen till detta är att larmet i detta fall uppskattas aktiveras först efter 1,5 minuter, vilket innebär att de personerna som befinner sig i den del av byggnaden figuren visar och inte förväntas se branden, har en varseblivnings- samt besluts- och reaktionstid på 2,5 minuter, då larmet aktiveras. Då utrymningslarmet inte fungerar är denna tid längre.

För att påvisa hur ett tillfredställande detektorantal, detektorer i samtliga utrymnen, påverkar utrymningssituationen, konstrueras ytterligare ett utrymningsscenario. Utrymningslarmet förväntas här kunna aktiveras efter 0,5 minut, till följd av detektoraktivering inne i Joy. Detta scenario förutsätter att utrymningslarmet fungerar tillfredställande.

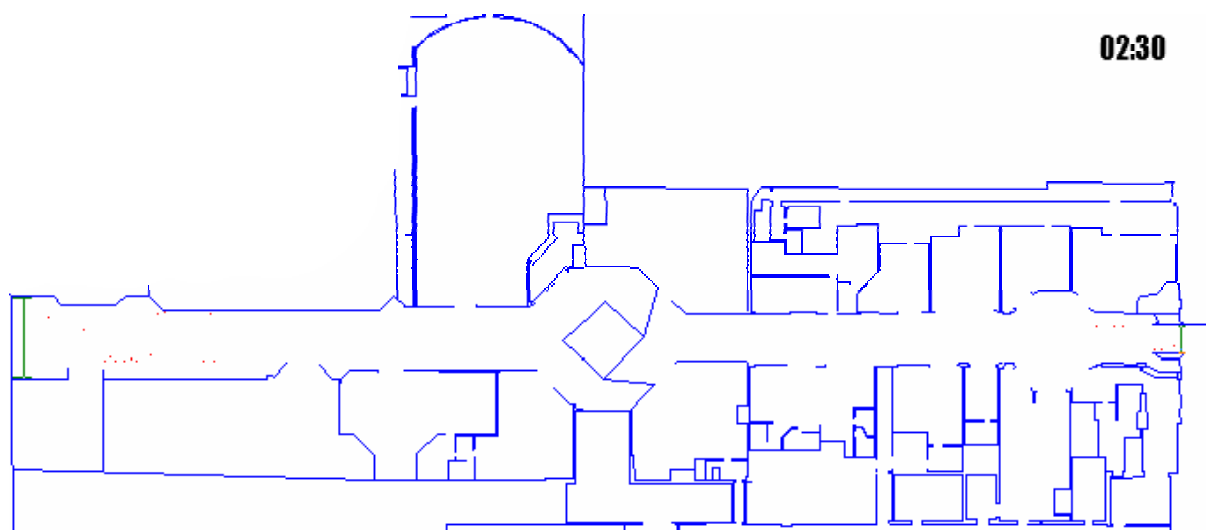
Figur 14.2 visar att en tidig detektoraktivering förbättrar utrymningssituationen avsevärt. Scenariot förutsätter dock att fortfarande inga nödutgångar används, vilket resulterar i att köbildning kommer uppstå från vissa butiker. Därigenom kommer en del personer fortfarande uppehålla sig i den Östra gången då kritiska förhållanden uppstår. Att enbart installera fler detektorer räcker alltså inte för att personsäkerheten ska kunna garanteras vid detta brandscenario.

För att påvisa hur ett tillfredställande utrymningslarm, detektorantal samt tillfredställande utrymning genom befintliga nödutgångar påverkar personsäkerheten, konstrueras ett tredje utrymningsscenario. Genom att låta personer som befinner sig i verksamheter med befintlig nödutgång utrymma genom denna, förväntas köbildningen lätta.



Figur 14.2. Utrymningsförhållanden efter 2,5 minuter enligt dagens brandskydd, men med utrymningslarmsaktivering efter 0,5 minut.

Figur 14.3 visar att med ett fungerande utrymningslarm, tidig detektoraktivering samt tillfredställande utrymning via nödutgångarna kommer endast ett fåtal personer fortfarande uppehålla sig i Östra gången då kritiska förhållanden uppstår. Dessa personer kommer vid denna tidpunkt att befinna sig i de mest avlägsna delarna av gången från branden sett. På grund av att den kritiska tiden är mycket konservativ dras slutsatsen att utrymning kan ske på tillfredställande sätt i detta scenario och personsäkerheten kan därigenom garanteras.



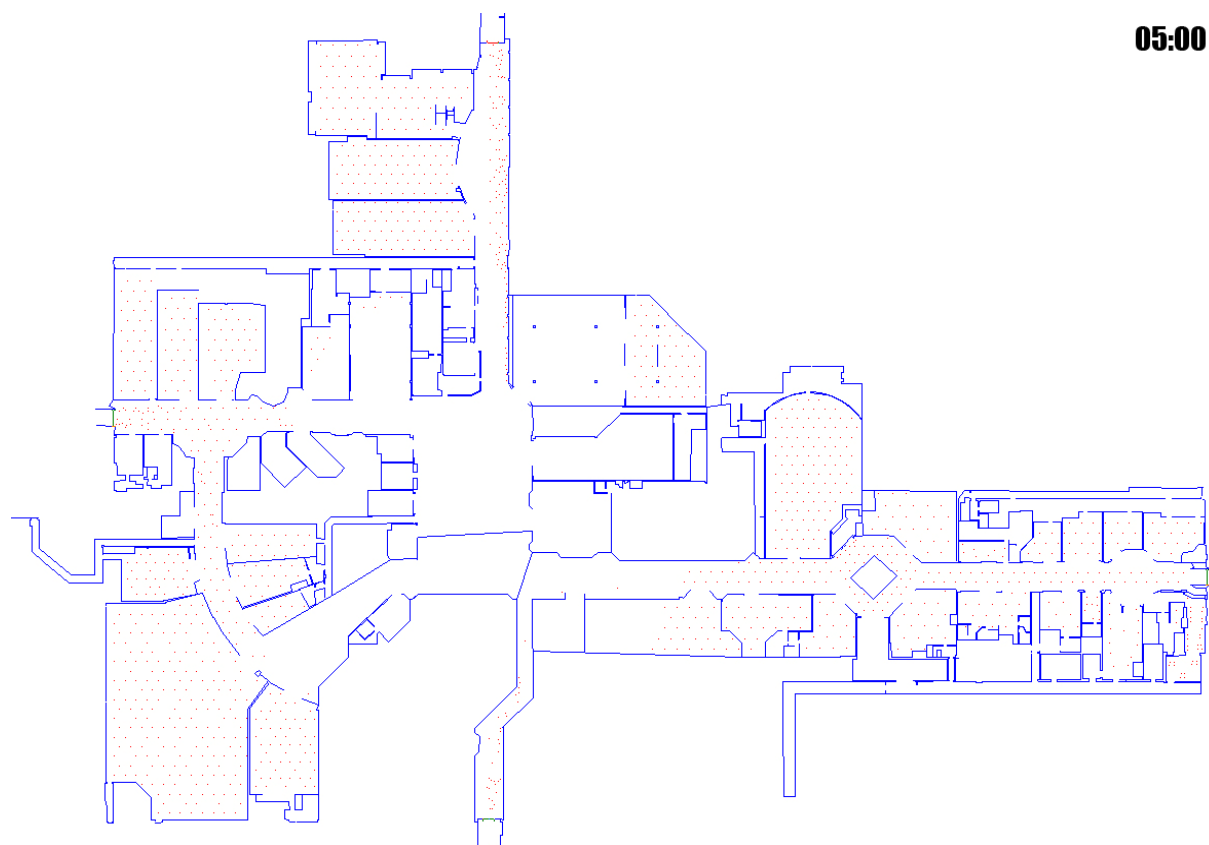
Figur 14.3. Utrymningsförhållanden efter 2,5 minuter med tillfredställande utrymningslarm, detektorer i samtliga utrymnen samt användning av alla befintliga nödutgångar.

Alltså krävs det att utrymningslarmet fungerar tillfredställande, att detektorer placeras i samtliga utrymnen, samt att befintliga nödutgångar används för att garantera personsäkerheten för denna typ av brandscenario. För att nödutgångarna ska vara användbara måste framkomlighet, skyltning samt personalens rutiner vara

tillfredställande. Då det är mycket lätt att utan att tänka sig för råka blockera en nödutgång eller skymma en markering av en sådan är det viktigt att rutiner finns för kontroll av dessa krav. Detta för att säkra att denna åtgärd är robust över tiden.

Vid objektsbesöket aktiverade utrymningslarmet, men fungerade inte tillfredställande då det inte hördes i stora delar av centrumet. Utrymningslarmet måste enligt resonemanget ovan fungera tillfredställande för att kunna garantera personsäkerheten vid brand. Utrymningslarmets funktion och hörbarhet måste därför säkerställas med hjälp av regelbundna kontroller av detta.

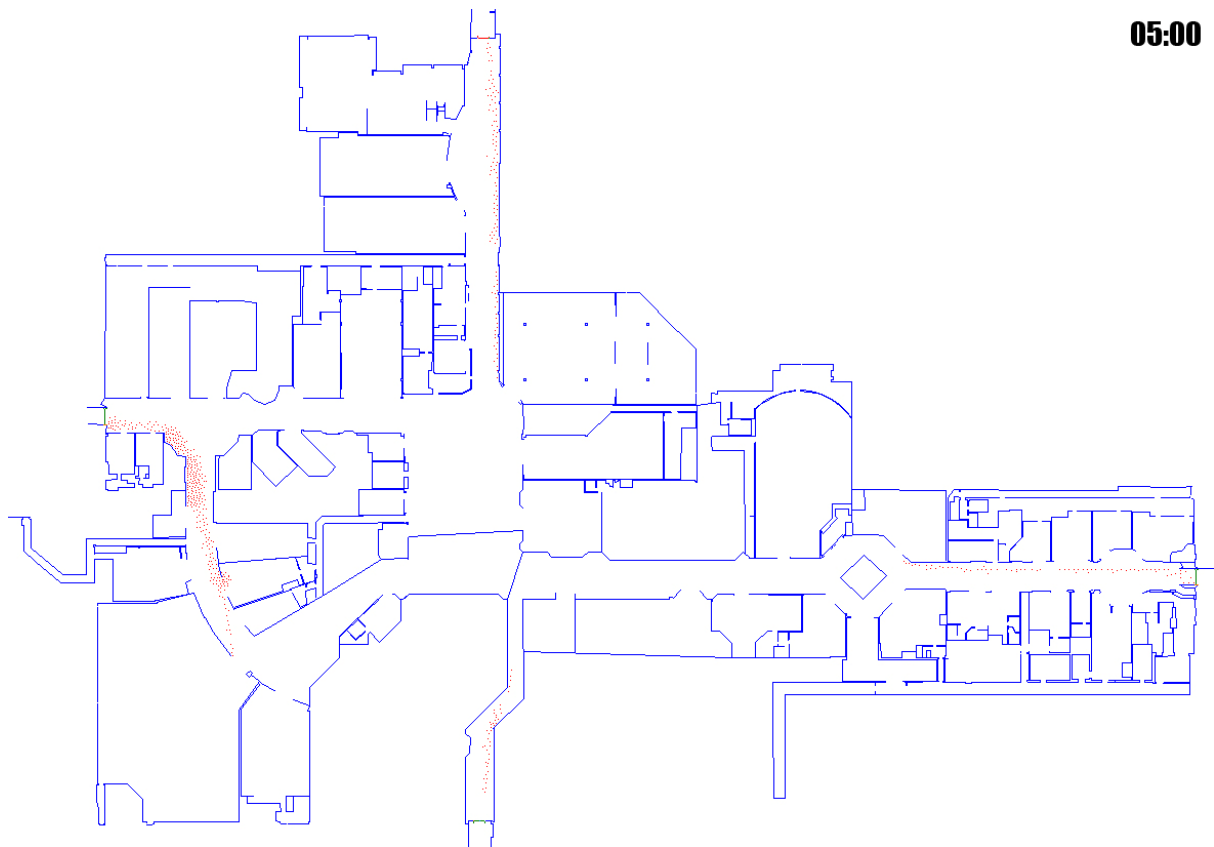
Att utrymningslarmet inte fungerade tillfredställande vid objektsbesöket indikerar att fastighetsägarens kontroll av det byggnadstekniska brandskyddet är otillräckligt. Detta skulle, som tidigare nämnts i *kapitel 12.6*, kunna få stora konsekvenser i ett fall då rökluckorna på Stora torget inte öppnar vid brand där. I brandscenario 2 uppskattas tiden till kritiska förhållanden aldrig understiga tiden till utrymning av samt passage över Stora torget. Dock uppskattas tiden till kritiska förhållanden i värsta fall kunna uppstå i centrumgångarna redan efter 5 minuter.



Figur 14.4 Utrymningsförhållanden efter 5 minuter, då rökluckorna på torget fallerar, nödutgångarna inte används samt utrymningslarmet fallerar.

Figur 14.4 visar utrymningssituationen då kritiska förhållanden uppstår i centrumgångarna för ett utrymningsscenario där allt fallerar; rökluckorna på Stora torget, användandet av nödutgångar samt utrymningslarmet. För en stor del av centrumets besökare kan inte en tillfredställande utrymning ske vid detta scenario.

För att påvisa hur ett tillfredställande utrymningslarm påverkar personsäkerheten vid detta scenario, konstruerades ett utrymningsscenario där rökluckorna på torget fallerar och nödutgångarna inte används, men utrymningslarmet fungerar tillfredställande.



Figur 14.5 Utrymningsförhållanden efter 5 minuter, då rökluckorna på torget fallerar, nödutgångarna inte används, men utrymningslarmet fungerar tillfredställande.

Figur 14.5 visar att personsäkerheten inte kan garanteras även då utrymningslarmet fungerar tillfredställande.

En simulering där både utrymningslarm samt användning av nödutgångar fungerade tillfredställande, visade att utrymning av centrumet kunde ske säkert.

Alltså kan konstateras att då rökluckorna på Stora torget fungerar, förväntas utrymning alltid kunna ske under tillfredställande förhållanden. Det är därför viktigt att genom regelbunden kontroll av rökluckorna säkra deras funktion. Om rökluckorna ändå skulle falla, krävs att både utrymningslarm samt användning av nödutgångar fungerar tillfredställande.

Generellt kan ingen slutsats dras om hur många byggnadstekniska brandskydd som samtidigt kan falla vid en brand, för att personsäkerheten ska kunna säkerställas. Detta är beroende av både brandscenario och fall. Därför måste alla åtgärdsförslag, vilka är presenterade som en *skall*-åtgärd i *kapitel 13*, utföras för att kunna garantera personsäkerheten vid brand i Väsby Centrum.

15. Källförteckning

Litteraturförteckning

- Abrahamsson, Marcus (1997) Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler. Examensarbete. Avdelning för brandteknik, LTH, Lund
- Anläggarintyg för sprinkler, Väsby Centrum etapp IIB & IIIB
- Boverket (2006). *Boverkets byggregler, BBR*. Boverket. Karlskrona.
- Boverket (2004). *Utrymningsdimensionering*. Boverket. Karlskrona.
- Brandskyddshandboken. Rapport 3117. Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2002
- Brandskyddshandboken. Rapport 3134. Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2005
- DeLauter, L.A & Lee, J & Roadarmel, G.L. (2001). *Fire Test of Men's Suits on Racks*. National Institute of Standards and Technology U.S. Department of Commerce. Gaithersburg.
- Frantzich, Håkan (2001), *Tid för utrymning*. Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund
- Holmstedt, Göran & Nilsson, Daniel (2006). *Kompendium i Aktiva System – Detektion*. Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund
- Insatsrapport 2006A01370. Brandkåren Attunda, Upplands Väsby 2006.
- Jensen, Lars (2002). *Brandgasspridning via Ventilationssystem*. Avdelningen för installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund
- Karlsson Björn & Quintiere James G (2000), *Enclosure Fire Dynamics*. CRC.
- Konsekvensutredningar dnr 120-6621-2003. Räddningsverket, 2003
- Räddningstjänst i siffror*. Fakta om räddningstjänstens insatser 1996–2004. Räddningsverket, Karlstad, 2005
- SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Second edition. NFPA, 1995
- SRVFS 2003:10. Statens räddningsverk, 2003
- SRVFS 2004:3. Statens räddningsverk, 2004
- SRVFS 2004:4. Statens räddningsverk, 2004
- Särdqvist, Stefan (1993), *Initial Fires*. Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund
- Särdqvist Stefan (2002), *Vatten och andra släckmedel*. Räddningsverket

World wide web

http://www.civil.canterbury.ac.nz/sfpe/technical_papers/TP3.shtml

<http://web.comhem.se/~u18800220/campingprylar.htm>, hämtat 2006-11-01 kl. 11.30

<http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20030778.htm>, hämtad 2006-10-29 kl. 21.30

<http://www.vasbycentrum.se>, hämtad 2006-10-10 kl. 22.45

Muntliga källor

Andersson, Eva, ordförande företagarföreningen Väsby Centrum, November 2006

Frantzich, Håkan, Universitetslektor, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2006

Holmstedt, Gösta, Brandingenjör, Brandskyddslaget, November 2006

Jensen, Lars, Professor, Avdelningen för Installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2006

Messo, Jousline, Marknadsansvarig Väsby Centrum, Rodamco Europe, September 2006

Ryber, Fredrik, Brandingenjör, Brankåren Attunda, 2006

Åkerberg, Lennart, Tekniskt ansvarig Väsby Centrum, Rodamco Europe, 2006

Bilaga A – Nomenklatur

A	Area [m ²]
A_0	Total öppningsarea [m ²]
A_f	Bränsleytans area [m ²]
D	Bränslekällans diameter [m]
D_0	Rökpotential [m ² /g]
D_L	Optisk densitet per meter [m ⁻¹]
$D_{L,10log}$	Optisk densitet per meter [dB/m], [obscura]
$D_{L,log}$	Optisk densitet per meter [m ⁻¹]
H	Rumshöjd [m]
H_0	Öppningshöjd [m]
I	Ljusintensitet vid mottagaren
I_0	Ljusintensitet vid sändaren
L	Längd [m]
L	Medelflamhöjd [m]
m	Massa [kg]
\dot{m}_a	Massflöde omgivande luft [kg/s]
\dot{m}_{O_2}	Massflöde syre [kg/s]
\dot{m}''	Massavbrinningshastigheten [kg/sm ²]
P	Tryck [Pa]
P_b	Brandtryck [Pa]
P_f	Tryckfall frånluftsdon och -anslutningskanal till anslutningspunkt [Pa]
P_l	Läcktryckfall [Pa]
P_t	Tryckfall i tilluftsdon och kanal [Pa]
q_{bl}	Läckbrandflöde [l/s]
q_l	Läckflöde [l/s]
q_n	normalt ventilationsflöde i frånluftkanalen [l/s]
Q	Energi [kJ]
\dot{Q}	Effekt [kW]
RTI	Response time index [ms] ^{1/2}

t	Tid [s]
T	Temperatur [°C] eller [K]
V	Volym [m ³]
ΔH_C	Förbränningsenergi [kJ/kg]
α	Tillväxtkonstant [kW/s ²]
ρ	Densitet [kg/m ³]
ρ_a	Omgivande lufts densitet [kg/m ³]
χ	Förbränningseffektivitet [-]

Bilaga B – Frågeställning till butiker

Nedan redovisas butikernas svar på följande frågor:

1. Har personalen någon form av brandutbildning?
2. Vad är er butiks rutiner när brandlarmet går?
3. Hur lång tid uppskattar ni att det tar från att larmet går, till dess att butiken är fullständigt utrymd?

Butik 1

1. Brandskyddsutbildning för ordinarie personal, där det ingår släckning med vatten och pulver. Personalen har även provat på släckning med filt över docka.
2. Vid utrymningslarm skickas kunderna i butiken ut genom den vanliga ingången. När alla kunder är ute låser personalen dörren till butiken och ställer sig som brandvakter vid närmaste huvudentré. Detta för att hjälpa folk i ut ur centrumet samt hindra folk från att gå in.
3. Personalen uppskattar att det tar cirka 2 minuter att utrymma butiken.

Svarande: Heltidsanställd.

Butik 2

1. Personalen har ingen speciell brandutbildning, men är informerade om rutinerna vid brand.
2. När larmet går ser man först till att få ut kunderna ur butiken. Därefter låser personalen butiken. Personalen tar på sig en brandväst och ställer sig som brandvakt vid närmaste huvudentré, där de ser till att folk kommer ut ordentligt och att ingen kommer in i centrumet.
3. Utrymningen uppskattas ta upp till 10 minuter, då det alltid tar tid om kunder håller på att betala eller dylikt.

Svarande: Anställd.

Butik 3

1. Ingen utbildning.
2. Vid utrymningslarm stängs butiken och låses. Därefter går personalen ut men vet dock ingenting om någon återsamlingsplats.
3. Vet inget om någon tid för utrymning av butiken.

Svarande: Ny heltidsanställd.

Butik 4

1. Ingen utbildning.
2. Vid utrymningslarm skickas kunderna i butiken ut. Därefter låses butiken och personalen går ut. Beroende på situation väljer personalen att skicka ut kunderna genom utrymningsvägen mitt emot butiken eller genom Östra entrén.
3. Vet inget om någon tid för utrymning av butiken.

Svarande: Två anställda.

Butik 5

1. Obligatorisk brandutbildning och genomgång av utrymningsstrategi.
2. När larmet går börjar man med att ta ut kunderna ur butiken. Därefter ser man till att låsa butiken. Uppsamling av personal sker inne i butiken innan personalen utrymmer.
3. Uppskattar att det tar max 5 minuter att utrymma lokalen efter att larmet gått.

Svarande: Butikschef.

Butik 6

1. Ingen utbildning.
2. Ingen information om hur utrymning ska genomföras.
3. Vet inget om någon tid för utrymning av butiken.

Svarande: Två heltidsanställda.

Butik 7

1. Det finns någon form av direktiv från högre ort angående hantering av kemikalier vid brand, men eftersom just denna butik inte hanterar större mängder av kemikalier så har personalen ej genomgått utbildningen.
2. Se till att kunder och all personal kommer ut och att butiken stängs
3. Ingen uppfattning

Svarande: Butikschef.

Butik 8

1. Butikschef samt förstesäljare har genomgått brandutbildning utförd av brandförsvaret. Övrig personal informeras om brandsäkerheten via personalmötena som äger rum en gång i månaden.
2. När larmet går ser man först till så att kunderna lämnar butiken, i första hand via centrumgången. Om det är fler än en anställd som arbetar, ska gärna en i personalen leda kunderna ut vid behov. Resterande personal låser upp butiken och utrymmer genom bakhörren.
3. Utrymning uppskattas ta cirka 3 minuter. Om det är vinter uppskattas utrymning av butiken ta några sekunder extra, då personalen måste ta sina vinterkläder.

Svarande: Butikschef.

Butik 9

1. Butiken och dess personal har fått ett papper från huvudkontoret om hur man skall agera vid utrymning. *Det verkar dock oklart om det finns rutiner för att personalen verkligen tagit del av denna information. Vidare anser butikschefen att man fått övning i samband med de falsklarm som drabbat butiken.*
2. Det går inte att fastställa någon speciell rutin, detta får avgöras när något inträffar. Agerandet beror på vad som händer. Vid utrymning skall personalen bege sig till avsedd samlingsplats där ansvarig räknar in all personal.
3. Några minuter.

Svarande: Butikschef.

Butik 10

1. Butiken har som policy att regelbundet ge personalen utbildning och övning gällande brand- och utrymnings säkerhet. Detta ges fyra gånger per år.
2. Vid speciellt läge kan personalen förvarnas genom att ett speciellt kodord ropas ut i högtalarsystemet. På så sätt kan personalen t.ex. förbereda sig på utrymning utan att detta påverkar kunderna. Vid utrymning har personalen olika uppgifter.
3. Cirka 5 minuter

Svarande: Butikschef.

Butik 11

1. *Den ena av de tillfrågade i personalen trodde att man hade haft ett par övningar men att hon missat båda. En annan ur personalen hade varit anställd någon månad men visste inget alls om utrymningsrutiner.*
2. Få ut kunder och stänga butiken
3. Vet inget om någon tid för utrymning av butiken.

Svarande: Anställda.

Butik 12

1. *Tillfrågad personal hade inte fått någon information och visste inte heller om det fanns någon information eller utbildning att tillgå.*
2. Få ut kunder och stänga butiken
3. Vet inget om någon tid för utrymning av butiken.

Svarande: Anställd.

Bilaga C – Teori inomhusbranden

Denna bilaga syftar till personer som inte har förkunskap i brandrelaterade områden.

Brandförlopp i ett rum

Ett brandförlopp startar alltid med en antändning. Antändning kan ske spontant eller genom att en pilotlåga tillförs bränslet. Efter antändningen kommer branden att tillväxa. Tillväxten beror främst på bränslets typ, tillgången på syre och bränsle samt brandens placering. Under brandtillväxten frigörs energi. En del av denna energi kommer att värma upp produkter och eventuella biprodukter som bildas vid förbränningen. Resten av den frigjorda energin kommer dels att avges i form av strålning från flamman och dels att transporteras i brandgasplymen till taket och där ge en återstrålning mot golvet. När strålningen från flamman och brandgaslagret är tillräckligt stor, kommer den att ge upphov till antändning av andra bränslepaket. Om tillgång på syre och bränsle är tillräckligt stor kommer branden att fortsätta växa och till slut kommer branden att vara fullt utvecklad.

Mellan tillväxtstadiet och den fullt utvecklade branden, passeras övertändningsstadiet. Den formella definitionen av övertändning lyder ”den snabba övergången till ett stadie då alla ytor och allt brännbart material i rummet deltar i branden”¹. Denna period är mycket kort och varar ofta bara under några sekunder. Under den fullt utvecklade branden, har branden nått sitt maximum. Här är effektutvecklingen samt temperaturen som högst. Efter ett tag kommer bränslet eller syret att börja ta slut och i takt med att syret eller bränslet förbrukas kommer effektutvecklingen att minska och temperaturen att sjunka. Denna sista fas benämns avsvalningsfasen.

Förbrinntid

Förbrinntiden är den tid det tar från att antändning sker tills dess att branden börjar tillväxa¹. Under denna tid kommer materialet som har antänts att börja pyrolysera och rök kommer att bildas. Om branden inte angrips i ett tidigt skede kommer den att kunna växa. Rapporten är baserad på att förbrinntiden försummas och därigenom att tillväxtfasen påbörjas direkt. Förbrinntiden kommer alltså inte studeras vidare. Beräkningarna i rapporten kommer därigenom att vara konservativa då tiden tills den maximala effektutvecklingen uppnås blir kortare än i verkligheten.

Effektutvecklingskurvor

En αt^2 -kurva är en kurva som på ett förenklat sätt beskriver tillväxtfasen av ett brandförlopp. Effektutvecklingen är proportionell mot t^2 och genom att multiplicera t^2 med en tillväxtkonstant, α , kan olika effekt-tid-kurvor beskrivas. Effektutvecklingen som funktion av tiden uttrycks enligt nedanstående formel:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \quad [kW]$$

Uttrycket har visats stämma bra överens med verkligheten under brandens tillväxtfas, alltså när branden väl har börjat växa. Genom att tillväxtfaktorn α antar olika värden kommer effektutvecklingen att ske olika snabbt. Vilket värde konstanten antar beror till största del på materialet som kan tänkas brinna samt på typ av byggnad.

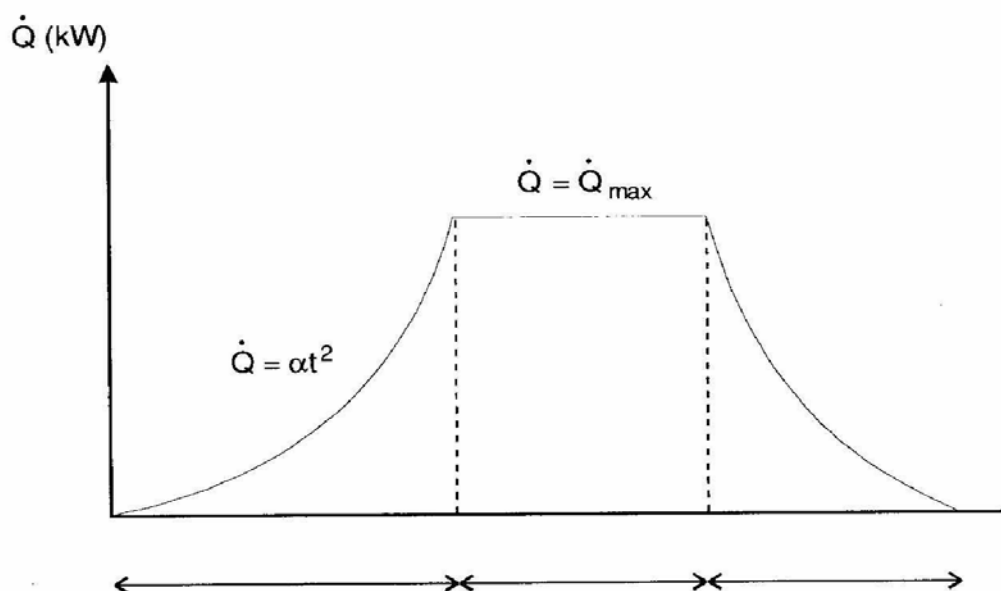
Det finns fyra standardvärden för α ¹:

- | | |
|--------------|---------------------------|
| ▪ Slow | 0,003 kW/s ² |
| ▪ Medium | 0,012 kW/s ² |
| ▪ Fast | 0,047 kW/s ² |
| ▪ Ultra Fast | 0,190 kW/s ² . |

¹ Karlsson & Quintiere, 1999.

Det finns dock en svaghet med att använda tillväxtmodellen αt^2 . Detta för att den endast är validerad för effekter upp till 500 kW. Däremot så visas de i rapporten *Initial fires*¹ verkliga effektkurvor för olika typer av material. Dessa tillväxer i stor utsträckning enligt αt^2 -sambandet, med hastigheter mellan *fast* och *ultra fast*, upp till 6 MW.

Beroende på vad det är som brinner finns det rekommendationer om vilket värde som tillväxtkonstanten bör anta.



Figur C:1. Figuren beskriver hur effektutvecklingen varierar i de olika faserna: tillväxt, fullt utvecklad brand och avsvälning².

