



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lunds universitet

Rapportnummer:
9184

BRANDTEKNISK RISKVÄRDERING AV VÄRNHEMSSKOLAN (del C och D) I MALMÖ

Numera uppdelad i tre gymnasier: Celcius-, Frans Suells- och Jörgen Kockgymnasiet

VT 2002
AKIKO AHL
CHRISTIAN HANSSON
HENRY LINNSÉN
DAVID WIDLUND

Avdelningen för brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund

Department of Fire Safety Engineering
Lund Institute Of Technology
Box 118
S-221 00 Lund

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

Telefon: 046-222 73 60

Brandteknisk riskvärdering av Värnhemsskolan, Malmö

Fire safety evaluation of Värnhemsskolan, Malmö

Akiko Ahl
Christian Hansson
Henry Linnsén
David Widlund

VT 2002

Abstract:

This report contains an evaluation of the fire safety and the escape movement of people of Värnhemsskolan in Malmö, Sweden. Conclusions are based on results obtained by using the fire- and escape modelling programs FAST and Simulex. Suggestions for improvements on the fire safety are discussed and proposed.

Keywords:

Fire safety evaluation, smokefilling, Värnhemsskolan, FAST and Simulex

Sammanfattning

Rapporten syftar till att redogöra för den brandtekniska säkerheten på den skola i Malmö som tidigare hette Värnhemsskolan. Idag är gymnasieskolan i nordöstra Malmö uppdelad på tre olika gymnasier, Celcius-, Frans Suells- och Jörgen Kocksgymnasiet. Den är byggd på 1960-talet och består av ett flertal byggnader. Den del av skolan som denna brandtekniska undersökningen är i samarbete med Max Johansson på Malmö Brandkår, begränsad till är C-delen samt delar av D-delen av skolan.

Byggnaderna består till största delen av betong med fasad av tegel. Invändigt är ytskikten till största delen tegel och betong. Exempel på det flertalet olika aktiviteter som bedrivs inne i byggnaderna är undervisning i elinstallation, matlagning, keramikhantverk, träslöjd samt traditionell klassrumsundervisning.

Beträffande säkerhet mot brand så utgörs det passiva brandskyddet i byggnaderna av brandcellsindelning av lokalerna. Brandgasspjäll finns installerade på vissa platser för att förhindra brandgasspridning via ventilationssystemet. Det finns även ett utrymningslarm som dock är undermåligt. Rökdetektorer finns endast i ett begränsat antal på plan 0 och plan 1 i byggnad C. Aktivt brandskydd i övrigt är begränsat till ett koldioxidssystem i elevköket som är ett punktskydd över spishällar. Dock vet inte personal som arbetar i köket hur detta system fungerar och inte heller om systemets skadliga effekt på människor. Det har visat sig att organisationen vid utrymning inte fungerar vilket anses som en allvarlig sak på en skola. Detta problem är även uppmärksammat av personalen på skolan och är i skrivande stund under bearbetning för att förbättras.

Tre brandscenarier har tillsammans med handledare från Malmö brandkår valts för simulering både vad gäller brand- och utrymnings-simuleringar. Därefter har datasimuleringarna verifierats med handberäkningar. Datorprogrammen Simulex och FAST har använts. De scenarion som valdes var:

- en lokal för undervisning i elinstallation, där det fanns många träbås monterade vilka höjde brandbelastningen avsevärt.
- skolans aula där brand simulerades i ett stolsförråd längst bak i salen
- ett förvaringsutrymme för kemikalier i nära anslutning till aulan.

Resultaten av simuleringarna visade att aulan och kemikalieförrådet klarar utrymning men elverkstadens utrymningssituation är inte tillräckligt tillfredsställande. För kemikalieförrådet föreslås det att ventilationshålen som mynnar ut från kemikalieförrådet till korridoren stängs igen samt att ventilationen i dragskåpen ses över. I kemikalieförrådet fanns även gasflaskor som enligt Sprängämnesinspektionens föreskrifter ej får lagras där.

För att förbättra utrymningssäkerheten på skolan föreslås framförallt följande:

- Dörren mellan elverkstäderna ska gå att öppna utan nyckel från båda håll. Alternativt skall utrymningsvägen genom omklädningsrummet aldrig låsas.
- Ett nytt utrymningslarm installeras samt installation av detektorer som är kopplade till detta larm.
- Personalen utbildas så att det finns en fungerande organisation vid utrymning.
- Utbildning i hur koldioxidpunktskyddet fungerar för personal som arbetar i elevköket.

Förord

Denna rapport är framtagen som en del i kursen Brandteknisk riskvärdering för årskurs 3 på brandingenjörsprogrammet vid LTH, Lund. Gruppen, bestående av fyra studenter, har under våren 2002 författat rapporten. Ett stort tack för oersättlig hjälp riktas till

Max Johansson, Malmö Brandkår
Rune Westerberg, bitr rektor Celciusgymnasiet
Lars Larsson, Fastighetservice
Håkan Frantzich, Brandteknik LTH

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.

1 Inledning	8
1.1 Syfte	8
1.2 Metod	8
1.3 Avgränsningar	8
2 Objektsbeskrivning	9
2.1 Allmänt om byggnaden	9
2.2 Beskrivning av byggnad C och dess verksamhet	9
2.3 Beskrivning av valda delar av byggnad D	10
3 Nuvarande brandskydd	11
3.1 Ventilation och brandcellsindelning	12
4 Organisation vid utrymning	14
4.1 Utrymningsövningar	14
5. Brandscenario	15
5.1 Scenario 1, elverkstad	15
5.1.1 Förutsättningar	16
5.2 Scenario 2, Aula	18
5.2.1 Förutsättningar	19
5.3 Scenario 3, kemikalieförråd	20
5.3.1 Förutsättningar	20
6 Resultat av FAST simuleringar	22
6.1 Scenario 1, elverkstad	22
6.1.1 Sammanfattning av scenario 1, elverkstad	24
6.2 Scenario 2, Aula	26
6.2.1 Sammanfattning av scenario 2	27
6.3 Scenario 3, kemikalieförvaring	29
6.3.1 Sammanfattning av scenario 3	30
7 Utrymningssimuleringar	32
7.1 Datorprogram	32
7.2 Utrymningssimuleringar i elverkstad	33
7.2.1 Elverkstad, dimensionerande scenariot	34
7.2.2 Elverkstad, värsta tänkbara scenariot	34
7.2.3 Diskussion kring resultaten från simuleringar i elverkstaden	35
7.3 Utrymningssimuleringar i aulan	35
7.3.1 Aula, dimensionerande scenario	36

7.3.2 Aula, värsta tänkbara scenario	38
7.4 Jämförelse av utrymningstider för Simulex och handberäkningar.....	39
7.4.1 Utrymning från elverkstad enligt handberäkning.....	40
7.4.2 Utrymning från aula enligt handberäkning.	41
8 Jämförelse mellan simuleringar i FAST och Simulex.....	42
8.1 Scenario1 elverkstaden.....	42
8.2 Scenario 2, Aula	44
8.3 Scenario 3, kemikalieförrådet	45
Kap 9 Strålningsberäkning, elverkstad.....	46
10 Värdering av brandskydd och utrymningssäkerhet	47
10.1 Byggnad C och D översiktligt.....	47
10.2 Aula och elverkstad.....	47
10.3 Organisation	48
11 Förslag till åtgärder.....	49
11.1 Utrymning	49
11.2 Organisation	50
11.3 Övrigt	50
11.3.1 Släckutrustning.....	51
11.3.2 Passivt brandskydd.....	51
12 Slutsats.....	52
13 Referenser	53
BILAGOR.....	54
1 Simuleringar i FAST	58
1.1 Beskrivning av rökfyllnad.....	58
1.2 Beskrivning av FAST.....	58
1.3 Scenario 1, elverkstad	59
1.4 Scenario 2, Aula	60
1.5 Scenario 3, kemikalieförråd	61
1.6 Indatafil från FAST	63
2 Beräkningar för FAST simulering.....	67
2.1 Brandscenario 1, elverkstad	67
2.2 Brandscenario 2, Aula	67
2.3 Brandscenario 3, kemikalieförråd	68
2.4 Handberäkningar	68

3 Simulering i Simulex	70
3.1 Beskrivning av Simulex	70
3.2 Handberäkningar för utrymning	70
3.2.1 Handberäkning för Scenario 1 Aulan.....	71
3.2.2 Handberäkning för Scenario 1 elverkstaden	71
4. Strålningsberäkning.....	72
Ritningar	73
<i>Ritning nr 1, plan 0 byggnad C</i>	<i>74</i>
<i>Ritning nr 2, plan 1 byggnad C</i>	<i>75</i>
<i>Ritning nr 3, plan 2 byggnad C</i>	<i>76</i>
<i>Ritning nr 4, plan 3 byggnad C</i>	<i>77</i>
<i>Ritning nr 5, Aula och kemikalieförvaring byggnad D</i>	<i>78</i>
<i>Ritning nr 6, rumsfördelning i simulering av elverkstad</i>	<i>79</i>
<i>Ritning nr 7, rumsfördelning i simulering av aula</i>	<i>80</i>
<i>Ritning nr 8, fördelning av rum i simulering av kemikalieförvaring</i>	<i>81</i>

1 Inledning

1.1 Syfte

Uppgiften syftar till att genomföra en värdering av säkerhetsnivån avseende brand och utrymning vid ett givet objekt samt ge förslag till eventuella förbättringar. Detta för att öva de färdigheter som förvärvats i brandtekniska ämnen och utrymningssäkerhet. Objektet i fråga är en utvald del av skolan tidigare benämnd Värnhemsskolan, som idag är uppdelad på tre gymnasier; Frans Suell-, Celcius- samt Jörgen Kocksgymnasiet. I rapporten är skolan benämnd Värnhemsskolan.

1.2 Metod

De metoder som i huvudsak använts är datorsimuleringar, kompletterade med handberäkningar samt litteraturstudier. Studiebesök har företagits på objektet för att samla in information rörande byggnadens brandsäkerhet och personalens organisation.

1.3 Avgränsningar

Arbetet har begränsats till att främst omfatta personsäkerhet vid utrymning. Undersökningen av skolan har i samråd med brandingenjör Max Johansson, Malmö Brandkår, avgränsats till byggnad C samt valda delar av byggand D. Hänsyn har ej tagits till ekonomiska eller miljömässiga aspekter. De brandscenarion som valts har bedömts vara relevanta ur utrymningssynpunkt. Undersökning av ventilationssystemet har begränsats till en kartläggning av systemets uppbyggnad. Hänsyn tagen till ventilationssystemets inverkan vid brand har varit begränsad. Ingen beräkning av rökspridning via ventilationssystemet har heller genomförts. Siktberäkningar har ej utförts.

Förkunskaper inom brandområdet underlättar vid genomläsningen av rapportens innehåll.

2 Objektsbeskrivning

2.1 Allmänt om byggnaden

Värnhemsskolan i Malmö byggdes i början av 1960-talet och har sedan tillbyggt etappvis. Den består av tre gymnasier, Celsius-, Frans Suells- och Jörgen Kockgymnasiet. Dessa tre tillhör olika rektorsområden och har följaktligen en rektor var. Undervisningen för respektive gymnasieskola är ej helt begränsad till en byggnadsdel, se bild 1. Inom en byggnad kan undervisning samtidigt bedrivas för elever från de tre gymnasieskolorna. Den byggnad som huvudsakligen utgör avgränsningen i rapportens simuleringar är betecknad byggnad C. Till utseendet är byggnad C en gul tegelbyggnad i fyra våningar ovan markplan. Översta våningen är en tillbyggnad som idag utgörs av utrymmen för komfortventilationsfläktar. I byggnaden bedrivs varierande undervisning så som hantverk, bild och formgivning samt elinstallation. Skolan håller "öppet hus" en gång per år vilket medför att personer med dålig lokalkännedom vistas i byggnaderna. Varje torsdag är det kvällsaktiviteter i skolans gymnastikhall.

Byggnaden har en utvändigt loftgång på varje våning som utgör en förbindelse mellan de båda trapphusen i ändarna av byggnaden. Loftgången fungerar även som korridor till lärosalarna på våningen. Möjlighet finns att gå mellan salarna utan att gå ut på loftgången, dock är flertalet av dessa förbindelser låsta.

Vaktmästare jobbar på skolan fram till 22.00 på vardagar. Inbrottslarm finns i form av rörelselarm på valda platser och är kopplat till Securitas som också går oregelbundna kvälls- och natt rondor.

Undersökningen har avgränsats till byggnad C samt valda delar av byggnad D, nämligen aula, elverkstad, elevrestaurang och kemikalieförråd.

2.2 Beskrivning av byggnad C och dess verksamhet

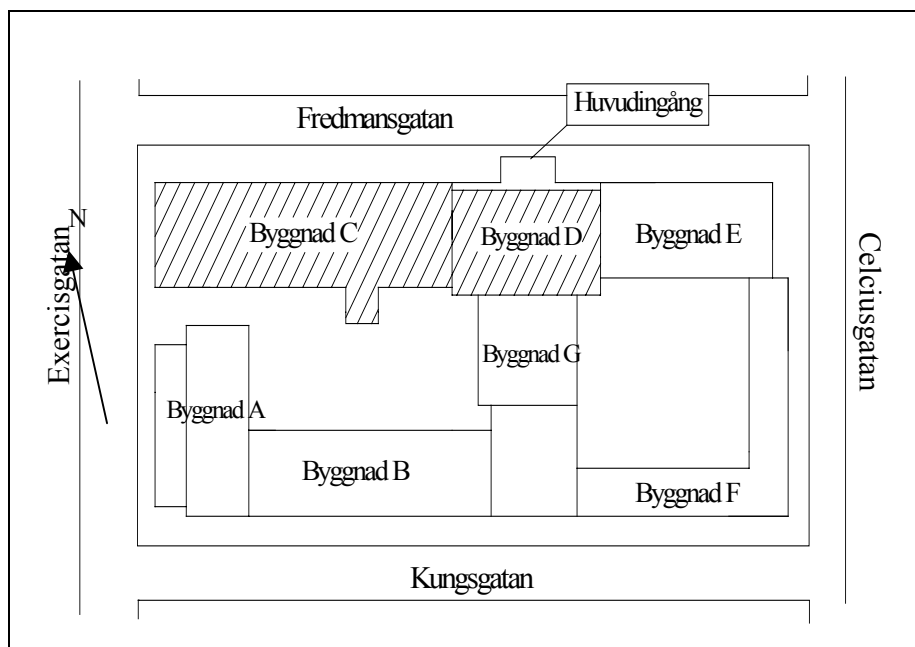


Bild 1, Värnhemsskolan. Vy från ovan.

Markplan (plan 0)

Markplanet innehåller flertalet förrådsutrymmen som används av vaktmästaren. På markplan finns även lärosal för bland annat keramikundervisning med brännugnar i tillhörande rum. I

lärosalen finns en liten mängd brandfarlig vara. På planet finns även två utrymmen med omklädningsrum. (se ritning nr 1 i bilaga)

Plan 1

Verksamheten på detta plan bedrivs till största delen i form av vanlig klassrumsundervisning. Åtta lärosalar med vardera plats för ett trettiotal elever finns här sammanknutna av en korridor. På detta plan finns även en sal tidigare avsedd för designundervisning men som för närvarande står tom i väntan på renovering till lärarrum. (se ritning nr 2 i bilaga)

Plan 2

På detta plan finns två större lokaler för undervisning i elinstallation med tillhörande omklädningsrum. Inuti lokalerna har en mängd träväggar monterats på vilka övningsutrustning för elinstallation fästs. Över utrustningen läggs 230 V spänning samt trefas 400 V. Det finns två lärosalar med vardera plats för 20-30 pers samt ett mindre grupprum. (se ritning nr 3 i bilaga)

Plan 3

På plan tre finns salar för hantverksundervisning, ett tryckeri samt elevkök med tillhörande matsal. Elevköket med tillhörande matsal står i öppen förbindelse med skolkök och matsal i byggnad D. Köken och matsalarna är ej brandtekniskt avskilda. På plan tre finns även omklädningsrum i anslutning till respektive verksamhet. (se ritning nr 4 i bilaga)

Vindsplan (fläktutrymme plan 4)

Det översta planet är en tillbyggnad på byggnaden som används som utrymme för komfortventilation och fläktsystem.

2.3 Beskrivning av valda delar av byggnad D

Aula

Aulan är en samlingslokal belägen i byggand D som angränsar till byggnad C. Antalet sittplatser uppgår till 368, men maximalt tillåtet personantal är 420. Aulan används som skrivsal samt vid olika typer av arrangemang. Längst bak i aulan finns ett större förrådsutrymme där det förvaras bland annat stolar. (se ritning nr 5 i bilaga)

Kemikalieförråd

I korridoren utanför aulan finns två kemikalieförråd. Här förvaras en mängd olika kemikalier. De flesta kemikalier förekommer i små kvantiteter i olika typer av kärl och flaskor. (se ritning nr 5 i bilaga)

3 Nuvarande brandskydd

I detta kapitel beskrivs skolans nuvarande brandskydd och dess brister. Förslag till åtgärder presenteras i kapitel 11. Vid besöket noterades brister i skyddet gentemot lagar, föreskrifter som myndigheter utfärdat men även brister som ansågs kunna rättas till även om dessa ej omfattas av regler och lagar. Värnhemsskolan byggdes innan både 1987 års Plan- och bygglag och Boverkets byggregler (BBR) tillkom vilket medför att skolan ej omfattas av dessa. Dock används BBR i rapporten som stöd för bedömning av brandskyddet på skolan samt som referens i kapitel 11 där förslag till åtgärder redovisas. Föreskrifter som Arbetsmiljöverket har utfärdat används också i rapporten.

I byggnad C finns handbrandsläckare innehållande koldioxid samt brandposter. Fakta huruvida handbrandsläckare utgör ett komplement till brandposter, saknas. Detektorer och larmklockor finns endast placerade i två utrymmen, på plan 0 samt i korridor på plan 1, men inte i övriga byggnaden. I övriga utrymmen där detektorer och larmklockor saknas larmas utrymning genom befintligt högtalarsystem. Brandlarmcentralen för plan 0 och plan 1 finns placerad i rum 0008 på plan 0 (se ritning nr 1 i bilaga). I fläktrummet finns rökdetektorer i frånluftskanalerna från köket. Information om dess funktion vid larm saknas. I elevköket på plan 3 har ett fast koldioxidsystem installerats i form av punktskydd ovanför spisar och värmeplattor. Koldioxidsystem måste utlösas manuellt.

Vid besöket var flera brandposter på plan 0 blockerade. I övriga byggnaden används ett fåtal utrymningsvägar som tillfälliga förvaringsplatser. På flertalet ställen saknas utrymningsskyltar. Skyltning för brandutrustning är i vissa fall felaktig eller saknas.



Bild 2, blockering av brandpost i plan 0

3.1 Ventilation och brandcellsindelning

Hela översta våningen i byggnad C utgörs av ett fläktrum.

Längs med loftgången går det sex lodräta schakt med två frånlufts- och två tilluftskanaler i varje schakt. Undantag är plan 1 där det endast löper en frånlufts- och en tilluftskanal. Alla schakt är av klass EI-60.

Plan 0

I östra delen av byggnaden finns förråd helt utan ventilation. Anmärkningsvärt nog har inte lokalen för keramikundervisning någon som helst ventilation. De omklädningsrum med duschar och toaletter som finns i anslutning till keramikundervisning är en egen brandcell och har blandad från- och tilluftsventilation med mindre flöden. En liknande uppsättning med toaletter och duschar samt liknande ventilation finns i andra änden av byggnaden som gränsar mot byggnad D.

Plan 1

På plan 1 finns det ett rum som kommer att byggas om till lärarrum. Från detta rum löper en korridor i riktning med lektionssalar på vardera sida. Lärarrummet och korridoren är egna brandceller. Alla lektionssalar som är på samma sida om korridoren tillhör samma brandcell. Lärarrummet domineras av takplacerad tilluftsventilation. Mot byggnad D finns en brandcellsgräns som bryts av två genomföringar från lärarrummet där båda har brandgasspjäll. Från lektionssalarna på vardera sida om korridoren bryts brandcellsgränsen av ventilationskanaler som går över korridoren och in i lektionssalarna på andra sidan. Brandspridning skulle kunna ske från ena sidan korridoren till den andra då brandgaser den vägen inte hindras av brandgasspjäll eller dylikt.. Dock är korridorens ventilationsdon som servas av samma kanal skyddad av brandgasspjäll varför brandspridning från lektionssal till korridor är osannolik.

Plan 2

På plan 2 där det finns två elverkstäder är det i stort sett endast tilluftsventilation placerad i taknivå. Dock bör det nämnas att i den västra elverkstaden finns det ett frånluftsaggregat i nära anslutning till utrymningsväg. Detta aggregat skulle kunna bidra till att brandgaser dras mot utrymningsvägen och försvårar utrymning. Inga genomföringar i brandcellsgränser finns på plan 2.

Plan 3

I den östra delen av planet finns hantverkslokaler och tryckeri. I tryckeriet finns mycket lite ventilationsinstallationer medan det i hantverkslokalerna finns ett flertal ventilationsaggregat. Det finns bland annat styrbar frånluftsventilation i slöjdlokalen i samband med vissa maskiner och verksamheter som till exempel lödning och polermaskiner. Ventilationen på detta plan utgörs till största del av tilluft i tak med mindre don för frånluft utmed vissa väggar. Inga frånluftsdon är dock belägna i närheten av utrymningsväg.

På plan 3 finns det ett fåtal genomföringar i brandcellsgränser för ventilationskanaler. Vid samtliga av dessa genomföringar finns det brandgasspjäll för att förhindra spridning av brandgaser.

Aula

Tilluftsdon är placerade i takhöjd ovanför scenen och frånluft i taket längst bak i aulan. Styrkan på dessa går att reglera med hänsyn till personantal i aulan.

Slutsats ventilation

På skolan finns till största del tilluftsventilation lokaliserad i takhöjd. Denna typ av ventilation skulle marginellt kunna bidra till att röra om samt kyla ett eventuellt brandgaslager i taket. Detta skulle möjligen kunna medföra att brandgaser blandas i lokalen och alltså snabbare orsaka kritiska förhållanden¹, dels genom begränsning av sikt, men framförallt genom att

¹ Vid utvärdering av personsäkerheten kan man beakta flera parametrar som inverkar på människan. Brandgaslagrets höjd och temperatur. För brandgaslagrets höjd brukar värdet 1.6+0.1*h användas som kritisk

orsaka toxicitet i den luft de utrymmande skall inandas. Det är i skrivande stund oklart om ventilationssystemet fortsätter att verka under en brand. Att då anta att det finns detektorer som slår av ventilationen bedöms inte som ett rimligt antagande. Det rekommenderas därför att säkerställa att tilluftsventilationen stängs av i händelse av brand då den i flertalet fall kan bidra till att försämra möjligheterna till utrymning. Tilläggas skall att inga beräkningar på rökgasspridning via ventilationssystemet är utförda.

höjd, där h står för rumshöjden. För temperaturkriteriet brukar uppfattningen vara att det ej får bli varmare än 200 °C i det övre brandgaslagret, vilket används som gräns. Även viss koncentration av toxiska gaser eller rök brukar benämnas som kritiska förhållanden vid utrymning

4 Organisation vid utrymning

Hela komplexet med byggnader består av tre olika skolor och deras verksamheter bedrivs blandat i byggnad C. Detta har skapat organisationsproblem bland annat vid en utrymningsövning. Problemet med utrymningsorganisationen är uppmärksammat och i skrivande stund sker omorganisering för att åtgärda detta problem.

Varje lärare tilldelas vid nyanställning en pärm i vilken det står instruktioner om förfarande vid brand eller annan fara. Varje elev får i början av varje läsår instruktioner av lärare om utrymningsproceduren. I nuläget initieras larmkedjan av lärare eller annan personal som vid brand eller annat tillbud ringer till vaktmästaren. Då denne genom inspektion eller på annat sätt konstaterat att det inte rör sig om något falsklarm beger sig vaktmästaren till rektorsexpeditionen, belägen på plan 1 mitt i komplexet, där utrymningslarm startas manuellt. Totalt finns fem larmknappar, en för varje byggand. Larmet kan bara aktiveras för en byggnad i taget och dessutom måste larmknappen hållas intryckt så länge larmet skall ljuda. Det pågår en omorganisation av larmrutinerna för de olika skolorna. Rapportförfattarna menar att ett brandlarm, kopplat till utrymningslarmet, kan förbättra utrymningsmöjligheterna.



Bild 3, tryckknappar för utrymningslarm

4.1 Utrymningsövningar

Skolan utför utrymningsövningar en gång per läsår. Senaste övningen som utfördes var i november 2001 och resultatet var nedslående. Den visade på flertalet brister i utrymningsorganisationen. En av skolorna övade utrymning utan att de två andra skolorna var informerade vilket medförde att elever som inte deltog i utrymningsövningen gick in i den byggnad som övade utrymning. Efter denna utrymningsövning som inte fungerade tillfredsställande fattade man beslut om att utrymningsorganisationen skulle ses över för hela skolan.

5. Brandscenario

Kapitlet omfattar beskrivning av utvalda brandscenarion och dess förutsättningar.

Rapporten syftar bland annat till att genomföra en värdering av säkerhetsnivån avseende brand och utrymning i Värnhemsskolan. Nedan beskrivs de rum som valts ut till de brandscenarion som simuleras i rapporten. Med utgångspunkt i vilka konsekvenser som de utvalda scenarion kan få för utrymningssäkerheten har tre olika tänkbara brandscenarion valts. Scenarierna har valts för att dels undersöka utrymmen där mycket folk kan vistas och rum där brandbelastningen är stor. De tre scenarierna som valdes ut var:

- 1. elverkstad, rum 2010 (se ritning nr 3 i bilaga)
- 2. stolförvaringsrum, rum 2039, angränsar till aula, rum 2038 (se ritning nr 5 i bilaga)
- 3. förvaringsrum för kemikalier, rum 2082 (se ritning nr 5 i bilaga)

5.1 Scenario 1, elverkstad

För att lättare kunna följa med i beskrivningen av elverkstadens utrymme rekommenderas att se ritning 6 i bilaga.



