

Risicanalys av omklädningsrummen på SSAB

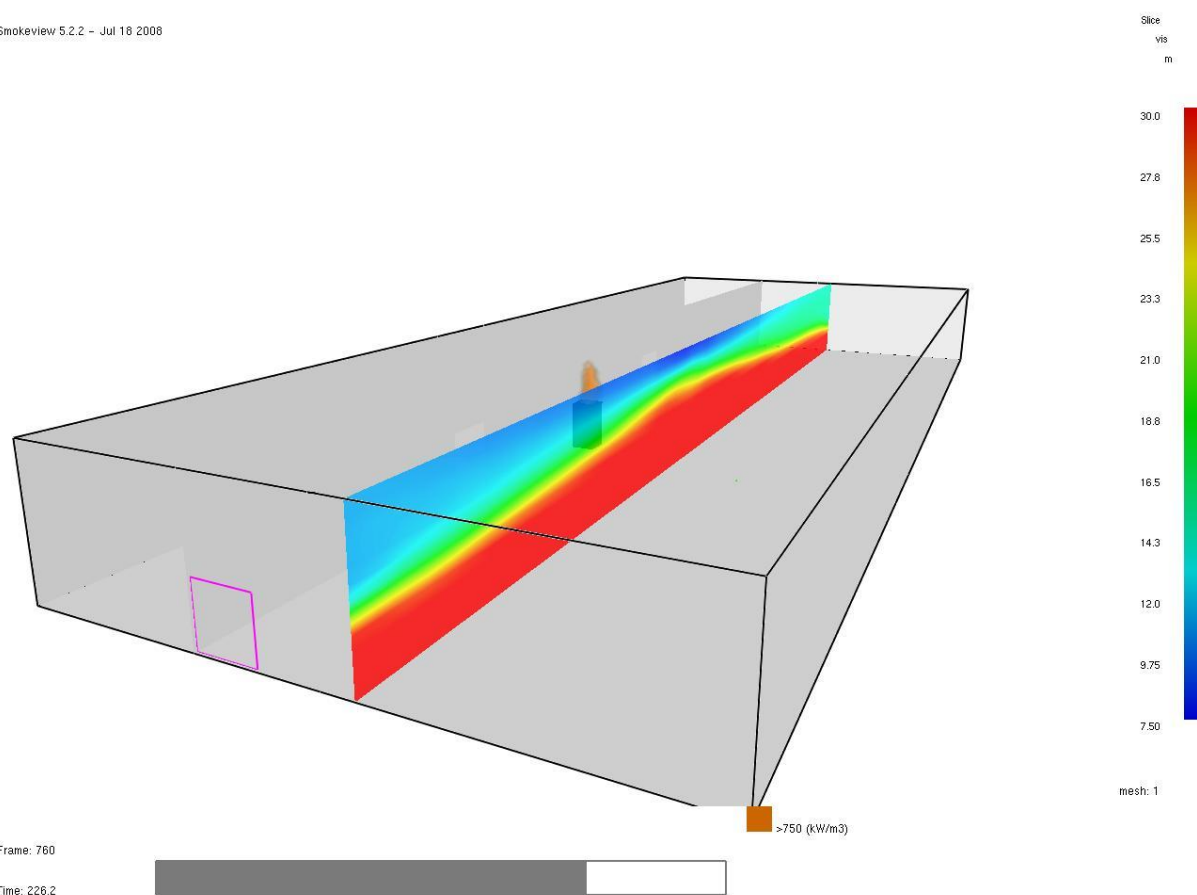
Ronny Henriksson

Luleå tekniska universitet
D- uppsats
Brandingenjör
Institutionen för Samhällsbyggnad

Risicanalys av omklädningsrummen på SSAB

Ronny Henriksson

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Figur 1 Beräkning av siktsträcka i Kokswerkets omklädningsrum

Luleå tekniska universitet
D-uppsats
Brandingenjör
Institutionen för Samhällsbyggnad

Förord

Denna rapport är ett examensarbete motsvarande 10 poäng för Brandingenjörer. Rapporten är utförd på uppdrag av SSAB Tunnbrått Luleå.

SSAB har som mål att ständigt förbättra säkerheten för personalen. Detta arbete är en del i deras förbättringsarbete.

Jag vill tacka följande personer:

Stig Öhman SSAB med personal för hjälp och många intressanta diskussioner kring arbetet.

Henrik Andréén LTU som har varit min handledare.

Ronny Henriksson

Sammanfattning

Målet med arbetet är att utreda säkerheten i de befintliga omklädningsrummen som SSAB's personal använder.

- Mekaniska verkstaden
- Stålkontoret
- Koksverket
- PB73

Mekaniska verkstaden är byggd 1948 de övriga lokalerna är uppförda omkring -70 talet.

I närheten av alla de undersökta omklädningsrummen finns gasledningar och invid den mekaniska verkstadens omklädningsrum även en ammoniaktank. Lokalerna har i flera fall inte samma standard på brandsäkerhet som krävs vid nybyggnation. En grovanalys genomfördes för att få en sammanställning av riskerna. De olika riskerna som framkom i grovanalysen beskrivs sedan mer utförligt i rapporten.

Brand och gasutsläpp analyserades mer noggrant med händelsetråd och felträdsmodeller för att fastställa troliga bakomliggande orsaker till en olycka och händelseförloppet efteråt.

Koksverkets omklädningsrum valdes att analyseras mer ingående på grund av de begränsade utrymningsmöjligheterna. För att undersöka vilka förhållanden som uppkommer i lokalen vid en brand så gjordes beräkningar med FDS och manuella handberäkningsmetoder. Utrymningsberäkningar utfördes med Simulex för att beräkna förflyttningstiden.

Resultatet från beräkningarna visar på att utrymningsvägen riskerar att blockeras av en brand innan personalen hunnit ut ur lokalen. Lokalerna är inte utrustade med utrymningslarm, det medför att utrymningstiden blir svår att bedöma.

För att öka säkerheten i lokalerna har åtgärder föreslagits i kapitel fem, den viktigaste åtgärden för personsäkerheten i lokalerna är att installera utrymningslarm.

Summary

The goal with this report is to investigate the safety in the following dressing room:

- Mekaniska verkstaden
- Stålkontoret
- Koksverket
- PB73

Mekaniska verkstaden is built in 1948 and the rest are built under the 70ies.

The neighborhood of gas pipelines and tanks are commonly. The fire safety in the dressing rooms does not in many cases meet the requirements in new housing estate. A coarse analysis of the risks that is present at each dressing room where carried out to get a summery. The different risks that appear in the coarse analysis were further analyzed in the report.

Fire safety and escape of gases were analyzed with more accuracy with event tree and fault tree models to determine underlying factors.

Koksverkets dressing room were chosen for a more detailed investigation due to the limited escape opportunities. To investigate the conditions in case of fire calculations where made with FDS and manually methods. Escape calculations where made with Simulex.

The result from the calculations showed that the escape opportunities are insufficient in case of a fire. The dressing's rooms are not equipped with fire alarm. These conditions cause difficulties in calculations of the emergency evacuation time.

For better safety in the dressing rooms a list of improvements has been suggested in chapter five. The most important improvement is to equip the dressing rooms with an evacuation alarm.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	7
1.	Bakgrund.....	7
1.1	Syfte	7
1.2	Mål	7
1.3	Avgränsningar	7
2	Metod.....	8
2.1	Lagar.....	8
2.1.1	Boverkets byggregler	8
2.2	Grovanalys	9
2.3	Felträd.....	10
2.4	Händelseträd.....	10
2.5	utrymningsdimensionering.....	11
2.5.1	Varselblivningstid	11
2.5.2	Besluts- och reaktionstid.....	12
2.5.3	Förflyttning	13
2.5.4	Kritiska förhållanden vid utrymning.....	13
2.6	FDS.....	14
2.6.1	Bränders effektutveckling.....	15
3	Resultat	16
3.1	Riskidentifiering.....	16
3.2	Felträd Brand.....	18
3.3	Händelseträd brand.....	21
3.4	Riskfördjupning brand på koksverket	23
3.4.1	Allmän beskrivning av lokalen	23
3.4.2	tänkbara värsta scenarion	23

3.4.3	Tid för utrymning.....	28
3.4.4	Resultat av analysen.....	29
3.5	Risköversikt vid brand på Mekaniska verkstadens omklädningsrum	30
3.6	Risköversikt vid brand på PB73	30
3.7	Risköversikt vid brand på Stålkontoret	30
3.8	Halkrisk i och i anslutning till omklädningsrummen	31
3.9	Legionella.....	32
3.10	Gasutsläpp	32
3.10.1	Koksgas.....	32
3.10.2	Ammoniak - mekaniska	33
4	Diskussion.....	38
4.1	Allmänt för lokalerna	38
4.2	Mekaniska verkstaden	38
4.3	Koksverket	38
4.4	Stålkontoret	39
4.5	PB73	39
4.6	Beräkningsresultaten	39
4.6.1	Brand i skurmaskinen	39
4.6.2	Brand i soptunna inne i omklädningsrummet.	39
5	Förslag på åtgärder.....	40
5.1	Brand	40
5.2	Övriga risker.....	40
6	Slutsatser.....	41
7	Referenser	42
	Appendix.....	44

1 INLEDNING

1. BAKGRUND

På SSAB´s anläggning i Luleå finns det flera omklädningsrum som är byggda från 40-talet och framåt. I det kontinuerliga säkerhetsarbetet som SSAB genomför framkom det önskemål om en genomgång av säkerheten i de befintliga sanitetsutrymmena. Eftersom författaren periodvis har varit anställd vid SSAB, så kändes det som ett intressant ämne för examensarbetet.

1.1 SYFTE

Syftet med arbetet är att göra en riskanalys för tänkbara olyckor. De bakomliggande orsakerna som kan leda till en olycka skall analyseras. Förslag till åtgärder som kan minska sannolikheten för och konsekvenser av en eventuell olycka.

1.2 MÅL

Målet med arbetet är att komma fram till åtgärder som minskar sannolikheten för olyckor och konsekvenserna av dessa för de personer som vistas i omklädningsrummen.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

Arbetet behandlar endast risker som kan skada personer i omklädningsrummen eller i direkt anslutning till dessa.

2 METOD

Avsnittet beskriver de metoder och teori som används i resultatdelen.

2.1 LAGAR

Den första januari 2004 trädde lagen om skydd mot olyckor i kraft. Lagen ställer stora krav på den enskilde och verksamhetsutövare.

2 kap Enskildas skyldigheter

2 § Ägare eller nyttjanderättshavare till byggnader eller andra anläggningar skall i skäligen omfattning hålla utrustning för släckning av brand och för livräddning vid brand eller annan olycka och i övrigt vidta de åtgärder som behövs för att förebygga brand och för att hindra eller begränsa skador till följd av brand.(SFS 2003:778)

Kommunen är skyldig att ge assistans och rådgivning till enskilda enligt:

3 kap Kommunens skyldigheter

2 § En kommun skall genom rådgivning, information och på annat sätt underlätta för den enskilde att fullgöra sina skyldigheter enligt denna lag.(SFS 2003:778)

2.1.1 BOVERKETS BYGGREGLER

Boverket är en nationell myndighet som har hand om samhällsplanering, stads- och bebyggelseutveckling, byggande och förvaltning och för bostadsfrågor. Myndigheten ger ut en författning kallad Boverkets byggregler(BBR) som är baserad på:

- Plan- och bygglagen (1987:10), PBL.
- Plan- och byggförordningen (1987:383), PBF.
- Lagen (1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m., BVL.
- Förordningen (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m., BVF.
(BFS 2006:12).

I Boverkets byggregler beskriver ett kapitel regler om brandskydd och beskriver minimikrav på säkerhet i händelse av brand. Föreskrifterna i Boverkets byggregler gäller vid:

- Nybyggnation.
- För tillbyggda delar när en byggnad byggs ut.
- Mark och rivningsarbeten.
- För tomter som tas i anspråk för bebyggelse.

(BBR 2008)

Det medför att föreskrifterna inte gäller för befintliga byggnader, men reglerna är ett bra riktmärke vid kontroll av säkerheten i befintliga byggnader.

2.2 GROVANALYS

De risker som kommit fram under analysen värderas genom att ges ett värde på sannolikheten att den inträffar och konsekvensen den får om den inträffar.

Jag har valt att indela dem efter nedanstående kriterier.

Klass	Sannolik	Frekvens
1	Mycket liten	Mindre än 1 gång på 1000 år
2	Liten	1 gång på 100 till 1000 år
3	Mindre	1 gång på 10 till 100 år
4	Stor	1 gång på 1 till 10 år
5	Mycket stor	Flera gånger per år

Tabell 1 Sannolikhet

Klass	Konsekvens	Människor
1	Små	Lindrigt skadade sjukskrivna <30dagar
2	Lindriga	Skadade som kräver längre sjukskrivning än 30 dagar
3	Medelstora	Flera personer Skadade som kräver längre sjukskrivning än 30 dagar
4	Stora	1 till 10 döda
5	Mycket Stora	10 + döda

Tabell 2 Konsekvens

De olika händelserna ordnas i en matris som delats in i tre olika områden:

- Rött. Produkten av sannolikhet och konsekvens är 10 eller större. Riskerna i röda kategorin bedöms som extra allvarliga.
- Gult. Produkten av sannolikhet och konsekvens är mellan 5 och 9. Riskerna i gul kategori bedöms som allvarliga.
- Grönt. Produkten av sannolikhet och konsekvens är under 4. Riskerna i grön kategori bedöms som mindre allvarliga.

2.3 FELTRÄD

Felträd är en analysmetod som utgår ifrån en önskad händelse. Den önskade händelsen kallas för topphändelse. Under topphändelsen identifieras de bakomliggande händelserna som leder fram till topphändelsen. I felträdet finns olika villkorssatser där grenarna i trädet löper samman. ELLER grinden innebär att någon av de underliggande orsakerna ensam kan medföra att förloppet kan fortsätta. OCH grinden kräver att alla underliggande händelser är uppfyllda för att gå vidare i händelseförloppet. Transfer in grinden är en fortsättning av felträdet från en annan del.

En bashändelse kan vara en utlösande händelse eller en händelse som inte är en konsekvens av något tidigare som inträffat.



OCH-grind



Bashändelse



ELLER-grind



Transfer in (fortsättning vid)

Teckenförklaring felträd

2.4 HÄNDELSETRÄD

Ett händelseträd utgår från en bestämd händelse med målet att hitta tänkbara konsekvenser av händelsen.

Teckenförklaring händelseträd

Konsekvenser:



SAFE: Inga personer skadas allvarligt i omklädningsrummet eller i anslutning till lokalen.



HARD: Flera personer skadas allvarligt.



CRASH: Leder till svårare olycka med flertalet svårt skadade eller dödsfall.