Ventilationskontrollerade bränder

För att beräkna massflödet av luft in och ut ur brandrummet måste neutrallagrets höjd vara känd. Denna parameter kan vara svår att bestämma då man normalt inte känner till den exakta densiteten hos brandgaserna. Man vet dock att densitetsfaktorn (kvoten mellan den kalla omgivningsluften och de varma brandgasernas densitet), ändras väldigt lite då brandgastemperaturen är dubbelt så hög som den omgivande luftens temperatur. Det visar sig att densitetsfaktorn når sitt maximala värde då temperaturförhållandet mellan de varma och kalla gaserna är 2,72. Om den omgivande luftens temperatur är 293 K kommer brandgaserna temperatur att vara cirka 800 K. Utifrån detta antagande kan en förenklad ekvation för massflödet uttryckas som:

$$\dot{m}_a = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} \quad [\text{kg} / \text{s}]$$

Det är detta uttryck som använts i rapporten vid beräkning av massflödet luft in i rummet. Detta värde kan i sin tur användas till att beräkna den maximala effektutvecklingen för en ventilationskontrollerad brand.

¹ Särqvist, 1993.

² Karlsson & Quintiere, 1999.

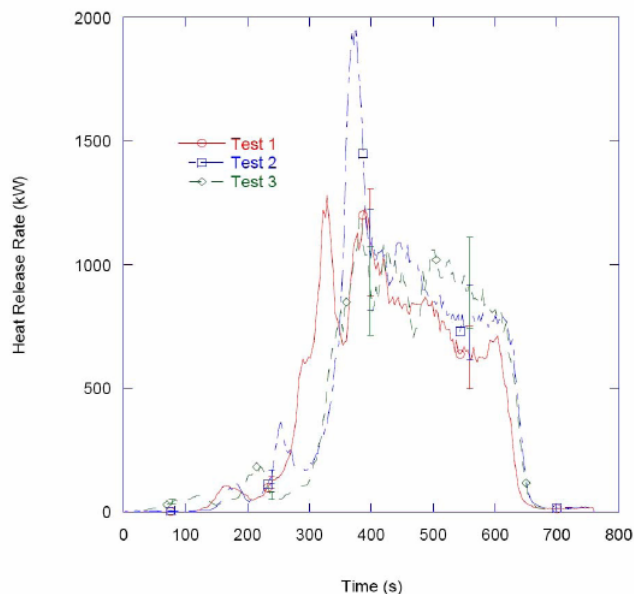
Tvåzon-modellen

Tvåzon-modeller bygger på att brandrummet/rummen förenklat kan delas upp i två zoner, den övre, heta zonen, bestående av brandgaslagret och den undre zonen som utgörs av den kalla luftmassan som inte ingår i brandgaslagret. I tvåzon-modellen är de två zonerna tvärt skilda från varandra. Zonerna är dessutom homogena, vilket betyder att egenskaper som temperatur och optisk densitet är de samma i hela zonen. I verkligheten är det naturligtvis inte så utan det förekommer skillnader inom zonerna och gränsskiktet mellan dem kan många gånger vara utdraget. Trots detta så har resultat beräknade med tvåzon-modellen visat stämma väl överensstämmande med experimentella försök¹.

I tvåzon-modellen ses varje zon som en egen kontrollvolym. Transporten mellan dessa sker genom kontinuitetsberäkningar för massa, energi och rörelsemängd. Branden agerar som en producent av energi och massa som via brandplymen transporteras till den övre zonen. Denna transport tar i verkligheten en viss tid beroende på flödets hastighet, men i datormodeller baserade på tvåzon-modellen (CFAST, Argos m.fl.) sker denna transport momentant. Detta innebär att vid den tidpunkt som det börjar brinna, kommer ett brandgaslager att ha bildats direkt.

¹ Karlsson & Quintiere, 1999.

Bilaga D – Beräkningar av brandtillväxten i Joy



Figur D:1. Effektutveckling av fritt brinnande kläder.

Enligt figuren ovan¹ kan ses att en brand i kläder har en snabb tillväxthastighet. Ju längre tid som förflyter desto snabbare blir tillväxthastigheten. Detta tyder på att fritt brinnande kläder tillväxer enligt en αt^2 -kurva.

En brand i blandade kläder, alltså kläder gjorda av olika sorters tyger och därmed med olika ΔH_c -värden, tillväxer enligt en αt^2 -kurva med ett α -värde som ligger mellan tillväxthastigheterna medium och fast².

Ingen sprinkleraktivering

Man kan genom enklare beräkningar uppskatta den totala effektutvecklingen i butiken genom att ta hänsyn till hur mycket syre som maximalt flödar in i butiken.

Mått på öppningen i Joy:

$$A_o = 1,96 \cdot 2,38 \quad [m^2]$$

Med känd area och höjd på öppningen kan tilluftflödet in i lokalen beräknas.

$$\dot{m}_a = A_o \cdot \sqrt{H_o} \cdot 0,5 \quad [kg/s]$$

Förutsättningen för att använda ovanstående formel är att branden är fullt utvecklad.

¹ Stroup, De Lauter m.fl, 2001.

² Abrahamsson, 1997.

Massflödet luft:

$$\dot{m}_a = A_o \cdot \sqrt{H_o} \cdot 0,5 \Rightarrow \dot{m}_a = 1,96 \cdot 2,38 \cdot \sqrt{2,38} \cdot 0,5 \approx 3,6 \text{ kg / s}$$

Massflödet av luft kommer att uppgå till ca 3,6 kg/s. Massprocenten syre i luft är 23 % och vidare kan massflödet syre beräknas som:

$$\dot{m}_{O_2} = 0,23 \cdot 3,6 \approx 0,83 \text{ kg / s}$$

För varje kg syre som förbränns frigörs en energi på 13,1 MJ. Den maximala effekten som kan uppnås då 0,83 kg syre förbränns blir därför:

$$\dot{Q} = 0,83 \text{ kg / s} \cdot 13,1 \text{ MJ / kg} = 10,8 \text{ MW}$$

Branden i denna lokal kommer att tillväxa enligt en αt^2 -kurva, enligt de källor som presenterats ovan.

$$\begin{aligned}\dot{Q} &= \alpha \cdot t^2 \\ \alpha_{\text{medium}} &= 0,012 \text{ kW / s}^2 \\ \alpha_{\text{fast}} &= 0,047 \text{ kW / s}^2\end{aligned}$$

Frågan är om man ska använda sig av ett α -värde enligt ”fast” eller ”medium”.

Man skulle kunna tänka sig att en butik med kläder har en stor mängd mindre bränslepaket, vilket skulle ge en lägre tillväxthastighet, p.g.a. tiden det tar för spridning mellan paketen. Detta skulle motsvara i en medium αt^2 -kurva. För att få en ventilationskontrollerad brand enligt en fast αt^2 -kurva kommer det behövas cirka 90 kg kläder i ett bränslepaket (se beräkningen nedan). Detta är mycket möjligt eftersom kläder ofta staplas på hög eller hänger tätt intill varandra.

Utifrån ovanstående resonemang har en fast αt^2 -kurva valts. Nedanstående uttryck beskriver tiden tills dess att den maximala effekten har uppnåtts:

$$t = \sqrt{\frac{\dot{Q}}{\alpha}} = \sqrt{\frac{10,84 \cdot 10^3}{0,047}} \approx 480 \text{ s (8 min)}$$

Vidare beräknas den totala mängd energi som frigörs under de första 480 s. Genom att integrera nedanstående uttryck kan mängden frigjord energi beräknas:

$$\begin{aligned}\dot{Q} &= \alpha \cdot t^2 \quad [\text{kW}] \\ \int \dot{Q} dt &= \int_0^{480} \alpha \cdot t^2 dt \Rightarrow Q = \left[\frac{\alpha \cdot t^3}{3} \right]_0^{480} = \frac{\alpha \cdot 480^3}{3} = 1733 \text{ MJ}\end{aligned}$$

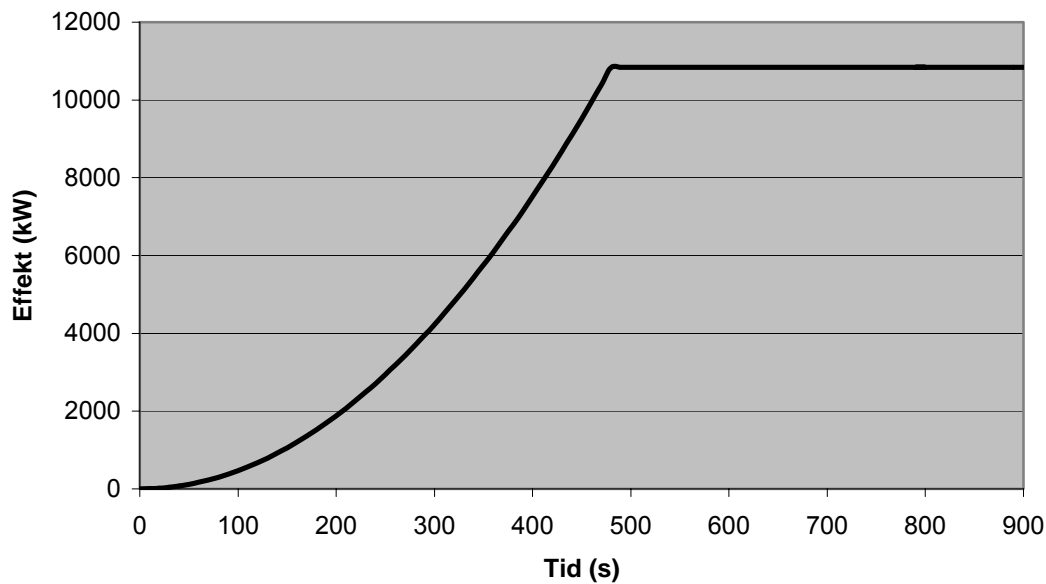
En sammansättning av 80 % bomull, med ett ΔH_c på 15–20 MJ/kg¹ och 20 % polyester, med ett ΔH_c på 22–30 MJ/kg¹, ger ett snittvärde på 19,2 MJ/kg på ΔH_c för kläder. Det är alltså denna energi som frigörs när

¹ Abrahamsson, 1997

ett kg av kläderna brinner. För att beräkna den massa kläder som behövs för att nå en maximal effekt på 10,84 MW används nedanstående uttryck:

$$Q = \Delta H_c \cdot m \Rightarrow m = \frac{1733}{19,2} = 90,3 \text{ kg}$$

Denna mängd kläder förväntas finnas i ett bränslepaket och därmed blir effektutvecklingen rimlig.



Figur D:2. Effektutvecklingskurva för branden på Joy.

I ovanstående effektkurva, som representerar en brand i Joy, är ingen hänsyn tagen till återstrålning från brandgaserna eller andra heta ytor. Detta skulle i realiteten bidra till en snabbare ökning av effektutvecklingen en bit in i brandförloppet. Det har dock bedömts att detta kompenseras av att det använts ett enda stort bränslepaket i simuleringen istället för många små, vilka hade bromsat flamspridningen.

Bilaga E – Beräkningar av brandtillväxten på Stora torget

Vid olika evenemang är det inte ovanligt att tält i olika former ställs upp på Stora torget. Detta scenario är därför grundat på att ett sådant tält börjar brinna. Tälten består vanligtvis av en stål- eller metallrörsstomme samt en duk. Exempel på material som duken kan vara gjord av är polyester och polypropylen¹. Denna beräkning kommer att bygga på brand i ett tält av polypropylen. Tältet är utfört i måtten $6 \times 3 \times 2$ m ($l \times b \times h$), med ett något vinklat tak.

Vid beräkning av effektkurva, har antagits att en brand i polypropylen följer en α^2 -kurva².

Vid brand på Stora torget kommer effektutvecklingen att överstiga den maximala effekt som α^2 -kurvan experimentellt visats gälla för. Att modellen ändå använts motiveras med att resultaten sannolikt kommer att bli konservativa, eftersom tillväxten troligen skulle gå långsammare i verkligheten.

För att beräkna den totala mängden frigjord energi som kommer att utvecklas vid brand i ett tält på Stora torget har tältdukens proportioner och egenskaper sammanställts:

- arean av duken är $43,6 \text{ m}^2$ (tak med arean $19,6 \text{ m}^2$, 2 väggar med en total area av 12 m^2 samt en vägg med arean 12 m^2)
- tältdukens tjocklek antas vara 2 mm
- densiteten är 905 kg/m^3 ³.
- $\Delta H_c = 43,2 \text{ MJ/kg}$ ³
- förbränningseffektivitet χ antas till $0,8$
- $\alpha = \text{Fast-Ultra Fast}^2$, Fast kommer här att användas $\Rightarrow \alpha = 0,047 \text{ kW/s}^2$.

Dukens vikt beräknas enligt följande uttryck:

$$m = \rho \cdot A \cdot \text{tjocklek} \Rightarrow m = 79 \text{ kg}$$

Vidare kan den totala mängden frigjord energi beräknas med följande uttryck:

$$Q = \Delta H_c \cdot m \cdot \chi$$

Med värden insatta:

$$Q = 43,2 \cdot 79 \cdot 0,8 = 2730 \text{ MJ}$$

Denna energiutveckling fördelas på tre olika faser, en tillväxtfas, en fas med konstant effektutveckling samt en avsvalningsfas. Det antas att lika mycket energi kommer att frigöras under tillväxtfasen som under avsvalningsfasen. Det har antagits att 1160 MJ kommer att frigöras under tillväxtfasen. Denna uppskattning har gjorts eftersom energi kommer att frigöras även under både avsvalningsfasen samt under fasen med konstant effektutveckling. Då den maximala effekten har uppnåtts förväntas hela tältet brinna samtidigt under en viss tid, innan delar av tältet har brunnit av. Detta kommer att symboliseras av fasen med konstant effektutveckling.

¹ <http://web.comhem.se/~u18800220/campingprylar.htm>

² Abrahamsson, 1997.

³ Karlsson, Quintiere, 1999.

För att vidare beräkna tiden som åtgår för att utveckla denna energimängd, 1160 MJ, kommer nedanstående uttryck att integreras:

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2$$

där

α = Tillväxthastighetskonstanten [kW/s²]

\dot{Q} = Effektutvecklingen [kW]

Brand i polypropylen tillväxer enligt en t^2 -kurva, där värdet på tillväxtkonstanten sätts till *fast*- eller *ultra fast*.¹ α -värdet kommer, i detta fall, att sättas till samma α -värde som för en *fast*-kurva.

Tillväxthastighetskonstanten för en *fast*-kurva är 0,047 kW/s²

$$Q = \int \alpha \cdot t^2 \Rightarrow Q = \frac{\alpha \cdot t^3}{3} \Rightarrow t = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot Q}{\alpha}} \Rightarrow t = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1160 \cdot 10^3}{0,047}} \Rightarrow t = 420 \text{ s}$$

Tiden det tar att nå maximal effektutveckling är alltså 420 s.

Stora torget är mycket stort, har totalt åtta rökluckor samt fem centrungångar som vid eventuell brand skulle försörja detta med luft. En brand på Stora torget förväntas därför inte kunna bli ventilationskontrollerad.

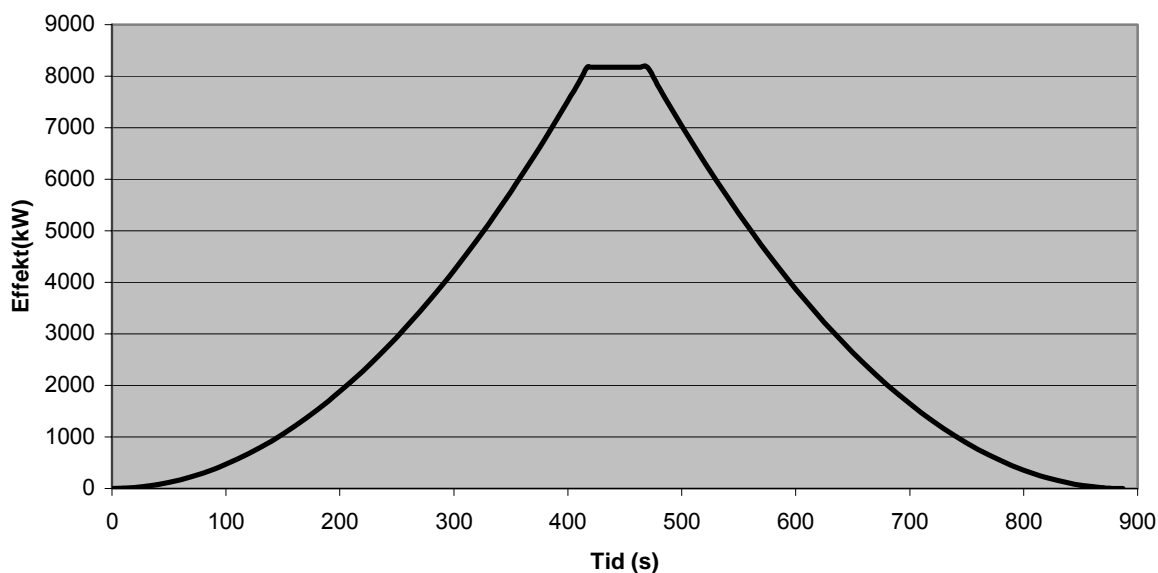


Diagram E:1. Effektutvecklingskurva – Stora torget.

¹ Abrahamsson, 1997.

Bilaga F – Beräkningar av brandtillväxten i Centrumgrillen

Vid bestämning av effektkurva för brand i Centrumgrillen utfördes försök i Brandtekniks brandlabb på LTH.

Brand i Centrumgrillens fritös valdes som representativ brand för detta brandscenario. Vid besöket var en trave pizzakartonger staplade på en hylla snett ovanför fritösen.

På grund av pizzakartongernas placering, måste flamhöjden för frityroljan först beräknas, för att kunna avgöra om kartongerna verkligen skulle antända vid en brand i fritösen. Hyllan uppskattades vara placerad på en höjd av en meter från fritösen. Medelflamhöjden kan beräknas med nedanstående uttryck:

$$L = 0,235 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02 \cdot D^1 \quad [m]$$

där

L = Medelflamhöjden [m]

\dot{Q} = Effektutvecklingen [kW]

D = Bränslekällans diameter [m]

Effektutvecklingen från frityroljan måste alltså vara känd, likaså fritösens diameter. Fritösen ses som en pool med diametern 30 cm.

Effektutvecklingen för en poolbrand kan erhållas ur nedanstående uttryck:

$$\dot{Q} = A_f \cdot \dot{m}'' \cdot \chi \cdot \Delta H_c \quad [kW]^1$$

där

A_f = Bränslets area [m²]

\dot{m}'' = Massavbrinningshastigheten [kg/m²s]

χ = Förbränningseffektiviteten [-]

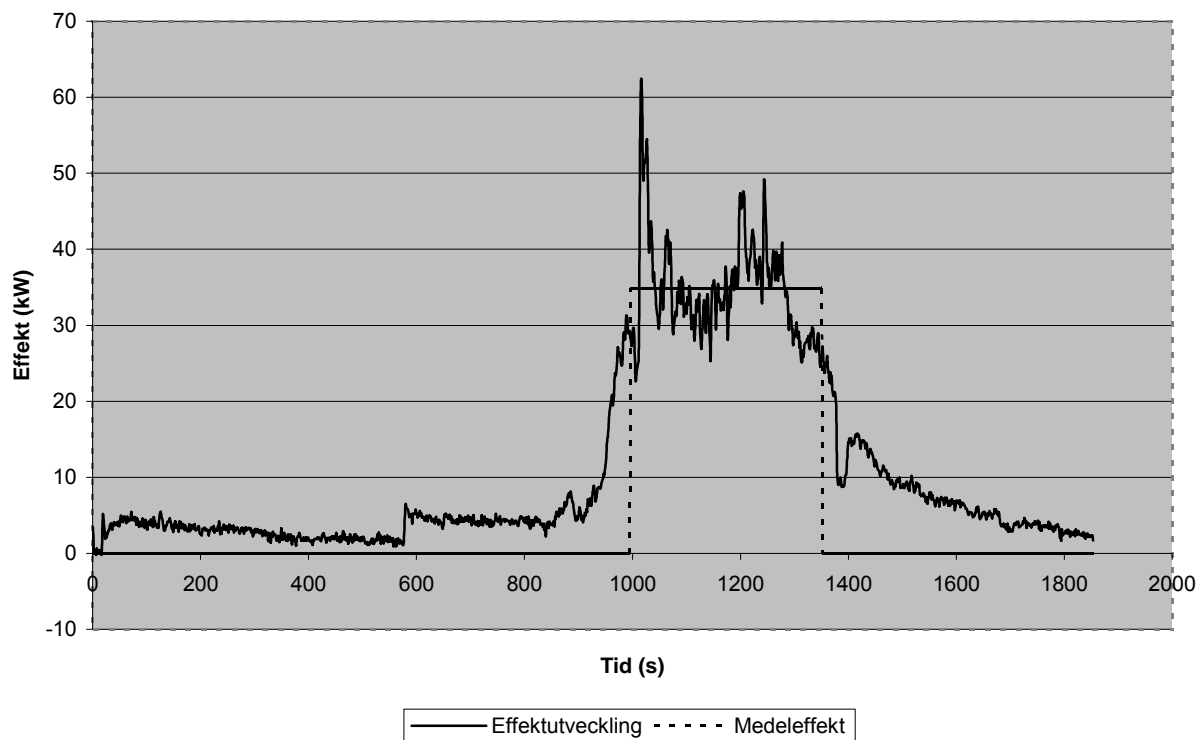
ΔH_c = Förbränningsenergin [kJ/kg]

Med kända värden på massavbrinningshastigheten och förbränningsenergin för oljan i fritösen, som består av vegetabilisk olja, kan effektutvecklingen beräknas. Det visade sig dock vara svårt att finna värden för dessa två parametrar och det blev nödvändigt att bestämma effektutvecklingen experimentellt. Förenklat försumrades skillnaden i area mellan bålet, 710 cm³, och den observerade fritösen, 750 cm³.

Framtagning av effektutveckling för frityroljan

Ett bål med diametern 0,3 m innehållande vegetabilisk olja placerades under en konkalorimeter. Oljan hettades upp till dess att den antände.

Under tiden oljan brann, mättes och registrerades effektutvecklingen och en effektutvecklingskurva erhöles se *figur F:1*.



Figur F:1. Figuren visar effektutvecklingen samt medeleffekten för brand i frityrolja.

Figuren visar att effektutvecklingen fluktuerar en del under brandförloppet. Eftersom en vätskebrand ska brinna med en konstant effektutveckling beräknades ett medelvärde för den erhållna effektkurvan. Den konstanta effektutvecklingen beräknades till 35 kW.

Medeleffekten är endast beräknad mellan de tider då det brann över hela vätskeytan.

När effektutvecklingen för frityroljan väl var bestämd, beräknades flammhöjden. Detta gjordes för att få kännedom om flammorna från frityroljan överhuvudtaget skulle nå pizzakartongerna. Uttrycket för medelflamhöjden användes med en effektutveckling på 35 kW och en diameter på 0,3 m. Med dessa värden på effektutvecklingen samt bålet diameter beräknades medelflamhöjden till 0,67 meter. Ekvationen förutsätter ett fritt brinnande bål. I grillen är dock fritösen placerad vid en vägg, vilket innebär att flammhöjden kommer bli högre. Detta beror på att väggen kommer förhindra syretillförsel till en viss del av flammen. För att förbränningsytan ska kunna bibehålla samma area, krävs att flammen blir högre.

Medelflamhöjden är alltså nästan 0,7 m för ett fritt brinnande bål. Med tanke på att fritösen i grillen är placerad intill en vägg samt att flammen kommer att fluktuera, antas flammen nå pizzakartongerna.

Experimentell framtagning av effektutvecklingen för pizzakartongerna

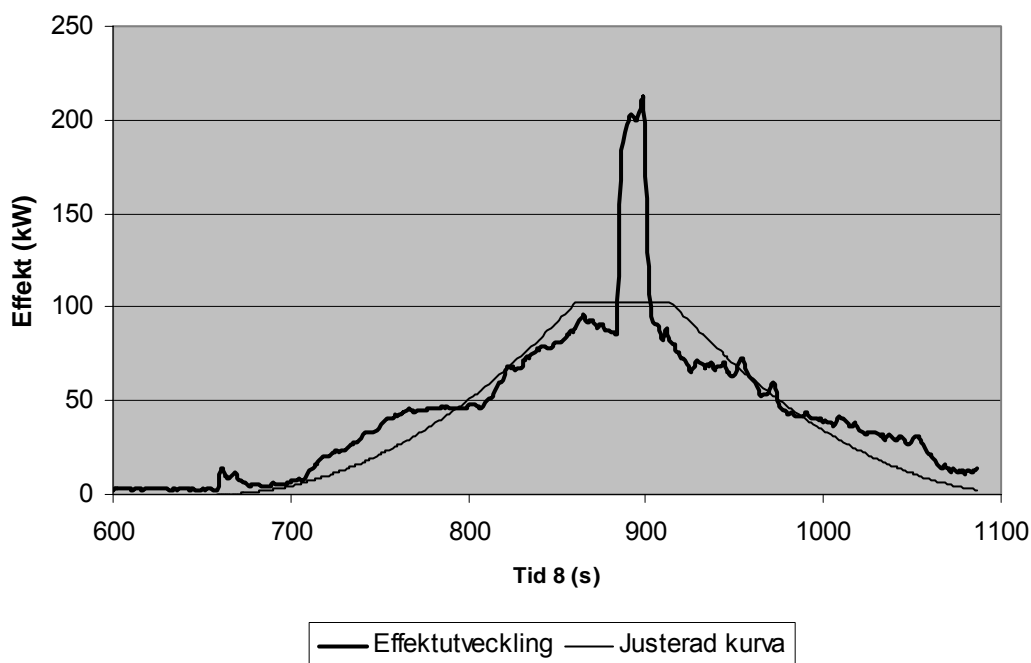
Även effektkurvan för brand i pizzakartongerna bestämdes att tas fram experimentellt, då tillförlitlig data för beräkningar av effektutvecklingen var svåra att finna. Samma metod som för frityroljan användes.

Från försöket erhöles en effektkurva som trots en del fluktuationer visade tydliga likheter med en at^2 -kurva. Efter 885 s erhöles en kraftig höjning av effektutvecklingen, till följd av att ventilationsfläktens varvtal ökades. För att eliminera denna kraftiga höjning, som inte beskriver den verkliga effektutvecklingen, integrerades effektkurvan. Detta gav den totala mängden frigjord energi. Maxeffekten för branden sattes till ett värde strax över den effekt som rådde innan fläktvarvet ökades. Det uppskattades att den maximala effekten pågick under cirka 1 minut (från observationer) och att branden växte och avtog med samma

α -värde. Med dessa antaganden kunde ett α -värde beräknas som skulle ge samma totala mängd frigjord energi som den experimentellt framtagna kurvan.

Den maximalt uppskattade effektutvecklingen var strax över 100 kW.

Effektutvecklingskonstanten antog ett värde av $0,0025 \text{ kW/s}^2$, vilket är lägre än α -värdet för en *slow*-kurva¹.

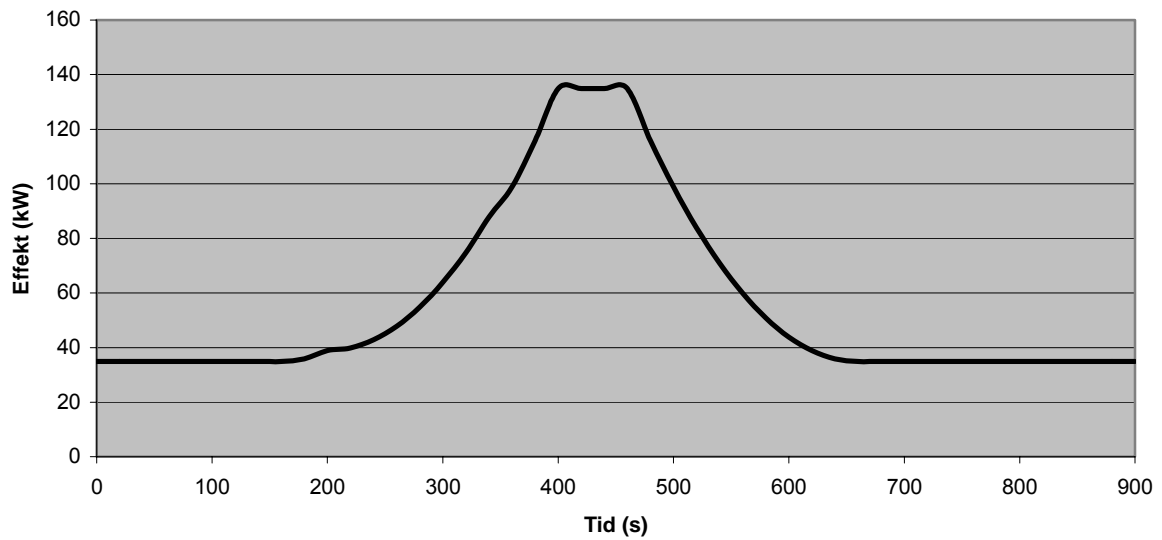


Figur F:2. Figuren visar den experimentellt framtagna kurvan samt den förenklade kurvan.

Kombinerad effektutvecklingskurva

Utifrån dessa två effektkurvor kunde en total kurva skapas genom att anta en tid då pizzakartongerna antänder. Vid denna tid kommer effektutvecklingskurvorna, för respektive bränsle, att adderas. Tiden det tar tills pizzakartongerna antänder uppskattas till 3 minuter.

¹ Karlsson & Quintiere, 1999.



Figur F:3. Kombinerad effektutveckling för fritös- och pizzakartongbrand.