Bild 4, bås i elverkstad

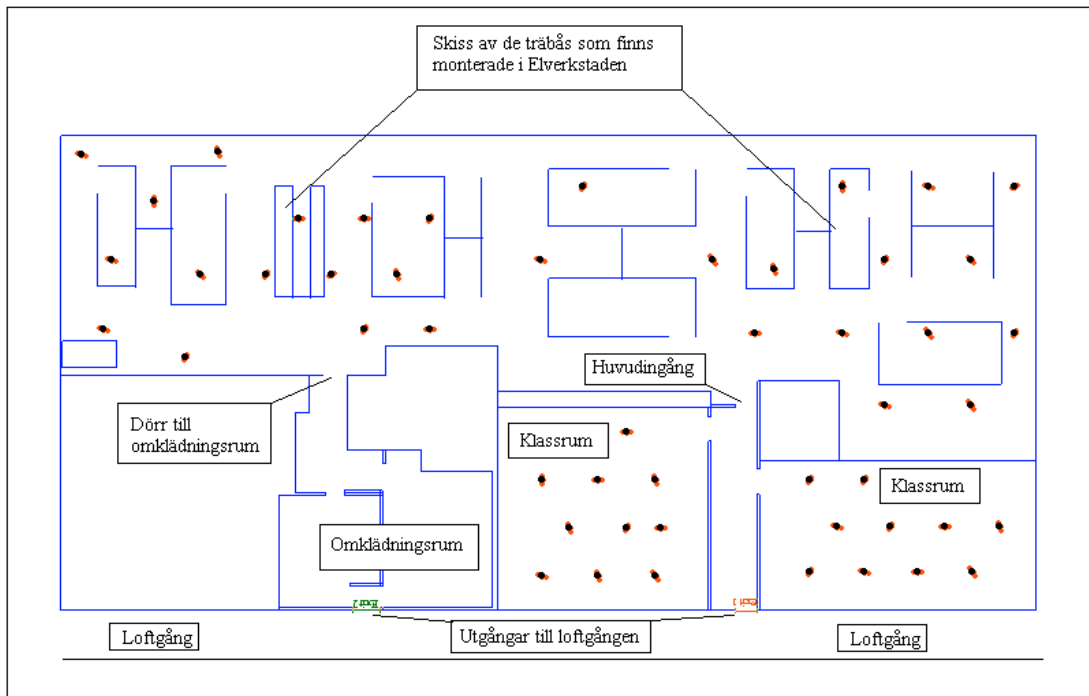


Bild 5. Översikt över elverkstaden med utplacerade människor

Elverkstad rum 2010 med angränsande rum

I rummet finns ett flertal bås som är uppbyggda av plywood vilka används i övningsyfte för blivande elektriker. (Beräkningar i rapporten använder spånskivors värde som indata). Vissa av båsen är byggda med tak och vissa är utan. Det bås som används i beräkningarna har tak. I elverkstaden förvaras mycket kablar och plastslang. Rummets väggar, tak och golv är av betong. De två kortväggarna är klädda med trä och 18 fönster täcker nästan hela långsidan som vetter mot gatan.

Rummet har valts för att det innehåller en stor mängd brännbart material, samt att det i dagsläget kan uppstå svårigheter vid utrymning av rummet. Utrymningen kompliceras av att dörr till angränsande elverkstad, rum 2002, är låst för att elever inte ska gå mellan de olika elverkstäderna där olika klasser vistas. Dörr till omklädningsrum, rum 2019, låses en kortare tid före lektionsslut för att eleverna inte ska gå innan det är städlat och klart att gå hem. Alltså finns under denna tid bara en utrymningsväg som kan användas för att ta sig ut från elverkstaden. Dessutom är utgångarna till omklädningsrummet och till korridoren placerade nära varandra vilket medför att de båda snabbt kan blockeras av en eventuell brand och därmed försvåra en utrymning.

En brand förväntas kunna spridas mycket snabbt i rummet då takhöjden är 3,1 meter och båsen är 2,4 meter höga. Båsen är dessutom placerade nära varandra. Takhöjden inverkar så till vida att lågorna kan gå längs med taket och därmed kan branden spridas vidare. Det korta avståndet mellan båsen gör att branden snabbt kan spridas antingen genom att lågorna eller strålningen från lågorna antänder närliggande.

FAST² klarar endast av rektangulära rum och då elverkstaden är stor simuleras denna som två rum. Simuleringen innefattar även två lektionssalar, rum 2032 och rum 2094, och mellan-liggande korridor, rum 2031. Totalt fem rum simuleras och branden placeras i elverkstaden (se även ritning nr 3 och 6 i bilaga).

5.1.1 Förutsättningar

För att få fram en rimlig tillväxthastighet har ett alfavärde (se kapitel 1.1 i bilaga för beskrivning av alfavärde) beräknats fram från en rapport där ett fullskaleförsök gjorts för ett rum klätt med spånskivor /1/. I rapporten uppnåddes en effekt av 2 MW efter två och en halv minut och ur det kunde alfavärdet bestämmas till 0,088 kW/s² enligt $Q=\alpha \cdot t^2$. I det här fallet antas att ett bås av spånskivor börjar brinna och sedan sprider sig vidare och antänder närliggande bås.

² Simuleringsprogram. Beskrivs mer utförligt i kap 1.2 i bilaga

För att få en uppskattning av en maximalt utvecklad effekt i scenario 1 har en inbördes jämförelse mellan tre olika metoder genomförts. Jämförelsen beskrivs i kapitel 2 i bilaga om ”beräkningar för FAST simulering”. Den metod som valdes grundar sig på att brandkåren efter tio minuter begränsar branden som fram tills dess växer enligt $\alpha \cdot t^2$. I diagram 1 visas en kurva över effektutvecklingen.

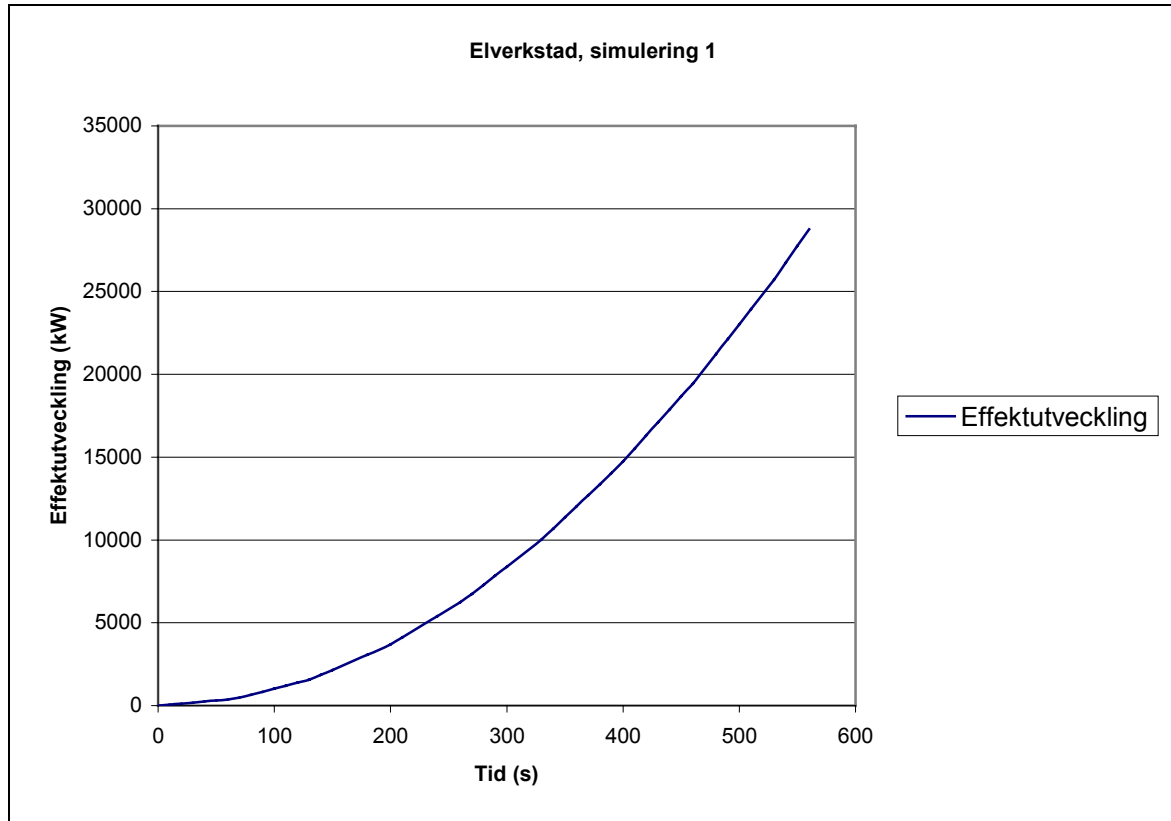


Diagram 1

5.2 Scenario 2, Aula

För att lättare kunna följa med i beskrivningen av aulans utrymme, se ritning 7 i bilaga.

Aulan har ett tak av plåt/stål och dess väggar och tak består av betong. Aulan är dimensionerad för max 420 personer och med sittplatser för 368 personer. Det finns fyra utrymningsvägar som leder till tre skilda utrymmen.



Bild 6, Aula

I taket i aulan går sex balkar mellan långsidorna. Dessa slutar cirka 1,5 meter från väggen och balkarna går ner 1 meter från taket. Dessa kommer i viss mån att kanalisera röken i det tidiga brandförloppet. Aulan är 24 meter lång och 14,5 meter bred och har en scen med måtten 10*5,1 m². Aulan delas på grund av dess storlek in i tre rum i simuleringen, vilket medför att denna simulering består av fyra rum (se ritning nr 7 i bilaga).

Stolförvaringsrum, rum 2039, angränsande till aula, rum2038

Stolförvaringsrummets väggar består av tegel samt ett innertak och golv av betong. Fönster i stolförvaringsrummet och aulan vetter mot gatan. Stolförvaringsutrymmet betecknas "Rum 1" på bild 7.

Rummet har valts först och främst för att se hur en utrymning av aulan kan klaras av vid en brand och hur utrymningsförhållandena i aulan blir. Vid besöket användes utrymmet för förvaring av stolar men osäkerheter finns för vad som kan komma att lagras där. Dörren in till stolförrådet är en vanlig trädörr (dubbla dörrar) utan dörrstängare.



Bild 7, stolförvaringsrummet i aulan

5.2.1 Förutsättningar

För att få en trolig effektutveckling har värden hämtats från försök som tidigare gjorts med varierande mängd stolar /2/. Stolarnas säte och ryggstöd består av polypropen och karmarna av metall. Alfavärdet bestämdes till 0,055 genom att det i tidigare försök tog tre minuter att nå en effekt av 1800 kW enligt $Q=\alpha \cdot t^2$. Då fönstren inte går att öppna har det antagits att en dörr är öppen för att inte branden ska slockna på grund av syrebrist. En effekt på 4,8 MW kan då som mest uppnås om en av dörrarna till förvaringsrummet står. Effektkurvan visas nedan och beräkningar i bilagan ”beräkningar för FAST simulering”.

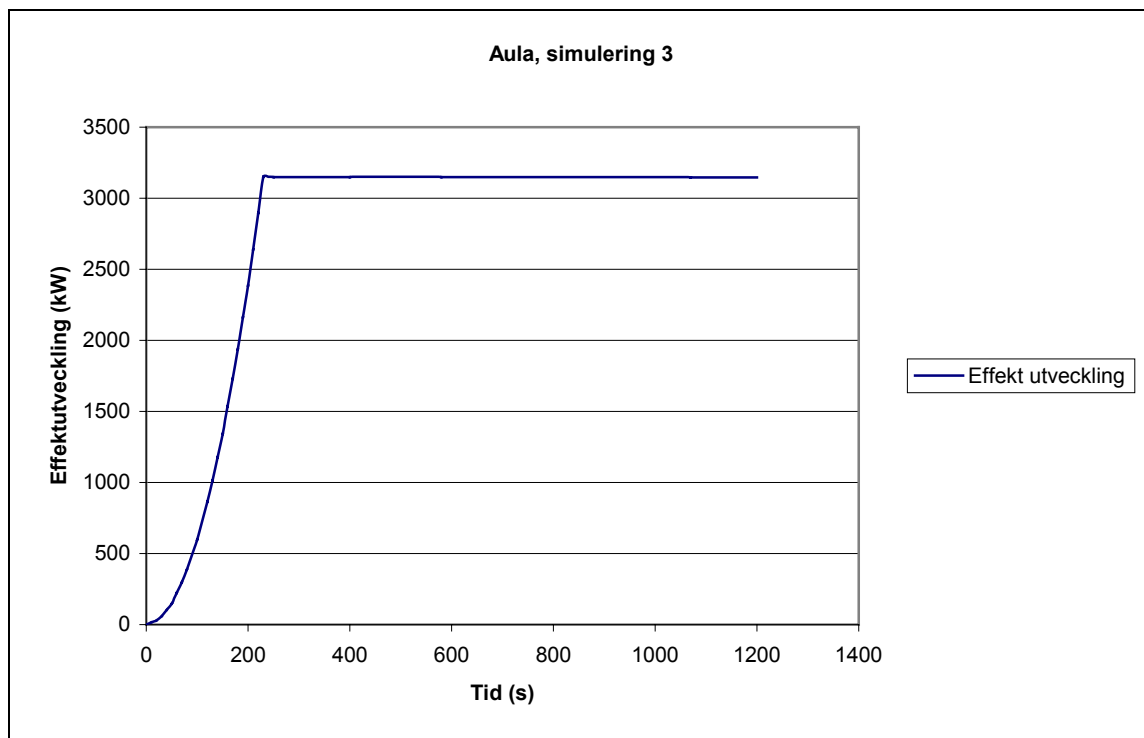


Diagram 2. Effektutveckling i Aulans stolsrum vid simulering i FAST.

5.3 Scenario 3, kemikalieförråd

För att lättare kunna följa med i beskrivningen av kemikalieutrymme, se ritning 8 i bilaga.



Bild 8. Rum för kemikalieförvaring

Kemikalieförvaring, rum 2082

I rummet förvaras en stor mängd kemikalier och även två gasflaskor innehållande väte. Här ska tilläggas att samförvaring av brandfarliga vätskor, som kan av avge brandfarliga ångor, tillsammans med brandfarliga gas ej är tillåten, enligt föreskrifter från AFS /7/. Även rum 2079 används för förvaring av kemikalier. Från rum 2082 finns två ventilationshål direkt ut till korridoren, rum 2075, vilket medför att ett eventuellt utsläpp av gas eller brandrök direkt skulle spridas ut till korridoren. Därmed skulle två av utgångarna från aulan snabbt kunna blockeras. Väggar, golv och tak består av betong och i rummet finns dragskåp samt hyllor och skåp av trä. På andra sidan korridoren finns lektionssalar där utrymning kan försvåras avsevärt om korridoren blir rökfylld.

Då avsikten med simuleringarna i FAST och Simulex är att se hur förhållandena blir i korridoren vid en brand utförs simulering för kemikalieförvarings-rummet, rum 2082, rum som passeras till korridoren, rum 2083, inklusive korridor 2075. Omständigheter som att korridoren är lång och delas av med glasdörrar och takhöjden ändras, gör att scenariot i simuleringen delas in i tre rum

5.3.1 Förutsättningar

Då det är osäkert hur olika kemikalier kommer att påverka brandförloppet simuleras detta som ett utsläpp av en brandfarlig vätska som sedan sprider sig och antänder skåpen under dragskåpen. För att få en rimlig maximal effekt har beräkningar gjorts för att skåpens framsida och ett av dem invändigt brinner samtidigt, vilket ger en maximal effekt av 1715 kW. Studier från tidigare försök av träbränder /3/ visar att tillväxthastigheten varierar mellan medium ($\alpha=0,012$) och snabb ($\alpha=0,047$). I det här fallet antas en snabb brand och att den växer enligt $\alpha \cdot t^2$ (se beräkningar för FAST simulering).

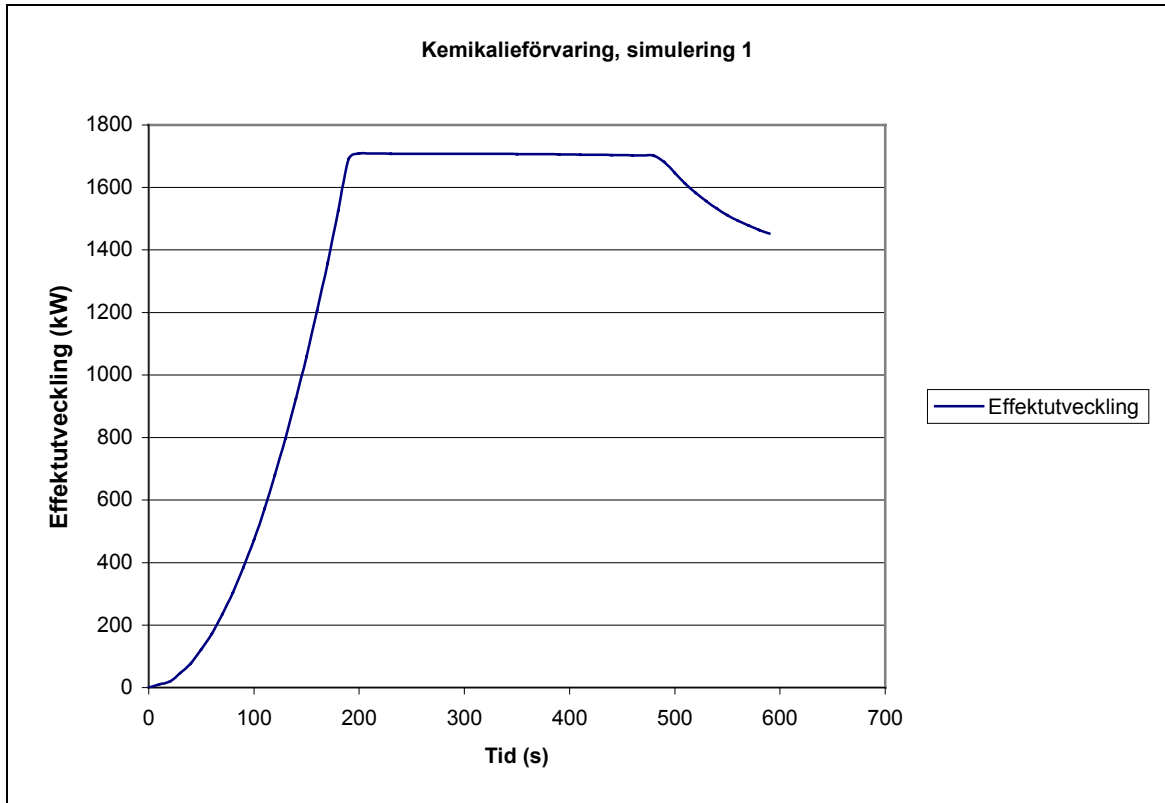


Diagram 3. Effektutveckling i kemikalieförvaring vid simulering i FAST

6 Resultat av FAST simuleringar

Nedan redovisas de resultat som framkommit vid simuleringarna i datorprogrammet FAST både i tabell- och i diagramform. Efter varje redovisning av beräkningarna i kapitlet sammanfattas försöken.

Simuleringarna har gått till så att utifrån egna resonemang har ett "mest sannolikt" brandscenario har valts ut, där en brand med en tillväxtkurva enligt $\alpha \cdot t^2$ har använts. Utifrån standardscenariot har sedan fler simuleringar, där de olika parametrarna i ursprungsscenariot (såsom öppningars storlek, tillväxtkurvans utseende), varierats för att kontrollera om kritiska förhållanden³ förändras. Parametervarieringen är en känslighetsanalys som måste utföras för att få svar på om de resultat som framkommit i FAST är någorlunda sanna och ligger inom rimliga gränser. I bilagan "Simuleringar i FAST" redovisas mer utförligt vilka parametrar som har varierats i scenarierna. De uppgivna tiderna i beräkningarna får ses som riktvärden då brandskyddstillvaron egentligen inte är så exakt.

Enligt Håkan Frantzich, LTH, finns det några kriterier för att den tvåzonsmodell som används av FAST ska vara giltig. Det krävs bland annat att temperaturen i det övre brandgaslagret uppnår cirka 100 °C och att lokalens storlek ej är för stor. I tabellerna nedan redovisas tid till kritiska förhållanden med avseende på temperatur i det övre brandgaslagret och brandgaslagrets höjd.

6.1 Scenario 1, elverkstad

Kritisk temperatur i det övre brandgaslagret är 180°C och den kritiska höjden är 1,91 m. Rum tre är korridor ut till loftgång och rum 4 och 6 är lektionssalar i anslutning till elverkstaden. Ritning 6 i bilaga samt bild 9 nedan ger en bild av hur elverkstaden har delats in i olika rum under simuleringarna. Observera att elverkstaden består av både rum 1 och 2. Kolumnerna med streck i tabellerna 2 och 3 visar att inga kritiska nivåer uppmättes. Tiderna i tabellen är angivna i minuter och sekunder. Indatan som är varierad för varje simulering finns redovisade i sin helhet i bilaga 1.3

Simulering	Max effekt(MW)	α -värde	Öppningar i brandrummet
1, utgångsscenario	31,7	0,08	Dörrar till korridor och omklädningsrum är öppna. Fyra fönster antas gå sönder.
2	16,0	0,047	Dörrar till korridor och omklädningsrum är öppna. Fyra fönster antas gå sönder.
3	67,4	0,187	Dörrar till korridor och omklädningsrum är öppna. Fyra fönster antas gå sönder.
4	31,7	0,088	Dörr till korridor öppen, dörr till omklädningsrum stängd. Fyra fönster antas gå sönder.
5	31,7	0,088	Dörr till korridor öppen, dörr till omklädningsrum stängd. Fyra fönster antas gå sönder.

Tabell 1. Sammanfattning av simuleringar FAST från i elverkstaden

³ Brandgaslagrets höjd och temperatur. För brandgaslagrets höjd brukar värdet $1.6+0.1 \cdot h$ användas som kritisk höjd, där h står för rumshöjden. För temperaturkriteriet brukar uppfattningen vara att det ej får bli varmare än 200 °C i det övre brandgaslagret, vilket används som gräns. Även viss koncentration av toxiska gaser eller rök brukar benämnas som kritiska förhållanden vid utrymning

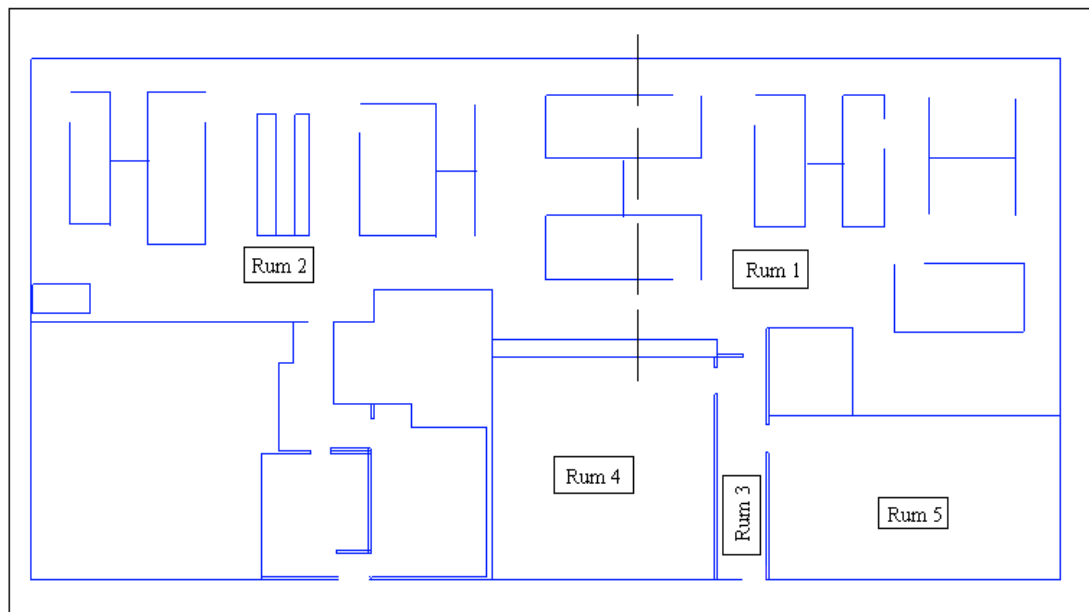


Bild 9. Översikt över rumsindelningen i FAST-simuleringarna för elverkstaden.

Kritisk tid för temperatur i övre brandgaslager

Simulering	Rum 1	Rum 2	Rum 3	Rum 4	Rum 5
1	2:40	5:20	8:50	-	-
2	3:40	7:10	-	-	-
3	1:50	3:40	6:10	-	-
4	2:40	5:20	9:00	-	-
5	2:40	5:20	8:10	-	-

Tabell 2 visar kritisk tid för temperaturen i det övre brandgaslagret i de olika simuleringarna. I de fall där förhållandena i rummen ej uppnår kritiska värden visas genom ett streck i kolumnen

Kritisk tid för brandgaslagrets höjd

Simulering	Rum 1	Rum 2	Rum 3	Rum 4	Rum 5
1	3:10	2:40	-	-	-
2	3:50	3:20	-	9:50	-
3	2:30	2:00	-	-	-
4	3:00	2:40	11-12	9:30	-
5	2:45	2:20	2:55	-	-

Tabell 3 Visar kritisk tid för brandgaslagrets höjd i de olika simuleringarna. I de fall där förhållandena i rummen ej uppnår kritiska värden visas genom ett streck i kolumnen

I rum 1, 2 och 3 är temperaturen tillräckligt hög för att tvåzonsmodell ska vara giltig men ej i rum 4 och 5.⁴

Simulering 1 representerar det dimensionerande brandförloppet. Simulering 2-5 är ytterligare fyra brandförlopp, där indata varierades i en känslighetsanalys för att kontrollera vilka indata som medförde att tiden till att kritiska förhållanden förkortades.

⁴ Enligt Håkan Frantzich, LTH, finns det några kriterier för att den tvåzonsmodell som används av FAST ska vara giltig. Det krävs bland annat att temperaturen i det övre brandgaslagret uppnår cirka 100 °C och att lokalens storlek ej är för stor.