2.5 UTRYMNINGSDIMENSIONERING

Vid en scenarioanalys av förhållandena vid utrymning tas ett flertal scenarior fram som anses troliga för byggnaden. De valda scenarierna bör vara troliga värsta falls scenarierna. En känslighetsanalys bör genomföras av beräkningarna. Beräkningsmodellerna som används skall vara väl dokumenterade.(Utrymningsdimensionering 2006)

För att beräkna utrymningstiden delas förloppet upp i tre faser

- Varselblivning
- Beslut och reaktion
- Förflyttning

Summan av de olika tiderna skall vara mindre än tiden det tar för kritiska förhållanden att uppstå i lokalen.

$$t_{krit} > t_{varse} + t_{beslut\&reaktion} + t_{förflyttning}$$

2.5.1 VARSELBLIVNINGSTID

Varselblivningstid är den tid som går mellan brandens uppkomst och när personerna i lokalen uppfattar att något onormalt inträffat. När lokalen inte har ett automatiskt brandlarm som varnar vid brand så blir det svårt att uppskatta varselblivningstiden. Varselblivningstiden när inte brandlarm finns i lokalen beror på hur många personer som vistas i lokalen, överblickbarheten och vakenhetsgraden på personerna.

Varselblivningstiden kan variera från några sekunder till flera minuter då det inte finns brandlarm.(Utrymningsdimensionering 2006)

2.5.1.1 Avskilda utrymmen

I alla omklädningsrummen finns avskilda rum som bastu och toaletter där personer kan vistas bakom stängda dörrar. Från dessa avskilda utrymmen är utrymning endast möjlig genom en annan lokal. Personer som vistas i avskilda utrymmen riskerar att bli inestängda vid brand då förmågan att uppfatta branden i lokalen som utrymningsvägen går över är starkt nedsatt genom avskiljningen.

Boverket har i sin manual Utrymningsdimensionering angett att utrymningslarm bör finnas i avskilda lokaler som rymmer fler än 10 personer om gångavståndet till utrymningsvägen är över 10 meter, för att kraven i BBR på utrymning skall uppfyllas.(Utrymningsdimensionering 2006).

2.5.2 *BESLUTS- OCH REAKTIONSTID*

Besluts- och reaktionstid är den tid det tar för att personen ska förstå att det brinner och besluta sig för hur den skall handla utrymma, hjälpa andra, förbereda sig, bekämpa branden med mera. Montage av utrymningslarm är ett effektivt sätt att minska besluts- och reaktionstiden. De utrymningslarm som har ett talande meddelande är oftast mer effektiva då de underlättar beslutsfattandet hos personerna.

Väl synliga utgångar eller utrymningsskyltar är faktorer som underlättar beslut och reaktion. Belysningen i lokalen bör vara tillräcklig så att personen kan uppfatta vad som händer i dess närhet (Utrymningsdimensionering 2006).

Tabell 5. Förslag till besluts- och reaktionstider för några verksamheter. Bakgrunden till dessa redovisas i Frantzich (2001).

Verksamhet	Person ser branden	Besluts- och reaktionstid
Offentlig miljö, skola, kontor, varuhus, butik	Ja	1 minut
Varuhus, inget larm	Nej	4 minuter
Varuhus, ringklocka	Nej	3,5 minuter
Varuhus, enkelt talat meddelande	Nej	2 minuter
Varuhus, informativt talat meddelande	Nej	1 minut
Mindre lokal med larmdon i aktuell lokal, mindre biograf, butik, kyrka	Nej	1 minut
Sjukhus ¹ , personal, ringklocka	Nej	2 minuter
Sjukhus ¹ , personal, ljudsignal och textmeddelande	Nej	1 minut
Nattklubb, personal ²	Nej	1 – 1,5 minuter
Nattklubb, gäster ²	Nej	3 – 5 minuter

1. Avser vårdavdelning med god överblickbarhet (enkelkorridor).
2. Beroende på typ av larm och organisation.

Figur 2 Besluts och reaktionstid (Utrymningsdimensionering 2006)

2.5.3 FÖRFLYTTNING

Förflyttningen är sista steget i utrymningsprocessen den innefattar tiden det tar att förflytta sig till en säker plats efter personen har tagit ett beslut att förflytta sig. Faktorer som påverkar förflyttningstiden är till största del gångavstånd och personaltäthet. Även bredd på utgångar och antal utgångar och utformningen på lokalen är viktig för att beräkna utgångstiden.

Beräkningen av tiden för förflyttning skall ta hänsyn till det maximala antal personer som kan förväntas vara i lokalen. (Utrymningsdimensionering 2006)

2.5.4 KRITISKA FÖRHÅLLANDEN VID UTRYMNING

Under tiden som krävs för att utrymma lokalen får inte förhållandena i byggnaden bli sådana att gränsvärdena för kritiska förhållanden överskrids. Kriterier för kritiska förhållanden:

- Siktbarhet: En brandgasnivå på lägst $1,6 + (0,1 \times H)$ meter, där H är rumshöjden, eller en siktsträcka på minst 10 meter i okänd miljö och minst 5 meter i känd miljö (bostäder och kontor).
- Värmestrålning: En maximal strålningsintensitet på $2,5 \text{ kW/m}^2$ eller en kortvarig strålningsintensitet på max. 10 kW/m^2 , samt en maximal strålningsenergi på 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2
- Temperatur: Högst 80°C lufttemperatur.

(BBR 15 kap 5 2008)

2.6 FDS

FDS är ett datorsimulerings program av CFD typ(Computational Fluid Dynamic). Programmet använder sig av Navier-Stokes ekvationer som löses numeriskt för att beräkna termiskt drivna strömningar i fluider. Utvecklare av programmet är National Institute of Standard and Technology, NIST vilket är ett statligt Amerikanskt institut. Det medför att programmet är kostnadsfritt och inte omfattas av upphovsrättsskydd då det är utgivet av ett statligt organ i USA. (Copyright Law of the United States of America 2008)

Materialens egenskaper så som energiinnehåll, konduktivitet, densitet etcetera anges i en inmatningsfil till programmet. Materialegenskaperna som beskrivs i inmatningsfilen är väldigt viktiga för simuleringens tillförlitlighet, därför är det väldigt viktigt att ange data som överstämmer med verkligheten.

För att visualisera beräkningarna från FDS används Smokeview, vilket är ett insticks program som läser output filerna från FDS.

Indata till FDS

Tid

I inmatningsfilen anges hur länge beräkningen skall pågå. För analys av utrymningsmöjligheterna är intresset störst att fastställa den tid det tar för kritiska förhållanden att uppstå eller om de kan uppstå.

Rum

Beräkningarna i FDS utförs i en eller flera rektangulära domän(er). Domänerna delas upp i flera rektangulära celler. Antalet celler i andra och tredje dimension(Y och Z) ska vara faktoriserbart med primtalen 2, 3 och 5 för optimal lösningshastighet då FDS använder Poissons metod för att lösa FFT serie(Fast Fourier Transforms). Se appendix G för lista på tal som kan faktoriseras ner på 2,3 och 5

Om flera olika domäner används är det viktigt ha symmetri på cellerna i gränssytorna. I äldre versioner av FDS (äldre än v5) var det inget krav på symmetri men det ökar tillförlitligheten på beräkningarna. I den senaste versionen (v5,2) är det ett krav för att kunna genomföra beräkningarna.

Grovleken på cellerna har stor inverkan på tillförlitligheten i beräkningarna. Med minskad cellstorlek stiger noggrannheten på beräkningarna men då ökar antalet flödesekvationer datorn behöver lösa så tiden för simuleringen ökar. Det finns inga generella regler för cellstorleken utan den behöver anpassas till scenariot. En liten brand kräver små celler för att modelleras på ett tillförlitligt sätt medans en större brand kan ha en betydligt större storlek på cellerna.

För att få en uppfattning om lämplig cellstorlek kan kvoten $D^*/\delta x$ beräknas. Där D^* är karakteristisk diameter på branden och δx cellstorleken på domänen där branden sker. (Mcgrattan, K med fler 2008)

$$D^* = \left(\frac{Q}{\rho_{\infty} c_p T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Figur 3 Karakteristiska diameter
(Mcgrattan, K med fler 2008)

I manualen till FDS anges ett mått mellan 4 och 16 som en utgångspunkt.

Detektorer

I input filen till FDS kan olika detektorer anges, de kan lagra effekt, temperatur, fluidhastighet etcetera och plotta dessa mot tiden. För utrymning är de viktigaste parametrarna temperatur, strålning och sikt.

2.6.1 BRÄNDERS EFFEKTUTVECKLING

För att lättare få en uppfattning av brandens storlek från dess effektutveckling som används i beräkningar för olika händelser, finns referenslistan nedan. (Karlsson, B 2000)

Cigarett	5 W
Glödlampa	60W
Papperskorg som brinner	100 KW
Bensinbrand 1 m2	2.5MW
Kärnkraftsreaktor	500-1500MW

3 RESULTAT

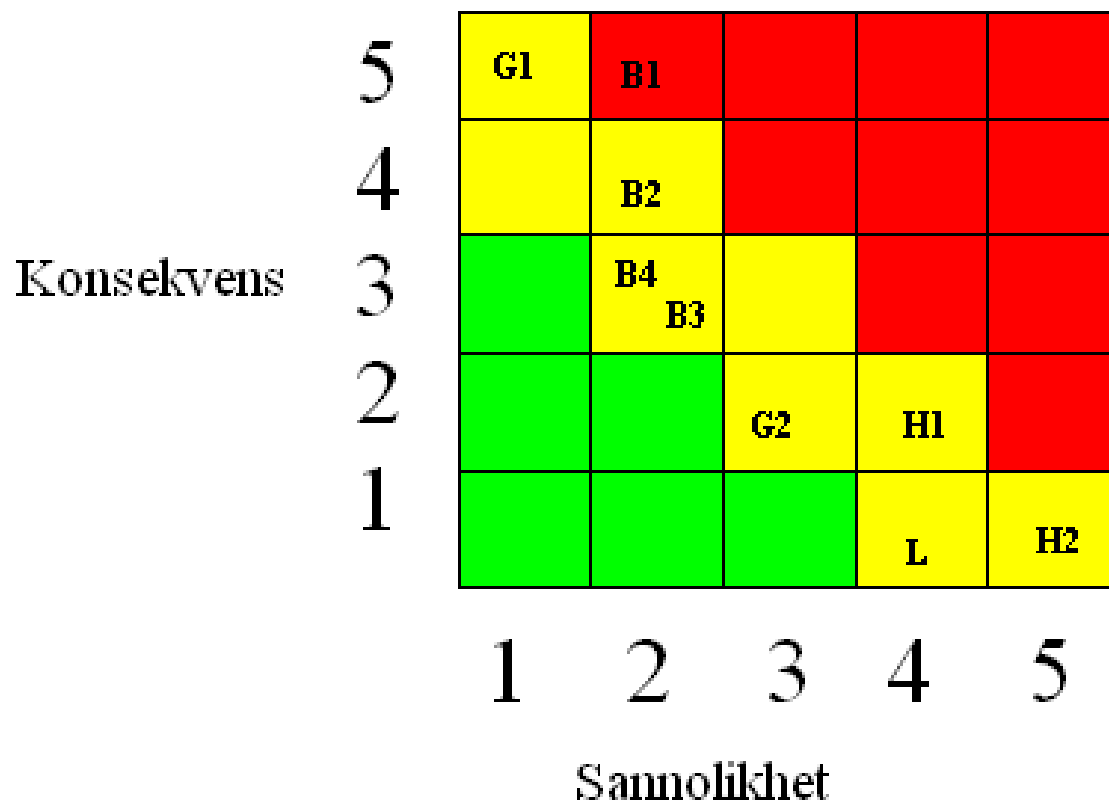
3.1 RISKIDENTIFIERING

Sannolikheten och konsekvensen av respektive händelse är författarens uppskattningar. De olika riskvärdena beräknas som produkten av sannolikheten och konsekvensen.

Händelse	Sannolikhet	Konsekvens	Riskvärde	Id
Brandrisken (större brand)				
Koksverket	2	5	10	B1
Mekaniska	2	4	8	B2
Stålkontoret	2	3	6	B3
Pb73	2	3	6	B4
Halkolycka i trappa	4	2	8	H1
Halkolycka i våtutrymme	5	1	5	H2
Kraftigt gasutsläpp av ammoniak	1	5	5	G1
Gasutsläpp koksgas eller gasol	3	2	6	G2
Legionella bakterier	4	1	4	L

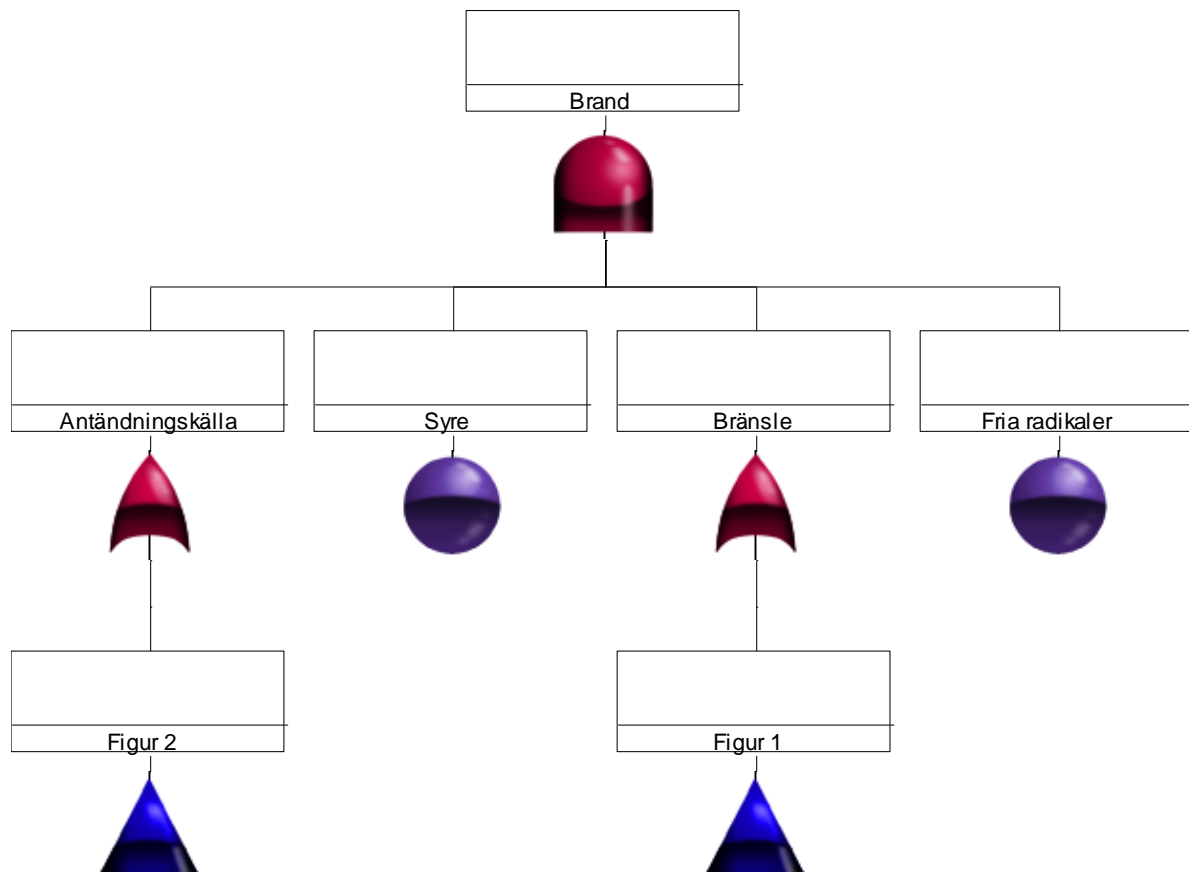
Tabell 3 Riskvärdets sammanställning

Analyserade risker införda i riskvärdesmatrisen. Här kan man på ett överskådligt sätt se en sammanställning av de olika riskerna.