Bilaga G – Sprinklerpåverkan

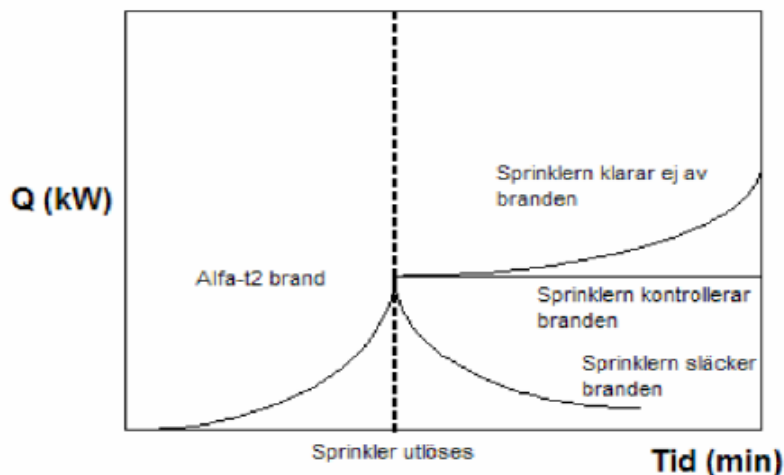
När varma gaser strömmar förbi ett sprinklerhuvud, kommer sprinklerhuvudet att successivt värmas upp. Beroende på hur termiskt trög bulben är, kommer sprinklern att aktivera vid olika temperaturer. En stor glasbulb med stor massa kräver mer energi för att värmas upp än en liten glasbulb med liten massa. Det är RTI-värdet (Response Time Index) som talar om hur snabbt denna aktiveringstemperatur uppnås. RTI-värdet för ett sprinklerhuvud bestäms experimentellt. Genom att placera en sprinkler i en varm gasström, med konstant gashastighet och konstant temperatur, kan aktiveringstiden mätas och därmed RTI-värdet bestämmas. RTI-värdet är alltså ett mått på hur termiskt trög sprinklerhuvudet är.

Vid en eventuell brand kommer varma gaser att strömma upp och breda ut sig under taket. När sprinklerna nått en viss temperatur kommer dessa att aktivera. Beroende på sprinklernas kapacitet samt brandens storlek vid den tidpunkt då sprinklerna aktiverar, kan sprinklerverkan variera. Förenklat sett kan en sprinkleraktivering påverka branden enligt följande:

- sprinklerna släcker branden
- sprinklerna kontrollerar branden
- sprinklerna klarar inte av att vare sig släcka eller kontrollera branden.

Om sprinklerna kontrollerar branden, innebär det att konstant effektutveckling erhålls och branden slutar att tillväxa efter sprinkleraktiveringen. Om sprinklerna inte klarar av branden, kommer effektutvecklingen fortsätta att öka om än med något långsammare takt.

Det måste dock poängteras att ett sprinklersystem främst utformas för att kontrollera en brand, inte för att släcka den¹.



Figur G:1. Tre olika sätt sprinkleraktivering kan påverka en brand².

¹Holmstedt, Gösta, 2006.

² Brandskyddshandboken, 2005.

Bilaga H – Sprinkleraktivering i Joy

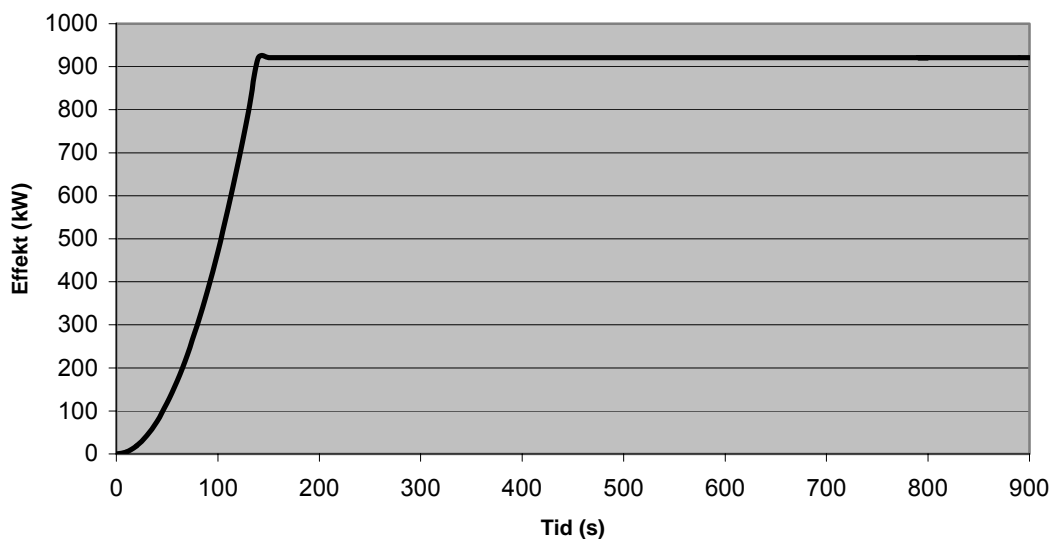
För beräkning av sprinkleraktivering i Joy har programmet Detact T2 använts med följande ingående parametrar.

Tabell J:1. Ingående parametrar och valda värden i Detact.

Detact	Värde	Enhet
Takhöjd	3,05	[m]
Omgivningstemperatur	20	[°C]
RTI	135	[m ^{1/2} s ^{1/2}]
Aktiveringstemperatur	74	[°C]
α-värde	47	[W/s ²]
Avstånd mellan sprinklers	2	[m]
Beräknad aktiveringstid	140	[s]

Tiden till sprinkleraktivering som gavs av dessa indata var ungefär 140 s. Ett sprinklersystems mål är främst att kontrollera bränder inte släcka dem¹. Utifrån detta resonemang har det antagits att sprinklerna i detta fall endast kommer att kontrollera branden, efter aktivering. Genom detta antagande genereras en ny effektkurva, med samma α-värde, men som dock bara tillväxer under 140 s. Det maximala värdet på effekten sänks därigenom från 10,84 MW till 0,92 MW, i de fall då sprinklerna aktiverar.

Effektutvecklingskurvan för branden i Joy då sprinklerna aktiverar presenteras nedan.



Figur H:1. Effektutvecklingskurva för branden på Joy när sprinkler aktiverar.

¹ Holmstedt, Gösta, 2006

Bilaga I – Simuleringsprogram

Till simuleringar av valda brandscenarier har tre olika dataprogram använts, CFAST, Detact T2 och Simulex.

I:1 CFAST

Användning

CFAST är ett program för tvåzon-simulering, som ger flera användbara data. I första hand så ger programmet värden på brandgaslagrets höjd och temperaturen i det övre- och undre lagret. Dessa gör att man kan bedöma när kritiska förhållanden uppstår i ett givet utrymme. Även andra parametrar för kritiska förhållanden kan simuleras, som t.ex. den infallande strålningsintensiteten.

Begränsningar

En jämförelse mellan experimentella och simulerade data har visat att resultaten från zonmodeller är mest tillförlitliga följande kriterier uppfylls:

$$\frac{\text{Längd}}{\text{Bredd}} < 3$$

$$\frac{\text{Längd}}{\text{Höjd}} < 3,5$$

$$\dot{Q} < 5 \cdot \text{golvyta} \cdot \sqrt{\text{Höjd}}$$

Problemet som uppstår när förhållandena mellan längd, höjd och bredd är större än de som anges ovan är att zonmodeller utgår från att brandgaslagret bildas jämt över hela lokalytan så fort rök produceras eller transporteras in i rummet. Detta stämmer illa överens med verkligheten i stora eller avlånga rum där det tar tid för brandgaserna att spridas.

CFAST kan endast hantera geometrier formade som lådor. Rum som är formade på andra vis måste konstrueras om. Oftast kan mer komplicerade geometrier konstrueras genom att flera lådor sätts samman. Viss försiktighet, och ingenjörsmässigt tänkande, krävs vid denna typ av omkonstruktion för att inte resultaten skall bli lidande. Det viktiga är dock att area och omslutningsarea är ungefärligt lika med den verkliga lokalen då brandgaslagrets höjd och kylningen av brandgaserna beror på volymen och den kombinerade vägg- och takyta som brandgaserna är i kontakt med.

Temperaturerna i gaslagret tenderar att överskattas något av CFAST. Överskattningen ligger i storleksordningen 10–25 % och beror till störst del på osäkerheter i sotproduktion och strålningsverkan¹. Överskattningen ger ett konservativt värde när det gäller kritiska förhållanden för utrymning men risken är att detektorer och/eller sprinklersystem utlöser senare i verkligheten om temperaturer från CFAST används för att uppskatta aktiveringstiden.

Även brandgaslagrets höjd anges inte helt korrekt. Detta beror på att det i verkligheten inte är en knivskarp gräns mellan zonerna. Felmarginalen är dock relativt liten, i storleksordningen ±10 %.

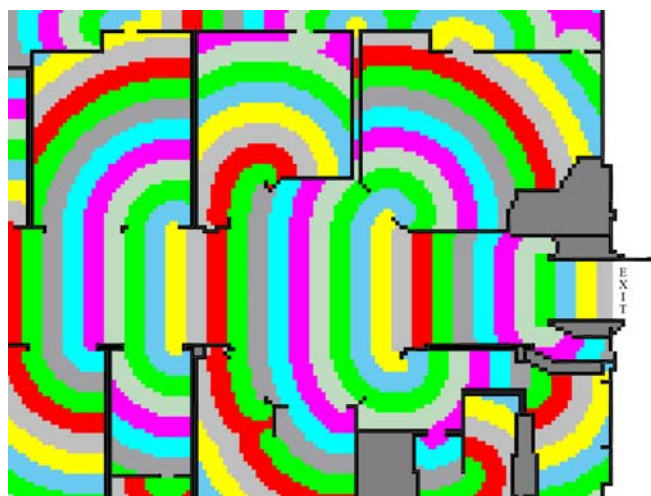
¹ CFAST Technical Guide.

I:2 Detact T2

Detact är ett enkelt DOS-program som kan beräkna aktiveringstiden för sprinkler och värmedetektorer i ett givet utrymme. Med ingående parametrar som RTI-värde, rummets höjd och aktiveringstemperatur ges ett värde på när en sprinkler eller en detektor aktiverar.

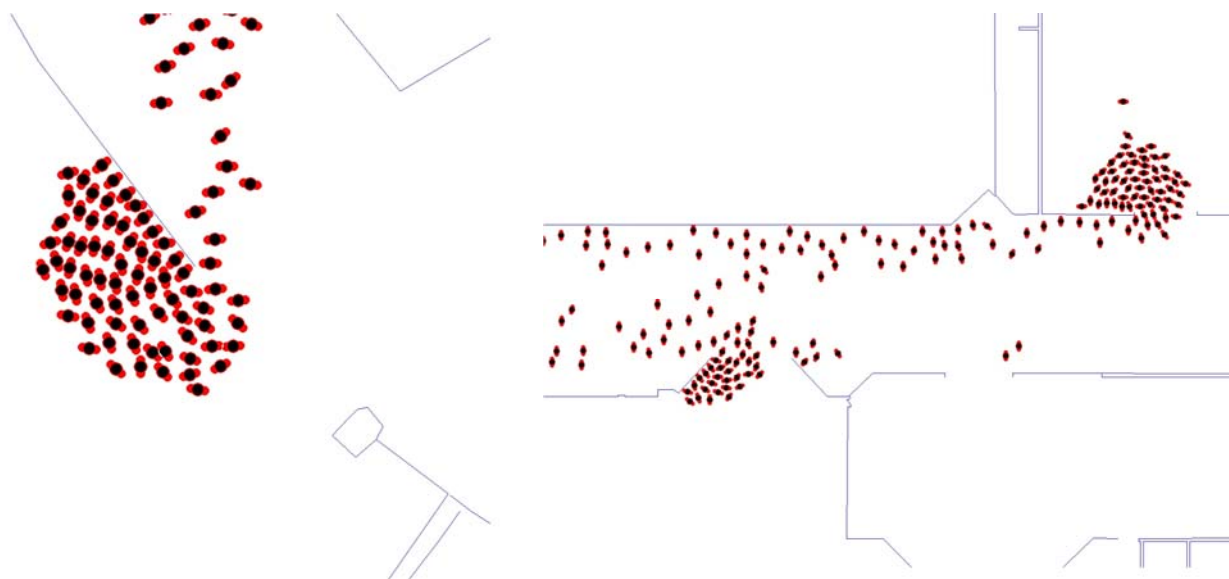
I:3 Simulex

Simulex är ett program som kan användas för att beräkna hur lång tid det tar att utrymma en lokal eller byggnad. Byggnaden konstrueras i CAD varefter den kan importeras till Simulex. Utgångar läggs till manuellt och man kan därefter låta programmet beräkna fram, så kallade, *distanskartor*. Dessa kartor består av ett större antal zoner. Mellan varje zongräns är det en meter.



Figur I.1. Simulex arbetar med hjälp av distanskartor.

Det kortaste avståndet beräknas genom att individerna alltid tar en vinkelrät väg mellan två zoner. Detta fungerar väl så länge de har en fri väg men risken finns att det bildas flaskhalsar när så inte är fallet. Dessa flaskhalsar kan t ex uppkomma i trånga vägar från en lokal med ett stort antal individer som då måste dela på en liten öppning. De uppstår också lätt när många personer ska runda ett hörn. De väljer, tyvärr, aldrig att ta en annan utgång vilket i vissa fall resulterar i orealistiska scenarier där många personer står och knuffas istället för att söka en ny väg ut. Detta ställer vissa krav på användaren av programmet.



Figur I.2. Exempel på flaskhalseffekter som uppstår vid simulering i Simulex.

I varje utrymme kan ett valt antal individer placeras ut med önskad persontäthet och spridning. När sedan simuleringen körs beräknar Simulex den kortaste vägen för varje person till den mest närliggande utgången. Man kan också bestämma att vissa individer alltid väljer en specifik utgång oavsett avstånd, vilket kan vara användbart om man t.ex. har handikappade individer i en byggnad där alla utgångar inte är anpassade för dessa.

Innan personerna sätts i programmet in måste populationen definieras. Detta kan göras manuellt för varje person eller för en större grupp. De egenskaper som kan ställas för individen/gruppen är kroppsstorlek och gånghastighet. Beroende på personernas placering i centrumet och utrymningslarmets utformande och funktion kan sedan besluts- och reaktionstid definieras för olika personer.

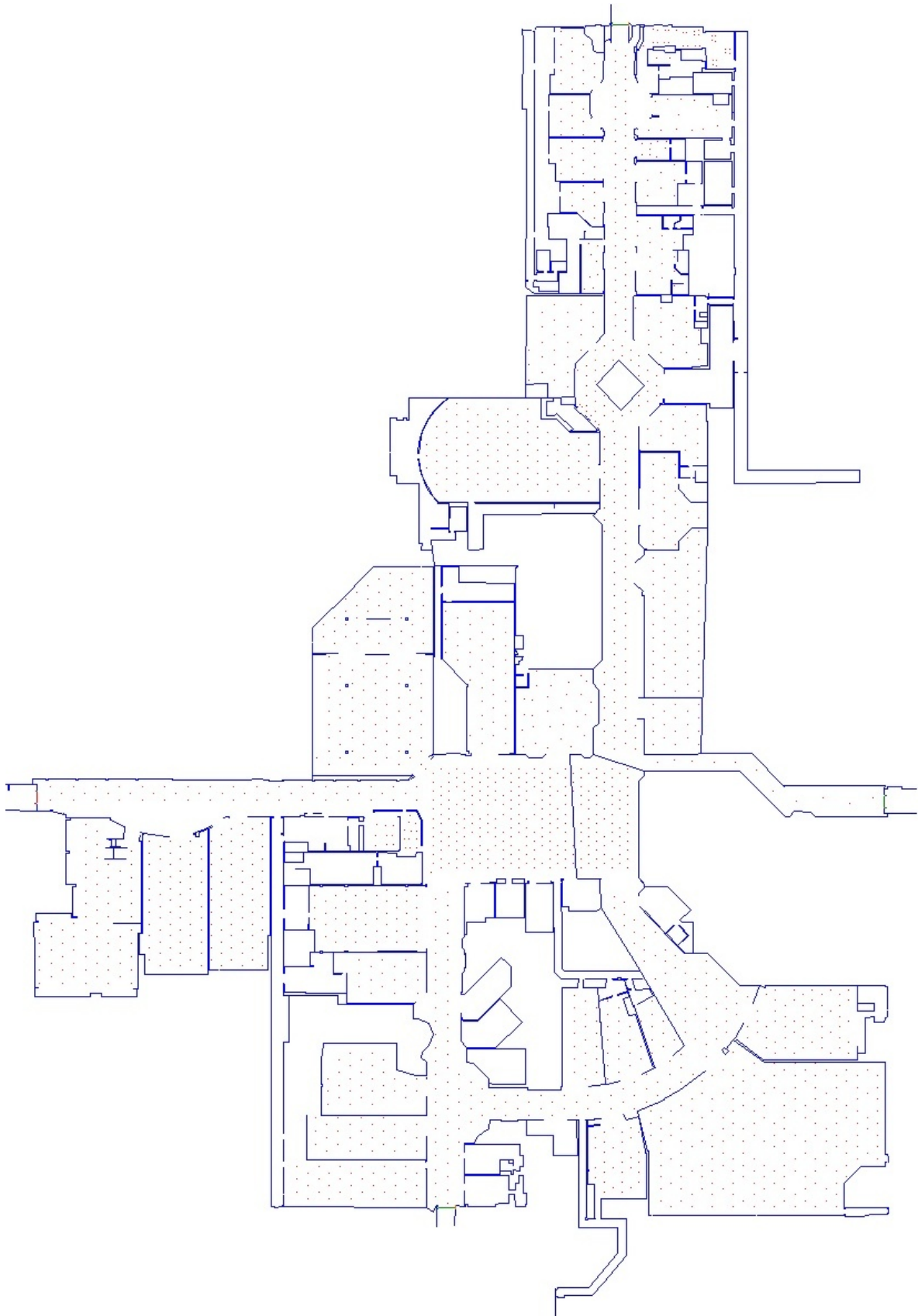
För de simuleringar som gjorts för denna rapport har populationsmodellen ”shoppers” använts. Denna populationsmodell består i sig av ett antal personmodeller, se tabell nedan. Ingen hänsyn har tagits till personal då dessa är i klar minoritet. Fördelning och gånghastigheter redovisas i nedanstående tabell.

Tabell I:1. Fördelning och värden på personerna som ingår i populationsmodellen ”shoppers”.

Namn	Andel (%)	Gånghastighet (på plan mark) m/s
Adult male	35	1,35 ± 0,2
Adult female	40	1,15 ± 0,2
Child	15	0,90 ± 0,3
Elderly	10	0,80 ± 0,3

Det bör nämnas att inga möbler, hyllor eller andra lösa inventarier placerats ut då dessa ständigt flyttas runt. En kartläggning av dessas uppställning skulle dessutom vara mycket tidskrävande. Persontätheten har dock justerats med hänsyn till mängden inventarier i varje lokal. Det har bedömts att den inverkan inventarierna skulle ha på utrymningstiden är liten i förhållande till den totalt utrymningstiden.

För en översiktlig bild hur personplaceringen såg ut, se figur I:3.



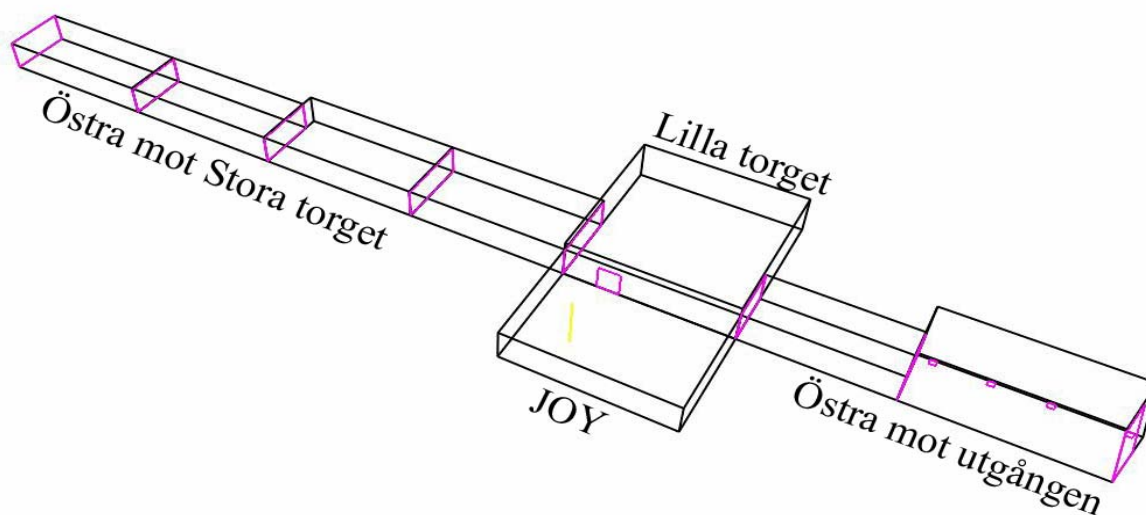
Figur I:3. Översikt av personplaceringen i centrumet med de blockeringar som gällde i scenario 2.

Bilaga J – Beskrivning av modellering för brand i Joy

Geometri

Klädbutiken Joy är inte helt rektangulär och ansluter till det oktagonala Lilla torget. Då CFAST inte stödjer dessa geometrier har lokalerna fått ”byggas om” till mer hanterliga, rektangulära, lådor med motsvarande volym och ungefär samma omslutningsarea som de faktiska geometrierna. Östra gången har delats upp i sektioner med mellanliggande öppningar som är 0,2 meter lägre än takhöjden. Den sista delen av Östra gången som vetter mot entrén har inte tagits med i simuleringen p.g.a. begränsningar i CFAST gällande placering av rum med koordinatvärden högre än 100. För att kompensera för detta har den sista delen av centrumgången ersätts denna med en öppning ut i det fria. Denna öppning har dock gjorts mindre än den verkliga, då brandgaserna inte kan flöda ut i samma utsträckning, till denna bit av centrumgången, som de skulle kunna göra till det fria. Den del av Östra gången som leder till Stora torget har i slutet försetts med en öppning mot det fria vilket symboliserar just Stora torget, då torget har en mycket stor volym. Stora torgets volym har alltså förenklat beskrivits som omgivningen i CFAST.

Det antas, i de fall då brandgasventilation används, att tillgången till tilluft är tillräcklig p.g.a. de stora öppningarna. Detta då entrédörrarna öppnas när brandlarmet går. Dessutom har ingen hänsyn tagits till hur vind kan påverka brandgasventileringen.



Figur J:1. Figuren visar geometrin för Joy, Lilla torget och Östra gången. Denna geometri har använts vid simuleringarna.

Material

Väggarna består inte av samma material överallt men till största del består de av glas. Detta material har därför valts till väggarna i simuleringen. Innertaket består av gipsplattor med undantag för delen närmast utgången vilken har glastak.

Effektkurva

Till simuleringarna i CFAST har både effektkurvan för brinnande kläder med och utan sprinkleraktivering använts.

Validering

Scenariot fyller alla validitetskraven för tvåzon-modeller med undantag för de sektioner som ligger längst bort från branden. Resultaten för de sektioner längst bort från branden har dock inte behandlats i rapporten.

Simulex

Simuleringarna som utfördes i Simulex för detta scenario omfattade 2 000 individer. Detta motsvarar det största antal besökare som samtidigt kan tänkas uppehålla sig i centrumet vid större evenemang¹. Simuleringsmodellen som användes var ”shoppers” med varierande varseblivnings-, besluts- och reaktionstid.

Vidare blockerades all utrymning förbi Lilla torget då kritiska förhållanden uppnås där relativt tidigt. De personer som befinner sig öster om Lilla torget tvingas utrymma genom Östra entrén medan övriga utrymmer via Stora torget.

Inga nödutgångar användes i simuleringen då det observerats att dessa användes i mycket liten utsträckning vid utrymningen den 14 september 2006.



Figur J:2. Bilden visar hur centrumgången utanför Joy blockerats.

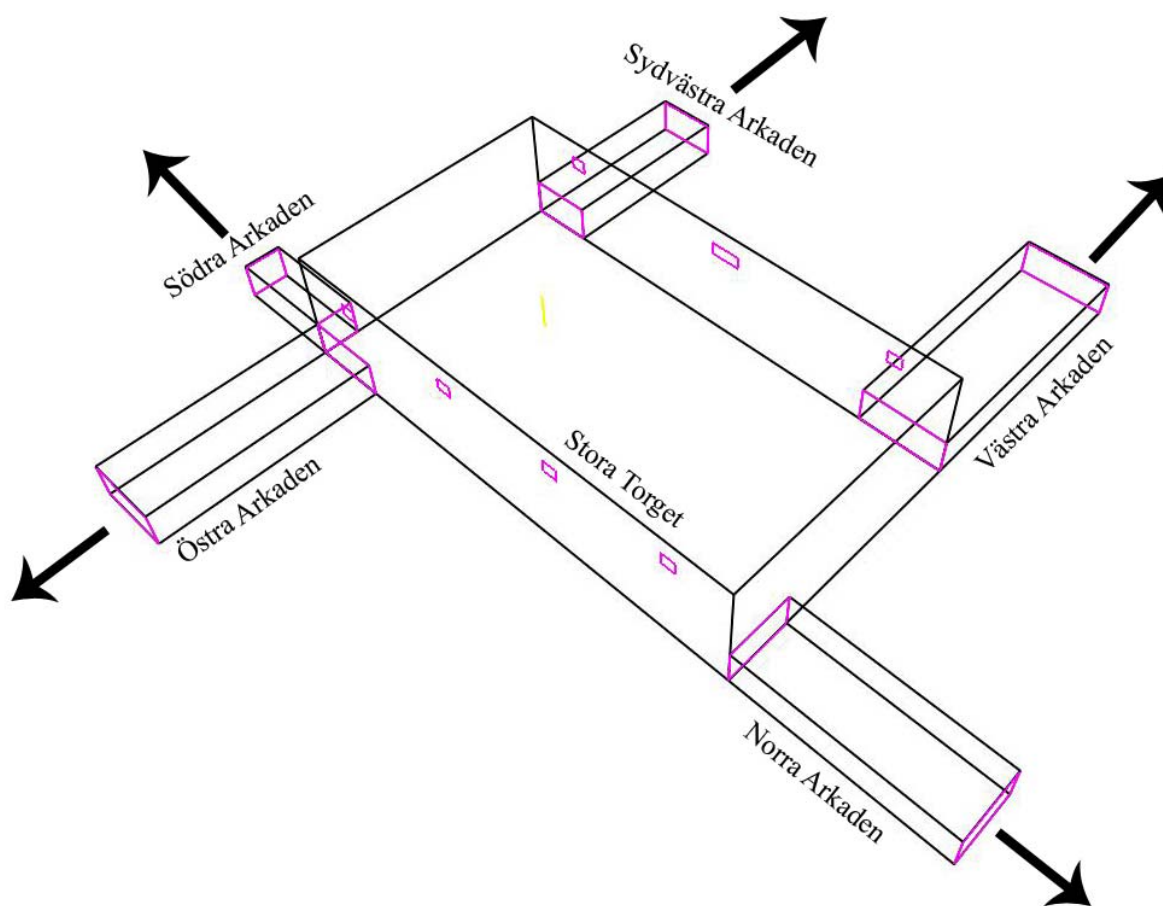
¹ Messo, Jousline, 2006

Bilaga K – Beskrivning av modellering för brand på Stora torget

Geometri

Stora torget och de anslutande centrumgångarna är alla i stort sett kvadratiska och fungerar därmed väl för simulering i CFAST. Butikerna runt torget har utelämnats i simuleringen då luftflödet in till torget främst kan antas komma från centrumgångarna. För de varma brandgaserna gäller samma resonemang då öppningarna till butikerna ligger på en lägre nivå än öppningarna till centrumgångarna. Skulle brandgaslagret sjunka så pass lågt så kommer de alltså i första hand att spridas till gångarna.

Det antas, i de fall då brandgasventilation används, att tillgången till tilluft är tillräcklig p.g.a. de stora öppningarna. Detta då entrédörrarna öppnas när brandlarmet går. Dessutom har ingen hänsyn tagits till hur vind kan påverka brandgasventileringen.



Figur K:1 Stora torget och centrumgångarna i CFAST.

Material

Torget består till största del av betong men i den övre och undre delen är glas det dominerande materialet. Då brandgaserna i första hand kommer vara i kontakt med den övre delen har glas valts som väggmaterial. Innertaket är täckt med gipsplattor.

Effektkurva

Ingen simulering har gjorts för brandförloppet med sprinkleraktivering då Stora torget inte är sprinklat. Däremot har simuleringar med både öppna och stängda rökluckor utförts.

Validering

Tvåzon-modeller är inte validerade för lokaler där Längd/Höjd >3,5. Då Stora Torgets längsta sida är 40 m och höjden är 9 m ges en kvot på 4,4. Resultaten från CFAST bör därmed betraktas med viss försiktighet.

Simulex

Simuleringen för Stora torget omfattade 2 000 individer. Detta motsvarar det största antalet besökare som samtidigt kan tänkas uppehålla sig i centrumet har vid större evenemang¹. Simuleringsmodellen som användes var ”shoppers” med varierande varseblivnings-, besluts- och reaktionstid.

Det har också antagits att personer på Stora torget inte kommer att välja Södra eller Östra centrumgången då dessa blockeras av branden.



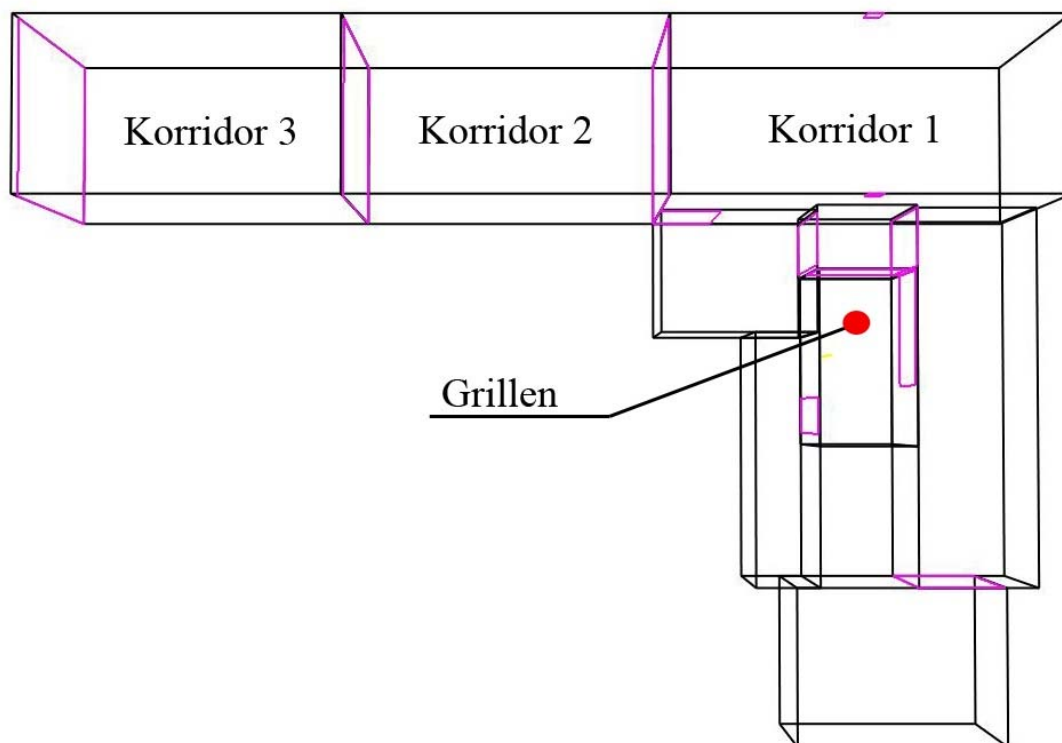
Figur K:2. Bilden visar brandens och personernas placering i, och runt, Stora torget samt hur centrumgångarna blockerats.