6.1.1 Sammanfattning av scenario 1, elverkstad

Brandens tillväxthastighet påverkar kraftigt tiden tills det att kritiska förhållanden uppstår. För en snabb brand erhålls kortaste tiden till kritiskt värde till 3:20 minuter medan en ultrasnabb brand gav ett värde på 1:50 minuter. Den dimensionerande tillväxthastigheten gav kortaste tid till 2:40 minuter.

Den maximala effekten är ointressant ur utrymningssynpunkt då den inte uppnås förrän långt efter det att kritiska förhållanden uppstått. Därmed bör alla redan lämnat lokalen när den uppnås.

Dörrarna till loftgång och omklädningsrum påverkar inte nämnvärt den tid det tar innan temperaturen uppnår kritiskt värde. Däremot påverkar de brandgaslagrets höjd så till vida att det tar längre tid innan en kritisk höjd uppstår om dörrarna är öppna. En skillnad på 25 sekunder uppnåddes som mest i simuleringarna.

Antal fönster som går sönder vid en brand påverkar inte tiden till kritiska förhållanden då en temperatur av 300°C (den temperatur då fönster antas gå sönder) i det övre brandgaslagret inte uppnås innan kritiska förhållanden uppstår. Tiden till en kritisk temperatur i det övre brandgaslagret har jämförts med tiden till kritisk temperatur i det undre brandgaslagret (80°C) och resultatet visar att det snabbare blir kritiska förhållanden om temperaturen i det övre brandgaslagret används. Nedan visas diagram för effektutvecklingen, temperaturen samt brandgaslagretshöjd vilka hämtats från simulering 1 för scenario 1. (se simuleringar i FAST i bilaga)

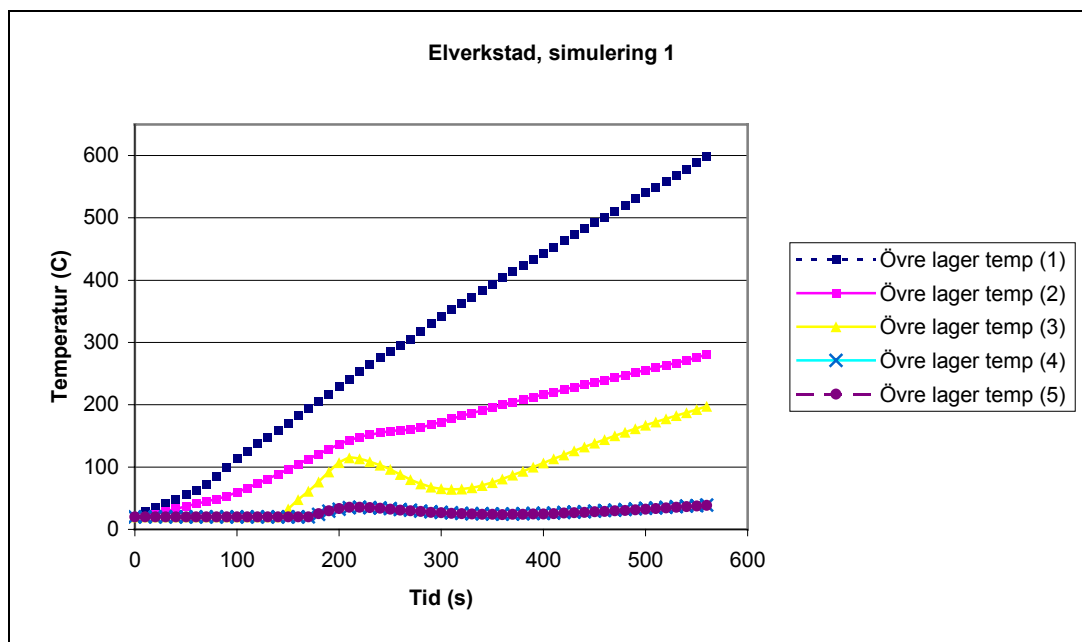


Diagram 4. Visar diagram över effektutvecklingen, temperaturen samt brandgaslagretshöjd i elverkstaden

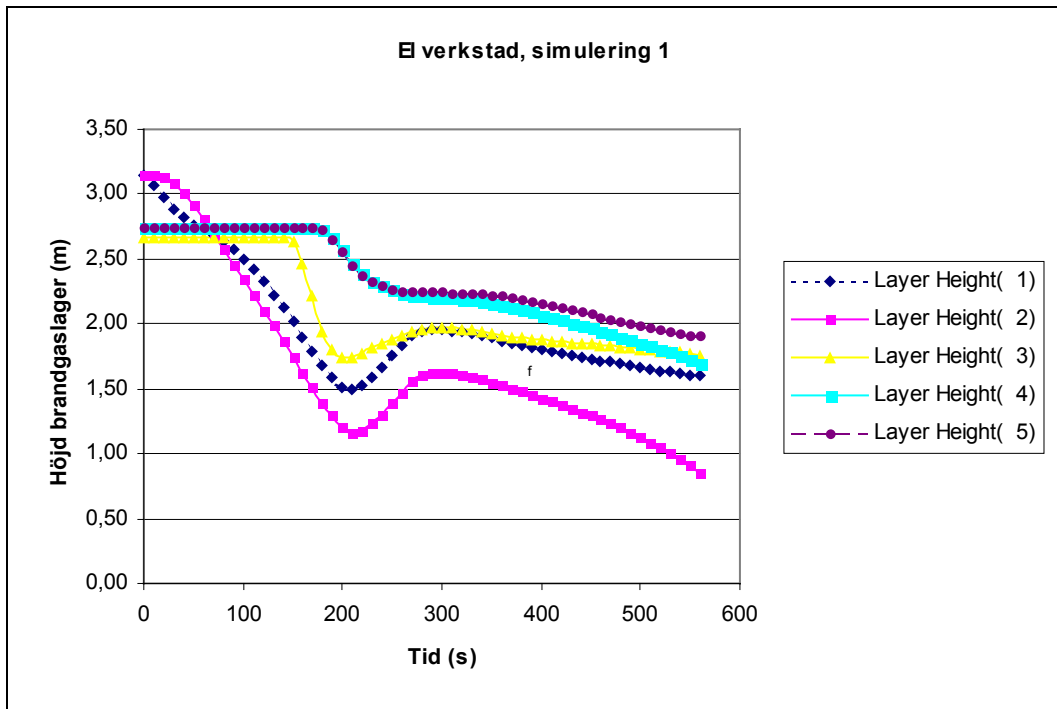


Diagram 5. Visar höjden på brandgaslagret i elverkstaden, korridor och klassrum efter viss tid i elverkstaden

6.2 Scenario 2, Aula

Kritisk temperatur i det övre brandgaslagret är 180°C. Den kritiska höjden är 2,2 m för stolförvaringsrummet respektive aulan och för scenen 2,1 m. Ritning 7 i bilagorna samt bild 10 nedan ger en bild av hur aulan har delats in i olika rum under simuleringarna. Rum 1 är stolsförrådet, tillika brandens startutrymme. Rum 2-4 ligger alla i aulans utrymme. Kolumnerna med streck i tabellerna 5 och 6 visar att inga kritiska nivåer uppmättes. Tiderna i tabellen är angivna i minuter och sekunder. Indatan som är varierad för varje simulering finns redovisade i sin helhet i bilaga 1.3.

Simulering	Max effekt(MW)	α -värde	Öppningar i brandrum
1, utgångsscenario	1,8	0,055	En av dubbeldörrarna till aulan öppen. Fönster i rummet går ej sönder.
2	3,2	0,047	En av dubbeldörrarna till aulan öppen. Fönster i rummet går ej sönder.
3	3,2	0,055	En av dubbeldörrarna till aulan öppen. Fönster i rummet går ej sönder.
4	3,2	0,055	En av dubbeldörrarna till aulan öppen. Fönster i rummet går sönder
5	3,8	0,055	En av dubbeldörrarna till aulan öppen. Fönster i rummet går sönder.
6	3,2	0,055	En av dubbeldörrarna till aulan öppen. Fönster i rummet går ej sönder.
7	4,8	0,055	En av dubbeldörrarna till aulan öppen. Fönster i rummet går sönder.

Tabell 4 Sammanfattning av simuleringar i aulan

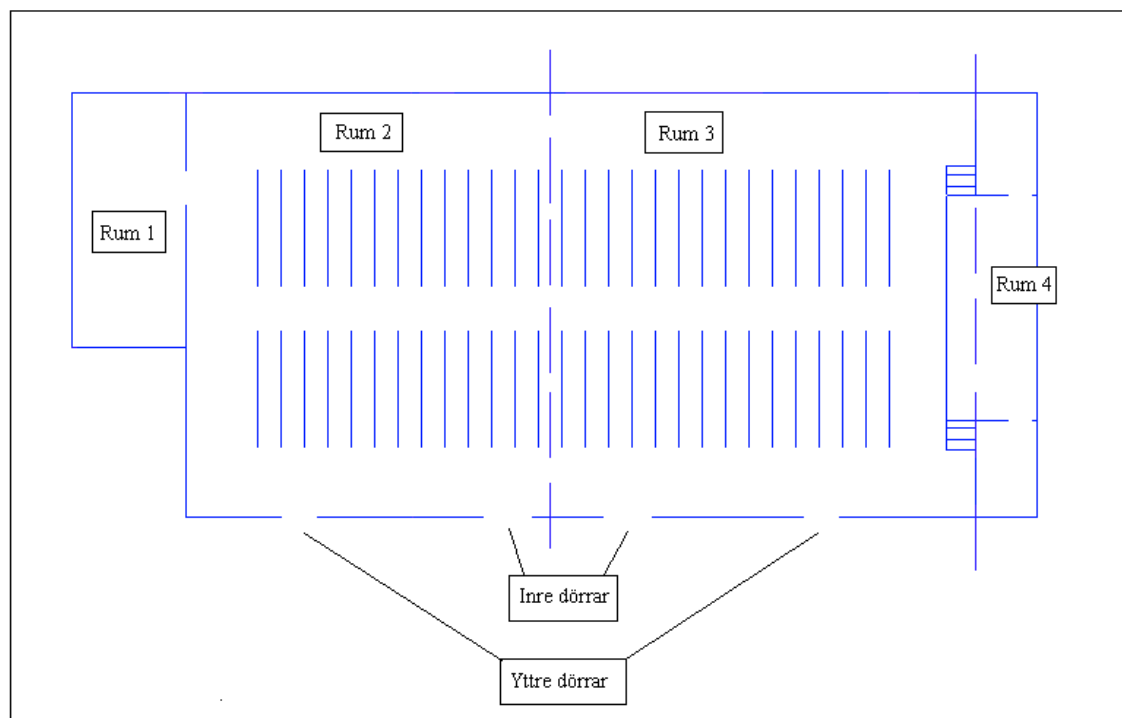


Bild 10. Översikt av aulan med rumsindelning vid FAST-simulering. Scenen är rum 4 till höger och stolsförrådet där branden är lokaliserad är rum 1 till vänster.

Kritisk tid för temperatur i övre brandgaslager

Simulering	Rum 1	Rum 2	Rum 3	Rum 4
1	3:10	-	-	-

2	3:20	-	-	-
3	3:00	-	-	-
4	3:00	-	-	-
5	3:10	-	-	-
6	2:00	-	-	-
7	3:10	-	-	-

Tabell 5. Visar tid till kritisk temperatur i övre brandgaslager. I de fall där förhållandena i rummen ej uppnår kritiska värden visas genom ett streck i kolumnen

Kritisk tid för brandgaslagrets höjd

Simulering	Rum 1	Rum 2	Rum 3	Rum 4
1	1:30	5:00	4:20	3:30
2	1:35	4:50	4:15	3:40
3	1:30	4:40	4:00	3:30
4	1:30	-	4:20	3:30
5	1:30	5:10	4:10	3:30
6	1:10	4:10	3:30	2:40
7	1:30	5:00	4:05	3:30

Tabell 6. Visar tid till kritiska förhållanden vad gäller brandgaslagrets höjd. I de fall där förhållandena i rummen ej uppnår kritiska värden visas genom ett streck i kolumnen

I brandrummet (rum 1) blir temperaturen tillräckligt hög för att den tvåzonsmodell som FAST använder ska vara giltig men i de övriga rummen blir det en maximal temperatur på cirka 50 °C. Detta medför att en tvåzons skiktning ej inträffar och värdena för dessa rum ska användas med stor försiktighet vid tolkning av resultaten⁵. Resultatet kan ändå ge en indikation på hur mycket rök som kommer in i aulan.

6.2.1 Sammanfattning av scenario 2

Temperaturen blir tillräckligt hög endast i brandrummet för att ge kritiska förhållanden.

Brandens tillväxthastighet ger som mest en variation på 1:20 minuter i brandrummet innan kritiska förhållanden inträffar, vilket är mellan simulering två och sex.

Tillväxthastigheten kommer att påverka tiden till kritiska förhållanden inträffar med avseende på brandgaslagrets höjd. Som tidigare nämnts är inte tvåzonsmodell giltig här men resultatet redovisas ändå. Det är upp till en minuts skillnad mellan en snabb och ultrasnabb tillväxthastighet innan kritiska förhållanden uppstår i aulan. Ultrasnabb ger en kortare tid till utrymning.

Då fönstren i brandrummet går sönder ges i de flesta simuleringar en längre tid att hinna genomföra en utrymning från aulan. Tidsskillnaden blir som mest en halv minut.

En högre effekt ger en högre temperatur i brandrummet och kan därmed vara avgörande om fönstren går sönder eller inte. Detta gör att utrymningen kan försvåras om en lägre effekt inte gör att fönstren går sönder.

Simuleringar har inte utförts med dörren stängd till aulan då det skulle medföra att väldigt lite brandrök skulle spridas in till aulan och branden skulle slockna på grund av syrebrist. Nedan visas diagram för effektutvecklingen, temperaturen samt brandgaslagretshöjd vilka hämtats från simulering 3 för scenario 2. (se simuleringar i FAST bilaga)

⁵ Enligt Håkan Frantzich, LTH, finns det några kriterier för att den tvåzonsmodell som används av FAST ska vara giltig. Det krävs bland annat att temperaturen i det övre brandgaslagret uppnår cirka 100 °C och att lokalens storlek ej är för stor.

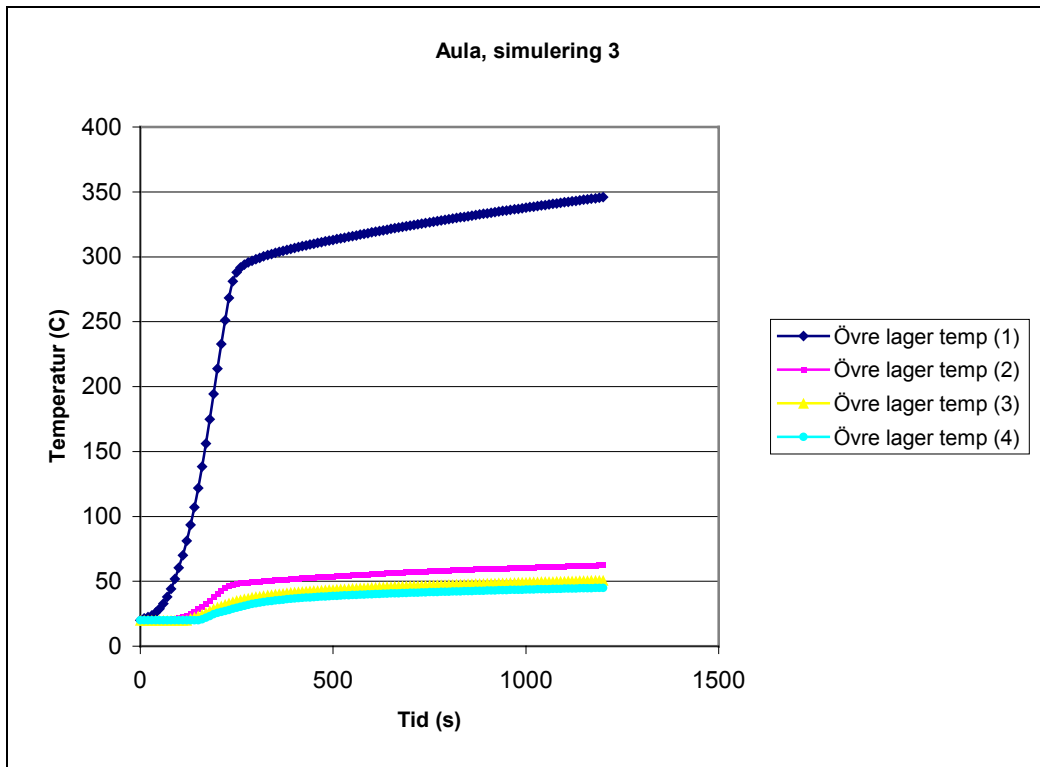


Diagram 6. Visar temperaturen i det övre brandgaslagret i brandrum och aula efter viss tid vid FAST simulering

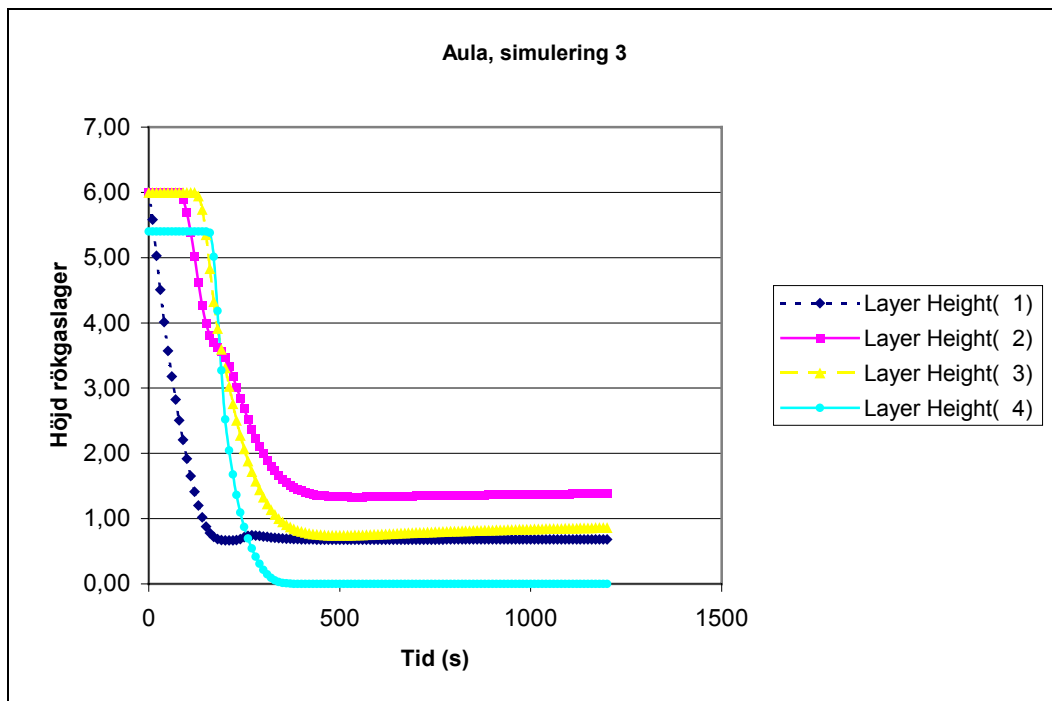


Diagram 7. Höjd på brandgaslagret i brandrum och aula efter viss tid vid FAST simulering

6.3 Scenario 3, kemikalieförvaring

Rapportförfattarna beslutade i början av projektet att använda kemikalieförrådet som ett tänkt scenario eftersom det bedömdes att problem möjligen kunde uppstå för de som skulle behöva utrymma från Aulan, eftersom kemikalierummet ligger nära Aulan. När beräkningarna var klara stod det klart att problemen som bedömdes som möjliga i projektets start ej kvarstod. Rapportförfattarna valde likväl att redovisa både beräkningar och de andra kommentarer som framkom under besöket på skolan.

Kritisk temperatur i det övre brandgaslagret är 180°C. Den kritiska höjden är 1,88 m för rum 1-4 och 1,86 m för rum 5. Rum 1 är brandrummet, rum 2 är ett litet rum intill som in sin tur leder till rum 3, 4 och 5 som är korridorer utanför brandrummet. Kolumnerna med streck i tabellerna 5 och 6 visar att inga kritiska nivåer uppmättes. Tiderna i tabellen är angivna i minuter och sekunder. Indatan som är varierad för varje simulering finns redovisade i sin helhet i bilaga 1.3. Nedan beskrivs i korthet de olika scenarierna.

Simulering	Max effekt(MW)	α -värde	Dörrar öppna mot korridor
1, utgångsscenario	1,7	0,047	Ja
2	1,7	0,19	Ja
3	1,7	0,012	Ja
4	2,8	0,047	Ja
5	0,81	0,047	Ja
6	1,7	0,047	Nej

Tabell 7. Sammanfattning av FAST simuleringar i kemikalieförrådet

Kritisk tid för temperatur i övre brandgaslager

Simulering	Rum 1	Rum 2	Rum 3	Rum 4	Rum 5
1	1:20	2:20	-	-	-
2	0:45	1:20	-	-	-
3	2:30	4:30	-	-	-
4	1:20	2:20	-	-	-
5	1:20	2:20	-	-	-
6	1:15	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-

Tabell 8. Visar kritisk tid till temperatur i övre brandgaslager i simuleringarna. I de fall där förhållandena i rummen ej uppnår kritiska värden visas genom ett streck i kolumnen

Kritisk tid för brandgaslagrets höjd

Simulering	Rum 1	Rum 2	Rum 3	Rum 4	Rum 5
1	0:20	0:40	1:30	2:30	2:50
2	0:10	0:25	1:05	2:00	2:15
3	0:15	0:40	1:50	3:20	3:40
4	0:10	0:30	1:30	2:30	2:50
5	0:15	0:35	1:30	2:30	2:50
6	0:10	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-

Tabell 9. Visar kritisk tid till brandgaslagrets höjd i simuleringarna. I de fall där förhållandena i rummen ej uppnår kritiska värden visas genom ett streck i kolumnen

I brandrummet (rum 1) och i rum 2 (utom simulering 7) blir temperaturen tillräckligt hög för att den tvåzonsmodell som programmet använder ska vara giltig, men i de andra rummen blir temperaturen inte högre än cirka 50 °C. Detta medför att en tvåzonsskiktning ej inträffar och värdena för dessa rum ska tolka med stor försiktighet av användaren.⁶

⁶ Enligt Håkan Frantzich, LTH, finns det några kriterier för att den tvåzonsmodell som används av FAST ska vara giltig. Det krävs bland annat att temperaturen i det övre brandgaslagret uppnår cirka 100 °C och att lokalens storlek ej är för stor.

6.3.1 Sammanfattning av scenario 3

Som kan utläsas ur tabellerna ovan har brandens tillväxthastighet stor betydelse för vid vilken tid kritiska förhållanden inträffar. Begränsning av utrymning p.g.a. brandgaslagretshöjd inträffar innan temperaturen når 180°C i det övre brandgaslagret. Den maximala effekten påverkar inte tiden till kritisk utrymning då maximal effektutveckling inträffar senare än tiden till kritiska förhållanden. Simulering har inte gjorts där ventilationen stängs till korridoren, utan endast med den variationen i indatan att dörrarna till brandrummet stängts. Då dörrarna är stängda förbättras förhållandena i korridoren, vilket var väntat. I korridoren inträffar kritiska förhållanden efter 1:30 minuter, med en snabb brand som vald indata i simuleringen. Nedan visas diagram för effektutvecklingen, temperaturen samt brandgaslagretshöjd vilka hämtats från simulering 1 för scenario 3 (se simuleringar i FAST i bilaga)

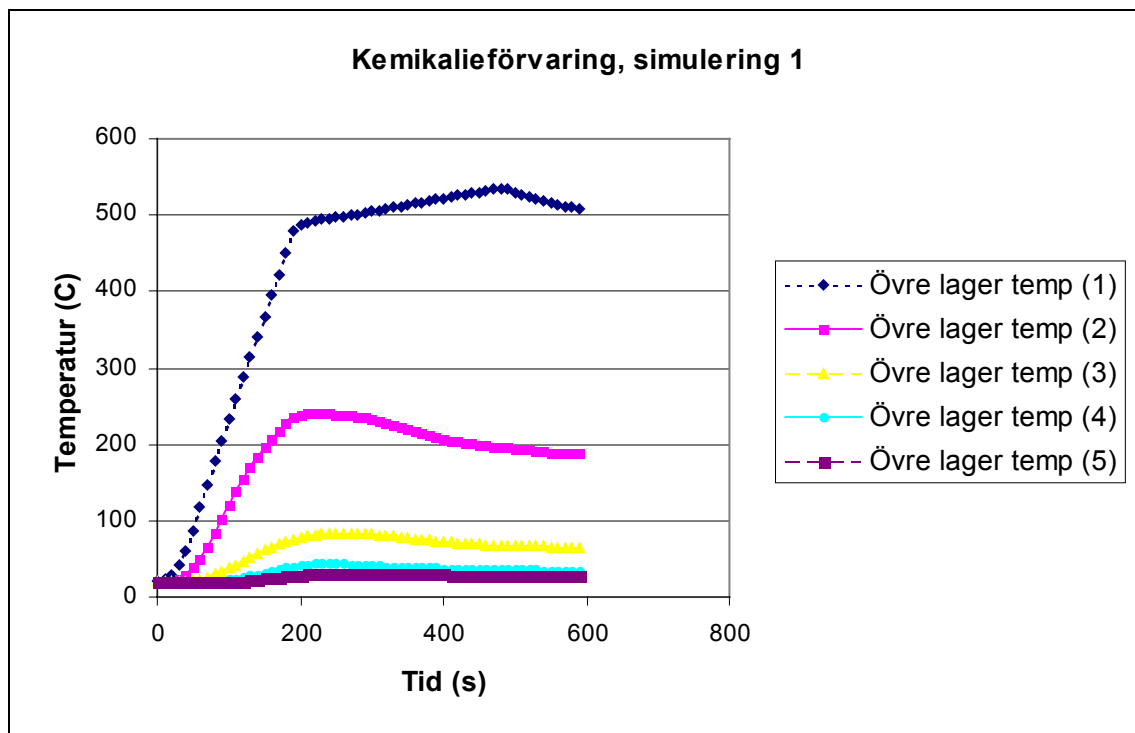


Diagram 8. Temperaturutveckling i övre rökgaslagret vid simulering med FAST i kemikalieförvaringsrummet

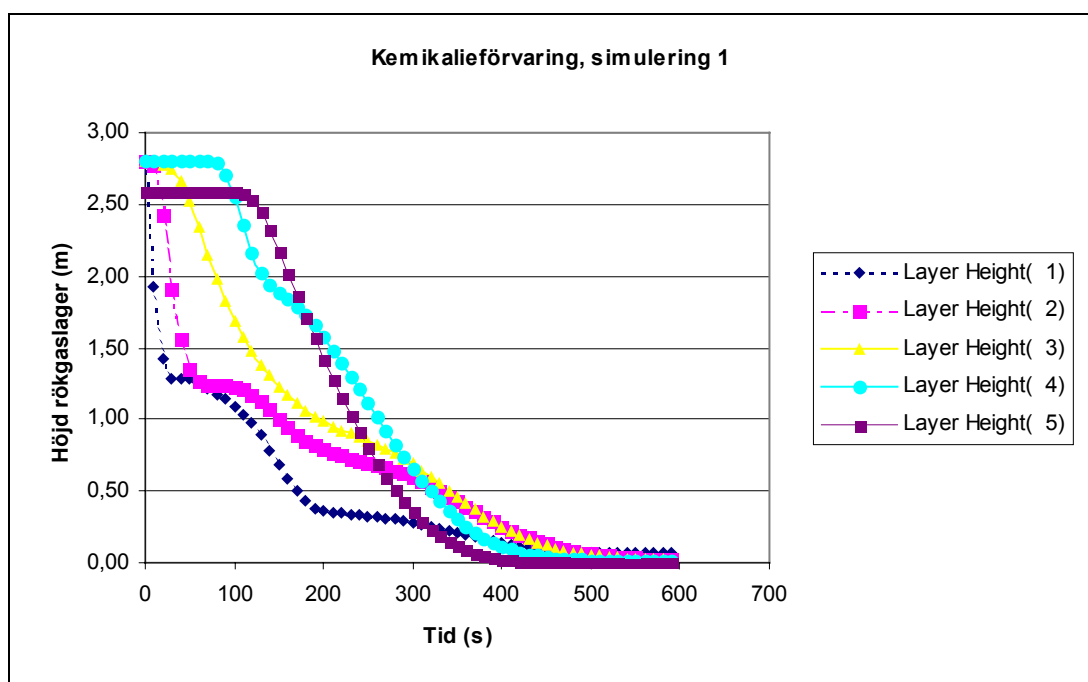


Diagram 9. Rökgaslagrets höjd i kemikalieförvaringsrummet vid simulering med FAST

7 Utrymningssimuleringar

Den totala utrymningstiden utgörs av tre delar, varseblivnings-, reaktions- samt förflyttningstid.