Figur 4 Riskvärdesmatris

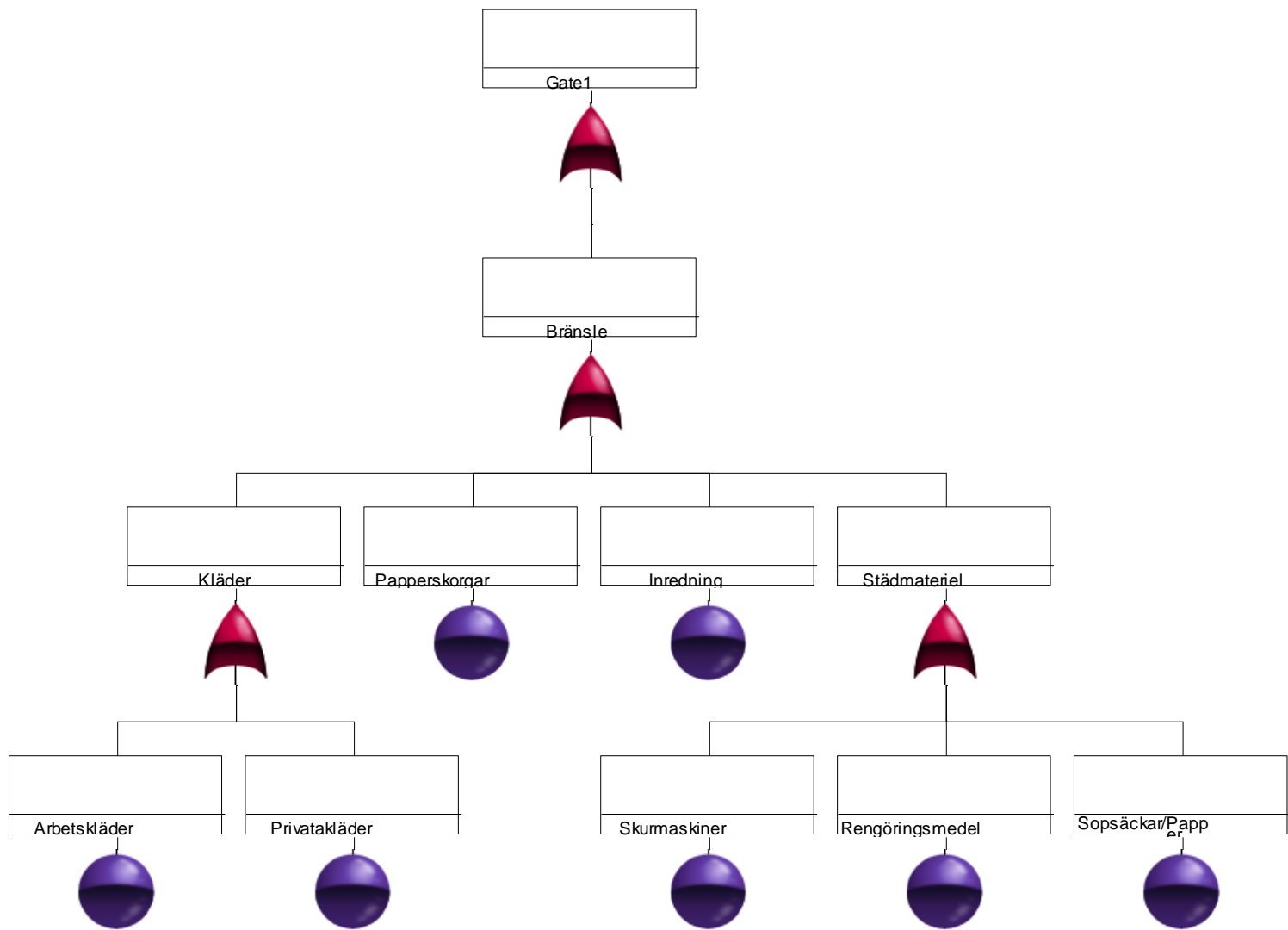
3.2 FELTRÄD BRAND



Figur 5 Felträd brand 1

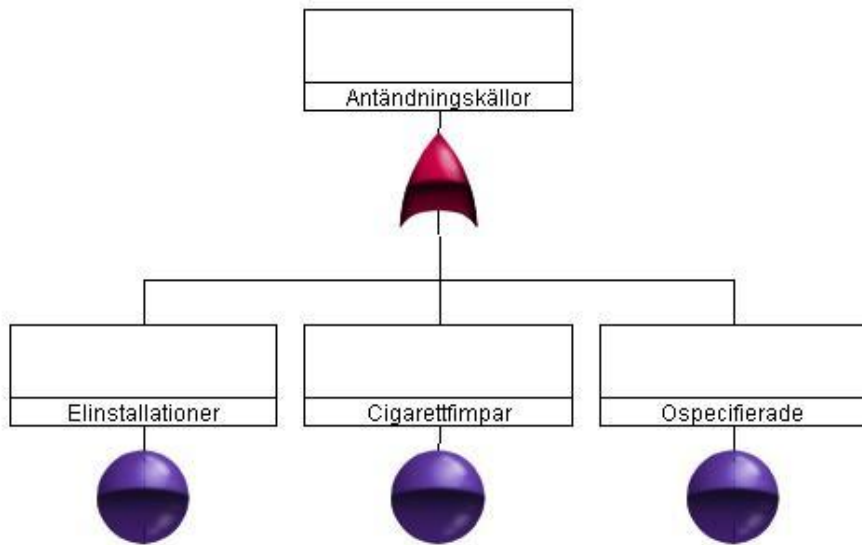
För att en brand skall uppstå så krävs det syre i kombination med bränsle och en antändningskälla. Fria radikaler krävs också för att processen ska fortgå. Om en av de fyra förutsättningarna för branden undanröjs så slocknar den eller uppkomsten förhindras.

I figur 1 beskrivs de olika bränslen som finns i och i anslutning till omklädningsrummen.



Figur 6 Felträd brand-2

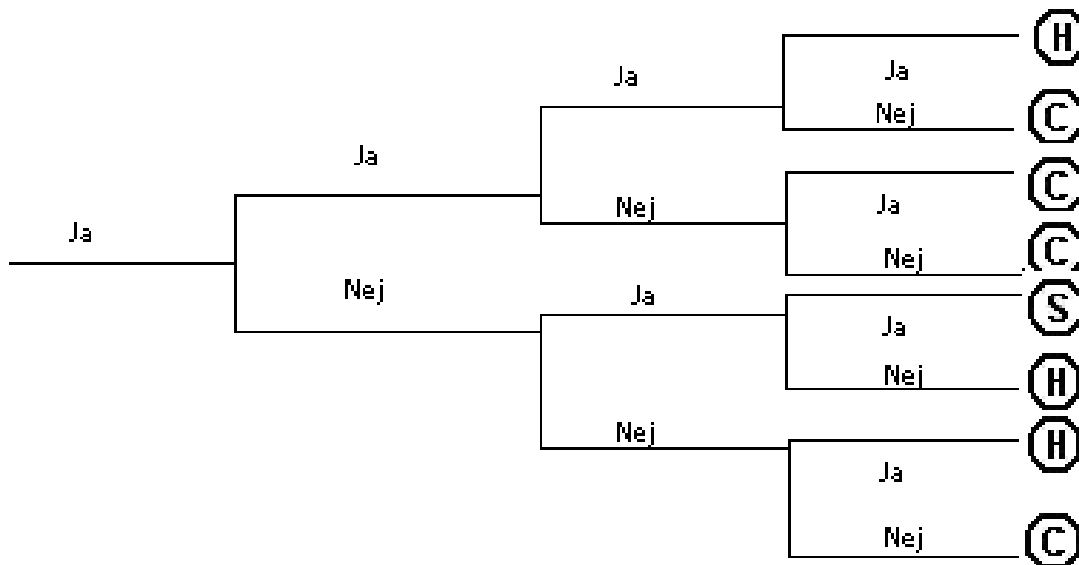
I figuren 2 beskrivs de olika antändningskällor som finns i eller invid omklädningsrummen i stort.



Figur 7 Felträäd brand -3

3.3 HÄNDELSETRÄD BRAND

Antändning	Snabbt brandförlopp	Kort varselblivningstid	Goda utrymningsmöjligheter
------------	---------------------	-------------------------	----------------------------



Figur 8 Händelsetråd brand

Teckenförklaring händelsetråd:

- Ⓢ **SAFE:** Inga personer skadas allvarligt i omklädningsrummet eller i anslutning till lokalen.
- Ⓜ **HARD:** Flera personer skadas allvarligt.
- Ⓢ **CRASH:** Leder till svårare olycka med flertalet svårt skadade eller dödsfall.

Antändning

En antändning av brännbart materiel sker.

Snabbt brandförlopp

Anger om branden ökar snabbt i intensitet. Beror på bränslets egenskaper. En brand som ökar i intensitet snabbt medför att utrymningstiden för lokalen blir kortare. Det effektivaste skyddet mot en kraftig brand är att städa undan allt materiel som brinner bra.

Kort varselblivningstid

Först när personerna i lokalen uppfattar att det brinner via syn, hörsel eller lukt, kan utrymningen påbörjas. Om varselblivningstiden är kort hinner personerna ut innan kritiska förhållanden i byggnaden uppstår som hotar liv och hälsa

Goda utrymningsmöjligheter

När personerna i byggnaden har uppfattat att det brinner och de beslutar sig för att utrymma lokalen till en säkrare plats så ställs det krav på att utrymningsvägarna är nog lättillgängliga och har bra miljö så personalen snabbt kan ta sig ut. Har kritiska förhållanden i utrymningsvägen uppstått hotas personalen att bli instängda i lokalen.

3.4 RISKFÖRDJUPNING BRAND PÅ KOKSVERKET

Konsekvenserna vid en brand i eller intill omklädningsrummet och dess utrymningsvägar har bedömts så pass allvarliga i grovanalysen så en djupare analys av förhållandena vid brand har vidtagits med:

- Handberäkningsmetoder
- CFD analys av förhållandena vid brand med FDS (Fire Dynamics Simulator)
- Simulex, beräkningsprogram för utrymningstid.

Se appendix A för ritning av omklädningsrummet.

3.4.1 ALLMÄN BESKRIVNING AV LOKALEN

Lokalen ligger i källarplanet. Det finns två utgångar från lokalen som leder ut i en korridor, det medför att det inte finns två av varandra oberoende utrymningsvägar.

Det medför att en brand i den enda utrymningsvägen hotar att stänga inne alla i omklädningsrummet. Brandbelastningen i lokalen består till största del av kläder, men de är till största del placerade i plåtskåp.

Dagtid skiftet som är det största skiftlaget består av 100 personer som byter om ca 06:45 och 16:00.

Det tar ca 20 minuter från larm för räddningstjänsten att påbörja en rökdykarinsats vid koksverket (Göran Sundbom).

3.4.2 TÄNKBARA VÄRSTA SCENARION

- Brand i skurmaskinen under laddning av batteriet, skurmaskinen står i korridoren som fungerar som utrymningsväg från omklädningsrummet
- Brand i soptunna inne i omklädningsrummet.

3.4.2.1 Brand i skurmaskin



Figur 9 Skurmaskin utanför koksverkets omklädningsrum

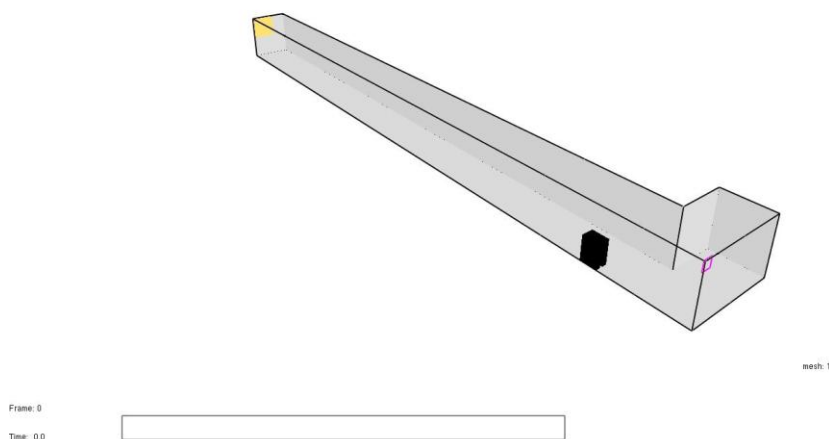
Skurmaskinen står placerad i korridoren som är enda utrymningsväg från omklädningsrummet. När inte skurmaskinen används är den inkopplad till en batteriladdare. Laddning av batterier är en aktivitet som har en stor sannolikhet att orsaka en brand.

Handberäkningar

Hanberäkningar på rökgashöjden för en brand med en konstant effekt på 100KW ger en tid på ca 40s för rökgaslagret att nå ner till 1.84 meter över golv nivå (kritiska förhållanden). Effekten har valts som en trolig medeleffekt av en brand i skurmaskinen. Beräkning i appendix B

Datorsimulering

Smokeview 5.2.2 - Jul 18 2008



Figur 10 Modell av utrymningsvägen

En modell bestående av tre olika domäner med olika grovlek på cellindelningen valdes. För cellen där branden befinner sig så är cellerna 10 cm stora i alla dimensioner (X, Y, Z). Den karakteristiska diametern på branden blir ca 0,4 m för en antagen maximal effekt på ca 120 KW. Det ger ett $D^*/\delta x$ värde på 4 det är relativt stort, men då osäkerheten i modellen är relativt stor på grund av den förenklingen av formen på maskinen har $D^*/\delta x$ värdet bedömts vara tillräckligt för att inte bidra i någon större omfattning till avvikelser i simuleringen mot verkligheten.

Materialet i skurmaskinen har antagits bestå av ABS-plast.

När plaster brinner så skapas en stormängd sotpartiklar på grund av dålig förbränning av materialet. Vanligtvis ligger förbränningseffektiviteten på ca 70 % (Henriksson. M 2008). I inmatningsfilen har sotproduktionen antagits till 16 %

Maskinen har delats upp i tre delar så att tändkällan kan placeras inne i maskinen. Det medför en snabbare antändning av materialet i skurmaskinen än om den var placerad intill en solid formation av abs-plast.