¹ Messo, Jousline, 2006.

Bilaga L – Beskrivning av modellering för brand i Centrumgrillen

Geometri

Centrumgrillen med servering och intilliggande centrumbgångar kan enkelt delas upp i kvadratiska rum. Den dörr som leder direkt ut i det fria från grillens servering antas vara stängd. Östra entrén är av snurrmodell och är därför aldrig helt öppen och betraktas därmed som helt stängd, vid simuleringarna i CFAST.



Figur L:1 Centrumgrillen och den del av Östra gången som är belägen närmast entrén, ritade i CFAST.

Material

Centrumgrillen med servering och lager består till största del av betong förutom taket som består av gipsskivor. Den del av Östra gången som är belägen närmast entrén är till störst delen byggd i glas. Detta är anledningen till att glas valts som material för så väl golv som tak.

Effektkurva

Den experimentellt framtagna effektkurvan är använd i simuleringen. Resultaten från CFAST ger relativt låga värden på temperatur och strålning, vilket resulterar i att sprinklerna aldrig kommer att aktivera i Centrumgrillen.

Validering

Då effekten är liten i förhållande till lokalens storlek bör resultaten från CFAST betraktas med viss försiktighet.

Simulex

CFAST – resultat visar att kritiska förhållanden uppstår väldigt sent vid brand i Centrumgrillen. Detta innebär att branden i Centrumgrillen inte påverkar utrymningen. Utrymningssimulering för detta scenario har därför inte genomförts.

Bilaga M – CFAST-resultat för brand i Joy

Vid bedömningar om när kritiska förhållanden råder brukar brandgaslagrets höjd beröras. Brandgaslagrets höjd bör inte ligga på en nivå där människor vistas. I verkligheten utgörs inte skiktningen mellan brandgaserna och det undre lagret av en skarp gräns. Denna gräns är ofta utdragen och hur pass utdragen den är varierar med rumshöjden (H). För att få en uppskattning om när brandgaserna befinner sig på en nivå där människor brukar vistas kan man utgå från att de ska ligga på $1,6 + (0,1 \cdot H)$ meters höjd över golvet, där H är rumshöjden¹.

Utrymning kan dock tänkas fortgå även efter det att en kritisk nivå för brandgaslagrets höjd har uppnåtts, under förutsättning att kriterierna för temperatur, sikt och toxicitet inte uppnåtts². Då varken brandgasernas sikt eller toxicitet har behandlats i tvåzon-fallen, kommer brandgaslagrets höjd förenklat att behandlas som en kritisk parameter i sig vid analyser av nedanstående resultat.

Specifikt för brandscenario 1 gäller att brandgaslagrets höjd blir kritisk då det sjunkit till en höjd av 1,9 meter över golvet inne i Joy då takhöjden här är 3,05 meter. Eftersom höjden på Lilla torget är högre, 3,85 m, bör brandgaslagret här som lägst vara 2,0 meter ($1,6 + (0,1 \cdot 3,85)$).

Som nämnts i *kapitel 4.2.2* får temperaturen i luften inte överstiga 80°C och strålningsintensiteten får inte överstiga 2,5 kW/m² för att utrymningen ska kunna ske under godtagbara förhållanden.

Fall 1 – Tvåzon-modellen tillämpas för både Joy och Lilla torget. Sprinklerna aktiverar

Diagrammen nedan visar resultat från CFAST med aktuell effektkurva.

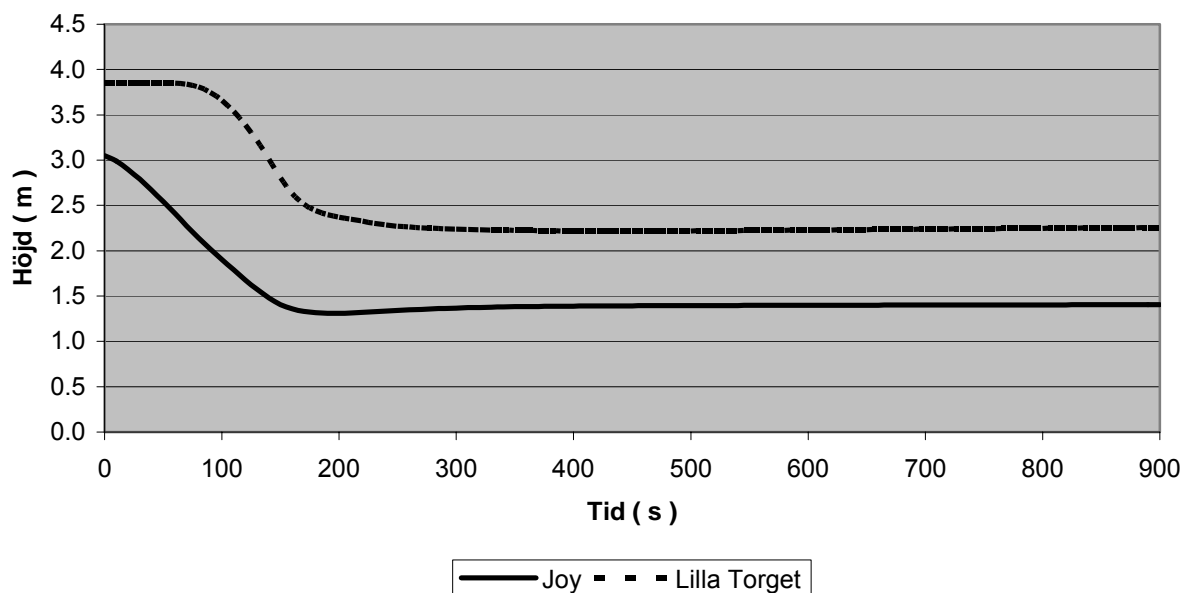


Diagram M:1. Brandgaslagrets höjd över golvet som funktion av tiden, i Joy samt på Lilla torget, då sprinklerna aktiverar.

¹ Boverkets byggregler, 2006

² Brandskyddshandboken, 2002

Brandgaslagret når en kritisk höjd av 1,9 m över golvet efter 100 s inne i Joy. Enligt sprinklerberäkning kommer dessa att aktivera efter 140 s. Efter denna tidpunkt kommer brandgaslagrets höjd att hållas på en nära konstant nivå i lokalen.

På Lilla torget kommer höjden till brandgaslagret aldrig understiga 2,0 m, vilket innebär att kritiska förhållanden aldrig kommer att uppstå till följd av att brandgaslagret når en låg höjd. Efter 200 s kommer brandgaslagret att stabiliseras. Detta beror på att brandgaser vid denna tidpunkt kommer börja flöda från Lilla torget och vidare ut i Östra gången.

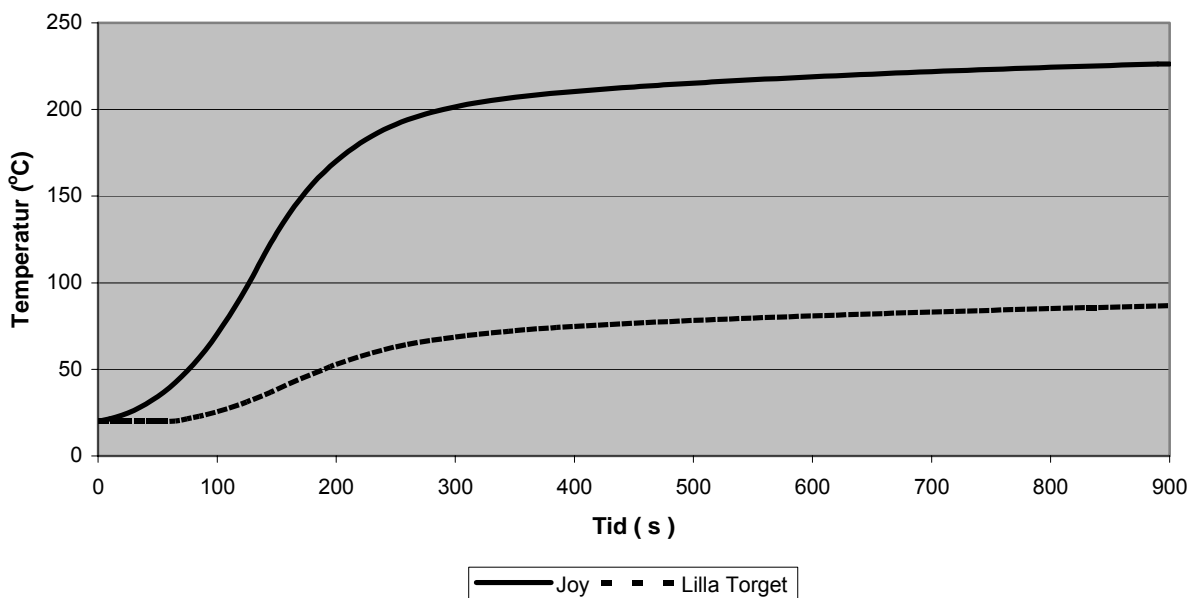


Diagram M:2. Temperaturen i brandgaslagret som funktion av tiden, i Joy samt på Lilla torget, då sprinklerna aktiveras.

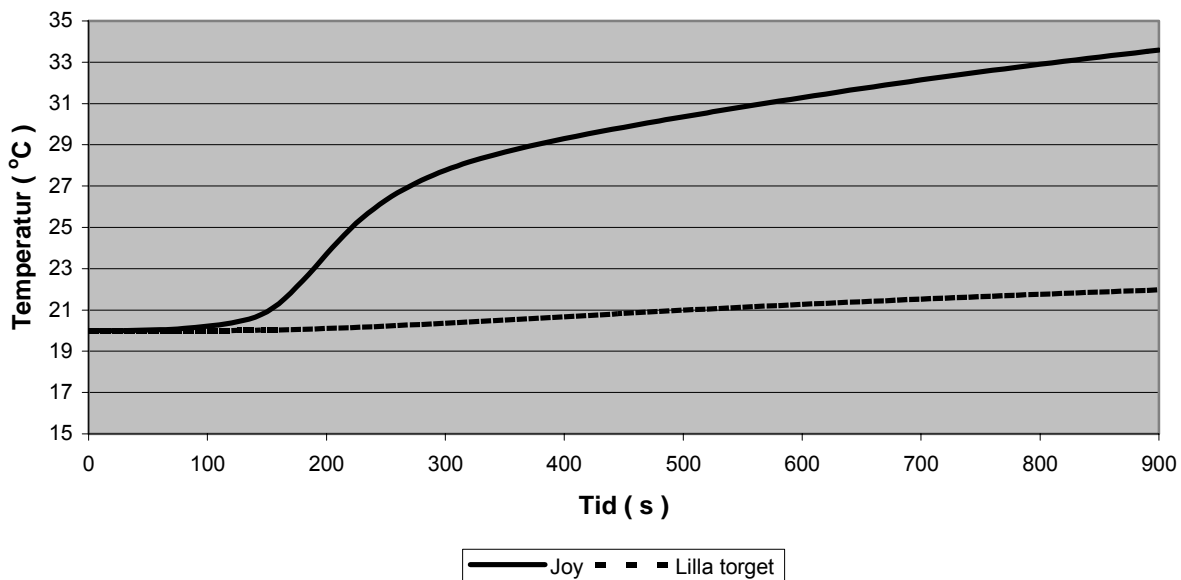


Diagram M:3. Temperaturen i det undre lagret som funktion av tiden, i Joy samt på Lilla torget, då sprinklerna aktiverar.

Ur diagram M:3 ovan, kan utläsas att temperaturen i undre lagret aldrig kommer uppnå 80°C, vare sig i Joy eller på Lilla torget. Denna faktor kommer alltså inte påverka utrymningen.

Temperaturen i brandgaslagret kommer däremot att bli kritisk både i Joy samt på Lilla torget. Brandgaslagret i Joy kommer att överstiga 80°C efter drygt 100 s medan brandgaslagret på Lilla torget inte kommer att nå en kritisk temperatur förrän efter 700 s. Dock är tidpunkten då den kritiska temperaturen uppnås i brandgaslagret på Lilla torget av mindre betydelse, då brandgaslagret i detta fall aldrig når en kritisk nivå där.

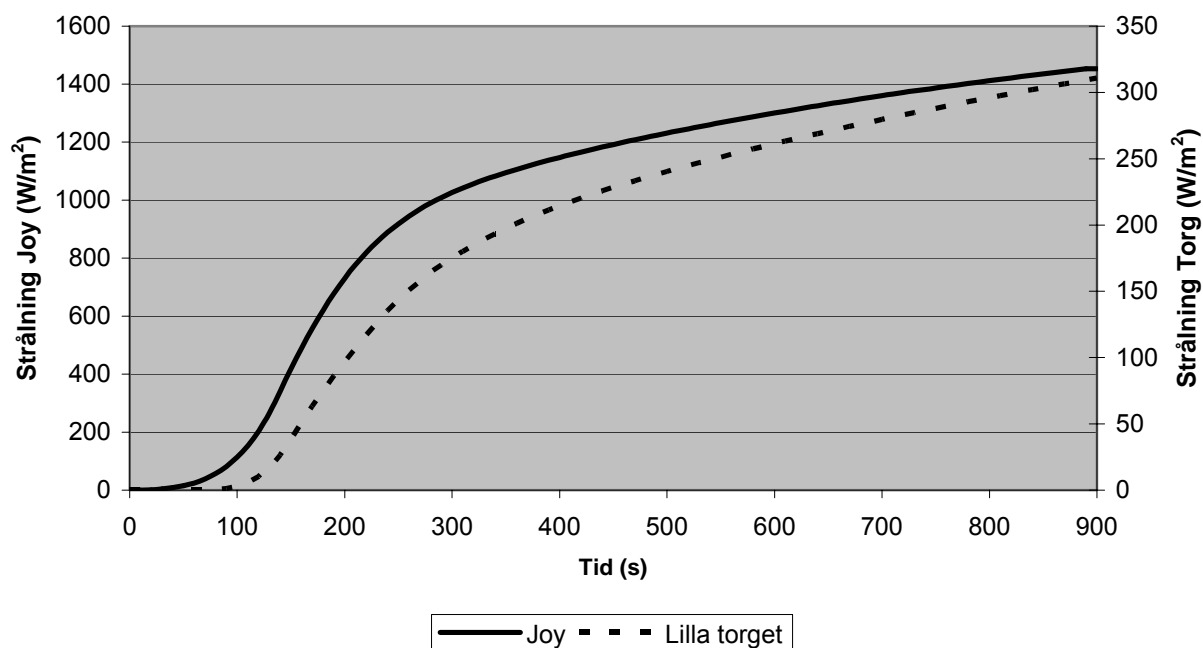


Diagram M:4. Strålningsintensiteten som funktion av tiden, i Joy samt på Lilla torget, då sprinklerna aktiverar.

Då CFAST vid beräkningar av strålningen försummar strålningen från själva branden och endast tar hänsyn till strålningen från brandgaslagret, kommer CFAST-resultaten att underskatta strålningsintensiteten, framförallt i brandrummet.

Enligt diagrammet ovan kommer strålningsintensiteten aldrig uppnå $2,5 \text{ kW/m}^2$, vare sig inne i Joy eller på Lilla torget. Även då det inte är särskilt troligt att strålningen inne i Joy aldrig kommer att bli kritisk i detta fall, kommer tiden till kritiska förhållanden på grund av strålningsintensiteten ändå att försummas. Detta görs på grund av att kritiska förhållanden, till följd av att andra kriterier uppfylls, ändå förväntas uppstå redan efter 100 s.

Fall 2 – Tvåzon-modellen tillämpas för Joy medan det omblandade fallet tillämpas för Lilla torget och Östra gången. Sprinklerna aktiverar

I fall 2 råder samma förhållanden inne i Joy som i fall 1, tvåzon-modell samt sprinkleraktivering. Detta gör att förhållanden inne i Joy kommer att påverkas på precis samma sätt i detta fall som i fall 1, se kurvorna för Joy i diagram M:1–M:4. Kritiska förhållanden kommer därigenom att uppstå i Joy efter 100 s till följd av att brandgaslagret når en kritisk nivå.

När kritiska förhållanden uppstår på Lilla torget samt i Östra gången uppskattas genom siktberäkningar.

Fall 4 – Tvåzon-modellen tillämpas för både Joy och Lilla torget. Sprinklerna aktiverar inte

Diagrammen nedan visar resultat från CFAST med aktuell effektutvecklingskurva.

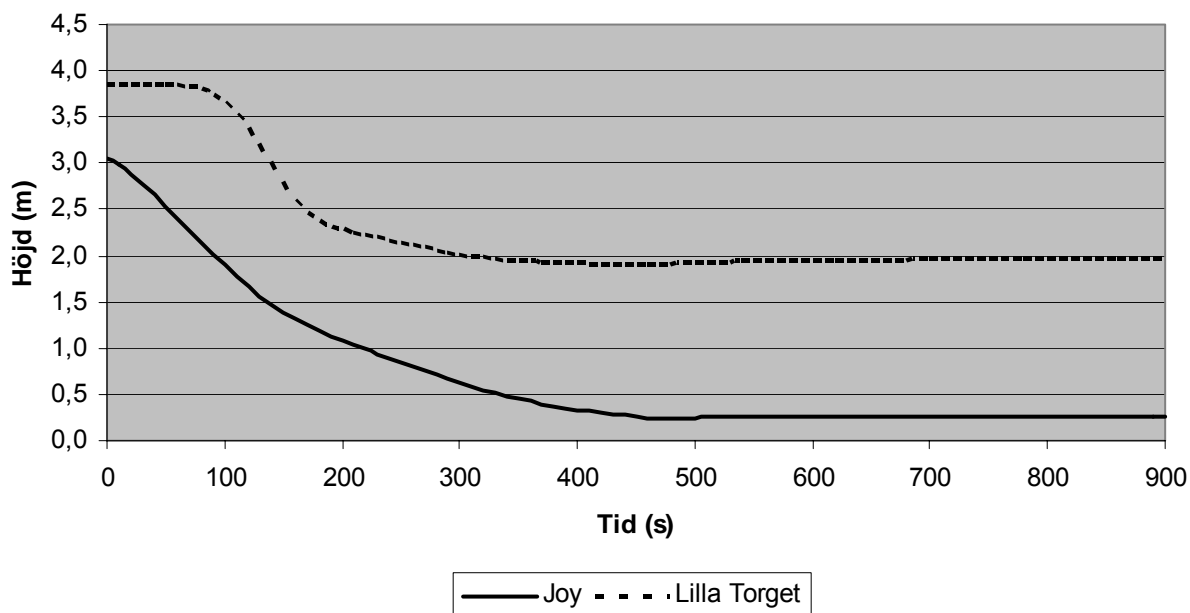


Diagram M:5. Brandgaslagrets höjd över golvet som funktion av tiden i Joy samt på Lilla torget, då sprinklerna inte aktiverar.

Höjden till brandgaslagret bör inte understiga 1,9 m över golvet inne i Joy, se inledande avsnitt. Detta kommer enligt diagrammet ovan att inträffa efter 100 s. På Lilla torget är den kritiska höjden till brandgaslagret 2,0 m över golvet. I detta fall kommer denna nivå för brandgaslagrets höjd att uppnås efter 320 s.

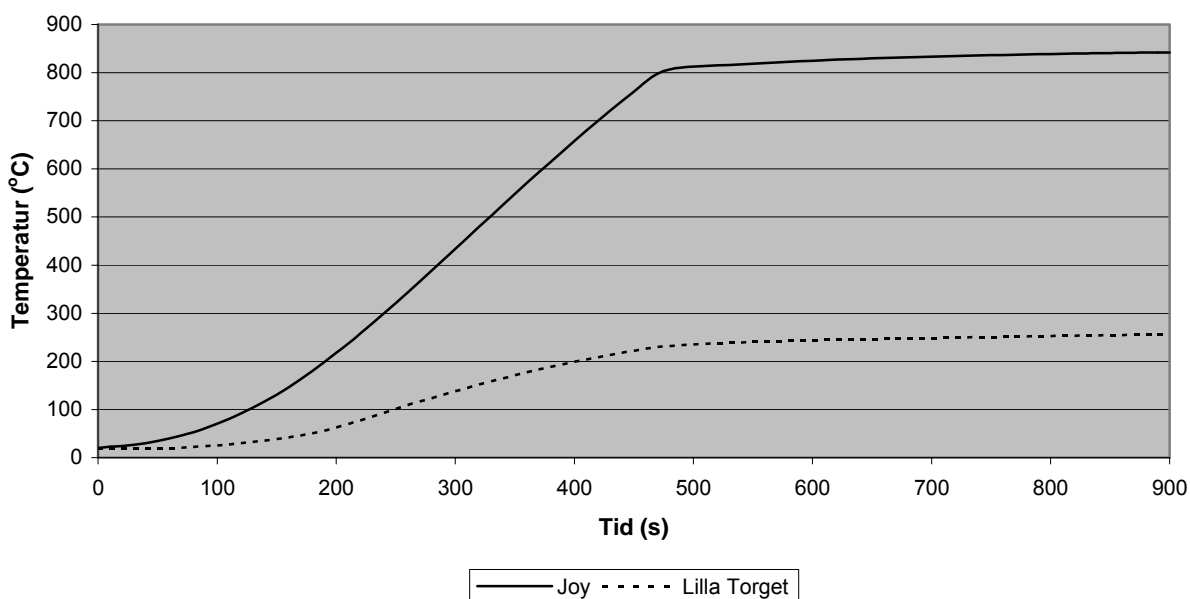


Diagram M:6. Temperaturen i brandgaslagret som funktion av tiden i Joy samt på Lilla torget, då sprinklerna inte aktiverar.

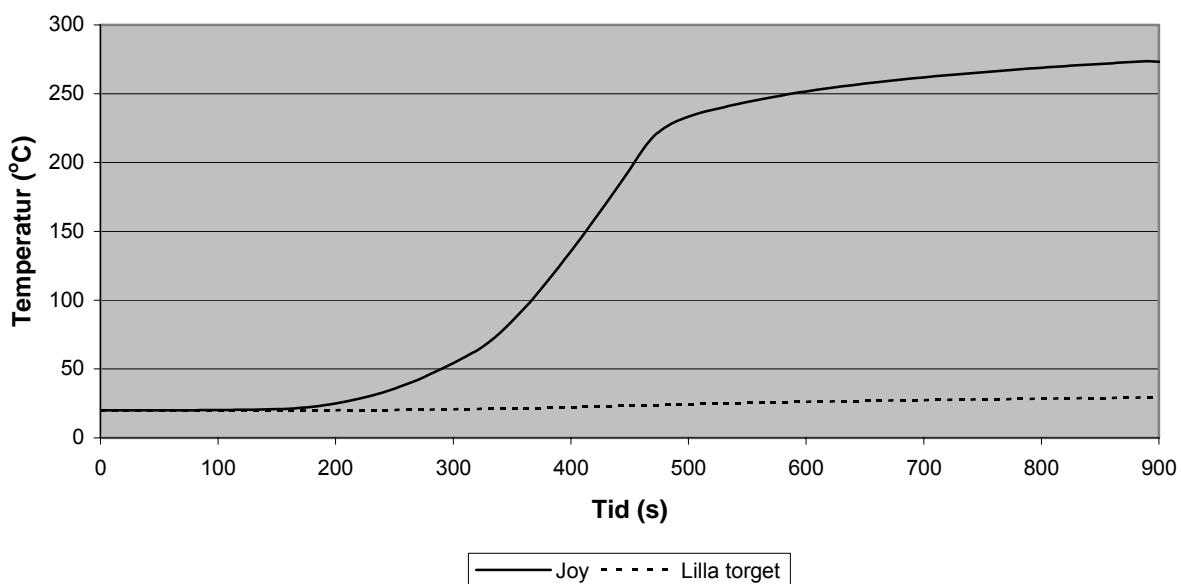


Diagram M:7. Temperaturen i det undre lagret som funktion av tiden i Joy samt på Lilla torget, då sprinklerna inte aktiverar.

Diagram M:6 och M:7 visar hur temperaturen varierar över tiden i de olika lagren inne i Joy samt på Lilla torget. Det kan tydligt ses att temperaturen är som högst i brandsektionen – Joy, både i det undre och i det övre lagret.

I Joy kommer temperaturen i det undre lagret att nå den kritiska temperaturen på 80°C efter cirka 350 s. Dock kommer kritiska förhållanden för temperaturen att uppnås i brandgaslagret i Joy redan efter drygt 100 s. Brandgaserna befinner sig vid denna tidpunkt på en kritisk nivå. På Lilla torget kommer temperaturen aldrig överstiga 30°C i det undre lagret. Däremot har brandgaserna sjunkit till en kritisk nivå efter 320 s och har då en temperatur på 150°C.

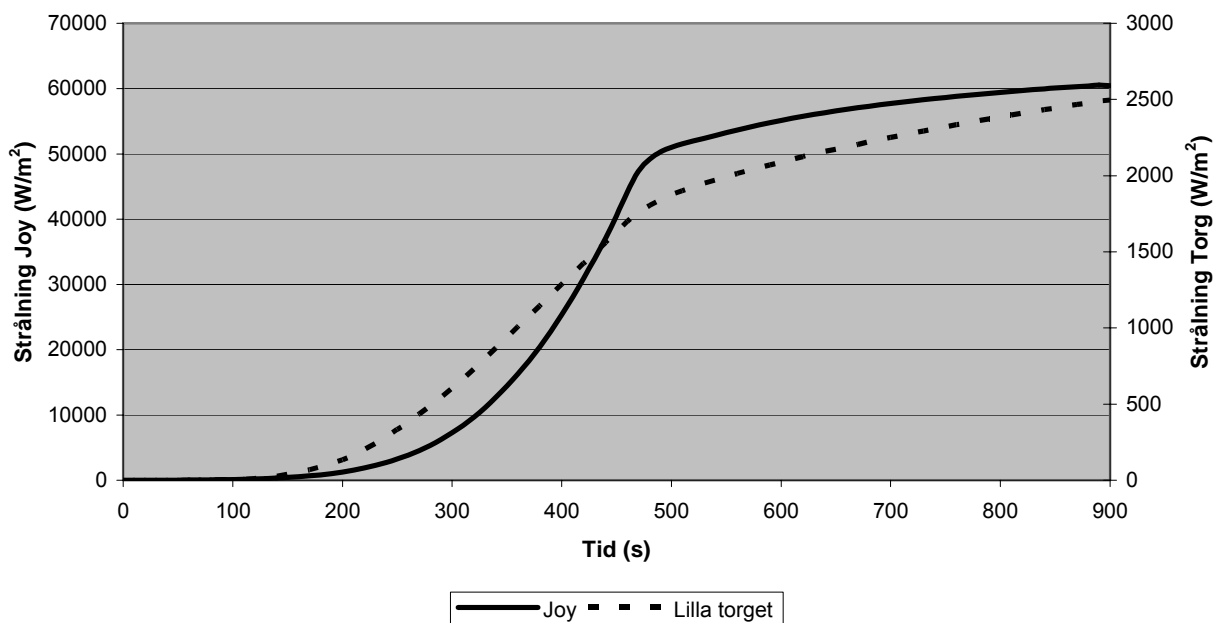


Diagram M:8. Strålningsintensiteten som funktion av tiden i Joy samt på Lilla torget, då sprinklerna inte aktiverar.

Då CFAST vid beräkningar av strålningen försummar strålningen från själva branden och endast tar hänsyn till strålningen från brandgaslagret kommer CFAST-resultaten att underskatta strålningsintensiteten, framförallt i brandrummet. Trots detta kommer kriteriet för strålning att uppfyllas efter 270 s i Joy. På Lilla Torget kommer det enligt diagram 4 att ta 900 s innan en strålningsintensitet på 2,5 kW/m² uppnås.

Fall 5 – Tvåzon-modellen tillämpas för Joy medan det omblandade fallet tillämpas för Lilla torget och Östra gången. Sprinklerna aktiverar inte

I fall 5 råder samma förhållanden inne i Joy som i fall 4, tvåzon-modell samt ingen sprinkleraktivering. Detta gör att förhållanden inne i Joy kommer att påverkas på precis samma sätt i detta fall som i fall 4, se kurvorna för Joy i diagram M:5–M:8. Kritiska förhållanden kommer därigenom att uppstå i Joy efter 100 s till följd av att brandgaslagret når en kritisk nivå.

När kritiska förhållanden uppstår på Lilla torget samt i Östra gången, i detta fall, uppskattas separat genom siktberäkningar.

Tabell M:1. Tid till kritiska förhållanden i Joy och på Lilla Torget

Fall	Joy		Lilla torget	
	Tid	Orsak	Tid	Orsak
1	100 s	brandgaslagrets höjd	Uppstår ej	-
2	100 s	brandgaslagrets höjd		siktberäkningar
4	100 s	brandgaslagrets höjd	320 s	brandgaslagrets höjd
5	100 s	brandgaslagrets höjd		siktberäkningar

Bilaga N – CFAST-resultat för brand på Stora torget

Vid bedömningar om när kritiska förhållanden råder brukar brandgaslagrets höjd beröras. Brandgaslagrets höjd bör inte ligga på en nivå där människor vistas. I verkligheten utgörs inte skiktningen mellan brandgaserna och det undre lagret av en skarp gräns. Denna gräns är ofta utdragen och hur pass utdragen den är varierar med rumshöjden (H). För att få en uppskattning om när brandgaserna befinner sig på en nivå där människor brukar vistas kan man utgå från att de ska ligga på $1,6 + (0,1 \cdot H)$ meters höjd över golvet, där H är rumshöjden.