Utrymningstiden uttrycks med formeln

$$t_v + t_r + t_e < t_{\text{krit}} / 4$$

Där

t_v = varseblivningstid

t_r = reaktionstid

t_e = evakueringstid

t_{krit} = tid till kritiska förhållanden

Varseblivning

Varseblivning är den tid från det att branden startar tills dess att de som skall utrymma upptäcker att det brinner. Ofta upptäcks branden genom att någon person ser eller känner luktar av brandrök. I de fall det finns brandlarm kan varseblivningstiden antas vara densamma som tiden för larmet att aktivera. Varken i aulan eller elverkstaden finns det någon form av detektionssystem varför detektionstiden helt beror på människans förmåga att upptäcka brand.

Reaktionstid

Reaktionstid är hur lång tid det tar från det att en person upptäckt brand eller brandrök till att ta beslutet om att utrymma. Människor i allmänhet tenderar att vilja söka information om annorlunda lukt eller rök de sett. De kan även vilja bekämpa en upptäckt brand. Även tiden för tvekan och beslut om vilken utrymningsväg som skall väljas tillhör reaktionstid. Denna tid kan minskas bland annat genom väl utmärkta utrymningsskyltar och utrymningsplaner.

Förflyttningstiden

Förflyttningstiden är den tid det tar för en person att fysiskt förflytta sig i säkerhet. I Simulex simuleras endast förflyttningstiden varpå man får lägga till varseblivnings- samt reaktionstid. Faktorer som påverkar förflyttningstiden är dels individuella; ålder, kön, fysisk kondition och dels anknutna till lokalen och brandförloppet; sikt, utrymningsskyltning mm.

7.1 Datorprogram

Det datorprogram som använts för simuleringarna av utrymningen är Simulex. Det ett program där man kan lägga in människor med olika egenskaper med avseende på gånghastighet och reaktionstid samt vilken utgång de ska välja att utrymma genom. Programmet har sin främsta styrka i att visa var eventuella köbildningar kommer att bildas. För utförligare beskrivning av Simulex hänvisas det till Bilaga 3. De uppgivna tiderna i beräkningarna får ses som riktvärden då brandskyddstillvaron egentligen inte är så exakt.

7.2 Utrymningssimuleringar i elverkstad

Ett personantal på 50 har använts vid utrymningssimuleringarna. I normala fall vistas runt 28 personer i rummen men i de fall då skolan anordnar öppet hus kan fler vistas i lokalerna. 30 personer har fördelats i verkstaden och 10 personer har placerats i respektive klassrum. I simuleringarna förutsätts det att när en person kommit ut till loftgången anses denna vara i säkerhet.

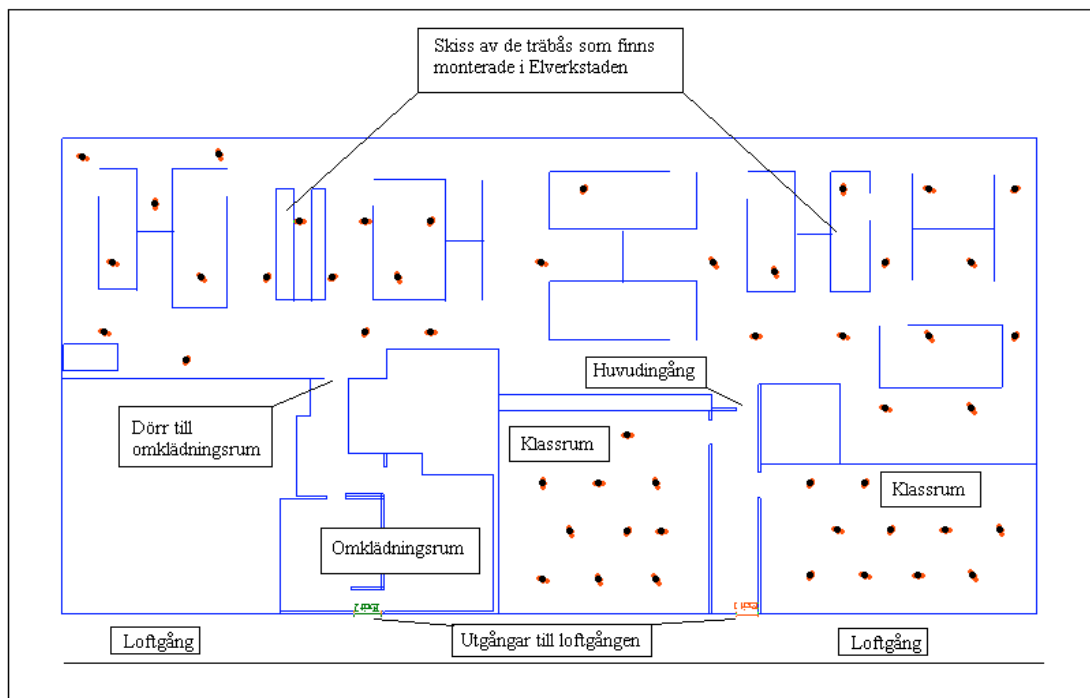


Bild 11. Simulering i elverkstad

Varseblivnings- och reaktionstid har efter diskussion /5/ slagits ihop och antagits till en och en halv minut. Troligtvis kommer ett flertal personer ha både varseblivning och reaktionstid som är kortare, framförallt de som jobbar ute i verkstaden där branden antas starta. Genom att anta att 1 ½ minut täcks även merparten av dem som befinner sig längre bort ifrån branden in. Det föreligger två egentliga fall för simulering, ett där dörren till omklädningsrummet är öppen för utrymning, detta scenario kommer att utgöra det för utrymning *dimensionerande* scenariot. I det andra scenariot som simuleras är dörren till omklädningsrummet stängd. Detta fall kommer att utgöra det för utrymning värsta tänkbara scenariot. I fallen som beskrivs i följande kapitel har ingen hänsyn tagits till brandens placering och dess påverkan på utrymning.

7.2.1 Elverkstad, dimensionerande scenariot

Simulering 1, dimensionerande scenariot.

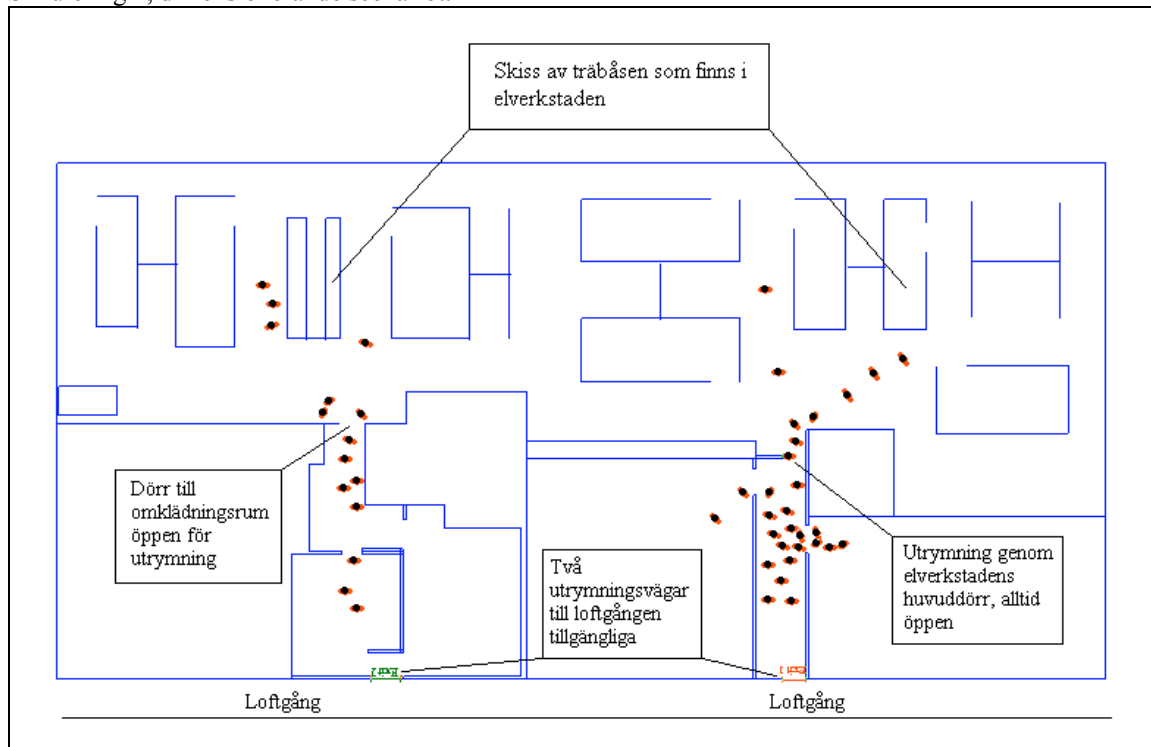


Bild 12. Skärmdumpning från pågående utrymning i simulering 1 i Simulex. Utrymning är möjlig genom två (dörrar) utrymningsvägar.

Simulering	Antal personer	Varseblivnings- och reaktionstid (Min:sek)	Förflyttningstid (Min:sek)	Utrymningstid (Min:sek)
Simulering 1	50	1:30	0:39	2:09

Tabell 10. Utrymningstider för simulering 1 i elverkstaden.

Ovan visas tiden för sista personen att utrymma till loftgången från elverkstaden då det går att utrymma genom båda dörrarna. Den erhållna tiden, 2:09 minuter, kommer i kapitel 8 att jämföras med tider till kritiska förhållanden erhållen från datorprogrammet FAST som modellerat brandförlopp (se kapitel 6) . Denna simulering kommer där att kallas det *dimensionerande* scenariot.

7.2.2 Elverkstad, värsta tänkbara scenariot

Simulering 2, värsta tänkbara scenariot.

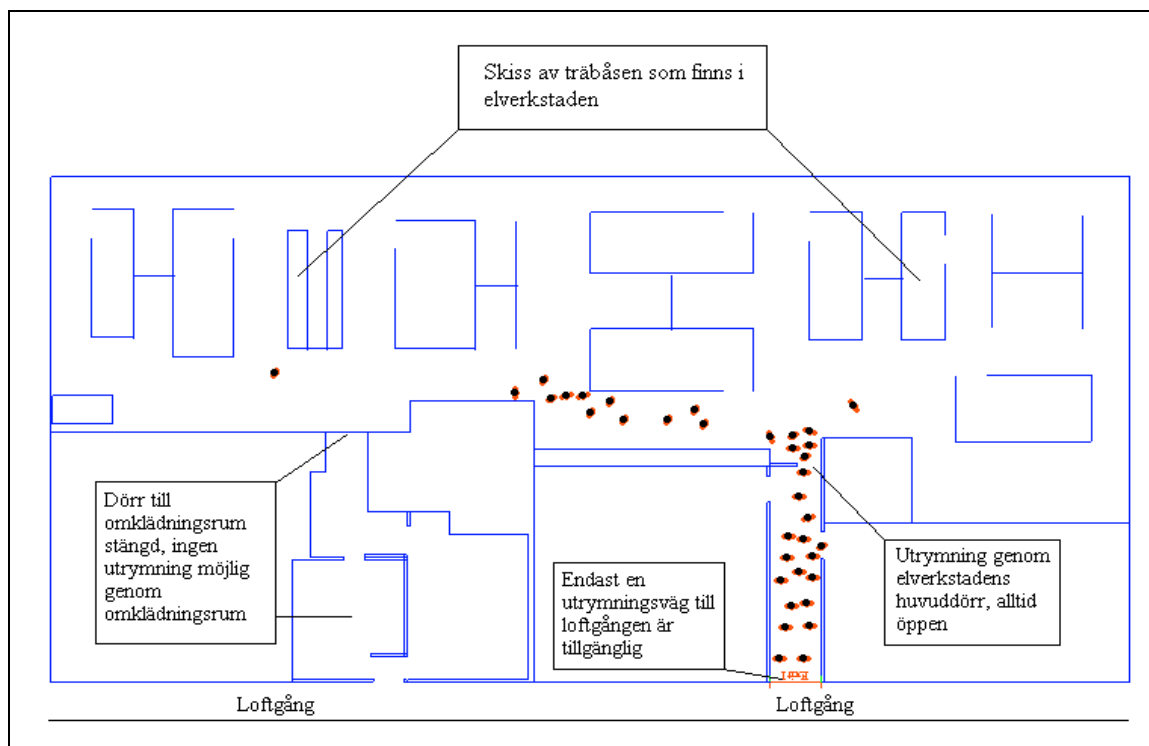


Bild 13. Skärmdumpning från pågående utrymning i simulering 2 i Simulex. Utrymning är möjlig genom en (dörr) utrymningsväg.

Simulering	Antal personer	Varseblivnings- och reaktionstid (Min:sek)	Förflyttningstid (Min:sek)	Utrymningstid (Min:sek)
Simulering 2	50	1:30	0:51	2:21

Tabell 11. Utrymningstider för simulering 2 i elverkstaden.

Ovan visas tiden för siste människa att utrymma till loftgången från elverkstaden då det endast går att utrymma genom en av dörrarna. Den erhållna tiden, 2:21 minuter, kommer i kapitel 8 att jämföras med tider till kritiska förhållanden erhållna från datorprogrammet FAST som modellerat brandförlopp (se kapitel 6). Denna simulering kommer där att kallas det *värsta tänkbara* scenariot.

7.2.3 Diskussion kring resultaten från simuleringar i elverkstaden

Personantalet i simuleringarna överskridet det antal som normalt vistas i verkstaden och inkluderade lärosalar vilket ger en konservativ bild av utrymningsscenarierna

Genom känslighetsanalys kan slutsatsen dras att det spelar praktiskt taget ingen roll ur utrymnings-synpunkt om en eller två av de båda halvdörrarna i anslutning till huvudingången är öppna. Därmed försvinner halvdörrarna som variabler i simuleringarna.

Det föreligger svårigheter att bestämma varseblivnings- och reaktionstid för den aktuella miljön. Tiden kommer troligtvis att variera stort mellan de som befinner sig ute i verkstaden och de som sitter i klassrummen. En och en halvminut bedöms dock representera majoriteten på ett bra sätt.

7.3 Utrymningssimuleringar i aulan

Sittplatserna i aulan delas i två sektioner av en mittgång i aulans längdriktning. Längst fram i aulan finns en scen och längst bak i aulan finns ett stolsförråd. Fyra utrymningsvägar finns på aulans ena långsida. De inre dörrarna är 1,64 m breda och de yttre 1,2 m breda. I datorsimuleringarna av aulan har det antagits att personer som inte fått plats att sitta står längs med väggarna. Mittgången förutsätts vara tom.

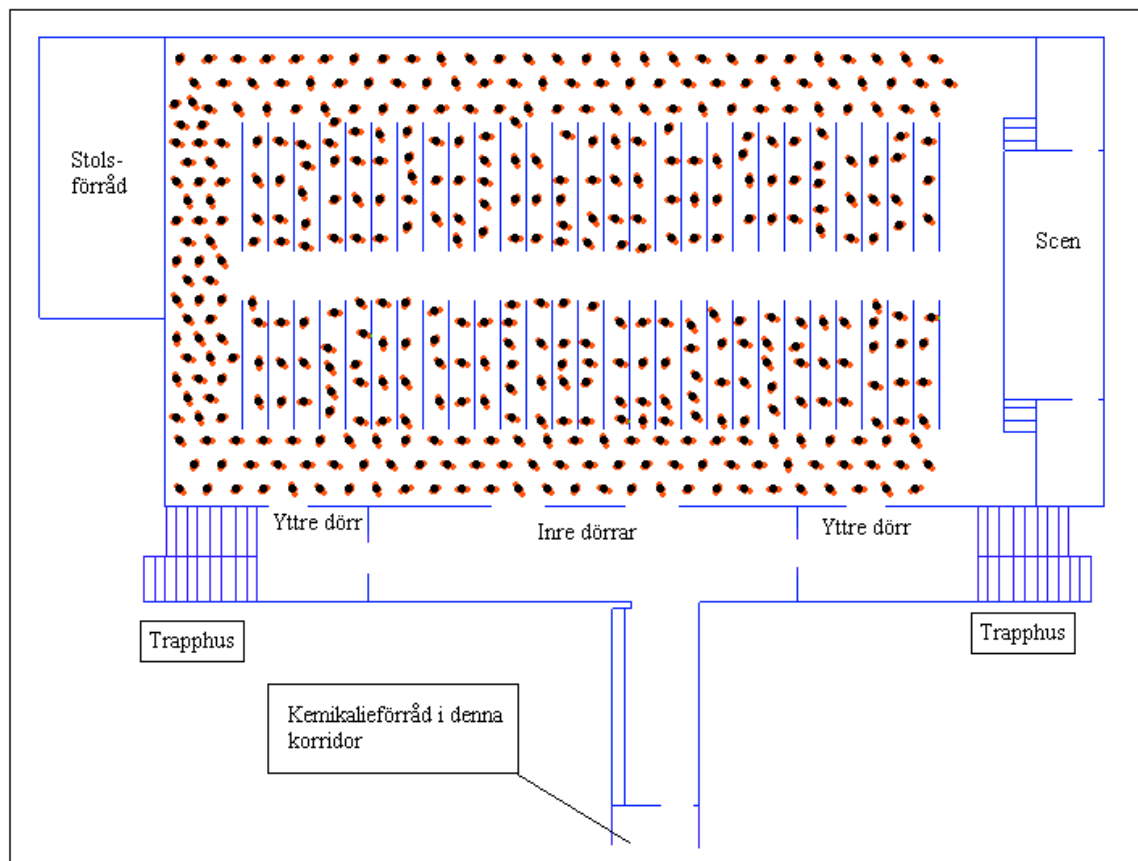


Bild 14. Simulering med Simulex i aula

Högsta tillåtna personantal i aulan uppgår till 420. Utrymningstider har beräknats för 420 personer respektive 600. Det högre personantalet har valts för att simulera utrymning vid ett eventuellt överintag och utgör också känslighetsanalys.

I utrymning från aulan har tre fall för simulering valts. Alla simuleringarna initieras av ett brandförlopp i stol-förrådet längst bak i salen. Det som skiljer de olika fallen åt är vilka utgångar som finns tillgängliga för utrymning. I första fallet är alla utgångarna tillgängliga, i det andra fallet de två yttersta och i det tredje fallet är de två inre utgångarna tillgängliga. Fallet då alla fyra dörrarna är tillgängliga för utrymning är normalfallet och det som kommer att utgöra det *dimensionerande* scenariot från aulan. De båda inre dörrarna leder ut till samma brandcell medan de yttre leder till två olika trapphus. En tänkt brand placerad i till exempel kemikalieförrådet i den korridor som är samma brandcell som de inre dörrarna skulle kunna försvåra eller helt förhindra utrymning från de inre dörrarna. Av denna anledning simuleras utrymning från aulan då endast de yttre dörrarna är tillgängliga. Simulering 3 och 4 modellerar hur ett sådant scenario skulle kunna se ut med 420 respektive 600 personer inne i aulan. Utrymning genom endast de båda inre dörrarna har utförts för att se vilken inverkan dörrarnas bredd kan ha på utrymningstiden.

Då dörren till brandrummet står öppen förväntas branden upptäckas relativt snabbt av de som befinner sig längst bak i aulan. Med hänsyn till lokalens storlek och det höga personantalet har en reaktions- och varseblivningstid valts till en (1) minut för att täcka in de som befinner sig längst bak i aulan.

7.3.1 Aula, dimensionerande scenario

Simulering 1 och 2

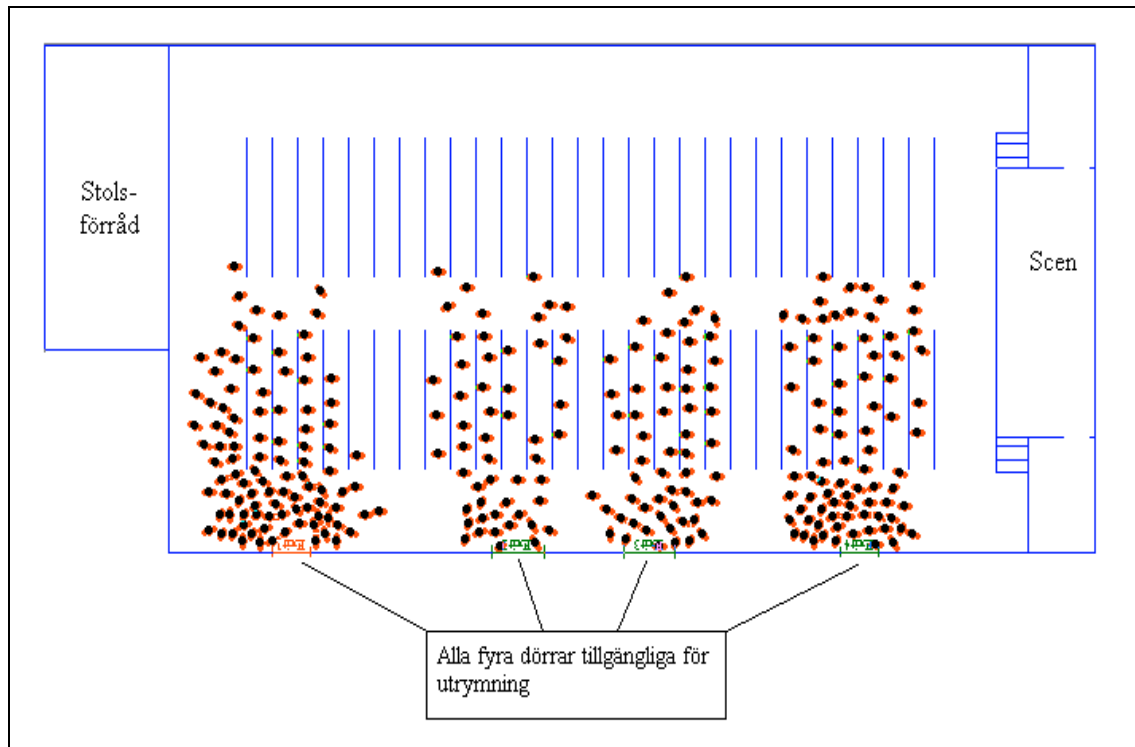


Bild 15. Skärmdumpning från pågående utrymning i Simulex som representerar simulering 1 och 2. Utrymning är möjlig genom alla fyra utrymningsvägarna.

Simulering	Antal personer	Varseblivnings- och reaktionstid (Min:sek)	Förflyttningstid (Min:sek)	Utrymningstid (Min:sek)
Simulering 1	420	1:00	0:58	1:58
Simulering 2	600	1:00	1:19	2:19

Tabell 12. Utrymningstider för simulering 1 och 2 i aulan beroende på antal personer.

I tabell 12 visas tiden för siste människa att utrymma från aulan då endast två av de fyra dörrarna går att utrymma genom. Den erhållna tiden, 1 minut och 58 sekunder, kommer i kapitel 8 att jämföras med tider till kritiska förhållanden erhållen från datorprogrammet FAST som modellerat brandförlopp (se kapitel 6). Denna simulering kommer där att kallas det *dimensionerande* scenariot.