I modellen har en gul linje på höjden 1.84m över golvet skapats för att visuellt kunna bedöma rökgasernas höjd. Modellen har en temperatur fördelnings skiva som visar temperaturen på olika höjder och olika avstånd från branden. Den mekaniska ventilationen i lokalen har antagits vara $0,351/s \cdot m^2$, två öppningar har skapats i korridoren för att släppa ut luften från ventilationen och simulera otätheter i byggnaden.

För att bestämma strålningen som infaller mot golvet har två sensorer placerats utanför ingångarna till omklädningsrummet. I simuleringen har dörrarna antagits vara stängda för att

det ger de sämsta förhållandena i korridoren då brandgaserna inte sprider sig till omklädningsrummet.

Resultat av datorsimuleringen

Det tar ca 60 sekunder för rökgaserna att nå ner till 1,84 meter över golvet. Temperaturen i korridoren ökar till 80 grader på 1.84m höjd efter 300 sekunder, i taket ca 120c. Strålningsintensiteten är 90W/m^2 vid den västra dörren efter 300 sekunder.

Det är endast sikten (rökgashöjden) som kommer upp i förhållanden som betraktas som kritiska för utrymningsmöjligheterna från omklädningsrummet under de fem minuter som simuleringen täcker. Se appendix C för resultaten från beräkningarna.

3.4.2.2 Brand i soptunna inne i omklädningsrummet



Figur 11 Sopsäckar/soptunnor i omklädningsrummet

I omklädningsrummet står flera sopsäckar utplacerade. Golvarean inne i omklädningsrummet är ca 280 m². Materialet i soptunna/säck har antagits bestå till största del av papper, textilier och en mindre andel plast.

Handberäkningsmetod

Effekten har uppskattats till cirka 150 KW på grund av soptunnans/säckens storlek. Tiden för rökgaslagret att komma ner på kritisk nivå (1,84m) är ca 130s. Då branden är liten relativt rummets storlek så blir rökgaserna kalla det medför att rökgaserna inte skiftar sig lika markant som vid en kraftigare brand. Se appendix A för beräkningar.

Datorsimulering

Storleken på rummet är ca 300m², för att underlätta beräkningarna i FDS delades rummet in i fem domäner, storleken på cellerna i domänen där branden sker är 10 cm. Den karakteristiska diametern för branden är 0,45m vid en effekt på 150KW. Det ger ett $D^*/\delta x$ värde på 4,5 för cellen där branden sker.

Sopkorgen antas bestå av en fyrkantig plast mantel med fyra stavar av skräp som givits materialdata som skall motsvara textilier. Brandens effektutveckling i scenariot ligger runt 150 KW när den är fullt utvecklade.

En sensor som mäter infallande strålning har placerats 3.5 meter framför sopkorgen för att bestämma den maximala infallande strålningen mot golvet. Då röken blir relativt tunn har en

fördelningsskiva placerats i mitten av rummet som mäter rökgasernas täthet. Sikten kan beräknas med formeln $S=C/K$

Där S är siktsträckan genom röken.

C är en dimensionslös parameter för föremålet som skall beskådas genom röken. En genomlyst skylt har ett värde på 8 och en reflekterande skylt 3.

K är ljusgenomsläppligheten på rökgasen, k beräknas med FDS

Värdet på konstanten C bestämdes till tre då utrymningsskyltarna i omklädningsrummet har en reflekterande yta.

Resultat av datorsimuleringen

Sikten i omklädningsrummet efter fem minuter är över 10 meter i huvuddelen av lokalen. Då omklädningsrummet kan betraktas som en lokal där brukarna har lokalvana så är kravet från BBR 5 meter. Temperaturen i rummet ökar till ca 60 grader i huvudhöjd efter fem minuter,. Strålningsintensiteten uppnår 150 W/m² i centrum av lokalen efter 300 sekunder.

Förhållandena i lokalen uppnår inte kritiska värden under de fem minuter som simuleringen pågår. Se appendix D för resultat från beräkningar.

3.4.3 TID FÖR UTRYMNING

Förflyttnings tid

För att beräkna tiden för personalen i omklädningsrummet att förflytta sig vid fara har Simulex använts. Simulex är ett dator program som beräknar förflyttningstiden vid utrymning.

Vid utrymning från omklädningsrummet med 100 personer i lokalen tar det ca 40 sekunder för dem att förflytta sig ut från rummet. Se appendix för beräkningen

Om en brand uppstår i utrymningsvägen och personalen i omklädningsrummet behöver utrymma från omklädningsrummet och genom utrymningsvägen till säker plats tar det ungefär en minut för förflyttningen. Se appendix E för resultatet av utrymnings simuleringen.

Varselblivningstid

För ett scenario med många personer i lokalen så kan varselblivningstiden antas vara betydligt lägre än om endast ett fåtal personer använder lokalen. Omklädningsrummet har flera avskilda utrymmen så som bastu och toaletter det gör att varselblivningstiden när utrymningslarm saknas blir svår att bedöma och endast en grov uppskattning av tiden kan göras. Varselblivningstiden för scenariot då 100 personer vistas i lokalen vilket är det maximala antal personer som kan vistas i lokalen antas vara en minut.

Vid brand i utrymningsvägen blir varselblivningstiden ytterst svår att uppskatta då personalen i omklädningsrummet inte ser eller känner branden i utrymningsvägen. Enda möjligheten för

dem att upptäcka branden är om en person som är på väg ut eller in från lokalen larmar då det inte vistas personal kontinuerligt i utrymningsvägen.

Besluts och reaktionstid

Då lokalen saknar utrymningslarm och personalen inte kan antas se branden så blir Besluts och reaktionstiden svår att uppskatta. Med utgång från Figur 1. Förslag till besluts- och reaktionstider för några verksamheter från Boverkets Utrymningsdimensionering antas tiden till två minuter.

3.4.4 RESULTAT AV ANALYSEN

För scenariot då det uppstår en brand i utrymningsvägen kan den totala tiden från brandens uppkomst till personalen har förflyttat sig i säkerhet tar det ca tre minuter exklusive varselblivningstiden, som är ytterst svår att uppskatta. Kritiska förhållanden uppstår i lokalen efter ca 60 sekunder med avseende på rökgashöjden. Det medför att vid utrymning kommer personalen utsätts för kritiska förhållanden.

Om en brand uppstår i en sopsäck inne i omklädningsrummet så kan utrymningstiden antas vara ca 4 minuter. Under den tiden så uppstår inte kritiska förhållanden i lokalen.

3.5 RISKÖVERSIKT VID BRAND PÅ MEKANISKA VERKSTADENS OMKLÄDNINGSRUM

Från omklädningsrummet finns det två av varandra oberoende utrymningsvägar. Utrymningsvägarna är längre än schablon värdena för verksamheten som är 45 meter. Det längsta schablonavståndet till utrymningsväg är ca 60 meter.

I lokalen finns flera avskilda utrymmen då lokalen saknar brandlarm blir det svårt för personalen i lokalen att upptäcka en brand i ett tidigt skede. I lokalen är utrymningsvägarna skyltade med reflekterande skyltar. Vägledande markeringar efter golvet saknas.

Brandbelastningen i lokalen består till största del av kläder som förvaras i plåtskåp. Vid tvättbyte samlas smutsvätten i stora vagnar. I ett förråd i anslutning till omklädningsrummet finns flera skumgummimadrasser och träkonstruktioner. Det är viktigt att dörren mellan omklädningsrummet och förrådet hålls stängd. Under lunchrasten används förrådet som viloplats av personalen.

3.6 RISKÖVERSIKT VID BRAND PÅ PB73

Lokalen saknar skyltning av utrymningsvägarna och brandlarm. Lokalen är i markplan.

Från omklädningsrummet finns det två utgångar till två olika korridorer som leder ut i det fria. I den ena korridoren finns ett fikarum med köksutrustning som är direkt ansluten till korridoren, det finns ingen dörr mellan korridor och rummet.

I den ena korridoren finns en återvändsgränd i ändan av korridoren där riskerar personer att fastna om det går åt fel håll när de skall utrymma lokalen.

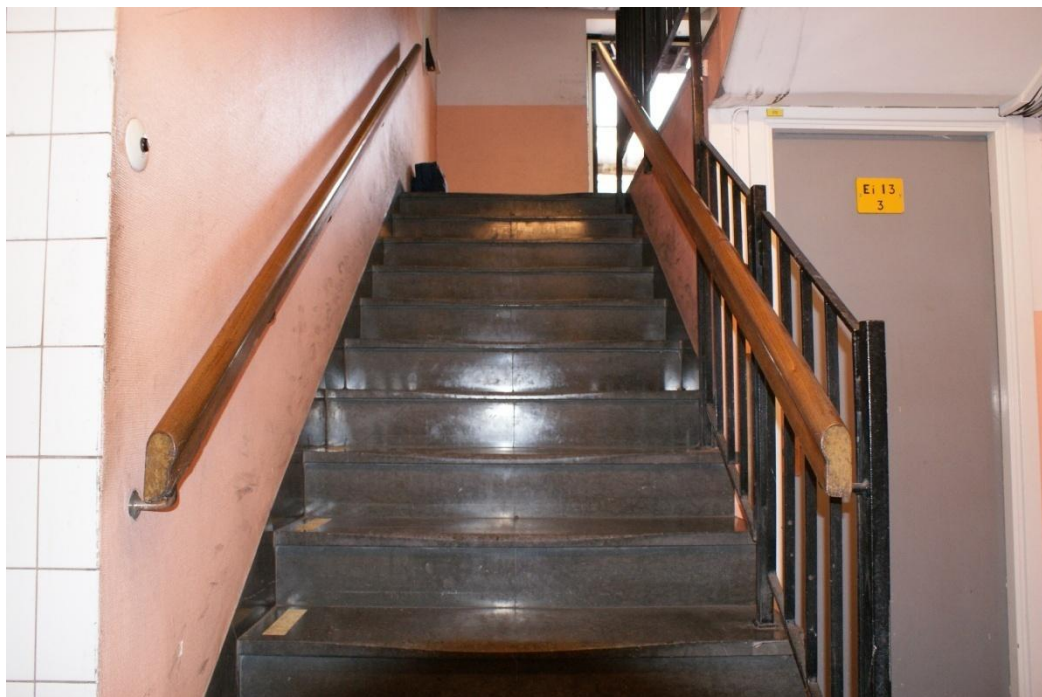
3.7 RISKÖVERSIKT VID BRAND PÅ STÅLKONTORET

Omklädningsrummet under stålkontoret har två av varandra oberoende utrymningsvägar som leder ut i det fria, via två trappor.

Brandbelastningen i lokalen består till största del av kläder. Smutskläder samlas i backar som står i avskilda utrymmen. Det hindrar brandspridning i lokalen om kläderna börjar brinna. De övriga kläderna förvaras i de personliga skåpen. Lokalen har skyltning av utrymningsvägar med självlysande skyltar.

Avståndet till utrymningsvägar är under 45 meter. Lokalen har flera avskilda utrymmen som gör det svårt för personerna att uppfatta om en brand utbryter i lokalen.

3.8 HALKRISK I OCH I ANSLUTNING TILL OMKLÄDNINGSRUMMEN



Figur 12 Trappa ner till omklädningsrummet i stålkontoret

Fallolyckor är en risk som ofta inte tas på allvar, men i Sverige dör tre personer per dag i fallolyckor (Göteborgs stad 2008). De flesta som råkar ut för fallolyckor är äldre än 65 år (8 av 10). (Räddningsverket 2008)

I Sverige inträffar ca 2200 fall i trappor på arbetsplatser som leder till minst 30 dagars sjukskrivning (AFA 2008), av dem har 10,3 procent medicinsk invaliditet. Om fallolyckor kan undvikas på arbetsplatsen så sparas stora belopp i sjukskrivningskostnader. SSAB har inte någon halkolycka i trappor i anslutning till omklädningsrummen registrerat i sin olycksfalls databas idag.

Trapporna i flera av byggnader saknar halkskydd. Av de risker som finns i sanitetsutrymmena så kan fallolyckor anses ha den absolut största sannolikheten att inträffa.

3.9 LEGIONELLA

Legionellabakterier finns naturligt i de flesta sjöar och vattendrag i små koncentrationer. Bakterierna kan endast föröka sig mellan 20-45 °C. För att döda bakterierna kan temperaturen på vattnet höjas till ca 60 °C, då dör 90% inom 10 minuter. Legionellabakterien kan orsaka två olika sjukdomar legionärssjukan och pontiacfebern.

Legionärssjukan är en allvarlig form av lunginflammation, ca 2-5% av de 10 000- 20 000 personer som insjuknar i lunginflammation i Sverige är smittade av legionella bakterien. Antalet fall som anmäls till smittskyddsinstitutet är ungefär 40 st per år. Internationella studier visar på en dödlighet av 5-30 % för legionärssjukan.

Pontiacfebern ger influensaliknande symptom. Sjukdomen är kortlivad och går över av sig själv

Legionellabakterien smittar genom att personer andas in små vattendroppar med bakterien i lungorna, vanligtvis när de duschar.

Nuvarande regler gällande vattentemperatur är oftast inte obligatorisk för hus byggda före 1994, om inte huset har blivit renoverat. Enligt miljöbalken får dock vattensystemen i en byggnad aldrig vara hälsofarliga för dess brukare.(Boverket 2008)

3.10 GASUTSLÄPP

3.10.1 KOKSGAS

Utanför mekaniska verkstaden och invid koksverket finns gasledningar som kommer från koksverket. Koksgasen består till största delen av vätgas. Vid ett läckage så stiger koksgasen snabbt upp i luften och späds ut till blandningsförhållanden som inte är brännbara. Ett utsläpp i det fria av koksgasen medför inga större risker.

3.10.2 AMMONIAK - MEKANISKA



Figur 13 Ammoniak tank

Utanför Lucoil finns det en gastank med en kapacitet på 60 m³ ammoniak. Ammoniak är en färglös gas med en stickande lukt. Gasen är explosiv vid vissa blandningsförhållanden med luft. Gasen är farlig för människor, 15-20ppm leder till irritation i luftvägarna större koncentrationer (5000ppm) kan leda till dödsfall på grund av igensvullet struphuvud eller lungödem (Arbetshälsoinstitutet 2008).

Det finns flera byggnader intill ammoniak tanken det medför att det blir svårt att förutse ammoniakgasens spridning vid ett läckage. Ventilationssystemet i byggnaden har ett detektionssystem som slår av ventilationen om ammoniak kommer in i luftintagen. Avståndet från ammoniaktanken till omklädningsrummet är ca 150 meter

Ett möjligt scenario vid ett läckage är att ett brott anslutningsröret har uppkommit vilket kan ge upphov till ett läckage på ca 23kg/s (RIB 2005). Vid ett sådant läckage är koncentrationen i vindriktningen på 250 meters avstånd ca 5000 ppm det vill säga en dödlig koncentration.