Utrymning kan dock tänkas fortgå även efter det att en kritisk nivå för brandgaslagrets höjd har uppnåtts, under förutsättning att kriterierna för temperatur, sikt och toxicitet inte uppnåtts¹. Då varken brandgasernas sikt eller toxicitet har behandlats i tvåzon-fallen, kommer brandgaslagrets höjd förenklat att behandlas som en kritisk parameter i sig vid analyserande av nedanstående resultat. Det kan dock poängteras att då polypropylen, vilket är bränslet vid branden på Stora torget, brinner bildas mycket giftiga gaser.

Specifikt för brandscenario 2 gäller att brandgaslagrets höjd blir kritisk då det sjunkit till en höjd av 2,55 m över golvet på Stora torget, då Stora torget har en takhöjd på 9,5 m. Då höjden på centrumgångarna är 3 m, bör brandgaslaget i dessa inte sjunka lägre än till en höjd av 1,9 m över golvet.

Fall 1 – Tvåzon-modellen tillämpas för både Stora torget och centrumgångarna. Rökluckorna på torget är öppna.

Diagrammen nedan bygger på resultat från CFAST där aktuell effektkurva används.

För att nedanstående diagram ska bli mer överskådliga har samtliga centrumgångar innefattats i samma kurva, benämnd ”Gångarna”. Detta kan göras då de olika parametrarna kommer att påverkas nästintill identiskt i de olika gångarna.

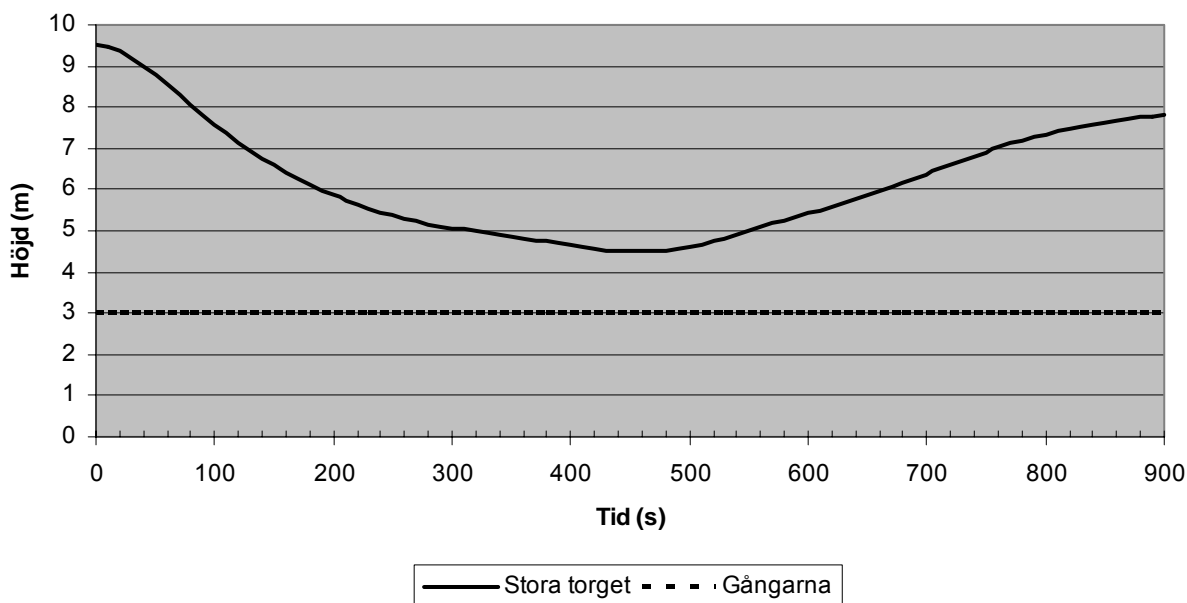


Diagram N:1. Brandgaslagrets höjd över golvet som funktion av tiden, på Stora torget samt i centrumgångarna, då rökluckorna på torget är öppna.

¹ Brandskyddshandboken, 2002.

Höjden till brandgaslagret på Stora torget kommer aldrig att sjunka ned till en nivå som kan orsaka problem vid utrymning. Eftersom brandgaserna som maximalt sjunker till cirka 4,5 meters höjd över golvet så kommer brandgaserna inte att spridas till centrumgångarna. För brandgasspridning till gångarna krävs nämligen att brandgaserna sjunker till 3 meters höjd, vilket motsvarar höjden på gångarnas öppningar.

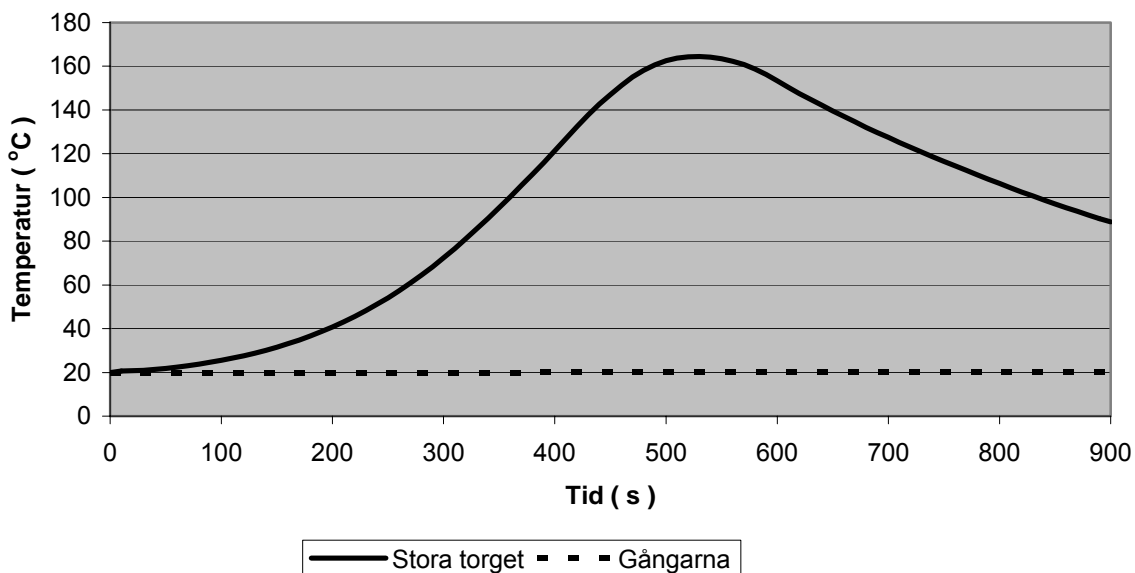


Diagram N:2. Temperaturen i brandgaslagret som funktion av tiden, på Stora torget samt i centrumgångarna, då rökluckorna på torget är öppna.

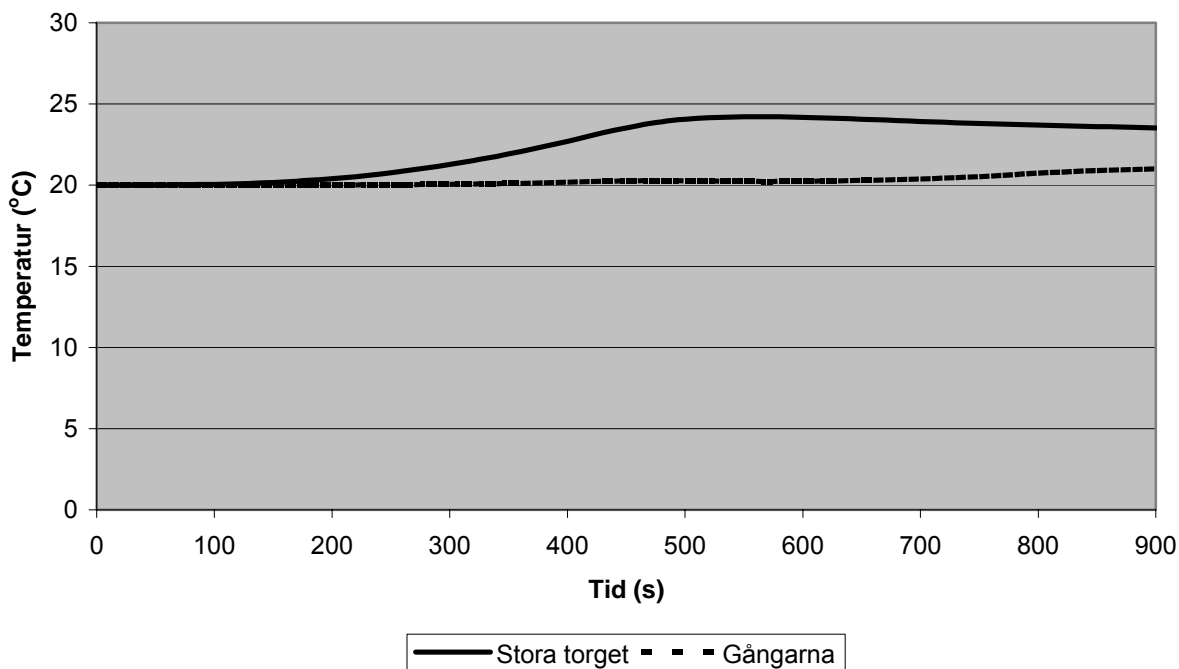


Diagram N:3. Temperaturen i det undre lagret som funktion av tiden, på Stora torget samt i centrumgångarna, då rökluckorna på torget är öppna.

Diagram N:2 och N:3 visar temperaturen i de olika skikten på Stora torget och i centrumgångarna. På Stora torget kommer brandgaserna att nå en maximal temperatur av 170°C. Då brandgaslagret endast kommer att nå en höjd av 4,5 m på Stora torget kommer denna höga temperatur aldrig direkt påverka utrymningen. I centrumgångarna bildas aldrig något varmt brandgaslager vilket gör att temperaturen förblir i stort sett oförändrad. Temperaturen kommer inte heller stiga nämnvärt i det undre lagret, varken på Stora torget eller i centrumgångarna. Det bör dock poängteras att det i gångarna egentligen inte bildas något undre lager utan det som benämns undre lager här utgör hela gångarnas volym.

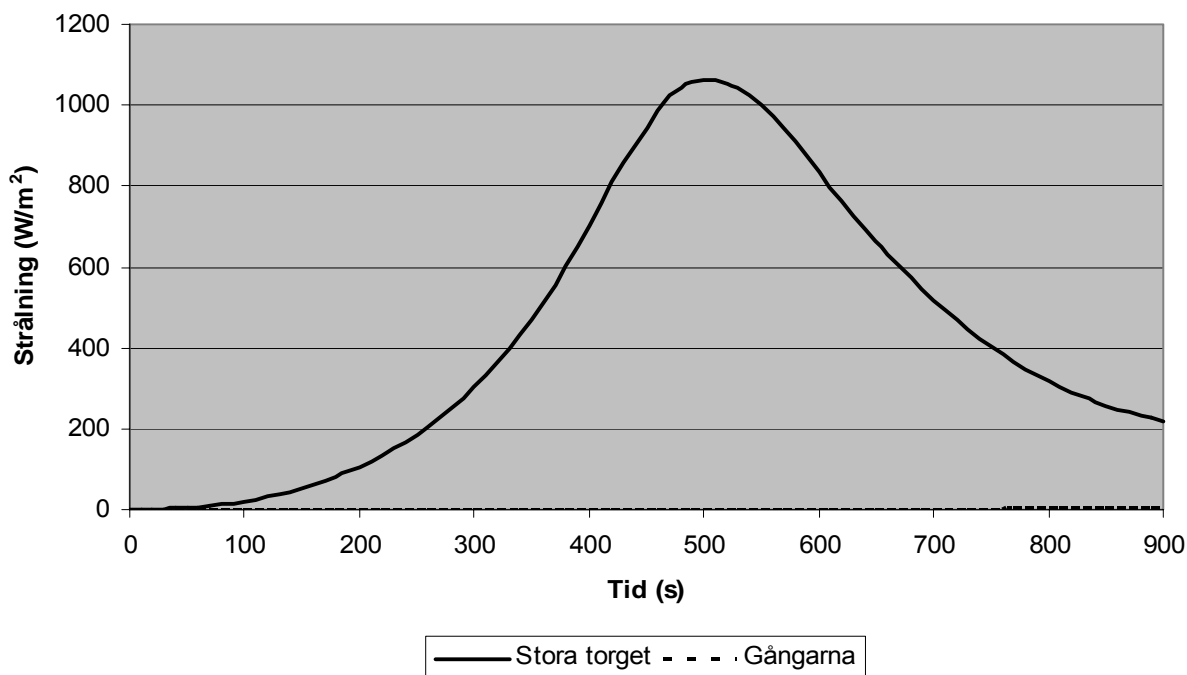


Diagram N:4. Strålningsintensiteten som funktion av tiden, på Stora torget samt i centrumgångarna, då rökluckorna på torget är öppna.

Då CFAST vid beräkningar av strålningen försummar strålningen från själva branden och endast tar hänsyn till strålningen från brandgaslagret, kommer CFAST-resultaten att underskatta strålningsintensiteten, framförallt i brandrummet.

Enligt diagrammet ovan kommer strålningsintensiteten inte att bli högre än 1,1 kW/m² på Stora torget vilket är en betydligt lägre strålning än den kritiska strålningsintensiteten på 2,5 kW/m². På grund av detta kommer kritiska förhållanden antas aldrig uppstå på Stora torget, till följd av att kriteriet för strålning uppfylls. Strålningsintensiteten kommer att förbli oförändrade i centrumgångarna.

Fall 2 – Tvåzon-modellen tillämpas för Stora torget medan det ombländade fallet tillämpas för centrumgångarna. Rökluckorna på torget är öppna

I fall 2 råder samma förhållanden på Stora torget som i fall 1, tvåzon-modell samt öppna rökluckor. Detta gör att förhållanden på Stora torget kommer att påverkas på precis samma sätt i detta fall som i fall 1, se kurvorna för Stora torget i diagram N:1–N:4. Kritiska förhållanden kommer därigenom aldrig att uppstå på Stora torget i detta fall.

När kritiska förhållanden uppstår i centrumgångarna uppskattas separat genom siktberäkningar.

Fall 4 – Tvåzon-modellen tillämpas för både Stora torget och centrumgångarna. Rökluckorna på torget är stängda.

Diagrammen nedan bygger på resultat från CFAST med aktuell effektkurva.

För att göra nedanstående diagram mer överskådliga har samtliga centrumgångar innefattas i samma kurva, benämnd ”Gångarna”. Detta kan göras då de olika parametrarna kommer att påverkas nästintill identiskt i de olika gångarna. Ett undantag är dock temperaturen i brandgaslagret som kommer att skilja sig något mellan gångarna. I diagram N:6 har därför varje gång presenterats separat.

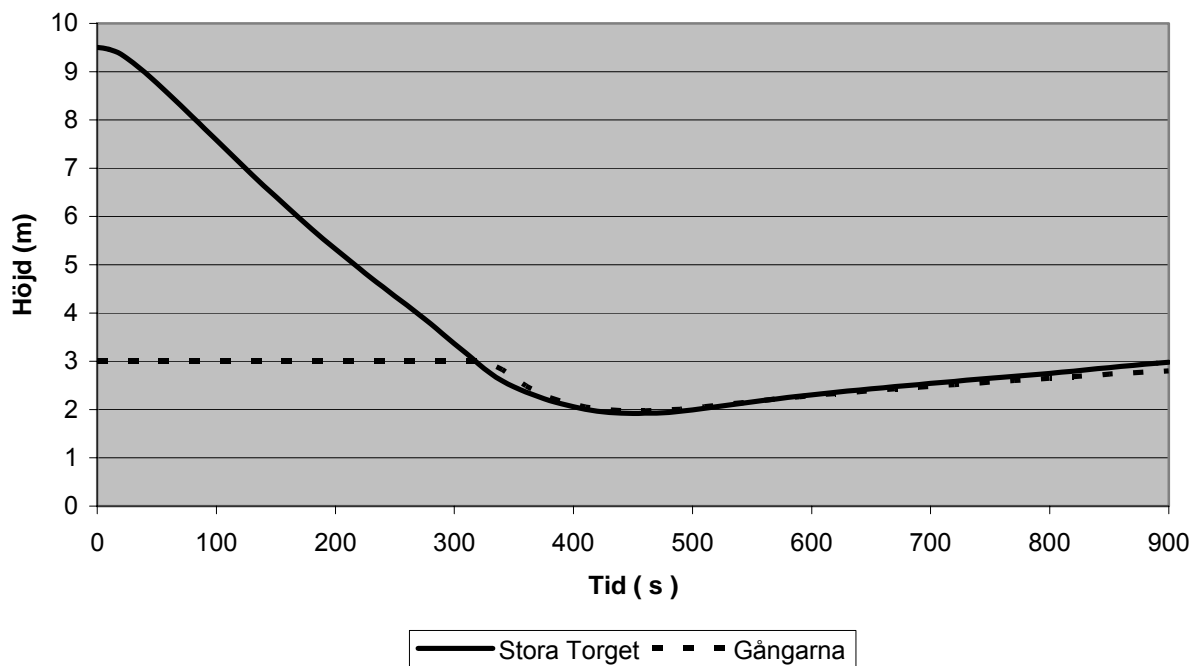


Diagram N:5. Brandgaslagrets höjd över golvet som funktion av tiden, på Stora torget samt i centrumgångarna, då rökluckorna på torget är stängda.

Höjden på brandgaslagret kommer på Stora torget att sjunka under den kritiska höjden på 2,55 m efter cirka 350 s. Brandgaserna på Stora torget kommer därefter att ligga på en kritisk nivå i 400 s. I detta fall kommer brandgaserna att nå en höjd så att de kan spridas till centrumgångarna. Den kritiska höjden för brandgaserna i gångarna ligger på 1,9 meters höjd över golvet. Brandgaslagret kommer nätt och jämnt att sjunka till denna nivå, vilket inträffar under endast en kort period efter att branden pågått i 450 s.

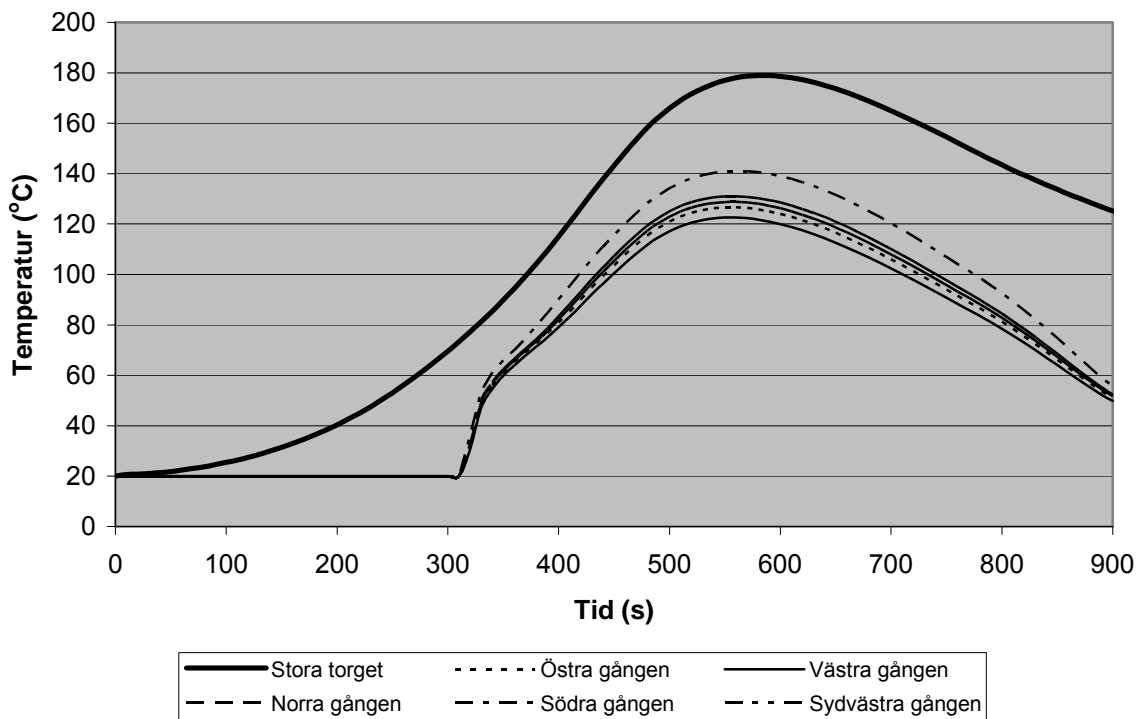


Diagram N:6. Temperaturen i brandgaslagret som funktion av tiden, på Stora torget samt i centrumgångarna, då rökluckorna på torget är stängda.

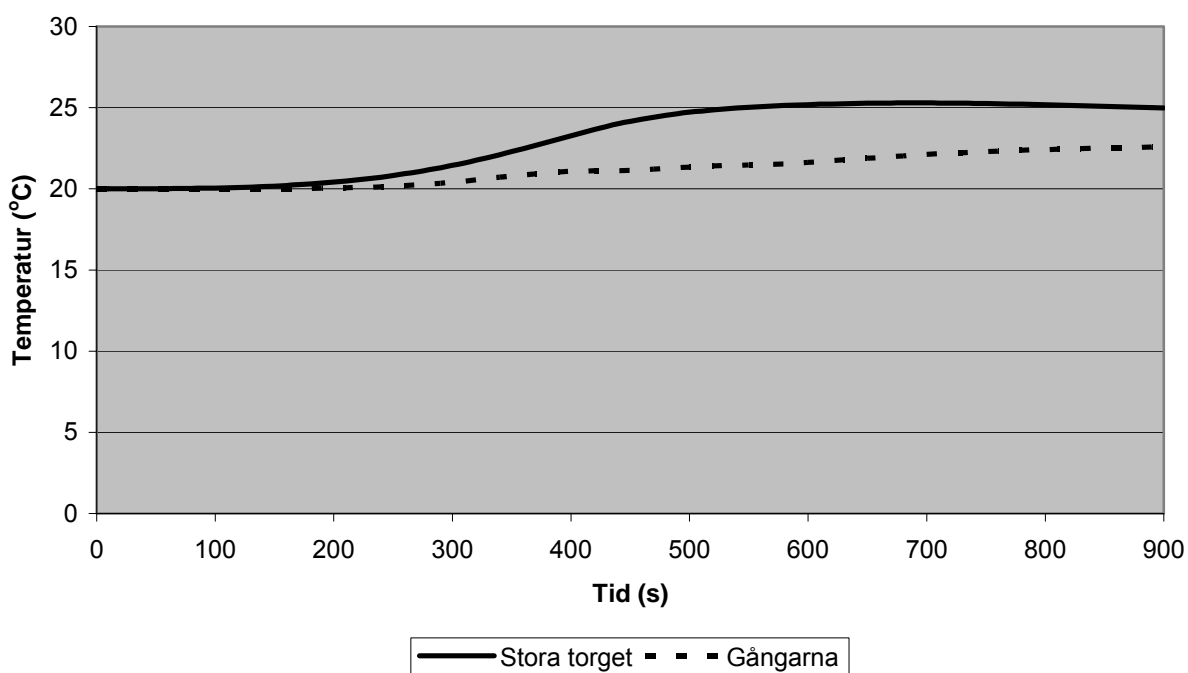


Diagram N:7. Temperaturen i det under lagret som funktion av tiden, på Stora torget samt i centrumgångarna, då rökluckorna på torget är stängda.

Diagram N:6 och N:7 visar temperaturen i de olika skikten på Stora torget och i centrumgångarna. Efter 350 s når brandgaslagret en kritisk höjd på Stora torget. Brandgasernas har då en temperatur på 90°C. Under den period som brandgaserna ligger på en kritisk höjd, varierar temperaturen på dessa mellan 90°C och 180°C. I centrumgångarna kommer brandgaslagret vara nere på sin kritiska höjd efter 450 s. Temperaturen på brandgaserna vid denna tidpunkt kommer att variera mellan 100°C och 120°C beroende av centrumgång. Denna variation beror dels på gångarnas placering i förhållande till branden och dels på deras storlek. Temperaturen i det undre lagret kommer även vid detta scenario att vara relativt oförändrad, både på Stora torget och i centrumgångarna.

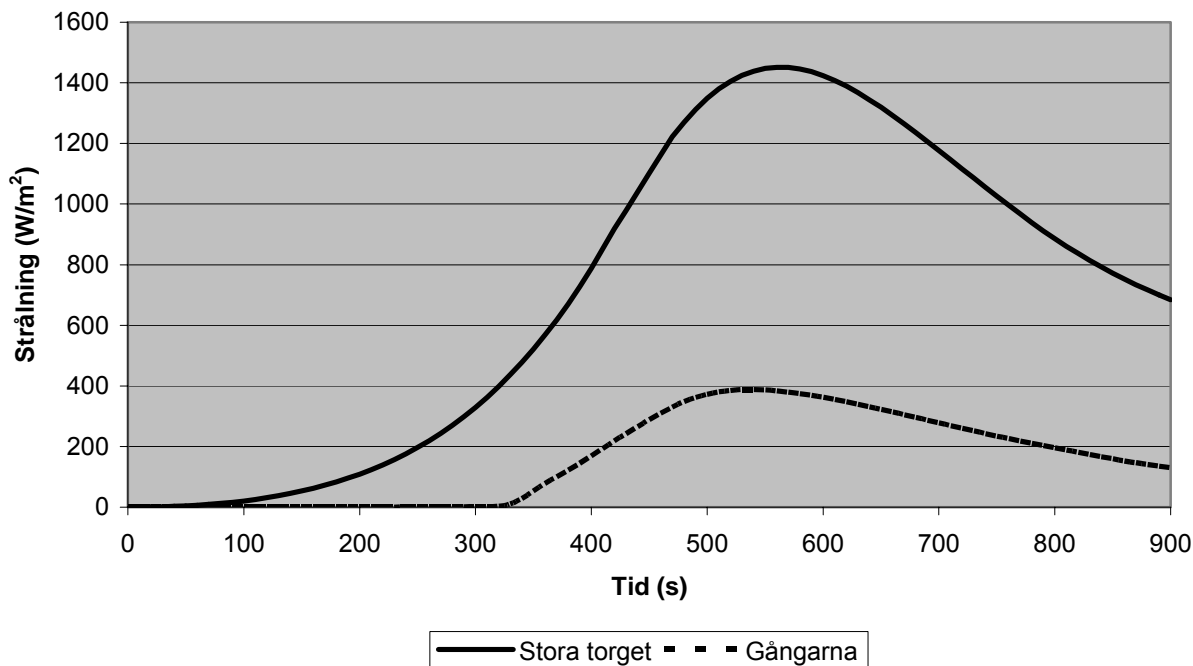


Diagram N:8. Strålningsintensiteten som funktion av tiden, på Stora torget samt i centrumgångarna, då rökluckorna på torget är stängda.

Då CFAST vid beräkningar av strålningen försummar strålningen från själva branden och endast tar hänsyn till strålningen från brandgaslagret, kommer CFAST-resultaten att underskatta strålningsintensiteten, framförallt i brandrummet.

Enligt diagram N:8 kommer inte strålningen i detta fall heller att utgöra något problem vid utrymning från centrumet. Som maximalt uppgår här strålningen på torget till 1,5 kW/m² och i gångarna endast till 0,4 kW/m². Kritiska förhållanden uppnås först vid 2,5 kW/m². Även då det inte är särskilt troligt att strålningen på Stora torget aldrig kommer att bli kritisk i detta fall, kommer tiden till kritiska förhållanden på grund av strålningsintensiteten ändå att ignoreras. Detta görs på grund av att kritiska förhållanden, till följd av att andra kriterier uppfylls, ändå uppstår efter 350 s.

Fall 5 – Tvåzon-modellen tillämpas för Stora torget medan det omblandade fallet tillämpas för centrumgångarna. Rökluckorna på torget är stängda.

I fall 5 råder samma förhållanden på Stora torget som i fall 4, tvåzon-modell samt stängda rökluckor. Detta gör att förhållanden på Stora torget kommer att påverkas på precis samma sätt i detta fall som i fall 4, se kurvorna för Stora torget i diagram N:5–N:8. Kritiska förhållanden kommer därigenom att uppstå på Stora torget efter 350 s i detta fall.

När kritiska förhållanden uppstår i centrumgångarna har uppskattats genom separata siktberäkningar.

Tabell N:1. Tid till kritiska förhållanden på Stora torget och centrumgångarna.

Fall	Stora torget		Centrumgångarna	
	Tid	Orsak	Tid	Orsak
1	Uppstår ej	-	Uppstår ej	-
2	Uppstår ej	-		siktberäkningar
4	350 s	brandgaslagrets höjd	450 s	brandgaslagrets höjd
5	350 s	brandgaslagrets höjd		siktberäkningar

Bilaga O – CFAST-resultat för brand i Centrumgrillen

Vid bedömningar om när kritiska förhållanden råder brukar brandgaslagrets höjd beröras. Brandgaslagrets höjd bör inte ligga på en nivå där människor vistas. I verkligheten utgörs inte skiktningen mellan brandgaserna och det undre lagret av en skarp gräns. Denna gräns är ofta utdragen och hur pass utdragen den är varierar med rumshöjden (H). För att få en uppskattning om när brandgaserna befinner sig på en nivå där människor brukar vistas kan man utgå från att de ska ligga på $1,6 + (0,1 \cdot H)$ meters höjd över golvet, där H är rumshöjden.

Utrymning kan dock tänkas fortgå även efter det att en kritisk nivå för brandgaslagrets höjd har uppnåtts, under förutsättning att kriterierna för temperatur, sikt och toxicitet inte uppnåtts¹. Då varken brandgasernas sikt eller toxicitet har behandlats i denna rapport, kommer brandgaslagrets höjd förenklat att behandlas som en kritisk parameter i sig, vid analyserande av nedanstående resultat.

Specifikt för brandscenario 3 gäller att brandgaslagrets höjd blir kritisk då det sjunkit till en höjd av 1,9 m över golvet inne i Centrumgrillen, eftersom takhöjden där är 3 m. Utanför Centrumgrillen är takhöjden på Östra gången högre än den är närmare Stora torget. Takhöjden där är 6 m, vilket innebär att brandgaslagret inte bör sjunka under en höjd av 2,2 m över golvet i Östra gången.

Kurvorna som betecknas ”korridor 1”, ”korridor 2” och ”korridor 3” är alla sektioner av den Östra gången. Korridor 1 är den del av gången belägen närmast entrén.

De olika fallen kommer att numreras efter hur de är numrerade i rapporten.