7.3.2 Aula, värsta tänkbara scenario

Simulering 3 och 4

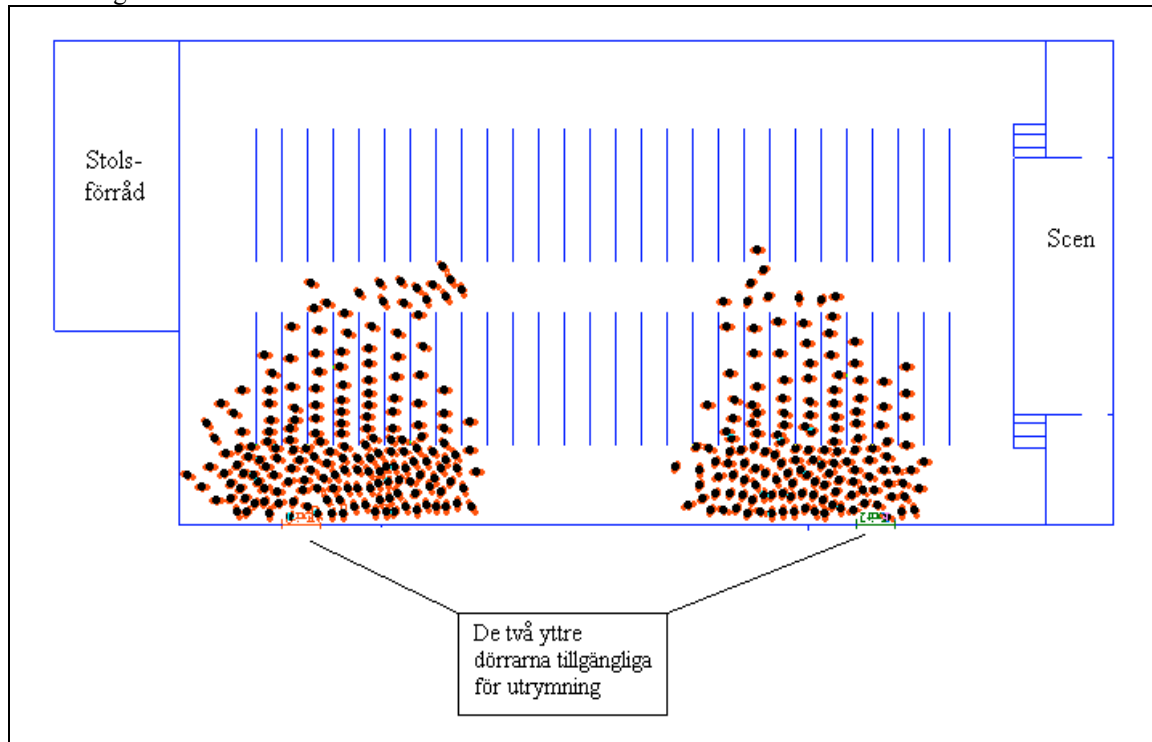


Bild 16. Skärmdumpning från pågående utrymning i Simulex som representerar simulering 3 och 4. Utrymning är möjlig genom de två yttre utrymningsvägarna.

Simulering	Antal personer	Varseblivnings- och reaktionstid (Min:sek)	Förflyttningstid (Min:sek)	Utrymningstid (Min:sek)
Simulering 3	420	1:00	1:38	2:38
Simulering 4	600	1:00	2:26	3:26

Tabell 13. Utrymningstider för simulering 3 och 4 i aulan beroende på antal personer.

Simulering 5 och 6

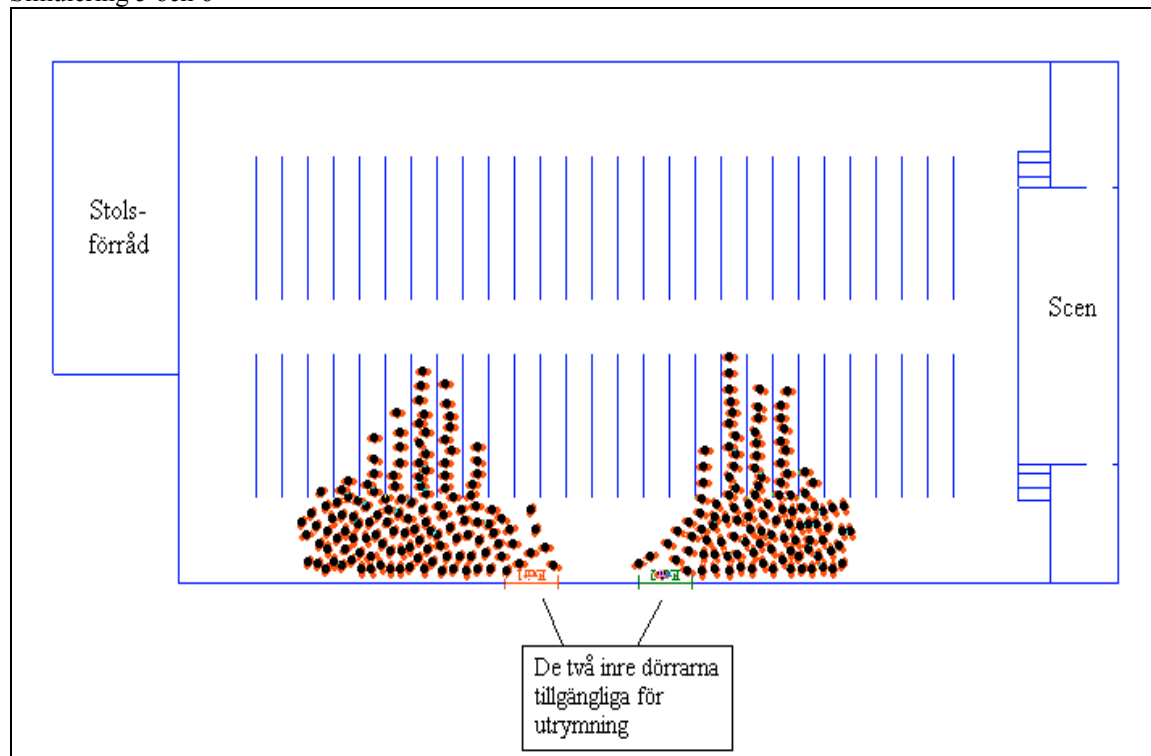


Bild 17. Skärmdumpning från pågående utrymning i Simulex som representerar simulering 5 och 6. Utrymning är möjlig genom alla fyra utrymningsvägarna.

Simulering	Antal personer	Varseblivnings- och reaktionstid (Min:sek)	Förflyttningstid (Min:sek)	Utrymningstid (Min:sek)
Simulering 5	420	1:00	1:38	2:38
Simulering 6	600	1:00	2:29	3:29

Tabell 14. Utrymningstider för simulering 5 och 6 i aulan beroende på antal personer.

Simuleringsresultaten visar att det tar ungefär lika lång tid att utrymma aulan om det är de två inre eller de två yttre dörrarna som är tillgängliga för utrymning. Det spelar ingen roll vilket av scenarierna som väljs som värsta tänkbara scenario vid jämförelse med tider från FAST.

Diskussion kring resultaten från datorsimuleringar för aulan

De två inre dörrarna är bredare än de två yttre varför man skulle tro att utrymning i scenario 5 och 6 (fallen där de båda inre och bredare dörrarna är tillgängliga) borde ta mindre tid än scenario 3 och 4 (utrymning genom endast de två yttre och smalare dörrarna). Som synes i tabellerna ovan är så inte fallet. Det tar ungefär lika lång tid att utrymma genom de yttre som de inre dörrarna. En tänkbar orsak till detta kan vara att det är mindre plats för kö vid de inre dörrarna och att stolsraderna försvårar en effektiv köbildning.

7.4 Jämförelse av utrymningstider för Simulex och handberäkningar

Handberäkningar för kemikalieförrådet är ej utförda. Generellt sett är tiderna längre i handberäkningarna än i Simulex. En orsak till detta är att personerna i Simulex har högre gånghastighet. De har även en programmerad närmaste väg att gå medan gångavståndet i handberäkningarna är mätt i ritningar och inte är optimal.

7.4.1 Utrymning från elverkstad enligt handberäkning

Simulering	Brand	Dörrar	Varseblivnings- och reaktionstid Min: sek	Förflyttningstid Min: sek	Utrymningstid (Tid till sista personen utrymt) Min: sek
Simulering 1	Brand i vänstra delen	Omk. Stängd	1:30	1:42	3:12

Tabell 15 visar resultat från utrymningssimulering 1 i elverkstaden

Diskussion kring resultaten från handberäkningar för elverkstaden.

Valet av varseblivnings- och reaktionstider för de utrymmande i elverkstaden gör att handberäkningarna blir komplicerade. I Simulex kan två köbildningar urskiljas i de simuleringar där dörren till omklädningsrummet är stängd. Detta blir approximerat med en större köbildning i handberäkningarna. Gångavståndet är satt till det sämsta tänkbara och varseblivnings- och reaktionstiden en och en halv minut. I tiden för evakuering ingår den tid det tar för köbildning runt utgången att lösas upp, en kö till stor del bildad av personer som kommer ut från lektionssalarna. I verkligheten är det tveksamt om det kommer att finnas så många personer i salarna varför denna köbildningstid kan ses som ett säkerhetstillägg. Förenklingar och approximationer gör att det finns stora osäkerheter i resultaten. Det bör beaktas att resultaten skall ses som fingervisningar och inte som säkra fakta.

Liksom för aulan stämmer resultat från Simulex och handberäkningar relativt bra överens. Det egentliga problemet med elverkstaden är inte huruvida personerna kan ta sig ut i tid vilket är det som modelleras här. Problemet och faran uppstår när branden är lokaliserad nära huvudingången och dörren till omklädningsrummet är stängd. Branden kan då helt förhindra utrymning för vissa personer. Detta kan inte utredas varken i Simulex eller FAST utan har gjorts i kapitlet strålning.

7.4.2 Utrymning från aula enligt handberäkning.

Simulering	Brand	Dörrar	Antal personer	Varseblivnings- och reaktionstid (Min:sek)	Förflyttningstid $t_G + t_D$ (Min:sek)	Utrymningstid Min :sek
Simulering 1	Brand i stolsförråd	Alla 4 dörrar öppna	4:20	1:00	1:15	2:15

Tabell 16 visar resultat från utrymningssimulering 1 i aulan

Diskussion kring resultaten från handberäkningar för aulan.

Förenkling har gjorts genom att anta att personantalet fördelas jämt mellan utrymningsdörrarna. En genomsnittlig bredd på dörrarna har använts i beräkningarna. Vid en jämförelse med resultaten i Simulex kan det sägas att handberäkningar ger en mer konservativ bild. De längre tiderna för utrymning beror på att personer i Simulex har högre gånghastighet än vad som använts i handberäkningarna. I handberäkningar har även längsta möjliga avståndet använts.

Då det är många människor i aulan kommer det att bildas köer när de ska utrymma. I Simulex hanteras köer på ett effektivare och mer ekonomiskt tidsmässigt sett än vad man kan beräkna i handberäkningar. Av denna anledningen är utrymningstiden något kortare i Simulex.

8 Jämförelse mellan simuleringar i FAST och Simulex

I kapitlet jämförs simuleringarna i FAST och Simulex mot varandra. Med FAST simuleras brandens tillväxt med effektutveckling och påföljande kritiska förhållanden för att se om det ger en utrymningssituation som ej är hållbar ur säkerhetssynpunkt. Utrymningssituationen är simulerad i Simulex. De uppgivna tiderna i beräkningarna får ses som riktvärden då brandskyddstillvaron egentligen inte är så exakt.

8.1 Scenario1 elverkstaden

Tabell 17 visar jämförande tid som framkom vid simuleringarna där i FAST och Simulex tar utgångspunkt i den **dimensionerande händelsen** för vart och ett av simuleringarna som bestämts i förväg. För FAST är det både brandgaslagret och temperaturen som styr tiden till kritiskt förhållande elverkstaden.

FAST, simulering 1, elverkstad	2:40 min
Simulex, simulering 1	2:09 min

Tabell 17. FAST och Simulex jämförs i den dimensionerande händelsen för bägge simuleringarna.

Tabell 18 visar jämförande tid som framkom vid simuleringarna där FAST och Simulex tar utgångspunkt i det **värsta tänkbara scenariot** för var och ett av simuleringarna som bestämts i förväg. För FAST är det både brandgaslagret och temperaturen i det övre brandgaslagret som styr tiden till kritiskt förhållande i elverkstaden.

FAST, simulering 3, elverkstad	1:50 min
Simulex, simulering 2	2:21 min

Tabell 18. FAST och Simulex jämförs i det värsta tänkbara scenariot för bägge simuleringarna.

Båda tabellernas värde finns redovisade i diagram 10, för att lättare åskådliggöra de olika simuleringarna.

Jämförelse mellan dimensionerande och värsta scenario i FAST och Simulex

En tidsjämförelse är utförd mellan Simulex och FAST. Simulering 1 och 3, som är dimensionerande respektive värsta scenariot, representeras i diagrammet som staplar. (D) i diagrammet står för dimensionerande scenario och (V) för värsta scenario.

Staplarnas höjd motsvarar tiden till kritiska förhållande som uppnås i elverkstaden. Den streckade linjen motsvarar de dimensionerande tiderna till simulerad utrymning i Simulex. Staplarna till höger representerar tiden till att det övre brandgaslagret höjd når kritiskt förhållande och staplarna till vänster tid till att temperaturen i det övre brandgaslagret når kritiska förhållanden. Observera att de lägre staplarna ger kortaste tiderna till kritiskt förhållande och är därmed de tider som bör jämföras med utrymningstid. Lägg även märke till att temperaturen och brandgaslagret i FAST, tidsmässigt når kritiska förhållande i den dimensionerande branden samtidigt.

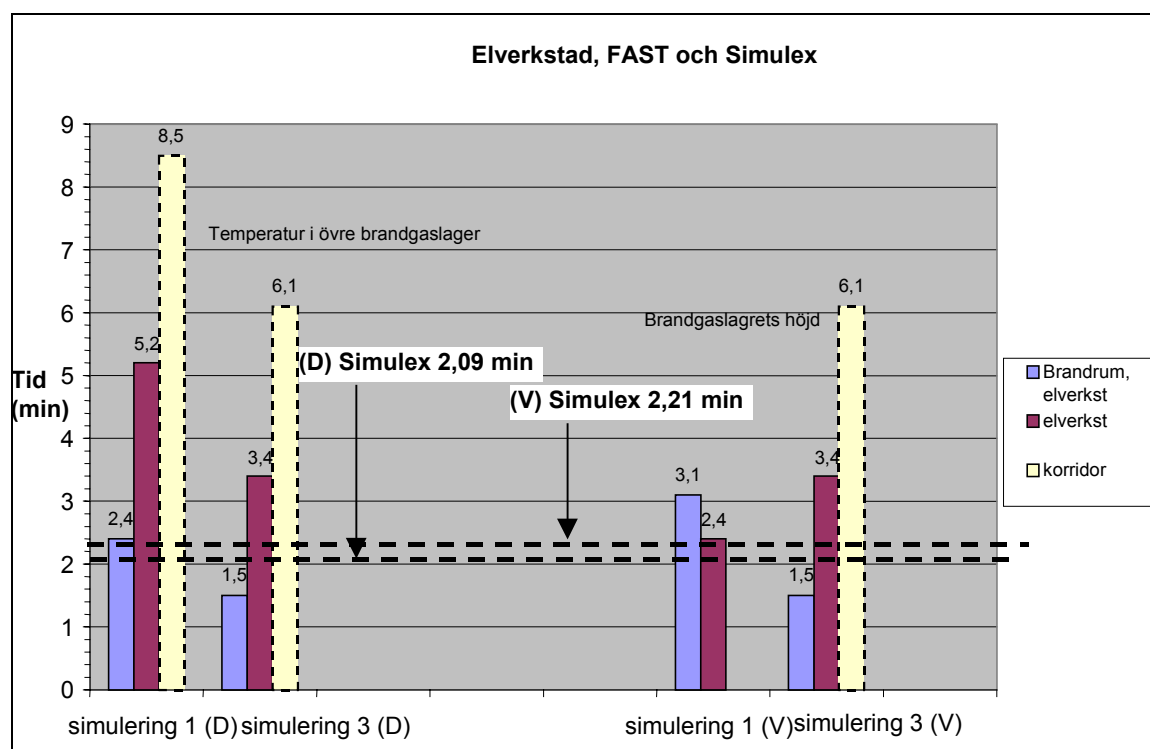


Diagram 10. Dimensionerande scenario och värsta scenariot som bestäms individuellt för var och en av simuleringarna i elverkstaden

Diskussion kring jämförelse för elverkstaden

Vid studiebesöket som rapportförfattarna genomförde på Värnhemsskolan bildades uppfattningen om att elverkstaden inte hade god utrymningssäkerhet. Denna uppfattning grundar sig i att det periodvis endast finns en utrymningsväg samt den stora brandbelastningen i lokalen. Jämförelsen mellan tider från Simulex och FAST visar att det med viss marginal tar lika lång tid att utrymma som det gör för kritiska förhållanden att uppstå. Tider som ges från datorprogram ska behandlas med försiktighet då de endast är en fingervisning om verkligheten. Med de båda datorprogrammets begränsningar i åtanke, inklusive de osäkra indata som används, innebär det faktum att simuleringstiderna ligger så pass nära varandra att utrymningen inte kan betraktas som säker.

8.2 Scenario 2, Aula

Tabell 19 visar jämförande tid som framkom vid simuleringarna där både FAST och Simulex tar utgångspunkt i den **dimensionerande händelsen** för vart och ett av simuleringarna som bestämts i förväg. För FAST är brandgaslagret som styr tiden till kritiskt förhållande i aulan. Handberäkningen är ej redovisad i diagram 11.

FAST, simulering 3	4:00 min
Simulex, simulering	1:58 min
Handberäkning av utrymning	2:15 min

Tabell 19. FAST och Simulex jämförs i den dimensionerande händelsen för bägge simuleringarna.

I tabell 20 tar både FAST och Simulex tar utgångspunkt i den **värsta tänkbara scenariot** som bestämts individuellt för var och en av simuleringarna. För FAST är det brandgaslagrets höjd som styr tiden till kritiska förhållanden i lokalen.

FAST, simulering 6	3:30 min
Simulex, simulering	3:30 min

Tabell 20. FAST och Simulex jämförs i det värsta tänkbara scenariot för bägge simuleringarna.

Jämförelse mellan dimensionerande och värsta scenario i FAST och Simulex

Resultatet i tabellerna 19 och 20 redovisas i diagram 11, för att lättare åskådliggöra de olika simuleringarna. Simulering 1 och 3 i FAST som är dimensionerande respektive värsta scenariot representeras i diagrammet som staplar. Staplarnas höjd motsvarar tiden till att kritiska förhållanden uppstår. Till skillnad från scenariot i elverkstaden är det endast det övre brandgaslagret som når kritiskt värde i FAST-simuleringen. De streckade linjerna motsvarar den dimensionerande och den värsta scenariotiden till genomförd, simulerad, utrymning i Simulex. Observera att de lägre staplarna ger kortaste tiderna till kritiskt förhållande i FAST och är därmed de tider som bör jämföras med utrymningstiden i Simulex-simuleringarna.

Diagram 11 visar både **dimensionerande scenario och värsta scenariot** som bestämts individuellt för var och en av simuleringarna.

Med utgångspunkt i de tidsjämförelser som är utförda i kapitel 8, värderas Värnhemsskolans brandskydd och utrymningssäkerhet i kapitel 9.

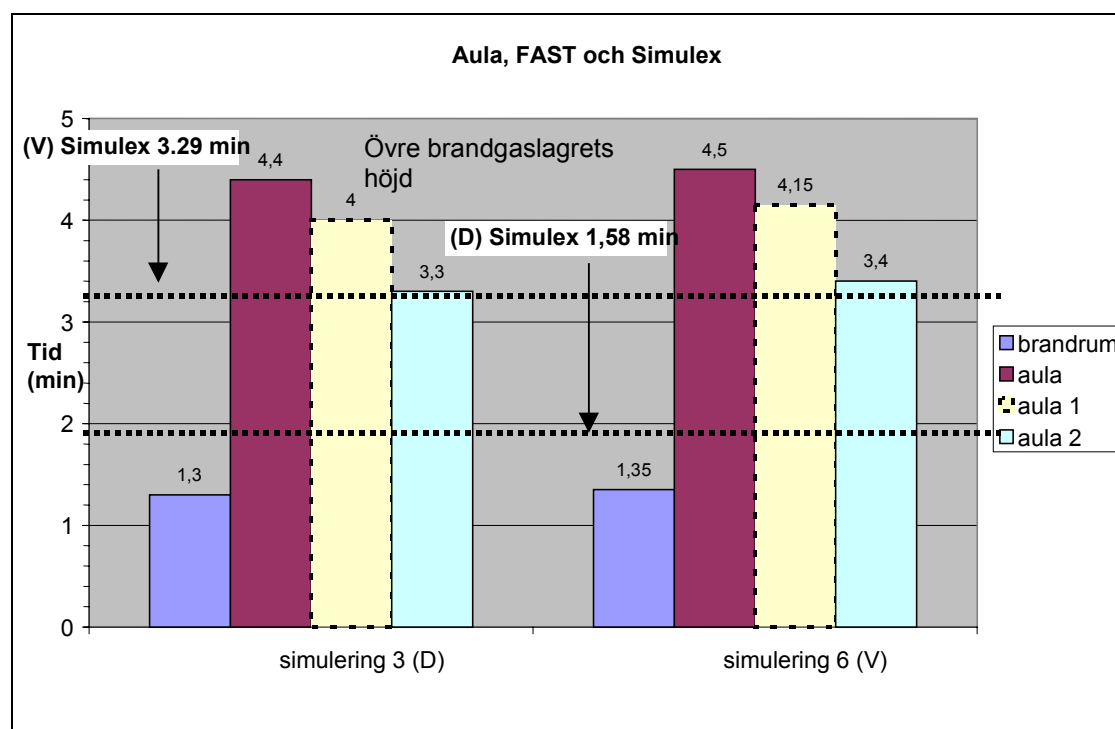


Diagram 11

Diskussion kring jämförelsen för Aulan

Vid utrymning av aulan förväntas alla hinna ut innan kritiska förhållanden uppstår. Salen är så pass stor att brandgaslagret ej hinner komma ned till en kritisk höjd då de fyra utrymningsvägarna ser till att människorna hinner ut i god tid. Såväl jämförelse mellan resultat från datorprogrammen samt uppfattningen från inventeringen vid studiebesöket på Värnhemsskolan stöder denna slutsats.

8.3 Scenario 3, kemikalieförrådet

Ingen jämförelse mellan FAST eller Simulex har gjorts, dels då antalet som samtidigt vistas inne i detta rum uppgår till tre - fyra personer åt gången och inget utrymningsproblem uppstår. Simulex-simuleringarna visar att det uppstår inga svårigheter att utrymma aulan även om det två innersta utrymningsvägarna (som leder ut till korridoren där kemikalieförrådet finns) är blockerade. Däremot kan rökspridningen från en eventuell brand i kemikalieförrådet ge upphov till siktnedsättning i den korridor som ansluter både till aulan och kemikalieförrådet (se ritning 5 i bilaga). Siktberäkning är ej utförd på grund av tidsbrist.

Kap 9 Strålningsberäkning, elverkstad

Strålningsberäkningen är utförd på en vägg på ett av båsena i mitten av elverkstaden, för att kontrollera vilken möjlighet det finns att utrymma förbi bålet på väg till korridoren i händelse av brand i ett av båsena. Båsväggen har längden 3 m och höjden 2,6 m. Strålningen har beräknats till ett avstånd på 2,3 m vilket är den sträcka som finns för att passera båsväggen.

Slutsats strålning

Den maximala effektutveckling blir 42,83 kW/m². Strålningen från branden i bålet blir tillräckligt hög för att det inte ska gå att utrymma genom den "ordinarie" dörren till korridoren och ut till loftgången. Därmed blir den utrymningsvägen inte möjlig att använda. Är då dörren till omklädningsrummet, som leder ut till loftgången låst finns ingen väg ut för de som är inspärrade av branden. Någon tidsjämförelse är ej beräknad vilket gör att man inte vet under vilken tidpunkt som den maximala effektutvecklingen uppstår.

Se ritning 6 i bilaga. Bilaga 4 ger en fullständig beskrivning av beräkningarna av strålningen.

10 Värdering av brandskydd och utrymningssäkerhet

10.1 Byggnad C och D översiktligt

Med utgångspunkt från kapitel 3, nuvarande brandskydd, görs bedömningen att brandskyddet och utrymningssäkerheten i stort sett är god. Vid inventeringen av skolan noterades brister i brandskyddet och utrymningssäkerheten, exempelvis blockerade eller försämrade tillgång till utrymningsvägar och brandredskap. Dock bedöms dessa brister inte medföra en sådan försämring av personsäkerheten att akuta åtgärder krävs. På sikt bör dessa brister dock åtgärdas då en del av bristerna är i strid med gällande lagstiftning, varför det i kapitel 11 ges förslag på sådana förbättringar.

10.2 Aula och elverkstad

Resultatet från rapporten visar att i de lokaler som beräkningar och simuleringar utförts på, är utrymningssäkerheten tillfredsställande i aulan med avseende på brand i aulan, medan den i elverkstaden bedöms vara otillfredsställande.

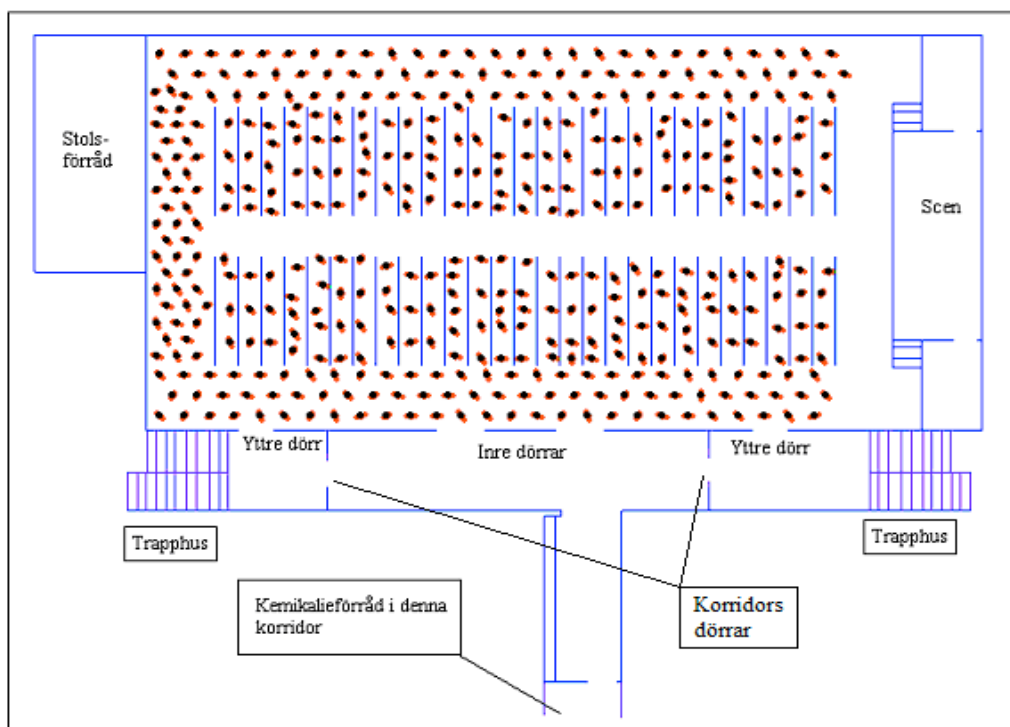


Bild 18 Översiktligt plan över aulan och angränsande korridor och trapphus.