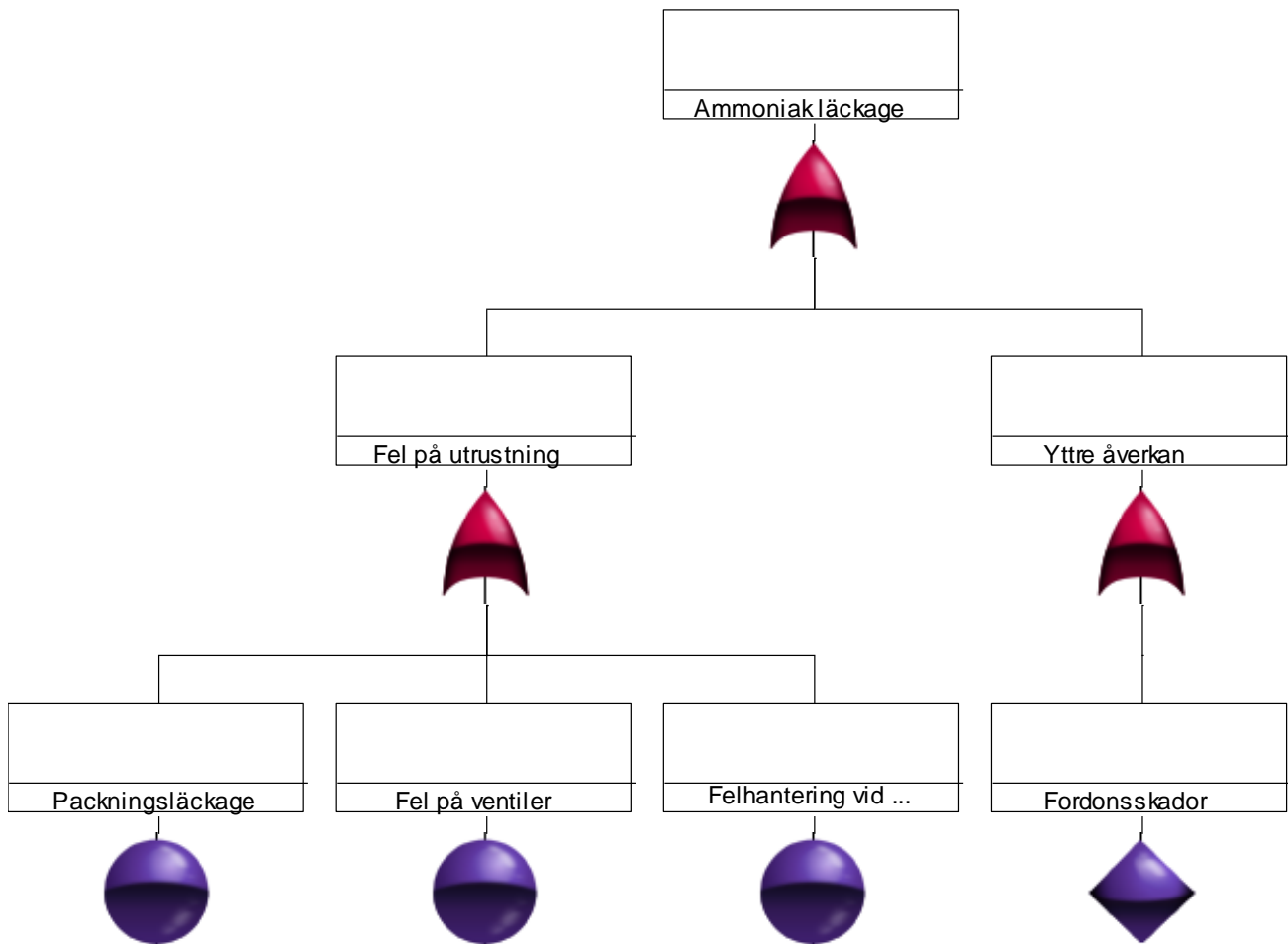
Beräkningarna ovan bygger på att det inte finns några byggnader intill som styr om vinden. Det medför att resultatet av beräkningarna blir relativt osäkra och kan endast användas som en grov uppskattning.

Ammoniak i gasform är lättare än luft, det medför att ett utsläpp stiger uppåt och inte ansamlas vid marken. Det gör att ett utsläpp själv saneras från olycksplatsen.

Sannolikheten att ett läckage skall ske från en stationär tank är väldigt liten. De flesta olyckor med ammoniak sker under transport när behållaren utsätts för yttre åverkan som en tågurspärning eller lastbilsolycka.

Påfyllning av ammoniak sker endast under helgerna på tider då få personer befinner sig i ammoniaktankens närhet(Stig Öhman). Det medför att sannolikheten att ett flertal personer skall skadas av läckage från ammoniak tanken kan anses ytterst låg.

3.10.2.1 Felträd ammoniakläckage



Figur 14 Felträd ammoniak läckage

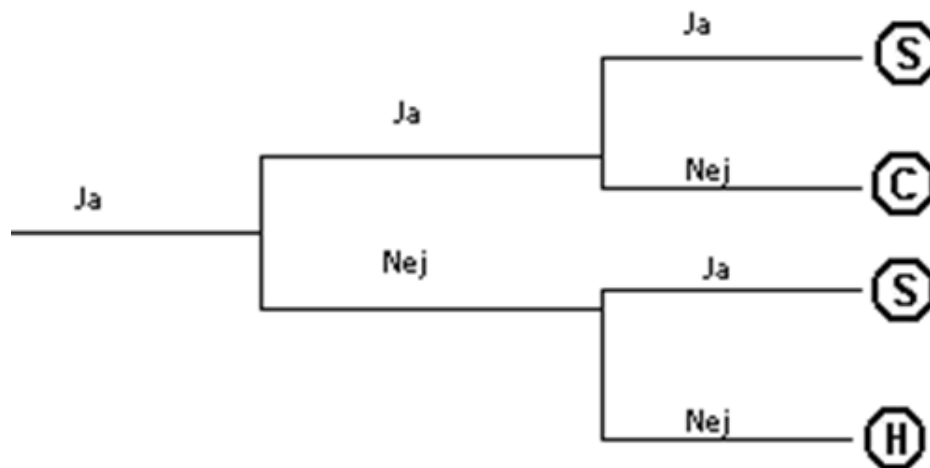
3.10.2.2 Händelsetråd

Ett händelsetråd utgår från en bestämd händelse med målet att hitta tänkbara konsekvenser av händelsen.

Läckage

Stort Läckage

Tidig upptäckt och
inrymning i tidigt skede



Figur 15 Händelsetråd ammoniak läckage

Teckenförklaring felträd

Ⓢ **SAFE:** Inga personer skadas allvarligt i omklädningsrummet eller i anslutning till lokalen.

Ⓜ **HARD:** Flera personer skadas allvarligt.

Ⓒ **CRASH:** Leder till svårare olycka med flertalet svårt skadade eller dödsfall.

Läckage

När ett läckage inträffar är det första steget mot en gasolycka.

Storlek på läckaget

Storleken på läckaget kan variera oerhört mycket och omfattningen av läckaget får väldigt stora konsekvenser för den fortsatta händelsekedjan. Vid ett litet läckage så kommer inte ammoniak i gasform att uppnå så pass höga koncentrationer att den kan skada personer på något större avstånd från behållaren. Tiden för läckaget blir å andra sidan mycket längre om inte räddningstjänsten lyckas stoppa det. Om det sker ett större läckage kan stora koncentrationer av ammoniak uppträda på relativt stora avstånd från tanken. Ammoniak tanken står intill flera byggnader, det medför att spridningsberäkningarna blir relativt oprecisa när vindens riktning blir svår att förutse.

Tidig upptäckt och inrymning

En tidig upptäckt av ett läckage innebär att personalen hinner inrymma till en säker samlingsplats. Vid ett utsläpp av ammoniak så stängs ventilationen av, så luftväxlingen i lokalen upphör. Mekaniska verkstadens omklädningsrum har inget larm som varnar för ett större gasläckage och uppmanar personalen till att inte gå ut och hålla fönster, dörrar och portar stängda. När lokalen saknar gaslarm är sannolikheten stor att flera personer kommer att gå ut från lokalen och exponeras för gasen.

4 DISKUSSION

4.1 ALLMÄNT FÖR LOKALERNA

Alla lokalerna saknar utrymningslarm medför att varselblivningstiden och besluts och reaktionstiden blir onödigt långa när lokalerna i många fall är svåröverblickbara.

Varselblivningen är den första länken i utrymningskedjan, genom att förkorta den tiden så minskar risken för personskada med stor sannolikhet vid brand.

Besluts och reaktionstiden är även den kopplad till hur starka signalerna är att någon händelse i lokalen medför ett ögonblickligt behov av utrymning. I Boverkets manual till utrymningsdimensionering finns resultatet från en undersökning som visar att talade informativa meddelande avsevärt kortar ner tiden för beslut och reaktion. Om alla omklädningsrum utrustas med utrymningslarm minskar sannolikheten att skadas vid brand.

Halkrisken i trappor vid passering till eller från omklädningsrummet är relativt stora då många trappor är slitna och saknar halkskydd. Då halkolyckor är vanligt förekommande kostar de företagen i Sverige stora summor. Konsekvenserna vid halkolyckor är vanligtvis inte så stora, men kan i många fall leda till sjukskrivningar. Dödsolyckor för personer under pensionsålder är ganska ovanligt vid fall olyckor.

4.2 MEKANISKA VERKSTADEN

Utrymningsvägarna i omklädningsrummet är längre än schablonvärdena för kontor och lokaler där personalen förväntas ha god lokalkännedom. Den viktade längden på utrymningsvägarna är ca 60 meter, kravet är 45 meter vid användandet av schablonvärden vid dimensionering av utrymningsvägarna.

Risken för att en olycka med ammoniak ska ske då flertalet personer vistas i omklädningsrummet är ytterst små. Men konsekvenserna är väldigt stora om ett stort läckage inträffar och vin riktningen är ogynnsamm.

4.3 KOKSVERKET

Grunden i utrymningsdimensionering är att ha två av varandra oberoende utrymningsvägar från bostäder och lokaler där personer vistas mer än tillfälligt. Det kravet uppfyller inte koksverkets omklädningsrum.

Om en brand sker i utrymningsvägen till omklädningsrummet kommer personalen som ska utrymma omklädningsrummet med stor sannolikhet att utsättas för kritiska förhållanden.

4.4 STÅLKONTORET

Utrymningsmöjligheterna från omklädningsrummet anses som goda. Trapporna som leder ner till omklädningsrummet är i dåligt skick och risken att halka är stor i dem.

Smutskläder samlas i avgränsade utrymmen, det minskar brandbelastningen i lokalen.

4.5 PB73

Utrymnings möjligheter från lokalen är goda då utrymningsvägarna är bra placerade och lokalen ligger i markplanet. Lokalen saknar skyltning av utrymningsvägarna, det medför att personer som inte har god lokalkännedom får svårare att utrymma lokalen.

Takhöjden inne i omklädningsrummet är ca 3,5 meter, det medför att ett brandförlopp blir mindre intensivt och tiden för rökfyllnad ökar.

I utrymningsvägarna från lokalen finns det en stor del brännbart material (se appendix I för bilder). I utrymningsvägar skall det inte finnas onödigt mycket brännbart material för att minska sannolikheten för uppkomst av brand och minska risken för brandspridning i utrymningsvägen.

4.6 BERÄKNINGSRESULTATEN

Diskussion av resultaten från de olika beräkningarna och en jämförelse mellan datorsimuleringar och handberäkningsmetoder

4.6.1 BRAND I SKURMASKINEN

Tiden för rökfyllnad beräknad med handberäkningsmetod blir ca 50 % mindre än datorsimuleringen. En stor del av skillnaden kan förklaras med att i handberäkningen antogs en konstant effekt på 100KW medan effekten i datorsimuleringen är noll i början och ökar till ca 26KW efter 60s.

4.6.2 BRAND I SOPTUNNA INNE I OMKLÄDNINGSRUMMET.

För att bedöma sikten i en lokal med handberäkningsmetoder är det endast möjligt att beräkna rökgaslagrets höjd. Om effektutvecklingen från branden är liten relativt storleken på lokalen leder det till att rökgasernas temperatur blir låg och den termiska stignakraften svag. Det medför att rökgaserna blandas upp med det underliggande luftlagret och ingen skarp gräns mellan luftlagren bildas.

Olika material har olika stor sotproduktion vid förbränning. Det får speciellt stor betydelse för sikten i lokalen om rökgaserna blir utblandade med det underliggande luftskiktet.

På grund av ovanstående faktorer är handberäkning av rökgasfyllning med avsikt att bedöma sikten i en stor lokal, ingen tillförlitlig metod att använda sig av. En bättre modell är att beräkna sikten i stora lokaler genom att beräkna rökgasernas ljusabsorption i FDS, då modellen tar hänsyn till fler faktorer än vad som är möjligt vid handberäkning.

5 FÖRSLAG PÅ ÅTGÄRDER

5.1 BRAND

De viktigaste åtgärderna för att öka säkerheten vid en brand i omklädningsrummen är att:

- Två av varandra oberoende nödutgångar i de fall de saknas (Koksverket):
 - Sektionera korridoren mellan dörrarna in till omklädningsrummen, då skapas två oberoende utgångar från omklädningsrummet.
- Minska tiden för utrymning genom att:
 - Minska risken för att personer fastnar i återvändsgränder (PB73).
 - Montera utrymningslarm med talat meddelande.
 - Markera utrymningsvägarna med skyltar i de fall det saknas (PB73).
 - Vägledande markeringar efter golvet, för att underlätta utrymningen om lokalen blir rökgasfylld.
- Minska brandbelastningen genom att:
 - Förvara smutskläder och handdukar i avgränsade utrymmen så brandspridningen hindras.
 - Ta bort brännbart material från omklädningsrummen och nödutgångarna
 - Sopkorgar med lock i omklädningsrummen.
 - Avgränsa fikarummet från utrymningsvägen med en dörr (PB73).

5.2 ÖVRIGA RISKER

Halkskydda trapporna i anslutning till omklädningsrummen för att minska sannolikheten för halkolyckor.

6 SLUTSATSER

Risikanalyserna visar att de tre största riskfaktorerna är:

- Brand Koksverkets omklädningsrum.
- Brand Mekaniska verkstadens omklädningsrum.
- Halkolycka i trappa.

Sannolikheten och konsekvenserna vid en brand i koksverkets omklädningsrum har bedömts som oacceptabla. Det största problemet med lokalen är utrymningsmöjligheten om en brand sprider sig till den enda utrymningsvägen från lokalen. Om utrymningsvägen sektioneras och brännbara material tas bort från korridoren ökar sannolikheten för att en utrymning skall kunna utföras utan att kritiska förhållanden uppstår under tiden.