Fall 4 – Tvåzon-modellen tillämpas för både Centrumgrillen och Östra gången. Sprinklerna aktiverar inte

Diagrammen nedan bygger på resultat från CFAST med aktuell effektkurva.

¹ Brandskyddshandboken, 2002.

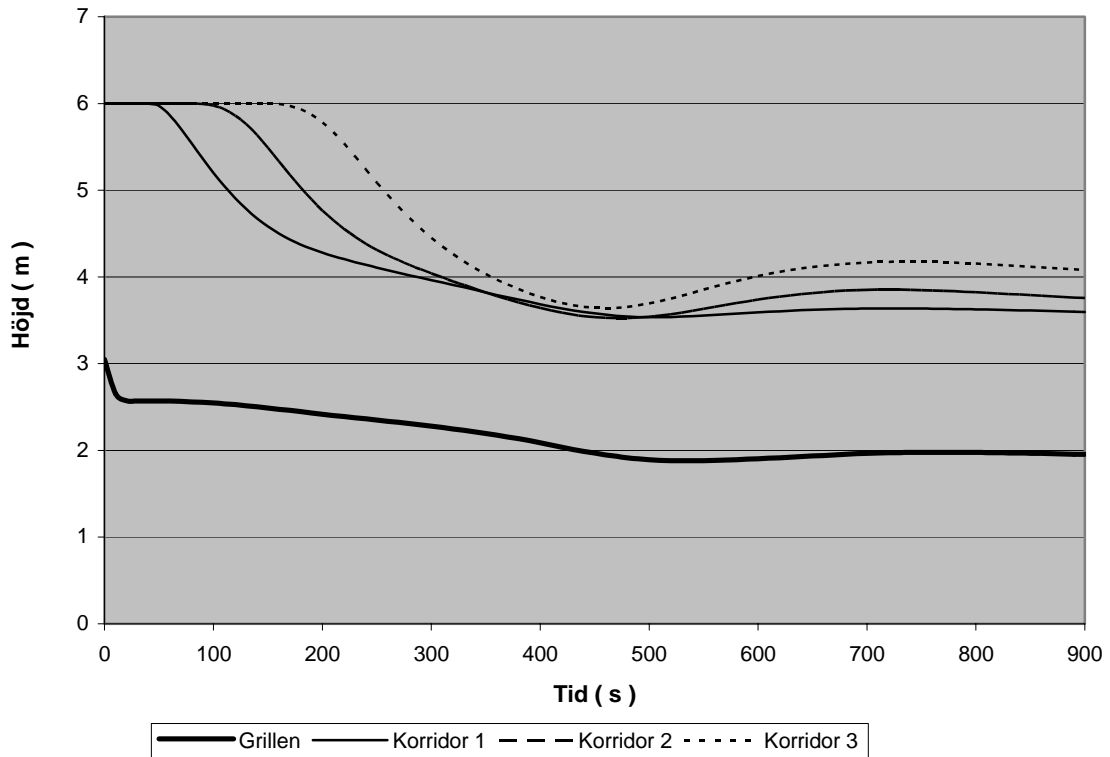


Diagram O:1. Brandgaslagrets höjd över golvet som funktion av tiden i Centrumgrillen samt i olika sektioner av Östra gången, då sprinklerna inte aktiverar.

Inne i Centrumgrillen kommer brandgaserna precis att nå sin kritiska höjd på 1,9 m. Detta sker efter ungefär 500 s. Brandgaslagret i den Östra gången kommer aldrig att nå sin kritiska höjd under detta brandförlopp.

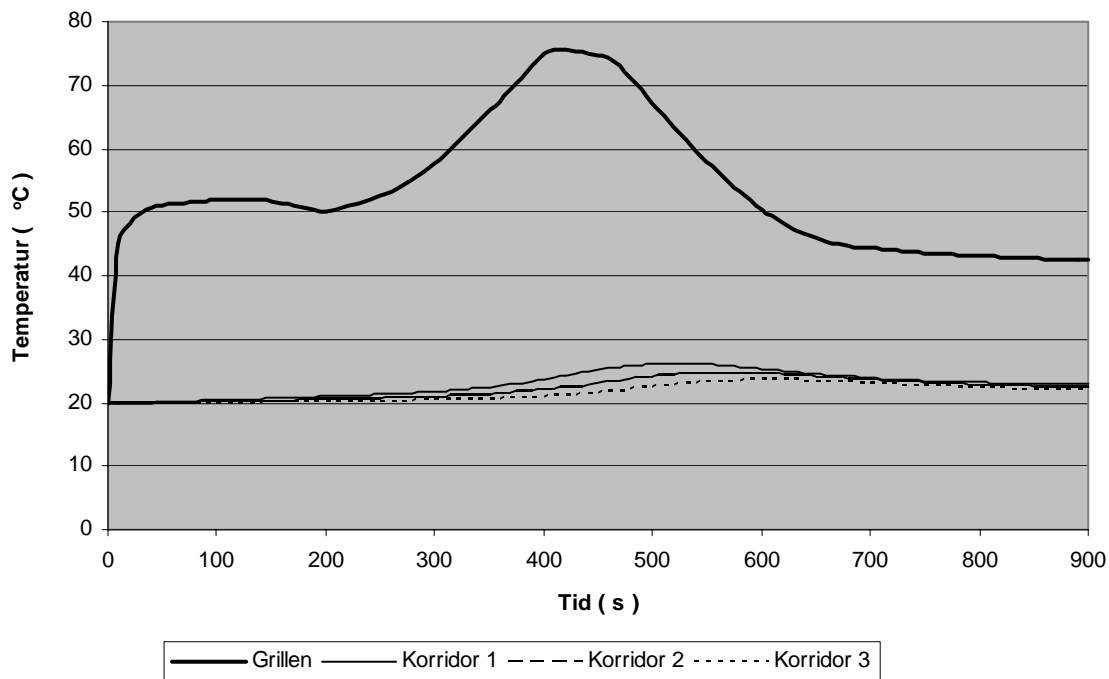


Diagram O:2. Temperaturen i brandgaslagret som funktion av tiden i Centrumgrillen samt i olika sektioner av Östra gången, då sprinklerna inte aktiverar.

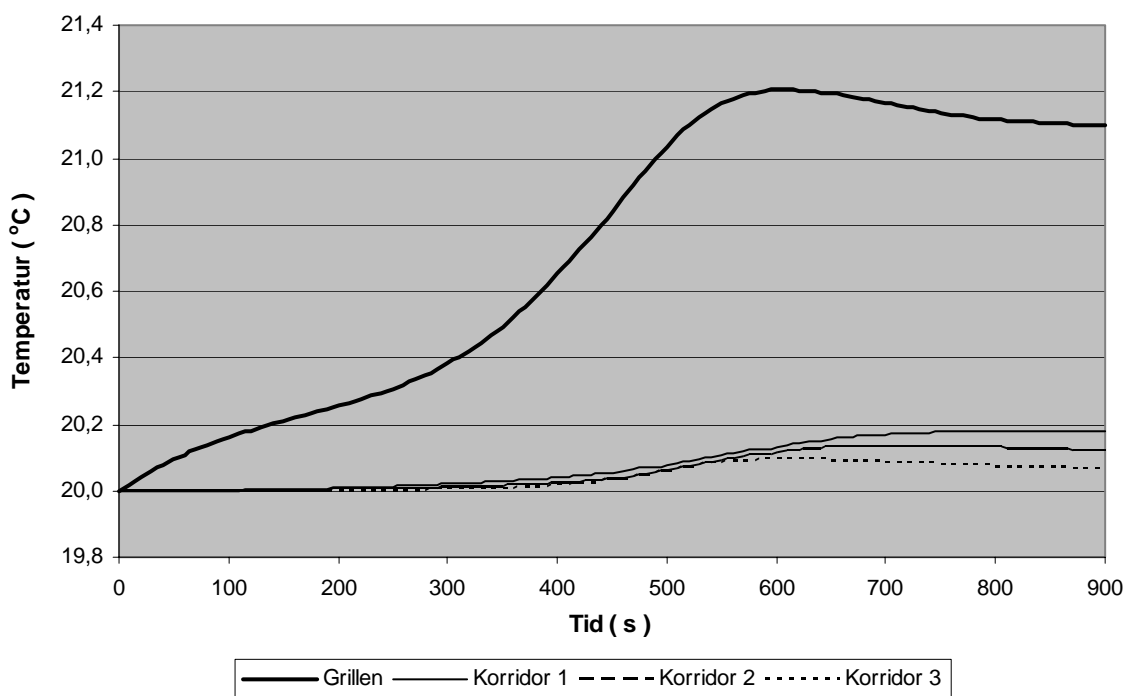


Diagram O:3. Temperaturen i det undre lagret som funktion av tiden i Centrumgrillen samt i olika sektioner av Östra gången, då sprinklerna inte aktiverar.

Enligt tidigare beräkning uppnås kritiska förhållanden om lufttemperaturen överstiger 80°C. Brandgasernas temperatur kommer aldrig att uppfylla detta kriterium vare sig inne i Centrumgrillen eller i Östra gången. Enligt diagram O:3 kommer temperaturen i det under lagret att förbli i stort sett oförändrad både inne i Centrumgrillen samt i Östra gången.

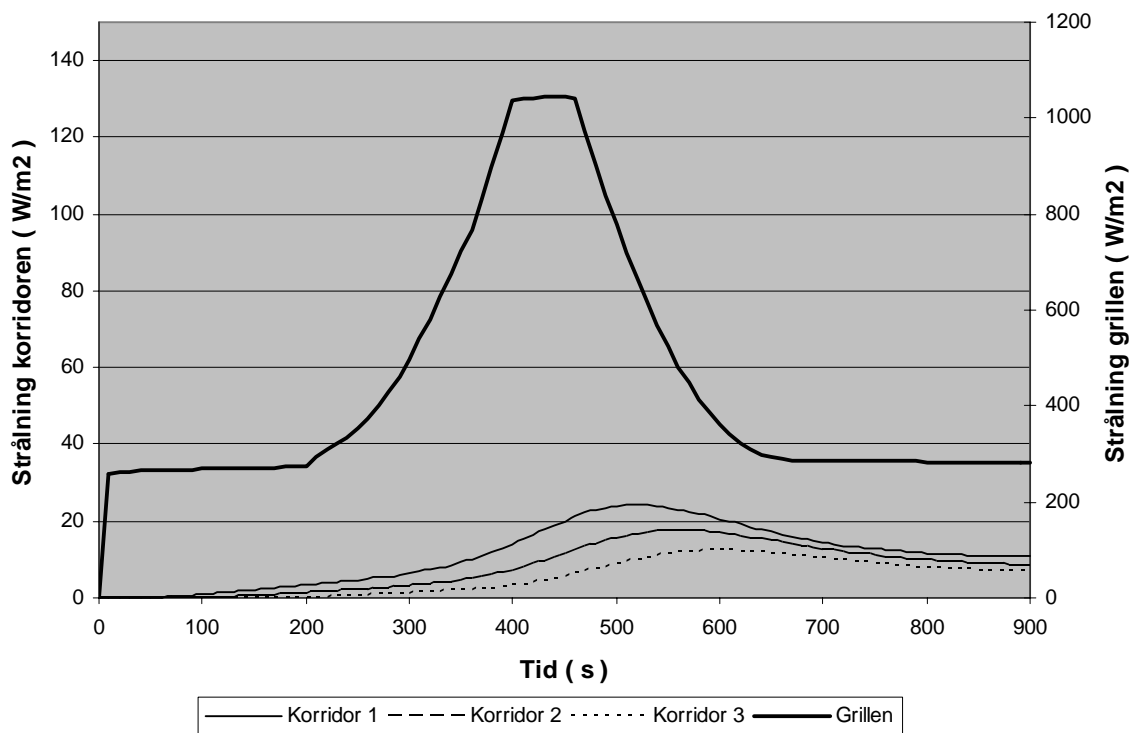


Diagram O:4. Strålningsintensiteten som funktion av tiden i Centrumgrillen samt i olika sektioner av Östra gången, då sprinklerna inte aktiverar.

Då CFAST, vid beräkningar av strålningen, försummar strålningen från själva branden och endast tar hänsyn till strålningen från brandgaslagret kommer CFAST-resultaten att underskatta strålningsintensiteten, framförallt i brandrummet.

Enligt diagram O:4 kommer strålningsintensiteten i Östra gången vara i stort sett oförändrad under hela brandförloppet. Inne i Centrumgrillen kommer strålningsintensiteten att nå sitt maximala värde på knappa 1,1 kW/m² efter 380 s. Detta är ett betydligt lägre värde på strålningsintensiteten än det kritiska värdet. Då kritiska förhållanden ändå uppstår inne i Centrumgrillen efter 500 s, till följd av att brandgaslagret når under sin kritiska nivå, kommer det att försummas att strålningen eventuellt når kritiskt värde i Centrumgrillen.

Fall 5 – Tvåzon-modellen tillämpas för Centrumgrillen medan det omblandade fallet tillämpas för Östra gången. Sprinklerna aktiverar inte

I fall 5 råder samma förhållanden inne i Centrumgrillen som i fall 4, tvåzon-modell samt ingen sprinkleraktivering. Detta gör att förhållanden inne i Centrumgrillen kommer att påverkas på precis samma sätt i detta fall som i fall 4, se kurvorna för Grillen i diagram O:1–O:4. Kritiska förhållanden kommer därigenom att uppstå i Centrumgrillen efter 500 s till följd av att brandgaslagret når en kritisk nivå.

När kritiska förhållanden uppstår i Östra gången, i detta fall, uppskattas separat genom siktberäkningar.

Tabell O:1. Tid till kritiska förhållanden i Centrumgrillen och i Östra gången.

Centrumgrillen			Östra gången	
Fall	Tid	Orsak	Tid	Orsak
4	500 s	brandgaslagrets höjd	Uppstår ej	-
5	500 s	brandgaslagrets höjd	Uppstår ej	siktberäkningar

Bilaga P – Teori siktberäkningar

Denna bilaga syftar till personer som inte har grundläggande kunskap inom det brandtekniska området.

När brand uppstår i ett rum kan brandgaserna som bildas fördela sig i rummet på många olika sätt. I denna rapport behandlas två av dessa, tvåzon-modellen och det omblandade fallet, även kallat enzon-modellen. Siktberäkningarna i denna rapport kommer dock att bygga på att enzon-modellen kan tillämpas. Denna teori bygger på att brandgaserna fördelas jämnt i hela rummet. Detta kommer att ske på grund av att brandgasernas temperatur inte är tillräckligt hög för att brandgaserna ska stiga.

Vid beräkning av siktförhållanden i ett brandrum används en parameter som beskriver den optiska densiteten per meter, denna parameter skrivs D_L och har enheten m^{-1} . Den optiska densiteten per meter beskriver hur ljusintensiteten förändras mellan en ljuskälla och en ljusmottagare. På detta sätt kan en dämpning av ljuset mätas och beskrivas med formeln:

$$D_L = -\frac{1}{L} \cdot \ln \frac{I}{I_0}$$

där

L = Längden mellan ljuskällan och ljusmottagaren

I = Ljusintensiteten vid ljusmottagaren

I_0 = Ljusintensiteten vid ljuskällan

Uttrycket för den optiska densiteten per meter i formeln ovan är uttryckt i den naturliga logaritmen. Det finns även två andra sätt att uttrycka samma formel, nämligen som amerikansk standard och europeisk standard.

Formeln enligt amerikansk standard skrivs:

$$D_{l,\log} = -\frac{1}{L} \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad [\text{B/m}]$$

Samt formeln enligt Europeisk standard skrivs:

$$D_{l,10\log} = -\frac{10}{L} \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad [\text{obscura}]$$

Där enheten obscura = dB/m

För att utrymning ska kunna ske på ett tillfredställande sätt, får sikten vara högst 10 m^1 . Detta motsvarar en optisk densitet på 1 obscura. För att beräkna massan av bränslet som måste brinna av för att uppnå en sikt på 10 m används nedanstående formel²:

$$D_0 = D_L \cdot \frac{V}{m}$$

¹ Boverkets byggregler, 2004.

² Drysdal, 2004.

där

D_0 = Rökpotentialen för bränslet [m^2/g]

D_L = Den optiska densiteten per meter [Bel/m]

m = Massan av bränslet [g]

V = Volymen av brandrummet [m^3]

I uttrycket ovan är det viktigt att hålla reda på vilken standard som D_L är uttryckt i. D_0 måste anges enligt samma standard för att beräkningarna ska stämma. Enheterna i uttrycket ovan följer den amerikanska standarden, vilken också kommer att användas i beräkningarna för sikt i de olika fallen. D_0 är ett mått på rökpotentialen. Konstanten är materialberoende. Detta innebär att olika bränslen har olika värden på rökpotentialen.

Både D_0 och D_L kommer att vara kända då siktberäkningarna utförs i denna rapport. Genom detta kan den massa material som måste förbrännas för att uppnå en sikt på 10 m beräknas. För att sedan ta reda på tidpunkten då kritiska förhållanden uppstår används nedanstående tillvägagångssätt.

Nedanstående formel används för att beräkna den totala mängden frigjord energi som kommer utvecklas då den massa bränsle, som resulterar i kritiska förhållanden, har förbränts:

$$Q = m \cdot \Delta H_c \cdot \chi$$

där

Q = Den totala energi som frigörs [MJ]

ΔH_c = Förbränningsenergin [MJ/kg]

χ = Förbränningseffektiviteten [-]

För att kunna beräkna tiden det tar att förbränna denna massa bränsle används nedanstående formel:

$$Q = \int_0^{t_1} (\alpha \cdot t^2) dt + \dot{Q}_{\max} \cdot (t_2 - t_1) \Rightarrow$$

$$Q = \frac{\alpha \cdot t_1^3}{3} + \dot{Q}_{\max} \cdot (t_2 - t_1)$$

Där t_1 är tiden tills tillväxten avstannar. Tiden mellan t_1 och t_2 råder konstant effektutveckling.

Först integreras effektutvecklingen över tillväxttiden. När konstant effektutveckling erhålls, kan energin som frigörs under denna tid beräknas genom att multiplicera den konstanta effektutvecklingen med tiden under vilken konstant effektutveckling råder. Det är detta resonemang som beskrivs i uttrycket ovan.

Beroende på hur lång tillväxtfasen är samt hur mycket energi som måste frigöras för att kritiska förhållanden ska uppstå, kan sådana förhållanden uppstå redan under tillväxtfasen.

Bilaga Q – Siktberäkningar för brand i Joy

Vid brand i Joy finns tre olika fall för hur brandgaserna kan fördela sig i Joy samt på Lilla torget och i Östra gången:

- tvåzon-modellen råder i Joy samt på Lilla torget och i Östra gången
- tvåzon-modellen råder i Joy, men på Lilla torget och i Östra gången råder det väl omblandade fallet
- väl omblandat fall råder i Joy samt på Lilla torget och i den Östra gången.

Då tvåzon-modellen råder både i Joy samt på Lilla torget och i Östra gången är inte beräkningar på sikten relevanta. Resultat på detta fall fås istället genom simuleringar i CFAST. I fallet då Tvåzon-modellen råder i Joy, men det väl omblandade fallet råder på Lilla torget och i Östra gången kommer både resultat från CFAST att användas, samt siktberäkningar utföras på Lilla torget och i Östra gången. För fallet då väl omblandat fall råder i Joy samt på Lilla torget och i den Östra gången kommer beräkningar på sikt att göras.

Nedan följer en beskrivning av de två modellerna, tvåzon-modellen och det helt omblandade fallet. Här beskrivs vilka begränsningar de båda har, samt vilka antaganden som gjorts för att kunna använda modellerna.

Tvåzon-modellen – CFAST-begränsningar

När brandgaserna färdas in i Lilla torget, kommer de att kylas på vägen. Anledningen till att brandgaserna kyla beror på att de kommer att blandas med kall luft samt komma i kontakt med kalla ytor. Detta innebär att de kommer att förlora en del av sin termiska stigningskraft. Det finns en möjlighet att brandgaserna inte kommer att bilda en tvåzon-modell. De kan komma att breda ut sig på en lägre nivå eller till och med blandas om helt. Vad som kommer att hända beror på vilken temperatur brandgaserna har. Med denna diskussion i åtanke kan det tänkas att brandgaserna inte kommer att bilda en tvåzon-modell, utan möjligheten finns att de helt kommer blandas om.

CFAST förutsätter dessutom att så fort brandgaserna lämnar brandrummet kommer de momentant att bilda ett övre lager på Lilla Torget. Detta är inte helt rimligt eftersom det kommer att ta lång tid för brandgaserna att transporteras från branden till det mest avlägsna hörnet på Lilla torget.

Det helt omblandade fallet – begränsningar

Vid det helt omblandade fallet förutsätts att brandgaserna inte är varmare än de kalla gaserna på Lilla Torget, vilket kommer att innebära att brandgaserna fördelar sig jämt i rummet, utan någon skiktning alls. Detta är dock inte sant. Brandgaserna har en termisk stigningskraft och kommer att skikta sig någonstans i volymen.

Dessutom tas ingen hänsyn till att det tar en viss tid för brandgaserna att blanda om sig. Brandgaser som har bildats när en viss massa har brunnit av, kommer alltså att blandas i rummet direkt.

Antagande det helt omblandade fallet

Vid beräkningar på det helt omblandade fallet i Lilla torget och i centrungången kommer Lilla torget och centrungångarna ses som en total volym. Detta för att Lilla torget ligger direkt i anslutning till centrungången. Lilla torget ansluter i sin tur till brandrummet – Joy.

När brandgaserna väl börjar strömma ut på Lilla torget antas att all avbrunnen massan, från den tidpunkten och framåt, kommer att spridas i Lilla torget och i centrungången. Ingen hänsyn har alltså tagits till att brandgaslagret kommer att fortsätta att sjunka inne på Joy. Brandgaserna kommer momentant att spridas jämnt i Lilla torget och i centrungången.

I detta fall ses fortfarande brandrummet Joy som en tvåzon-modell, medan Lilla torget och centrungången ses som en hel omblandad volym. Joy och Lilla torget med centrungång ses alltså som två skilda volymer.

Vid beräkning av det helt omblandade fallet, då även Joy ses som en omblandad volym, kommer alla tre delar (Joy, Lilla torget och Östra gången) att bilda en stor, total volym. Nackdelen med att göra detta antagande är att kritiska förhållanden kommer att uppstå samtidigt för de tre olika delarna eftersom de ses som en och samma volym. Detta är inte sant då kritiska förhållanden, på grund av dålig sikt, först kommer att uppstå i närheten av bränslekällan. Detta ger underskattade värden för Joy, medan tiderna i Lilla torget och i Östra gången kommer att bli konservativa.

Fall 2 – Tvåzon-modellen råder i Joy, medan det omblandade fallet råder på Lilla torget samt i Östra gången. Sprinklerna i Joy aktiverar.

I fall 2 ses Joy som en egen volym, där tvåzon-modellen råder. Lilla torget och Östra gången ses som en annan volym, där det omblandade fallet råder. Ingen siktberäkning kommer därför att utföras inne i Joy, men däremot för Lilla torget och Östra gången.

Tid till att brandgaserna börjar strömma ut på Lilla torget är, enligt CFAST-resultat, 90 s. Effektutvecklingen för detta fall kommer att följa en at^2 -kurva till tiden 140 s, då effektutvecklingen kommer att bli konstant på grund av sprinklerkontroll.

För att utrymning ska kunna ske på ett tillfredställande sätt, får sikten vara högst 10 m¹. Detta motsvarar en optisk densitet på 1 obscura. För att beräkna massan av bränslet som måste brinna av för att uppnå en sikt på 10 m används nedanstående formel²:

$$D_{0,\log} = D_{L,\log} \cdot \frac{V}{m}$$

där

$D_{0,\log}$ = Rökpotentialen för bränslet [m²/g]

$D_{L,\log}$ = Den optiska tätheten per meter [B/m]

m = Massan av bränslet [g]

V = Volymen av brandrummet [m³]

D_0 för tyg är 0,17 m²/g³ och den totala volymen av Lilla torget och Östra gången är 3176 m³. Med insatta värden på rökpotentialen, den optiska tätheten samt volymen av Lilla torget och Östra gången, kan massan som måste förbrännas för att sikten ska understiga 10 m på Lilla torget samt i Östra gången beräknas till 1868 g.

Nedanstående formel används för att beräkna det totala mängd frigjord energi som kommer utvecklas då 1868 g av tyget brinner:

$$Q = m \cdot \Delta H_c \cdot \chi$$

där

Q = Den totala energi som frigörs [MJ]

ΔH_c = Förbränningsenergin [MJ/kg]

χ = Förbränningseffektiviteten [-]

¹ Boverkets byggregler, 2004.

² Drysdal, 2004.

³ SFPE-handboken, 1995.

ΔH_c för tyg varierar mellan 15–30 MJ/kg¹. I tidigare beräkningar har värdet 19,2 MJ/kg antagits. χ antas vara 0,8. Med dessa värden på förbränningsenergin, förbränningseffektiviteten samt massan kommer den totala energi som frigörs uppgå till 28,7 MJ. Det är denna energi som måste utvecklas i Lilla torget och i centrungången för att sikten ska bli otillräcklig.

Energien som utvecklats mellan tiden 90 s och tiden t s fås ur nedanstående uttryck:

$$Q = \int_{90}^t \alpha t^2 \Rightarrow Q = \left[\frac{\alpha t^3}{3} \right]_{90}^t \Rightarrow 28,7 \cdot 10^3 = \frac{\alpha \cdot t^3}{3} - \frac{\alpha \cdot 90^3}{3} \Rightarrow t = 137 \text{ s}$$

Anledningen till att uttrycket ovan integreras mellan tiden 90 s till tiden t s, är att brandgaserna börjar strömma ut på Lilla torget först efter tiden 90 s.

Detta innebär att sikten på Lilla torget och i Östra gången kommer att bli otillräcklig innan sprinklerna på Joy aktiverat. Sprinklerna aktiverar enligt tidigare beräkningar först efter 140 s.

Att anta att brandgaserna inte kommer att spridas från Östra gången till Stora torget är inte speciellt realistiskt. Därför har beräkningar utförts där även Stora torgets volym är inberäknat. Detta kommer att påverka tiden till kritiska förhållanden uppstår mycket, då Stora torgets volym är väldigt stor relativt Lilla torget och Östra gångens totala volym.

I detta fall ses Joy som en egen volym, där tvåzon-modellen råder. Lilla torget, Östra gången och Stora torget ses som en annan volym där det omblandade fallet råder. Den totala volymen av dessa tre utrymmen uppgår till 11 536 m³ (3176+8360) m³.

Massan som måste förbrännas för att sikten i denna volym ska bli otillräcklig uppgår till 6786 g. Energin som frigörs vid förbränning av denna massa uppgår till 104 MJ. Formler som använts vid beräkningar av massan samt den energi som frigörs vid förbränning av denna.

I detta fall måste hänsyn tas till att sprinklerna aktiverar efter 140 s. Efter sprinkleraktiveringen kommer effektutvecklingen bli konstant.

Först måste den frigjorda energin som utvecklas mellan tiden 90 s till tiden 140 s, beräknas. Detta görs med nedanstående uttryck:

$$Q = \int_{90}^{140} \alpha t^2 \Rightarrow Q = \left[\frac{\alpha t^3}{3} \right]_{90}^{140} \Rightarrow Q = \frac{\alpha \cdot 140^3}{3} - \frac{\alpha \cdot 90^3}{3} \Rightarrow Q = 31 \text{ MJ}$$

Då sprinklerna aktiverar har alltså 31 MJ frigjorts i Lilla torget, Östra gången och Stora torget. Det krävs dock att en massa med ett energiinnehåll av 104 MJ ska förbrännas, för att sikten ska bli otillräcklig. Detta innebär att en massa som utvecklar ytterligare 73 MJ måste förbrännas.

Då effektutvecklingen kommer att vara konstant efter 140 s kan tiden det tar att utveckla 73 MJ, beräknas med nedanstående uttryck:

$$Q = \dot{Q} \cdot t$$

Den konstanta effektutvecklingen efter 140 s är 920 kW.

¹ Abrahamsson, 1997.

Ur ovanstående formel erhålls tiden 80 s, efter att värden på effektutvecklingen samt effekten på 73 MJ satts in i uttrycket.

Den totala tiden det kommer att ta innan kritiska förhållanden uppstår på Lilla torget, i Östra gången och på Stora torget blir då $140 \text{ s} + 80 \text{ s} = 220 \text{ s}$.

Fall 3 – Det omblandade fallet råder på Joy samt på Lilla torget och i Östra gången. Sprinklerna i Joy aktiverar

I fall 3 råder det omblandade fallet både i Joy samt på Lilla torget och i Östra gången. Tillsammans kan Joy, Lilla torget och Östra gången därför ses som en total volym. Volymen av dessa tre delar är 3640 m^3 . Enligt teorin kan massan som måste förbrännas för att sikten ska bli otillräcklig beräknas. Denna massa uppgår till 2 140 g. Då denna massa förbränns kommer en energi på 33 MJ att frigöras.

Genom att integrera uttrycket nedan mellan tiden 0 s och tiden t s, kan tiden tills kritiska förhållanden uppstår, beräknas.

$$Q = \int_0^t \alpha \cdot t^2 \Rightarrow Q = \left[\frac{\alpha \cdot t^3}{3} \right]_0^t \Rightarrow 33 \cdot 10^3 = \frac{\alpha \cdot t^3}{3} \Rightarrow t = 128 \text{ s}$$

Vid det helt omblandade fallet, i både Joy, Lilla torget och Östra gången, kommer tiden till kritiska förhållanden uppgå till 128 s. Detta innebär att sprinklerna i Joy inte kommer att aktivera förrän kritiska förhållanden för sikten har uppnåtts.

Att anta att brandgaserna inte kommer att spridas från Östra gången till Stora torget är inte speciellt realistiskt. Därför har beräkningar utförts där även Stora torgets volym är inberäknat.

I detta fall ses Joy, Lilla torget, Östra gången och Stora torget som en och samma volym. Volymen för dessa delar är $\sim 12\,000 \text{ m}^3$. Massan som måste förbrännas för att sikten i denna volym ska bli otillräcklig uppgår till 7 058 g. Energin som frigörs vid förbränning av denna massa är 108,4 MJ.

I detta fall måste hänsyn tas till att sprinklerna aktiverar efter 140 s. Efter sprinkleraktivering kommer effektutvecklingen bli konstant.