Takhöjden i aulan medger att rök från en brand i till exempel stolsförrådet kan "magasinerats" tillräckligt länge för att personer hinner utrymma innan kritiska förhållanden uppstår (med avseende på brandgaslagrets höjd utgör en risk för de utrymmande.) Däremot kan brand i annan lokal i anslutning till aulan uppstå (till exempel kemikalieförrådet.) Det skulle kunna medföra att röken blockerar två av utrymningsvägarna från aulan. De korridorörrar (se bild 18) som finns utanför aulan skall hindra fortsatt rökspridning så utrymning kan ske genom de båda yttre auladörrarna. Idag är dessa korridorörrar inte helt täta varför rökspridning skulle kunna ske genom dessa. Det har inte varit möjligt att genomföra försök för att utröna hur snabbt rök kan tränga genom otätheterna varför följande reservering måste göras; aulan är i dagsläget säker ur brandsäkerhets- och utrymningssynpunkt med avseende på brand *inuti aulan*.

I kapitel 11 ges förslaget att korridordörrarna tätas vilket skulle medföra att rökspridning till korridoren utanför aulan inte påverkar utrymning från aulans yttre dörrar vilket i sin tur medför en ökad utrymnings säkerhet.

En brand lokaliserad i av huvudingången i elverkstaden skulle snabbt kunna blockera dörren, antingen genom att så mycket rök produceras eller genom att strålningsvärmen blir så hög att människor ej kan passera till utgången. Med tanke på att människor börjar utrymma lokalen först då de upptäckt branden och beslutat sig för att utrymma, det vill säga att utrymning bedöms starta 1 min och 30 sekunder efter det att branden startat, är det sannolikt att anta att huvudingången skulle kunna vara spärrad för flertalet av de som försöker utrymma. Människorna blir då beroende av utgången genom omklädningsrummet för att kunna utrymma lokalen.

10.3 Organisation

Utrymningsorganisationen på skolan i dagsläget ger ej en tillfredsställande säkerhet vid brand. Ett tydligt exempel på detta är resultatet av den utrymningsövning som genomfördes november 2001. Samtal med personal bidrar också till slutsatsen att organisationen är i behov av förbättring. Någon metod att kvantitativt bestämma skicket på organisationen har ej stått till förfogande. Slutsatsen om skolans organisation är en bedömning gjord med ovanstående övningsresultat och samtal med personal som grund.

11 Förslag till åtgärder

Nedan följer förslag till åtgärder för Värnhemsskolan beträffande brandsäkerhet och utrymning. De tre förslag som anses vara av största värde ur personsäkerhetsvinkeln har lyfts fram ur sina respektive delkapitel.

De tre viktigaste åtgärderna är:

Utrymning från elverkstaden

Beräkningar och simuleringar i rapporten visar att utrymnings säkerheten i elverkstaden ej är tillfredsställande. Förslaget till åtgärd är att antingen öppna dörren mellan elverkstäderna eller låta utrymningsvägen genom omklädningsrummet alltid stå öppen de tider som personer vistas i lokalen. På detta sätt får elverkstaden två av varandra oberoende utrymningsvägar vilket skulle ge tillfredsställande säkerhet för utrymning.

Utrymningsorganisation och larmning

Det sätt på vilket utrymningslarmningen idag fungerar vid tillbud är otillfredsställande. Organisation vid larmning är oklar och det råder oklarheter om vem det är som skall larma SOS. Skolans eget utrymningslarm som diskuteras i kapitel 4 är otillfredsställande. Organisatoriska såväl som tekniska förbättringar på larmsystemet bör genomföras.

Koldioxidanläggning i elevkök

Personal och elever som arbetar i elevköket där koldioxidanläggning är installerad måste få utbildning i hur anläggningen fungerar, utlöses och vilka personskador den kan medföra.

Härefter följer en indelning av förslag efter kategori. I varje delkapitel är förslagen indelade på följande sätt

- Förslag baserade på simuleringar och beräkningar
- Förslag baserade på lagar och/eller föreskrifter
- Förslag som bygger på rekommendationer enligt författarnas egna värderingar

11.1 Utrymning

Förslag baserade på simuleringar och beräkningar och lag

- För att uppnå kravet på två av varandra oberoende utrymningsvägar från en lokal skall antingen dörren mellan elverkstäderna kunna öppnas från båda håll utan nyckel eller så får dörren till omklädningsrummet, som leder ut till loftgången aldrig låsas. Detta då simuleringar i FAST och Simulex visar att tillfredsställande utrymning inte kan ske i nuläget.

Kommentar:

Bostäder och lokaler där personer vistas mer än tillfälligt skall ha minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. Kap. 5:311 /5/

Förslag baserade på lagar och/eller föreskrifter

- Loftgångar samt övriga utrymningsvägar får ej användas som förvaringsutrymme.

Kommentar:

För att utrymningsvägarna skall vara ändamålsenliga får dessa inte belamras med t ex lös inredning. /5/

- Dörrar från loftgångarna till trapphusen har fel slagriktning. Dessa ska kunna gå att öppna andra hållet.

Kommentar:

Dörrar till eller i en utrymningsväg skall vara utåtgående i utrymningsriktningen och lätt identifierbara som utgångar. Kap 5:342 /5/

Förslags som bygger på rekommendationer enligt författarnas egna värderingar

- I verkstäder bör roterande varningsljus installeras som syns då utrymningslarm aktiveras. Ljudnivån i vissa verkstäder kan bli för hög för att det vanliga utrymningslarmet skall höras.

11.2 Organisation

Förslag som bygger på rekommendationer enligt författarnas egna värderingar

- Nuvarande larmning vid brand bör åtgärdas snarast. Det är olämpligt att ha fem knappar som måste hållas intryckta under den tiden som larmet ska ljuda, under en utrymning. Det finns en risk att den som håller knapparna intryckta tycker att tiden man håller in knapparna är tillräckligt lång, när det i själva verket bara gått någon minut. När utrymningslarmet aktiveras ska det larma till dess att larmet manuellt slås av.
- En rutin för vem som larmar räddningstjänsten vid brand bör klargöras, då detta saknas i nuläget.
- Automatiskt brandlarm bör installeras. Det är rekommendabelt att det kopplas till ett utrymningslarm samt att om brandlarmet inte kvitteras inom en viss tid kopplas det vidare till räddningstjänsten. Vilken sorts brandlarm eller vilka detektorer som bör väljas diskuteras inte närmare här.

11.3 Övrigt

11.3.1 Allmän

Förslag baserade på lagar och/eller föreskrifter

- Vätgasflaskor i kemikalieförvarings-rummet får ej samförvaras med kemikalierna

Kommentar:

*Lös behållare skall hanteras och vara placerad på ett från skyddssynpunkt lämpligt sätt. kap. 4.1.1 /6/
Brandfarliga vätskor får ej förvaras tillsammans med brandfarlig gas eller lättantändligt gods. kap. 6.3 /7/*

- På vissa platser saknades vid besöket utrymningsskyltar, utmärkning av larmklockor samt utmärkning av släckutrustning vilket skall åtgärdas.

Kommentar:

*S skyltar och andra vägledande markeringar för utrymning skall finnas, om det inte är uppenbart obehövligt.
Skyltar och andra markeringar skall placeras på lämpliga ställen och ha ett varaktigt utförande. §82 /7/*

- Dörrar från korridor till rum som angränsar till kemikalieförvarings-rummen skall markeras att det finns gasflaskor innanför dörrarna samt förvaring av kemikalier.

Kommentar:

Varselmärkning skall användas då risker inte kan undvikas eller begränsas tillräckligt mycket genom allmänna tekniska eller arbetsorganisatoriska skyddsåtgärder. Riskområden skall alltid vara tydligt markerade. §76 /7/

- Brandlarmcentral på plan 0 i byggnad C skall ha en manual.

Kommentar:

RUS 110:5

Förslag som bygger på rekommendationer enligt författarnas egna värderingar

- Lösa slangar, kablar o d i elverkstäderna bör förvaras i skilda utrymmen för att minska mängden brännbart material i rummet.
- Sopcontainer på innegården utanför byggnad C på innegården bör flyttas då dessa kan utsättas för anlagda bränder och medföra att loftgångarna vid rökutveckling kan bli svåra att använda vid utrymning.

11.3.1 Släckutrustning

Förslag baserade på lagar och/eller föreskrifter

- Personal och elever i elevköket skall utbildas i hur koldioxid verkar som släckmedel samt dess toxiska verkan på människan. Dessutom bör de veta att det är de själva som manuellt utlöser systemet.

Kommentar:

I utrymmen där utlöst släckmedel från automatisk släckningsanordning innebär risk för kvävning eller ohälsa för personalen, skall särskilda åtgärder vidtas till skydd mot sådana risker. §90 /7/

Förslag som bygger på rekommendationer enligt författarnas egna värderingar

- Brandposter samt utrymningsdörrar bör ej blockeras, vilket förekom vid besöket i plan 0 byggnad C
- Handbrandsläckare i byggnaden som innehåller koldioxid, förutom i kök, bör bytas ut till pulversläckare. Pulversläckare har en bättre släckförmåga och är mindre beroende av kunskaperna hos användaren.
- Rekommenderar att personal på skolan utbildas i hur handbrandsläckare samt strålrör ska användas.

11.3.2 Passivt brandskydd

Förslag baserade på lagar och/eller föreskrifter

- Glasdörrarna utanför aulan mot trapphusen skall tätas.

Kommentar:

Varje brandcell skall vara skild från övriga utrymmen i byggnaden med byggnadsdelar (inklusive genomföringar, erforderliga upplag, förband o d). Kap 5:61 /5/

- Dörrstängare skall installeras på dörrar mellan brandceller. Speciellt gäller detta dörrar till kemikalieförråd, dörr till och utanför aulan och i elverkstäderna.

Kommentar:

Dörrar o d till eller i utrymningsvägar skall vara självstängande. Självstängande dörrar o d får förses med uppställningsanordning, om den automatiskt stängs när det förekommer brandgaser i dess närhet. Kap. 5:6214 /5/

- Ventilationshålen från kemikalieförvaringsrummet ut till korridoren är utformade på ett otillfredsställande sätt. De kan vid en eventuell brand medföra brandgasspridning ut till den anslutande korridoren. Dessutom sprids kemikalieångorna från förvaringsrummet ut i korridoren då komfortventilationen ej fungerar.

Kommentar:

Vid förvaring av brandfarliga vätskor inomhus skall utrymmet vara ventilerat.

Ventilationssystemet skall

- *mylna direkt utomhus om riskutredning enligt 3.1.1 visar att detta behövs*
- *vara så anordnat att undertryck råder i förhållande till intilliggande lokal där hantering av brandfarlig vara inte sker samt övertryck råder i förhållande till intilliggande lokal där öppen hantering av brandfarlig vara sker*
- *inte kunna sprida en brand till intilliggande lokaler*
- *förhindra att en brännbar blandning uppkommer kap. 6.4 /5/*

Vid förvaring av brandfarliga vätskor inomhus skall utrymmet vara brandtekniskt avskilt och i övrigt anpassat till förvaringen. Den brandtekniska avskiljningen skall begränsa risken för brandspridning från förvaringsplatsen till övriga lokaler och brandspridning från andra lokaler till förvaringsplatsen. Kap. 6.5.1 /5/

12 Slutsats

Nedan kopplas simuleringarna i FAST och Simulex samman i en slutsats om utrymnings- och brandsäkerheten på Värnhemsskolan.

Värnhemsskolan har i stort god ordning, vilket i detta fall betyder att det är lätt att ta sig fram till och dessutom gå i utrymningsvägarna. Skolan har visat framförhållning då man de senaste halvåret har arbetat med att upprätta en krisgrupp som ska träda till vid eventuella händelser, såsom bränder, skador och olyckor. Under arbetets gång har rapportens författare blivit väl mottagna och skolan har varit mycket tillmötesgående. De har visat en god vilja till förbättringar av brandskydd och utrymnings säkerheten som är berömvärd.

Vid en värdering av säkerhetsnivån framkommer organisation, möjlighet till utrymning, elverkstäderna och kemikalieförrådet som viktiga punkter att diskutera och förbättra.

Organisation för utrymningslarm och larmning av räddningstjänst bör åtgärdas. Det system som finns idag gällande utrymningslarm är under all kritik, därför att det är osäkert hur länge det tar innan utrymning påbörjas. Klara rutiner för larmning av räddningstjänst vid brand måste finnas.

Gällande möjlighet till utrymning ska det enligt BBR/5/ finnas minst två av varandra oberoende utrymningsvägar vilket det i en del salar saknas. I framförallt elverkstäderna visar simuleringar att det vid brand kan bli problem att hinna utrymma. Dörren mellan elverkstäderna måste vara möjlig att öppna från båda håll. För att upprätthålla möjlighet till utrymning gäller också att hålla utrymningsvägar och utrymningsdörrar fria från skräp vilket förekommer på vissa ställen på skolan.

I kemikalieförrådet måste ventilationen och förvaringen av kemikalier ses över. Som nämnts i rapporten får inte gasflaskorna förvaras med övriga kemikalier.

En ökad kunskap hos lärare och elever om hur släckutrustningen på skolan används och var den är placerad är rekommendabelt. De bör känna till hur utrustningen ska användas samt att även vid en stressad situation lätt kunna finna släckutrustningen och därmed spara värdefull tid. Det är för sent att fundera på de två sakerna när en brand väl uppstått.

En eventuell brandspridning och rökspridning på skolan kan begränsas med hjälp av dörrstängare och tätningar av genomföringar.

Genom att genomföra de förbättringar som föreslagits i rapporten kan brandsäkerheten på skolan ytterligare höjas.

13 Referenser

- /1/ Karlsson, Björn (1992), "Modeling fire growth on combustible lining materials in enclosures", Lund
- /2/ Sårdqvist, Stefan (1993), "Initial fires", LTH, Lund
- /3/ Ondrus, Julia (1990), "Brandförlopp", LTH, Lund
- /4/ "Brandskyddshandboken", Rapport 3117, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2002
- /5/ Personliga samtal med Håkan Frantzich, universitetslektor Lund Tekniska högskola, brandingenjörsprogrammet.
- /6/ Fallqvist, Kjell & Klippberg, Anders (1999), "Brandskydd i Boverkets byggregler", Stockholm: Brandförsvarsföreningen
- /7/ Arbetarskyddsstyrelsens författning 2000:42
- /8/ Andersson, Bo (2001), Räddningsverket, Internet 2002-04-27:
<http://www.srv.se/pubservice/frameset.asp>
- /9/Karlsson, Björn & Quintiere, James G (2000), "Enclosure fire dynamics", CRC Press LLC
- /10/ Brandskyddslaget, LTH-brandteknik(1994), "Brandskydd teori & praktik", Sundsvall: Nyman & Jonsson AB
- /11/ Drysdale, Dougal (1998), "An introduction to Fire Dynamics, England": John Wiley & Sons Ltd
- /12/ Abrahamsson, Marcus (1998), "Scenariotänkande vid brandsyn". Karlstad: Räddningsverket

BILAGOR

1 Inledning	8
1.1 Syfte	8
1.2 Metod	8
1.3 Avgränsningar	8
2 Objektsbeskrivning	9
2.1 Allmänt om byggnaden	9
2.2 Beskrivning av byggnad C och dess verksamhet	9
2.3 Beskrivning av valda delar av byggnad D	10
3 Nuvarande brandskydd	11
3.1 Ventilation och brandcellsindelning	12
4 Organisation vid utrymning	14
4.1 Utrymningsövningar	14
5. Brandscenario	15
5.1 Scenario 1, elverkstad	15
5.1.1 Förutsättningar	16
5.2 Scenario 2, Aula	18
5.2.1 Förutsättningar	19
5.3 Scenario 3, kemikalieförråd	20
5.3.1 Förutsättningar	20
6 Resultat av FAST simuleringar	22
6.1 Scenario 1, elverkstad	22
6.1.1 Sammanfattning av scenario 1, elverkstad	24
6.2 Scenario 2, Aula	26
6.2.1 Sammanfattning av scenario 2	27
6.3 Scenario 3, kemikalieförvaring	29
6.3.1 Sammanfattning av scenario 3	30
7 Utrymningssimuleringar	32
7.1 Datorprogram	32
7.2 Utrymningssimuleringar i elverkstad	33
7.2.1 Elverkstad, dimensionerande scenariot	34
7.2.2 Elverkstad, värsta tänkbara scenariot	34
7.2.3 Diskussion kring resultaten från simuleringar i elverkstaden	35
7.3 Utrymningssimuleringar i aulan	35
7.3.1 Aula, dimensionerande scenario	36

7.3.2 Aula, värsta tänkbara scenario	38
7.4 Jämförelse av utrymningstider för Simulex och handberäkningar.....	39
7.4.1 Utrymning från elverkstad enligt handberäkning.....	40
7.4.2 Utrymning från aula enligt handberäkning.	41
8 Jämförelse mellan simuleringar i FAST och Simulex.....	42
8.1 Scenario1 elverkstaden.....	42
8.2 Scenario 2, Aula	44
8.3 Scenario 3, kemikalieförrådet	45
Kap 9 Strålningsberäkning, elverkstad.....	46
10 Värdering av brandskydd och utrymningssäkerhet	47
10.1 Byggnad C och D översiktligt.....	47
10.2 Aula och elverkstad.....	47
10.3 Organisation	48
11 Förslag till åtgärder.....	49
11.1 Utrymning	49
11.2 Organisation	50
11.3 Övrigt	50
11.3.1 Släckutrustning.....	51
11.3.2 Passivt brandskydd.....	51
12 Slutsats.....	52
13 Referenser	53
BILAGOR.....	54
1 Simuleringar i FAST	58
1.1 Beskrivning av rökfyllnad.....	58
1.2 Beskrivning av FAST.....	58
1.3 Scenario 1, elverkstad	59
1.4 Scenario 2, Aula	60
1.5 Scenario 3, kemikalieförråd	61
1.6 Indatafil från FAST	63
2 Beräkningar för FAST simulering.....	67
2.1 Brandscenario 1, elverkstad	67
2.2 Brandscenario 2, Aula	67
2.3 Brandscenario 3, kemikalieförråd	68
2.4 Handberäkningar	68

3 Simulering i Simulex	70
3.1 Beskrivning av Simulex	70
3.2 Handberäkningar för utrymning	70
3.2.1 Handberäkning för Scenario 1 Aulan.....	71
3.2.2 Handberäkning för Scenario 1 elverkstaden	71
4. Strålningsberäkning.....	72
Ritningar	73
<i>Ritning nr 1, plan 0 byggnad C</i>	<i>74</i>
<i>Ritning nr 2, plan 1 byggnad C</i>	<i>75</i>
<i>Ritning nr 3, plan 2 byggnad C</i>	<i>76</i>
<i>Ritning nr 4, plan 3 byggnad C</i>	<i>77</i>
<i>Ritning nr 5, Aula och kemikalieförvaring byggnad D</i>	<i>78</i>
<i>Ritning nr 6, rumsfördelning i simulering av elverkstad</i>	<i>79</i>
<i>Ritning nr 7, rumsfördelning i simulering av aula.....</i>	<i>80</i>
<i>Ritning nr 8, fördelning av rum i simulering av kemikalieförvaring</i>	<i>81</i>

1 Simuleringar i FAST

1.1 Beskrivning av rökfyllnad

En brand kan beskrivas bland annat genom det förlopp som den genomgår. Förloppet kan delas in i tre områden, det växande (tidiga förloppet), det konstanta och det avtagande området. Nedan beskrivs förloppet schematiskt:

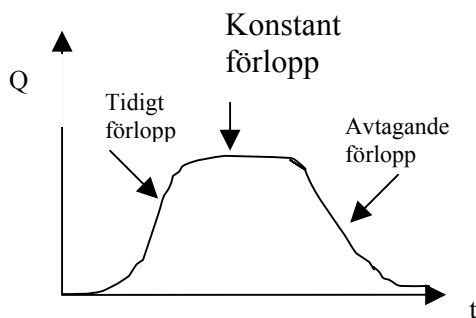


Bild 19. Effektkurva

Ur utrymningssynpunkt är det mest intressant att studera tillväxtförloppet, då det är under den tidsrymden som utrymning normalt antas förekomma.

I det tidiga brandförloppet accelererar effektutvecklingen. För att beskriva det accelererande förloppet kan man använda ett uttryck, som antar att effektutvecklingen ökar med tiden i kvadrat.

$$Q(t) = \text{alfa} * t^2$$

Där

$Q(t)$ = effektutveckling som funktion av tiden (kW)

alfa = tillväxtkonstant (kW/s²)

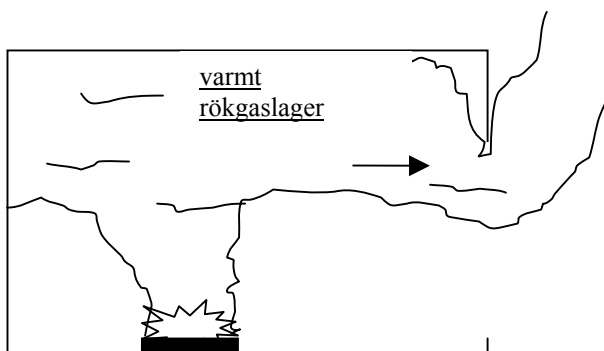
t = tid (s)

I denna formel antas att antändning har skett och att tillväxten i branden startat. En varningsflagg hissas dock för det faktum att tillväxtkonstanten är en grov generalisering eftersom brandförloppet även kommer att påverkas av brandmaterialets geometri, mängd och placering i brandrummet.

Vid studierna av det tidiga brandförloppet skall hänsyn även tas till rökfyllnadsförloppet. Ett av de verktyg som finns heter FAST och är utvecklat i USA av National Institute of Standards and Technology (NIST). FAST togs i början fram för att simulera rökfyllnad i små rum och är inte helt applicerbart på större rum, men resultaten från en simulering kan likväl ge en fingervisning om tid till kritiska förhållanden under ett brandförlopp. De kritiska förhållandena kan efter genomförd simulering, jämföras med utrymningstiden för att få en uppfattning om det uppstår problem för de som ska utrymma en byggnad/lokal. Relationen $t_u > t_{krit}$, (där t_u är till för utrymning och t_{krit} är tiden till kritiska förhållanden) visar om man når ett gott utrymningsresultat.

1.2 Beskrivning av FAST

FAST är en så kallad tvåzonsmodell som delar in rökgaserna från en brand i två lager. Ett kallt röklager (närmast golvet) och ett varmt röklager (närmast taket). Ingen sammanblandning sker av rökgaserna. Under simuleringarna i denna rapport har FAST version 3.1.6 använts.



kallt rökgaslager

Bild 20. Illustrering av en tvåzonsmodell.

En av fördelarna med FAST är att flera rum och våningsplan kan simuleras samtidigt. Andra fördelar är möjligheten att stanna upp simuleringen vid en viss tidpunkt och gå in och ändra indata, som till exempel öppna ett fönster som går sönder vid en viss temperatur. En finess som programmet har är att effektutvecklingen kan reduceras då syrekonzentrationen blir för låg i brandrummet, det vill säga då branden övergår till att bli ventilationskontrollerad.

Som alla andra datorprogram så är FAST behäftat med nackdelar. Några av nackdelarna är att en stor brand i ett litet utrymme inte leder till en tvåzonsbildning och en liten brand i ett stort utrymme ej heller leder till en tvåzonsbildning. Rökgaserna i det senare fallet blir istället avkylda och utspädda och sprids över hela rummet i en homogen blandning med luften. För rum med stor golv- och tak area i förhållande till tak höjden kommer en för tidig sänkning av rökgaslagret ske i programmet då det ej tar hänsyn till den tid det tar för röken att spridas ut längs med taket.

Nedan har antagits att fönster går sönder vid en temperatur av 300°C.

1.3 Scenario 1, elverkstad

Fem simuleringar har gjorts där fönster- och dörröppningar, brandens tillväxt hastighet och max effekt varierar. Brandhöjden är satt till 1.2 m.

Simulering 1

Utgångsscenario

$\alpha = 0.088$

Q = 31.7 MW

Brandrum 1,2	Dörrarna till korridor respektive omklädningsrum är öppna. Fyra fönster antas gå sönder av värmen mellan 198-264 s. Övertändning inträffar 562 sekunder efter antändning (ca 9 minuter.)
Korridor	Dörr ut till loftgången är öppen under hela simuleringen
Rum 3	Dörren till klassrummet och ett fönster i klassrum står öppet men inget fönster antas gå sönder.
Rum 4	Dörren till klassrummet står öppet. Inget fönster öppet.

Simulering 2

$\alpha = 0.047$

Q = 16 MW

Brandrum 1,2	Dörrarna till korridor respektive omklädningsrum är öppna. Fyra fönster i rummet antas gå sönder av värmen mellan 330-390 s. Övertändning inträffar ej
Korridor	Dörr ut till loftgången är öppen under hela simuleringen
Rum 3	Dörren till klassrummet och ett fönster står öppet men inget fönster antas gå sönder.
Rum 4	Dörren till klassrummet står öppet. Inget fönster öppet.

Simulering 3

$\alpha = 0.187$

Q = 67.37 MW

Brandrum 1,2	Dörrarna till korridor respektive omklädningsrum är öppna. Fyra fönster antas gå sönder av värmen mellan 132-198 s. Övertändning sker 389 sekunder efter antändning.
Korridor	Dörr ut till loftgången är öppen under hela simuleringen
Rum 3	Dörren till klassrummet och ett fönster står öppet men inget fönster antas gå sönder.
Rum 4	Dörren till klassrummet står öppet. Inget fönster öppet.