För att minska tiden för utrymning i ovan nämnda lokaler och de två andra så är utrymningslarm av stor vikt. Studier har visat att utrymningstiden i många fall kan reduceras kraftigt. Lokalerna är i många fall svåröverblickbara och har flertalet avskilda utrymnen, i lokaler av den typen är det extra viktigt med utrymningslarm.

I trapporna i anslutning till lokalerna som ligger i källarplan är risken att halka oacceptabelt stor. För att minska olycksrisken bör trapporna renoveras om behov finns och halkskyddas.

Genom åtgärderna beskrivna i rapporten minskar sannolikheten och konsekvenserna vid en olycka för personerna som använder omklädningsrummen.

7 REFERENSER

Arbetshälsoinstitutet

<http://www.occuphealth.fi/internet/ova/sammonia.html>

2009-01-03

Boverket

<http://www.boverket.se/templates/Page.aspx?id=1644&epslanguage=SV>

2009-01-03

Boverkets byggregler 15 (BBR) 2008

ISBN 91 8604 503-2

Copyright Law of the United States of America

<http://www.copyright.gov/title17/92chap1.html#105>

2009-01-03

Göran Sundbom Brandmästare SSAB

Intervju 23/12-08 kl 9:00

Göteborgs stad 2008

http://www.vartgoteborg.se/prod/sk/vargotnu.nsf/1/vard_o_omsorg,tre_manniskor_dor_av_fallolyckor_varje_dag

2009-01-03

Henriksson M (2008) ”Fördjupad brandöversyn, fartygsmanufaktur SSAB tunnplåt Luleå”

LTU D uppsats ISSN: 1402-1552

Karlsson.B med fler 2000 “Enclosure fire dynamics”

USA ISBN 0-8493-1300-7

Mcgrattan, K med fler (2008) ”Fire dynamics simulator user guide”

NIST Special Publication 1019-5

Scb 2008

www.scb.se/statistik/AM/AM0401/_dokument/Almedalen_2008_07_09.ppt

2009-01-03

Stig Öhman Säkerhetschef SSAB

Intervju 23/12-08 kl 9:00

Utrymningsdimensionering, Boverket 2006

ISBN 91 7147 948-1

RIB 2005

Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor, datorprogram utgivet av Räddningsverket

Räddningsverket 2008

http://www.srv.se/templates/SRV_Page_____15168.aspx

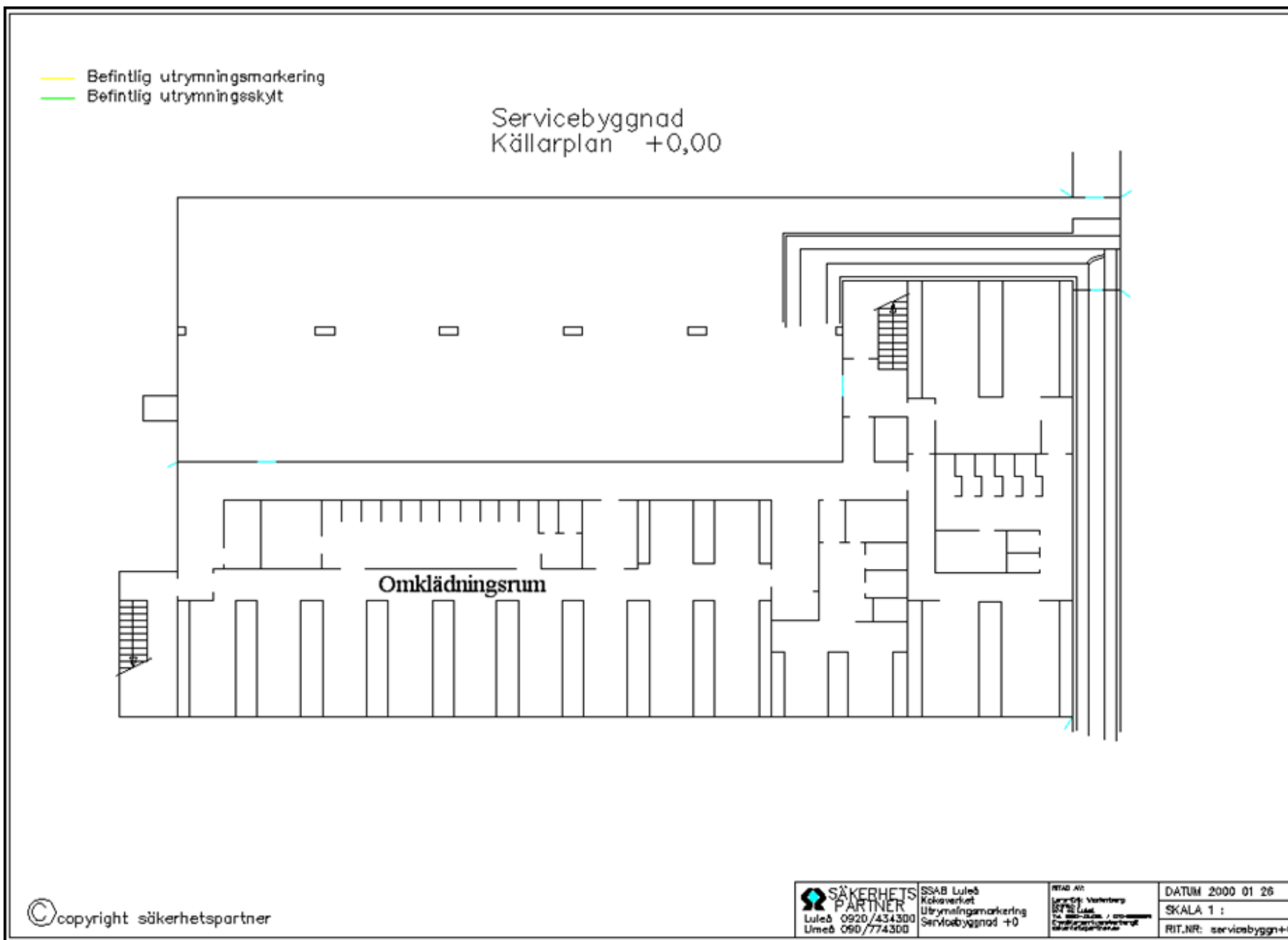
2009-01-03

APPENDIX

Förteckning över bilagor

Appendix A	Ritning av Koksverkets omklädningsrum
Appendix B	Handberäkningar
Appendix C	Data från FDS simulering brand i skurmaskin
Appendix D	Data från FDS simulering brand i sopsäck i omklädningsrum
Appendix E	Förflyttningstid, beräknad med simulex
Appendix F	FDS kod för scenariot brand i skurmaskin
Appendix G	FDS kod för scenariot brand i sopsäck i omklädningsrum
Appendix H	FFT serie
Appendix I	Bilder från SSAB

Appendix A Ritning av Koksverkets omklädningsrum



Appendix B Handberäkningar

Handberäkning av brand i skurmaskin i korridor

Beräkning av lägsta tillåtna rökgashöjd, h är takhöjden i rummet.

$$1,6m + 0,1 * h = 1,6 + 0,1 * 2,4m = 1,84m \text{ (BBR 5:361)}.$$

Dimensionslös effektutveckling vid 100kW där Q är effektutvecklingen och H är höjden i rummet.

$$\dot{Q}^* \approx \frac{\dot{Q}}{1100H^{5/2}} = \frac{100kW}{1100 * 2,4m^{5/2}} = 0,0101 \text{ (Karlsson.B 2000, eq 8.37, för normala förhållanden)}.$$

Dimensionslös höjd, Z är rökgaslagrets höjd över golvet.

$$y = \frac{z}{H} = \frac{1,84}{2,4} = 0,75 \text{ (Karlsson.B 2000, eq 8.36)}.$$

Ur Figure 8.9 EFD (Karlsson.B 2000) .

$$(\dot{Q}^*)^{1/3} \tau \approx 1,5.$$

Dimensionslös tid, g är gravitationskonstanten och S är rummets area.

$$\tau = t \sqrt{\frac{g}{H} \frac{H^2}{S}} = t \sqrt{\frac{9,81m/s^2}{2,4m} \frac{2,4m^2}{64m^2}} = 0,18t \text{ (Karlsson.B 2000 ,eq 8.38)}.$$

$$\tau = \frac{(\dot{Q}^*)^{1/3} \tau}{(\dot{Q}^*)^{1/3}} = \frac{1,5}{0,0101^{1/3}} = 6,93.$$

$$t = \frac{\tau}{0,18} = 38,5s.$$

Tiden för rökgaslagret att nå ner till 1,84 meter över golvet är ca 40 sekunder.

Handberäkning av brand i soptunna i omklädningsrummet

Beräkning av lägsta tillåtna rökgashöjd, h är takhöjden i rummet.

$$1,6m + 0,1 * h = 1,6 + 0,1 * 2,4m = 1,84m \text{ (BBR 5:361).}$$

Dimensionslös effektutveckling vid 150kW.

$$\dot{Q}^* \approx \frac{\dot{Q}}{1100H^{5/2}} = \frac{150}{1100 * 2,4^{5/2}} = 0,0152 \text{ (Karlsson.B 2000, eq 8.37, för normala förhållanden).}$$

Dimensionslös höjd. Z är rökgaslagrets höjd över golvet.

$$y = \frac{z}{H} = \frac{1,84}{2,4} = 0,75 \text{ (Karlsson.B 2000, eq 8.36).}$$

Ur Figure 8.9 EFD (Karlsson.B 2000) .

$$(\dot{Q}^*)^{1/3} \tau \approx 1,25.$$

Dimensionslös tid.

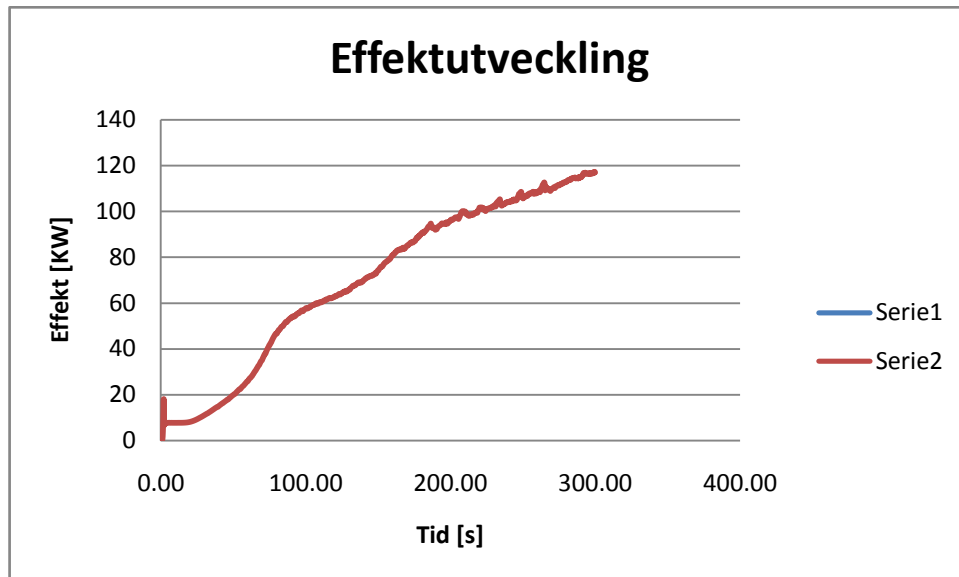
$$\tau = t \sqrt{\frac{g}{h}} \frac{H^2}{s} = t \sqrt{\frac{9,81m/s^2}{2,4m}} \frac{2,4m^2}{300m^2} = 0,0388t \text{ (Karlsson .B 2000, eq 8.38).}$$

$$\tau = \frac{(\dot{Q}^*)^{1/3} \tau}{(\dot{Q}^*)^{1/3}} = \frac{1,25}{0,0152^{1/3}} = 5,046.$$

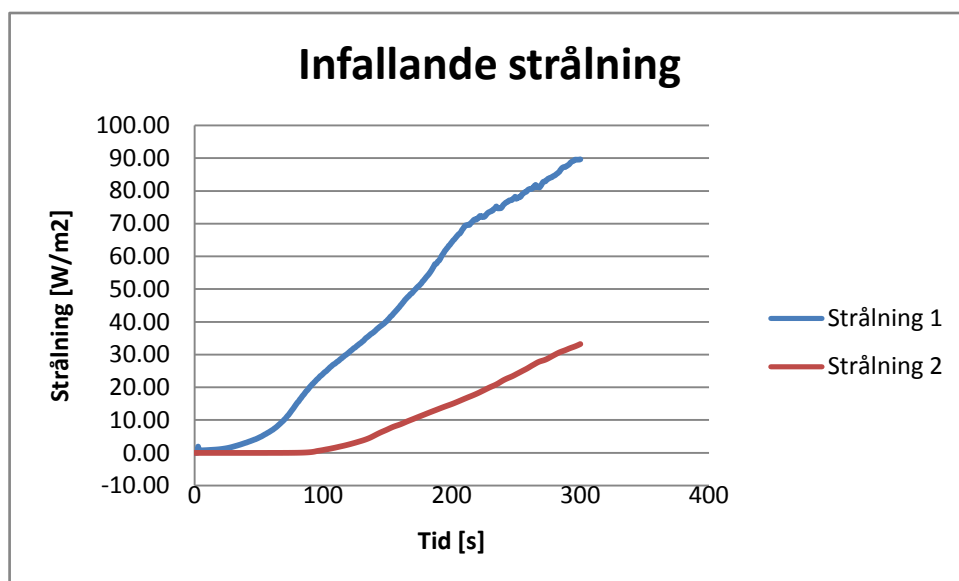
$$t = \frac{\tau}{0,0388} = 130s.$$

Tiden för rökgaslagret att nå ner till 1,84 meter över golvet är ca 130 sekunder.