Först måste den frigjorda energin som utvecklas mellan tiden 0 s till tiden 140 s, beräknas. Detta görs med nedanstående uttryck:

$$Q = \int_0^{140} \alpha \cdot t^2 \Rightarrow Q = \left[\frac{\alpha \cdot t^3}{3} \right]_0^{140} \Rightarrow Q = \frac{\alpha \cdot 140^3}{3} \Rightarrow Q = 43 \text{ MJ}$$

Då sprinklerna aktiverar har alltså en energi på 43 MJ frigjorts. Det krävs dock att en massa med ett energiinnehåll av 108,4 MJ förbränns, för att sikten ska bli otillräcklig både i Joy, på Lilla torget, i Östra gången samt på Stora torget. Detta innebär att ytterligare 65,4 MJ måste utvecklas.

Eftersom effektutvecklingen är konstant efter 140 s, kan tiden det tar att utveckla 65,4 MJ, beräknas med hjälp av nedanstående uttryck:

$$Q = \dot{Q} \cdot t$$

Den konstanta effektutvecklingen efter sprinkleraktivering uppgår till 920 kW.

Enligt ovanstående formel erhålls tiden 71 s, efter att värden på effektutvecklingen samt energin på 65,4 MJ satts in i uttrycket.

Den totala tid det kommer att ta innan kritiska förhållanden uppstår i Joy, på Lilla torget, i Östra gången samt på Stora torget kommer då att uppgå till $140 \text{ s} + 71 \text{ s} = 211 \text{ s}$.

Fall 5 – Tvåzon-modellen råder i Joy medan omblandat fall råder på Lilla torget och i Östra gången. Ingen sprinkleraktivering

Enligt resultat från Detact T2, kommer sprinklerna i Joy inte att aktivera förrän efter 140 s. Vid siktberäkningar för Fall 2, då brandgaserna endast sprider sig till Lilla torget samt Östra gången har tiden till att sikten blir otillräcklig, för tillfredställande utrymning, beräknats understiga tiden det tar till sprinkleraktivering. Detta gör att sprinklerna aldrig kommer att påverka siktförhållanden i detta fall.

Både fall 2 och fall 5 bygger på att tvåzon-modellen kan tillämpas inne i Joy samt att det väl omblandade fallet kan tillämpas på Lilla torget och i Östra gången. Då sprinkleraktiveringen inte kommer att påverka tiden till kritiska förhållanden innebär detta att tiden det tar till kritiska förhållanden uppstår blir den samma, i de båda fallen. Detta förutsätter dock att brandgasspridning endast sker från Joy till Lilla torget samt Östra gången.

Att anta att inte brandgaserna kommer att spridas till Stora torget är inte speciellt realistiskt. Därför har beräkningar utförts där även Stora torgets volym är inberäknat. Detta kommer att påverka resultaten väldigt mycket då Stora torgets volym är väldigt stor relativt Lilla torget och Östra gångens totala volym. I detta fall ses Joy som en egen volym, där tvåzon-modellen råder. Lilla torget, Östra gången och Stora torget ses som en annan volym där det omblandade fallet råder. Den totala volymen av dessa tre utrymnen uppgår till $11\,536 \text{ m}^3$ ($3176+8360$) m^3 .

Massan som måste förbrännas för att sikten i denna volym ska bli otillräcklig uppgår till 6786 g. Energin som frigörs vid förbränning av denna massa uppgår till 104 MJ.

Då inga sprinkler kommer att aktivera, kommer tiden tills kritiska förhållanden uppstår, kunna beräknas enligt nedanstående uttryck:

$$Q = \int_{90}^t \alpha t^2 \Rightarrow Q = \left[\frac{\alpha t^3}{3} \right]_{90}^t \Rightarrow 104 \cdot 10^3 = \frac{\alpha \cdot t^3}{3} - \frac{\alpha \cdot 90^3}{3} \Rightarrow t = 195 \text{ s}$$

Anledningen till att integralen beräknas mellan tiden 90 s och tiden t beror på att brandgaserna antas börja sprida sig i Lilla torget med omnejd vid denna tidpunkt. Detta då Joy ses som en tvåzon-modell. Tiden till kritiska förhållanden är alltså cirka 195 s i detta fall.

Tabell Q:1 Sammanställning av tid till kritiska förhållanden på Lilla torget och i Östra gången, på grund av otillräcklig sikt i olika volymer.

Lokal	Mindre volym - Lilla torget och centrumgången	
Brand i Joy	Ingen sprinkleraktivering	Sprinkleraktivering
	Tvåzon-modell i Joy och omblandat fall i Lilla torget och centrumgången.	Tvåzon-modell i Joy och omblandat fall i Lilla torget och centrumgången.
	137 s	137 s
Lokal	Större volym - Lilla torget, centrumgången och Stora torget	
Brand i Joy	Ingen sprinkleraktivering	Sprinkleraktivering
	Tvåzon-modell i Joy och omblandat fall i Lilla torget och centrumgången.	Tvåzon-modell i Joy och omblandat fall i Lilla torget och centrumgången.
	195 s	220 s

Bilaga R – Siktberäkningar för brand på Stora torget

Vid brand på Stora torget finns tre olika fall för hur brandgaserna kan fördela sig på Stora torget samt i centrumgångarna:

- tvåzon-modellen råder på Stora torget samt i centrumgångarna
- tvåzon-modellen råder på Stora torget och det väl omblandade fallet råder i centrumgångarna
- det väl omblandade fallet råder på Stora torget samt i centrumgångarna.

Då tvåzon-modellen råder både på Stora torget samt i centrumgångarna är inte beräkningar på sikten relevanta. Resultat på detta fall fås istället genom simuleringar i CFAST. I fallet då tvåzon-modellen råder på Stora torget, men det väl omblandade fallet råder i centrumgångarna kommer både resultat från CFAST att användas, samt siktberäkningar utföras för centrumgångarna. För fallet då väl omblandat fall råder på Stora torget samt i centrumgångarna kommer beräkningar på sikt att göras.

Samtliga fall där siktberäkningar ingår kommer nedan att behandlas både då rökluckorna på Stora torget är stängda samt då de är öppna.

Fall 2 – Två-zonsmodellen råder på Stora torget, men det väl omblandade fallet råder i centrumgångarna. Rökluckorna på Stora torget är öppna

Då rökluckorna på Stora torget öppnas vid brand och två-zonsmodellen råder på Stora torget kommer brandgaserna enligt CFAST-resultat aldrig att nå lägre än en höjd av 4,5 m. För att brandgaserna ska spridas till centrumgångarna krävs att brandgaslagret sjunker under en höjd av 3 m på Stora torget. Detta innebär att brandgaserna aldrig kommer att spridas till centrumgångarna. I centrumgångarna kommer därigenom aldrig något omblandat fall att uppstå och några siktberäkningar kan därför inte göras.

Fall 3 – Väl omblandat fall råder på Stora torget och i centrumgångarna. Rökluckor på Stora torget är öppna

För samtliga siktberäkningar råder det väl omblandade fallet. Denna teori bygger, som tidigare nämnts i teoridelen i denna bilaga, på att brandgasernas temperatur är så låg att de inte har tillräcklig stigkraft för att två skikt ska kunna bildas.

Om rökluckorna öppnar vid brand på Stora torget kommer brandgaser att lämna byggnaden genom dessa. Då dessa brandgasluckor är placerade på en höjd av cirka 7 meter över golvet krävs att brandgaserna har en viss stigkraft för att kunna strömma ut genom dessa.

I beräkningen för fall 6, som följer under, påvisas att en volym av 2 250 m³ endast påverkade tiden innan kritiska förhållanden uppstår med 12 s. Detta innebär för detta fall, att en stor del brandgaser måste strömma ut genom brandgasluckorna för att någon betydande skillnad för att tiden till kritiska förhållanden i detta fall ska skilja sig från tiden till kritiska förhållanden som erhålls för fall 6. Eftersom rökluckorna är placerade på en hög höjd på Stora torget och att brandgaserna enligt denna teori har dålig stigkraft kommer inte särskilt stor volym brandgaser strömma ut genom rökluckorna. Detta gör att denna volym kan försummas för att erhålla ett konservativt värde på tid till kritiska förhållanden uppstår till följd av dålig sikt. Detta innebär att tiden tills då kritiska förhållanden uppstår på Stora torget samt i centrumgångarna kommer bli den samma som tiden till kritiska förhållanden i fall 6. Tiden tills kritiska förhållanden uppstår på Stora torget samt i centrumgångarna blir 164 s.

Fall 5 – Tvåzon-modellen råder på Stora torget, men det väl omblandade fallet råder i centrumgångarna. Rökluckorna på Stora torget är stängda

För att brandgaserna ska spridas från Stora torget till centrumgångarna krävs att brandgaslagret sjunker till en höjd av 3 meter över golvet. Enligt CFAST kommer detta först att inträffa efter cirka 310 s.

Kritiska förhållanden i centrumgångarna kommer först att uppstå i delar närmast Stora torget. Brandgaserna kommer därefter att spridas ut längs gångarna. Då ingen hänsyn kommer att tas till transporttiden av brandgaser, kommer längden av centrumgångarna som används vid siktberäkningarna att begränsas. Dessa begränsningar har satts till 30 meters längd in i gångarna, sett från Stora torget. För att göra siktberäkningar för centrumgångarna får dessa antas som en volym. Den totala volymen av alla centrumgångar blir därigenom $2\,250\text{ m}^3$ ($V = 5 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 3 = 2250\text{ m}^3$)

Kritiska förhållanden uppstår då sikten är 10 m. \Rightarrow

$$D_{L,10\log} = 1 \text{ obscura} \Rightarrow D_{L,\log} = 0,1B/m$$

Polypropylen har en rökpotential ($D_{0,\log}$) på $0,53\text{ m}^2/\text{g}^1$.

För att beräkna hur stor massa polypropylen som måste förbrännas för att kritiska förhållanden ska uppstå används nedanstående uttryck, där volymen av alla centrumgångar används som total volym.

$$m = \frac{D_{L,\log} \cdot V}{D_{0,\log}} = \frac{0,1 \cdot 2250}{0,53} \approx 425\text{ g} \Leftrightarrow 0,425\text{ kg}$$

Energien som kommer utvecklas när 0,425 kg polypropylen förbränts.

$$Q = m \cdot \Delta H_c \cdot \chi$$

där

$$\Delta H_c = 43,2\text{ MJ/kg}$$

$$\chi = 0,8$$

$$Q = 0,425 \cdot 43,2 \cdot 0,8 \approx 14,7\text{ MJ}$$

Här måste dock hänsyn tas till att 310 s gått innan brandgaserna börjat spridas från Stora torget till centrumgångarna. Förenklingen att brandgaserna som bildas efter denna tidpunkt helt kommer spridas till centrumgångarna görs. I verkligheten kommer dock brandgaserna fördelas mellan Stora torget och centrumgångarna. Detta gör att dessa beräkningar kommer att ge ett konservativt värde på tiden det tar tills kritiska förhållanden uppstår i centrumgångarna.

Energi som frigjort innan brandgaserna börjat sprida sig till centrumgångarna:

$$Q = \int_0^t \alpha t^2 \Rightarrow Q = \left[\frac{\alpha t^3}{3} \right]_0^t \Rightarrow Q = \frac{\alpha t^3}{3} = \frac{0,047 \cdot 310^3}{3} \approx 466,7\text{ MJ}$$

Totalt har alltså 481,4 MJ frigjorts då kritiska förhållanden uppstår i centrumgångarna. Detta betyder att den massa som förbränts när denna energi frigjorts är:

¹ SFPE-handboken, 2004.

$$m = \frac{Q}{\Delta H_c \cdot \chi} = \frac{481,4}{43,2 \cdot 0,8} \approx 14 \text{ kg}$$

Totalt förbränns 79 kg polypropylen under brandförloppet på Stora torget, vilket innebär att kritiska förhållanden kommer att uppstå i centrumgångarna på grund av dålig sikt. Detta kommer att inträffa efter:

$$t = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot Q}{\alpha}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 481,4 \cdot 10^3}{0,047}} \approx 313 \text{ s}$$

Kritiska förhållanden kommer alltså konservativt sett att uppstå i centrumgångsdelarna närmast Stora torget efter 313 s. Detta motsvarar drygt 5 minuter.

Fall 6 – Väl omblandat fall på Stora torget och i centrumgångarna. Rökluckor på Stora torget är stängda

Ur SFPE-handboken erhålls ett värde på rökpotentialen för polypropylen av 0,53 m²/g. Detta mått är enligt amerikansk standard vilket innebär:

$$D_{0,\log} = \frac{D_{L,\log} \cdot V}{m}$$

Kritiska förhållanden uppstår då sikten är 10 m. \Rightarrow

$$D_{L,10\log} = 1 \text{ obscura} \Rightarrow D_{L,\log} = 0,1 B / m$$

Stora torgets volym uppgår till 8 360 m³.

Antas samtliga brandgaser stanna på Stora torget, kan den avbrunna massan vid kritiska förhållanden beräknas enligt nedan.

$$m = \frac{D_{L,\log} \cdot V}{D_{0,\log}} = \frac{0,1 \cdot 8360}{0,53} \approx 1577 \text{ g} \Leftrightarrow 1,577 \text{ kg}$$

Enligt tidigare beräkning kommer 79 kg polypropylen att förbrännas vid branden på Stora torget. Detta betyder att kritiska förhållanden kommer att uppstå på grund av för dålig sikt.

Enligt antaganden ovan beräknas tiden till kritiska förhållanden enligt nedan.

$$Q = m \cdot \Delta H_c \cdot \chi$$

där

$$\Delta H_c = 43,2 \text{ MJ / kg}$$

$$\chi = 0,8$$

$$Q = 1,577 \cdot 43,2 \cdot 0,8 \approx 54,5 \text{ MJ}$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot Q}{\alpha}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 54,5 \cdot 10^3}{0,047}} \approx 152 \text{ s}$$

Att anta att inga brandgaser kommer att spridas från Stora torget är ett mycket konservativt sätt att beräkna tiden tills kritiska förhållanden uppnås. I verkligheten kommer dock brandgaserna att spridas till både centrumbångarna samt omgivande butiker. För att ta hänsyn till detta har tiden till kritiska förhållanden även räknats med en extra pålagd volym, vilken ska symbolisera rökspridningen från Stora torget till centrumbångarna och de omgivande butikerna.

Röken uppskattas spridas ungefär 30 meter in i samtliga centrumbångar. Vissa gångar är bredare än andra, men i denna beräkning har alla gångar erhållit bredden 5 meter. Höjden av gångarna är 3 m och antalet gångar är 5 st.

$$V_{\text{spridning}} = 5 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 3 = 2250 \text{ m}^3$$

Total volym där brandgaserna uppehåller sig i blir därigenom $10\,610 \text{ m}^3$.

Avbrunnen massa för att kritiska förhållanden ska uppstå i detta fall blir då:

$$m = \frac{D_{L,\log} \cdot V}{D_{0,\log}} = \frac{0,1 \cdot 10610}{0,53} \approx 2002 \text{ g} \Leftrightarrow 2,0 \text{ kg}$$

På motsvarande sätt som tidigare beräknas tiden tills kritiska förhållanden uppnås enligt nedan:

$$Q = 2,0 \cdot 43,2 \cdot 0,8 \approx 69,2 \text{ MJ}$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot Q}{\alpha}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 69,2 \cdot 10^3}{0,047}} \approx 164 \text{ s}$$

Man kan se att skillnaden mellan en konservativ bedömning av tiden till kritiska siktförhållanden och en bedömning av motsvarande tid då brandgasspridning till andra utrymmen tagits hänsyn till inte är särskilt stor. Detta beror på att Stora torget har en stor volym i sig och att rökpoteentialen för polypropylen är stor.

Sammanfattning av siktberäkningar vid brand på Stora torget

Vid dimensionering för utrymning är det viktigt att tiden som används för att göra dimensioneringen inte överskattas. Då det på förhand är mycket svårt att avgöra hur brandgasspridningen kommer att ske vid specifika scenarier är det därför bättre att använda det mest konservativa värdet på tiden till kritiska förhållanden då denna tid aldrig kommer att underskidas. Detta innebär att tiden tills kritiska förhållanden uppstår, på Stora torget, kommer att grundas på resultatet av siktberäkningen då inte brandgaserna antas spridas från torget. Kritiska förhållanden i gångarna kommer att grundas på övriga resultat som presenteras ovan. Dessa resultat är också konservativa.

Tabell R.1. Tid till kritiska förhållanden på Stora torget och i centrumbångarna.

Fall	Stora Torget	Centrumbångarna
2	CFAST-resultat	Uppstår ej
3	152 s	164 s
5	CFAST-resultat	313 s
6	152 s	164 s

Bilaga S – Siktberäkningar för brand i Centrumgrillen

Vid beräkningar av siktförhållanden inne i centrumgrillen, har två fall studerats.

- tvåzon-modellen i Centrumgrillen, omblandat i Östra gången
- helt omblandat i båda volymerna.

Utöver dessa två fall har även ett fall studerats då brandgaserna inne i Centrumgrillen antas spridas i enbart Centrumgrillen, precis på samma sätt som i scenario 1 och 2.

I samtliga fall har antagits att det är branden i pizzakartongerna som kommer att orsaka brandgasspridning. Branden i oljan förutsätts, till stor del, sugas upp av fläkten som är placerad över fritösen.

Då siktberäkningar utförs finns det en hel del antaganden som görs. Tidigare i rapporten har antaganden och begränsningar presenterats för det första scenariot. Dessa antagande är även giltiga för detta scenario.

Omblandat fall – Centrumgrillen

Pizzakartongerna brinner enligt en α^2 -kurva. Tillväxtkonstanten, α , antar i detta fall värdet 0,0025. Denna tillväxtkonstant har tagits fram experimentellt.

För att sikten ska bli otillräcklig inne i Centrumgrillen, som har en volym av 311 m^3 , krävs att en massa av 610 g förbränns. Detta värde erhålls ur nedanstående uttryck:

$$D_0 = D_L \cdot \frac{V}{m}$$

Där D_0 för cellulosa är $0,051 \text{ m}^2/\text{g}^1$ och $D_L = 0,1 \text{ B/m}$

Energien som utvecklas vid förbränning av 0,61 kg cellulosa kan beräknas med nedanstående uttryck:

$$Q = \Delta H_c \cdot m \cdot \chi$$

där ΔH_c för cellulosa är 20 MJ/kg^2 och förbränningseffektiviteten är 0,8.

Energien som kommer att utvecklas bli således 9,76 MJ. Eftersom effektutvecklingen följer en α^2 -kurva, kan tiden det tar att utveckla 9,76 MJ beräknas. Beräkningsgången nedan följs:

$$Q = \int_0^t \alpha \cdot t^2 \Rightarrow Q = \frac{\alpha \cdot t^3}{3} \Rightarrow t = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot Q}{\alpha}}$$

Uttrycket ger en tid på 227 s. Det tar alltså 227 s, innan kritiska förhållanden inne i Centrumgrillen uppstår förutsatt att brandgaserna omblandas väl och inte sprids från Centrumgrillen.

Fall 5 – Tvåzon-modellen tillämpas för Centrumgrillen medan det omblandade fallet tillämpas för Östra gången. Sprinklerna aktiverar inte

¹ Aktiva kompendium.

² Karlsson, Quintiere, 1999.

Efter 50 s, börjar brandgaser att strömma ut ur Centrumgrillen och in i Östra gången och blanda om sig helt. Östra gången har i detta fall begränsats. Endast 30 meter av gången kommer att behandlas i beräkningarna. Detta för att brandgasspridning inte förväntas ske i hela gången.

Volymen av Östra gången är 965 m^3 ($30 \times 5,5 \times 5,85$). Massan som måste förbrännas för att sikten i denna del ska bli otillräcklig beräknas på samma sätt som i fallet ovan. Massan blir i detta fall 1 893 g, vilket motsvarar en energiutveckling av 30,3 MJ.

Vid beräkning av tiden till kritiska förhållanden, måste hänsyn tas till att brandgaserna inte börjar strömma ut i gången förrän 50 s. Vid tiden 50 s och framåt, antas att all massa som förbränns inne i Centrumgrillen, sprids i Östra gången och omblandas helt. Detta är inte helt sant då brandgaslagret kommer att fortsätta att sjunka en bit till inne i Centrumgrillen.

Med dessa förutsättningar kan tiden tills kritiska förhållanden uppstår i Östra gången, beräknas. Detta görs enligt integralen nedan:

$$Q = \int_{50}^t \alpha \cdot t^2 \Rightarrow Q = \left[\frac{\alpha \cdot t^3}{3} \right]_{50}^t \Rightarrow t = 332 \text{ s}$$

Kritiska förhållanden kommer alltså att uppstå efter 332 s i Östra gången.

Fall 6 Det omblandade fallet kan tillämpas för både Centrumgrillen och Östra gången. Sprinklerna aktiverar inte.

Fall 6 förutsätter att brandgaserna omblandas helt inne i Centrumgrillen och i Östra gången. Hela denna volym ses som en total volym. Denna volym uppgår till $1\,276 \text{ m}^3$. Massan som måste förbrännas för att sikten i denna del ska bli otillräcklig beräknas på samma sätt som i fallet ovan. Massan blir i detta fall 2 500 g, vilket motsvarar en energiutveckling av 40 MJ.

Tiden det tar att utveckla denna energi erhålls ur integralen nedan:

$$Q = \int_0^t \alpha \cdot t^2 \Rightarrow Q = \frac{\alpha \cdot t^3}{3} \Rightarrow t = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot Q}{\alpha}} \Rightarrow t = 363 \text{ s}$$

Kritiska förhållanden kommer att uppstå efter 363 s i den totala volymen.

Tabell S:1. Sammanställning av tid till kritiska förhållanden i Centrumgrillen och i Östra gången.

Brand i lokal - Centrumgrillen	Brandgaserna som produceras stannar i Centrumgrillen - enzon-modellen råder i Centrumgrillen	Brandgaserna som produceras sprids i Centrumgrillen och i Östra gången - enzon-modellen råder i Centrumgrillen och Östra gången.	Brandgaserna som produceras i Centrumgrillen, bildar där en tvåzon-modell, medan det omblandade fallet råder i Östra gången
	227 s	332 s	363 s

Bilaga T – Tid till utrymning

Denna bilaga syftar till personer med bristande kunskap inom området.

Kraven enligt BBR är att byggnader skall utformas så att tillfredställande utrymning kan ske vid brand. Kravet uppfyllas antingen genom att alla personen som befinner sig i byggnaden utrymmer fullständigt, eller genom att alla personer, som befinner sig inom den del av byggnaden som direkt berörs av branden, förflyttar sig till en säker flyktplats. En säker flyktplats kan vara ett brandtekniskt klassat rum, som klarar att stå emot ett helt brandförlopp. I denna rapport har båda dessa fall behandlats.

Tiden för utrymning måste vara kortare än tiden tills kritiska förhållanden uppstår. Utrymningstiden kan delas upp i tre faser

- varseblivning
- beslut och reaktion
- förflyttning

För att utrymningen ska vara tillfredställande ska tiden till kritiska förhållanden uppstår vara kortare än dessa tre faser tillsammans. Detta kan sammanfattas enligt följande:

$$t_{kritisk} > t_{var\ seblivning} + t_{beslut\&\ reaktion} + t_{förflyttning}^1$$

$t_{kritisk}$ är tiden till då kritiska förhållanden uppstår. I Väsby Centrum kommer denna parameter att variera mycket, beroende av scenario och orsak till kritiska förhållanden.

$t_{var\ seblivning}$ är tiden det tar för en person att bli uppmärksam på att det brinner. Denna parameter beror på om personen ifråga ser branden eller inte. Om det finns ett automatlarm med tillkopplat utrymningslarm, kan den teoretiska aktiveringstiden för detektorn beräknas. Denna tid kan användas som varseblivningstid.

$t_{besluts\&\ reaktion}$ består av många olika ”tider” och är en svår parameter att bestämma. Bland annat innefattas den tid det tar för en person att förstå att det brinner, lyssna på utrymningslarm, hjälpa andra att utrymma och eventuellt angripa branden.

$t_{förflyttning}$ är tiden det tar att förflytta sig. Antingen för att utrymma fullständigt eller till en säker flyktplats.

¹ Frantzich, 2000.

Bilaga U – Känslighetsanalys Joy

Specifikt för brandscenario 1 – brand i Joy, har ytterligare en simulering gjorts för att påvisa hur mycket tiden till kritiska förhållanden beror av om rökluckorna på Lilla torget är öppna eller stängda under brandförloppet. Nedan följer resultat från den ursprungliga simuleringen samt från den nya simuleringen i CFAST.

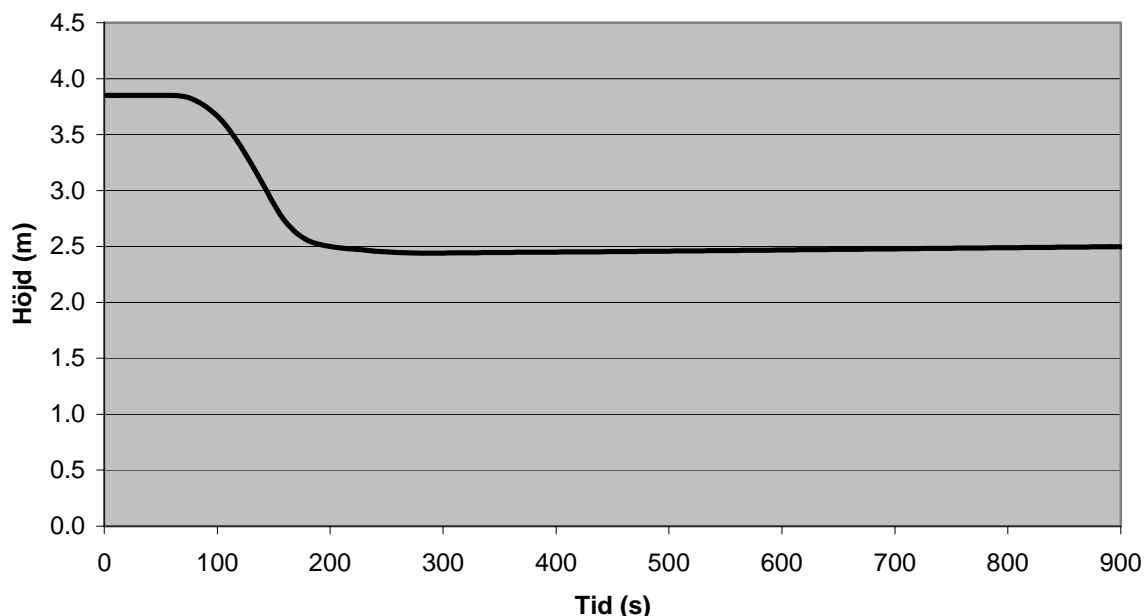


Diagram U:1. Höjd till brandgaslagret på Lilla torget som funktion av tiden då sprinklerna aktiverar på Joy och rökluckorna på torget är öppna.

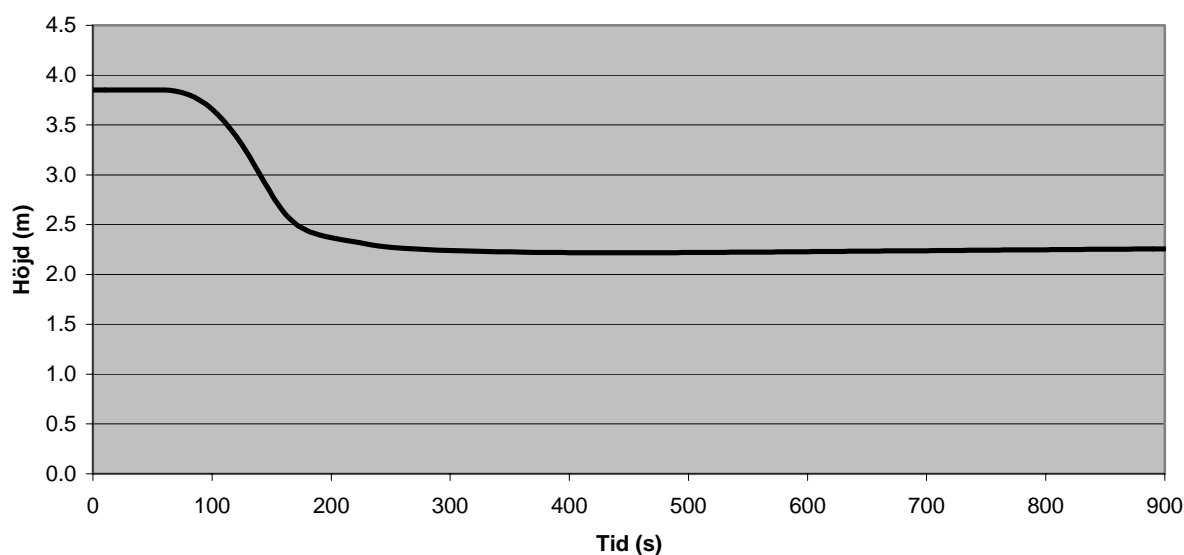


Diagram U:2. Höjd till brandgaslagret på Lilla torget som funktion av tiden då sprinklerna aktiverar på Joy, men rökluckorna på torget är stängda.