Simulering 4

$\alpha = 0.088$

Q = 31.7 MW

Brandrum 1,2	Dörr till korridor är öppen och dörr till omklädningsrum är stängd. Fyra fönster i rummet antas gå sönder av värmen mellan 198-264s. Övertändning inträffar vid 856 sekunder efter antändning.
Korridor	Dörr ut till loftgången är öppen under hela simuleringen
Rum 3	Dörren till klassrummet och ett fönster i klassrum står öppet men inget fönster antas gå sönder.
Rum 4	Dörren till klassrummet står öppet. Inget fönster öppet.

Simulering 5

$\alpha = 0.088$

Q = 31.7 MW

Brandrum 1,2	Dörr till korridor är öppen och dörr till omklädningsrum är stängd. Fyra fönster i rummet antas gå sönder av värmen mellan 198-264s. Övertändning inträffar vid 856 sekunder efter antändning.
Korridor	Dörr ut till loftgången är stängd under hela simuleringen
Rum 3	Dörren till klassrummet och ett fönster i klassrum står öppet men inget fönster antas gå sönder.
Rum 4	Dörren till klassrummet står öppet. Inget fönster öppet.

1.4 Scenario 2, Aula

Åtta simuleringar har gjorts där fönster- och dörröppningar, brandens tillväxt hastighet och maximal effekt varierar. I alla simuleringar sattes brandhöjden till 0.5.

Simulering 1

$\alpha = 0.055$

Q = 1.8 MW

Brandrum	En av dubbeldörrarna till aulan är öppen. Fönster i rummet går ej sönder.
Rum 2	Utrymningsdörrarna öppnas mellan 125-150 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 3	Utrymningsdörrarna öppnas mellan 125-150 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 4	-

Simulering 2

$\alpha = 0.047$

Q = 3.16 MW

Brandrum	En av dubbeldörrarna till aulan är öppen. Fönster i rummet går ej sönder.
Rum 2	Utrymningsdörrarna öppnas mellan 112-168 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 3	Utrymningsdörrarna öppnas mellan 125-150 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 4	-

Simulering 3

Utgångsscenario

$\alpha = 0.055$

Q = 3.16 MW

Brandrum	En av dubbeldörrarna till aulan är öppen. Fönster i rummet går inte sönder.
Rum 2	Utrymningsdörrarna öppnas mellan 125-150 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 3	Utrymningsdörrarna öppnas mellan 125-150 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 4	-

Simulering 4

$\alpha = 0.055$

Q= 3.16 MW

Brandrum En av dubbeldörrarna till aulan är öppen. Fönster i rummet går sönder mellan 230-300 sek
Rum 2 Utrymningsdörrarna öppnas mellan 125-150 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 3 Utrymningsdörrarna öppnas mellan 125-150 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 4 -

Simulering 5

$\alpha = 0.055$

Q= 3.8 MW

Brandrum En av dubbeldörrarna till aulan är öppen. Fönster i rummet går sönder mellan 262-300 sek
Rum 2 Utrymningsdörrarna öppnas mellan 116-174 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 3 Utrymningsdörrarna öppnas mellan 116-174 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 4 -

Simulering 6

$\alpha = 0.055$

Q= 3.16 MW

Brandrum En av dubbeldörrarna till aulan är öppen. Fönster i rummet går ej sönder.
Rum 2 Utrymningsdörrarna öppnas mellan 112-129 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 3 Utrymningsdörrarna öppnas mellan 112-129 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 4 -

Simulering 7

$\alpha = 0.055$

Q= 4.8 MW

Brandrum En av dubbeldörrarna till aulan är öppen. Ett av fönstren går sönder mellan 256-295 sek.
Rum 2 Utrymningsdörrarna öppnas mellan 128-160 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 3 Utrymningsdörrarna öppnas mellan 128-160 sek. Fönster i aulan går ej sönder.
Rum 4 -

1.5 Scenario 3, kemikalieförråd

Sex simuleringar har gjorts där dörröppningar, brandens tillväxthastighet och maxeffekt varierar. I kemikalierummet är ventilationshålen som vetter ut mot korridoren öppna under samtliga simuleringar. Brandhöjden är i alla simuleringar satt till golvnivå. Det finns inga fönster i denna del av byggnaden.

Simulering 1

Utgångsscenario

$\alpha = 0.047$

Q = 1.7 MW

Brandrum Dörren till rum 2 är öppen under simuleringen.
Rum 2 Dörr till korridor står öppen under simuleringen
Rum 3 Dörr till rum 4 är öppen under simuleringen
Rum 4 Dörr till rum 5 är öppen under simulering
Rum 5 -

Simulering 2

$\alpha = 0.19$

Q = 1.7 MW

Brandrum Dörren till rum 2 är öppen under simuleringen.
Rum 2 Dörr till korridor står öppen under simuleringen
Rum 3 Dörr till rum 4 är öppen under simuleringen
Rum 4 Dörr till rum 5 är öppen under simulering

Simulering 3

$\alpha = 0.012$

Q = 1.7 MW

Brandrum	Dörren till rum 2 är öppen under simuleringen.
Rum 2	Dörr till korridor står öppen under simuleringen
Rum 3	Dörr till rum 4 är öppen under simuleringen
Rum 4	Dörr till rum 5 är öppen under simulering
Rum 5	-

Simulering 4

$\alpha = 0.047$

Q = 2.675 MW

Brandrum	Dörren till rum 2 är öppen under simuleringen.
Rum 2	Dörr till korridor står öppen under simuleringen
Rum 3	Dörr till rum 4 är öppen under simuleringen
Rum 4	Dörr till rum 5 är öppen under simulering
Rum 5	-

Simulering 5

$\alpha = 0.047$

Q = 0.805 MW

Brandrum	Dörren till rum 2 är öppen under simuleringen.
Rum 2	Dörr till korridor, öppen under simuleringen
Rum 3	Dörr till rum 4 är öppen under simuleringen
Rum 4	Dörr till rum 5 är öppen under simuleringen
Rum 5	-

Simulering 6

$\alpha = 0.047$

Q = 1.715 MW

Brandrum	Dörren till rum 2 är stängd
Rum 2	Dörr till korridor är stängd
Rum 3	Dörr till rum 4 är öppen under simuleringen
Rum 4	Dörr till rum 5 är öppen under simuleringen
Rum 5	-

1.6 Indatafil från FAST

Exempel på indatafil från FAST. Denna är hämtad från simulering 1 i elverkstaden

```

VERSN 3EL VERKSTAD
#VERSN 3 EL VERKSTAD
TIMES 1210 0 10 20 0
ADUMP VARN5.HIS N
TAMB 293.150 101300.0.000000
EAMB 293.150 101300.0.000000
HI/F 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
WIDTH 21.0500 14.9000 2.02000 7.80000 9.82000
DEPTH 11.2000 8.62000 7.80000 7.30000 5.45000
HEIGH 3.14000 3.14000 2.66000 2.74000 2.74000
CEILING CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
WALLS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
CEILING CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
WALLS CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
FLOOR CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE CONCRETE
HVENT 1 2 18.62000 3.14000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 2 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 1 3 10.910000 2.06000 0.0300000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 3 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 1 6 13.66000 0.0108540 0.0100000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 6 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 1 6 23.66000 2.43000 2.42915 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 6 2 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 1 6 3 17.2800 2.84000 1.12000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 1 6 3 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.450000 0.450000
0.450000 0.450000 0.450000 0.450000 0.450000 0.450000
0.450000 0.450000 0.450000 0.450000 0.450000 0.450000
HVENT 2 6 13.66000 0.0108540 0.0100000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 6 1 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
HVENT 2 6 20.910000 2.00000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
CVENT 2 6 2 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000

```

Brandteknisk riskvärdering av Värnhemsskolan i Malmö

	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
				1.00000	1.00000	
HVENT 2 6 3	12.2400	2.84000	1.12000	0.000000	0.000000	0.000000
CVENT 2 6 3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.00000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
				0.000000	0.000000	
HVENT 3 4 1	0.910000	2.06000	0.0300000	0.000000	0.000000	0.000000
CVENT 3 4 1	1.00000	1.00000	1.0000	0	1.00000	1.00000
	1.00000				1.00000	1.00000
	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000		
				1.00000	1.00000	1.00000
	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
HVENT 3 5 1	0.910000	2.06000	0.0300000	0.000000	0.000000	0.000000
CVENT 3 5 1	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
				1.00000	1.00000	1.00000
	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
HVENT 3 6 1	1.80000	2.00000	0.0300000	0.000000	0.000000	0.000000
CVENT 3 6 1	10.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000
				0.500000	0.500000	0.500000
	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000
	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000
HVENT 4 6 1	13.66000	0.0108540	0.0100000	0.000000	0.000000	0.000000
CVENT 4 6 1	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
				1.00000	1.00000	1.00000
	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
HVENT 4 6 2	23.66000	2.43000	2.42915	0.000000	0.000000	0.000000
CVENT 4 6 2	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
				1.00000	1.00000	1.00000
	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
HVENT 4 6 3	31.60000	1.98000	1.06000	0.000000	0.000000	0.000000
CVENT 4 6 3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
				0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
HVENT 4 6 4	43.20000	2.61000	1.06000	0.000000	0.000000	0.000000
CVENT 4 6 4	40.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
				0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
HVENT 5 6 1	13.66000	0.0108540	0.0100000	0.000000	0.000000	0.000000
CVENT 5 6 1	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
				1.00000	1.00000	1.00000
	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
HVENT 5 6 2	23.66000	2.43000	2.42915	0.000000		
CVENT 5 6 2	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
				1.00000	1.00000	1.00000

Brandteknisk riskvärdering av Värnhemsskolan i Malmö

	1.00000	1.00000	1.00000			
	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000
				1.00000	1.00000	
HVENT 5 6 3	1.50000	2.64000	1.04000	0.000000	0.000000	0.000000
CVENT 5 6 3	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000
				0.500000	0.500000	0.500000
	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000
	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000
HVENT 5 6 4	4.89000	2.66000	1.06000	0.000000	0.000000	0.000000
CVENT 5 6 4	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
				0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
CHEMI		16.0000	50.0000	3.00000	1.60000E+007	293.150
	493.150			0.300000		
LFBO 1						
LFBT 2						
CJET ALL						
FPOS		-1.00000	-1.00000	0.000000		
FTIME	66.0000	132.000	198.000	264.000	330.000	396.000
				462.000	528.000	600.000
	1200.00	1201.00	1202.00			
	1203.00	1204.00	1205.00	1206.00	1207.00	1208.00
				1210.00		
FHIGH	0.000000	0.551613	1.30000	1.30000	1.30000	1.30000
				1.30000	1.30000	1.30000
	1.30000	1.30000	1.30000	1.30000	1.30000	1.30000
	1.30000	1.30000	1.30000	1.30000	1.30000	1.30000
FMASS	0.000000	0.0250873	0.100349	0.225785	0.401396	0.627181
				0.90313	1.22927	1.60558
	2.07332	2.07332	1.67939			
	1.32693	1.01593	0.746400	0.518331	0.331732	0.186599
				0.0829331	0.000000	
FQDOT	0.000000	401396	1.60558E+006	3.61256E+006	6.42233E+006	
		1.00349E+007		1.44502E+007	1.96684E+007	2.56893E+007
			3.31732E+007		3.31732E+007	2.68703E+007
	2.12308E+007			1.62549E+007		1.19424E+007
	8.29330E+006	5.30771E+006			2.98559E+006	
	1.32693E+006	0.000000				
HCR		0.0800000	0.0800000	0.0800000	0.0800000	0.0800000
	0.0800000	0.0800000		0.0800000	0.0800000	0.0800000
	0.0800000	0.0800000	0.0800000	0.0800000		0.0800000
	0.0800000	0.0800000	0.0800000	0.0800000	0.0800000	0.0800000
OD		0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000
	0.0300000	0.0300000		0.0300000	0.0300000	0.0300000
	0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000		0.0300000
	0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000
CO		0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000
	0.0300000	0.0300000		0.0300000	0.0300000	0.0300000
	0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000		0.0300000
	0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000	0.0300000
SELECT 1 2 3						
#GRAPHICS ON						
DEVICE 1						
WINDOW	0	0	-100	1280	1024	1100.
LABEL	1	970	960	0	1231	1005
	10	15	00:00:00	0.00	0.00	

Brandteknisk riskvärdering av Värnhemsskolan i Malmö

GRAPH	1	100	50	0.	600	475
	10	3	TIME HEIGHT			
GRAPH	2	100	550	0	600	940
	10	3	TIME CELSIUS			
GRAPH	3	720	50	0	1250	475
	10	3	TIME FIRE_SIZE(kW)			
GRAPH	4	720	550	0	1250	940
	10	3	TIME O D2 O()			
HEAT		0	0	0	0	3
	1	U				
HEAT		0	0	0	0	3
	2	U				
HEAT		0	0	0	0	3
	3	U				
HEAT		0	0	0	0	3
	4	U				
HEAT		0	0	0	0	3
	5	U				
TEMPE	0	0	0	0	2	1
	U					
TEMPE	0	0	0	0	2	2
	U					
TEMPE	0	0	0	0	2	3
	U					
TEMPE	0	0	0	0	2	4
	U					
TEMPE	0	0	0	0	2	5
	U					
INTER	0	0	0	0	1	1
	U					
INTER	0	0	0	0	1	2
	U					
INTER	0	0	0	0	1	3
	U					
INTER	0	0	0	0	1	4
	U					
INTER	0	0	0	0	1	5
	U					
O2		0	0	0	0	4
	1	U				
O2		0	0	0	0	4
	2	U				
O2		0	0	0	0	4
	3	U				
O2		0	0	0	0	4
	4	U				
O2		0	0	0	0	4
	5	U				

2 Beräkningar för FAST simulering

2.1 Brandscenario 1, elverkstad

Tre olika alternativ har använts för att få fram en rimlig maximal effekt, vilka följer nedan:

Ventilationsbegränsad

Om båda dörrarna till elverkstaden är öppna och om dessutom tre fönster under brandförloppet går sönder blir det en öppningsarea på totalt 12,92 m². En vägd öppningshöjd har beräknats till 1,87 m. Därefter kunde en maximal effekt beräknas till 26,82 MW.

Öppningsarea: $2 \cdot 2 \cdot 0,91 = 3,64$ (två dörrar) + $1,82 \cdot 1,7 \cdot 3 = 9,28$ (3 fönster) = 12,92 m²

Öppningshöjd: $(3,64/12,92) \cdot 2 + (9,28/12,92) \cdot 1,82 = 1,87$ m

Effekt: $1,518 \cdot A_o \cdot (H_o)^{1/2} = 1,518 \cdot 12,92 \cdot (1,87)^{1/2} = 26,82$ MW /9/

Begränsning av brandkåren

Ett antagande görs att brandkåren är på plats inom tio minuter och börjar begränsa brandens utveckling. Branden antas växa fram till dess enligt $\alpha \cdot t^2$ där $\alpha = 0,088$ och då blir den beräknade maximala effekten 31,7 MW.

$Q = \alpha \cdot t^2 = 0,088 \cdot 600^2 = 31,7$ MW /9/

Effekt av ett bås

För att få en uppskattning av den effekt som kan uppnås i rummet har en effekt beräknats på ett av de största båsena i rummet. Beräkningen görs så till vida att alla sidor på båsets väggar och tak antas brinna samtidigt. Det vill visas att en mycket hög effekt kan uppnås av endast ett bås. Det är inte troligt att branden skulle spridas så att endast ett bås brinner fullständigt.

Vertikala ytor: $2(4,05 \cdot 2 - 1,05 + 2 \cdot 2 + 4,05 - 1,05 + 1,95 \cdot 2 + 2) = 47,9$ m

Horisontella areor: $2 \cdot (1,95 \cdot 2) = 7,8$ m²

Ur /3/ har data hämtats för en 2,4 m hög träpanel där effekten ges av: $Q = 600$ kW/m bredd vertikalt och 650 kW/m² horisontellt.

$Q_{tot} = 47,9 \cdot 600 + 7,8 \cdot 650 = 33,81$ MW

Av dessa alternativ har en "begränsning av brandkåren" setts som det mest realistiska alternativet att göra effektberäkningarna efter. Det är svårt att anta det antal fönster som går sönder vid en brand i rummet och göra en uppskattning av effekten genom det. Ventilationsalternativet har tagits med för att visa att syretillgången är tillräcklig även om ett fåtal fönster går sönder. Det är också svårt att bestämma hur branden kommer att spridas i rummet genom strålningsberäkningar m.m. Då branden kommer att spridas snabbt är det mest realistiskt att den fortsätter att växa enligt $\alpha \cdot t^2$ med ett alfa värde på 0,088.

Kritisk höjd

Den kritiska höjden beräknas enligt:

$H_{kritisk} = 1,6 + 0,1 \cdot h / 6$

Där h är rumshöjden

$H_{kritisk} = 1,6 + 0,1 \cdot 3,14 = 1,91$ m

2.2 Brandscenario 2, Aula

Två metoder har använts för att bestämma en tänkbar maximal effekt vilka följer nedan:

Ventilationsbegränsad

Antagande har gjorts att en av dubbeldörrarna, vilken har en area av 2 m², in till stolförvaringsrummet är öppen. Detta medför att branden blir ventilationskontrollerad och effektutvecklingen blir ej högre än 4,8 MW.

Öppningsarea: $0,8 \cdot 2,5 = 2$ m² (b*h)

Effekt: $1,518 \cdot A_o \cdot (H_o)^{1/2} = 1,518 \cdot 2 \cdot (2,5)^{1/2} = 4,8$ MW

Effekt från stolar

En stapel om sex stolar gav en effekt på 1,8 MW med ett alfa värde på 0,055 och två staplar om sex stolar gav en effekt på 2,2 MW /2/. Från dessa värden antogs att en ökning av 400 kW sker då en antändning av en ny stapel om sex stolar inträffar, då max effekten endast erhålls under en mycket kort tid. Som utgångsscenario har valts att fyra staplar brinner samtidigt och skulle då ge en effekt på 3 MW. Detta bedöms som troligt då det i rummet förvaras ungefär 100 stolar.

$$Q=1800 + 3*400=3000 \text{ kW}$$

Kritisk höjd

Den kritiska höjden beräknas enligt:

$$H_{\text{kritisk}} = 1,6 + 0,1 * h$$

Där h är rumshöjden

$$H_{\text{kritisk}} = 1,6 + 0,1 * 6 \text{ m} = 2,2 \text{ m i aulan}$$

$$H_{\text{kritisk}} = 1,6 + 0,1 * 5,4 \text{ m} = 2,14 \text{ m på scenen}$$

2.3 Brandscenario 3, kemikalieförråd

Två metoder har använts för att bestämma en tänkbar maximal effekt vilka redovisas nedan. Den metod som använts i simuleringarna är ”Effekt från skåp”.

Effekt från skåp

Skåpens framsida och ett av skåpen invändigt kan ge en effekt av 1715 kW där värdena för träets effekt har tagit från brandförlopp/3/. $\Delta H_c = 16 \text{ MJ/kg}$ har använts vid beräkningarna/9/.

Vertikalt: $Q = 100 \text{ kW/m}$ bredd vid en höjd av 0,6 m
 $Q = 230 \text{ kW/m}$ bredd vid en höjd av 1,2 m

Horisontellt: $Q = 650 \text{ kW/m}^2$
 $Q_{\text{max}} = ((1 - 0,6) / (1,2 - 0,6)) * (230 - 100) + 100 * (4 + 1 + 2 * 0,7) + 0,7 * 2 * 650 = 1715 \text{ kW}$

Ventilationsbegränsad

Antagande har gjorts att en dörr står öppen till rummet för att få en uppskattning av den effekt som kan produceras i rummet under en begränsning av syret. Om båda dörrarna till utrymmet vara stängda under brandförloppet skulle branden kraftigt begränsas.

Öppningsarea: $2,2 * 0,8 \text{ m}^2 (h * b) = 1,76 \text{ m}^2$
 Effekt: $1,518 * A_o * (H_o)^{1/2} = 1,518 * 1,76 * (2,2)^{1/2} = 3,96 \text{ MW}$

Kritisk höjd

Den kritiska höjden beräknas enligt:

$$H_{\text{kritisk}} = 1,6 + 0,1 * h$$

Där h är rumshöjden

$$H_{\text{kritisk}} = 1,6 + 0,1 * 2,8 \text{ m} = 1,88 \text{ m för rum 1-4}$$

$$H_{\text{kritisk}} = 1,6 + 0,1 * 2,6 \text{ m} = 1,86 \text{ m för rum 5}$$

2.4 Handberäkningar

Temperatur

För beräkning av temperaturen med handberäkning användes MQH-metoden vilken är framtagen av McCaffrey, Quintiere och Harkleroad för beräkning av temperaturen i det övre rökgaslagret. Modellen gäller för en tvåzonsmodell innan övertändning. Av intresse var att se hur resultaten från simuleringen beträffande temperaturen stämde överens med handberäkningar.

Följande formel användes för beräkning av temperaturen:

$$\Delta = 6,85 \left(\frac{Q^2}{A_o * \sqrt{H_o} * h_k * A_r} \right)^{1/3} \quad (6.11 / 9/)$$

ΔT = temperaturökning

Q = effektutveckling (kW), ökar enligt $\alpha \cdot t^2$

A_o = öppningsarea (m²)

H_o = öppningshöjd (m)

h_k = värmeövergångstal (kW/(m²K))

A_1 = total omslutningsarea exklusive öppningar (m²)

Värmeövergångstalet är beroende av vilket material omslutningsytorna består av och om värmeledningen genom omslutande konstruktion är stationär. I det här fallet har antaganden gjorts att värmeledningen inte är stationär och att alla omslutningsytor består av betong. Då beräknas h_k enligt:

$$h_k = \sqrt{\frac{k\rho c}{t}} \quad (6.15 / 9/)$$

$k\rho c$ = är ett mått på materialets termiska tröghet (W²s/(m⁴K²)). För betong är $k\rho c=2 \cdot 10^6$
 t = tid (s)

För elverkstaden har en jämförelse gjorts med simulering 1 där dörren till korridoren samt dörr till omklädningsrum står öppna. Sedan har fyra fönster öppnats mellan 300-380 s då temperaturen enligt handberäkning uppkommer till cirka 300°C.

$A_1=1078,6$ m² minus öppningsarean

H_o = varierar mellan 1,87- 2,0 m beroende på antalet fönster som har gått sönder

A_o = varierar mellan 3,64- 16, 02 m² beroende på antalet fönster som har gått sönder

Nedan visas resultatet i form av diagram där en jämförelse av temperaturen i rum ett och två samt medelvärdet av dessa jämförs med handberäknade temperaturen. Handberäkningen gjordes för hela elverkstaden varför den också jämförts med medelvärdet av simulerade rum ett och två.

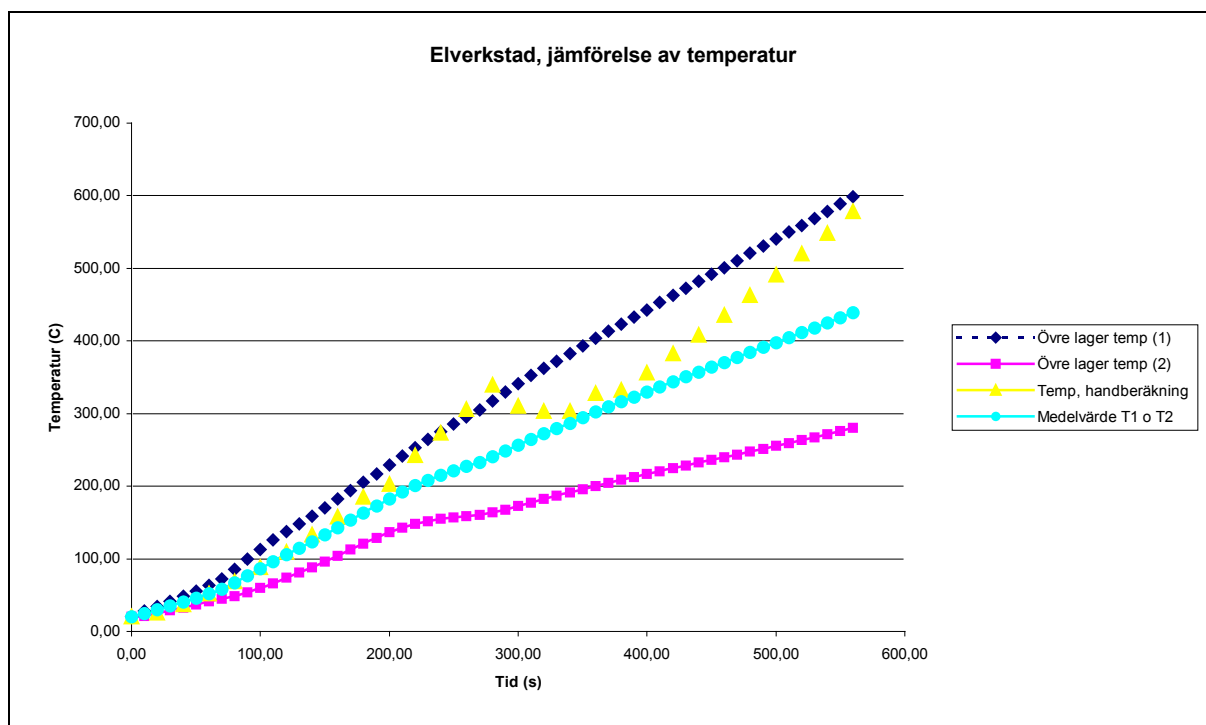


Diagram 12

3 Simulering i Simulex

3.1 Beskrivning av Simulex

Simulex är ett datorprogram för simulering av utrymning med hjälp av CAD-ritningar. Programmet tillåter individuella egenskaper för de personer som placeras ut i ritningen. De kan även instrueras till att välja olika utrymningsvägar. Programmet tillåter personer med hög gånghastighet att passera de som går långsammare. Gånghastigheten hos personerna sjunker då avståndet till personen framför minskar vilket gör att det simulerar köbildning på ett bra sätt. Främsta fördelen med programmet ligger i att hitta flaskhalsar vid utrymning.