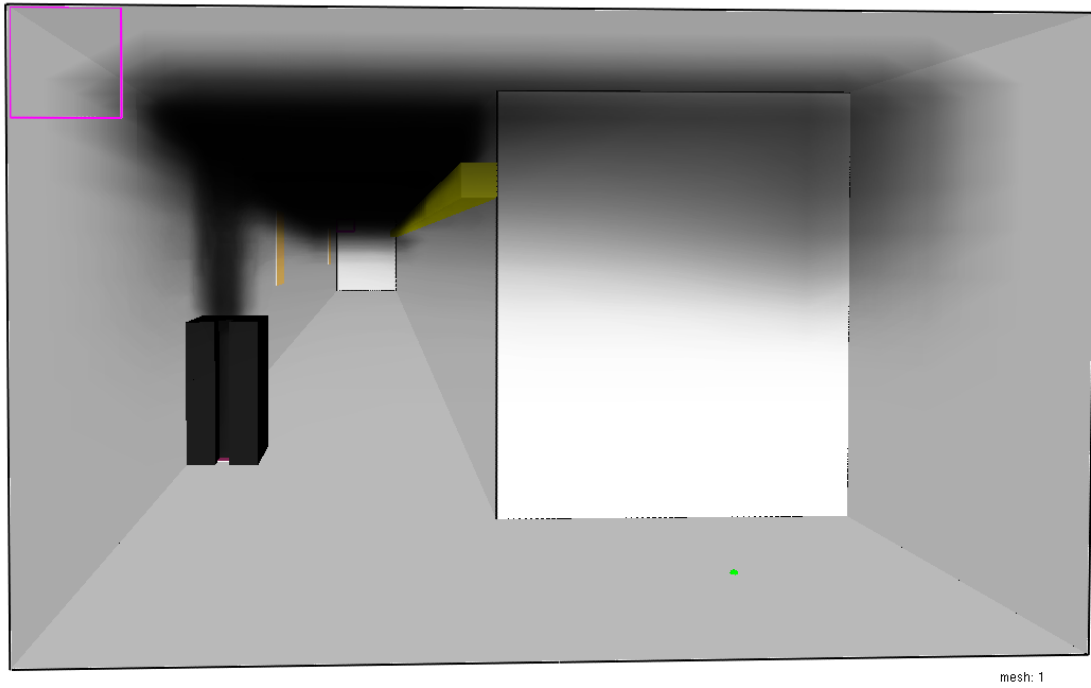
Appendix C data från FDS simulering brand i skurmaskin



Figur 16 Effektutveckling



Figur 17 Infallande strålning

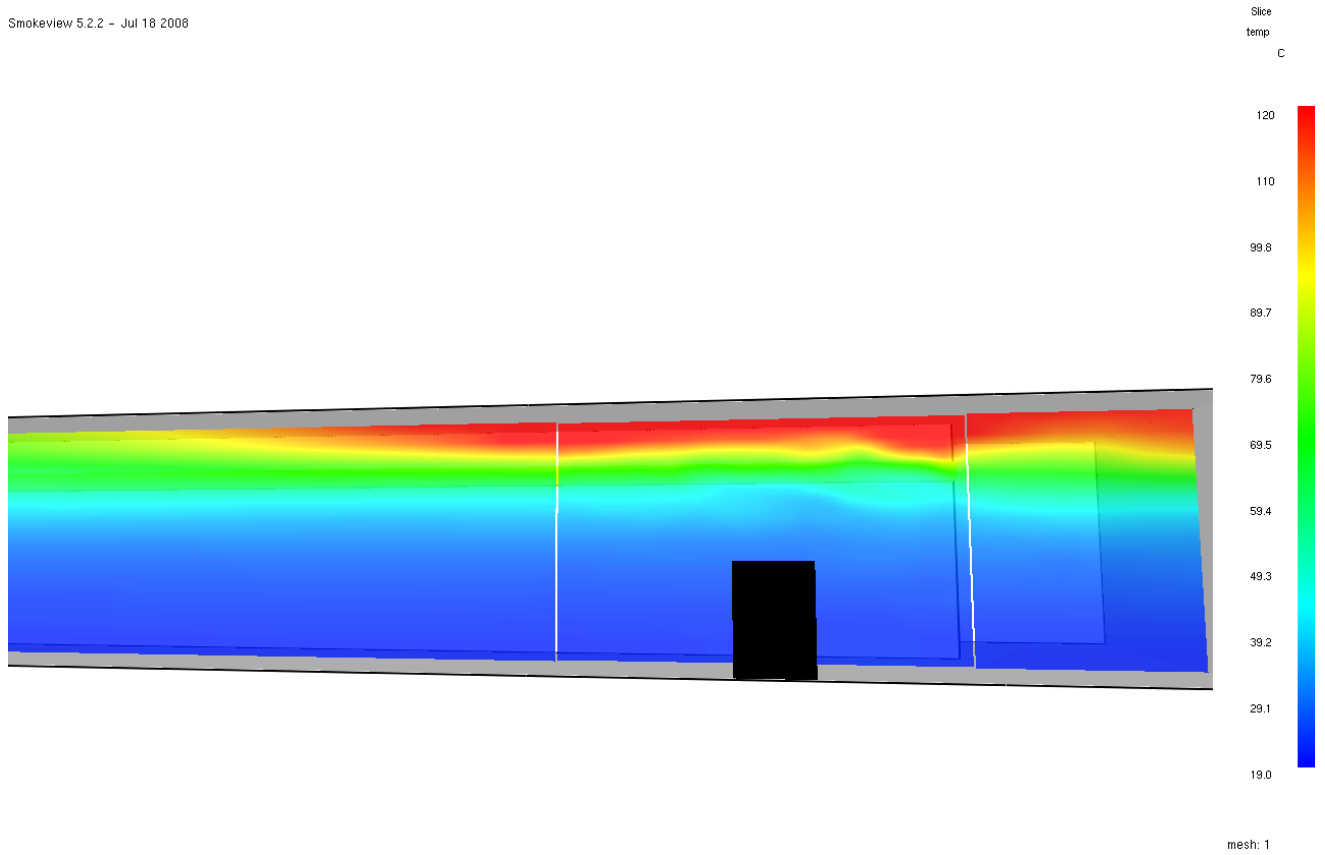


Frame: 201

Time: 60.3



Figur 18 Rökgasernas höjd efter 60 sekunder

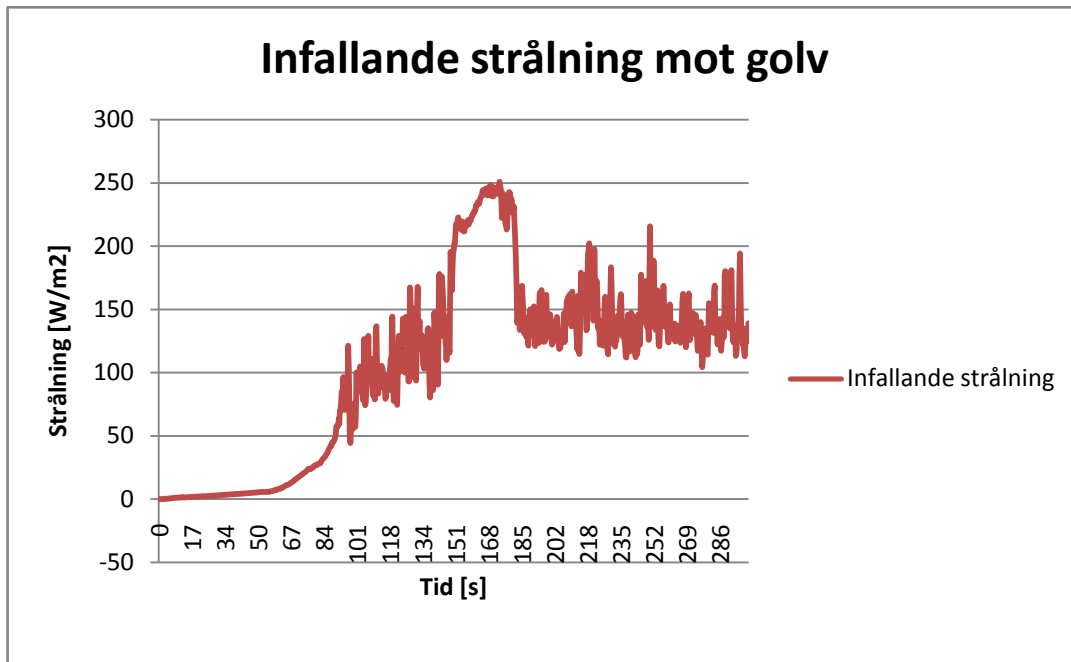


Frame: 1000

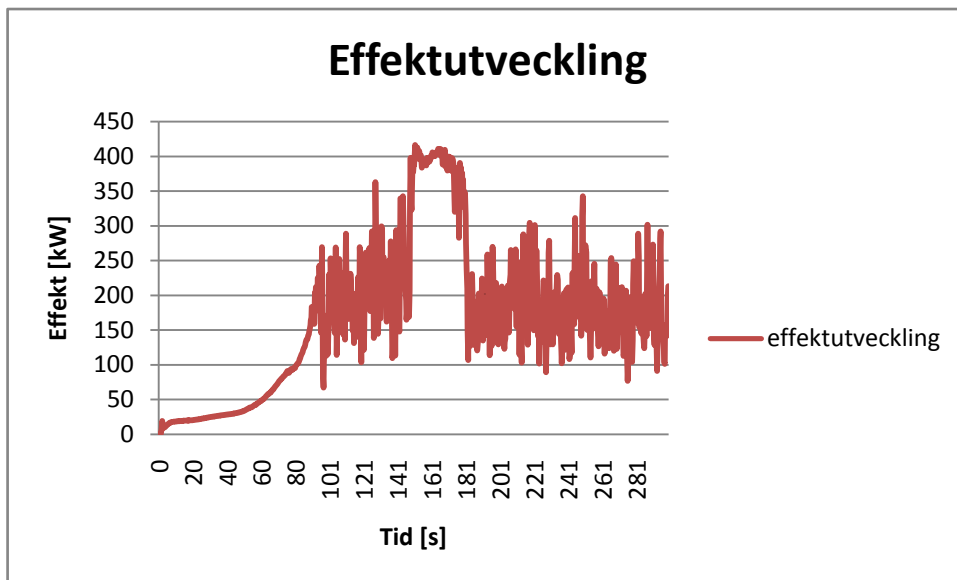
Time: 300.0

Figur 19 Temperatur efter 300 sekunder

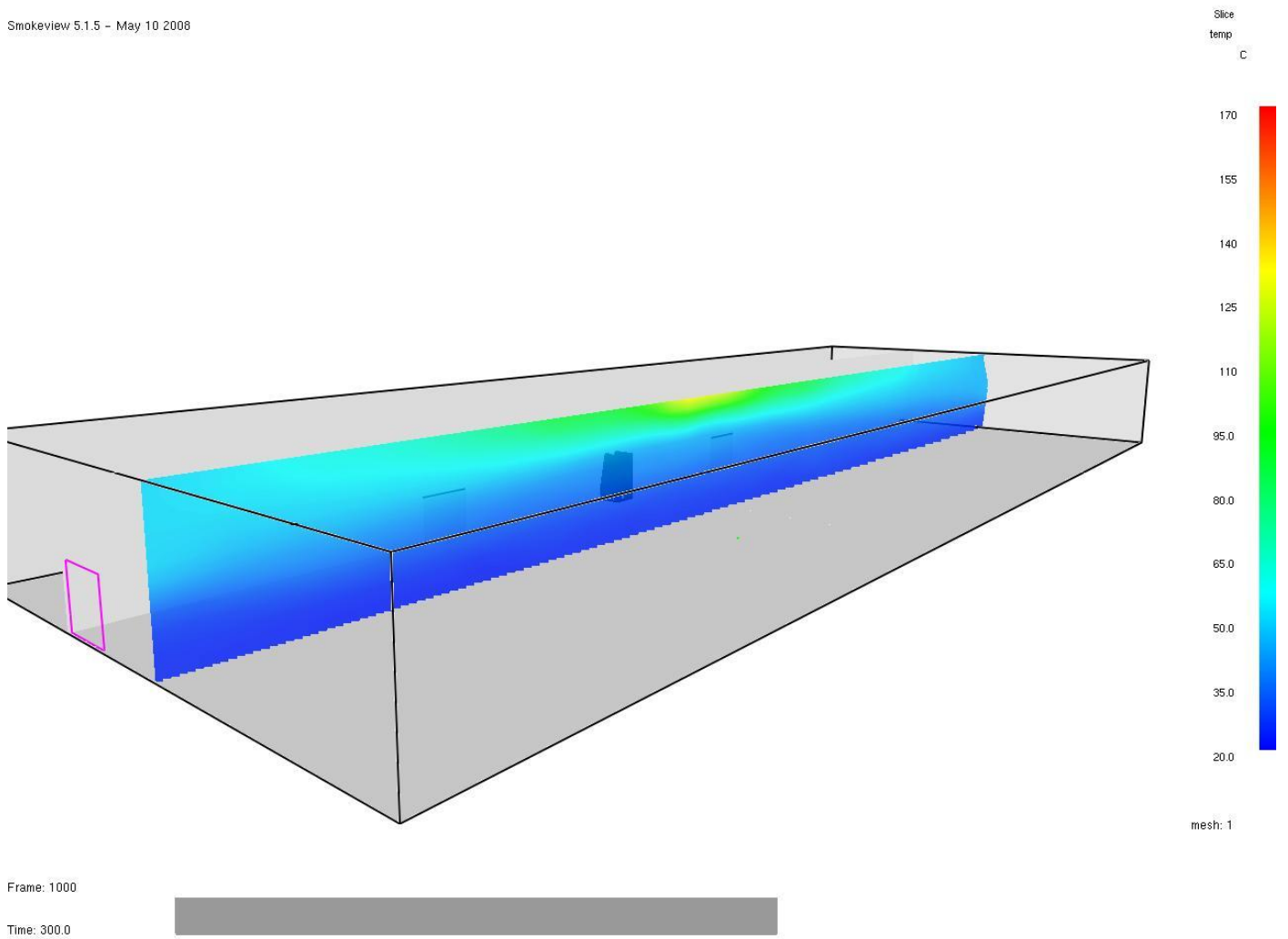
Appendix D data från fds simulering brand i soptunna i omklädningsrum