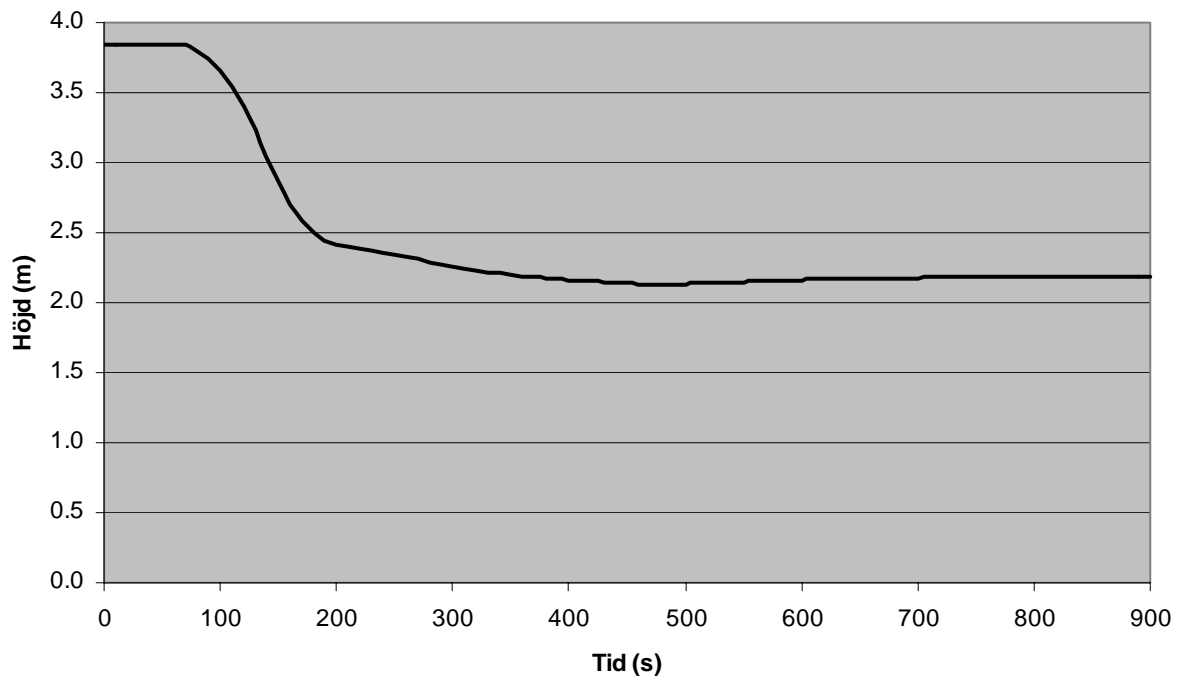


Diagram U:3. Höjd till brandgaslagret på Lilla torget som funktion av tiden då sprinklerna inte aktiverar på Joy, men rökluckorna på torget är öppna.

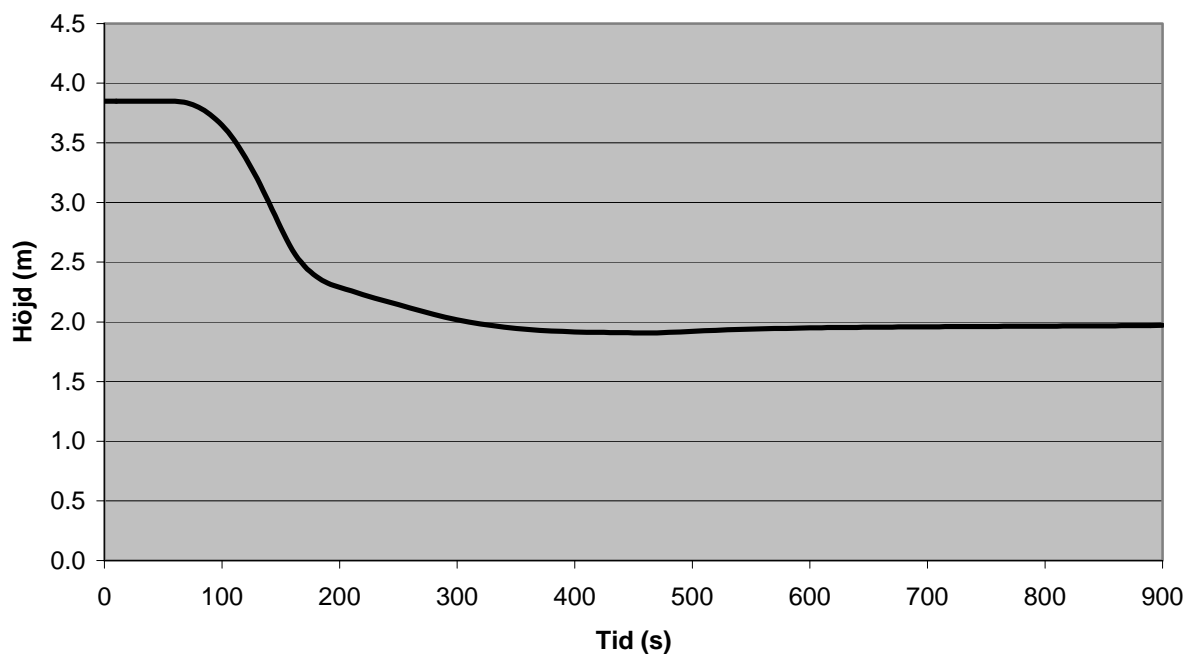


Diagram U:4. Höjd till brandgaslagret på Lilla torget som funktion av tiden då sprinklerna inte aktiverar på Joy och rökluckorna på torget är stängda.

Den kritiska nivån för brandgaslagrets höjd på Lilla torget är 2,0 m över golvet. Ur diagram U:1–U:4 ovan kan ses hur brandgaslagrets höjd varierar i de fyra olika fallen. I de fall då sprinklerna aktiveras i Joy, *diagram U:1 och U:2*, kommer aldrig kritiska förhållanden att uppstå oavsett om rökluckorna öppnas eller inte. I de fall då sprinklerna inte aktiveras i Joy, *diagram U:3 och U:4*, kommer kritiska förhållanden endast att uppstå då rökluckorna inte öppnas.

Resultaten från simuleringen med öppna rökluckor på Lilla torget har också visat att temperaturen i brandgaserna, temperaturen i det undre lagret samt strålningsintensiteten inte ändras nämnvärt, då luckorna är på torget är öppna.

Ytterligare en simulering har gjorts för att visa hur vida olika RTI-värden för sprinklerhuvuden påverkar brandgaslagrets höjd. Det kan tydligt ses, i diagrammen nedan, att en tidig sprinkleraktivering kommer att påverka brandgaslagrets höjd minimalt, både inne i Joy och på Lilla torget, förutsatt att sprinklerna endast kontrollerar branden.

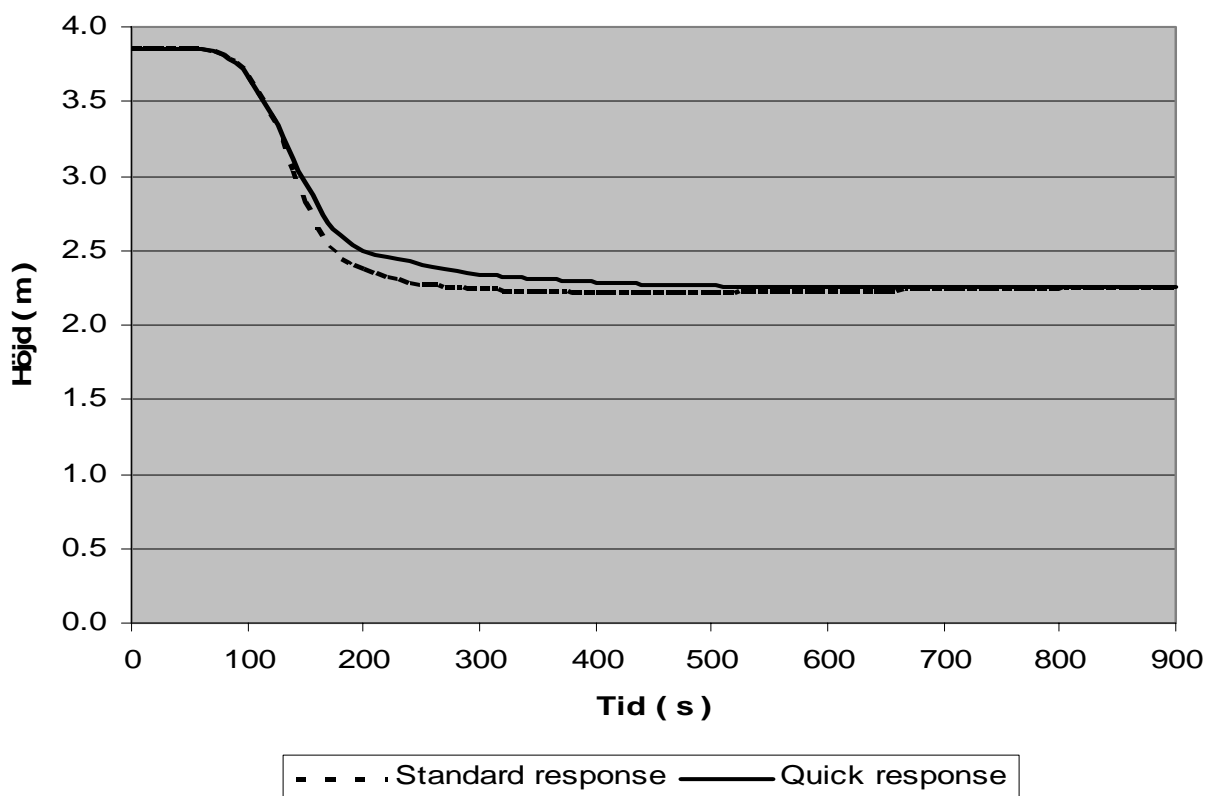


Diagram U:5. Höjden till brandgaslagret på Lilla torg som funktion av tiden vid standard respons samt quick respons.

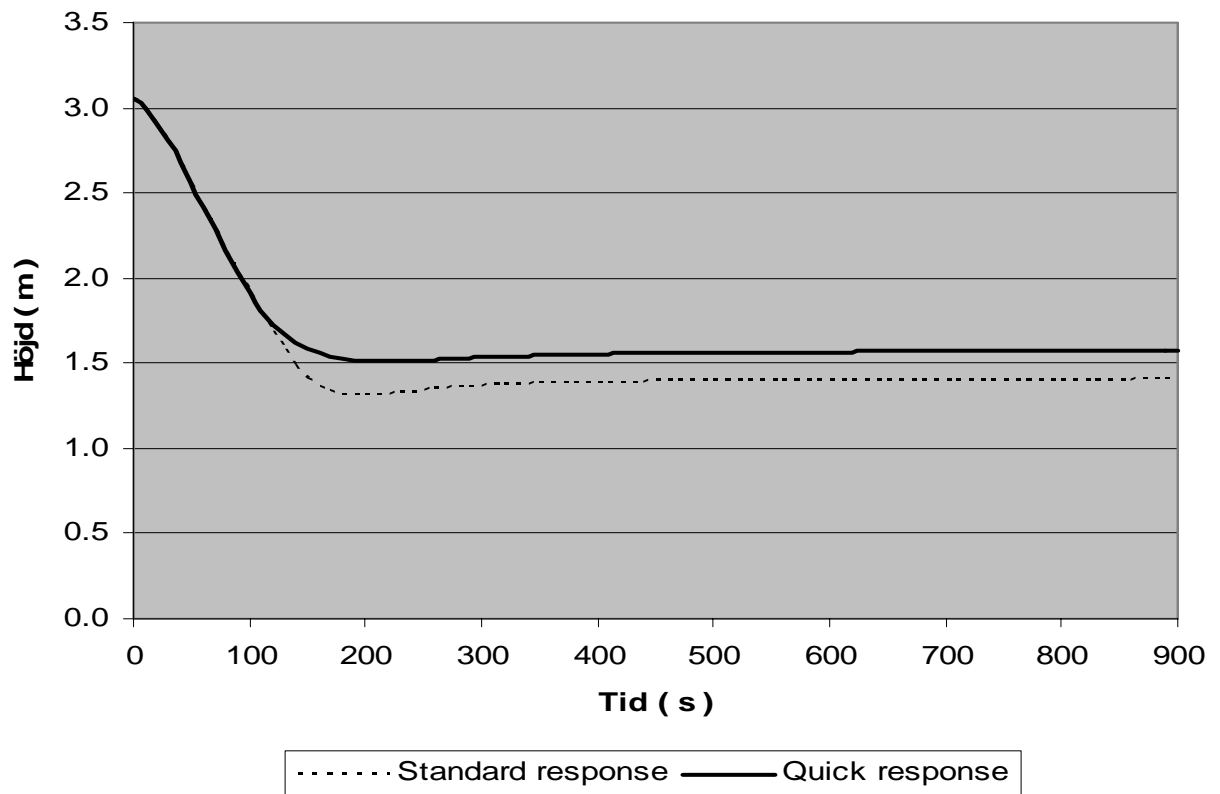


Diagram U:6. Höjden till brandgaslagret på Joy som funktion av tiden vid standard respons samt quick respons.

Bilaga V – Känslighetsanalys Stora torget

För brandscenario 2 har en ytterligare en simulering i CFAST utförts. Denna bygger på att brandtillväxten på torget följer en mediumkurva, istället för en fastkurva som i ursprungssimuleringen. I diagrammet nedan presenteras skillnaden för tid till kritiska förhållanden för de två tillväxthastigheterna. Endast brandgaslagrets höjd har behandlats vid analys av denna variabel. Anledningen till att det endast är brandgaslagrets höjd som behandlats är att det är denna parameter som först blir kritisk vid brand på Stora torget. Simuleringen har dessutom bara utförts för fallet då rökluckorna på torget inte öppnar, då detta är det värsta tänkbara fallet.

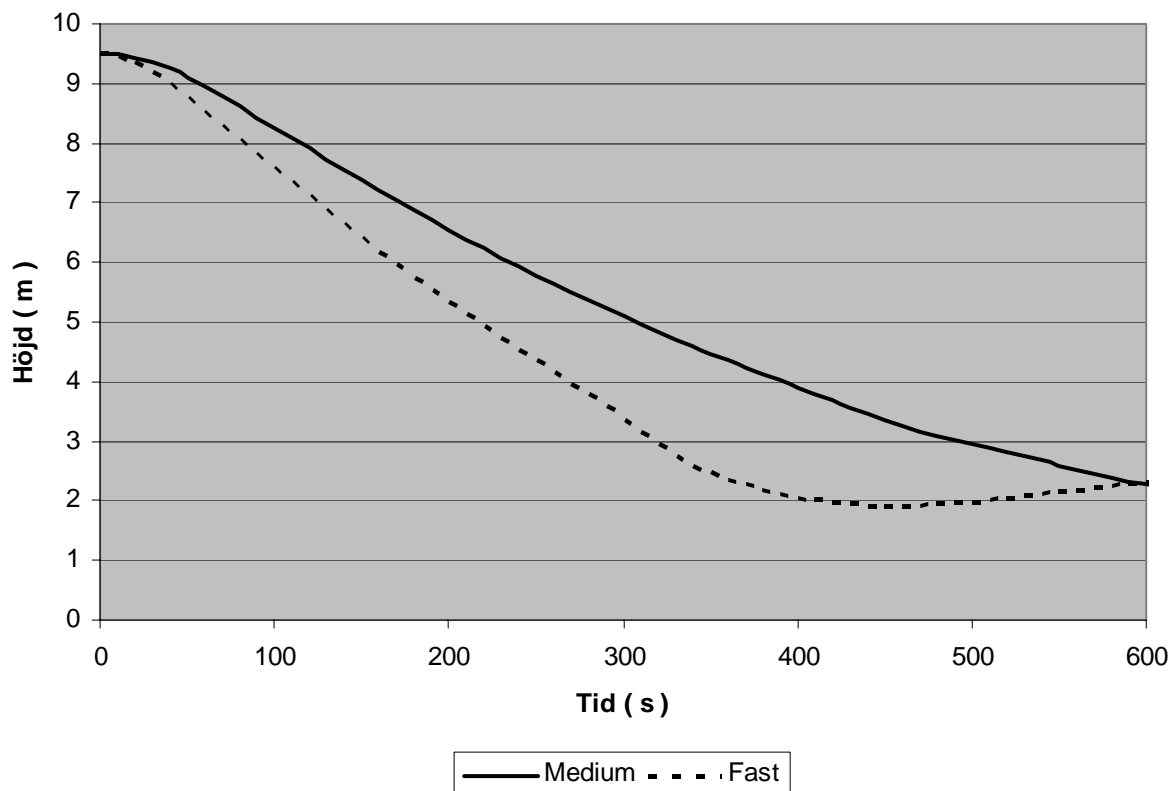


Diagram V:1. Brandgaslagrets höjd på Stora torget, som funktion av tiden, för medium- respektive fast tillväxtkonstant.

Tabell V:1 Tid till kritiska förhållanden vid olika brandtillväxter när räkluckor är stängda.

Brandtillväxt	Tid (s)
"Fast"	350
"Medium"	560

Bilaga W – Känslighetsanalys Centrumgrillen

För att påvisa hur beroende tiden till kritiska förhållanden är av om rökluckorna öppnas i Östra gången har simuleringar utförts både för öppna och stängda rökluckor i centrumgången. Resultaten från dessa simuleringar presenteras i diagrammet nedan.

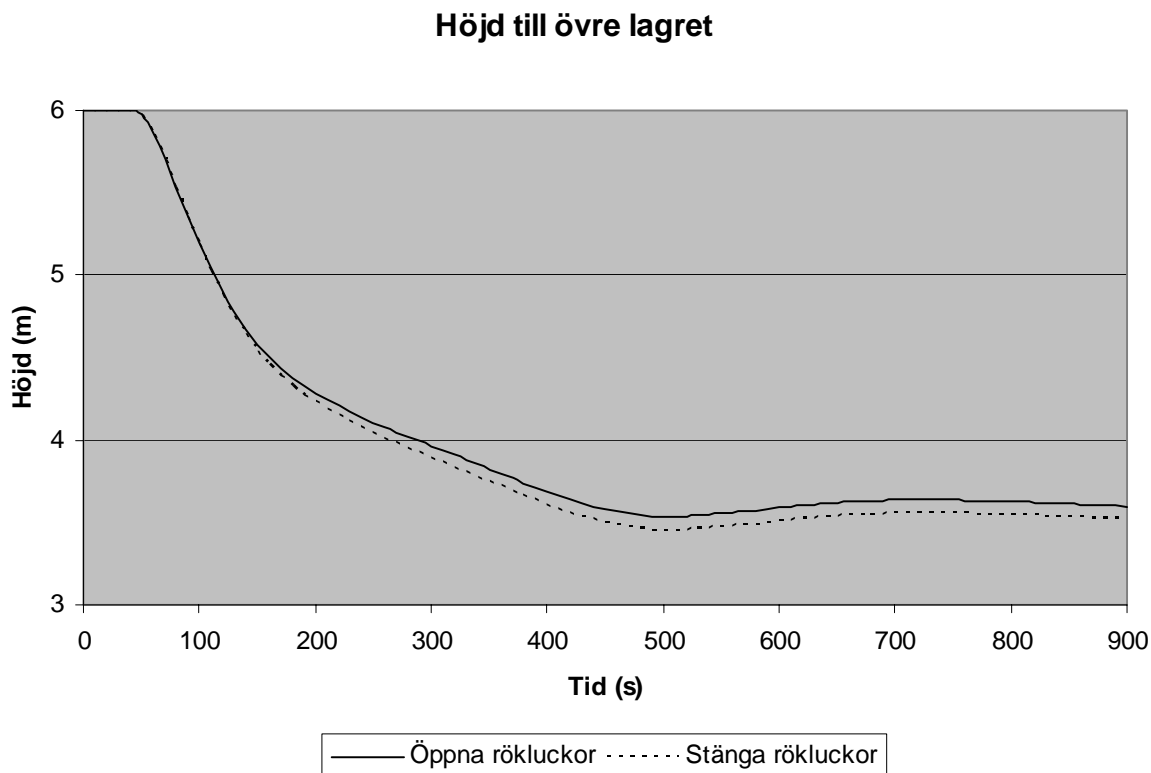


Diagram W:1. Brandgaslagrets höjd i centrumgången utanför Centrumgrillen.

Diagrammet visar att rökluckorna i stort sett inte kommer att påverka brandgaslagrets höjd, i detta scenario. Anledningen till att det endast är brandgaslagrets höjd som behandlats beror på att det är denna parameter som når kritiska värden först, i detta fall.

Bilaga X – Kontroll av nödutgångar

Vid besöket i Väsby Centrum den 2006-09-14 kontrollerades öppningarna till de brandtekniskt skilda utrymningsvägarna för verksamheterna belägna längs den Östra gången samt runt Stora torget.

Tabell X:1. Sammanställning av verksamheterna längs Östra gången samt Stora torgets öppningar till brandtekniskt skilda utrymningsvägar.

Butik	Antal	Markeringar / övrigt
Djurfavoriten	1	skylt
Hälsokraft	1	omarkerad
Almia	1	omarkerad, låst och blockerad
Teknikmagasinet	0	-
Svensk Kassaservice	1	omarkerad, ej för kunder
Kicks	1	genomlyst skylt
Intersport väst	1	genomlyst skylt
Intersport norr	1	omarkerad, begränsad framkomlighet
Bokia	1	genomlyst skylt
Centrumgrillen	1	omarkerad, halvt blockerad
Väsby Delikatesser	2	omarkerade och blockerade
Skomakaren	0	-
Expert	1	omarkerad
Synoptik	1	skylt
Joy	1	genomlyst skylt
Coop extra	1	
Gallerix	0	-
Twilfit	0	-
Din sko / Ecco	1	genomlyst skylt
Lindex	1	inte kontrollerad
Hemtex	1	genomlyst skylt
H&M	2	genomlyst skylt
Familys	1	inte kontrollerad
Petit Four konditori	1	inte kontrollerad
Smycka	0	-
Stjärnurnmakarna	0	-
Harges	0	-
Glimmer	0	-

För Väsby Centrum ställs krav på att utrymningsvägar ska vara markerade med genomlysta skyltar. För att betraktas som tillfredsställande utrymningsvägar ska dessa även vara oblockerade. Tabellen ovan visar att långt ifrån alla verksamheter uppfyller kraven som ställs på deras utrymningsvägar.

På nästa sida följer exempel på hur det kan se ut när utrymningsvägarna är blockerade.



Figur X:1. Almias öppning till den brandtekniskt skilda utrymningsvägen är både låst och blockerad.



Figur X:2. En av Väsby Delikatessers öppningar till den brandtekniskt skilda utrymningsvägen.

Bilaga Y – Brandgasspridning via ventilationssystem

I rapporten ingår inga beräkningar på brandgasspridning via den befintliga ventilationen. Detta då ventilationssystemet är under ombyggnad och tillförlitliga ritningar har därför inte varit tillgängliga. Även om en tillförlitlig beskrivning av ventilationssystemet hade erhållits så hade beräkningar varit onödiga då tryckupbyggnaden, som resultat av brand, är mycket liten i de scenarier som tas upp. Detta beror på att de lokaler som scenarierna utspelas i är relativt stora och har stora öppningar ut mot omgivande lokaler. Som en del i arbetet har dock en beräkning på brandgasspridning genomförts enligt hur systemet såg ut 1987, eftersom detta är det enda ritningsmaterial som erhållits.

Vid beräkning av brandgasspridning via ventilationssystem har ritningar över ventilationen använts för att få information om hur detta är uppbyggt. Dessutom kan flöden genom tilluftsdon och frånluftsdon läsas av från dessa ritningar. Tilluftstryckfall och frånluftstryckfall anges däremot inte på ritningarna, varför uppskattningar av dessa parametrar har varit nödvändiga att göra. Uppskattningarna är empiriskt grundade¹. Ventilationsritningen är från 1987, då centrumet inte hade samma utformning som idag. Denna ritning har dock varit den enda tillgängliga och därför har ett scenario, där brandgaser sprids via ventilationssystem, skapats utifrån denna ritning.

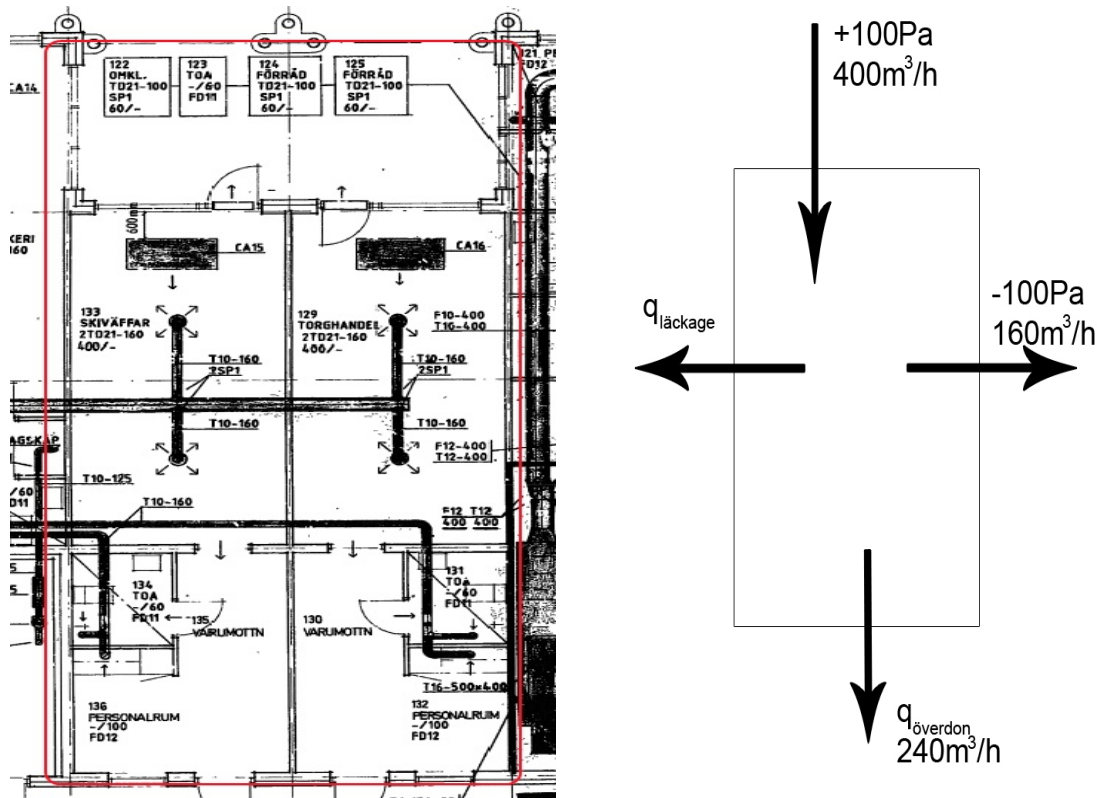
1987 fanns en skivbutik belägen i Östra gången. Denna skivbutik hade två tilluftsdon som tillsammans gav 400 m³/h, vilket motsvarar ett flöde på 111 l/s.

Vidare fanns det två frånluftsdon, ett placerat i personalrummet och ett placerat på toaletten i anslutning till skivbutiken. Dessa don hade ett totalt flöde av 160 m³/h, vilket motsvarar 44 l/s.

Dessutom fanns ett överluftsdon mellan butiken och centrumgången. Detta överluftsdon kommer att tryckavlasta och därmed kommer 240 m³/h (400 - 160) att föras ut till den angränsande gången. 240 m³/h motsvarar 66 l/s. Förutsättningen är att tryckskillnaden mellan skivbutiken och gången är 10 Pa.

Vid beräkning av hur stort brandflöde som krävs för att brandgasspridning ska ske, kan nedanstående schematiska bild vara till stor hjälp.

¹ Jensen, Lars, 2006.



Figur Y.1. Bilden till vänster visar en del av ventilationsritningen av Östra gången. På bilden syns skivaffären, med personalrum och toalett. Bilden till höger är en schematisk bild över skivaffären med personalrum och toalett. På bilden syns flödena in och ut ur butiken.

Gränsfallets brandflöde

Gränsfallet för brandgasspridning i T-system är när brandrummets tilluftflöde är noll. Detta innebär att brandtrycket i rummet är lika med trycket i anslutningspunkten. En enkel tumregel är därför att anta att brandtrycket för gränsfallet är lika med det normala övertrycket i anslutningspunkten för brandrummet. Trycket i brandrummet kan alltså skattas med tryckfallet för tilluftens anslutningskanal med don.

$$p_b = p_t$$

där

p_b är brandtrycket och p_t är tryckfallet i tilluftens anslutningskanal med don.

För att kunna beräkna kanalbrandflödet måste ett tryckfall antas över tilluftsdon och frånluftsdon. Antagandet gjordes att tryckfallet över de två tilluftsdonen var 100 Pa tillsammans. Dessutom antogs att tryckfallet över frånluftsdonet var 100 Pa.

Vidare kan kanalbrandflödet i frånluftens anslutningskanal beräknas enligt uttrycket nedan:

$$q_{bi} = q_n(1 + p_t / p_f)^{0.5} \Rightarrow q_{bi} = 44(1 + 100 / 100)^{0.5} \Rightarrow q_{bi} = 62 \text{ l/s}$$

där

q_n = normalt ventilationsflöde i frånluftkanalen

p_f = Tryckfall för frånluftsdon och frånluftens anslutningskanal fram till anslutningspunkt.

I normala byggnader finns ett läckflöde. Läckflödet vid 50 Pa¹ kan beräknas med formeln nedan:

$$q_{\text{läckflöde}} = A \cdot 0,8 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$$

där

A = Omslutningsarean av väggarna [m]

$q_{\text{läckflöde}} = q_l$ = Läckflödet vid ett känt läcktryckfall [50 Pa]

Väggarnas längd är 12 m och deras bredd är 6 m, enligt ritningarna. Detta ger en omslutningsarea av 108 m². Läckflödet kan således beräknas till 86,4 l/s.

Vidare kan läckbrandflödet beräknas enligt nedanstående uttryck:

$$q_{bl} = q_l (p_t / p_l)^{0,5}$$

där

p_l = läcktryckfall

Läckbrandflödet bli således 122 l/s.

I rummet finns även ett överluftsdon som vid normala fall ger ett flöde av 66 l/s. Antagandet har gjorts att tryckskillnaden är 10 Pa vid detta flöde. Vid en brand kommer trycket i rummet att öka och likaså flödet genom överluftsdonet. Flödet genom överluftsdonet kan beräknas med samma uttryck som för läckbrandflödet. I detta fall är läckflödet 66 l/s vid läcktryckfallet 10 Pa. p_t kommer fortfarande att vara 100 Pa. Med dessa värden kan läckbrandflödet över överluftsdonet beräknas till 208 l/s

Genom att summera kanalbrandflödet och de båda läckbrandflödena (läckbrandflöde:vägg + läckbrandflöde: överluftsdon) kan brandflödet bestämmas. Brandflödet erhåller ett värde av 62 l/s+122 l/s +208 l/s \approx 400 l/s = 0,4 m³/s.

Enligt en tumregel² motsvarar 1 MW brandbelastning ett brandflöde på 1 m³/s. Detta skulle innebära att en brand på 0,4 MW, skulle orsaka brandgasspridning genom tilluftsdonen i skivaffären.

Detta är mycket grova uppskattningar då rummet i övrigt antas vara helt tätt. I verkliga fallet kommer ett läckflödet att vara större eftersom läckage finns där ventilationsrören är dragna. Detta skulle innebära ett större brandflöde och därmed skulle en större brand krävas för att ge brandgasspridning via ventilationen.

¹Jensen, Lars, 2006.

²Jensen, 2002.