Det finns en del begränsningar i Simulex som gör att det simulerade utrymningsscenariet i vissa avseenden skiljer sig markant från det verkliga. Ett exempel är att köbildning i Simulex sker utan trängsel. Ett annat är att de utrymmande ej tillåts ta genvägar till en utgång genom att exempelvis klättra över inredning. De utrymmande personerna styrs till valda utgångar och har under simuleringens förlopp ej möjlighet att välja en annan, trots att det kan vara mindre köbildning där.

3.2 Handberäkningar för utrymning

Handberäkningar görs för ett fall i vardera scenario, aulan och elverkstaden, för att verifiera de tider som erhållits från Simulex.

Utrymningstider beräknas enligt formeln /6/:

$$t_v + t_r + t_e < t_{krit}$$

Där

t_v = varseblivningstid

t_r = reaktionstid

t_e = evakueringstid

t_{krit} = tid till kritiska förhållanden

Evakueringstiden beräknas med följande formler:

$$t_D = N/B * f$$

$$t_G = L/v$$

t_D = passagetid genom en dörröppning (s)

N = antal personer

B = öppningens bredd (m)

f = personflöde genom dörröppning (pers/(m * s))

t_G = gångtid (s)

L = gångavstånd (m)

v = gånghastighet (m/s)

Vid handberäkningarna har samma varseblivnings- och reaktionstider valts som för simuleringarna i Simulex.

Gånghastigheter och personflöden har hämtats ur/12/

3.2.1 Handberäkning för Scenario 1 Aulan

420 personer, 4 dörrar tillgängliga

N (Antal personer)	L (m)	v (m/s)	t_G (s)	*B*4 (m)	F (pers/(m*s))	t_D (s)	$t_v + t_r$ (s)	t utrymning (Min:sek)
420	17	0,6	28,3	4*1,42	1,6	46,2	60	2:15

* Bredden på de yttre dörrarna är 1,20 meter och bredden på de inre är 1,64 meter. Ett medelvärde 1,42 meter har använts i beräkningarna.

3.2.2 Handberäkning för Scenario 1 elverkstaden

50 personer, 1 dörr tillgänglig, dörren till omklädningsrum stängd

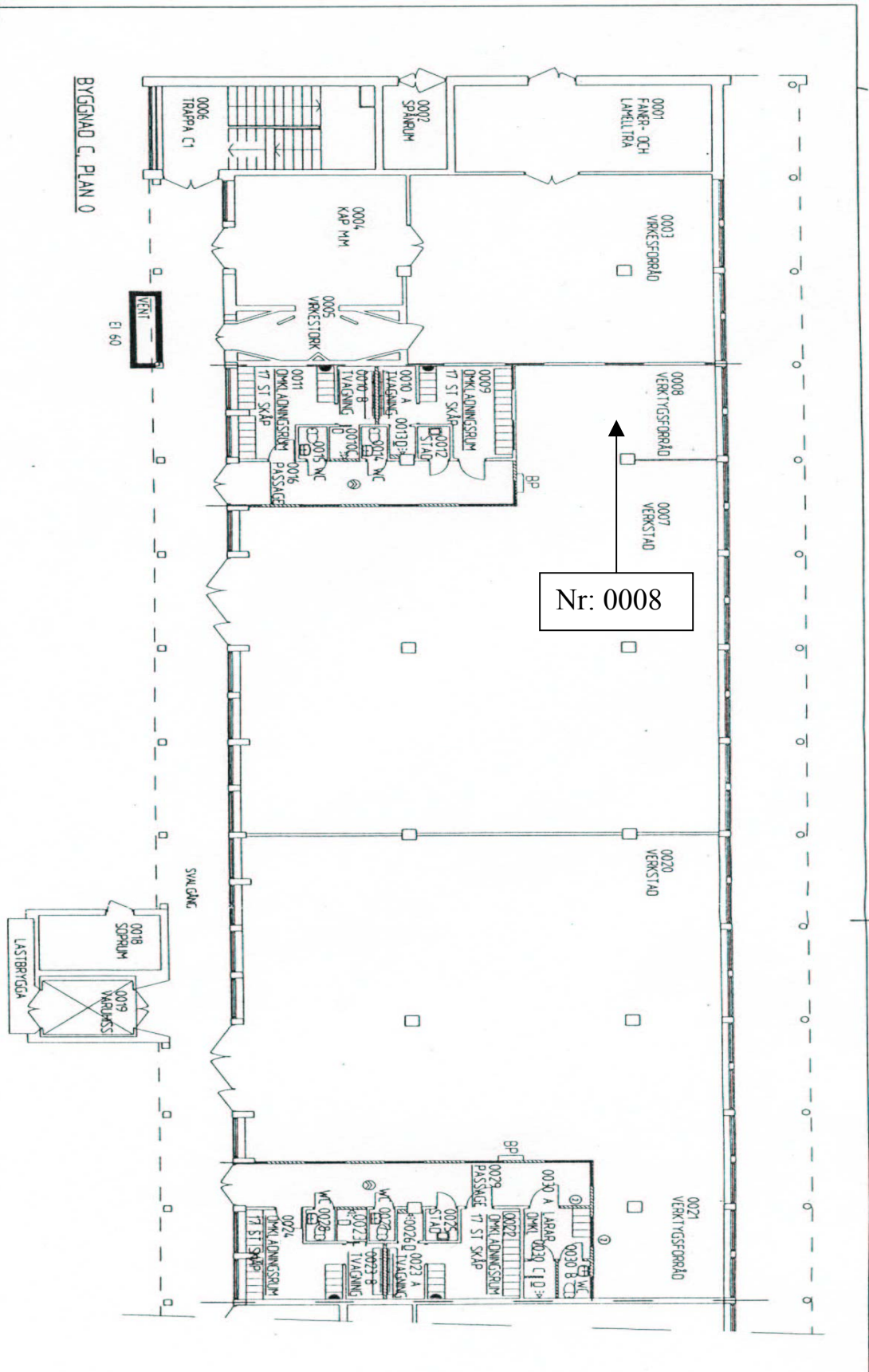
N(Antal personer)	L (m)	v(m/s)	t_G (s)	**B(m)	F (pers/(m*s))	t_D (s)	$t_v + t_r$ (s)	t utrymning (Min:sek)
50	42	1,3	32,3	0,80	0,9	69,4	90	3:12

** I Simulex simuleras två köbildningar, den första vid passage till korridor och den andra vid ytterdörren vilken leder ut till loftgången. I handberäkningarna förenklas fallet genom att endast ha en köbildning vid ytterdörren. Dörrbredden är satt till 0,8 m.

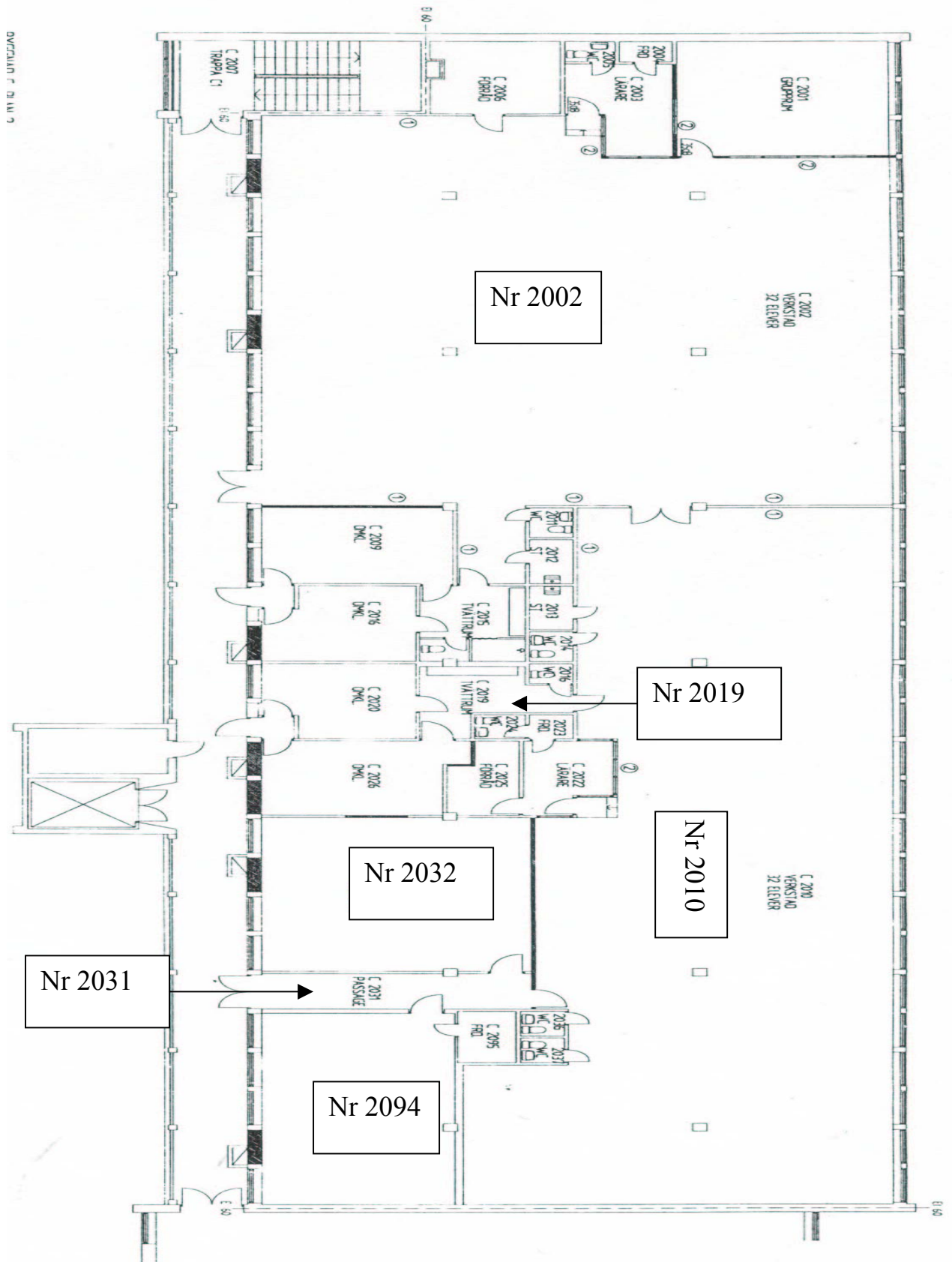
Ritningar

Ritning nr 1, plan 0 byggnad C	74
Ritning nr 2, plan 1 byggnad C	75
Ritning nr 3, plan 2 byggnad C	76
Ritning nr 4, plan 3 byggnad C	77
Ritning nr 5, Aula och kemikalieförvaring byggnad D	78
Ritning nr 6, rumsfördelning i simulering av elverkstad	79
Ritning nr 7, rumsfördelning i simulering av aula	80
Ritning nr 8, fördelning av rum i simulering av kemikalieförvaring	81

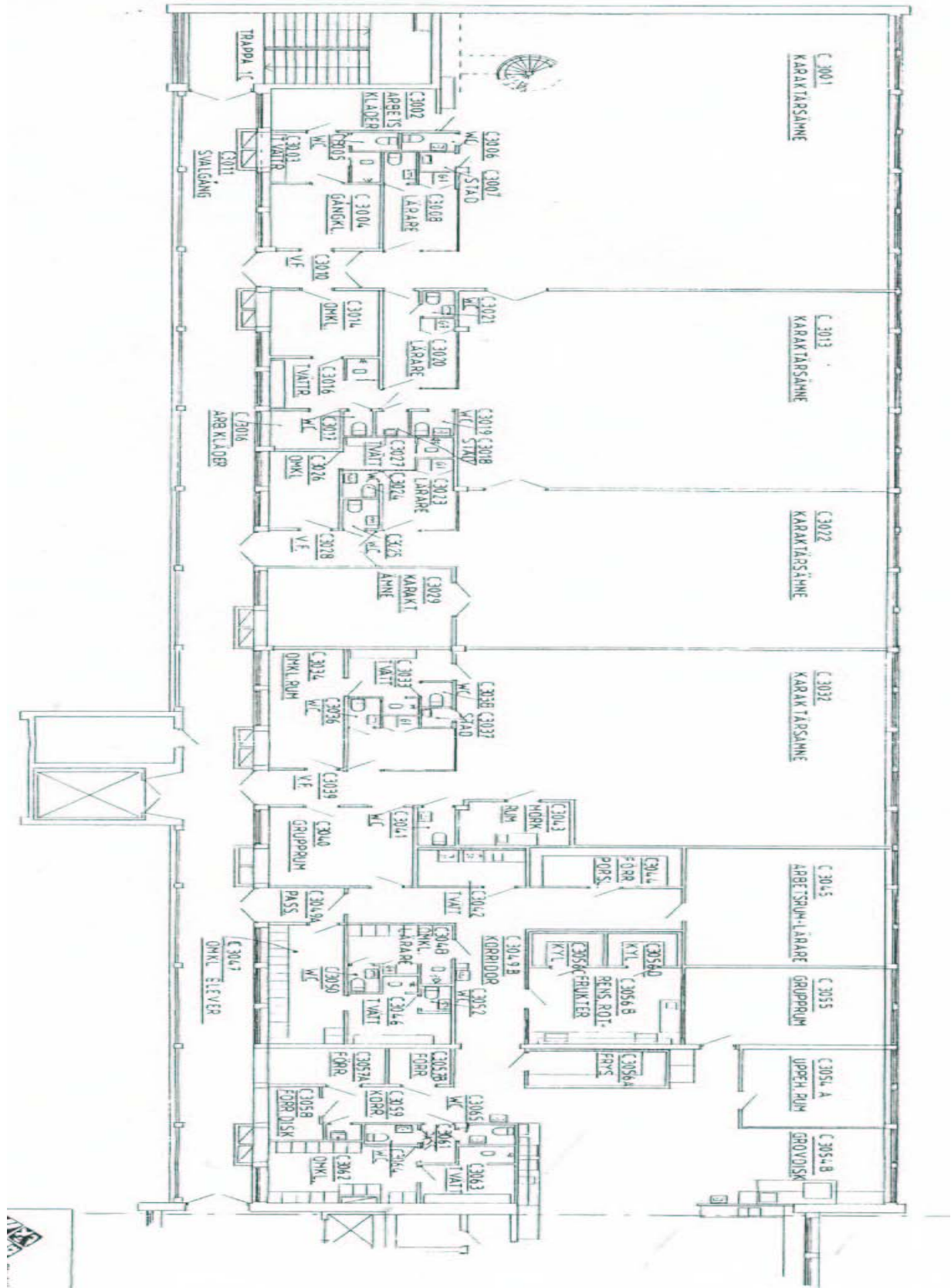
Ritning nr 1, plan 0 byggnad C



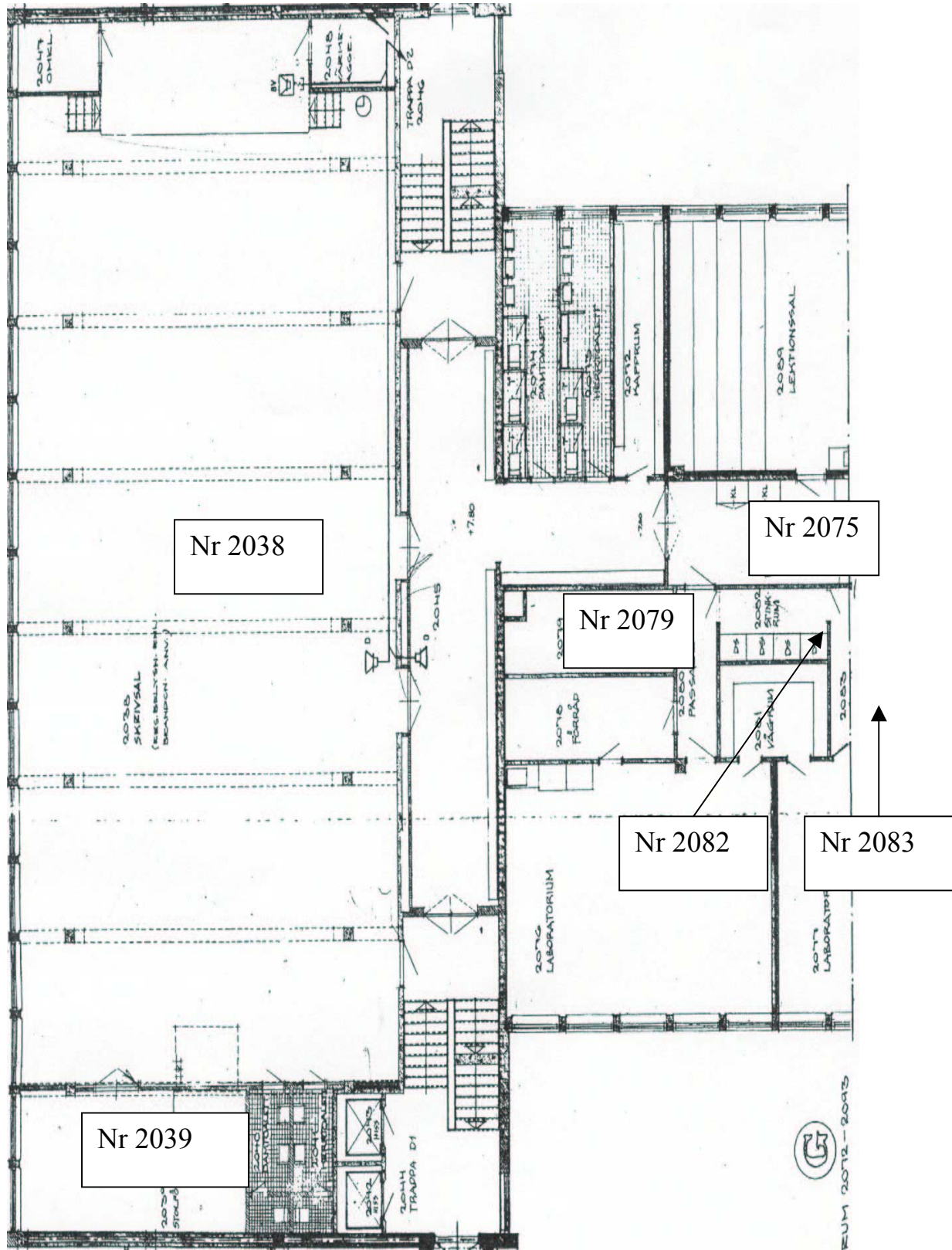
Ritning nr 3, plan 2 byggnad C



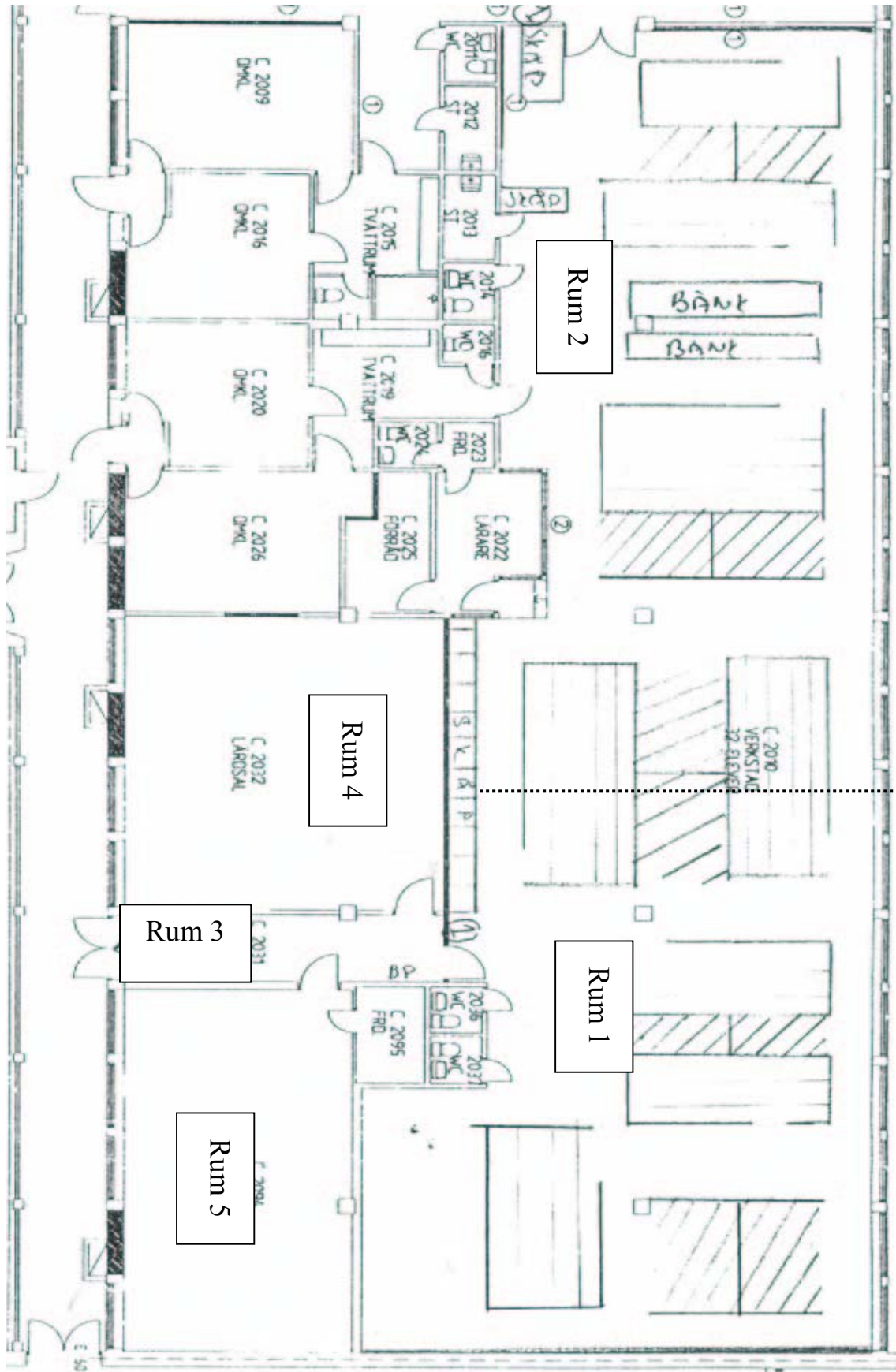
Ritning nr 4, plan 3 byggnad C



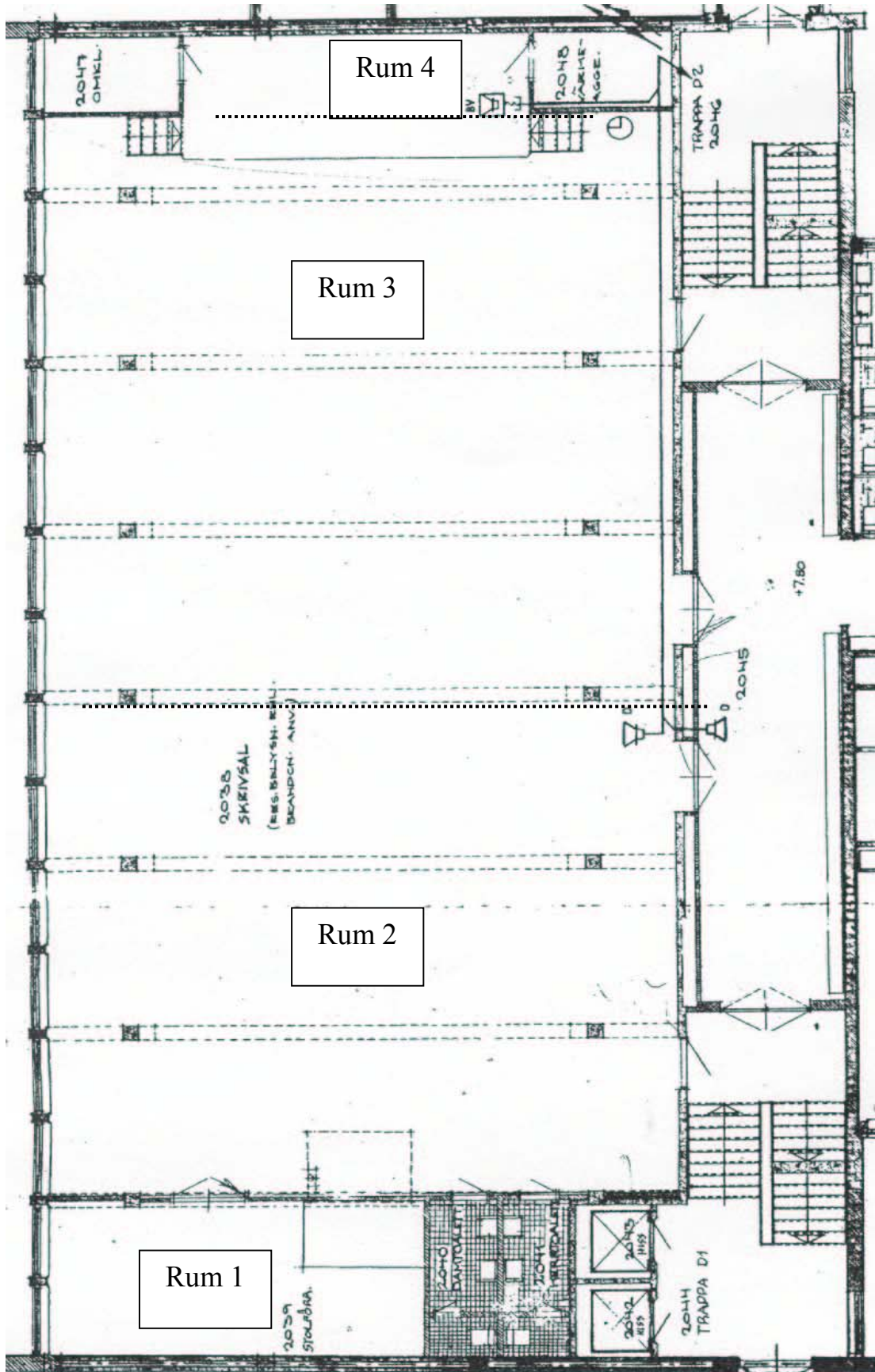
Ritning nr 5, Aula och kemikalieförvaring byggnad D



Ritning nr 6, rumsfördelning i simulering av elverkstad



Ritning nr 7, rumsfördelning i simulering av aula



Ritning nr 8, fördelning av rum i simulering av kemikalieförvaring