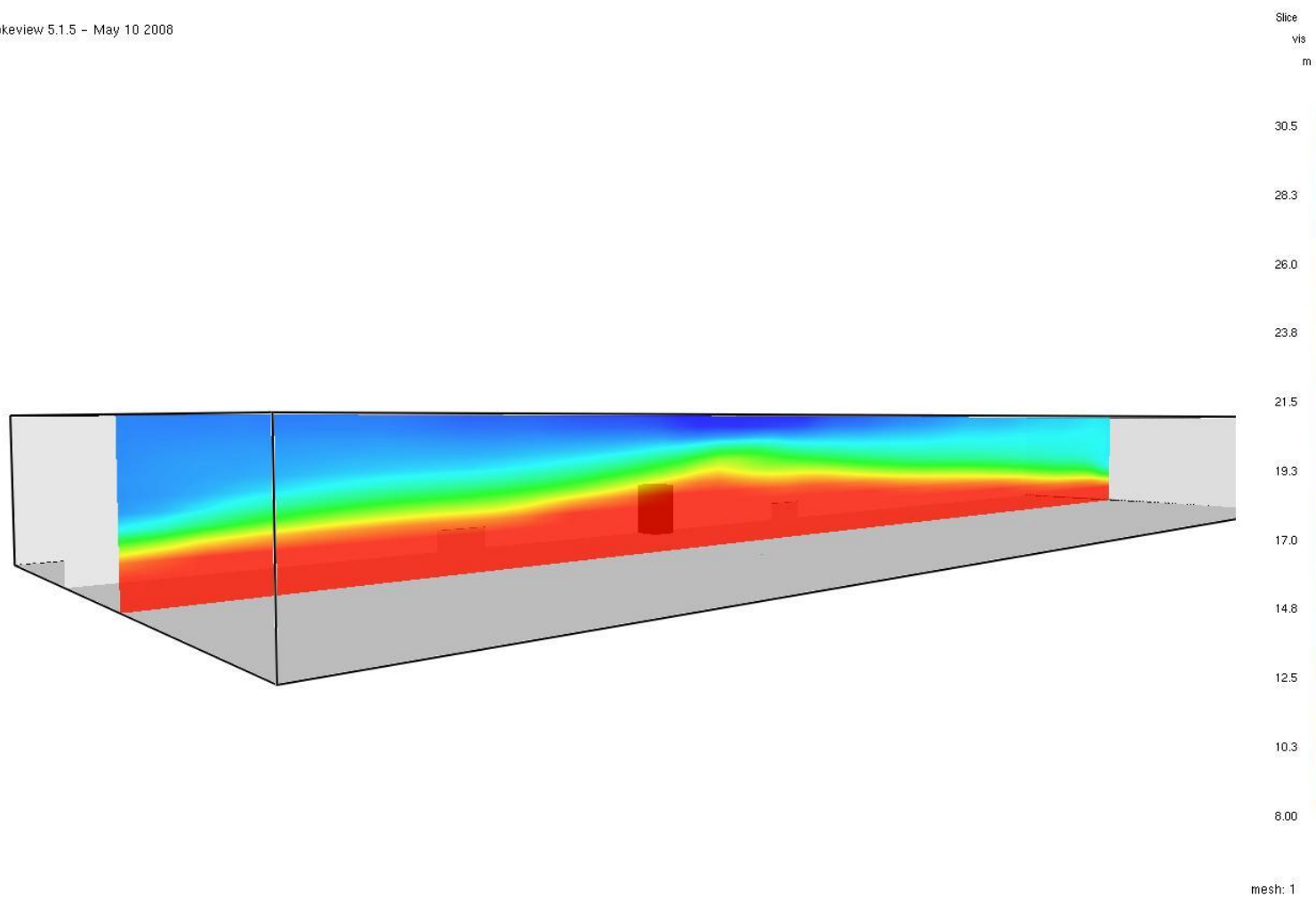
Figur 20 Infallande strålning mot golvet mitt i lokalen



Figur 21 Effektutveckling från soptunnan



Figur 22 Temperatur efter 300 sekunder

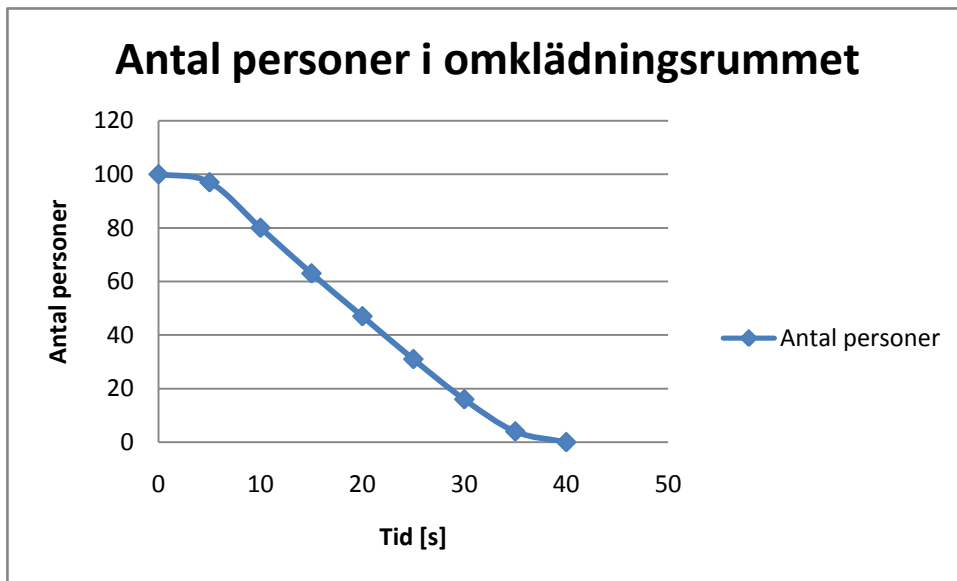


Frame: 1000

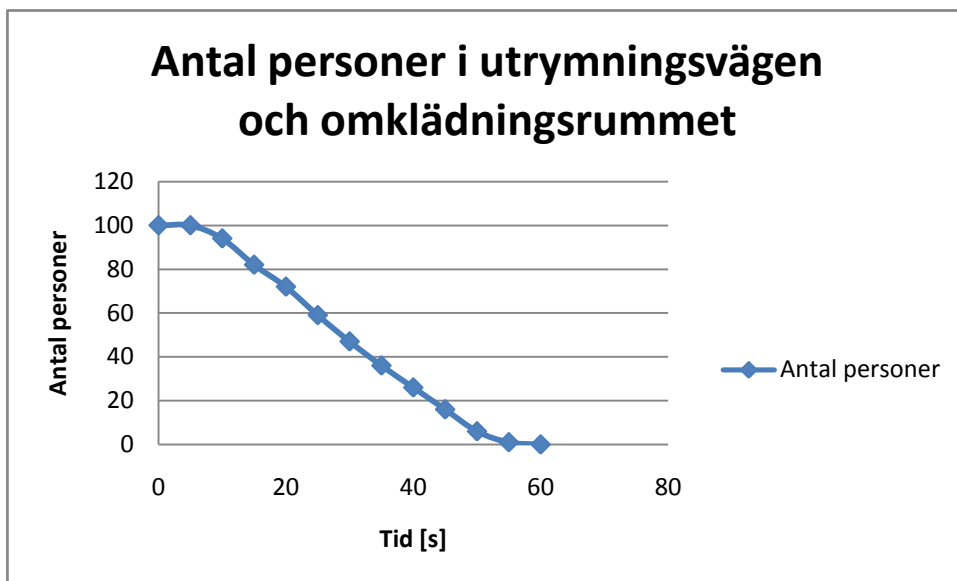
Time: 300.0

Figur 23 Siktsträcka efter fem minuter

Appendix E Förflyttningstid, beräknad med simulex



Figur 24 Beräkning av utrymningstiden



Figur 25 Beräkning av utrymningstiden

Appendix F FDS kod för scenariot brand i skurmaskin

```
&HEAD CHID='koksverket-1', TITLE= 'koksverket ' /

&MESH IJK=20,40,24, XB=0,2,2,6,0,2.4 /
&MESH IJK=10,5,12, XB=0,4,0,2,0,2.4 /
&MESH IJK=10,50,12, XB=0,2,6,31,0,2.4 /

&TIME T_END=300 /

&SURF ID='BURNER', HRRPUA=750., COLOR='RASPBERRY' /

&MISC SURF_DEFAULT='WALL' /

&MATL ID      = 'GYPSUM PLASTER'
  FYI         = 'Quintiere, Fire Behavior'
  CONDUCTIVITY = 0.48
  SPECIFIC_HEAT = 0.84
  DENSITY      = 1440. /

&MATL ID='plast'
  CONDUCTIVITY=0.16
  SPECIFIC_HEAT=1.3
  DENSITY=1350
  N_REACTIONS=1
  NU_FUEL=1
  HEAT_OF_REACTION=4150
  HEAT_OF_COMBUSTION=39500
  REFERENCE_TEMPERATURE=350/

&REAC ID='plast'
SOOT_YIELD=0.16,/

&SURF ID      = 'WALL'
  RGB         = 200,200,200
  MATL_ID     = 'GYPSUM PLASTER'
  THICKNESS   = 0.03 /

&SURF ID='yta plast'
  COLOR=BLACK
  MATL_ID='plast'
  THICKNESS=0.025
  HEAT_OF_VAPORIZATION=356
  BURN_AWAY=.TRUE. /

&SURF ID='markering'
  COLOR=YELLOW
  MATL_ID='GYPSUM PLASTER'
  THICKNESS=0.05 /
```


&OBST XB= 0.0, 0.2, 3.5 , 4.2, 0.0, 1.0 , SURF_ID='yta plast' / skurmaskin del 1
&OBST XB= 0.3, 0.5, 3.5 , 4.2, 0.0, 1.0 , SURF_ID='yta plast' / skurmaskin del 2
&OBST XB= 0.2, 0.3, 3.7 , 4.2, 0.0, 1.0 , SURF_ID='yta plast' / skurmaskin del 3
&OBST XB= 1.8, 2.0, 2.0 , 31.0, 1.84, 2.0 , SURF_ID='markering' / markering

&SURF ID ='FAN', VOLUME_FLUX=0.015 /

&VENT XB= 0.2 , 0.3 , 3.6 , 3.7 , 0 , 0 , SURF_ID='BURNER' /
&VENT XB = 0.0, 0.0, 25.0, 26.0, 1.0, 2.0 SURF_ID='FAN' /
&VENT XB = 0.0, 0.0, 10.0, 11.0, 1.0, 2.0 SURF_ID='FAN' /
&VENT XB=0, 0.5, 0.00, 0.00, 2.00, 2.40 ,SURF_ID='OPEN'/
&VENT XB=0, 0.5, 31.0, 31.0, 2.00, 2.40 ,SURF_ID='OPEN'/

&DEVC XYZ=3.0, 1.0, 0.0, QUANTITY='RADIATIVE_FLUX', IOR=3 /
&DEVC XYZ=1.0, 25.0, 0.0, QUANTITY='RADIATIVE_FLUX', IOR=3 /

&SLCF PBX=1.25 , QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBY=1.5 , QUANTITY='TEMPERATURE' /

&TAIL /

Appendix G FDS kod för scenariot brand i sopsäck i omklädningsrum

```
&HEAD CHID='koksverket-1', TITLE='koksverket' /

&MESH IJK=20,20,24,   XB=3, 5, 10, 12, 0, 2.4 /
&MESH IJK=6, 4, 12,   XB=0, 3, 10, 12, 0, 2.4 /
&MESH IJK=20,30,12,   XB=0 ,10, 12, 27, 0, 2.4 /
&MESH IJK=10,4 ,12,   XB=5, 10, 10, 12, 0, 2.4 /
&MESH IJK=20,20,12,   XB=0, 10, 0 , 10, 0, 2.4 /

&TIME T_END=300 /

&SURF ID='BURNER', HRRPUA=1000., COLOR='RASPBERRY' /

&MISC SURF_DEFAULT='WALL' /

&MATL ID          = 'GYPSUM PLASTER'
  FYI              = 'Quintiere, Fire Behavior'
  CONDUCTIVITY     = 0.48
  SPECIFIC_HEAT    = 0.84
  DENSITY          = 1440. /

&MATL ID          = 'plast'
  CONDUCTIVITY     =0.16
  SPECIFIC_HEAT    =1.3
  DENSITY          =1350
  N_REACTIONS      =1
  NU_FUEL          =1
  HEAT_OF_REACTION =4150
  HEAT_OF_COMBUSTION =39500
  REFERENCE_TEMPERATURE =350/

&MATL ID          = 'FABRIC'
  FYI              = 'Properties completely fabricated'
  SPECIFIC_HEAT    = 1.0
  CONDUCTIVITY     = 0.1
  DENSITY          = 100.0
  N_REACTIONS      = 1
  NU_FUEL          = 1.
  REFERENCE_TEMPERATURE = 350.
  HEAT_OF_REACTION = 3000.
  HEAT_OF_COMBUSTION = 15000. /

&SURF ID          = 'WALL'
  RGB              = 200,200,200
  MATL_ID          = 'GYPSUM PLASTER'
  THICKNESS        = 0.03 /

&SURF ID='yta plast'
```

COLOR=BLACK
MATL_ID='plast'
THICKNESS=0.0025
HEAT_OF_VAPORIZATION=356
BURN_AWAY=.TRUE. /

&SURF ID = 'skrap'
COLOR = 'YELLOW'
BURN_AWAY = .TRUE.
MATL_ID = 'FABRIC'
THICKNESS = 0.05

&SURF ID = 'WALL'
RGB = 200,200,200
MATL_ID = 'GYPSUM PLASTER'
THICKNESS = 0.012 /

&REAC ID='skr p'
SOOT_YIELD =0.01,
MASS_EXTINCTION_COEFFICIENT =8700,
VISIBILITY_FACTOR =3, /

&OBST XB= 2.8, 3.0, 0.0 , 27.0, 0.0, 2.4 , /
&HOLE XB= 2.7, 3.1, 6.0 , 7.00, 0.0, 2.0/
&HOLE XB= 2.7, 3.1, 15.0 , 16.00, 0.0, 2.0/

&OBST XB= 3.0, 3.1, 10.8 , 11.3, 0.0, 1.0 , SURF_ID='yta plast'/
&OBST XB= 3.0, 3.5, 10.8 , 10.9, 0.0, 1.0 , SURF_ID='yta plast'
&OBST XB= 3.4, 3.5, 10.8 , 11.3, 0.0, 1.0 , SURF_ID='yta plast'
&OBST XB= 3.0, 3.5, 11.2 , 11.3, 0.0, 1.0 , SURF_ID='yta plast'

&OBST XB= 3.1, 3.2, 10.9 , 11.0, 0.0, 0.5 , SURF_ID='skrap'/
&OBST XB= 3.1, 3.2, 11.1 , 11.2, 0.0, 0.5 , SURF_ID='skrap'/
&OBST XB= 3.3, 3.4, 10.9 , 11.0, 0.0, 0.5 , SURF_ID='skrap'/
&OBST XB= 3.3, 3.4, 11.1 , 11.2, 0.0, 0.5 , SURF_ID='skrap'/

&VENT XB= 3.1 , 3.2 , 11.0 , 11.1 , 0 , 0 , SURF_ID='BURNER' /
&VENT XB= 3.0 , 4.0 , 0.0 , 0.0 , 0 , 1 , SURF_ID='OPEN' /

&DEVC XYZ=7.0, 10.0, 0.0, QUANTITY='RADIATIVE_FLUX', IOR=3 /

&SLCF PBX=3.25 , QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=5.5 , QUANTITY='TEMPERATURE' /
&SLCF PBX=5.5 , QUANTITY='visibility' /

&TAIL /

Appendix H FFT serie

Lista på tal mellan 1 och 1024 som kan faktoriseras ner på 2,3 och 5 bas

2 3 4 5 6 8 9 10 12 15 16 18 20 24 25
27 30 32 36 40 45 48 50 54 60 64 72 75 80 81
90 96 100 108 120 125 128 135 144 150 160 162 180 192 200
216 225 240 243 250 256 270 288 300 320 324 360 375 384 400
405 432 450 480 486 500 512 540 576 600 625 640 648 675 720
729 750 768 800 810 864 900 960 972 1000 1024

Appendix I bilder från SSAB



Figur 26 Automat i utrymningsvägen, PB73



Figur 27 Utrymme invid omklädningsrummet på mekaniska verkstaden som används som vilorum



Figur 28 Utrymme invid omklädningsrummet på mekaniska verkstaden som används som vilorum



Figur 29 Smutsvätt i Mekaniska verkstadens omklädningsrum